Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Diseño de Captación y Conducción para el abastecimiento de la Demanda Hídrica de los Sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian Huaral, Lima

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Diego Enrrique CAMPOS FLORES

Evair Alberto HURTADO GONZALES

ASESOR

Mg. Yvan Manuel AROSQUIPA NINA

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Campos, D. & Hurtado, E. (2025). *Diseño de Captación y Conducción para el abastecimiento de la Demanda Hídrica de los Sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian Huaral, Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Civil]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Diego Enrrique Campos Flores
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70512592
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-4531-0908
Datos de autor 2	
Nombres y apellidos	Evair Alberto Hurtado Gonzales
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70557970
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-2471-6855
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Yvan Manuel Arosquipa Nina
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71452642
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9257-1406
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Samuel Ismael Quisca Astocahuana
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06640007
Miembro del jurado 1	

Nombres y apellidos	Felix Santiago Sanchez Benites
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07171669
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Yvan Huaricallo Vilca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	71459600
Datos de investigación	
Línea de investigación	HIDRAULICA
Grupo de investigación	NO APLICA
Agencia de financiamiento	NO APLICA
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Huaral Distrito: Lampián Sector 1: Rumoj Latitud: -11.2275 Longitud: -76.8070 Sector 2: Canchapilca Baja Latitud: -11.2499 Longitud: -76.8432
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2023
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el día martes 06 de mayo del 2025, siendo las 17:00 horas en presencia de los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Dr. SAMUEL ISMAEL QUISCA ASTOCAHUANA	Presidente
Dr. FÉLIX SANTIAGO SÁNCHEZ BENITES	Miembro
Mg. YVAN HUARICALLO VILCA	Miembro

Reunidos en Acto Académico Público de Sustentación de la Tesis titulada: **"Diseño de Captación y Conducción para el abastecimiento de la Demanda Hídrica de los Sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian Huaral, Lima"**, presentada por los Bachilleres **EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES y DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES,** para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil, asesorada por el Mg. Arosquipa Nina Yvan Manuel.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon al Bachiller las preguntas pertinentes, que fueron absueltas a:

SATISFACCIÓN

Concluida la Sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue:

13 (TRECE)

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**, a **EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES y DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES.**

Siendo las 18:00 hrs., se dio por concluido el acto académico, expidiéndose Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Lima, 06 de mayo de 2025.

Dr. SAMUEL ISMAEL QUISCA ASTOCAHUANA
PRESIDENTE

Dr. FÉLIX SANTIAGO SÁNCHEZ BENITES
MIEMBRO

Mg. YVAN HUARICALLO VILCA
MIEMBRO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
E.P. DE INGENIERÍA CIVIL
DIRECTOR

Dr. FÉLIX SANTIAGO SÁNCHEZ BENITES
DIRECTOR
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL FIGMMG UNMSM

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, YVAN MANUEL AROSQUIPA NINA, en mi condición de asesor acreditado con la RESOLUCION DECANAL N° 000897-2024-D-FIGMMG/UNMSM de la tesis de investigación, cuyo título es “DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA DE LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIAN, HUARAL, LIMA”, presentada por los bachilleres EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES Y DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 20% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil.

Lima, 20 de OCTUBRE del 2026.

Firma del Asesor: 

Nombres y Apellidos del asesor: YVAN MANUEL AROSQUIPA NINA

DNI: 71452642

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestra casa de Estudios la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por ser una institución que forma excelentes profesionales . A nuestros Profesores de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil con apoyo del tutor nos motivó y condujo a estar preparados como profesionales competentes.

Las Entidades del Estado (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI) que brindaron las facilidades para recolectar información de sus respectivas bases de datos.

RESUMEN

El principal problema es el inadecuado aprovechamiento de la oferta hídrica de los ríos Lampian y Carac debido a las condiciones actuales de las estructuras hidráulicas cuya eficiencia de conducción es baja y, en este sentido, la tesis presenta el aseguramiento de la demanda hídrica del los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, localidades de Rumoj y Canchapilca, provincia de Huaral, en la región Distrito de Lampian, donde se capta el agua desde la mar margen derecha del río Lampian y Carac.Se detalla el problema de la demanda hídrica en los centros poblados de Canchapilca Baja y Rumoj, con una propuesta de diseño de bocatomas y líneas de conducción, considerando la importancia de solucionar el abastecimiento de agua requerido por las Comunidades Campesinas de Canchapilca Baja y Rumoj, limitando la investigación a los sectores de riego de Canchapilca Baja y Rumoj.Se presenta el diseño de la investigación, cuasiexperimental ya que la toma de datos son unicos propios del lugar.

Con los datos antes obtenidos, se realizó el modelado hidráulico de las bocatomas y el canales de conducción mediante el programa Hec Ras llegando a una tirante de 1.8 metros en Rumoj y de 1.5 metros en Canchapilca, ambos presentar regimen irregular con alta erosion y bajo sedimento por eso se tomo como diseño una captacion de tipo tirolesa, canal de aproximación, desarenador y la línea de conducción.

La estructuras hidraulicas presentes en esta Tesis permiten solucionar el deficit de demanda hidraulica ya que en meses entre abril a septiembre presentan escases del recurso hidrico, Ademas los Recursos para la construccion de las estructuras con de tipo mamposteria de enrocado y concreto, que son accesibles en el lugar.

Palabras Clave: Diseño de bocatoma, línea de conducción, demanda hídrica, periodo de retorno, río Lampián, río Carac.

ABSTRACT

The main problem is the inadequate use of the water supply of the Lampian and Carac rivers due to the current conditions of the hydraulic structures whose conduction efficiency is low and, in this sense, the thesis presents the assurance of the water demand of the sectors Canchapilca Baja and Rumoj, towns of Rumoj and Canchapilca, province of Huaral, in the Lampian District region, where water is collected from the sea on the right bank of the Lampian and Carac rivers. The problem of water demand in populated centers is detailed. of Canchapilca Baja and Rumoj, with a proposal for the design of intakes and conduction lines, considering the importance of solving the water supply required by the Peasant Communities of Canchapilca Baja and Rumoj, limiting the research to the irrigation sectors of Canchapilca Baja and Rumoj. The research design is presented, quasi-experimental since the data collection is unique to the place.

With the data previously obtained, the hydraulic modeling of the intakes and the conduction channels was carried out using the Hec Ras program, reaching a depth of 1.8 meters in Rumoj and 1.5 meters in Canchapilca, both presenting irregular regime with high erosion and low sediment. That is why a zip line type catchment, approach channel, sand trap and conduction line were taken as the design.

The hydraulic structures present in this Thesis allow us to solve the deficit of hydraulic demand since in months between April to September there are shortages of the water resource. In addition, the Resources for the construction of the structures with rockfill masonry and concrete type, which are accessible in the place.

Keywords: Intake design, conduction line, water demand, return period, Lampián River, Carac River.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Introducción 1
1.2. Planteamiento del problema 3
1.2.1. Determinación del problema 3
1.2.2. Formulación del problema 4
1.3. Objetivos 5
1.3.1. Objetivo general 5
1.3.2. Objetivos específicos 5
1.4. Importancia y alcance de la investigación 5
1.4.1. Importancia de la investigación 5
1.4.2. Alcance de la investigación 7
1.5. Limitaciones de la investigación 8
2. MARCO TEÓRICO 9
2.1. Antecedentes del estudio 9
2.1.1. Antecedentes internacionales 9
2.1.2. Antecedentes nacionales 10
2.1.3. Antecedentes locales 13
2.2. Bases teóricas 13
2.2.1. Estudios topográficos 14
2.2.2. Estudios geológicos y geotécnicos 15
2.2.3. Estudios hidrológicos 16
2.2.4. Diseño hidráulico 27
2.2.5. Diseño estructural 47
2.2.6. Demanda hídrica 64
2.2.7. Metodología BIM 66
2.3. Definición de términos 70
3. HIPÓTESIS Y VARIABLES 73
3.1. Hipótesis 73
3.1.1. Hipótesis general 73
3.1.2. Hipótesis específicas 73
3.2. Variables 73

3.2.1. Variables independientes 73
3.2.2. Variable dependiente 73
3.3. Operacionalización de variables 74
3.3.1. Variables independientes 74
3.3.2. Variable dependiente 75
4. MATERIALES Y MÉTODOS 76
4.1. Área de estudio 76
4.2. Diseño de investigación 80
4.3. Población y muestra 81
4.4. Procedimientos, técnicas, herramientas e instrumentos de recolección de información y datos 82
4.4.1. Estudio topográfico 82
4.4.2. Estudio de mecánica de suelos 84
4.4.3. Estudio hidrológico y diseño de estructuras hidráulicas 84
4.5. Análisis estadístico 87
5. RESULTADOS 88
5.1. Estudio topográfico 88
5.1.1. Trabajo de campo 90
5.1.2. Trabajo de gabinete 99
5.2. Estudio geológico y geotécnico 105
5.2.1. Trabajo de campo y estudios de laboratorio 106
5.2.2. Geología regional 106
5.2.3. Geomorfología 109
5.2.4. Geodinámica 110
5.2.5. Geología estructural y características sísmicas 111
5.2.6. Geotecnia de captación y conducción 113
5.3. Estudio hidrológico de las cuencas de los ríos Lampian y Carac 128
5.3.1. Aspectos generales 128
5.3.2. Análisis de la información hidrometeorológica 140
5.3.3. Análisis de la información hidrométrica 158
5.4. Diseño hidráulico de captación y línea de conducción 196
5.4.1. Generalidades del diseño 196
5.4.2. Longitud de Barraje 196

5.4.3. Características hidráulicas del río 197
5.4.4. Socavación general 198
5.4.5. Enrocado de Protección 199
5.4.6. Captación 200
5.4.7. Canal de aproximación 204
5.5. Modelamiento hidráulico 214
5.5.1. Sector Canchapilca Baja 214
5.5.2. Sector Rumoj 231
5.6. Diseño estructural 242
5.6.1. Generalidades del diseño 242
5.6.2. Diseño de muro de encauzamiento 242
5.6.3. Diseño de canal de conducción 275
5.6.4. Estabilidad de azud 279
5.7. Demanda hídrica 283
5.8. Coeficiente de cultivo (kc) 286
5.9. Balance hídrico mensualizado 293
5.9.1. Disponibilidad hídrica en el río Lampian y Carac 293
5.9.2. Balance hídrico 293
5.10. Plan de ejecución BIM 295
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 312
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 314
7.1. Conclusiones 314
7.2. Recomendaciones 315
8. BIBLIOGRAFÍA 316
8.1. Anexo A: Reglamentos, normas y resoluciones 328
8.2. Anexo B: Información de la topografía 341
8.3. Anexo C: Planos 349
8.4. Anexo D: Fichas y cuestionarios para recopilación de datos CCCLXIII
8.5. Anexo E: Panel fotográfico CCCLXVI

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rendimiento promedio de los principales cultivos en la zona de estudio 6
Tabla 2 Clasificación del tamaño de las unidades hidrográficas 16
Tabla 3 Forma de la cuenca a partir del coeficiente de compacidad. 18
Tabla 4 Clasificación de las unidades hidrográficas en base a su altitud media. 20
Tabla 5 Relación entre periodo de retorno (T), el riesgo admisible (R) y la vida útil (n). 26
Tabla 6 Valores estimados para el factor de fondo. 28
Tabla 7 Valores estimados para el factor de orilla. 28
Tabla 8 Valores de $K1$, coeficientes de fondo del río 29
Tabla 9 Factores de corrección de Cowan. 30
Tabla 10 Valores del coeficiente B para socavación 33
Tabla 11 Coeficientes de suelos cohesivos en socavación general 34
Tabla 12 Coeficientes de suelos granulares en socavación general 34
Tabla 13 Coeficientes de corrección, método de Maynord 37
Tabla 14 Factores de seguridad según condición del flujo e impacto de sedimentos. 38
Tabla 15 Factores de capacidad de carga de Terzaghi, ecuaciones de Kumbhojkar. 50
Tabla 16 Valores del coeficiente de fricción. 53
Tabla 17 Factores de altura para diferentes muros y condiciones de apoyo. 57
Tabla 18 Criterios para el cálculo de los refuerzos mínimos de acero. 59
Tabla 19 Valores promedio utilizados para $Efriego$ 65
Tabla 19 Niveles de detalle (LOD) 68
Tabla 20 Matriz de operación de la variable independiente 1 74
Tabla 21 Matriz de operación de la variable independiente 2 75
Tabla 22 Matriz de operación de la variable dependiente 75
Tabla 23 Coordenadas de las bocatomas - sectores Canchapilca Baja y Rumoj (Datum WGS84) 76
Tabla 24 Correspondencia entre tipos de estudio, hipótesis y diseño de investigación 81
Tabla 25 Recursos para levantamiento de información topográfica. 83
Tabla 26 Ubicación de puntos de control geodésico tipo C 93
Tabla 27 Ubicación de puntos BM's en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj 94
Tabla 28 Coordenadas de las estaciones ETS-A mediante posicionamiento estático 96
Tabla 29 Datos de campo de la poligonal de apoyo en el sector Canchapilca Baja 96
Tabla 30 Datos de campo de la poligonal de apoyo en el sector Rumoj 98

Tabla 31 Ubicación de los vértices para la poligonal de apoyo en el sector Canchapilca Baja. 100
Tabla 32 Ubicación de los vértices para la poligonal de apoyo en el sector Rumoj. 100
Tabla 33 Error de cierre angular – sector Canchapilca Baja. 101
Tabla 34 Error de cierre angular – sector Rumoj. 102
Tabla 35 Error de cierre lineal a partir de la poligonal de apoyo – sector Canchapilca Baja....104
Tabla 36 Error de cierre lineal a partir de la poligonal de apoyo – sector Rumoj. 105
Tabla 37 Características físicas de las muestras extraídas en el sector Canchapilca Baja. 114
Tabla 38 Resultados del análisis químico de las muestras en el sector Canchapilca Baja. 114
Tabla 39 Factores de capacidad de carga de Terzaghi, ecuaciones de Kumbhojkar. 116
Tabla 40 Características físicas de las muestras extraídas en el sector Rumoj. 121
Tabla 41 Resultados del análisis químico de las muestras en el sector Rumoj. 121
Tabla 42 Factores de capacidad de carga de Terzaghi, ecuaciones de Kumbhojkar. 124
Tabla 43 Puntos de Control de las Unidades Hidrográficas del área de Estudio 128
Tabla 44 Datos generales del aforo en el río Lampián 135
Tabla 45 Resumen de calidad del agua, muestra extraída del río Carac, sector Canchapilca Baja. 139
Tabla 46 Resumen de calidad del agua, muestra extraída del río Carac, sector Rumoj. 139
Tabla 47 Tabla de descripción de las estaciones metereológicas 140
Tabla 48 Análisis estadístico de la información histórica de las 6 estaciones (1964 – 2021) ..144
Tabla 49 Análisis estadístico de la información histórica de las 5 estaciones (1964 – 2021) ..145
Tabla 50 Relación Altitud – Precipitación media anual (1964 – 2022).....146
Tabla 51 Precipitación media anual de las unidades hidrográficas en mm/año.....148
Tabla 52 Precipitación media mensual de las unidades hidrográficas (1964 – 2022).....148
Tabla 53 Precipitación total mensual de la subcuenca río Carac (1964 – 2022) 149
Tabla 54 Precipitación total mensual de la subcuenca río Carac (1964 – 2022) 150
Tabla 55 Temperatura media en la zona de estudio (2015 – 2022) 152
Tabla 56 Relación Altitud – Temperatura media anual (2015 – 2022).....153
Tabla 57 Temperatura media anual de las Unidades hidrográficas en °C.....154
Tabla 58 Temperatura media mensual de la zona de estudio (2015 – 2022).....155
Tabla 59 Humedad relativa media mensual de la zona de estudio (2015 – 2022) 156
Tabla 60 Velocidad del viento media mensual de la zona de estudio (2015 – 2022) 158
Tabla 61 Caudales medios mensuales (m^3/s) del río Chancay – Huaral, estación Santo Domingo. 160

Tabla 62 Coeficiente de escurrimiento por zonas de vida o ecológicas. 160
Tabla 63 Retención de las unidades hidrográficas – Ríos Lampián y Carac. 162
Tabla 64 Coeficiente de agotamiento de las unidades hidrográficas. 162
Tabla 65 Coeficientes del polinomio para el cálculo de la precipitación efectiva. 163
Tabla 66 Generación de caudales para el año promedio – Microcuenca río Lampián. 165
Tabla 67 Generación de caudales para el año promedio – Subcuenca río Carac. 166
Tabla 68 Parámetros del modelo de generación (periodos extendidos), microcuenca río Lampián. 166
Tabla 69 Parámetros del modelo de generación (periodos extendidos), subcuenca río Carac. 167
Tabla 70 Parámetros del modelo de generación (periodos extendidos), subcuenca río Carac. 168
Tabla 71 Descargas medias mensuales, microcuenca del río Lampián. 169
Tabla 72 Descargas medias mensuales, subcuenca del río Carac. 170
Tabla 73 Descargas medias mensuales para diferentres probabilidades, microcuenca Lampián. 172
Tabla 74 Descargas medias mensuales para diferentres probabilidades, subcuenca Carac. .173
Tabla 75 Descargas medias mensuales para diferentres probabilidades, subcuenca Carac. .175
Tabla 76 Descargas medias mensuales para diferentres probabilidades, subcuenca Carac. .175
Tabla 77 Precipitación máxima en 24 horas de las 5 estaciones meteorológicas. 176
Tabla 78 Precipitación máxima en 24 horas, microcuenca Lampián y subcuenca Carac. 177
Tabla 79 Valores del ∆máx del test de Kolmogorov – Smirnov. 178
Tabla 80 Precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno. 179
Tabla 81 Precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno. 181
Tabla 82 Intensidad máxima de la precipitación máxima en 24 horas (mm/h). 182
Tabla 83 Parámetros para determinar la descarga máxima con HEC-HMS. 184
Tabla 84 Hietograma de Tormenta de Diseño en mm para 25 años de periodo de retorno. ...185
Tabla 85 Hietograma de Tormenta de Diseño en mm para 50 años de periodo de retorno. ...186
Tabla 86 Hietograma de Tormenta de Diseño en mm para 100 años de periodo de retorno. .187
Tabla 87 Hietograma de Tormenta de Diseño en mm para 200 años de periodo de retorno. .188
Tabla 88 Valores para el número de curva según el Soil Conservation Service (1986). 191
Tabla 89 Resumen de descargas máximas en las unidades hidrográficas Carac y Lampián. .196
Tabla 90 Resumen del cálculo del ancho de río. 197
Tabla 91 Resumen del cálculo de la profundidad de socavación. 199

Tabla 92 Resumen del cálculo del enrocado de protección. 200
Tabla 93 Resultados de dimensiones de azud.....201
Tabla 94 Resultados de toma tipo tirolesa. 202
Tabla 95 Resultados de toma tipo tirolesa. 203
Tabla 96 Resultados de las dimensiones del desarenador. 204
Tabla 97 Resultados de las dimensiones del vertedero 204
Tabla 98 Áreas de riego según resoluciones administrativas.....207
Tabla 99 Resultado del cálculo de los caudales de diseño 207
Tabla 100 Características hidráulicas y geométricas de línea de conducción (canal y tubería) – Sector Canchapilca Baja. 208
Tabla 101 Diseño hidraulico por presion de elementos geometricos. 208
Tabla 102 Características hidráulicas y geométricas de línea de conducción (canal) – Sector Rumoj. 211
Tabla 103 Fuerzas aplicadas en el muro tipo voladizo – Sector Canchapilca Baja. 247
Tabla 104 Verificación del tallo del muro, refuerzo frontal – Sector Canchapilca Baja. 249
Tabla 105 Verificación del tallo del muro, refuerzo trasero – Sector Canchapilca Baja. 250
Tabla 106 Verificación del salto del muro – Sector Canchapilca Baja. 251
Tabla 107 Verificación del talón del muro – Sector Canchapilca Baja. 252
Tabla 108 Parámetros geomecánicos del suelo – Sector Canchapilca Baja. 255
Tabla 109 Cálculo del equilibrio estático del muro – Sector Canchapilca Baja. 255
Tabla 110 Análisis de estabilidad – Sector Canchapilca Baja. 256
Tabla 111 Parámetros de diseño de armadura – Sector Canchapilca Baja. 256
Tabla 112 Diseño de armadura de la pantalla principal – Sector Canchapilca Baja. 257
Tabla 113 Diseño de armadura del talón posterior – Sector Canchapilca Baja. 257
Tabla 114 Diseño de armadura de la punta – Sector Canchapilca Baja.....258
Tabla 115 Fuerzas aplicadas en el muro tipo voladizo – Sector Rumoj. 263
Tabla 116 Verificación del tallo del muro, refuerzo frontal – Sector Rumoj. 265
Tabla 117 Verificación del tallo del muro, refuerzo trasero – Sector Rumoj. 266
Tabla 118 Verificación del salto del muro – Sector Rumoj. 267
Tabla 119 Verificación del talón del muro – Sector Rumoj. 268
Tabla 120 Parámetros geomecánicos del suelo – Sector Rumoj. 271
Tabla 121 Cálculo del equilibrio estático del muro – Sector Rumoj. 271
Tabla 122 Análisis de estabilidad – Sector Rumoj. 272
Tabla 123 Parámetros de diseño de armadura – Sector Rumoj. 272

Tabla 124 Diseño de armadura de la pantalla principal – Sector Rumoj. 273
Tabla 125 Diseño de armadura del talón posterior – Sector Rumoj. 273
Tabla 126 Diseño de armadura de la punta – Sector Rumoj. 274
Tabla 127 Asignación mensual de agua del Bloque de Riego Lampián. 283
Tabla 128 Asignación de agua por tomas del Bloque de Riego Lampián. 284
Tabla 129 Asignación mensual de agua del Bloque de Riego Canchapilca. 284
Tabla 130 Asignación de agua por tomas del Bloque de Riego Lampián. 285
Tabla 131 Distribución Mensual de áreas con Proyecto- Canchapilca baja - Rio Carac 285
Tabla 133 Distribución Mensual de áreas con Proyecto- Rumoj - Rio Lampian 286
Tabla 134 Coeficiente de Cultivo Kc para las áreas con proyecto. 286
Tabla 135 Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (mm/día) 289
Tabla 136 Precipitación efectiva 290
Tabla 137 Requerimiento bruto de los cultivos 290
Tabla 138 Cálculo de la demana hidrica con proyecto RUMOJ 291
Tabla 139 Cálculo de la demana hidrica con proyecto Canchapilca 292
Tabla 140 Balance hídrico del sector Canchapilca Baja 294
Tabla 141 Balance hídrico del sector Rumoj 294
Tabla 142 Modelos generados durante la elaboración de la tesis 296
Tabla 143 Parámetros del modelo 298

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cámara de carga, sector Rumoj 3
Figura 2 Línea de conducción de tubería HDPE 10”, sector Rumoj. 4
Figura 3 Ubicación de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj 7
Figura 4 Aforo de un río por método del flotador. 22
Figura 5 Determinación del caudal de una fuente de agua por el método volumétrico. 23
Figura 6 Esquema de una sección de cauce de un río con perfil de socavación. 31
Figura 7 Esquema de una sección de cauce de un río con perfil de socavación. 39
Figura 8 Sección transversal de la toma tirolesa y detalle de la rejilla. 42
Figura 9 Sección de aliviadero lateral, condiciones de flujo. 44
Figura 10 Espesor de revestimiento en relación con el caudal transportado por el canal. 46
Figura 11 Borde libre en canales revestidos. 47
Figura 12 Presión efectiva en cimentación, considerando nivel freático. 49
Figura 13 Empuje del terreno sobre muros de contención. 51
Figura 14 Empuje activo del terreno sobre voladizo según Rankine. 52
Figura 15 Empuje pasivo del terreno sobre voladizo según Rankine. 52
Figura 16 Sobrecarga del terreno sobre muros de contención. 54
Figura 17 Criterios para el diseño de muros en voladizo. 56
Figura 18 Predimensionamiento preliminar de muro en voladizo. 57
Figura 194 Beneficios de aplicar BIM a los proyectos. 67
Figura 194 Nivel de información necesaria según Mott Macdonald. 67
Figura 194 Ejemplo de LOD – Sistema de Drywall. 69
Figura 19 Mapa político de la provincia de Huaral 76
Figura 20 Demarcación hidrográfica de la cuenca Chancay – Huaral y sus límites. 77
Figura 21 Ubicación del área de estudio, dentro del distrito de Lampián. 78
Figura 22 Entrada al distrito de Lampián. 78
Figura 23 Llegada al sector Canchapilca Baja, distrito de Lampián. 79
Figura 24 Llegada al sector Rumoj, distrito de Lampián. 79
Figura 25 Rutas de acceso al área de estudio, partiendo desde Lima. 88
Figura 26 Ubicación de las captaciones en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj. 89
Figura 27 Delimitación de área de interés para el levantamiento topográfico. 90

Figura 28 Reconocimiento del área de estudio, inspección visual del río Lampián, sector Rumoj. 91
Figura 29 Reconocimiento del área de estudio, inspección visual del río Carac. 92
Figura 30 Equipo GPS diferencial estacionado en los puntos de control geodésicos. 94
Figura 31 Monumentación de puntos BM en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj. 95
Figura 32 Puntos de la poligonal en el sector Canchapilca Baja. 97
Figura 33 Puntos de la poligonal en el sector Rumoj. 98
Figura 34 Puntos auxiliares en el eje del rió Lampián, sector Rumoj. 99
Figura 35 Andesitas de la unidad Volcánico Calipuy, margen derecha del río Lampián. 107
Figura 36 Depósitos aluviales en el río Lampián y afloramiento de andesitas Calipuy. 107
Figura 37 Depósitos aluviales en el cauce del río Carac, sector Canchapilca Baja. 108
Figura 38 Mapa Geológico Regional 23-j Canta, zona de estudio 109
Figura 39 Depósitos aluviales en el río Lampián. 111
Figura 40 Depósitos aluviales en el río Carac. 111
Figura 41 Peligro sísmico en la provincia de Huaral, donde se ubica la zona de estudio. 112
Figura 42 Presión efectiva en cimentación – sector Canchapilca Baja. 115
Figura 43 Mapa geológico del sector Canchapilca Baja, ubicación de captación. 117
Figura 44 Sección geológica transversal de eje de captación en el sector Canchapilca Baja. 118
Figura 45 Compuerta existente en el sector Canchapilca Baja. 119
Figura 46 Mapa geológico del sector Rumoj, ubicación de conducción. 119
Figura 47 Sección geológica longitudinal de conducción en el sector Canchapilca Baja. 120
Figura 48 Presión efectiva en cimentación – sector Rumoj. 123
Figura 49 Mapa geológico del sector Rumoj, ubicación de captación. 125
Figura 50 Sección geológica transversal de eje de captación en el sector Rumoj. 126
Figura 51 Cámara de carga y línea de conducción existentes en el sector Rumoj. 126
Figura 52 Mapa geológico del sector Rumoj, ubicación de línea de conducción. 127
Figura 53 Sección geológica longitudinal de conducción en el sector Rumoj. 127
Figura 54 Subcuenca del río Carac y microcuenca del río Lampián. Ubicación de los puntos de control hidrográficos. 129
Figura 55 Ubicación de los puntos de control – subcuencas de los ríos Carac y Lampián. 131
Figura 56 Curva hipsométrica y polígono de altitudes en la microcuenca Lampián. 133
Figura 57 Curva hipsométrica y polígono de altitudes en la subcuenca Carac. 133
Figura 58 Orden de los ríos Lampián y Carac – método de Strahler. 134
Figura 59 Cálculo del aforo del río Lampián, en el punto de control PC_LAM.. 136

Figura 60 Río Carac, en el punto de control PC_CAR. 137
Figura 61 Guía para interpretación de los resultados de los ensayos la calidad del agua. 138
Figura 62 Ubicación de las estaciones meteorológicas, Subcuenca del río Carac y microcuenca del río Lampián. 141
Figura 63 Vector unitario de las precipitaciones anuales de las 6 estaciones (1964 – 2021). . 142
Figura 64 Diagrama de doble acumulación de las 6 estaciones (1964 – 2021). 143
Figura 65 Vector unitario de las precipitaciones anuales de las 5 estaciones (1964 – 2021). . 144
Figura 66 Diagrama de doble acumulación de las 5 estaciones (1964 – 2021). 145
Figura 67 Gráfica de correlación entre altitud y precipitación media anual (1964 – 2022). 146
Figura 68 Isoyetas altitud – precipitación media anual (1964 – 2022). 147
Figura 69 Variación de la precipitación media mensual de las unidades hidrográficas (1964-2022). 151
Figura 70 Variación de la precipitación media mensual de las unidades hidrográficas (1964-2022). 152
Figura 71 Gráfica de correlación entre altitud y temperatura media anual (2015 – 2022). 153
Figura 72 Isotermas – temperatura media anual (2015 – 2022). 154
Figura 73 Variación de la temperatura media mensual de la zona de estudio (2015-2022). ... 155
Figura 74 Variación de la humedad relativa media mensual de la zona de estudio (2015-2022). 157
Figura 75 Variación de la velocidad del viento media mensual de la zona de estudio (2015-2022). 158
Figura 76 Ubicación de la estacion hidrométrica Santo Domingo, cuenca Chancay - Huaral. 159
Figura 77 Cuenca Chancay – Huaral, en la vertiente del Océano Pacífico. 161
Figura 78 Calibración de caudales generados para la microcuenca del río Lampián..... 171
Figura 79 Calibración de caudales generados para la subcuenca del río Carac..... 171
Figura 80 Variación de las descargas de la microcuenca del río Lampián..... 173
Figura 81 Variación de las descargas de la subcuenca del río Carac..... 174
Figura 82 Probabilidades de frecuencia para la precipitación máxima en 24 horas. 178
Figura 83 Curvas características Intensidad – Duración - Frecuencia. 183
Figura 84 Hietograma para 25 años de periodo de retorno. 185
Figura 85 Hietograma para 50 años de periodo de retorno. 186
Figura 86 Hietograma para 100 años de periodo de retorno. 187
Figura 87 Hietograma para 200 años de periodo de retorno. 188

Figura 88 Descargas máximas en la unidad hidrográfica Carac, periodo de retorno de 25 años. 192
Figura 89 Descargas máximas en la unidad hidrográfica Carac, periodo de retorno de 50 años. 192
Figura 90 Descargas máximas en la unidad hidrográfica Carac, periodo de retorno de 100 años. 193
Figura 91 Descargas máximas en la unidad hidrográfica Carac, periodo de retorno de 200 años. 193
Figura 92 Descargas máximas en la unidad hidrográfica Lampián, periodo de retorno de 25 años. 194
Figura 93 Descargas máximas en la unidad hidrográfica Lampián, periodo de retorno de 50 años. 194
Figura 94 Descargas máximas en la unidad hidrográfica Lampián, periodo de retorno de 100 años. 195
Figura 95 Descargas máximas en la unidad hidrográfica Lampián, periodo de retorno de 200 años. 195
Figura 96 Resultados Hcanales para el río Carac – Sector Canchapilca Baja. 197
Figura 97 Resultados Hcanales para el río Lampián – Sector Rumoj. 198
Figura 98 *Perfil CREAGER* 202
Figura 99 *Detalle de la captacion* 202
Figura 100 *Vista en planta*.....202
Figura 101 Espesor de revestimiento en relación con el caudal transportado por el canal. 206
Figura 102 Linea de Conduccion – Sector Canchapilca Baja. 209
Figura 103 Perfil longitudinal – Sector Canchapilca Baja. 210
Figura 104 Perfil longitudinal – Sector Canchapilca Baja. 212
Figura 105 Espesor de revestimiento en relación con el caudal transportado por el canal. 213
Figura 106 Modelamiento de obra en sector Canchapilca baja. 214
Figura 107 Geometría del río Carac – Sector Canchapilca Baja sin obra. 215
Figura 108 Coeficiente de Manning – Sector Canchapilca Baja sin obra. 215
Figura 109 Datos del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra. 216
Figura 110 Cálculo del HEC-RAS – Sector Chancapilca Baja sin obra.....216
Figura 111 Perfil del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra.....217
Figura 112 Perfil del río Carac, vista en perspectiva – Sector Chancapilca Baja sin obra. 217
Figura 113 Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra (Parte 1).....218

Figura 114 Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra (Parte 2).....219
Figura 115 Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra (Parte 3).....220
Figura 116 Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra (Parte 4).....221
Figura 117 Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra (Parte 5).....222
Figura 118 Geometría del río Carac – Sector Canchapilca Baja con obra.....223
Figura 119 Coeficiente de Manning – Sector Canchapilca Baja con obra.....223
Figura 120 Datos del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra. 224
Figura 121 Cálculo del HEC-RAS – Sector Chancapilca Baja con obra. 224
Figura 122 Perfil del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra. 225
Figura 123 Perfil del río Carac, vista en perspectiva – Sector Chancapilca Baja con obra. 225
Figura 124 Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra (Parte 1).....226
Figura 125 Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra (Parte 2).....227
Figura 126 Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra (Parte 3).....228
Figura 127 Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra (Parte 4).....229
Figura 128 Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra (Parte 5).....230
Figura 129 Modelamiento de obra en sector Rumoj. 231
Figura 130 Geometría del río Lampián – Sector Rumoj sin obra. 232
Figura 131 Coeficiente de Manning – Sector Rumoj sin obra. 232
Figura 132 Datos del río Lampián – Sector Rumoj sin obra.....233
Figura 133 Cálculo del HEC-RAS – Sector Rumoj sin obra.....233
Figura 134 Perfil del río Lampián – Sector Rumoj sin obra.....234
Figura 135 Perfil del río Lampián, vista en perspectiva – Sector Rumoj sin obra.....234
Figura 136 Secciones del río Lampián – Sector Rumoj sin obra (Parte 1).....235
Figura 137 Secciones del río Lampián – Sector Rumoj sin obra (Parte 2).....236
Figura 138 Geometría del río Lampián – Sector Rumoj con obra.....237
Figura 139 Coeficiente de Manning – Sector Rumoj con obra.....237
Figura 140 Datos del río Lampián – Sector Rumoj con obra. 238
Figura 141 Cálculo del HEC-RAS – Sector Rumoj con obra.....238
Figura 142 Perfil del río Lampián – Sector Rumoj con obra.....239
Figura 143 Perfil del río Lampián, vista en perspectiva – Sector Rumoj con obra. 239
Figura 144 Secciones del río Lampián – Sector Rumoj con obra (Parte 1).....240
Figura 145 Secciones del río Lampián – Sector Rumoj con obra (Parte 2).....241
Figura 146 Muro de encauzamiento – Sector Canchapilca Baja. 243
Figura 147 Datos geométricos del muro de encauzamiento – Sector Canchapilca Baja. 244

Figura 148 Datos del material del muro de encauzamiento – Sector Canchapilca Baja. 244
Figura 149 Datos perfil del suelo – Sector Canchapilca Baja. 245
Figura 150 Profundidad libre del relleno – Sector Canchapilca Baja. 245
Figura 151 Nivel freático – Sector Canchapilca Baja. 246
Figura 152 Sobrecarga en apoyos del muro – Sector Canchapilca Baja. 246
Figura 153 Resistencia del suelo – Sector Canchapilca Baja. 246
Figura 154 Condiciones pseudoestáticas (sismo) – Sector Canchapilca Baja. 247
Figura 155 Verificación de las condiciones de equilibrio en el muro – Sector Canchapilca Baja. 248
Figura 156 Verificación de la capacidad portante del suelo – Sector Canchapilca Baja. 248
Figura 157 Fuerzas aplicadas en el tallo del muro, refuerzo frontal – Sector Canchapilca Baja. 249
Figura 158 Fuerzas aplicadas en el tallo del muro, refuerzo trasero – Sector Canchapilca Baja. 250
Figura 159 Fuerzas aplicadas en el salto del muro – Sector Canchapilca Baja. 251
Figura 160 Fuerzas aplicadas en el talón del muro – Sector Canchapilca Baja. 252
Figura 161 Verificación estructural general del muro – Sector Canchapilca Baja. 253
Figura 162 Verificación de las condiciones de estabilidad del muro – Sector Canchapilca Baja. 253
Figura 163 Dimensiones del muro – Sector Canchapilca Baja. 254
Figura 164 Distribución de armadura del muro – Sector Canchapilca Baja. 258
Figura 165 Muro de encauzamiento – Sector Rumoj. 259
Figura 166 Datos geométricos del muro de encauzamiento – Sector Rumoj. 260
Figura 167 Datos del material del muro de encauzamiento – Sector Rumoj. 260
Figura 168 Datos perfil del suelo – Sector Rumoj. 261
Figura 169 Profundidad libre del relleno – Sector Rumoj. 261
Figura 170 Nivel freático – Sector Rumoj. 262
Figura 171 Sobrecarga en apoyos del muro – Sector Rumoj. 262
Figura 172 Resistencia del suelo – Sector Canchapilca Baja. 262
Figura 173 Condiciones pseudoestáticas (sismo) – Sector Rumoj. 263
Figura 174 Verificación de las condiciones de equilibrio en el muro – Sector Rumoj. 264
Figura 175 Verificación de la capacidad portante del suelo – Sector Rumoj. 264
Figura 176 Fuerzas aplicadas en el tallo del muro, refuerzo frontal – Sector Rumoj. 265
Figura 177 Fuerzas aplicadas en el tallo del muro, refuerzo trasero – Sector Rumoj. 266

Figura 178 Fuerzas aplicadas en el salto del muro – Sector Rumoj. 267
Figura 179 Fuerzas aplicadas en el talón del muro – Sector Rumoj. 268
Figura 180 Verificación estructural general del muro – Sector Rumoj. 269
Figura 181 Verificación de las condiciones de estabilidad del muro – Sector Rumoj. 269
Figura 182 Dimensiones del muro – Sector Canchapilca Baja. 270
Figura 183 Distribución de armadura del muro – Sector Rumoj. 274
Figura 184 Parámetros del canal de conducción – Sector Canchapilca Baja. 275
Figura 185 Cálculos de cargas en el canal de conducción – Sector Canchapilca Baja.....276
Figura 186 Acero de refuerzo en el canal de conducción – Sector Canchapilca Baja.....276
Figura 187 Parámetros del canal de conducción – Sector Rumoj.....277
Figura 188 Cálculos de cargas en el canal de conducción – Sector Rumoj.....278
Figura 189 Acero de refuerzo en el canal de conducción – Sector Rumoj.....278
Figura 190 Datos iniciales para verificación de azud – Sector Canchapilca Baja. 279
Figura 191 Resultados de la verificación de azud – Sector Canchapilca Baja.....280
Figura 192 Datos iniciales para verificación de azud – Sector Rumoj.....281
Figura 193 Resultados de la verificación de azud – Sector Canchapilca Baja.....282
Figura 197 Entorno común de datos durante la tesis.....296
Figura 198 Flujo de trabajo y comunicaciones entre los participantes. 297
Figura 199 Estrategia de federación del modelo BIM. 297
Figura 200 Estrategia de federación del modelo BIM. 298
Figura 201 Curvas de nivel – Sector Canchapilca Baja. 299
Figura 202 Superficie – Sector Canchapilca Baja.....300
Figura 203 Bocatoma y línea de conducción – Sector Canchapilca Baja. 300
Figura 204 Barraje y Rejilla – Sector Canchapilca Baja.....301
Nota: Elaboración propia. **Figura 205** Canal de aproximación – Sector Canchapilca Baja. ...301
Figura 206 Enrocado y Muros de encauzamiento aguas arriba – Sector Canchapilca Baja. ..302
Figura 207 Enrocado y Muros de encauzamiento aguas abajo – Sector Canchapilca Baja.....302
Figura 208 Línea de conducción – Sector Canchapilca Baja.....303
Figura 209 Curvas de nivel – Sector Rumoj. 303
Figura 210 Superficie – Sector Rumoj.....304
Figura 211 Bocatoma y línea de conducción – Sector Rumoj.....304
Figura 212 Enrocados aguas arriba y aguas abajo – Sector Rumoj. 305
Figura 213 Barraje y rejilla – Sector Rumoj. 305
Figura 214 Muros de encauzamiento – Sector Rumoj.....306

Figura 215 Canal de aproximación – Sector Rumoj. 306
Figura 216 Modelo federado (Inicio) – Sector Sector Rumoj -Trazo y Replanteo 307
Figura 217 Modelo federado (Inicio) – Sector Rumoj -Construccion de barraje fijo 307
Figura 218 Modelo federado (Inicio) – Sector Rumoj -Construccion de Muros de protección .308
Figura 219 Modelo federado (Inicio) – Sector Rumoj -Construccion de la linea de conducción 308
Figura 220 Modelo federado (Final) – Sector Rumoj. 309
Figura 221 Modelo federado (inicio) – Sector Canchapilca Baja. 309
Figura 222 Modelo federado – Sector Canchapilca baja – Trazo y Replanteo 310
Figura 223 Modelo federado – Sector Canchapilca baja – construccion de barraje fijo 310
Figura 224 Modelo federado – Sector Canchapilca baja – construccion de linea de conducción 311

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En el pais, las estructuras hidráulicas de captación, riego y abastecimiento son frecuentemente afectadas por los fenómenos meteorológicos, cuyas consecuencias incluyen desbordes e inundaciones, procesos erosivos en eventos hidrológicos extremos, flujos de detritos, socavaciones, sedimentación excesiva, asi como la falta de mantenimiento preventivo.

Los sistemas de riego en las zonas rurales del Perú están conformados por infraestructuras hidráulicas mayores y menores de riego, convirtiendo al Perú en uno de los países líderes en agroexportación. Sin embargo, aún existen pequeños sistemas de riego precarios construidos por los propios agricultores, sin asistencia técnica, autofinanciados, como captaciones rusticas y canales de tierra.

El principal problema es el inadecuado aprovechamiento de la oferta hídrica de los ríos Lampian y Carac debido a las condiciones actuales de las estructuras hidráulicas cuya eficiencia de conducción es baja y, en este sentido, la tesis presenta el aseguramiento de la demanda hídrica del los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, localidades de Rumoj y Canchapilca, provincia de Huaral, en la región Distrito de Lampian, donde se capta el agua desde la mar margen derecha del río Lampian y Carac.

En el capítulo 1, se detalla el problema de la demanda hídrica en los centros poblados de Canchapilca Baja y Rumoj, con una propuesta de diseño de bocatomas y líneas de conducción, considerando la importancia de solucionar el abastecimiento de agua requerido por las Comunidades Campesinas de Canchapilca Baja y Rumoj, limitando la investigación a los sectores de riego de Canchapilca Baja y Rumoj.

En el capítulo 2, se cita los antecedentes afines al problema de observado en los ríos Lampian y Carac, las bases teóricas para determinar las características hidrológicas, geotécnicas, topográficas, hidráulicas y estructurales necesarias para determinar las dimensiones de la bocatoma y el canal.

En el capítulo 3, se determina las variables que intervienen en el problema de investigación, los cuales son: El diseño de la bocatoma, el diseño del canal de conducción y la demanda hídrica del los sectores Canchapilca Baja y Rumoj; mediante un cuadro de Operacionalización de variables de estudio.

En el capítulo 4 se presenta el diseño de la investigación, la identificación de la población y muestra para la recolección de datos, así como el procedimiento, topográficos, mecánica de suelos y la identificación de los estadios hidrométricos de la zona.

En el capítulo 5 se presenta los resultados de los estudios básicos de ingeniería, como la ubicación, la topografía de la bocatoma y el canal de conducción, la evaluación hidrológica y el uso de los caudales anuales instantáneos mediante aplicación de estadística, las características geológicas y geotécnicas, así como la capacidad portante del suelo, el diseño hidráulico y el diseño estructural de las obras hidráulicas consideradas. Con los datos antes obtenidos, se realizó el modelado hidráulico de la bocatoma y el canal de conducción mediante el programa Hec Ras, así como cada componente de las mencionadas obras hidráulicas, siendo estos toma tipo tirolesa, canal de aproximación, desarenador y la línea de conducción.

En el capítulo 6 se discute los resultados obtenidos con los antecedentes, mientras que las conclusiones y recomendaciones son tratadas en el capítulo 7. Se brinda la bibliografía consultada en el capítulo 8.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Determinación del problema

Actualmente, las estructuras de captación y conducción de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj se encuentran operativas, pero las captaciones es de construcción rústica. Tanto la bocatoma Rumoj como la bocatoma Canchapilca Baja se ubican en la margen izquierda de los ríos Lampián y Carac, estando conformadas por barraje de piedras, plástico y champa.

Figura 1

Cámara de carga, sector Rumoj



Nota: Elaboración propia.

Sin embargo, en la bocatoma Rumoj existe un canal de aducción dirigiendo el agua hacia la cámara de carga (Ver Figura 1) desde la cual conduce el caudal para riego mediante una línea de conducción mejorada con tubería HDPE de 10” de diámetro (Ver Figura ***2***); algo que no ocurre con la línea de conducción de Canchapilca, que consiste en un canal rústico de tierra que se

suele acolmatar con vegetación arbustiva y presenta una pendiente fuerte e irregular para el aprovechamiento del recurso hídrico captado.

Figura 2

Línea de conducción de tubería HDPE 10", sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Según el Comité de Usuarios de la Comunidad Campesina de Canchapilca, se ha incrementado la demanda hídrica en el sector debido a la ampliación de zonas de cultivo comunal, complicando su situación económica en épocas de sequía y comprometiendo la calidad y cantidad de las cosechas. Por esta razón, se propuso el diseño de un sistema de captación y una línea de conducción para cada sector involucrado en este estudio; dicho sistema consistió de una bocatoma, canal aductor, desarenador y canal de conducción hacia las áreas de riego.

1.2.2. Formulación del problema

1.2.2.1. Problema general

¿El diseño de captaciones y líneas de conducción abastecerá la demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian?.

1.2.2.2. Problema específico 1

¿El diseño de captaciones abastecerá la demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian?.

1.2.2.3. Problema específico 2

¿El diseño de líneas de conducción abastecerá la demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian?.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar bocatomas y líneas de conducción para abastecer la demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian.

1.3.2. Objetivos específicos

1.3.2.1. Objetivo específico 1

Diseñar dos bocatomas para abastecer la demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian.

1.3.2.2. Objetivo específico 2

Diseñar dos líneas de conducción para abastecer la demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian.

1.4. Importancia y alcance de la investigación

1.4.1. Importancia de la investigación

El área agrícola ubicada en el área de estudio, según las comunidades agrícolas de Canchapilca Baja (M. Espinoza, comunicación personal, 29 de agosto de 2023) y Rumoj (A. Gonzáles, comunicación personal, 29 de agosto de 2023), por las características del suelo y tradiciones de gran arraigo, está destinada principalmente a la producción de manzanas y melocotones, con proyección a sembrar paltas y chirimoyas en la parte baja y plantar taras y quinuales en la parte alta. Asimismo, la agricultura de pan llevar y pequeña ganadería consiste en cultivos de papa, maíz, habas, arveja, olluco así como ganado vacuno y ovino. En la Tabla 1

se presenta el rendimiento promedio de los cultivos más sembrados en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj.

Tabla 1

Rendimiento promedio de los principales cultivos en la zona de estudio

N°	Cultivo	Producción kg/ha
1	Manzana de agua	8,000
2	Manzana Winter	10,000
3	Melocotón	20,000
4	Pälta	15,000
5	Chirimoya	15,000

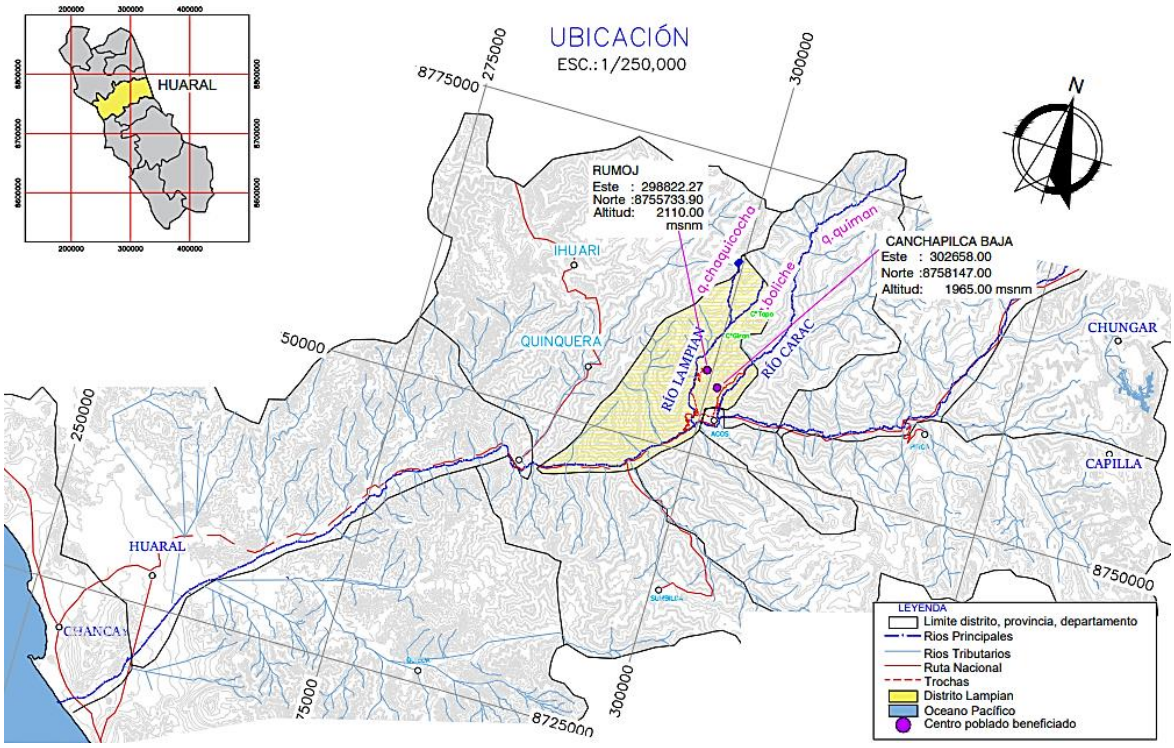
Nota: Adaptado de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

En cuanto a la población en ambos sectores, son 352 habitantes, repartidos entre 120 familias en el sector Rumoj y 127 familias en el sector Canchapilca Baja, los que se beneficiarán directamente de la propuesta de diseño de captación y conducción.

Con respecto a las hectáreas beneficiadas, la Resolución Administratica N° 005-207/GRL-DRAL/ATDR.CH.H indica que en el bloque de riego PHUH-2706-0405-B57 se ubican 18 tomas de captación de canal, en el cual el sector Rumoj presenta un área de riego de 11.11 ha y una dotación de agua de hasta 30.12 miles de m^3 por año. Por su parte, la Resolución Administrativa N° 002-207/GRL-DRAL/ATDR.CH.H indica que el bloque de riego PHUH-2706-0403-B54 cuenta con 4 tomas de captación de canal, en la que la toma Baja del Pueblo, perteneciente al sector Canchapilca, dota de hasta 652.80 miles de m^3 al año a un área de riego de 80.20 ha. En la Figura 3 se señala la ubicación de los los sectores Canchapilca Baja y Rumoj que se benefician de las aguas del río Lampian y Carac.

Figura 3

Ubicación de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj



Nota: Adaptado de la *Memoria Anual de Gestión 2014* (Autoridad Nacional del Agua - Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chancay – Huaral, 2015).

1.4.2. Alcance de la investigación

Se consideró las descargas del río Lampian y Carac, las simulación hidráulica de las bocatoma y el diseño del canal de conducción dentro un área de estudio recomendable de 500 metros aguas arriba y 500 metros aguas abajo de la bocatoma como mínimo, además de la producción agrícola del los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, ubicados en el distrito de Lampián. Sin embargo, se hará mención de la presencia de flujo de detritos por la activación de la quebrada en eventos extraordinarios debido a que se requiere de estudios más especializados de la geología de la quebrada antes mencionada.

Se realizó un análisis de la demanda y balance hídrico del los sectores Canchapilca Baja y Rumoj ubicado en Distrito de Lampian a las márgenes izquierdas de los ríos Lampian y Carac.

1.5. Limitaciones de la investigación

La información hidrológica e hidrometeorológica no se obtuvo de manera inmediata, se gestionó por medio de trámites a entidades como la Autoridad Nacional del Agua, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Las respuestas a los correos remitidos hacia las entidades mencionadas fueron positivas, lo cual permitió un mayor rigor en el análisis de la información.

En cuanto al trabajo de campo, se solicitó permiso a las Comunidades de Canchapilca Baja y Rumoj para realizar levantamientos topográficos y se solicitó permisos para acceso a información de estudios de Mecánica de Suelos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Yánez (2022), en su tesis “Diseño hidráulico de la captación y aducción del sistema de agua Umbría para consumo humano en la parroquia de Aloasí – Cantón Mejía”, recopila criterios de diseño de estructuras de captación y conducción a partir de estudios de ingeniería básica en la captación Umbría, perteneciente a la Junta de Aguas de los Barrios Occidentales, para una rediseño de la bocatoma y la línea de conducción existentes. En el rediseño, por las condiciones de montaña que presentó terreno y un caudal máximo de 6.95 L/s calculado por el método racional, se optó por una toma tipo tirolesa de 25 años de vida útil, un desarenador y una línea de conducción de 1 Km con tubería de PVC de 4 ½ “.

La tesis *“Evaluación y repotenciación del sistema de agua potable en la parroquia Juan Montalvo cantón Cayambe”*, de Gutiérrez & Palma (2021), presenta una propuesta de diseño de captación tipo tirolesa y línea de conducción de material PVC de 4 pulgadas con 12.5 Mpa de presión de trabajo, además del rediseño del desarenador ubicado antes de la red de conducción. Fue necesario el diseño de 6 cámaras rompe presión como consecuencia de los altos desniveles topográficos para evitar el deterioro de la línea de conducción por sobrepresión.

En la tesis *“Diseño de la captación de agua para la junta de regantes del barrio Salazar Gómez en la quebrada La Retraída”*, Guerrero & Llamatumbi (2020) plantean el diseño hidráulico y estructural de la captación tipo caucasuana o tirolesa y obras complementarias como disipadores de energía y estructuras de protección de la quebrada, así como un desarenador de una cámara con canal de desvío, para aprovechar los 12 L/s que provienen de la quebrada La Retraída, ubicada en la parroquia de Puembo, ubicada al noroeste de Quito. Además, estimó

que el 72% de su presupuesto para la ejecución de la obra se destinaría a obras de protección de la estructura y de la quebrada.

2.1.2. Antecedentes nacionales

La tesis “Diseño hidráulico de bocatoma para implementar sistema de riego en quebrada de Jambón, distrito de Chacas, provincia Asunción, Ancash-2022”, presentada por Urbano (2022), se enfocó en dar abasto a 28.18 ha de cultivo, cuya demanda hídrica máxima fue calculada en 11.07 L/s, estimando una oferta hídrica de 30.15 L/s mediante el método racional para un tiempo de retorno de 25 años. Complementando con estudios de suelos y topográficos, se determinó que sería adecuado diseñar una bocatoma tipo tirolesa para implementar un sistema de riego tecnificado por aspersión.

Por otra parte, la tesis *“Diseño de la bocatoma y línea de conducción del sistema de riego Sausal en el sector La Barranca, La Libertad”*, de Chávez & Salazar (2022), consistió en el diseño de una captación en el río Chicama y un canal revestido para la conducción del caudal captado para abastecer un área de cultivo de 1869.94 ha de caña de azúcar y maíz amarillo, entre otras plantaciones. La captación diseñada consistió en una bocatoma compuesta de un barraje fijo de 200 m de longitud y 1.90 m de altura, un barraje móvil con muros de captación y compuertas metálicas, ventanas de captación, vertedero lateral, desarenador, aforador tipo Parshall y losa de maniobras, para una vida útil de 25 años. El caudal de diseño de la bocatoma fue de 1269.4 m^3/s para un periodo de retorno de 113 años. Se modeló las estructuras y se simuló el evento de máximas avenidas en el software Iber. La oferta hídrica del río Chicama en el sector Sausal fue de 384.4 MMC, mientras que la demanda hídrica fue de 4 m^3/s.

De la Cuba (2021), en su investigación “Modelamiento hidráulico bidimensional de una bocatoma tipo tirolesa en el río Santa Rosa en el distrito de Aquia, Bolognesi, Áncash”, desarrolló el modelamiento hidráulico en flujo no permanente de una captación tipo tirolesa y un tramo de 1 kilómetro del río Santa Rosa, utilizando el sofware Iber. Con información de la estación

meteorológica convencional de Chiquián, a 20 km del área de estudio, se generó un hidrograma sintético a partir de información de máximas avenidas para un periodo de retorno de 50 años y un caudal máximo de 10.8 m^3/s, mediante el software HEC – HMS. Para el modelamiento en Iber, se asignó un caudal de captación de 350 L/s. Se modeló considerando 10 sumideros con el fin de simular una rejilla de 10 espacios. Debido a que aguas arriba del río Santa Rosa, a 400 m de la ubicación de la captación, existe dos quebradas, se ingresó dos condiciones de borde de entrada con caudales máximos de 7.10 m^3/s y 3.70 m^3/s, además de asignar dos hidrogramas sintéticos.

Salvador & Vargas (2020), en la tesis “Diseño hidráulico de la bocatoma en la quebrada San Francisco y estructuras de conducción para el riego por gravedad en el caserío Panpamarca, Santiago de Chuco”, estimaron la oferta hídrica de la quebrada San Francisco (caudal de 1 m^3/s) y calcularon la demanda del recurso agua del comité de regantes para sus cultivos, cuya demanda máxima fue de 138 L/s para un periodo de retorno de 25 años; información que, en conjunto con las condiciones topográficas y geotécnicas, fue utilizada para el diseño un sistema de captación que incluyó una bocatoma tipo tirolesa y una línea de conducción de 2 km de longitud, que garantice el riego de 96 ha de cultivo, beneficiando directamente a 31 familias.

La tesis de Yáñez (2020), titulada “Diseño de obras hidráulicas para sistema de captación, conducción y distribución de agua para uso agrícola, canal derivación Nanchoc – Cajamarca”, se desarrolló a partir de una bocatoma rústica existente en la margen derecha del río Nanchoc, y un canal de conducción no revestido que presenta un suelo permeable, con pérdidas de conducción considerables. Para garantizar el riego de 373.85 ha pertenecientes a la Junta de usuarios de Zaña, Yáñez propuso el diseño de una bocatoma con barraje mixto y compuerta metálica para un caudal máximo de 2.00 m^3/s y un caudal de derivación de 12.00 L/s, además de dos rápidas y un canal de conducción revestido de sección trapezoidal de 1 km.

La investigación *"Diseño del canal de riego Chullas – Cuchichaca de la provincia de Pomabamba de la región Ancash"*, de Chacaltana & Culquitante (2019), presentó el diseño de un canal de 6 kilómetros de longitud que permita el abastecimiento permanente de agua para cultivo de frutales y hortalizas en los sectores Chullas y Cuchichaca, cuyas tierras fértiles solo son productivas en temporadas de lluvias debido a se se contó con un canal rústico y muy permeable. Se diseñó el canal considerando mantener un flujo subcrítico, siendo el radio de curvatura mínimo de 5 metros para controlar la energía del agua después de una rápida.

Jáuregui (2019), en su tesis "Diseño hidráulico de una bocatoma en el río Mayobamba para el mejoramiento del Sistema de Irrigación Ccecca, Ishua y Huaycahuacho", calculó una demanda hídrica de 0.5 m^3/s para un área de riego de 750 ha; mientras que, para un período de retorno de 50 años, el caudal máximo fue de 875 m^3/s y el mínimo fue de 2.50 m^3/s. Del estudio topográfico la pendiente en la ruta del río en 5 kilómetros fue de 10%, del diseño hidráulico, se consideró un caudal de captación menor a 1 m^3/s. En base a esta información, la estructura de captación elegida fue una bocatoma de tipo tirolesa, que garantizó la mejora de la producción agrícola en los sectores Ccecca, Ishua y Huaycahuacho. El autor sugirió más proyectos de diseño de captación y riego para cubrir las demandas hídricas en épocas de mínimas avenidas.

Por otra parte, Cabello & Vallejos (2018), en su investigación "Análisis comparativo del diseño de una toma tipo tirolesa con el de una toma convencional. Caso de estudio: Sub-cuenca del río Tulumayo", sugieren que, en términos de dimensión de las estructuras, economía, construcción, operación y de impacto ambiental, para la subcuenca de Huaruchaca, distrito de Comas, provincia de Concepción, región Junín, proyectar una bocatoma tipo tirolesa les significa más ventajas que proyectar una captación convencional, considerando un caudal de captación no mayor de 3.40 m^3/s y las condiciones de alta montaña en las que se proyectó la bocatoma. Entre las ventajas, se requiere de menor infraestructura por la longitud del azud y el tamaño de

las rejillas, cuenta con una estructura que cumple la función de purga y desripiador, se requiere menos compuertas e impacta menos al medio ambiente.

La tesis *"Análisis de la configuración de la rejilla de toma de agua tirolesa para obtener caudal con menor cantiad de sólidos"*, de Méjico (2014), trató sobre la elaboración de un modelo que fue sometido a experimentos para la obtención del caudal con la menor cantidad de sólidos en el canal colector, siendo las variables a modificar la pendiente y la separación de las barras de la rejilla. Se obtuvo como resultado una rejilla con espacio entre barras de 4 cm y 20° a 30° de pendiente de la rejilla. Por lo que se concluyó que a mayor pendiente de rejilla de la toma tipo tirolesa, el canal colector presenta menos sólidos, optimizando el caudal ingresado al desarenador.

2.1.3. Antecedentes locales

La tesis "Estudio hidrológico Cuenca Chancay – Huaral, para ampliar la potencia de la Central Hidroeléctrica Tingo, de 1.2 MW a 8.8 MW en la Provincia de Huaral – Lima", de Alayo & López (2014) presenta el cálculo de los caudales medios mensuales en la cuenca del río Baños a partir de series sintéticas generadas, resultando 2.50 m^3/s como caudal de diseño para la ampliación de la central existente, considerando un caudal adicional de 0.20 m^3/s que se derivó a la nueva cámara de carga y desde ahí se aprovechó para uso agrícola. El valor de la precipitación máxima fue de 51.70 mm para un periodo de retorno de 50 años, siendo el caudal de máxima avenida calculado de 67.00 m^3/s, que determinó la altura de los muros de protección de las estructuras de captación y conducción.

2.2. Bases teóricas

Se detalla los estudios pertinentes para el posterior diseño de las estructuras hidráulicas en las zonas de estudio.

2.2.1. Estudios topográficos

Basado en la Ley N° 29338 de los Recursos Hídricos, en el Plan de trabajo “Propuesta técnica de delimitación de un tramo de faja marginal de la quebrada Juningue, de 500 metros lineales aguas arriba y 500 metros lineales aguas abajo , con referencia del camino vecinal que une los centros poblados Buenos Aires – Santa Catalina, Moyobamba”, realizado por Carrión (2016) con la aprobación de la Autoridad Nacional del Agua y en la cartilla informativa “Delimitación de fajas marginales” (Autoridad Nacional del Agua, 2017), se realizó el levantamiento topográfico en los cauces delimitados considerando las condiciones siguientes:

a) Topografia de los ríos, aproximadamente 500 metros tanto aguas abajo como aguas arriba, tomando como punto central la captación.

b) Topografia donde se ubicará la bocatoma, 500 metros a la redonda aproximadamente, con la captación como punto central.

c) Perfil longitudinal delimitado de los rios, tiene un radio de 1000 metros.

d) Sección transversal y longitudinal de la linea de conducción se realizara a lo largo de cada estructura y con un ancho transversal de 50 metros por flanco.

2.2.2. Estudios geológicos y geotécnicos

Los estudios geológicos y geotécnicos son útiles para obtener la información geotécnica del área de emplazamiento de las obras, permitiendo determinar el perfil estratigráfico y sus propiedades. Esta información es esencial para el diseño de las estructuras y/o las cimentaciones a ejecutarse.

González (2002) plantea que los estudios de ingeniería geológica y no se realizan solo para proponer soluciones geotécnicas en los proyectos de ingeniería, también son útiles para la prevención, mitigación y control de riesgos geológicos e impacto ambiental.

En los estudios geológicos se analiza la relación entre la geología, geodinámica y geofísica regional y local con la geomorfología de la cuenca. Se recomienda recopilar información del área de influencia del proyecto en repositorios de instituciones nacionales e internacionales, que regularmente publican boletines, revistas o mapas geológicos regionales. En Perú, se utiliza el repositorio del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico para los estudios a nivel nacional.

Por otra parte, en los estudios geotécnicos, se clasifica los suelos a partir de los ensayos de laboratorio y se calcula la capacidad de carga admisible, dato importante para el diseño estructural de las obras de ingeniería. Se realiza calicatas a una profundidad que no exceda de 4 m en el área de estudio (aunque la presencia de nivel freático limite más su profundidad) para la observación directa y la extracción de muestras para los ensayos tanto in situ como en laboratorio.

2.2.3. Estudios hidrológicos

2.2.3.1. Parámetros geomorfológicos

Según la Intendencia de Recursos Hídricos (2003), los parámetros geomorfológicos de una unidad hidrográfica definen y caracterizan su fisiografía, determinando el régimen de escurrimiento superficial. Los parámetros geomorfológicos considerados para esta investigación son:

Son útiles para definir y caracterizar las unidades hidrográficas, siendo determinantes en regímenes de escorrentía superficial. Se consideró los siguientes parámetros:

2.2.3.1.1. Área de la unidad hidrográfica

Parámetro que permite determinar el volumen potencial de escorrentía. En la Tabla 2 se propone una clasificación de las unidades hidrográficas en función de su área.

Tabla 2

Clasificación del tamaño de las unidades hidrográficas

Tamaño de cuenca Rango (km2)	***N° de Orden de rios***	***Descripción***
<100	*1,2,y3*	*Microcuenca*
100 a 600	*4 y 5*	*Subcuenca*
600 a 3000	*6,7 o más*	*Cuenca*
>3000	*-*	*Sistema Hidrográfico*

Nota: Adaptado de *Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas* (Aguirre, 2007).

2.2.3.1.2. Longitud de máximo recorrido

Es la mayor trayectoria recorrida por una gota de agua en una unidad hidrográfica, comprendido entre el punto más alto y el punto más bájo de la línea divisoria de aguas o divortium aquarum. Guarda relación directa con el tiempo de concentración de la unidad hidrográfica.

2.2.3.1.3. Perímetro de la cuenca

Longitud de la línea divisoria de aguas de las unidades hidrográficas o del contorno del área de una cuenca.

2.2.3.1.4. Parámetros de forma

El factor de forma es la relación entre el área y el cuadrado del máximo recorrido, que denota la forma redondeada o alargada de la unidad hidrográfica y muestra la tendencia de la unidad hidrográfica hacia las crecidas, siendo directamente proporcional al factor de forma. Se calcula con la expresión siguiente:

$$\boldsymbol{K_f = \frac{A}{L^2}}$$

Donde:

$\boldsymbol{K_f}$: Factor de forma.

$\boldsymbol{A}$: Área de la unidad hidrográfica (km^2).

$\boldsymbol{L}$: Longitud axial de máximo recorrido del cauce (km).

Por otro lado, el coeficiente de compacidad o índice de Gravelius ($\boldsymbol{K_C}$) es la relación entre el perímetro de la unidad hidrográfica y el perímetro de una circunferencia de igual área que el de la unidad hidrográfica. Guarda estrecha relación con el tiempo de concentración de la unidad hidrográfica. Se calcula mediante la expresión:

$$\boldsymbol{K_C = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}}$$

Donde:

$\boldsymbol{K_C}$: Coeficiente de compacidad.

$\boldsymbol{P}$: Perímetro de la cuenca (km).

$\boldsymbol{A}$: Área de la cuenca (km^2).

En la Tabla 3 se propone una clasificación de la forma de la unidad hidrográfica según el coeficiente de compacidad.

Tabla 3

Forma de la cuenca a partir del coeficiente de compacidad.

Rango	Forma de la Cuenca
1 a 1.25	Casi Redonda a Oval-Redonda
1.26 a 1.50	Oval-Redonda a Oval-Oblonga
1.51 a 1.75	Oval-Oblonga a Rectangular – Oblonga
>1.75	Rectangular(alargada)

Nota: Adaptado de *Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina* (Gaspari et al, 2012).

2.2.3.1.5. Parámetros de relieve

El relieve es la diferencia entre la elevación de dos puntos de referencia, cuya importancia radica en la medición de la erosión en la cuenca.

La pendiente del cauce principal ($\boldsymbol{S_0}$) es un parámetro relacionado de forma directa con la erosión en profundidad y con la capacidad de transporte de sedimentos tanto en suspensión como en arrastre. Se determina mediante la expresión:

$$\boldsymbol{S_O = \left(\frac{L \times 1000}{Cota\ mayor\ -\ Cota\ menor}\right) \times 100\%}$$

Donde:

$\boldsymbol{S_O}$: Pendiente del cauce principal, en %.

$\boldsymbol{L}$: Longitud del cauce principal, en km.

$\boldsymbol{Cota\ mayor}$ y $\boldsymbol{Cota\ menor}$: Altitudes de la parte más alta y la parte más baja del cauce principal.

La elevación o altitud media es influyente en la precipitación y la temperatura media de la unidad hidrográfica, y, por tanto, en su caudal medio. Se determina mediante la fórmula:

$$\boldsymbol{E = \frac{\sum e \times a}{A}}$$

Donde:

$\boldsymbol{E}$: Elevación media.

$\boldsymbol{a}$: Elevación media entre dos curvas de nivel consecutivo.

$\boldsymbol{e}$: Área entre las curvas de nivel (km^2).

$\boldsymbol{A}$: Área total de la cuenca (km^2).

Se propone en la Tabla 4 la clasificación de las unidades hidrográficas en base a su altitud media.

Tabla 4

Clasificación de las unidades hidrográficas en base a su altitud media.

Altitud media de Cuenca Rango (m.s.n.m.)	***Descripción***
<1500	*Bajo*
1500 a 2500	*Medianamente bajo*
2500 a 3500	*Mediamente alto*
>3500	*Alto*

Nota: Adaptado de *Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas* (Aguirre, 2007).

2.2.3.1.6. Parámetros relacionados con el sistema de drenaje

Densidad de drenaje: Relación entre la longitud total de la corriente o red de drenaje natural y el área de la unidad hidrográfica. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{I_d = \frac{L_T}{A_T}}$$

Donde:

$\boldsymbol{I_d}$: Índice de drenaje.

$\boldsymbol{L_T}$: Longitud total de la red de drenaje natural.

$\boldsymbol{A_T}$: Área total de la cuenca.

Orden del río: Describe una jerarquía de corrientes que forman parte de una unidad hidrográfica. Según el método de Strahler, se le asigna el orden 1 a un río pequeño sin ramificaciones. Cuando dos ríos de orden 1 confluyen, el río generado es de orden 2. En términos generales, se forma una corriente de orden N+1 al unirse dos corrientes de orden N.

2.2.3.2. Aforo del río

El aforo consiste en la medición del caudal en un curso de agua para un punto específico del río, quebrada, manantial u otra fuente de agua (Chamorro, 2011).

Para tal fin se dispone de diversos métodos, siendo los más utilizados:

2.2.3.2.1. Método del flotador

Es un método sencillo y aproximado de medición del caudal, basándose en la estimación del área transversal y la velocidad del agua. Se calcula con la expresión:

$$\boldsymbol{Q = F_c \times A \times \frac{L}{T}}$$

Donde:

$\boldsymbol{Q}$: Caudal, en m^3/s.

$\boldsymbol{L}$: Longitud entre el punto de partida y el punto de llegada del flotador, en m.

$\boldsymbol{A}$: Área, en m^2.

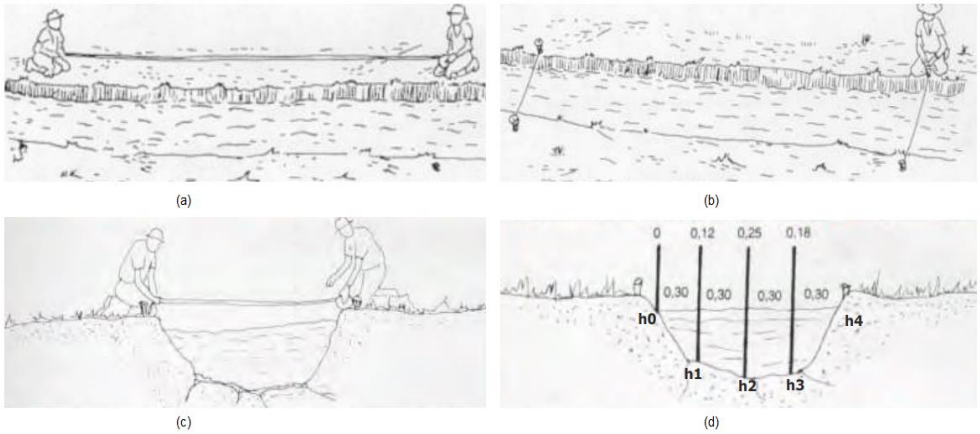
$\boldsymbol{T}$: Tiempo promedio, en segundos.

$\boldsymbol{F_c}$: Factor de corrección, relacionado con la velocidad.

En la Figura 4 se presenta el trabajo de campo para aforo por flotador.

Figura 4

Aforo de un río por método del flotador.



Nota: (a) Se mide un sector del río lo más recto posible en ambos flancos. (b) Se marca con cordeles, estacando sus extremos, el inicio y el final del sector a medir. (c) Se mide el ancho del canal. (d) Se mide las áreas parciales de la sección de agua en el río. Extraído del *Manual N°5 – Medición del agua* (Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego, 2015).

2.2.3.2.2. Método volumétrico

Consiste en medir el tiempo que tarda de una pequeña fuente a un recipiente de volumen medible y fácilmente transportable, siendo el caudal la relación entre el volumen y el tiempo medidos in situ, mediante la expresión:

$$\boldsymbol{Q} = \frac{\boldsymbol{V}}{\boldsymbol{t}}$$

Donde:

$\boldsymbol{Q}$: Caudal de la fuente de agua, en m^3/s.

$\boldsymbol{V}$: Volumen del agua en el recipiente, en m^3.

$\boldsymbol{t}$: Tiempo de llenado del recipiente, en s.

En la Figura 5 se presenta el trabajo de campo para aforo volumétrico.

Figura 5

Determinación del caudal de una fuente de agua por el método volumétrico.



Nota: (a) Crear caída de agua mediante tubería de PVC. (b) Esperar 5 minutos para que se estabilice el caudal de salida en la tubería de PVC. (c) y (d) Luego de medir el volumen del recipiente, cronometrar el llenado del recipiente con el caudal de salida en la tubería de PVC . Extraído del *Cuadernillo N°1 – ¿Cómo aforar pequeñas fuentes de agua por el método volumétrico?* (Delgadillo, 2014).

2.2.3.3. Análisis de información hidrometeorológica

Comprende el análisis de la evolución del clima de una cuenca en base a datos de precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento extraídas de las estaciones hidrometeorológicas ubicadas dentro de la cuenca o cerca a la misma.

La precipitación se define como el agua aportada al terreno en forma de líquido, sólido (nieve, granizo) y vapor. La unidad de medida es el milímetro de lluva, que equivale al agua recolectada en un recipiente de 1 m^2 de base y 1 mm de altura, es decir, a un litro de agua (Padilla, 2013).

Para Gentile (2007), la temperatura anual media es el promedio representativo de las temperaturas registradas durante todo el año en una estación hidrométrica determinada y se calcula a partir de información recopilada durante un período de varios años.

La humedad relativa es definida por Campetella, Cerne & Salio (2011) como un indicador del grado de saturación del aire sin modificar su presión ni su temperatura, es decir, indica si el aire seguirá recibiendo vapor de agua.

La velocidad del viento mide la componente horizontal del desplazamiento del aire en un intervalo de tiempo determinado, variando según la altitud del punto de medición. Esta medición permite conocer de dónde viene el viento, no hacia dónde va (Herrero, 2016).

2.2.3.4. Análisis de información hidrométrica

Consiste en el análisis interpretación de las medidas registradas de las descargas que surcan por la cuenca, siendo esencial para la elaboración del balance hídrico y el diseño de estructuras de captación, conducción y riego, valiéndose de pronósticos de máximas avenidas según periodos de retorno. Se extrae información de las descargas medias mensuales desde las estaciones hidrométricas y se genera información faltante mediante cálculos estadísticos para analizar los caudales en máximas avenidas.

2.2.3.5. Caudal de diseño

El conocimiento de las características hidrológicas del río permite determinar el caudal de diseño para la captación y definir las medidas para la bocatoma y la linea de conducción (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Es importante realizar el análisis de los eventos extremos y las descargas máximas ya que permite determinar las magnitudes, frecuencias, periodos, para el diseño de estructuras hidráulicas, control de avenidas que inundan, drenaje, canales entre otros.

Las avenidas máximas con fines de diseño se analizan mediante las descargas instantáneas, para cuyo cálculo se procedió a utilizar la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{Q_i = c \times Q_d}$$

$$\boldsymbol{c = 1 + \frac{a}{A^b}}$$

Donde:

$\boldsymbol{Q_i}$ = Caudal máxima instantánea, (m3/s)

$\boldsymbol{Q_d}$ = Caudal màxima diaria, (m3/s)

$\boldsymbol{A}$ = Área de la cuenca, (km2)

$\boldsymbol{a, b}$ = Constantes

Las descargas máximas instantáneas se analizarán con funciones estadísticas para determinarlos niveles de confiabilidad, probabilidad de ocurrencia.

Para realizar el análisis estadístico, se sugiere utilizar 06 distribuciones de frecuencia:

a) Distribución normal.

b) Distribución log-normal con 2 parámetros.

c) Distribución log-normal con 3 parámetros.

d) Distribución Pearson.

e) Distribución log-Pearson.

f) Distribución Gumbel.

2.2.3.6. Riesgo de falla admisible

Para el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008), este parámetro se encuentra definido:

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

Donde:

$\boldsymbol{R}$: Riesgo de Falla

$\boldsymbol{T}$: Periodo de retorno en años

$\boldsymbol{N}$: Vida útil del Proyecto en años.

Tabla 5

Relación entre periodo de retorno (T), el riesgo admisible (R) y la vida útil (n).

%	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
1	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
2	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
5	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695

50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144

Nota: Extraído de *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

2.2.4. Diseño hidráulico

2.2.4.1. Longitud de barraje

La longitud del barraje está relacionada con el ancho estable del cauce de un río y las descargas de agua sobre este, conservando las condiciones naturales del cauce y sin alterar su régimen. Para el cálculo del ancho estable del cauce de un río, Kennedy observó el comportamiento de los canales no revestidos, desarrollando su teoría del régimen en 1985. Estos métodos son:

2.2.4.1.1. Método de Blench y Altunin

Para Navarro (2020), este método está basado en el régimen estable que depende del factor de fondo, caudal de diseño y factor de orilla y se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{b_m = 1.81 \times \sqrt{\frac{F_b \times Q}{F_o}}}$$

Donde:

$\boldsymbol{b_m}$: Ancho de cauce estable

$\boldsymbol{Q}$: Caudal de avenida.

$\boldsymbol{F_b}$: Factor de fondo.

F_o : Factor de orilla.

La estimación de F_b y F_o (factor de fondo y de orilla, respectivamente) se realiza mediante criterios establecidos en la Tabla 6 y la Tabla 7, respectivamente.

Tabla 6

Valores estimados para el factor de fondo.

Tipo deFondo	Valor de Fb
Para materiales de fondo, con Dm<= 0.5mm	0.8
Para materiales de fondo, con Dm> 0.5mm	1.2

Nota: Adaptado de *Regime Behaviour of Canals and Rivers* (Blench, 1957).

Tabla 7

Valores estimados para el factor de orilla.

Tipo de Orilla	Valor de Fb
Material Suelto (orilla de barro y arena)	0.1
Material Ligeramente cohesivo (orilla de barro arcilla fangosa)	0.2
Material cohesivo	0.3

Nota: Adaptado de *Regime Behaviour of Canals and Rivers* (Blench, 1957).

2.2.4.1.2. Método de Simons y Henderson

Según Navarro (2020), Este método es aplicable a un rango mucho mayor de materiales (fondo y orillas). El ancho estable se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$b_m = K_1 \times \sqrt{Q}$$

Donde:

$\boldsymbol{b_m}$: Ancho estable del cauce.

$\boldsymbol{Q}$: Caudal de avenida.

$\boldsymbol{K_1}$: Coeficientes en función del material de fondo y orilla.

En la Tabla 8 se muestra los valores de $\boldsymbol{K_1}$, variando según la condición de fondo del río.

Tabla 8

Valores de K_1, coeficientes de fondo del río

Condicion de Fondo de Rio	K1
Fondo y orilla de arena	5.7
Fondos arena y orilla de materiales cohesivos	4.2
Fondo y orillas de material cohesivo	3.6
Fondo y orilla de grava	2.9
Fondo de Arena y orillas materiales no cohesivo	2.8

Nota: Adaptado de *Tratamiento de cauce del río para el control de inundaciones en la cuenca Chancay Lambayeque* (Alfaro & Bardález, 2010).

2.2.4.2. Coeficiente de rugosidad del río

Los factores de corrección de Cowan, recomendado por Rocha (2007), permite calcular el coeficiente de Manning en función de 6 parámetros, evaluando algunas propiedades del río. En la Tabla 9 se definen los factores de correción de Cowan.

$$\boldsymbol{n = m \times (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)}$$

Tabla 9

Factores de corrección de Cowan.

Condiciones del Canal		Valores	
Material Involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.050
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Nota: Adaptado de *Hidráulica de tuberías y canales* (Rocha, 2007).

El valor de $\boldsymbol{n_0}$ cuando el sedimento del lecho es granular, será estimado con la fórmula de Strickler, cuya expresión es:

$$\boldsymbol{n_0 = 0.038 \times D^{1/6}}$$

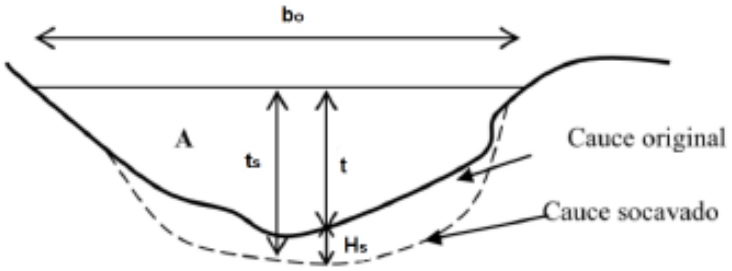
Donde $\boldsymbol{D}$ es el diámetro representativo del sedimento en metros, pudiendo ser $\boldsymbol{D_{60}}$, $\boldsymbol{D_{90}}$ o $\boldsymbol{D_{95}}$ según el acorazamiento del lecho.

2.2.4.3. Socavación general del cauce del río

La profundidad de socavación general del fondo del cauce, según el método Lischtvan – Lebediev (1967) , se calcula a partir de la evaluación del tirante de agua bajo un régimen supercrítico. En la Figura 6 se presenta un esquema de sección transversal de un cauce.

Figura 6

Esquema de una sección de cauce de un río con perfil de socavación.



Nota: Adaptado de *Metodología para calcular la profundidad de socavación general en ríos de montaña (lecho de gravas)* (Barbosa, 2013).

Se calcula la socavación general mediante la expresión:

$$\boldsymbol{H_s = t_s - t}$$

Donde:

$\boldsymbol{H_s}$: Profundidad de socavación general (m).

$\boldsymbol{t_s}$: Tirante de agua en el cauce con fondo socavado (m).

$\boldsymbol{t}$: Altura Hidráulica (m).

Para Lischtvan & Lebediev (1967), la velocidad de erosión es aquella con la que el río degrada el fondo del cauce y se expresa:

$$\boldsymbol{V_e = 0.6 \times g_s \times 1.18 \times B \times (t_s)^X}$$

El cálculo de la profundidad a partir de la sección estable y el tirante calculado, se da mediante la expresión:

$$\boldsymbol{Q = K_s \times b_o \times t^{5/3} \times S^{1/2}}$$

Siendo $\boldsymbol{a = K_s \times S^{1/2}}$

Reemplazando en la fórmula anterior y despejando:

$$\boldsymbol{Q = a \times b_o \times t^{5/3} \Longrightarrow a = \frac{Q}{b_o \times t^{5/3}}}$$

Se calcula la velocidad $\boldsymbol{V_r}$ (real), con una profundidad incrementada $\boldsymbol{t_s}$ a la que se desea evaluar la velocidad erosiva, despejando la expresión:

$$\boldsymbol{Q = V_r \times t_s \times b_o = a \times b_o \times t^{5/3}}$$

$$\boldsymbol{V_r = \frac{a \times b_o \times t^{5/3}}{t_s}}$$

La erosión en cierta parte del fondo se obtendrá a una profundidad que satisface:

$$\boldsymbol{V_e = V_r}$$

Reemplazando los valores de $\boldsymbol{V_e}$ y $\boldsymbol{V_r}$:

$$\boldsymbol{0.6 \times g_s \times 1.18 \times B \times (t_s)^X = \frac{a \times b_o \times t^{5/3}}{t_s}}$$

Despejando $\boldsymbol{t_s}$ (Suelos no cohesivos):

$$\boldsymbol{V_e = 0.68 \times D_m \times 0.28 \times B.(t_s)^X}$$

Luego:

$$\boldsymbol{\Longrightarrow t_s = \left(\frac{a \times b_o \times t^{5/3}}{0.68 \times D_m \times 0.28 \times B}\right)^{\frac{1}{1+X}}}$$

Donde:

$\boldsymbol{V_e}$: Velocidad erosiva, en m/s.

$\boldsymbol{V_r}$: Velocidad real, en m/s.

$\boldsymbol{g_s}$: Peso específico del suelo seco H_s, en Ton/m^3.

$\boldsymbol{B}$: Coeficiente de socavación (Ver Tabla 10).

$\boldsymbol{Q}$: Descarga de diseño, en m^3/s.

$\boldsymbol{b_o}$: Sección estable, en m.

$\boldsymbol{X}$: Exponente para material no cohesivo en función del diámetro característico.

$\boldsymbol{D_m}$: Diámetro medio del material de fondo, en mm.

Tabla 10

Valores del coeficiente B para socavación

Probabilidad Anual Caudal de diseño (%)	Valores de B
100	0.770
50	0.820
20	0.860
5	0.940
2	0.970
1	1.00
0.3	1.03

Nota: Adaptado de *Geotecnia y cimientos III, Volumen I* (Jiménez, 1980, pp.720).

Tabla 11

Coeficientes de suelos cohesivos en socavación general

Fd (t/m3)	X	Fd (t/m3)	X
0.80	0.52	1.20	0.39
0.83	0.51	1.24	0.38
0.86	0.50	1.28	0.37
0.88	0.49	1.34	0.36
0.90	0.48	1.40	0.35
0.93	0.47	1.46	0.34
0.96	0.46	1.52	0.33
0.98	0.45	1.58	0.32
1.00	0.44	1.64	0.31
1.04	0.43	1.71	0.30
1.08	0.42	1.80	0.29
1.12	0.41	1.89	0.28
1.16	0.40	2.00	0.27

Nota: Adaptado de *Geotecnia y cimientos III, Volumen I* (Jiménez, 1980, pp.720).

Tabla 12

Coeficientes de suelos granulares en socavación general

D (mm)	X	D (mm)	X
0.05	0.43	40.00	0.30
0.15	0.42	60.00	0.29
0.50	0.41	90.00	0.28
1.00	0.40	140.00	0.27
1.50	0.39	190.00	0.26
2.50	0.38	250.00	0.25
4.00	0.37	310.00	0.24
6.00	0.36	370.00	0.23
8.00	0.35	450.00	0.22
10.00	0.34	570.00	0.21
15.00	0.33	750.00	0.20
20.00	0.32	1000.00	0.19
25.00	0.31	++++++	++++++

Nota: Adaptado de *Geotecnia y cimientos III, Volumen I* (Jiménez, 1980, pp.721).

2.2.4.4. Enrocado de protección

Según Zevallos (2015), los enrocados de protección están expuestos a la acción de las fuerzas hidrodinámicas de arrastre proporcionales al esfuerzo del flujo sobre el cauce de un río, presentando capacidad erosiva que reduce la estabilidad de la protección. En contraparte, el peso sumergido y el tamaño de los elementos que conforman el enrocado ayuda a la estabilidad del enrocado de protección.

El diseño de un enrocado se basa en la evaluación de las infraestructuras de drenaje y riego en áreas agrícolas, infraestructuras viales, abastecimiento de agua, etc., que estén en riesgo de erosión en eventos de máximas avenidas:

2.2.4.4.1. Método general

Consiste en calcular la fuerza de empuje y el volumen de la roca que equilibra a dicha fuerza. La fuerza de empuje se calcula mediante la expresión:

$$\boldsymbol{F = \frac{D_w \times C_d \times v^2 \times A}{2}}$$

Donde:

$\boldsymbol{F}$: Fuerza de empuje, en kg.

$\boldsymbol{D_w}$: Densidad del agua, en kg/m^3.

$\boldsymbol{C_d}$: Coeficiente de arrastre

$\boldsymbol{A}$: Área de superficie de la partícula, en m^2.

$\boldsymbol{v}$: Velocidad del flujo, en m/s.

Se calcula el volumen de la roca que equilibra a la fuerza de empuje mediante:

$$\boldsymbol{V_r = \frac{W_s}{P_r - P_w}}$$

Donde:

$\boldsymbol{W_s}$: Peso sumergido de roca, en kg.

$\boldsymbol{P_r}$: Peso específico de la roca sumergida, en kg/m^3.

$\boldsymbol{P_w}$: Peso específico del agua, en kg/m^3.

$\boldsymbol{V_r}$: Volumen de roca.

2.2.4.4.2. Método de Maynord

El método de Maynord (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008) para determinar el diámetro medio de las rocas para la protección implica el uso de las siguientes relaciones:

$$\boldsymbol{d_{50} = C_1 \times (y \times F^3)}$$

$$\boldsymbol{F = C_2 \times \left(\frac{v}{\sqrt{g \times y}}\right)}$$

Donde:

$\boldsymbol{d_{50}}$: Diámetro medio de las rocas.

$\boldsymbol{y}$: Profundidad de flujo.

$\boldsymbol{v}$: Velocidad media del flujo.

$\boldsymbol{F}$: Número de Froude.

$\boldsymbol{C_1}$ y $\boldsymbol{C_2}$: Coeficientes de corrección.

Tabla 13

Coeficientes de corrección, método de Maynord

N°	C|1
0.3	Fondo plano
0.3	Talud 1V:3H
0.3	Talud 1V:2H

N°	C|2
1.5	Tramos en curva
1.3	Tramos rectos
2	Extremos de Espigones

Nota: Extraído de *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje* (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

2.2.4.4.3. Método del U.S. Department of Transportation

En este método se propone para el cálculo del diámetro medio de las rocas D50 del enrocado las siguientes relaciones basadas en la teoría de la fuerza tractiva cuyo parámetro principal es la velocidad:

$$d_{50}^{I} = \frac{0.001 \times V^3}{y^{0.5} \times K_1^{1.5}} \quad en\ sistema\ inglés$$

$$K_1 = \left[1 - \left(\frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi}\right)\right]^{0.5}$$

$$C = C_{sg} \times C_{sf}$$

$$C_{sg} = \frac{2.12}{(\gamma_s - 1)^{1.5}}$$

$$C_{sf} = \left(\frac{FS}{1.2}\right)^{1.5}$$

$$d_{50} = C \times d_{50}^{I}$$

Donde:

$\boldsymbol{d_{50}}$: Diámetro medio de las rocas.

$\boldsymbol{V}$: Velocidad media del flujo.

$\boldsymbol{y}$: Profundidad de flujo.

$\boldsymbol{K_1}$: Factor de corrección.

$\boldsymbol{\theta}$: Ángulo de inclinación del talud.

$\boldsymbol{\phi}$: Ángulo de reposo del material del enrocado.

$\boldsymbol{C}$: Factor de correción.

$\boldsymbol{\gamma_s}$: Peso específico del material del enrocado.

$\boldsymbol{FS}$: Factor de seguridad.

El factor de seguridad se define según la Tabla 14.

Tabla 14

Factores de seguridad según condición del flujo e impacto de sedimentos.

Condición	FS
Flujo uniforme, tramos rectos o medianamente curvos (radio de la curva/ancho del cauce > 30). Mínima influencia de impacto de sedimentos y material flotante	1-1.2
Flujo gradualmente variado, curvatura moderada (10< radio de la curvatura/ancho del cauce < 30). Moderada de impacto de sedimentos y material flotante.	1.3-1.6
Flujo rápidamente variado, curvas cerradas (radio de la curva/ancho del cauce < 10), flujos de alta turbulencia, flujo de turbulencia mixta de sedimentos y material flotante.	1.6-2

Nota: Extraído de *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje* (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

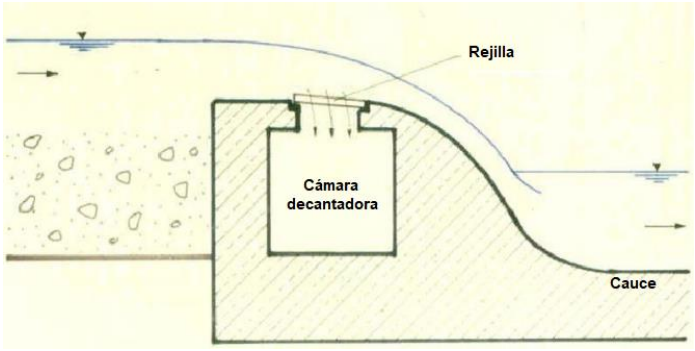
2.2.4.5. Captación

Según Rocha (2003), existen dos grandes grupos de bocatomas: Las captaciones laterales y las bocatomas tipo tirolesa. Mientras que Mery (2013) los divide según su geografía en bocatomas de ríos en llanura, bocatomas en lagos y bocatomas de montaña.

La toma tirolesa, también llamada caucasiana, alpina, de montaña o sumergida es una estructura usualmente diseñada para las partes altas de los torrentes de montaña. Esto debido a que debe captar escurrimientos rápidos con transporte considerable de sólidos durante las crecidas. Se diseña y acondiciona un azud para elevar el nivel del agua y la captación se efectúa por medio de una rejilla de fondo con pendiente mayor que la del río y barrotes dispuestos en la dirección de la corriente, asegurando que no las partículas no se atoren en los espacios entre barrotes. Se dispone una cámara decantadora o una galería de captación debajo de la rejilla para que el material sólido captado se deposite para su posterior eliminiación desde la compuerta de purga, captando el agua por medio de un vertedero ubicado en la cámara decantadora y desde ahí se conducie por el canal hacia la zona de aprovechamiento. Este tipo de captación es bastante simple y ha dado buenos resultados en torrentes con material grueso. Se utiliza generalmente para captar caudales pequeños.

Figura 7

Esquema de una sección de cauce de un río con perfil de socavación.



Nota: Adaptado de *La bocatoma, estructura clave en un proyecto de aprovechamiento hidráulico* (Rocha, 2003).

2.2.4.5.1. Azud de captación

Este azud trabaja sumergido parcialmente, formando una trayectora según la curva Creager. Para el diseño, se utilizó la fórmula del vertedero de perfil Creager en base al criterio general del United States Bureau of Reclamation (Arreguín, 2021):

$$\boldsymbol{Q = \frac{2}{3} \times \mu \times b \times \sqrt{2 \times g} \times \left[\left(h + \frac{v^2}{2 \times g} \right)^{3/2} - \left(\frac{v^2}{2 \times g} \right)^{3/2} \right]}$$

Donde:

$\boldsymbol{Q}$: Caudal de avenida, en m^3/s.

$\boldsymbol{v}$: Velocidad de acercamiento sobre el azud, en m/s.

$\boldsymbol{b}$: Ancho estable, en m.

$\boldsymbol{\mu}$: Coeficiente de descarga, ≈ 0.60.

$\boldsymbol{h}$: Tirante del azud, en m.

Para el resalto y la cuenca amortiguadora se utiliza la fórmula aproximada para el resalto:

$$\boldsymbol{h_2 = \frac{Q}{\sqrt{h_1}}}$$

Donde:

$\boldsymbol{Q}$: Caudal de avenida, en m^3/s.

$\boldsymbol{h_1}$: Tirante abajo del azud, en m.

$\boldsymbol{h_2}$: Tirante aguas abajo del río (en el resalto), en m.

Para la longitud de la cuenca se tiene la fórmula general:

$$\boldsymbol{L = 5 \times (h_2 - h_1)}$$

2.2.4.5.2. Toma tipo tirolesa

Para el cálculo de la toma tirolesa, Krochin (1978) propone la fórmula:

$$\boldsymbol{Q = 3.20 \times (CK)^{3/2} \times b \times L^{3/2}}$$

Donde:

$\boldsymbol{Q}$: Caudal de ingreso a la rejilla de captación, en m^3/s.

$\boldsymbol{L}$: Ancho de rejilla, en m.

$\boldsymbol{b}$: Longitud de rejilla, en m.

$\boldsymbol{C}$: Coeficiente de contraccion, se define con la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{C = C_o - 0.325 \times i}$$

$\boldsymbol{C_o}$: Depende de la relación $\frac{e}{s}$. Si $\frac{e}{s} \geq 4 \Longrightarrow \boldsymbol{C_o = 0.60}$ y si $\frac{e}{s} < 4 \Longrightarrow \boldsymbol{C_o = 0.50}$

$\boldsymbol{i}$: Porcentaje de inclinación de la rejilla respecto a la horizontal, en %.

$\boldsymbol{e}$: Altura de la barra.

$\boldsymbol{s}$: Espaciamiento entre barras.

$\boldsymbol{K}$: Coeficiente de obstrucción. Reduce el área total para transformarla en área efectiva disponible. Se define con la siguiente expresión:

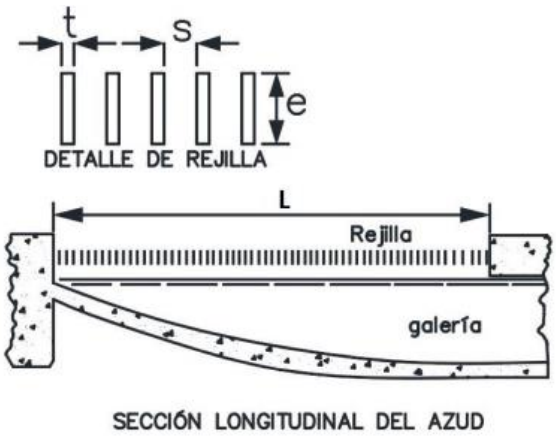
$$K = (1 - f) \times \frac{s}{s + t}$$

f: Porcentaje de la superficie que queda obstruida por material sólido incrustado entre las rejas, entre 15% a 30%.

t: Espesor de barras.

Figura 8

Sección transversal de la toma tirolesa y detalle de la rejilla.



Nota: Extraído de *Análisis comparativo del diseño de una toma tipo tirolesa con el de una toma convencional* (Cabello & Vallejos, 2018).

Se asumió una velocidad mínima de flujo de 1.00 m/s para el diseño de la galería de captación, pudiendo alcanzar valores $V > 3\sqrt{g \times s}$. Se debe asegurar un flujo subcrítico para evitar generar resaltos al final de la galería.

Por otra parte, se considera el funcionamiento de la toma en época de avenidas a partir del cálculo del caudal captado, mediante la expresión:

$$Q = \mu \times a \times b \times \sqrt{2 \times g \times t_o}$$

Donde:

$\boldsymbol{Q}$: Caudal que pasa por el agujero de captación, en m^3/s.

$\boldsymbol{a}$: Ancho del agujero, en m.

$\boldsymbol{b}$: Altura del agujero, en m.

$\boldsymbol{\mu}$: Coeficiente del agujero

$\boldsymbol{t_o}$: Tirante máximo de río en época de avenidas, en m.

2.2.4.5.3. Desarenador

Para el diseño del desarenador, Eghiazaroff planteó la siguiente relación:

$$\boldsymbol{w = \frac{v}{5.7 + 2.3 \times h}}$$

Donde:

$\boldsymbol{w}$: Velocidad de decantación, en m/s.

$\boldsymbol{v}$: Velocidad del agua, en m/s.

$\boldsymbol{h}$: Profundidad del depósito, en m.

La longitud del decantador viene dada por:

$$\boldsymbol{L = \frac{h \times v}{\mu - w}}$$

Donde:

$\boldsymbol{L}$: Longitud de desarenador, en m.

$\boldsymbol{\mu}$: Velocidad de decantación según Stokes.

2.2.4.5.4. Vertedero

A partir de la relación planteada por Forchheimer, se diseña el aliviadero lateral.

$$\boldsymbol{Q = v \times \frac{2}{3} \times \mu \times \sqrt{2 \times g} \times L \times h^{3/2}}$$

Donde:

$\boldsymbol{Q}$: Caudal derivado por vertedero.

$\boldsymbol{v}$: Coeficiente 0.95.

$\boldsymbol{\mu}$: Coeficiente de descarga, que varía entre 0.55 y 0.65.

$\boldsymbol{L}$: Longitud del vertedero.

$\boldsymbol{h}$: carga hidráulica sobre la cresta del vertedero.

Para la carga, se establece la siguiente relación:

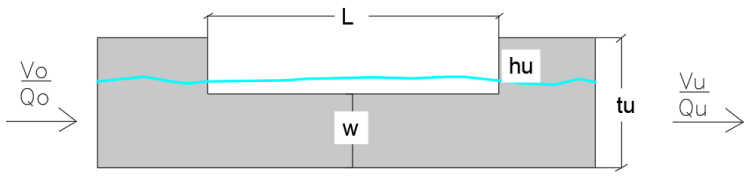
$$\boldsymbol{h = h_o + \frac{h_u}{2}\ , h = 0.90 \times h_u\ , donde\ h_u > h_o}$$

La cual presenta una buena aproximación, bajo las condiciones indicadas a continuación:

- El coeficiente entre la velocidad $\boldsymbol{v_o}$ del agua y la raíz cuadrada del producto de la profundidad del agua antes del vertedero $\boldsymbol{t_o}$ y la aceleración de la gravedad, debe ser menor que el número de Froude = 0.75.
- La diferencia entre $\boldsymbol{t_o}$ y $\boldsymbol{t_u}$ debe ser inferior a la diferencia entre $\boldsymbol{t_u}$ y $\boldsymbol{w}$.

Figura 9

Sección de aliviadero lateral, condiciones de flujo.



Nota: Adaptado de *Hidráulica aplicada al diseño de obras* (Mery, 2013).

2.2.4.6. Canal de aproximación

Para el cálculo hidráulico de la sección se usó la ecuación de Manning:

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

Donde:

$\boldsymbol{Q}$: Caudal que pasa por el canal.

$\boldsymbol{A}$: Área de sección del caudal.

$\boldsymbol{R}$: Radio hidráulico.

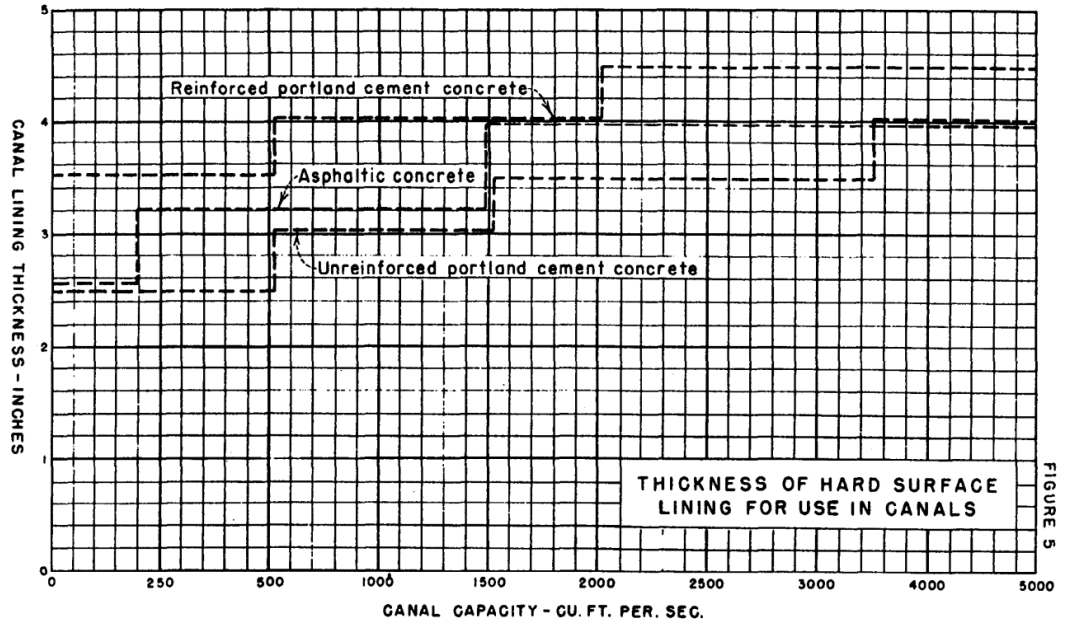
$\boldsymbol{S}$: Pendiente del canal

$\boldsymbol{n}$: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Para el diseño del revestimiento, se consideró las recomendaciones del United States Bureau of Reclamation (1967) en su manual *Design of small canal structures*, que implican el uso de la Figura 10 que relaciona el espesor del revestimiento con la capacidad del concreto a utilizar.

Figura 10

Espesor de revestimiento en relación con el caudal transportado por el canal.

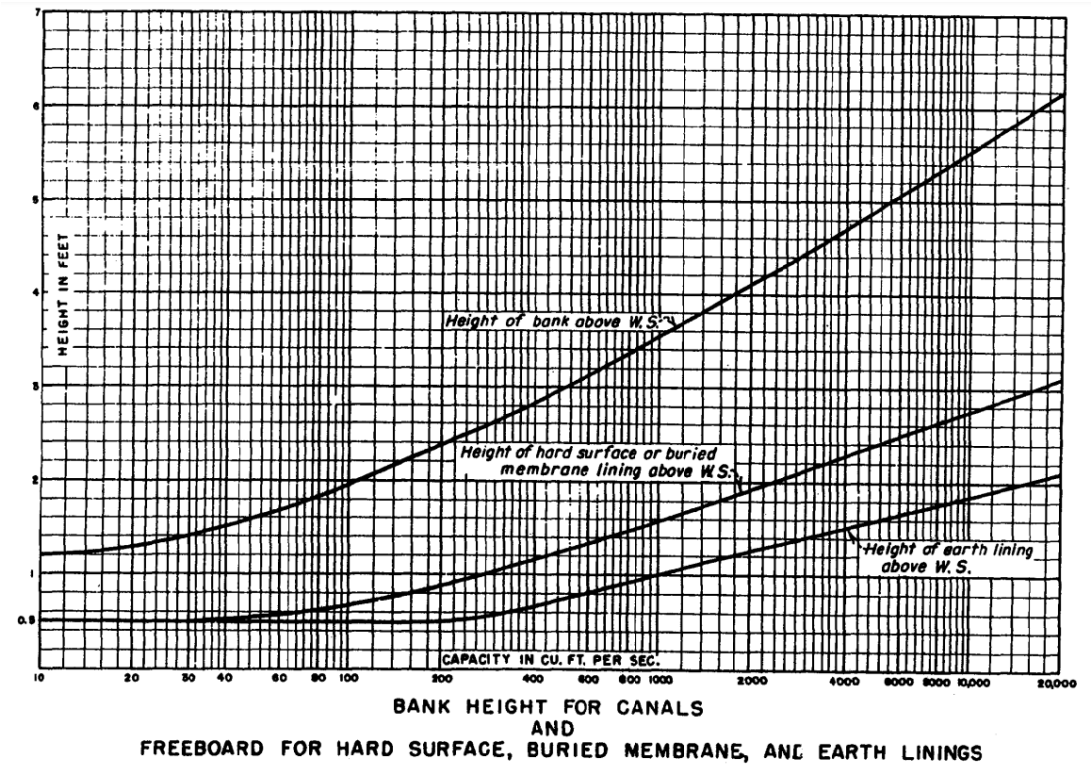


Nota: Extraído de *Canals and related structures* (United States Bureau of Reclamation, 1967).

Según el United States Bureau of Reclamation, el borde libre de un canal revestido de concreto se determina considerando el revestimiento y el caudal máximo a conducir, mediante la Figura 11:

Figura 11

Borde libre en canales revestidos.



Nota: Extraído de *Canals and related structures* (United States Bureau of Reclamation, 1967).

Estos bordes libres cumplen la función de absorber los caudales de ingreso al canal, eventuales caídas de objetos o pérdida de rugosidad de Manning por la operación o mantenimiento del canal, no debiendo ser inferiores a la tercera parte del tirante del canal, aunque usualmente se estima un valor aproximado de entre 0.20 m y 0.30 m de espesor de revestimiento para canales grandes. Respecto a las juntas en canales de concreto armado, se consideró separaciones cada 5.00 m por proceso constructivo.

2.2.5. Diseño estructural

El diseño estructural de los muros de encauzamiento de la captación, los muros del canal de conducción y el azud o barraje se basó en las normas técnicas de edificación E.020: Cargas,

E.030: Diseño sismorresistente y E.060: Concreto armado, del Reglamento Nacional de Edificaciones y en los libros *Ingeniería Geológica*, de González (2002) y *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*, de Das (2012).

2.2.5.1. Aspectos geotécnicos

Tiene más relación con el cálculo de la capacidad portante del terreno. Se calcula la presión del hundimiento con la fórmula propuesta por Terzaghi en 1943 para cimentaciones corridas (González, 2002).

$$q_u = CN_c + qN_q + 0.5\gamma BN_\gamma$$

Donde:

N_c, N_q y N_γ: Factores de capacidad de carga, en función del ángulo de fricción del suelo.

C: Coeficiente de cohesión del suelo.

B: Ancho de cimentación.

γ: Peso específico del suelo por debajo de la cimentación.

q: Tensión vertical por sobrecarga total del suelo a nivel de la cimentación. Se calcula:

$$q = \gamma D_f$$

En caso de existencia de napa freática en la zona de interés, se calcula la sobrecarga efectiva mediante la siguiente expresión:

$$q' = \gamma D_1 + (\gamma_{sat} - \gamma_w) \times D_2$$

Donde:

γ_{sat}: Peso unitario del suelo saturado.

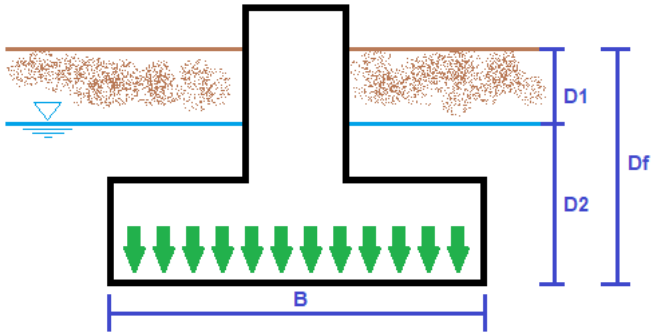
γ_w: Peso unitario del agua.

D_1: Profundidad del suelo seco.

D_2: Profundidad del suelo desde el nivel freático hasta el fondo de cimentación.

Figura 12

Presión efectiva en cimentación, considerando nivel freático.



Nota: Adaptado de *Ingeniería Geológica* (González, 2002).

Asimismo, Kumbhojkar (1993) evaluó numéricamente los factores de capacidad de carga de Terzaghi, presentando las siguientes expresiones:

$$N_q = \frac{e^{2\times\left(\frac{3\pi}{4}-\frac{\phi'}{2}\right)\times\tan\phi'}}{2\times\cos^2\left(45°+\frac{\phi'}{2}\right)}$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan\phi'}$$

$$N_\gamma = 0.5\times\left(\frac{K_{p\gamma}}{(\cos^2\phi')} - 1\right)\times\tan\phi'$$

Donde $K_{p\gamma}$ es el coeficiente de presión pasiva.

Das (2012) presentó factores de capacidad de carga de Terzaghi, basado en las modificaciones de Kumbhojkar, que fue utilizada para el cálculo de la capacidad última (Ver Tabla 15).

Tabla 15

Factores de capacidad de carga de Terzaghi, ecuaciones de Kumbhojkar.

ϕ'	N_c	N_q	N_γ[a]	ϕ'	N_c	N_q	N_γ[a]
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

[a] De Kumbhojkar (1993).

Nota: Extraído de *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (Das, 2012, pp. 139).

La capacidad de carga admisible se calcula:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{\mathbf{FS}}$$

2.2.5.2. Muros de encauzamiento de captación

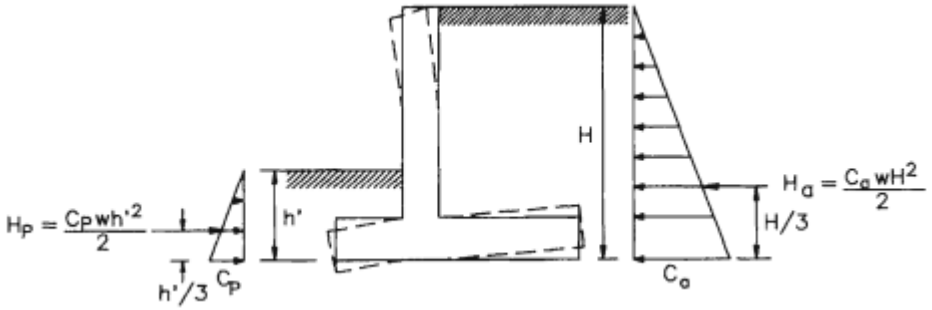
Estos muros tienen como función encauzar el río hacia una estructura de captación y proteger la estructura y los terrenos aguas arriba de la misma, además de evitar el desbordamiento debido a la presencia del azud.

2.2.5.2.1. Empuje del suelo y nivel freático

El cálculo se basa en la teoría de Rankine, ideal para suelos granulares, incompresibles y homogéneos. La distribución del empuje del suelo es lineal.

Figura 13

Empuje del terreno sobre muros de contención.



Nota: Extraído de Diseño de estructuras de concreto armado (Harmsen, 2002).

De la Figura 13, los empujes activo y pasivo del suelo hacia el muro se determina:

$$\boldsymbol{H_a = \frac{\tan^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right) \times W \times H^2}{2}}$$

$$\boldsymbol{H_p = \frac{\tan^2\left(45° + \frac{\delta}{2}\right) \times W \times h^2}{2}}$$

Donde:

$\boldsymbol{H_a}$: Empuje activo.

$\boldsymbol{H_p}$: Empuje pasivo.

$\boldsymbol{\phi}$ y $\boldsymbol{\delta}$: Ángulo de fricción interna del suelo.

$\boldsymbol{H}$: Altura del relleno que ejerce el empuje activo.

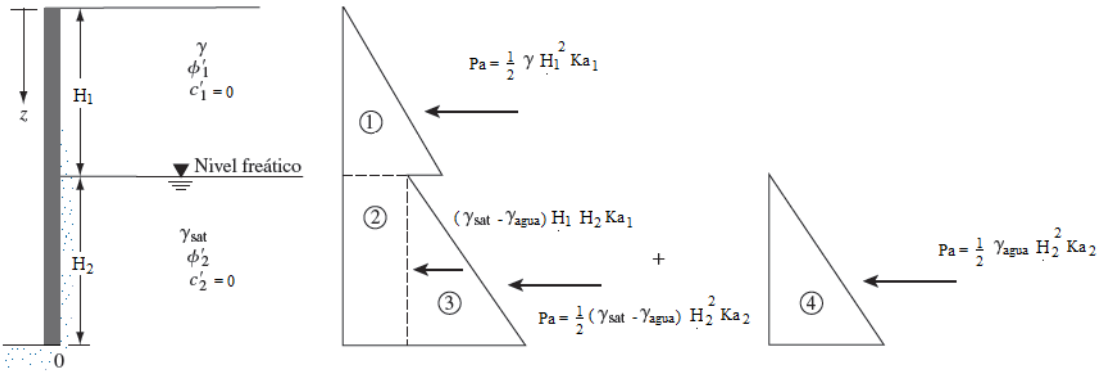
$\boldsymbol{h}$: Altura del relleno que ejerce el empuje pasivo.

$\boldsymbol{w}$: Peso específico del suelo.

Los empujes activos del suelo con presencia de nivel freático en muros se determinan sumando las áreas enumeradas en la figura 14. Similar cálculo se realiza para determinar los empujes pasivos, a partir de la figura 15.

Figura 14

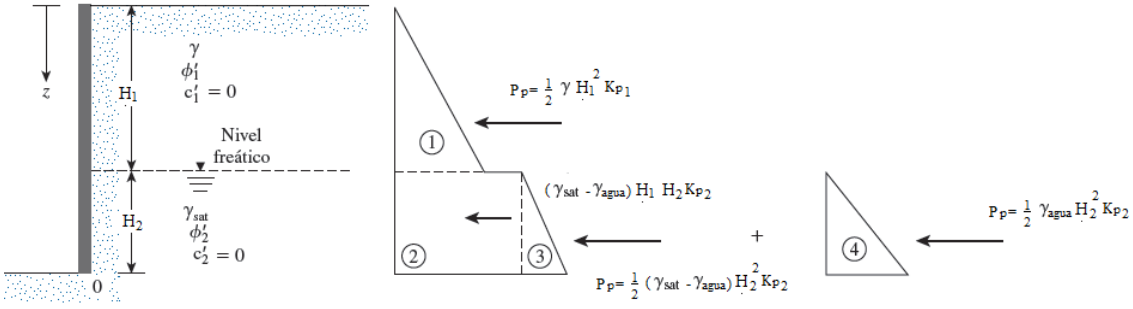
Empuje activo del terreno sobre voladizo según Rankine.



Nota: Adaptado de Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (Das, 2012).

Figura 15

Empuje pasivo del terreno sobre voladizo según Rankine.



Nota: Adaptado de Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (Das, 2012).

Donde:

$\boldsymbol{K_a}$: Coeficiente de presión activa de Rankine.

$$K_a = \tan^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$$

K_p: Coeficiente de presión pasiva de Rankine.

$$K_p = \tan^2\left(45° + \frac{\phi}{2}\right)$$

γ: Peso específico del suelo.

γ_{sat}: Peso específico saturado del suelo.

γ_{agua}: Peso específico saturado del agua.

2.2.5.2.2. Fricción en la base

Para Harmsen (2002), la fricción en la base del muro en voladizo es igual a la reacción del suelo multiplicado por el coeficiente de fricción entre el suelo y el concreto. Asimismo, Harmsen propone valores para dicho coeficiente, que se muestran en la Tabla 16:

Tabla 16

Valores del coeficiente de fricción.

Caracteristicas de los materiales	u
Concreto o mamposteria contra arena limosa media a gruesa, grava limosa	0.55
Concreto o mamposteria contra grava limpia , arena gruesa	0.45
Limo no Plástico	0.35
Roca sólida sana	0.6

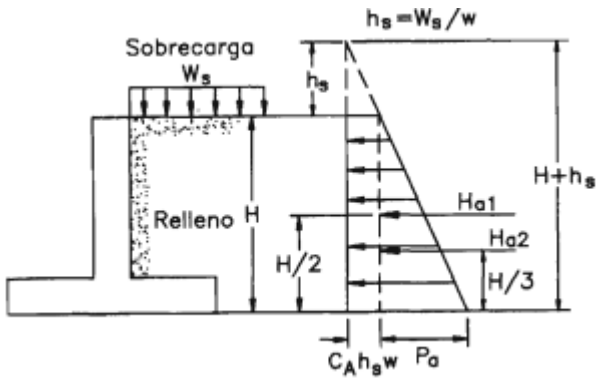
Nota: Extraído de Diseño de estructuras de concreto armado (Harmsen, 2002).

2.2.5.2.3. Sobrecarga en el terreno

Se considera el efecto de la sobrecarga en el relleno, el cual produce un efecto similar al causado por el incremento de la altura del relleno.

Figura 16

Sobrecarga del terreno sobre muros de contención.



Nota: Extraído de Diseño de estructuras de concreto armado (Harmsen, 2002).

Donde:

$$\boldsymbol{h_s = \frac{w_s}{w}}$$

$\boldsymbol{w}$: Peso específico del suelo.

$\boldsymbol{w_s}$: Sobrecarga en el relleno.

$\boldsymbol{h_s}$: Variación hipotética de altura del relleno.

2.2.5.2.4. Criterios de estabilidad

Para garantizar la estabilidad del muro, se diseña considerando los efectos de volteo y deslizamiento, así como evitar que la reacción generada por las cargas aplicadas sobre el muro exceda el esfuerzo admisible del mismo.

Las fuerzas son originadas por la presión hidrostática del agua, el empuje activo del relleno y la sobrecarga actuante sobre el relleno. Las fuerzas resistentes son el empuje pasivo y la fricción en la base del muro de encauzamiento.

El volteo consiste en la tendencia de la estructura a girar alrededor del pie de la estructura. El cálculo del factor de seguridad por volteo se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{F_v = \frac{\sum M_r}{\sum M_v}}$$

Donde:

$\sum \boldsymbol{M_r}$: Suma de momentos resistentes.

$\sum \boldsymbol{M_v}$: Suma de momentos volcantes o que producen volteo.

Por su parte, el deslizamiento es la tendencia de la estructura a desplazarse en dirección horizontal, siendo las fuerzas de oposición aquellas debidas a la fricción y a la resistencia al corte de la estructura o su cimentación. El factor de seguridad por deslizamiento se calcula:

$$\boldsymbol{F_d = \frac{\mu \times \sum F_v}{\sum F_h}}\ , \boldsymbol{F_d > 1.5}$$

Donde:

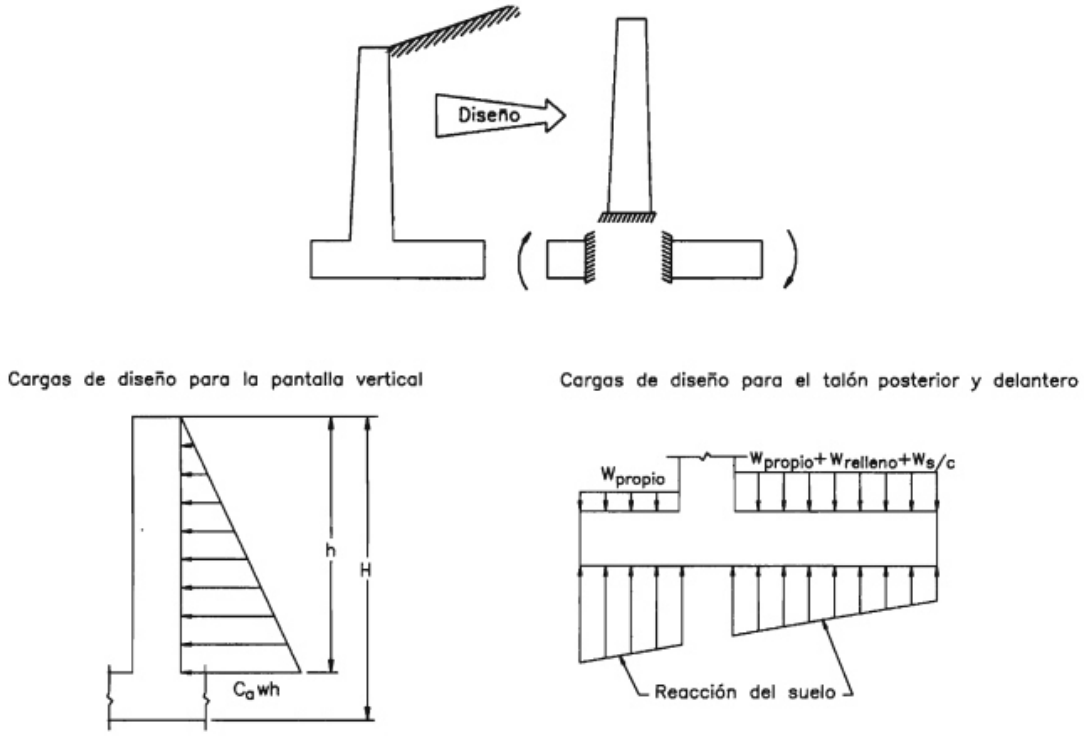
$\sum \boldsymbol{F_v}$: Suma de fuerzas verticales (incluyendo las fuerzas de subpresión).

$\sum \boldsymbol{F_h}$: Suma de fuerzas horizontales.

$\boldsymbol{\mu}$: Coeficiente de fricción por deslizamiento entre la estructura y el terreno.

Figura 17

Criterios para el diseño de muros en voladizo.



Nota: Extraído de Diseño de estructuras de concreto armado (Harmsen, 2002).

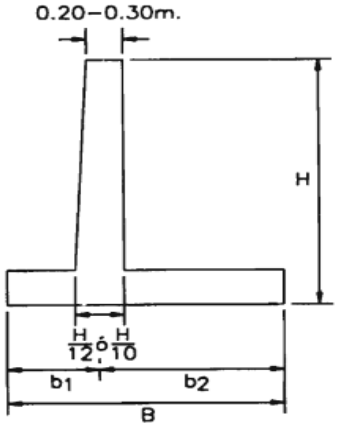
2.2.5.2.5. Predimensionamiento y análisis de diseño

Considerando un muro en voladizo, se verifica que la reacción del suelo no exceda la capacidad portante del terreno, procurando que la carga vertical actuante presente una excentricidad no mayor que B/6, similar a las zapatas (Harmsen, 2002).

En la Figura 18 se muestra el predimensionamiento del muro en voladizo propuesto por Harmsen, donde la base del muro se estima a partir de las condiciones del suelo de relleno y las longitudes b1 y b2: Si b1 = B/3, el muro es económico mientras que si el terreno presenta insuficiente capacidad portante, se recomienda que b1 = B/2.

Figura 18

Predimensionamiento preliminar de muro en voladizo.



Nota: Extraído de Diseño de estructuras de concreto armado (Harmsen, 2002).

Para el diseño de muros de concreto armado, Harmsen propone el uso de dos métodos:

- Método empírico: consiste en la estimación de la resistencia a la compresión del muro a través de la expresión:

$$\boldsymbol{\Phi P_{nw} = 0.55 \times \phi \times f'_c \times A_g \times \left(1 - \left(\frac{K \times l_c}{32 \times h}\right)^2\right)}$$

Donde:

$\boldsymbol{\phi}$: Factor de reducción de resistencia igual a 0.70 para las solicitaciones.

$\boldsymbol{K}$: Factor de altura efectiva. Se obtiene a partir de la Tabla 17:

Tabla 17

Factores de altura para diferentes muros y condiciones de apoyo.

Tipo de Muro	Condicion de apoyo	K
Muro apoyado arriba y abajo	Apoyo con giro restringido	0.8
	Ambos apoyos tienen el giro restringido	1.0

Muro con apoyos que admite desplazamiento relativo	Apoyo superior e inferior con desplazamiento relativo	2.0

Nota: Extraído de *Diseño de estructuras de concreto armado* (Harmsen, 2002).

$\boldsymbol{l_c}$: Altura libre del muro.

$\boldsymbol{A_g}$: Área de la sección transversal del muro.

- Método general: Se considera el efecto de la esbeltez. Para MacGregor, el parámetro *EI* se calcula mediante la expresión:

$$\boldsymbol{EI = \frac{E_c \times I_g}{\beta} \times \left(0.5 - \frac{e}{h}\right)}$$

$$\boldsymbol{0.4 \times \frac{E_c \times I_g}{\beta} \geq EI \geq 0.1 \times \frac{E_c \times I_g}{\beta}}$$

Donde:

$\boldsymbol{E_c}$: Módulo de elasticidad del concreto.

$\boldsymbol{I_g}$: Momento de inercia de la sección bruta.

$\boldsymbol{\beta}$: Parámetro igual a $\boldsymbol{\left(0.9 + 0.5 \times \beta_d^2 - 12 \times \rho\right)}$

$\boldsymbol{\beta_d}$: Parámetro definido como el cociente de la máxima fuerza horizontal permanente amplificada entre la máxima fuerza horizontal amplificada total de la base del muro.

$\boldsymbol{\rho}$: Cuantía de acero vertical respecto al área bruta del concreto.

$\boldsymbol{e}$: Excentricidad de la carga axial.

$\boldsymbol{h}$: Espesor del muro

El American Concrete Institute, en su norma ACI 318S-14 (2015), sugiere que para controlar el agrietamieto de la estructura, se calcula los refuerzos mínimos del muro en base a los criterios mostrados en la Tabla 18:

Tabla 18

Criterios para el cálculo de los refuerzos mínimos de acero.

Criterio	Refuerzo mínimo vertical	Refuerzo mínimo horizontal
Varillas menores o iguales que la #5 y fy>4200 kg/cm2	Av min = 0.0012 bh	Ah min = 0.0020 bh
Otro tipo de varilla	Av min = 0.0015 bh	Ah min = 0.0025 bh (*)

Nota: (*) Varía según el espaciamiento entre juntas: De 7 a 9 m, 0.0025 bh; de 9 a 12 m, 0.0030 bh; de 12 a 15 m, 0.0035 bh y de 15 a 20 m, 0.0040 bh. Adaptado de *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14) y Comentario (ACI 318SR-14)* (American Concrete Institute, 2015) y *Diseño de estructuras de concreto armado* (Harmsen, 2002).

2.2.5.3. Canal de conducción

Para el canal de conducción, se propone un revestimiento de canal de concreto armado. Después de deterrminar los parámetros geotécnicos del suelo del canal de conducción, se calcula el empuje de las paredes laterales del canal mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{E = \frac{\gamma \times h^2}{2} \times \tan^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)}$$

Donde:

$\boldsymbol{E}$: Empuje de tierra, en kg.

$\boldsymbol{\gamma}$: Peso específico del material, en kg/m^3.

$\boldsymbol{\phi}$: Ángulo de rozamiento interno del material, en °.

$\boldsymbol{h}$: Altura del muro del canal, en m.

El momento último que se presenta en el muro de fondo de un canal se calcula mediante:

$$\boldsymbol{M_u = E \times P_a}$$

Donde:

$\boldsymbol{P_a}$: Punto de aplicación, en m.

Se calcula los esfuerzos admisibles del concreto bajo las siguientes condiciones:

Por corte:

$$\boldsymbol{V_{\mu a} = 0.35 \times \sqrt{f'_c}}$$

Por flexión:

$$\boldsymbol{f_{ca} = 0.65 \times \sqrt{f'_c}}$$

$$\boldsymbol{f_{ta} = 0.85 \times \sqrt{f'_c}}$$

Donde:

$\boldsymbol{f'_c}$: Resistencia por compresión del concreto, en kg/cm^2.

Por otro lado, los esfuerzos actuantes se calculan:

Por corte:

$$\boldsymbol{V_\mu = \frac{3 \times V_\mu}{200 \times e_2}}\ \boldsymbol{, debe\ cumplirse\ que\ V_\mu < V_{\mu a}}$$

Por flexión:

$$f_c = \frac{P}{100 \times t} + 6 \times \frac{M_{\mu p}}{100 \times t^2} \text{ , debe cumplirse que } f_c < f_{ca}$$

$$f_t = 6 \times \frac{M_{\mu p}}{100 \times t^2} \text{ , debe cumplirse que } f_t < f_{ta}$$

Donde:

$V_{\mu p}$: Empuje amplificado, en kg.

e_2 y t: Espesor del muro del canal, en m.

$M_{\mu p}$: Momento último amplificado, en kg.m.

Por último, para el cálculo del acero de refuerzo, se iteró las siguientes expresiones:

$$A_s = \frac{M_\mu}{\phi \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b}$$

Donde:

M_μ: Momento último.

b: Ancho de estructura.

f'_c: Resistencia del concreto.

f_y: Resistencia del acero.

e: Ancho del muro.

d: Peralte.

Con lo que finalmente se distribuyó el acero de refuerzo a partir del diámetro de la varilla utilizada.

2.2.5.4. Azud

Entre fuerzas actuantes en el azud se presenta:

La fuerza debido al empuje del agua, calculada mediante:

$$\boldsymbol{F_a = \frac{\gamma \times (2 \times h + w) \times w}{2}}$$

Donde:

$\boldsymbol{\gamma}$: Peso específico del agua, en kg/m^3.

$\boldsymbol{h}$: Carga sobre la cresta del vertedero, en m.

$\boldsymbol{w}$: Altura del azud desde el punto más bajo en la sección transversal del río.

La posición de aplicación de la fuerza de empuje se calcula con:

$$\boldsymbol{C = \left(3 \times h + \frac{w}{2 \times h} + w\right) \times \left(\frac{w}{3}\right)}$$

La fuerza de rozamiento $\boldsymbol{f_r}$ se calcula como una fracción de la carga excedente (coeficiente de rozamiento $\boldsymbol{\mu}$) debido al peso de la estructura menos la fuerza debido a la subpresión $\boldsymbol{F_s}$ debido a las grietas en la estructura. Las fuerzas de subpresión se considera iguales a la presión de la carga hidráulica en el paramento del azud aguas arriba. La expresión que permite calcular la fuerza de rozamiento es la siguiente:

$$\boldsymbol{f_r = \mu \times (W_p - F_s)}$$

2.2.5.4.1. Criterios de estabilidad

En cuanto a los criterios de estabilidad que el azud debe cumplir teniendo en cuenta su función como un muro de gravedad, se diseña para resistir el volteo y el deslizamiento.

El volteo consiste en la tendencia de la estructura a girar alrededor del pie de la estructura. El cálculo del factor de seguridad por volteo se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{F_v = \frac{\sum M_r}{\sum M_v}}$$

Donde:

$\sum \boldsymbol{M_r}$: Suma de momentos resistentes.

$\sum \boldsymbol{M_v}$: Suma de momentos volcantes o que producen volteo.

Por su parte, el deslizamiento es la tendencia de la estructura a desplazarse en dirección horizontal, siendo las fuerzas de oposición aquellas debidas a la fricción y a la resistencia al corte de la estructura o su cimentación. En caso de que la resistencia sea menor a las fuerzas que fomenten el movimiento, se diseña estructuras como dentellones. El factor de seguridad por deslizamiento se calcula:

$$\boldsymbol{F_d = \frac{\mu \times \sum F_v}{\sum F_h}}\ , \boldsymbol{F_d > 1.5}$$

Donde:

$\sum \boldsymbol{F_v}$: Suma de fuerzas verticales (incluyendo las fuerzas de subpresión).

$\sum \boldsymbol{F_h}$: Suma de fuerzas horizontales.

$\boldsymbol{\mu}$: Coeficiente de fricción por deslizamiento entre la estructura y el terreno.

2.2.6. Demanda hídrica

La demanda hídrica para riego depende de factores como la cédula de cultivos, la evaporación – evapotranspiración, el factor de cultivo ($\boldsymbol{K_c}$), la precipitación efectiva, la eficiencia de riego, las horas de riego y el área sembrada por cultivo (Ministerio de Economía y Finanzas, 2012).

La cédula de cultivo consiste en la distribución cronogramada de los cultivos durante un año en un área determinada, considerando aspectos clilmatológicos, periodo de cultivo de las plantaciones, rentabilidad, capital del agricultor, demanda de las cosechas en el mercado, y la disponibilidad de agua.

El factor de cultivo es un valor que indica el grado cobertura del cultivo, afectado por parametros como las características del cultivo, desarrollo del cultivo - el $\boldsymbol{K_c}$ varia por estación en función de este factor, tiempo de período vegetativo, clima, precipitación, temperatura y riego.

La evapotranspiración real ($\boldsymbol{UC}$) es el consumo real de agua del cultivo, que se considera la cantidad de agua consumida que varía con la condición de crecimiento del cultivo. La unidad medida en mm/día y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{UC = E_{to} \times K_c}$$

La precipitación efectiva $(\boldsymbol{P_{efec}})$ es aquella utilizada por el cultivo para cubrir algunas o todas sus necesidades. Se expresa en milímetros.

El requerimiento de agua $(\boldsymbol{R_{eq}})$ es la cantidad de agua que debe proporcionarse adicionalmente al cultivo para cumplir con sus necesidades. Se expresa en milímetros y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{R_{eq} = UC - P_{efec}}$$

El requerimiento volumétrico bruto de agua $(\boldsymbol{R_{eq}V_{bruto}})$ es la cantidad de agua requerido por unidad de área de cultivo. La unidad de medida es m^3/ha y se calcula mediante la fórmula:

$$\boldsymbol{R_{eq}V_{bruto} = R_{eq}(mm) \times 10}$$

La eficiencia de riego $(\boldsymbol{Ef_{riego}})$ de un proyecto es un indicador del aprovechamiento del agua que circula por el sistema de riego y se calcula mediante la fórmula:

$$\boldsymbol{E.f_{riego_proyecto} = E.f_{riego_conducción} \times E.f_{riego_distribución} \times E.f_{riego_aplicación}}$$

Los valores promedio de $\boldsymbol{Ef_{riego}}$ se establecen en la Tabla 19.

Tabla 19

Valores promedio utilizados para Ef_{riego}

Tipo de riego	**Valores de Ef riego**
Por Gravedad	0.4
Por aspersión	0.7
Por Goteo	0.9

Nota: Adaptado del *Diplomado en Formulación y Evaluación de Proyectos dentro del Marco del Sistema Nacional de Inversión Pública "Proyecto de Riegos". Módulo III: Formulación* (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2012).

El requerimiento volumétrico neto de agua $(\boldsymbol{R_{eq}V_{neto}})$ es un indicador que relaciona la cantidad de agua por unidad de área de cultivo con la eficiencia de riego del proyecto. Se mide en m^3/ha y se calcula mediante la fórmula:

$$\boldsymbol{R_{eq}V_{neto} = \frac{R_{eq}V_{bruto}}{Ef_{riego_proyecto}}}$$

El módulo de riego ($\boldsymbol{MR}$) es el caudal continuo de agua requerido en una unidad de área de cultivo durante el tiempo de riego efectivo del sistema. Se expresa en l/s y se calcula mediante la fórmula:

$$\boldsymbol{MR = R_{eq} V_{neto} \times \left(\frac{1000}{3600 \times Días_mes \times N° Horas_riego} \right)}$$

El caudal disponible a la demanda ($\boldsymbol{Q_{dem}}$) es el caudal que satistiface las necesidades de los usuarios de un sistema de riego. Se expresa en litros por segundo (l/s) y se calcula con la fórmula:

$$\boldsymbol{Q_{dem} = Área_total \times MR}$$

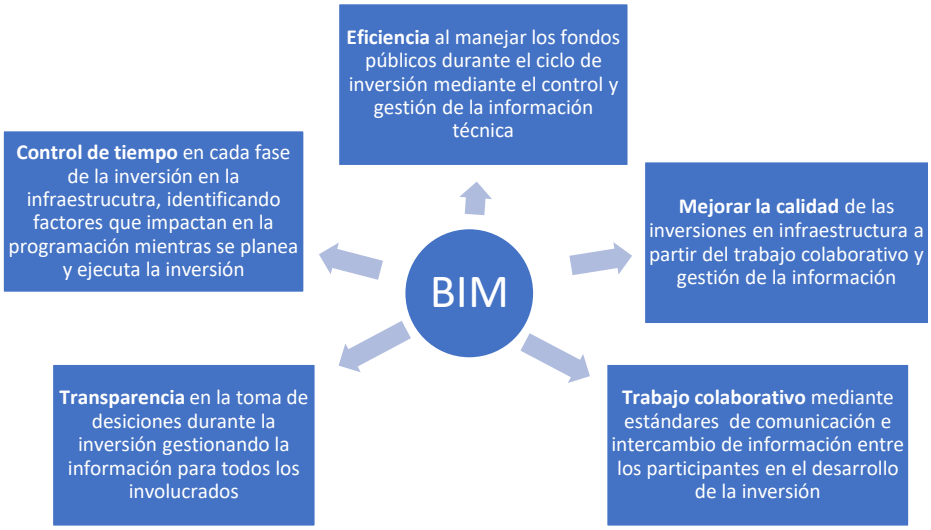
Donde área total hace referencia al área predial para riego del proyecto y se mide en m^2.

2.2.7. Metodología BIM

Según la Guía Nacional BIM (2023) y el Decreto Supremo N°108-2021-EF, el Buliding Information Modeling (BIM) se define como una metodología de trabajo colaborativo para gestionar la información de una inversión pública mediante un modelo de información digital (Según la NTP-ISO 19650-1:2021) creado por las partes involucradas, para facilitar la programación multianual, formulación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura pública, garantizando una base confiable para tomar decisiones. Su principal objetivo es asegurar la gestión eficiente de información. BIM es fundamental para la planificación y ejecución de una inversión, desde la definición de los requisitos de los activos hasta el término de su uso, cubriendo su concepción, desarrollo, operación, mantenimiento y disposición. Se presenta a continuación los beneficios de aplicar BIM y los niveles de información necesaria.

Figura 19

Beneficios de aplicar BIM a los proyectos.



Nota: Extraído de *La Metodología BIM*, por Ministerio de Economía y Finanzas (s.f.), (https://goo.su/pV9Eh0).

Figura 20

Nivel de información necesaria según Mott Macdonald.



Nota: Extraído de *Guía Nacional BIM (pp. 47)*, por Ministerio de Economía y Finanzas (2021).

La Guía Nacional BIM ofrece criterios para establecer el nivel de detalle al que se define un elemento concreto del modelo.

Tabla 20

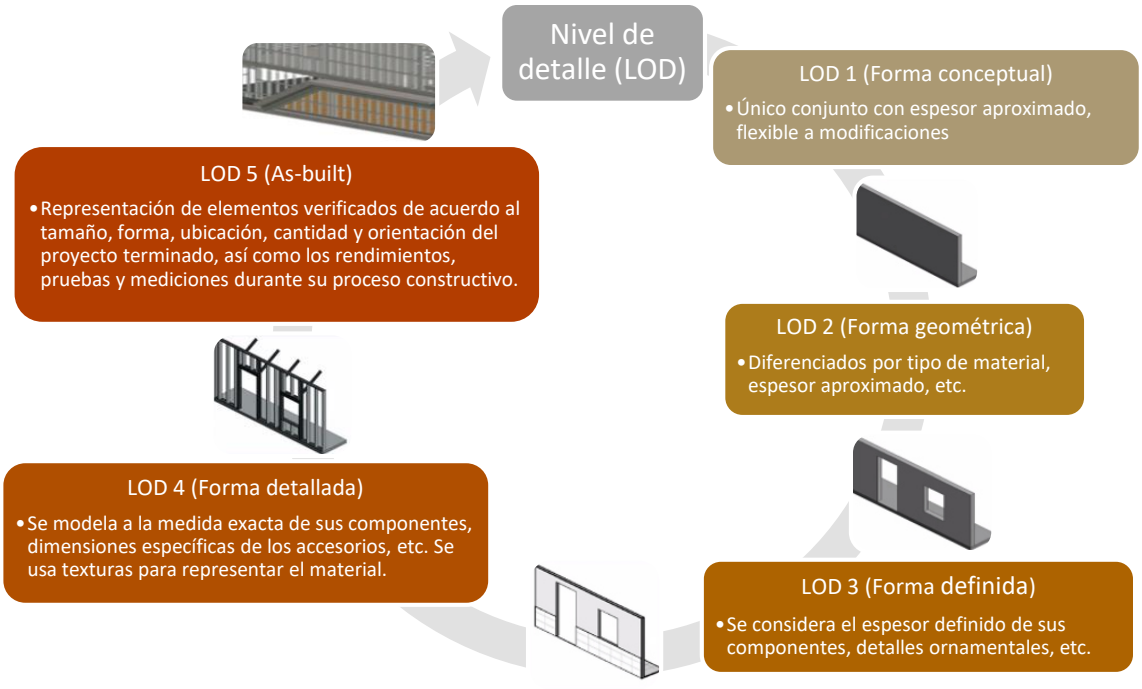
Niveles de detalle (LOD)

LOD 100	Representación genérica. Modelo esquemático o incluso referencia al objeto. En todo momento, la ubicación, geometría y medidas, si las hubiese, serían flexibles y aproximadas. La cantidad de información paramétrica contenida en el elemento es prácticamente nula.
LOD 200	Geometría aproximada, sin embargo, está definida de manera paramétrica. Los objetos y sus materiales son genéricos, se representa el ancho total sin capas intermedias. Ubicación, medidas y geometrías siguen siendo aproximadas. Cualquier información derivada del modelado deberá considerar aproximada.
LOD 300	Información y geometría precisa y paramétrica. Esta información (form, tamaño, cantidades, ubicación y orientación) puede ser obtenida directamente del modelo sin ser referida a documentación externa y/o comentarios explicativos. El modelo en el que se ubica el elemento está posicionado geométricamente en coordenadas y por tanto, su ubicación responde a este mismo sistema de coordenadas.
LOD 350	Información y geometría precisa, paramétrica y sistemática. Los elementos de los modelos son representados gráficamente dentro de un modelo como un sistema específico, objeto o ensamblaje en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación, orientación e interfaces con otros sistemas constructivos. La información no gráfica también debe ser adjuntada en los elementos del modelo.
LOD 400	Información y geometría precisa, paramétrica, sistemática y con detalles informativos para ejecución. Los elementos de los modelos son suficientemente detallados y exactos para la fabricación de los componente representados. La cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación de los elementos como su diseño pueden ser medidos directamente desde el modelo sin buscar una información no modelada como las notas o anotaciones de dimensión.

Nota: Adaptado de *Guía Nacional BIM (pp. 212-213)*, por Ministerio de Economía y Finanzas (2021).

Figura 21

Ejemplo de LOD – Sistema de Drywall.



Nota: Adaptado de *Guía Nacional BIM (pp. 212-213)*, por Ministerio de Economía y Finanzas (2021).

2.3. Definición de términos

Bocatoma: obra destinada a captar un cierto caudal líquido de un río, lago o embalse. La bocatoma puede ser superficial o profunda. (Mery, 2013).

Linea de Conducción: Sistema estructurado de transporte de agua desde la captación hasta la planta de tratamiento, tanque de regularización o estructuras de riego, siguiendo en lo posible el perfil del terreno de manera que pueda ser inspeccionada con facilidad (Gutiérrez, 2006).

Canal: Conducto abierto o cerrado por donde circula caudal de agua bajo la influencia de la gravedad, cuya superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera (Villón, 2008).

Azud: Muro de poca altura, transversal al curso de un río y que provoca remanso de agua sin que se produzca una elevación considerable del nivel de agua. Útil para desviar parte del caudal de río hacia la captación (Instituto de Diversificación y Ahorro de Energía, 2006).

Duración de lluvia: Período de tiempo, en minutos u horas, de lluvias cortas o largas, respectivamente, desde el inicio hasta el final de la tormenta. (Villón, 2002).

Período de retorno (T): Espacio temporal en el cual los eventos anuales son independientes, calculándose la probabilidad de falla en base a una vida útil de *n* años para una estructura. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Tiempo de concentración: Tiempo de recorrido de una gota desde el punto más lejano hidráulicamente hasta la salida de la cuenca, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Demanda hídrica: Cuantificación de las necesidades de agua para las actividades socioeconómicas y la planificación de su uso sostenible, (Sabas & Paredes, 2009).

Oferta Hídrica: Cantidad de agua superficial que una cuenca hidrográfica puede brindar durante el año y que es aprovechable para satisfacer las necesidades de las actividades del hombre (Guevara, 2015).

Calicata: Técnica de prospección directa de los estratos de un río, con posibilidad de obtener varios muestreos para ensayos y determinar el peso específico, el ángulo de fricción interna y la capacidad portante del suelo (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Riesgo: Probabilidad de ocurrencia de un evento con potencial de producir daño o peligro, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

CDE: Entorno común de datos o Common Data Environment, en inglés. Fuente de información acordada para cualquier proyecto o activo dado, para la colección, gestión y difusión de cada contenedor de la información a través de un proceso de gestión.

OIR: Son los requisitos de información para responder o informar acerca de datos estratégicos de alto nivel dentro de la parte que designa.

AIR: Requisitos de información detallados acerca de los aspectos técnicos y de gestión relacionados con la producción de información de los activos y que responden a los OIR. Este documento es desarrollado por la parte que designa.

PIR: Requisitos de información para responder o cumplir con los objetivos estratégicos de alto nivel propuestos por la parte que designa, vinculados a la entrega de un activo. Este documento es desarrollado por la parte que Designa.

EIR: Requisitos de información detallados sobre los aspectos de contractuales, técnicos y de gestión relacionados a una designación, a fin de responder a los PIR. Este documento es desarrollado por la parte que designa.

BEP: Plan de ejecución BIM o BIM Execution Plan, en inglés. De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 108-2021-EF, es el documento en el que se define la metodología de trabajo, procesos, características técnicas, roles, responsabilidades y entregables que responden a los requisitos de información establecidos en las fases del ciclo de inversión de una inversión desarrollada aplicando BIM. El Plan de Ejecución BIM es un documento que describe cómo el equipo de ejecución se ocupará de los aspectos de gestión de la información de la designación.

Matriz de responsabilidades: Cuadro que describe la participación del equipo de trabajo mediante diversas funciones para la ejecución de tareas o entregables.

Modelo BIM: Representación digital y tridimensional de la información geométrica y alfanumérica de un objeto, correspondiendo a sus características físicas y funcionales. Este modelo es construido en un software especializado que permite la interoperabilidad de dicho objeto, así como el ingreso de datos de forma paramétrica.

LOIN: Nivel de información necesaria o Level of Information Need, en inglés. De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 108-2021-EF, es el nivel de necesidad de información de cada entregable de acuerdo con los objetivos de la fase del ciclo de inversión en el que se encuentra la inversión. Está conformada por el nivel de detalle (información gráfica o geométrica) y nivel de información (información no gráfica o alfanumérica).

LOD: Nivel de detalle o Level of Detail, en inglés Nivel de información gráfica relacionada al detalle y precisión de cada uno de los objetos modelados en 3D.

LOI: Nivel de información o Level of Information, en inglés. Nivel de información no gráfica relacionada a las especificaciones técnicas y/o documentación insertada, vinculada o anexada, con el fin de complementar la información gráfica incluida en los modelos de información.

Modelo federado: Modelo de información compuesto a partir de contenedores de información separados, los cuales pueden provenir de diferentes equipos de trabajo.

CAPÍTULO III

3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

El diseño de las bocatomas y las líneas de conducción del sistema de Canchapilca Baja y Rumoj abastece la demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian.

3.1.2. Hipótesis específicas

3.1.2.1. Hipótesis específica 1

El diseño de las bocatomas del sistema de Canchapilca Baja y Rumoj abastece la demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian.

3.1.2.2. Hipótesis específica 2

El diseño de las líneas de conducción del sistema de Canchapilca Baja y Rumoj abastece la demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, Distrito de Lampian.

3.2. Variables

3.2.1. Variables independientes

3.2.1.1. Variable independiente 1

El diseño de las bocatomas del sistema de Canchapilca Baja y Rumoj.

3.2.1.2. Variable independiente 2

El diseño de las líneas de conducción del sistema de Canchapilca Baja y Rumoj.

3.2.2. Variable dependiente

La demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, en el distrito de Lampian, provincia de Huaral, departamento de Lima.

3.3. Operacionalización de variables

3.3.1. Variables independientes

3.3.1.1. Variable independiente 1

Tabla 21

Matriz de operación de la variable independiente 1

Variable independiente 1	Definición	Dimensiones	Indicadores	Recursos (instrumento, test, equipo, etc.)
Diseño de captación	Bocatoma: Obra destinada a captar un cierto caudal líquido de un río, lago o embalse. La bocatoma puede ser superficial o profunda. (Mery, 2013)	Caudal de los Ríos Lampian y Carac	1.-Área de las unidades hidrográficas (m2)	Informes del Senamhi, Midagri y ANA.
			2.-Intensidad de la Lluvia de Diseño (mm)	Registro de estaciones hidrometeorológicas
			3.-Coeficiente de escorrentía	Registro de estaciones hidrometeorológicas
		Información Cartográfica	4.-Topografía aguas arriba (m)	Estación Total, GPS
			5.-Topografía aguas abajo (m)	Estación Total, GPS
		Estudios Geológicos y Geotécnicos	6.-Resistencia del suelo en zona de estudio	Calicatas, ensayos in situ y de laboratorio.
			7.-Material del cauce de los ríos	Calicatas, ensayos in situ y de laboratorio.
			8.-Coeficiente de Permeabilidad	Calicatas, ensayos in situ y de laboratorio.
		Información Hidrológica	9.-Caudal de diseño(m3/s)	Registro de estaciones hidrológicas
			10.-Caudal Mínimo (m3/s)	Registro de estaciones hidrológicas
			11.-Caudal Máximo (m3/s)	Registro de estaciones hidrológicas

Nota: Elaboración propia.

3.3.1.2. Variable independiente 2

Tabla 22

Matriz de operación de la variable independiente 2

Matriz de operacionalización Variable independiente 2

Variable independiente 2	Definición	Dimensiones	Indicadores	Recursos (instrumento, test, equipo, etc.)
Diseño de conducción	La línea de conducción es un sistema estructurado de transporte de agua desde la captación hasta la planta de tratamiento, tamque de regularización o estructuras de riego, siguiendo en lo posible el perfil del terreno de manera que pueda ser inspeccionada con facilidad (Gutiérrez,2006)	Caudal de diseño	1.- Tipo de flujo (número de Froude)	Resultados del modelamiento en ordenador
			2.- Velocidad de flujo	Resultados del modelamiento en ordenador
			3.- Altura de canal y tirante	Resultados del modelamiento en ordenador
		Información Cartográfica	4.- Topografía	Estación Total, GPS
		Estudios Geológicos y Geotécnicos (Estabilidad del canal)	5.- Empuje de tierra (kg)	Depende de (6) y (7)
			6.- Peso específico (g/cm3)	Calicatas, ensayos in situ y de laboratorio
			7.- Ángulo de fricción interna (°)	Calicatas, ensayos in situ y de laboratorio

Nota: Elaboración propia.

3.3.2. Variable dependiente

Tabla 23

Matriz de operación de la variable dependiente

Variable dependiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Recursos (instrumento, test, equipo, etc.)
Demanda hídrica	Cuantificación de las necesidades de agua para las actividades socioeconómicas y la planificación de su uso sostenible, (Sabas & Paredes, 2009)	Evapotranspiración	I1: Temperatura media mensual (C°)	Registro de estaciones hidrometeorológicas
			I2: Porcentaje de iluminación (%)	Informes del Senamhi, Midagri y ANA.
		Demanda hídrica para el sector agrícola	I1: Área de riego (M2)	Cuestionario a Comité de Usuarios
			I2: Demanda hídrica bruta (MMC)	Cuestionario a Comité de Usuarios
			I3: Coeficiente de cultivo (a.d.)	Informes del Senamhi, Midagri y ANA.
			I4: Distribución de agua por cultivo (m3)	Cuestionario a Comité de Usuarios

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica políticamente en la región Lima, en la provincia de Huaral, distrito de Lampián, en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj. (Ver Figura 19).

Figura 22

Mapa político de la provincia de Huaral



Nota: Extraído del *Plan de acondicionamiento territorial de la provincia de Huaral 2009 – 2019* (Municipalidad provincial de Huaral, 2010).

En cuanto a la ubicación geográfica, las coordenadas en el Datum WGS84 – Zona 18 L correspondientes a las bocatomas en los sectores implicados se presentan en la Tabla 24:

Tabla 24

Coordenadas de las bocatomas - sectores Canchapilca Baja y Rumoj (Datum WGS84)

Descripción	Altitud m.s.n.m.	Zona 18L WGS84 Este (x)	Norte(y)
Captación Canchapilca	1962	302,723	8758,257

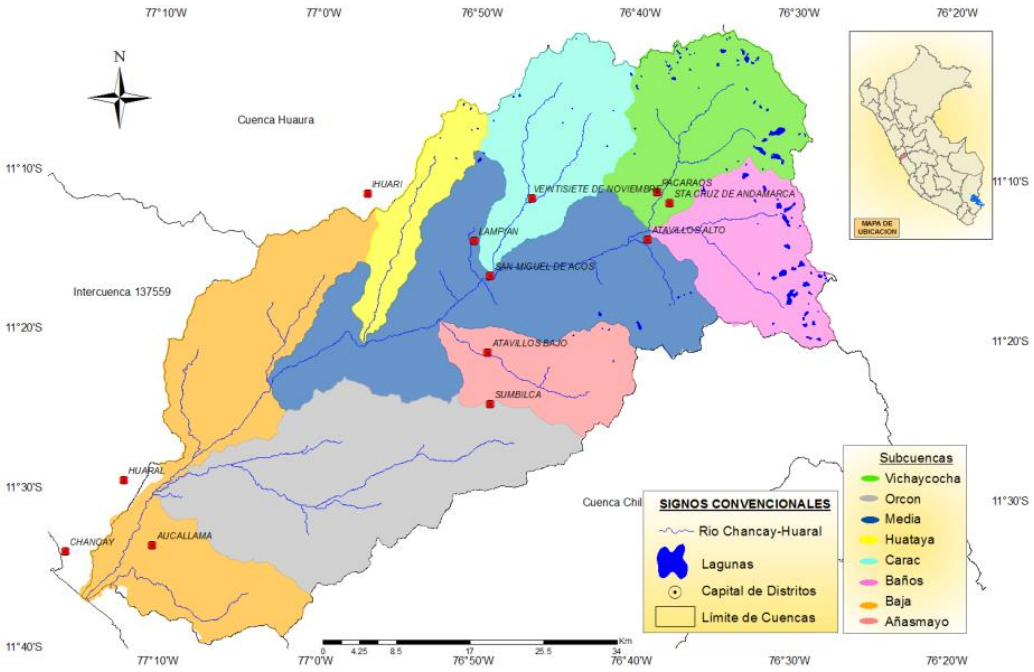
Captación Rumoj	2103	298,783	8755,756

Nota: Elaboración propia.

La cuenca del río Chancay – Huaral forma parte de la vertiente del Pacífico, cuya delimitación consta de 8 unidades hidrográficas, de las cuales 6 son tributarias (Vichaycocha, Baños, Carac, Añasmayo, Huataya y Orcón) y las 2 restantes conforman el cauce principal (U.H.Media, hasta la Estación hidrométrica de Santo Domingo y la U.H. Baja, hasta la desembocadura). En la figura 20 se presenta con más detalle la demarcación hidrográfica cuenca del río Chancay – Huaral y sus límites.

Figura 23

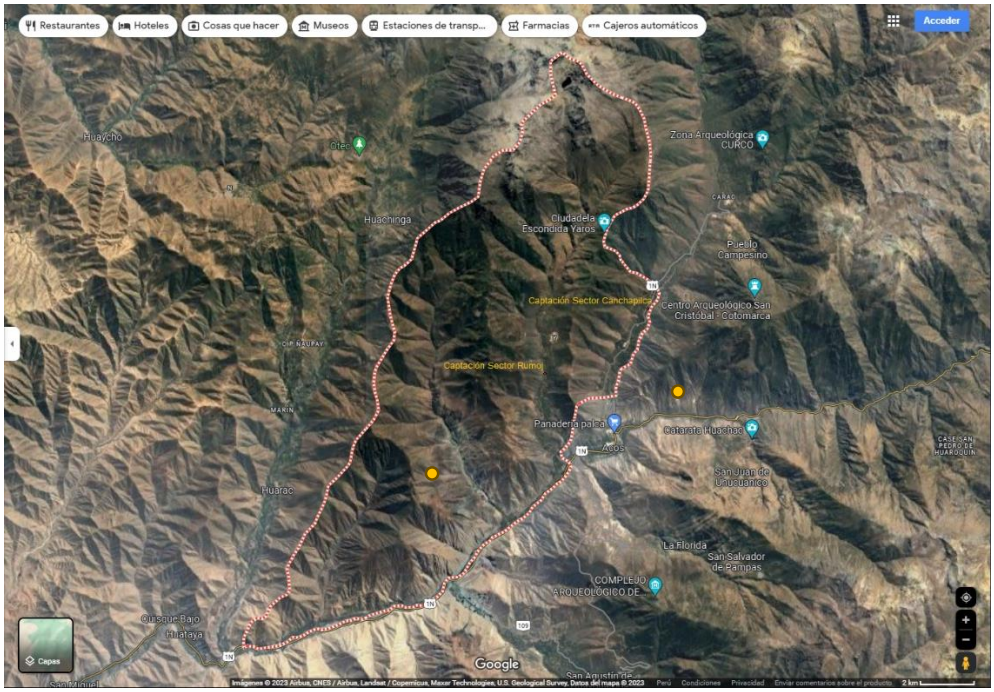
Demarcación hidrográfica de la cuenca Chancay – Huaral y sus límites.



Nota: Extraído de *Impacto del cambio socio-económico y climático en la Gestión de Recursos Hídricos.* (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) [Senamhi], 2015, p.12).

Figura 24

Ubicación del área de estudio, dentro del distrito de Lampián.



Nota: Extraído de Google (s.f.).

Figura 25

Entrada al distrito de Lampián.



Nota: Elaboración propia.

Figura 26

Llegada al sector Canchapilca Baja, distrito de Lampián.



Nota: Elaboración propia.

Figura 27

Llegada al sector Rumoj, distrito de Lampián.



Nota: Elaboración propia.

4.2. Diseño de investigación

Para el presente trabajo se utilizó los lineamientos planteados por la Autoridad Nacional del Agua y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para el diseño aplicado a los modelos en computador del sistema de captación y riego. Se eligió los sectores Canchapilca Baja y Rumoj como el grupo de estudio, en los que se diseñó sendas captaciones tipo tirolesa y líneas de conducción, sometiéndolas a eventos de máximas avenidas en el río Carac y la quebrada Lampián; como grupo control, todas las estructuras de captación incluidos en la cuenca del río Chancay – Huaral. Por esta razón, se concluye que el diseño de investigación es cuasiexperimental, ya que la muestra no fue escogida de manera aleatoria antes de la manipulación de las variables independientes (Hernández, 2014).

Para Borja (2016), el diseño de la investigación consiste en estrategias planteadas para someter a prueba la hipótesis con el fin de verificar su veracidad y obtener la inform ación deseada, también llamado demostración de la hipótesis.

Los criterios para escoger el diseño de la investigación, según Hernández (2014), están asociados a una correspondencia con el tipo de estudio y las hipótesis (Ver Tabla 24):

Tabla 25

Correspondencia entre tipos de estudio, hipótesis y diseño de investigación

Estudio	Hipótesis	Posibles diseños
Exploratorio	-No hay hipótesis, solo tema de discusión	-Transeccional exploratorio o descriptivo -Preexperimental
Descriptivo	-Descriptiva	-Preexperimental -Transeccional descriptivo
Correlacional	-Se diferencian los grupos sin atribuir causalidad	-Cuasiexperimental -Transeccional correlacional -Longitudinal (no experimental)
Explicativo	-Correlacional	-Cuasiexperimental -Transeccional correlacional -Longitud (no experimental)
	-Diferencia de grupos atribuyendo causalidad	-Experimental puro -Cuasiexperimental, longitudinal y transeccional causal (hay sustento para inferir causalidad, un mínimo de control y análisis estadísticos adecuados para relaciones causales)
	-Causales	-Experimental puro (hay sustento para inferir causalidad, un mínimo de control y análisis estadísticos adecuados para relaciones causales)

Nota: Adaptado de *Metodología de la Investigación, 6ta Ed.* (Hernández, 2014).

4.3. Población y muestra

Arias et al. (2016) definen la población objetivo como la delimitación del grupo de interés, basado en características específicas que permitan la generalización de los descubrimientos de la investigación. A partir de la población diana, se determina una población accesible, mediante consideraciones prácticas en función de las posibilidades o recursos a disposición de los investigadores.

Para la de toma de muestras, Arias et al. (2016) define el muestreo no probabilístico intencional o por conveniencias como la selección no aleatoria de muestras cuyas características presenten similitud con la población objetivo, pudiendo ser escogidos los mismos objetos de estudio por su fácil acceso a información.

Basado en los conceptos anteriores, se consideró un tipo de muestreo por conveniencias ya que para la población de todas las bocatomas y canales de conducción en la provincia de Huaral, se eligió como muestra las captaciones de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj.

4.4. Procedimientos, técnicas, herramientas e instrumentos de recolección de información y datos

Se ha realizado dos visitas a los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, siendo realizadas el día 28 de agosto del 2023 para reunirse con los miembros de las comunidades campesinas de Canchapilca Baja y Rumoj y realizar cuestionarios sobre la situación socioeconómica de los miembros de las comisiones de regantes de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, así como solicitar permiso a la población para realizar los estudios de ingeniería básica, a realizarse el 18 de setiembre del 2023, coordinando previamente con una empresa especializada en establecimiento de puntos geodésicos en la zona de estudio para el acceso a la información. Durante la estancia, se trabajó con el reconocimiento de las quebradas de los ríos Lampián y Carac para determinar la zona de influencia de las bocatomas, se realizó el levantamiento topográfico, se calculó del aforo por el método del flotador, se tomó muestras de los ríos Lampián y Carac para el análisis de calidad de agua en laboratorio y se realizó calicatas para el estudio de las muestras del suelo.

Se recopiló información histórica de las estaciones Pachamachay, Parquin, Santa Cruz, Carac, Pallac y Pirca, brindadas por el Senamhi, para realizar el análisis hidrometeorológico de los ríos Lampián y Carac.

4.4.1. Estudio topográfico

El trabajo de campo inició con el reconocimiento del área de estudio con el fin de ubicar y monumentar los puntos de control horizontal y vertical adecuados para establecer la poligonal de

apoyo, evaluar zonas donde realizar prospecciones en suelos para extracción de muestras representativas.

Para la realización del levantamiento topográfico, los recursos utilizados se detallan en la Tabla 26. Por su parte, para el trabajo de gabinete se utilizó una computadora de escritorio y una laptop, en las que se instaló previamente el software Civil 3D 2021.

Tabla 26

Recursos para levantamiento de información topográfica.

Logística para levantamiento topográfico	
Recursos Humanos	-01 Topógrafo. -02 Ayudantes para trabajos con prisma -01 Ayudante para monumentar BMs.
Equipos	-01 Estación total AGATEC MTS650. -01 Nivel automático y mira telescópica. -02 Prismas. -01 GPS GNSS EMLID RS2.
Materiales y herramientas	-Pinturas esmalte (Rojo y blanco). -Brochas. -Wincha de 50 m. -Cemento.

Nota: Elaboración propia.

Para el trabajo de gabinete, se utilizó, además de hojas de cálculo de Excel, el software Civil 3D, desarrollado por Autodesk® y que cuenta con herramientas específicas para la planificación, diseño y entrega de proyectos esenciales de ingeniería civil en un entorno basado en modelos 3D. (Autodesk, s.f.).

4.4.2. Estudio de mecánica de suelos

Antes de realizar el trabajo de campo, se recabó información de las características físicas de las unidades geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, principalmente del repositorio del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet.

Durante el trabajo de campo, se realizó calicatas con el fin de levantar información sobre los perfiles estatigráficos del suelo de cimentación, extrayendo muestras que fueron ensayadas en laboratorio para obtener las características físicas y químicas de los suelos en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj.

4.4.3. Estudio hidrológico y diseño de estructuras hidráulicas

Respecto al aforo, en el sector Rumoj se realizó la estimación por el método del flotador, con el cual se estableció un caudal aproximado (Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego, 2015). Para tal fin, se utilizó cordeles, estacas, cronómetro, wincha (puede ser un palo de madera y se mide la longitud húmeda) y una botella de plástico a medio llenar como flotador. Al estacar, se aseguró los cordeles para la medición de los tirantes de la sección transversal. Se midió los tirantes dividiendo el ancho de la sección transversal en tramos de 0.25 m para calcular de manera aproximada el área de dicha sección. El flotador se soltó 3 metros aguas arriba de la sección transversal.

Por otro lado, en el sector Canchapilca Baja se estimó un caudal de 2 m/s^3 por el método volumétrico.

En cuanto a los datos hidrometeorológicos e hidrométricos, se recurrió a estaciones que se encuentren dentro de o cercanas a la subcuenca Carac y la microcuenca Lampián, cuya información histórica es recopilada por el Senamhi (Estaciones Pachamachay, Parquín, Santa Cruz, Carac, Pallac y Pirca).

Para los trabajos de gabinete, que incluye analizar y procesar la información del Senamhi, se utilizó los siguientes softwares:

Bocatoma: Software desarrollado por Javier Luque Luque en 1999, que permite el diseño de las componentes de una bocatoma a partir de datos de campo como la pendiente del cauce de la quebrada, el caudal máximo, capacidad portante del suelo cimentante, peso específico del concreto, etc. (Salas, 2004).

GEO-5: Paquete de softwares geotécnicos que permite el análisis basado en el método de elementos finitos, con la aplicación de fundamentos de mecánica de suelos y de rocas. Cada software está destinado a la investigación, análisis y diseño geotécnico de un tipo diferente de estructura y/o componente, entre las que se incluye taludes, cimentaciones superficiales y profundas, túneles, pozos, muros de contención, entre otros, además de realizar modelados geotécnicos (GEO5 Perú, s.f.).

HCanales: Herramienta informática desarrollada por Máximo Villón Béjar con la finalidad de facilitar y simplificar el diseño de estructuras hidráulicas de captación, conducción y distribución, además de sistemas de riego y drenaje. Este software realiza cálculos en flujos uniformes, críticos, uniformemente variados y resaltos hidráulicos mediante métodos numéricos calibrados para cada situación a simular, permitiendo un óptimo diseño de las estructuras (Villón, 2019).

Hydraccess: es un software basado en Microsoft Access 2000, que permite importar y almacenar todo tipo de datos hidrológicos desde microcuencas hasta grandes ríos. De propiedad del Institut de Recherche pour le Développement - IRD, fue desarrollado por Phillipe Vauchel y permite analizar la homogeneidad de las precipitaciones mediante el método de vectores regionales por la moda, desarrollado por G. Hiez, o por promedios, desarrollado por Y. Brunet

Moret, además de calcular transporte de caudal sólido mediante materias en suspensión o mediante caudales líquidos, generando reportes y gráficas editables en Excel. (Vauchel, 2007).

Hec-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System): Software de uso gratuito desarrollado por el US Army Corps of Engineers (1995) para el cálculo de perfiles de flujo unidimensional, el modelamiento de transporte de sedimentos y el análisis de la calidad del agua, además de generar secciones transversales a partir de una simulación de inundación que permite la inclusión de estructuras hidráulicas. El modelamiento de flujo permanente y gradualmente variado están basados en la ecuación de energía unidimensional en el caso del flujo permanente y en las ecuaciones de continuidad y de moméntum en el caso del flujo gradualmente variado (Orellana, 2021). Chow (2004) define dichas ecuaciones de la siguiente manera:

La ecuación de continuidad establece que el caudal se mantiene constante en función del tiempo y el espacio para las distintas secciones de un mismo canal, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{d}{dt}\iiint_{v.c.} \rho d\forall + \iint_{s.c.} \rho V \cdot dA = 0 \quad (1)$$

Donde:

$\frac{d}{\mathrm{dt}}\iiint$ pd∀: Representa la región espacial (volumen de control) ocupada por el fluido.

$\iiint$ pVdA: representa las condiciones de entrada/salida dentro de una sección de control.

Por otra parte, considerando una presión hidrostática basándos en: que la longitud horizontal es mucho mayor que la longitud vertical, la ausencia de cambios en la densidad y la ausencia de fuerza del viento; se concluye, que los términos de velocidad en el eje z pueden ser despreciados, obteniendo de esta manera la ecuación de moméntum:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V\frac{\partial V}{\partial x} + g\frac{\partial y}{\partial x} - gS_0 - S_f = 0 (2)$$

Donde:

$\frac{\partial v}{\partial t}$: Término de aceleración local

$\frac{\partial v}{\partial X}$: Término de aceleración convectiva

$\frac{\partial Y}{\partial X}$: Término de fuerza de presión

g.S_0-Sf: Término de aceleración gravitacional y fricción

4.5. Análisis estadístico

El análisis consistió en utilizar 6 métodos de distribución de frecuencia: método de Normal, método de LogNormal 2 Parámetros, método de Log Normal 3 Parámetros, método de Pearson, método de Log Pearson y método de Gumbel; para obtener descargas a diferentes periodos de retorno (T) en los ríos Lampián y Carac, sectores Rumoj y Canchapilca Baja, respectivamente.

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

5.1. Estudio topográfico

Se partió desde Lima Metropolitana hasta la ciudad de Huaral, capital de la provincia homónima, recorriendo 80 km de carretera asfaltada. Desde Huaral, se recorrió 59 km de carretera asfaltada hasta la localidad de Acos, desde la cual se recorrió 8 km de pista afirmada hacia la localidad de Canchapilca Baja y 7 km de pista afirmada hacia la localidad de Rumoj (Ver Figura 28).

Figura 28

Rutas de acceso al área de estudio, partiendo desde Lima.

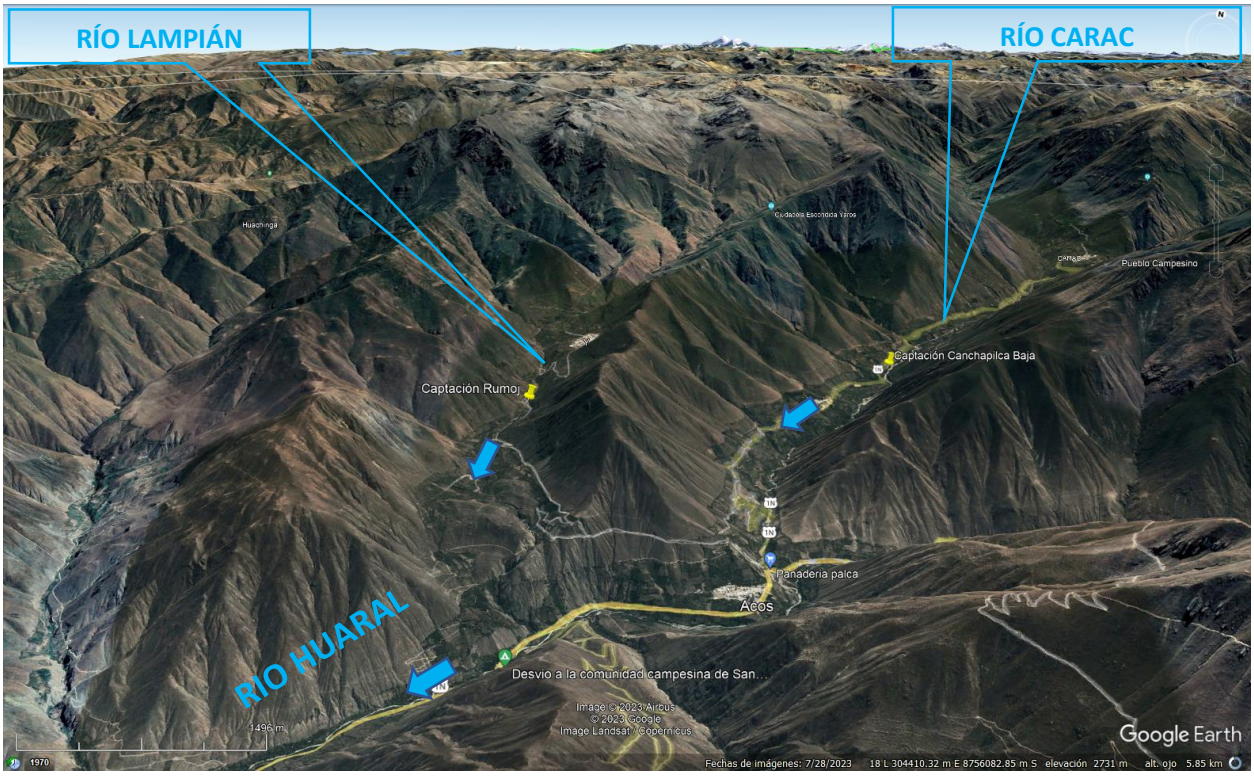


Nota: En la ruta, la línea roja indica que el tramo recorrido corresponde a una carretera asfaltada. Adaptado de Google (s.f.).

Para el reconocimiento de campo de los ríos Lampian y Carac se consideró los 500 metros aguas arriba y aguas abajo respecto de las bocatomas, con 50 metros en las márgenes izquierda y derecha respecto al eje de los ríos. En el área se realizó el levantamiento topográfico, se monumentando los puntos de control horizontal con coordenadas UTM (vértices de la poligonal) y los puntos de control vertical ó BM's (m.s.n.m.).

Figura 29

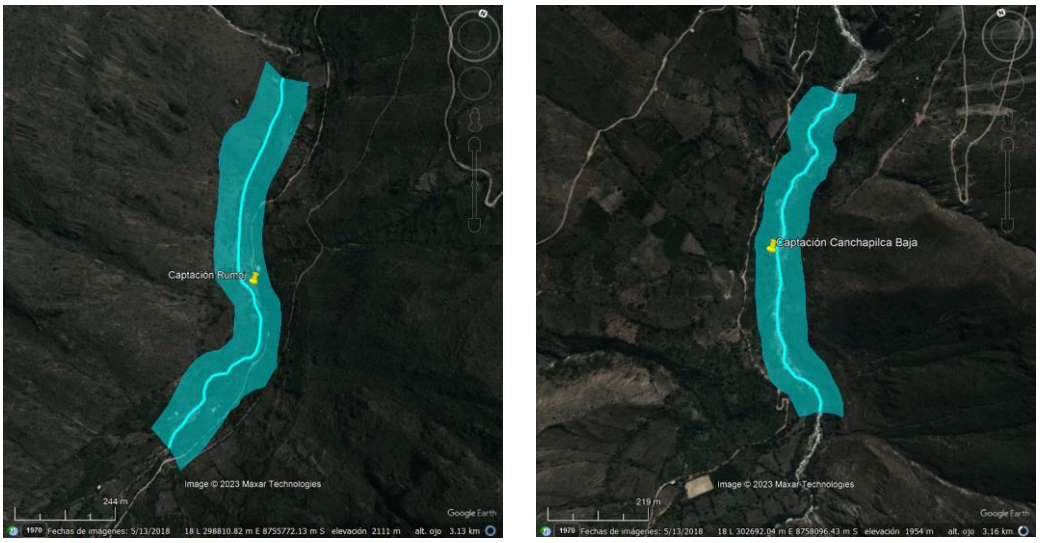
Ubicación de las captaciones en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj.



Nota: Extraído de Google (s.f.).

Figura 30

Delimitación de área de interés para el levantamiento topográfico.



(a) (b)

Nota: En la figura 12-(a) se muestra el río Lampián y en la figura 12-(b), el río Carac. Adaptado de Google (s.f.).

5.1.1. Trabajo de campo

5.1.1.1. Evaluación del área de estudio

Para el reconocimiento de campo en los río Lampian y Carac se consideró 500 metros aguas arriba y aguas abajo respecto de las bocatomas proyectadas, en las márgenes izquierda y derecha (Ver Figura 28).

Figura 31

Reconocimiento del área de estudio, inspección visual del río Lampián, sector Rumoj.



(a)



(b)

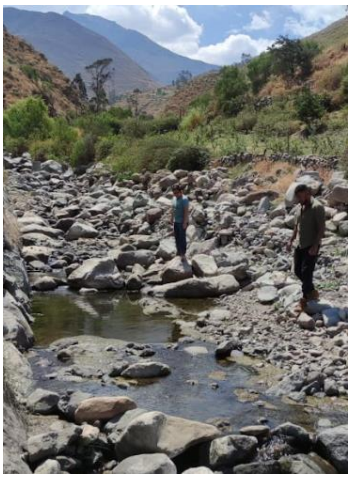


(c)

Nota: La figura 28-(a) muestra el río Lampian 500 metros aguas arriba respecto de la ubicación de la bocatoma, mientras que la figura 28-(b) muestra el río Lampian 500 metros aguas abajo respecto de la bocatoma. En la figura 28-(c) se aprecia parte del cultivo existente. Las tres figuras corresponden al margen izquierdo del río Lampián. Elaboración propia.

Figura 32

Reconocimiento del área de estudio, inspección visual del río Carac.



(a)



(b)



(c)

Nota: La figura 29-(a) muestra el río Carac 500 metros aguas arriba respecto de la ubicación de la bocatoma, mientras que la figura 29-(b) muestra el río Carac 500 metros aguas abajo respecto de la bocatoma En la figura 29-(c) se aprecia una vista panorámica del cultivo existente. Elaboración propia.

5.1.1.2. Levantamiento topográfico

Después de establecidas las poligonales de apoyo en cada sector, se enlazó con su respectivo punto de control geodésico y sus correspondientes BM's para el control vertical. Se tuvo un acuerdo con una empresa especializada (comunicación personal, 18 de setiembre del 2023), la cual brindó la información sobre los puntos de control geodésico. A partir de ahí se monumentó los BM's para realizar el levantamiento de las poligonales de apoyo.

5.1.1.2.1. Monumentación de puntos para georreferenciación y control vertical

Para cada sector, una empresa especializada estableció 1 punto de control Geodésico de Tipo "C" y 2 puntos de control vertical de los BM's cercanos al área de las bocatomas.

Se estableció cada punto de control geodésico Tipo "C" mediante procedimiento estático relativo con receptores del sistema de posicionamiento global, con un GPS diferencial de alta precisión. Para mayor detalle, ver la Tabla 26.

Tabla 27

Ubicación de puntos de control geodésico tipo C

Sector	Descripción	Coordenada UTM (WGS 84)		Cota (m.s.n.m)
		Este	Norte	
Canchapilca Baja	LIM06319	302617.881	8758183.724	1,990.259
Rumoj	LIM06320	298784.560	8755780.662	2,108.086

Nota: Adaptado de la información brindada por la empresa especializada (2023).

Estos puntos fueron establecidos en las carreteras de acceso a Canchapilca Baja y a Rumoj, en un lugar libre sin obstáculos para mejor determinación del punto de control y cercanos a los ríos Carac y Lampián, respectivamente.

Figura 33

Equipo GPS diferencial estacionado en los puntos de control geodésicos.



(a) (b)

Nota: En la figura 30-(a), se muestra el equipo estacionado en el punto LIM06319, ubicado en el sector Canchapilca Baja. En la figura 30-(b), se muestra al topógrafo instalando el GPS diferencial en el punto LIM06320, ubicado en el sector Rumoj. Adaptado de la información brindada por la empresa especializada (2023).

Para los puntos de control vertical, se monumentó 2 BM's en cada (Ver Figura 31) cuyas coordenadas se establecen en la Tabla 27.

Tabla 28

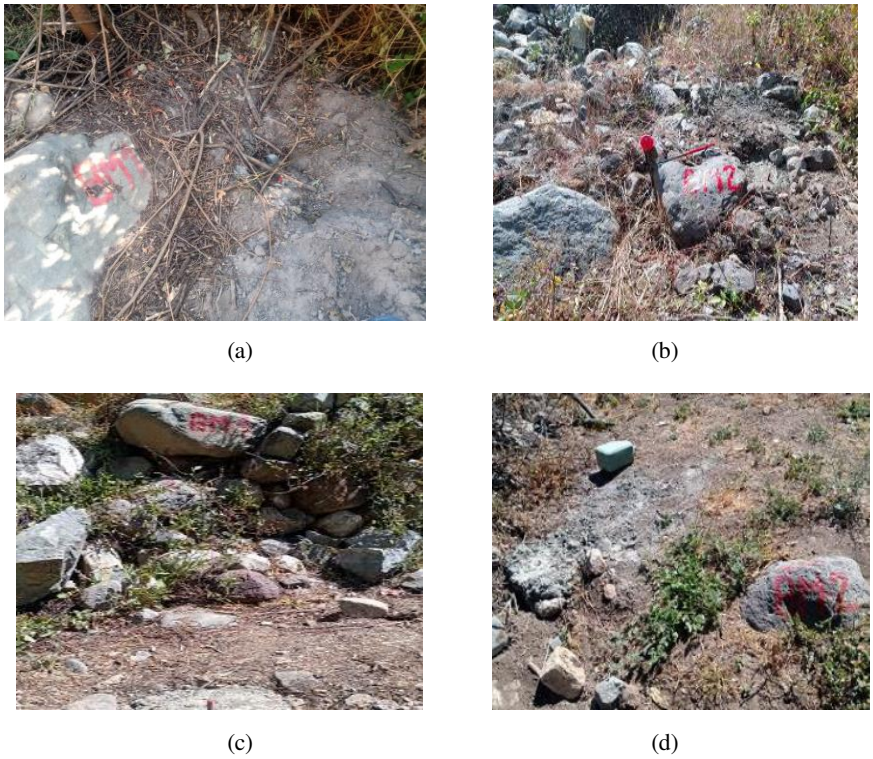
Ubicación de puntos BM's en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj

Sector	Descripción	Coordenada UTM (WGS 84)		Cota (m.s.n.m)
		Este	Norte	
Canchapilca Baja	BM-1	302713.419	8758265.743	1,963.495
	BM-2	302736.531	8758248.395	1,964.299
Rumoj	BM-1	298760.927	8755763.149	2,106.387
	BM-2	298794.473	8755759.227	2,103.422

Nota: Elaboración propia.

Figura 34

Monumentación de puntos BM en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj.



(a) (b)

(c) (d)

Nota: Respecto al sector Canchapilca Baja, el punto BM-1 de la figura 31-(a) se encuentra ubicado en la margen derecha y el punto BM-2 de la figura 31-(b) se encuentra en la margen izquierda del río Carac. Respecto al sector Rumoj, el punto BM-1 de la figura 31-(a) se encuentra ubicado en la margen derecha y el punto BM-2 de la figura 31-(b) se encuentra en la margen izquierda del río Lampián. Elaboración propia.

5.1.1.2.2. Determinación de las poligonales de apoyo

Con el fin de determinar los errores y cierres correspondientes en el levantamiento de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, se estableció tres puntos para sendas poligonales: EST-A, EST-B y EST-C. Debido a la vegetación en la zona del río, los puntos fueron establecidos cerca

al punto donde se propuso diseñar el sistema de captación, en lugares descampados para su fácil levantamiento con estación total.

En primer lugar, se referenció las coordenadas y cotas de los puntos EST-A del levantamiento topográfico de cada sector, mediante el posicionamiento estático. Las coordenadas de los puntos EST-A se detallan en la Tabla 28.

Tabla 29

Coordenadas de las estaciones ETS-A mediante posicionamiento estático.

Sector	Descripción	Coordenada UTM (WGS 84)		Cota (m.s.n.m)
		Este	Norte	
Canchapilca Baja	EST-A	302717.121	8758264.439	1963.138
Rumoj	EST-A	298794.867	8755785.789	2110.168

Nota: Elaboración propia.

En el sector Canchapilca Baja, debido a la vegetación en la zona de la bocatoma, se estableció una poligonal aledaña a partir del vértice EST-A y el punto geodésico LIM06319 se utilizó para georreferenciar la poligonal. En la Tabla 29 se muestra la medición de los ángulos de la poligonal de apoyo.

Tabla 30

Datos de campo de la poligonal de apoyo en el sector Canchapilca Baja

Estación	Punto visado		Ángulo medido			Distancia		
	Desde	Hasta	°	‘	“	Desde	Hasta	Longitud (m)
EST A	EST C	EST B	40	47	12	EST A	EST B	75.039
EST B	EST A	EST C	99	41	16	EST B	EST C	77.023
EST C	EST B	EST A	39	31	29	EST C	EST A	116.222
							Perímetro	268.280

Nota: Elaboración propia.

Figura 35

Puntos de la poligonal en el sector Canchapilca Baja.



(a)



(b)



(c)

Nota: Elaboración propia.

La poligonal en el sector Rumoj fue establecida en el área de influencia del río Lampián y el sistema de captación y riego proyectado en la margen derecha, iniciando en el punto EST-A y georreferenciado desde el punto geodésico LIM06320. En la Tabla 30 se muestra la medición de los ángulos de la poligonal de apoyo.

Tabla 31

Datos de campo de la poligonal de apoyo en el sector Rumoj

Estación	Punto visado		Ángulo medido			Distancia		
	Desde	Hasta	°	‘	“	Desde	Hasta	Longitud (m)
EST A	EST C	EST B	119	43	48	EST A	EST B	45.710
EST B	EST A	EST C	36	47	25	EST B	EST C	99.632
EST C	EST B	EST A	23	28	49	EST C	EST A	68.711
							Perímetro	214.053

Nota: Elaboración propia.

Figura 36

Puntos de la poligonal en el sector Rumoj.



(a)



(b)



(c)

Nota: Elaboración propia.

Por último, se tomó puntos auxiliares transversales al eje de los río Lampian y Carac (50 metros por lado aproximadamente) por cada tramo de 10 metros de río. Los datos se presentan en el Anexo B: Información de la topografía.

Figura 37

Puntos auxiliares en el eje del rió Lampián, sector Rumoj.



(a) (b)

Nota: Elaboración propia.

5.1.2. Trabajo de gabinete

Realizado el levantamiento topográfico, se procesó la información para la posterior elaboración de planos topográficos (Ver anexo C-18: Plano de topografía del área de estudio).

5.1.2.1. Resultados de las poligonales de apoyo

Las coordenadas y las cotas de los vértices EST-A, EST-B y EST-C para las poligonales de apoyo se detallan en la Tabla 31 para la poligonal del sector Canchapilca Baja y la Tabla 32 para la poligonal del sector Rumoj, respectivamente.

Tabla 32

Ubicación de los vértices para la poligonal de apoyo en el sector Canchapilca Baja.

Descripción	Coordenada UTM (WGS 84)		Cota (m.s.n.m)
	Este	Norte	
EST-A	302717.121	8758264.439	1963.138
EST-B	302728.609	8758253.062	1962.441
EST-C	302707.726	8758208.208	1958.799

Nota: Elaboración propia.

Tabla 33

Ubicación de los vértices para la poligonal de apoyo en el sector Rumoj.

Descripción	Coordenada UTM (WGS 84)		Cota (m.s.n.m)
	Este	Norte	
EST-A	298794.867	8755785.789	2110.168
EST-B	298750.319	8755796.040	2112.384
EST-C	298814.690	8755719.996	2098.240

Nota: Elaboración propia.

5.1.2.2. Tolerancia de cierre angular

Los datos mostrados en la tabla anterior fueron medidos en campo con estación total y requeridos para el cierre de la poligonal. Se presenta los cálculos para la tolerancia de cierre angular con los datos obtenidos en campo con las poligonales de apoyo.

Para el sector Canchapilca Baja, el error de cierre angular se calcula a partir de los datos de la Tabla 33.

Tabla 34

Error de cierre angular – sector Canchapilca Baja.

Estación	Punto visado		Ángulo medido °	‘	“
EST-A	EST-B	EST-C	40	47	12
EST-B	EST-C	EST-A	99	41	16
EST-C	EST-A	EST-B	39	31	29
Suma de ángulos			179	59	57
Suma de ángulos (Dec)			179	0.93	0.01583
Error angular (Seg)				3	

Nota: Elaboración propia.

Tolerancia de cierre angular de la poligonal:

$$\boldsymbol{TCA = P" \times n^{0.5}}$$

Donde:

$\boldsymbol{TCA}$: Tolerancia de cierre angular

$\boldsymbol{P"}$: Precisión del equipo topográfico, $\leq \mathbf{5}$”

$\boldsymbol{n}$: Numero de vértices de poligonal

Por lo que al aplicar la fórmula se tiene:

$\boldsymbol{P"}$: 5 Precisión de equipo - estación total (segundos).

$\boldsymbol{n}$: 3 Número de vértices de poligonal.

$\boldsymbol{CAE}$: 8.7 Error de cierre angular del equipo.

$\boldsymbol{CAC}$: 3.0 Error de cierre angular calculado.

Considerando que el ángulo para la poligonal fue de 180°, el error de cierre calculado con datos de campo (3.0 segundos) es inferior al error de cierre angular del equipo topográfico (8.7 segundos).

Para el sector Rumoj, el error de cierre angular se calcula a partir de los datos mostrados en la Tabla 34.

Tabla 35

Error de cierre angular – sector Rumoj.

Estación	Punto visado		Ángulo medido °	‘	“
EST-A	EST-B	EST-C	119	43	48
EST-B	EST-C	EST-A	36	47	25
EST-C	EST-A	EST-B	23	28	49
Suma de ángulos			180	0	2
Suma de ángulos (Dec)			180	0	0.0005
Error angular (Seg)				-2	

Nota: Elaboración propia.

Tolerancia de cierre angular de la poligonal:

$$\boldsymbol{TCA = P" \times n^{0.5}}$$

Donde:

$\boldsymbol{TCA}$: Tolerancia de cierre angular

$\boldsymbol{P"}$: Precisión del equipo topográfico, $\leq \mathbf{5}$”

$\boldsymbol{n}$: Numero de vértices de poligonal

Por lo que al aplicar la fórmula se tiene:

P'' : 5 Precisión de equipo - estación total (segundos).

n : 3 Número de vértices de poligonal.

CAE : 8.7 Error de cierre angular del equipo.

CAC : -2.0 Error de cierre angular calculado.

Considerando que el ángulo para la poligonal fue de 180°, el error de cierre calculado con datos de campo (-2.0 segundos) es inferior al error de cierre angular del equipo topográfico (8.7 segundos).

5.1.2.3. Tolerancia de cierre lineal

Para determinar la tolerancia de cierre lineal, se utilizó la siguiente fórmula:

$$E = \left(E_x^2 + E_y^2\right)^{0.5}$$

Donde:

E_x^2 : Error de cierre en el eje x.

E_y^2 : Error de cierre en el eje y.

E : Error de cierre lineal.

El error de cierre lineal de la poligonal de apoyo en el sector Canchapilca Baja se calcula a partir de los datos presentados en la Tabla 35.

Tabla 36

Error de cierre lineal a partir de la poligonal de apoyo – sector Canchapilca Baja.

Punto	Azimut (Z)			Azimut (Z) (DEC)	Distancia (m)	D_x $(D \sin Z)$	D_y $(D \cos Z)$
	°	‘	“				
EST A	68	3	31	68.060	75.039	69.600	28.040
EST B	347	44	47	347.750	77.023	-16.350	75.270
EST C	207	16	16	207.270	116.222	-53.250	-103.300
					268.28	0.0033	0.0034
					Perímetro	E_x	E_y

Nota: Elaboración propia

Remplazando:

$$E = \sqrt{0.0033^2 + (0.0034)^2} \Longrightarrow E = 0.047\ m$$

Para el cálculo de la tolerancia en el error relativo, se consideró el perímetro de la poligonal de apoyo mediante la siguiente fórmula:

$$E_r = \frac{1}{Perímetro/E} \Longrightarrow E_r = \frac{1}{268.28/0.047} \Longrightarrow E_r = 0.00002 < 0.00010 = E_{perm}$$

Por lo que el error relativo calculado en la poligonal de apoyo – sector Canchapilca Baja es menor que el error relativo permisible.

El error de cierre lineal de la poligonal de apoyo en el sector Rumoj se calcula a partir de los datos presentados en la Tabla 36.

Tabla 37

Error de cierre lineal a partir de la poligonal de apoyo – sector Rumoj.

Punto	Azimut (Z)			Azimut (Z) (DEC)	Distancia (m)	D_x ($D \sin Z$)	D_y ($D \cos Z$)
	°	‘	“				
EST A	283	27	4	283.450	45.710	-44.460	10.630
EST B	140	14	25	140.240	99.632	63.720	-76.590
EST C	343	43	15	343.720	68.711	-19.260	65.960
					214.053	0.0046	-0.0014
					Perímetro	E_x	E_y

Nota: Elaboración propia

Remplazando:

$$E = \sqrt{0.0046^2 + (-0.0014)^2} \Longrightarrow E = 0.0048\ m$$

Para el cálculo de la tolerancia en el error relativo, se consideró el perímetro de la poligonal de apoyo mediante la siguiente fórmula:

$$E_r = \frac{1}{Perímetro/E} \Longrightarrow E_r = \frac{1}{214.053/0.0048} \Longrightarrow E_r = 0.00002 < 0.00010 = E_{perm}$$

Por lo que el error relativo calculado en la poligonal de apoyo – sector Rumoj es menor que el error relativo permisible.

5.2. Estudio geológico y geotécnico

El estudio geológico y geotécnico en las zonas de captación consistieron en trabajos de campo como la apertura de calicatas a mano e inspección de la zona de captación y alineamiento de los canales de conducción con base de la información del repositorio institucional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, además de estudios de prospección realizados in situ y de ensayos de laboratorio a las muestras extraídas.

5.2.1. Trabajo de campo y estudios de laboratorio

El trabajo de campo consistió en el reconocimiento del área de estudio y trabajos de apertura de calicatas con máquina y a mano. Se extrajo muestras con el fin de realizarle estudios en el laboratorio para caracterizar las condiciones físicas del suelo.

5.2.2. Geología regional

Se evaluó la geología de la zona de estudio en base a la información del INGEMMET, concretamente el boletín N°26 serie A: Carta Geológica Nacional, en el cuadrángulo 23-j (Canta), identificando las siguientes unidades geológicas en el área de estudio:

Volcánico Calipuy (Kti-vca): Conformado por lavas andesíticas y piroclastos del Terciario inferior que reposan discordantemente sobre la formación Casapalca y otras unidades del Cretáceo. Se encuentran presentes en la margen derecha del río Lampián en forma de andesitas (Ver Figura 35).

Tonalita (Kti-t-ac): Constituido de biotita, plagioclasa, cuarzo y hornblenda y presente en la margen izquierda del río Lampián y en ambos márgenes del río Carac hasta el área de estudio. Con una edad asignada del Terciario inferior, presenta una litología variada, predominando una textura completamente granítica con minerales de color oscuro en una masa de color gris pálido.

Depósitos aluviales (Q-al): Consiste en materiales depositados en el cauce de los ríos Lampián y Carac, comprendido de grandes bloques de cantos rodados (Ver Figura 36 y Figura 37).

Figura 38

Andesitas de la unidad Volcánico Calipuy, margen derecha del río Lampián.



Nota: Elaboración propia.

Figura 39

Depósitos aluviales en el río Lampián y afloramiento de andesitas Calipuy.



Nota: Elaboración propia.

Figura 40

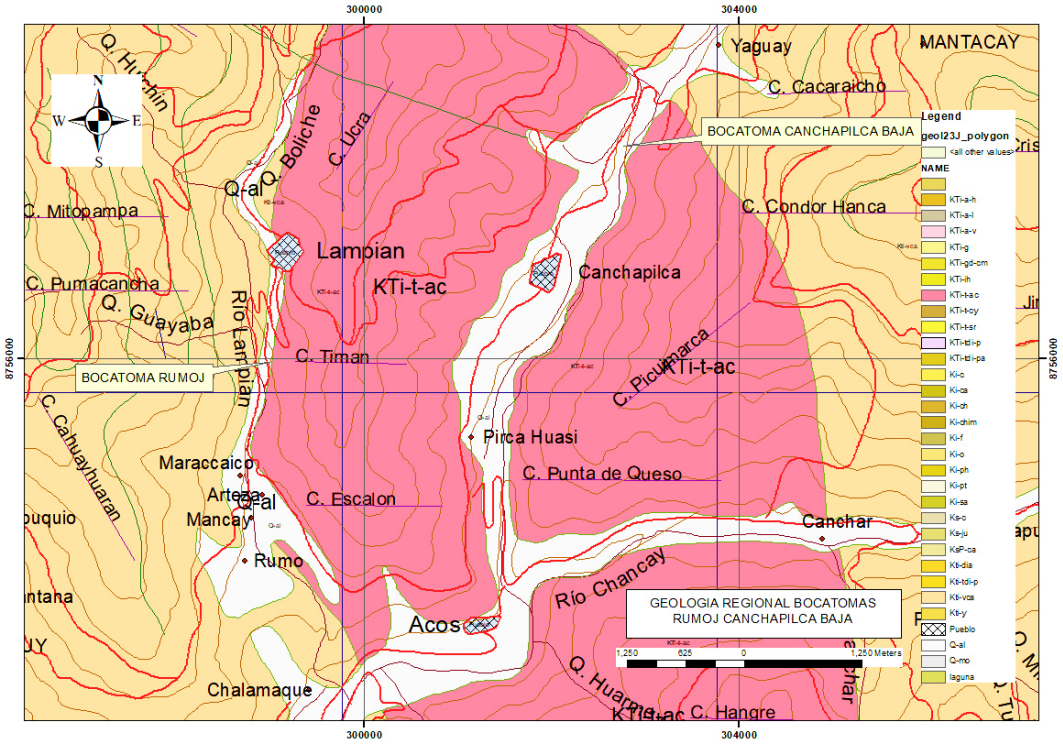
Depósitos aluviales en el cauce del río Carac, sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 41

Mapa Geológico Regional 23-j Canta, zona de estudio



Nota: Adaptado de *Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta – Boletín A 26* (Cobbing, 1973) y *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j)* (De la Cruz & Jaimes, 2003).

5.2.3. Geomorfología

Las terrazas aluvionales en Rumoj están ubicadas en el lecho aluvial del cauce del río Lampián, con alturas de entre 1 y 2 metros, además de plataformas anchas y poco inclinadas en dirección del cauce. Perteneciente al periodo cuaternario reciente, están compuestas de cantos rodados, gravas y arenas, con poca presencia de finos. En Canchapilca Baja, en cambio, los frentes de las terrazas presentan una altura de 10 a 15 metros y son terrazas antiguas coetáneas al pleistoceno que están formadas de materiales terreos con una mezcla bien compactada y coherente de cantos rodados y gravas, lo que explica su solidez.

En cuanto a las laderas, los flancos del valle del río Lampián en el sector Rumoj son afloramientos rocosos de tipo volcánico en su flanco derecho y de tipo intrusivo del periodo cretácico terciaro inferior en su flanco izquierdo, constituyendo el basamento rocoso de los rellenos aluviales. En el sector Canchapilca Baja, ambos lados del valle del río Carac presentan terrazas escalonadas que se encuentran debajo de los afloramientos rocosos del valle.

Los valles en ambos sectores se formaron a partir de procesos erosivos sobre los afloramientos rocosos cuya profundidad varía de entre 700 m a 900 m. Están ubicados en el flanco oeste de la cordillera de los Andes. Los valles presentan laderas estables.

5.2.4. Geodinámica

No se encontró evidencia de desplazamientos locales en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj. Sin embargo, se debe prestar atención a las erosiones fluviales, ya que los ríos Lampián y Carac presentan alta pendiente (11.22% y 9.27%, respectivamente), depósitos fluviales y aluviales con lechos de rellenos sedimentarios de granulometría predominantemente gruesa, saltos hidráulicos irregulares, entre otras características. En consecuencia, ambos ríos presentan un flujo turbulento de volumen alto en las épocas de lluvia, transportando sedimentos desde finos hasta bloques de 1 metro en promedio en el lecho del río Lampián (Ver Figura 39) y de 4 metros como máximo en el lecho del río Carac (Figura 40), lo que produce golpes intensos entre los bloques y bolones transportados contra la superficie del cauce y las obras hidráulicas a diseñar. A este fenómeno se le conoce como atrición.

Figura 42

Depósitos aluviales en el río Lampián.



Nota: Elaboración propia.

Figura 43

Depósitos aluviales en el río Carac.



Nota: Elaboración propia.

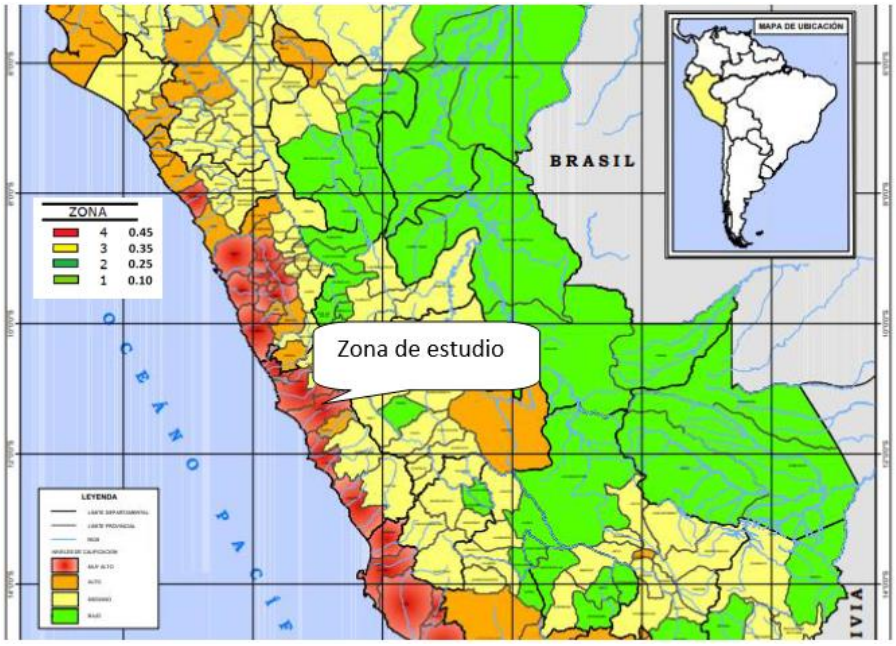
5.2.5. Geología estructural y características sísmicas

No se han identificado fallas geológicas activas en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj que impliquen riesgos geotectónicos para las estructuras hidráulicas. Esto implica que las laderas

son estables, permitiendo el desarrollo de la agricultura en las terrazas de los flancos izquierdo y derecho de los ríos Carac y Lampián, que se inundan anualmente. Por otro lado, considerando la presencia de basamento rocoso de volcánicos e intrusivos, cubierto de relleno aluvial de bloques de 1 m a 2 m, se estimó un nivel de riesgo alto en caso de ocurrencia de sismo. Según la Norma Técnica E-030 “Diseño Sismorresistente”, los sectores Canchapilca Baja y Rumoj se encuentra en la zona 4, con un factor de aceleración máxima Z = 0.45, pudiendo ser excedida con una probabilidad del 10 %.

Figura 44

Peligro sísmico en la provincia de Huaral, donde se ubica la zona de estudio.



Nota: Adaptado de *Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos* (Comisión Multisectorial de Reducción de Riesgos en el Desarrollo & Dirección General de Programación Multianual del Sector Público – MEF, 2003) & *Norma Técnica E-030 “Diseño Sismorresistente”* (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

5.2.6. Geotecnia de captación y conducción

Se presenta proporciones de sales, sulfatos y cloruros por debajo de los valores límite en las dos captaciones. No existe depósitos de gravas para ser utilizados en la construcción, por lo que se necesitará material de préstamo, presumiblemente agregados trasladados desde Rio Seco, en Huaral, los cuales de acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio son resistentes a la abrasión y a la alteración, igualmente los componentes litológicos son de buenas características físicas (Ver ítem 2.2.5.1).

5.2.6.1. Captación y conducción – sector Canchapilca Baja

5.2.6.1.1. Captación

No se evidenció eventos geodinámicos activos, por lo que las laderas en ambos lados de la quebrada del río Carac son estables. Las terrazas ubicadas en los bordes del cauce del río Carac son inundables, por lo que se desarrolla la agricultura sobre estas durante el año. La zona de captación en el sector Canchapilca Baja cuenta con las siguientes unidades geológicas:

Terrazas aluvionales (Qp-al): Formadas en el cuaternario antiguo y presentes en ambos flancos del valle en el sector Canchapilca, constan de suelos térreos con bloques de 1 a 4 metros en una matriz gravosa de muy buenas características físicas.

Suelos aluvio fluviales (Q-alfl): Se destaca la presencia de terrazas de conglomerados de gran altura y de muy buena compacidad, compuestas de cantos rodados con matriz gravo-arenosa y algo de finos. Son depósitos de cantos rodados con poca matriz gravo arenosa y algo de finos, con buena compacidad y capacidad portante en su conjunto pero erosionable durante la escorrentía superficial. Este tipo de suelo presenta una resistencia de 5.52 Kg/cm^2 en 1.60 m de profundidad de excavación para cimentación, poco profundo debido a que no se realizó calicatas más profundas por el tamaño de los bloques (de diámetro 20 cm durante las épocas de lluvia). En la Tabla 37 se presenta las caracterísitcas físicas de los cantos rodados.

Tabla 38

Características físicas de las muestras extraídas en el sector Canchapilca Baja.

Calicatas	Profundidad (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Humedad Natural (%)	Ángulo de fricción (φ)	Cohesión (C)	Peso específico (g/cm^3)	Desgaste Abrasión (%)	Densidad seca γ_n (g/cm^3)	Granulometría (%)				Consistencia (%)	Absorción (%)	Diámetro medio aritmético D_{50} (mm)	Capacidad portante (Kg/cm^2)
											Bolonería est (%)	Gravas	Arena	Finos	LL, LP, IP			
BCA-2	0.25	M-1	GP	A-1-a(0)	4.50	35.50	0.00	2.609	20.80	1.53	80.00	59.40	39.40	1.30	NP	2.65	9.00	5.52

Nota: Elaboración propia.

Tabla 39

Resultados del análisis químico de las muestras en el sector Canchapilca Baja.

N° Muestra	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl^- (ppm)	$SO^{=}_4$ (ppm)
BCA-2 M-1 (Cauce de río Carac) Prof: 0.25 m	GP Grava pobremente graduada con arena	96.57	61.18	52.37

Nota: Elaboración propia.

Se calculó la presión del hundimiento con la fórmula propuesta por Terzaghi en 1943 para cimentaciones corridas (Gonzáles, 2003).

$$q_u = CN_c + qN_q + 0.5\gamma BN_\gamma$$

Donde:

N_c, N_q y N_γ: Factores de capacidad de carga, en función del ángulo de fricción del suelo.

C: Coeficiente de cohesión del suelo.

B: Ancho de cimentación.

γ: Peso específico del suelo por debajo de la cimentación.

q: Tensión vertical por sobrecarga total del suelo a nivel de la cimentación. Se calcula:

$$q = \gamma D_f$$

Debido a la presencia de napa freática en la zona de interés, se calculó la sobrecarga efectiva mediante la siguiente expresión:

$$q' = \gamma D_1 + (\gamma_{sat} - \gamma_w) \times D_2$$

Donde:

γ_{sat}: Peso unitario del suelo saturado.

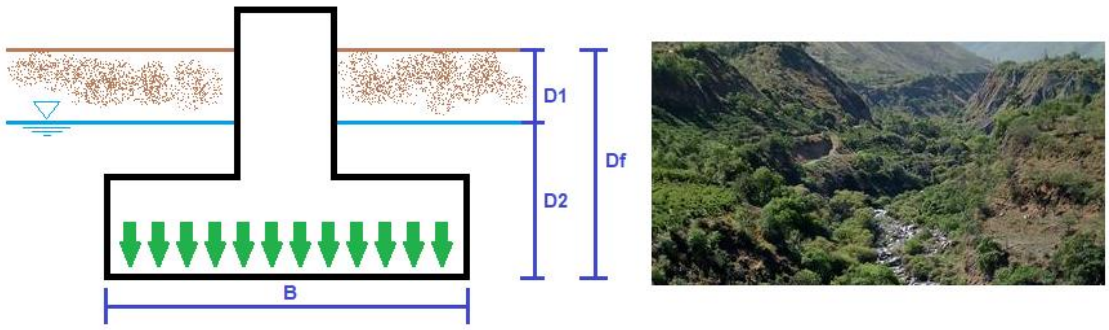
γ_w: Peso unitario del agua.

D_1: Profundidad del suelo seco.

D_2: Profundidad del suelo desde el nivel freático hasta el fondo de cimentación.

Figura 45

Presión efectiva en cimentación – sector Canchapilca Baja.



Nota: Adaptado de *Ingeniería Geológica* (González, 2002).

Asimismo, Kumbhojkar (1993) evaluó numéricamente los factores de capacidad de carga de Terzaghi, presentando las siguientes expresiones:

$$N_q = \frac{e^{2\times\left(\frac{3\pi}{4}-\frac{\phi'}{2}\right)\times\tan\phi'}}{2\times\cos^2\left(45°+\frac{\phi'}{2}\right)}$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi'}$$

$$N_\gamma = 0.5 \times \left(\frac{K_{p\gamma}}{(\cos^2 \phi')} - 1 \right) \times \tan \phi'$$

Donde $K_{p\gamma}$ es el coeficiente de presión pasiva.

Los factores de capacidad de carga de Terzaghi, basado en las modificaciones de Kumbhojkar para el cálculo de la capacidad última del estrato en el sector Canchapilca Baja se obtuvo de la Tabla 39.

Tabla 40

Factores de capacidad de carga de Terzaghi, ecuaciones de Kumbhojkar.

ϕ'	N_c	N_q	N_γ[a]
30	37.16	22.46	19.13
31	40.41	25.28	22.65
32	44.04	28.52	26.87
33	48.09	32.23	31.94
34	52.64	36.50	38.04
35	57.75	41.44	45.41
36	63.53	47.16	54.36
37	70.01	53.80	65.27
38	77.50	61.55	78.61
39	85.97	70.61	95.03
40	95.66	81.27	115.31

[a] De Kumbhojkar (1993).

Nota: Adaptado de *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (Das, 2012, pp. 139).

Para la cimentación, se consideró las siguientes dimensiones:

$$D_1 = 1.00\ m$$

$$D_2 = 0.60\ m$$

$$D_f = 1.60\ m$$

$$B = 3.00\ m$$

Se calculó la sobrecarga efectiva y la capacidad de carga última a partir de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, la Tabla 39 y las dimensiones presentadas:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \Longrightarrow \gamma' = 1850 - 1000 = 850\ kg/m^3$$

$$q' = \gamma D_1 + (\gamma_{sat} - \gamma_w) \times D_2 \Longrightarrow q' = 1630 \times 1 + (1850 - 1000) \times 0.6$$

$$\Longrightarrow q' = 2040.0\ kg/m^2$$

$$q_u = 0 \times 63.53 + 2040.0 \times 47.16 + 0.5 \times 850 \times 3 \times 54.36$$

$$\Longrightarrow q_u = 166515.4\ kg/m^2$$

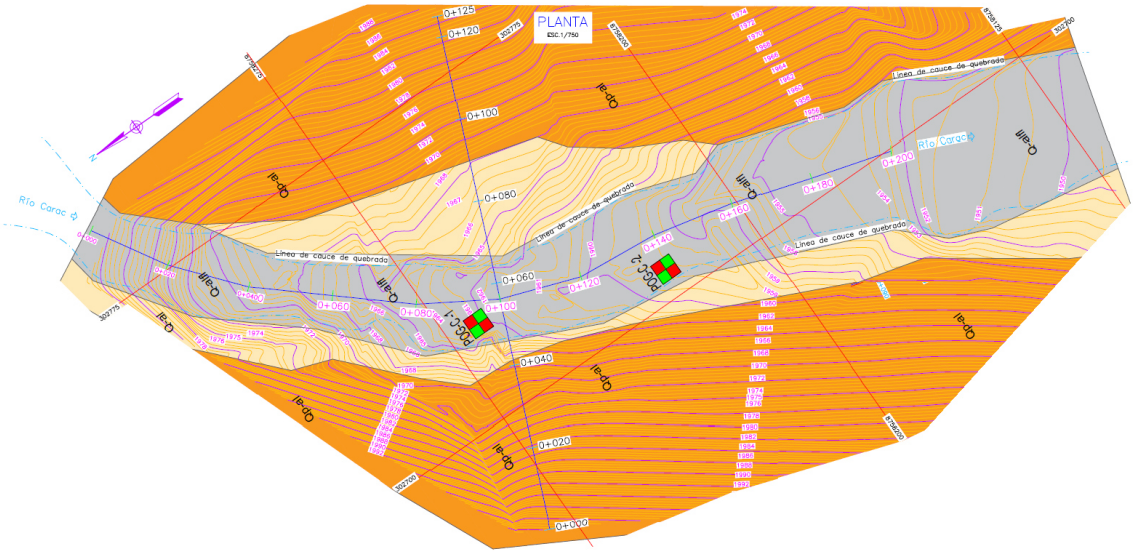
Considerando un factor de $F.S. = 3$ para el material de grava + arcilla en el sector Rumoj, la capacidad de carga admisible se calculó:

$$q_{adm} = \frac{166515.4}{3} = 55171.8\ kg/m^2$$

$$\Longrightarrow q_{adm} = 5.52\ kg/cm^2$$

Figura 46

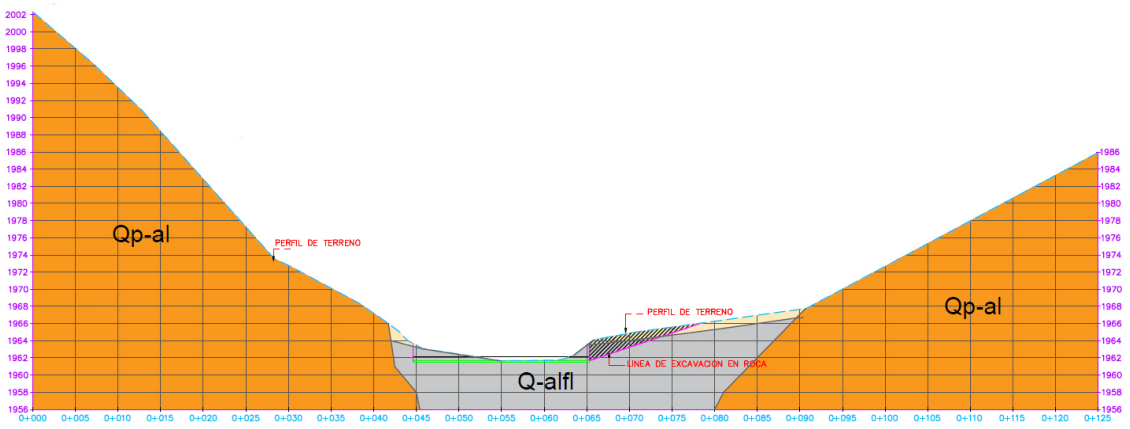
Mapa geológico del sector Canchapilca Baja, ubicación de captación.



Nota: Adaptado de Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta – Boletín A 26 (Cobbing, 1973) y Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j) (De la Cruz & Jaimes, 2003).

Figura 47

Sección geológica transversal de eje de captación en el sector Canchapilca Baja.



Nota: Adaptado de Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta – Boletín A 26 (Cobbing, 1973) y Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j) (De la Cruz & Jaimes, 2003).

5.2.6.1.2. Conducción

La conducción existente se cimienta sobre depósitos alivuales de terraza aluvial pedregosa con matriz gravo-arenosa con presencia de bloques que fueron transportados por el río Lampián. La capacidad de soporte del suelo en el canal de conducción es buena (más de 2 kg/cm^2).

Figura 48

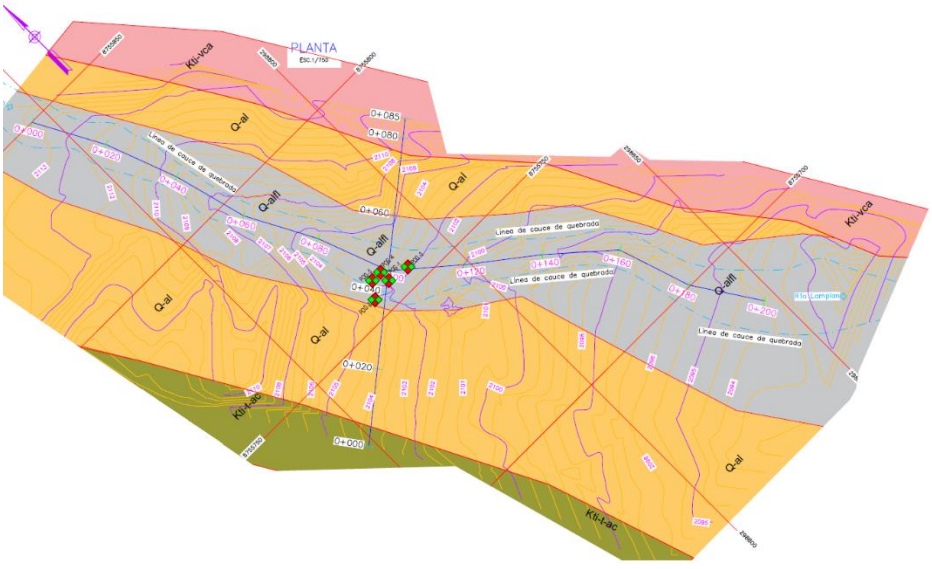
Compuerta existente en el sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 49

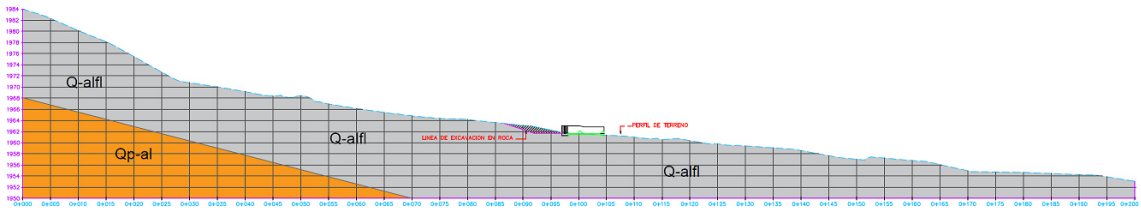
Mapa geológico del sector Rumoj, ubicación de conducción.



Nota: Adaptado de Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta – Boletín A 26 (Cobbing, 1973) y Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j) (De la Cruz & Jaimes, 2003).

Figura 50

Sección geológica longitudinal de conducción en el sector Canchapilca Baja.



Nota: Adaptado de Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta – Boletín A 26 (Cobbing, 1973) y Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j) (De la Cruz & Jaimes, 2003).

5.2.6.2. Captación y conducción – sector Rumoj

5.2.6.2.1. Captación

No hay evidencia de eventos geodinámicos activos en la captación Rumoj, en donde las laderas son estables. Los depósitos aluviales en la captación Rumoj y área de influencia contienen bloques hasta de 1m son de buenas características físicas para ser utilizadas en la captación.

La cimentación presenta buenas características físicas para ser utilizadas en la captación. Sin embargo, el río Lampián en el punto de captación presenta un gran poder erosivo en época de lluvias, en las que los bloques transportados sufren el efecto de atrición.

Las unidades geomorfológicas que destacan en la Bocatoma Rumoj se manifiestan en las terrazas de inundación, laderas estables y valles utilizados para la agricultura en ambos flancos. Estas unidades geológicas son:

Volcánico Calipuy (Kti-vca), que consta de rocas sólidas del terciario inferior, subyacentes a los depósitos aluviales del cauce del río Lampián y suprayacentes a los intrusivos. En la margen

derecha, las andesitas presentan buenas características físicas para su uso en la captación. El estrato de andesitas presenta espesores de cientos de metros.

Suelos aluvio fluviales (Q-alfl): Consiste en cantos rodados con poca matriz gravo arenosa y algo de finos, con buena compacidad y capacidad portante en su conjunto pero erosionable durante la escorrentía superficial. Este tipo de suelo presenta una resistencia de 4.70 Kg/cm^2 en 1.40 m de profundidad de excavación para cimentación, poco profundo debido a que no se realizó calicatas más profundas por el tamaño de los bloques (de hasta 1 metro de diámetro). Presente en estratos de decenas de metros, yaciendo sobre los volcánicos calipuy y los intrusivos. En la Tabla 40 se presenta las caracterísitcas físicas de los cantos rodados.

Tabla 41

Características físicas de las muestras extraídas en el sector Rumoj.

Calicatas	Profundidad (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Humedad Natural (%)	Ángulo de fricción (φ)	Cohesión (C)	Peso especifico (g/cm^3)	Desgaste Abrasión (%)	Densidad seca γ_n (g/cm^3)	Granulometría (%)				Consistencia (%)	Absorción (%)	Diámetro medio aritmético D_{50} (mm)	Capacidad portante (Kg/cm^2)
											Bolonería est (%)	Gravas	Arena	Finos	LL, LP, IP			
BRU-2	0.25	M-1	GP	A-1-a(0)	5.10	36.30	0.00	2.688	17.70	1.56	70-75	57.20	41.00	1.80	NP	1.92	7.00	4.70
BRU-3	0.40	M-1	SP	A-1-a(0)	3.10	0.00	-	-	-	-	-	38.00	58.50	3.50	NP	-	2.50	-

Nota:Informacion proporcionada por la localidas del Rumoj Elaboración propia.

Tabla 42

Resultados del análisis químico de las muestras en el sector Rumoj.

N° Muestra	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl^- (ppm)	$SO^=_4$ (ppm)
BRU-2 M-1 (Margen izquierda río Lampián) Prof: 0.25 m	GP Grava pobremente graduada con arena	122.57	48.72	65.38

Nota:Informacion proporcionada por la localidas del Rumoj Elaboración propia.

Se calculó la presión del hundimiento con la fórmula propuesta por Terzaghi en 1943 para cimentaciones corridas (Gonzáles, 2003).

$$q_u = CN_c + qN_q + 0.5\gamma BN_\gamma$$

Donde:

N_c, N_q y N_γ: Factores de capacidad de carga, en función del ángulo de fricción del suelo.

C: Coeficiente de cohesión del suelo.

B: Ancho de cimentación.

γ: Peso específico del suelo por debajo de la cimentación.

q: Tensión vertical por sobrecarga total del suelo a nivel de la cimentación. Se calcula:

$$q = \gamma D_f$$

Debido a la presencia de napa freática en la zona de interés, se calculó la sobrecarga efectiva mediante la siguiente expresión:

$$q' = \gamma D_1 + (\gamma_{sat} - \gamma_w) \times D_2$$

Donde:

γ_{sat}: Peso unitario del suelo saturado.

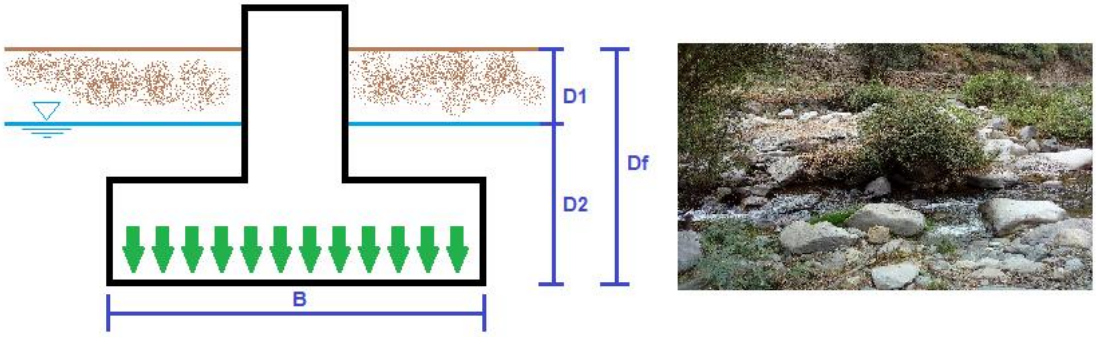
γ_w: Peso unitario del agua.

D_1: Profundidad del suelo seco.

D_2: Profundidad del suelo desde el nivel freático hasta el fondo de cimentación.

Figura 51

Presión efectiva en cimentación – sector Rumoj.



Nota: Adaptado de *Ingeniería Geológica* (González, 2002).

Asimismo, Kumbhojkar (1993) evaluó numéricamente los factores de capacidad de carga de Terzaghi, presentando las siguientes expresiones:

$$N_q = \frac{e^{2\times\left(\frac{3\pi}{4}-\frac{\phi'}{2}\right)\times\tan\phi'}}{2\times\cos^2\left(45°+\frac{\phi'}{2}\right)}$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan\phi'}$$

$$N_\gamma = 0.5\times\left(\frac{K_{p\gamma}}{(\cos^2\phi')}-1\right)\times\tan\phi'$$

Donde $K_{p\gamma}$ es el coeficiente de presión pasiva.

Los factores de capacidad de carga de Terzaghi, basado en las modificaciones de Kumbhojkar para el cálculo de la capacidad última del estrato en el sector Rumoj se obtuvo de la Tabla 42.

Tabla 43

Factores de capacidad de carga de Terzaghi, ecuaciones de Kumbhojkar.

ϕ'	N_c	N_q	N_γ[a]
30	37.16	22.46	19.13
31	40.41	25.28	22.65
32	44.04	28.52	26.87
33	48.09	32.23	31.94
34	52.64	36.50	38.04
35	57.75	41.44	45.41
36	63.53	47.16	54.36
37	70.01	53.80	65.27
38	77.50	61.55	78.61
39	85.97	70.61	95.03
40	95.66	81.27	115.31

[a]De Kumbhojkar (1993).

Nota: Extraído de *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (Das, 2012, pp. 139).

Para la cimentación, se consideró las siguientes dimensiones:

$$\boldsymbol{D_1 = 1.00\ m}$$

$$\boldsymbol{D_2 = 0.40\ m}$$

$$\boldsymbol{D_f = 1.40\ m}$$

$$\boldsymbol{B = 2.30\ m}$$

Se calculó la sobrecarga efectiva y la capacidad de carga última a partir de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, la Tabla 42 y las dimensiones presentadas:

$$\boldsymbol{\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \Longrightarrow \gamma' = 1830 - 1000 = 830\ kg/m^3}$$

$$\boldsymbol{q' = \gamma D_1 + (\gamma_{sat} - \gamma_w) \times D_2 \Longrightarrow q' = 1560 \times 1 + (1830 - 1000) \times 0.4}$$

$$\boldsymbol{\Longrightarrow q' = 1892.0\ kg/m^2}$$

$$\boldsymbol{q_u = 0 \times 63.53 + 1892.0 \times 47.16 + 0.5 \times 830 \times 2.3 \times 54.36}$$

$$\Longrightarrow q_u = 141113.54\ kg/m^2$$

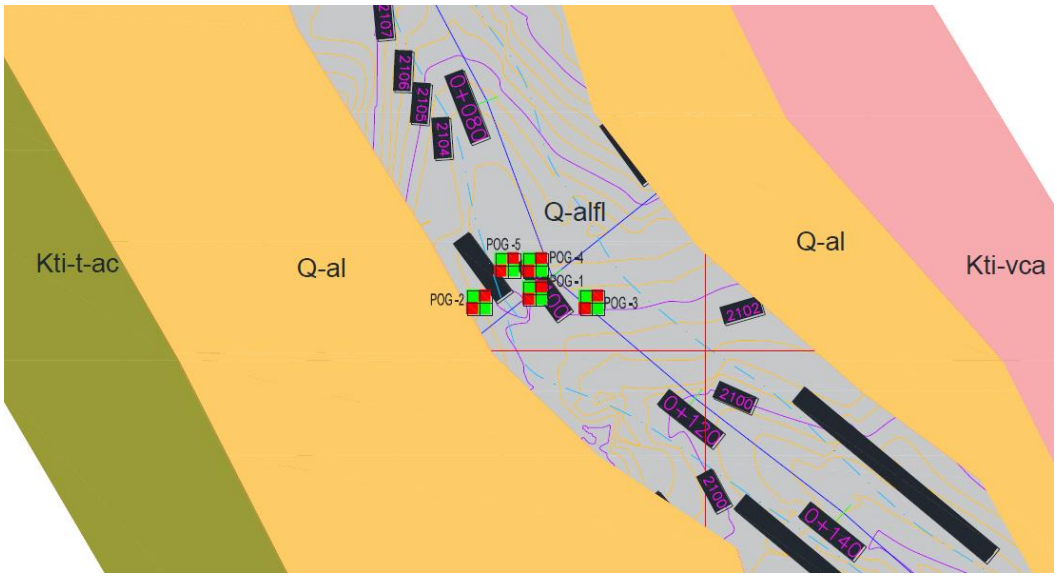
Considerando un factor de $F.S. = 3$ para el material de grava + arcilla en el sector Rumoj, la capacidad de carga admisible se calculó:

$$q_{adm} = \frac{141113.54}{3} = 47037.78\ kg/m^2$$

$$\Longrightarrow q_{adm} = 4.70\ kg/cm^2$$

Figura 52

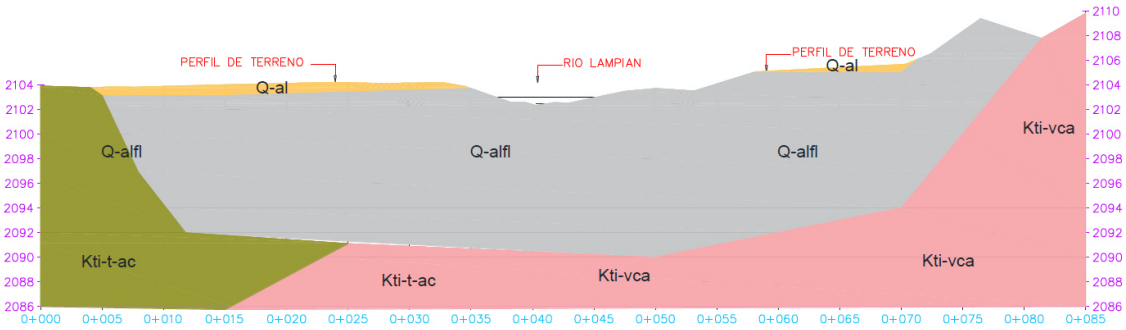
Mapa geológico del sector Rumoj, ubicación de captación.



Nota: Adaptado de Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta – Boletín A 26 (Cobbing, 1973) y Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j) (De la Cruz & Jaimes, 2003).

Figura 53

Sección geológica transversal de eje de captación en el sector Rumoj.



Nota: Adaptado de Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta – Boletín A 26 (Cobbing, 1973) y Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j) (De la Cruz & Jaimes, 2003).

5.2.6.2.2. Conducción

La conducción existente se cimienta sobre depósitos alivuales de terraza aluvial pedregosa con matriz gravo-arenosa con presencia de bloques que fueron transportados por el río Lampián. La capacidad de soporte del suelo en el canal de conducción es buena (más de 2 kg/cm^2).

Figura 54

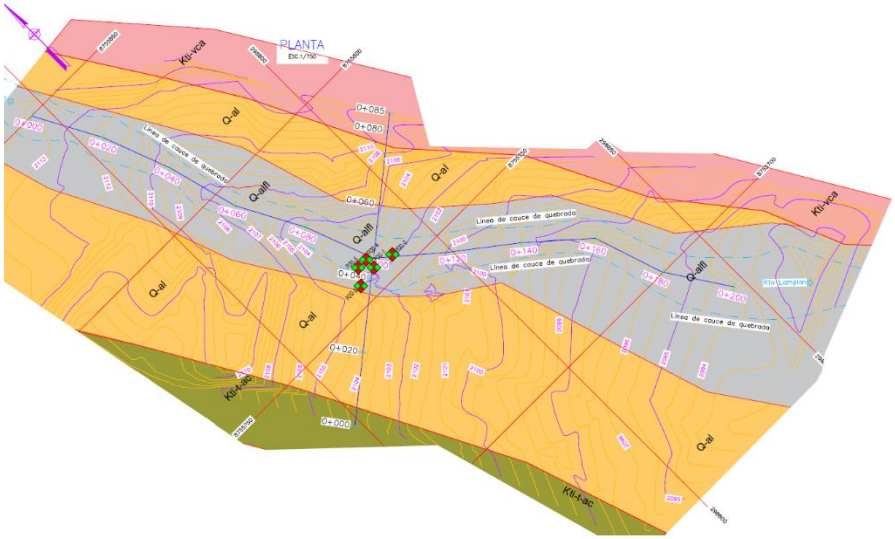
Cámara de carga y línea de conducción existentes en el sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 55

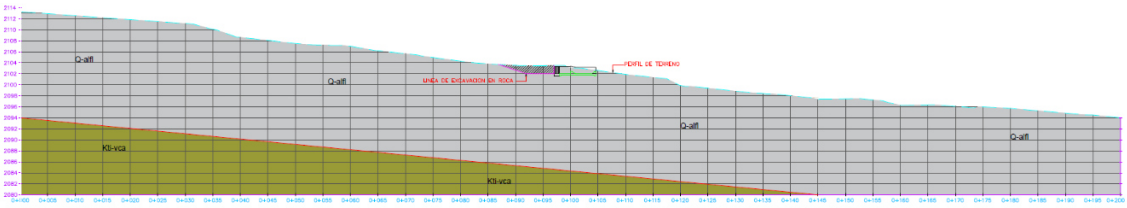
Mapa geológico del sector Rumoj, ubicación de línea de conducción.



Nota: Adaptado de Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta – Boletín A 26 (Cobbing, 1973) y Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j) (De la Cruz & Jaimes, 2003).

Figura 56

Sección geológica longitudinal de conducción en el sector Rumoj.



Nota: Adaptado de Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta – Boletín A 26 (Cobbing, 1973) y Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j) (De la Cruz & Jaimes, 2003).

5.3. Estudio hidrológico de las cuencas de los ríos Lampian y Carac

Se realizó la caracterización hidrológica de los ríos Lampian y Carac en las captaciones de los sectores Canchapilca Baja y Lampián, para derivar un caudal de agua de 2.00 m3/s a las hectáreas de cultivo de las Comunidades Campesinas de Canchapilca y Romuj.

5.3.1. Aspectos generales

5.3.1.1. Ubicación hidrográfica

La microcuenca del río Lampian y la subcuenca del río Carac se ubican en la margen derecha de la cuenca del río Chancay – Huaral, en la zona Norte de Lima, y forma parte de la vertiente occidental del sistema hidrográfico del Perú. La zona de riego se localiza en la margen derecha de los ríos Lampian y Carac (Ver Figura 54).

Esta unidad hidrográfica se ha delimitado a partir de dos puntos de control (PC), definido como punto de la captación, del cual esta unidad hidrográfica ha sido delimitada, para conocer la caracterización hidrológica del diseño de las estructuras de captación y conducción.

En la Tabla 43 se presenta las características de los puntos de control de las bocatomas proyectadas, en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj.

Tabla 44

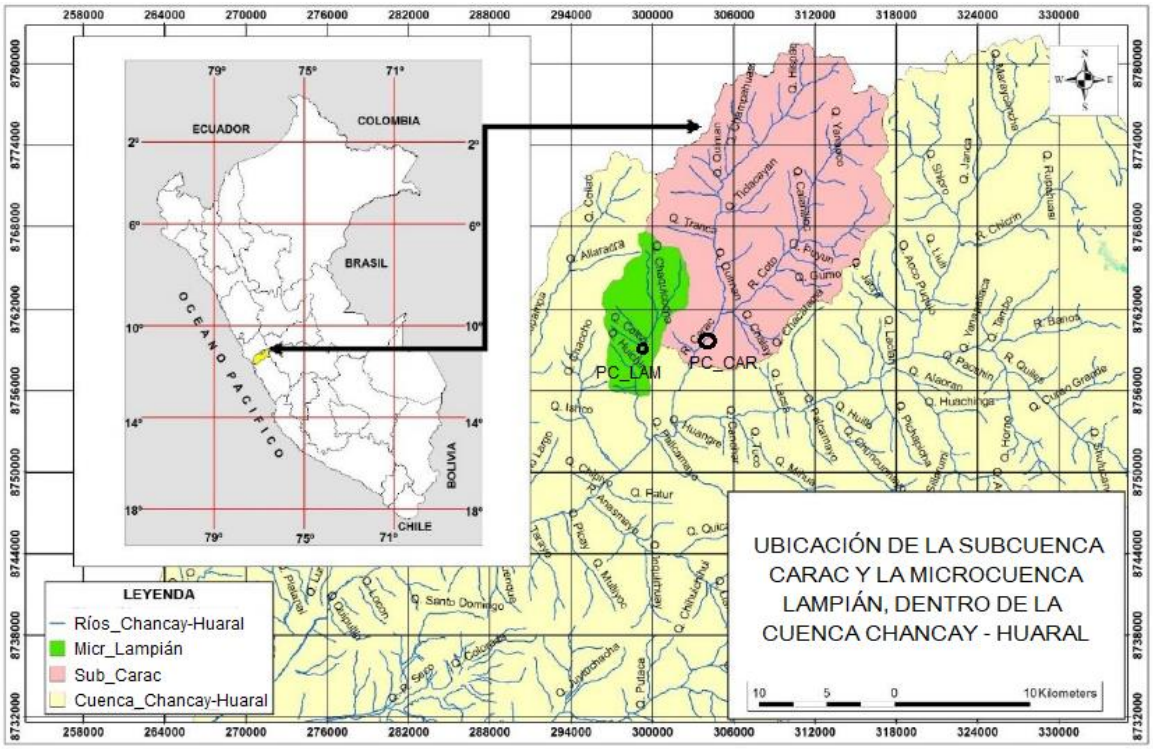
Puntos de Control de las Unidades Hidrográficas del área de Estudio

Descripción	Rio	PC	X	Y	Altitud (msnm)	Perímetro (km)	Área km2
Bocatoma Canchapilca Baja	Carac	PC_CAR	302658	8758147	288	80.3	3752
Bocatoma Rumoj	Lampián	PC_LAM	298822	8755734	330	32.33	3642

Nota: Elaboración propia

Figura 57

Subcuenca del río Carac y microcuenca del río Lampián. Ubicación de los puntos de control hidrográficos.



Nota: Adaptado de *Diagnóstico participativo consolidado: cuenca del río Chancay – Huaral. Tomo II: Situación actual de la gestión de los recursos hídricos* (Consorcio Typsa - Tecnoma – Engecorps, 2012).

5.3.1.2. Hidrografía de las cuencas Canchapilca Baja y Rumoj

La cuenca hidrográfica del río Chancay – Huaral conforma un sistema hidrográfico complejo que da origen al río homónimo, que nace en la subcuenca del río Vachaycocha y recibe los aportes de las subcuencas tributarias, incluidas la subcuenca Carac y la microcuencia Lampián, que drenan hacia la margen derecha del río Chancay – Huaral.

El régimen de descargas de los ríos Carac y Lampián es tormentoso e irregular, ocurriendo entre los meses de enero y abril. Las mayores descargas mensuales promedio se aproximan al

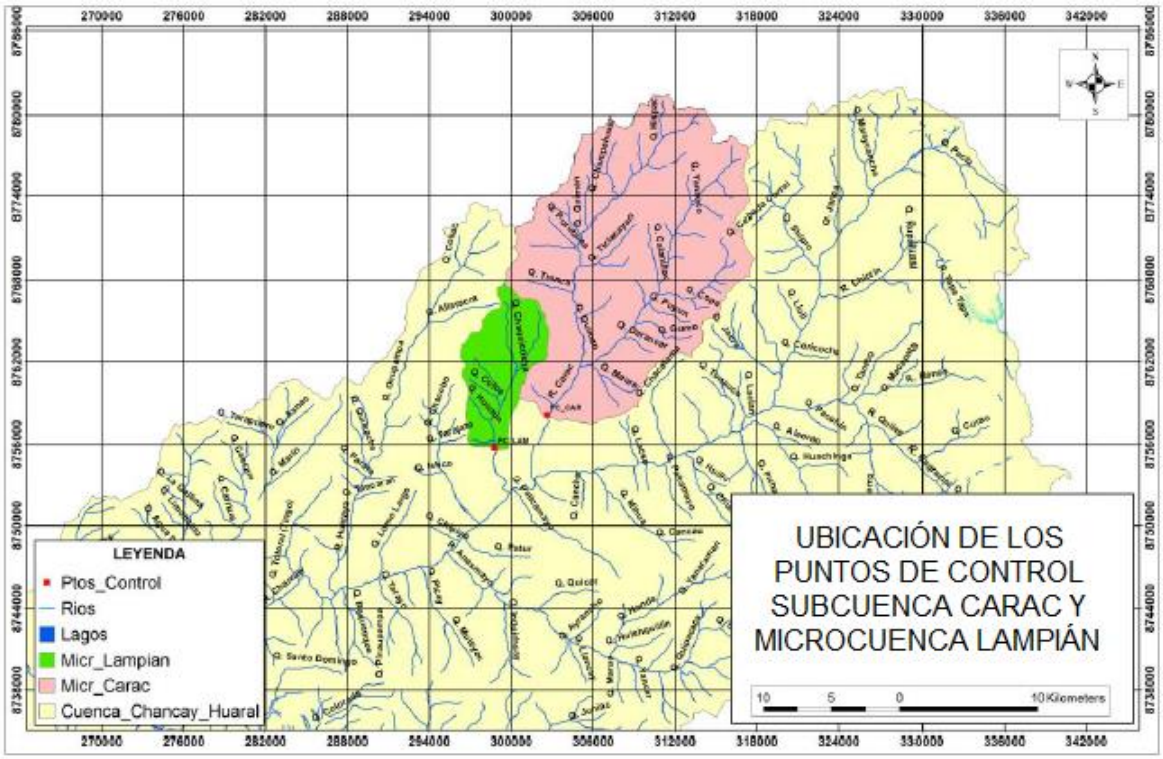
50% de la masa total anual. El periodo de estiaje corresponde a los meses entre mayo y diciembre.

La subcuenca Carac se localiza entre las cotas de 5100 msnm hasta los 1525 msnm, confluyendo con el río Chancay – Huaral por la margen derecha, en la comunidad de Acos. Esta subcuenca se conforma por dos quebradas confluyentes en la cota 2100 msnm, en el poblado de Carac: la quebrada Quimán por la margen izquierda y la quebrada Calanilloc por la margen derecha. Sus fuentes de agua provienen de precipitaciones pluviales y de lagunas pequeñas como Lucsacocha, Azulcocha, Lulucha, Chulca Puquio y Quimán. La captación para el sector Canchapilca Baja se ubica a 1995 msnm.

La microcuenca Lampián se ubica entre los 4850 msnm y 1450 msnm, confluyendo con el río Chancay – Huaral por la margen derecha. Esta microcuenca nace en la laguna Pullao, además de contar con fuentes de agua pluviales en las quebradas Chaquicocha, Colca, Huichín y Guayabo, entre otras. La captación para el sector Rumoj se ubica a 2110 msnm.

Figura 58

Ubicación de los puntos de control – subcuencas de los ríos Carac y Lampián.



Nota: Adaptado de *Diagnóstico participativo consolidado: cuenca del río Chancay – Huaral. Tomo II: Situación actual de la gestión de los recursos hídricos* (Consorcio Typsa - Tecnoma – Engecorps, Autoridad Nacional del Agua. Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay - Huaral, 2012).

5.3.1.3. Parámetros geomorfológicos

Son útiles para definir y caracterizar las unidades hidrográficas, siendo determinantes en regímenes de escorrentía superficial. Se consideró los siguientes parámetros:

5.3.1.3.1. Área de la unidad hidrográfica

De la clasificación propuesta por Aguirre, que se muestra en la Tabla 2, la superficie de la unidad hidrográfica de Lampián es de 47.363 km^2, siendo clasificada como microcuenca. Por otro lado, la unidad hidrográfica de Carac presenta una superficie de 279.517 km^2, por lo que se clasifica como Subcuenca.

5.3.1.3.2. Longitud de máximo recorrido

La microcuenca Lampián presenta una longitud de máximo recorrido de 12.37 km en su cauce principal, mientras que la subcuenca Carac presenta una longitud de 28.60 km. El río Lampián presenta recorrido más corto, implicando una mayor susceptibilidad a repentinas avenidas de agua.

5.3.1.3.3. Perímetro de la cuenca

La microcuenca Lampián tiene un perímetro de 32.32 km, mientras que la subcuenca Carac presenta un perímetro de 80.30 km.

5.3.1.3.4. Parámetros de forma

La microcuenca Lampián presenta un factor de forma de 0.33, mientras que el factor de forma de la subcuenca Carac es de 0.44, valores que denotan cuencas alargadas.

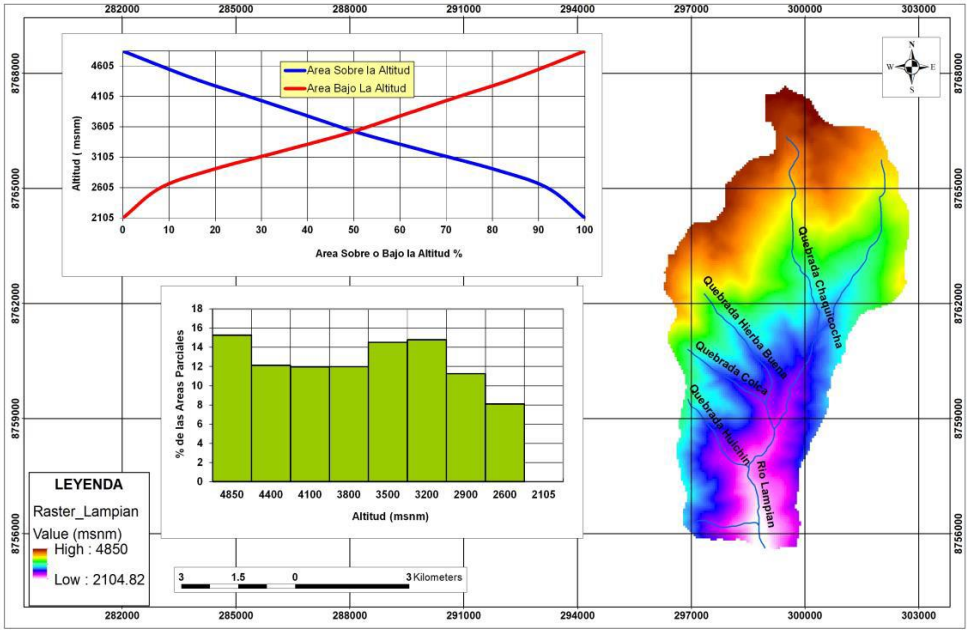
Asimismo, la microcuenca Lampián presenta un coeficiente de compacidad de entre 1.33 y 1.36, mientras que el coeficiente de compacidad de la subcuenca Carac se encuentra entre 1.26 y 1.50, valores que, según la Tabla 3, implican una forma oval – redonda a oval – oblonga, que son cuencas susceptibles a las crecidas.

5.3.1.3.5. Parámetros de relieve

La microcuenca Lampián presenta una pendiente de 22.20 %, mientras que la subcuenca Carac presenta una pendiente de 10.84%. Se estimó una altura media de 3532 m.s.n.m. en la microcuenca Lampián (Ver Figura 56), mientras que la subcuenca Carac (Ver Figura 57) presenta una altitud media estimada de 4156 m.s.n.m., lo que indica una alta elevación según la Tabla 4.

Figura 59

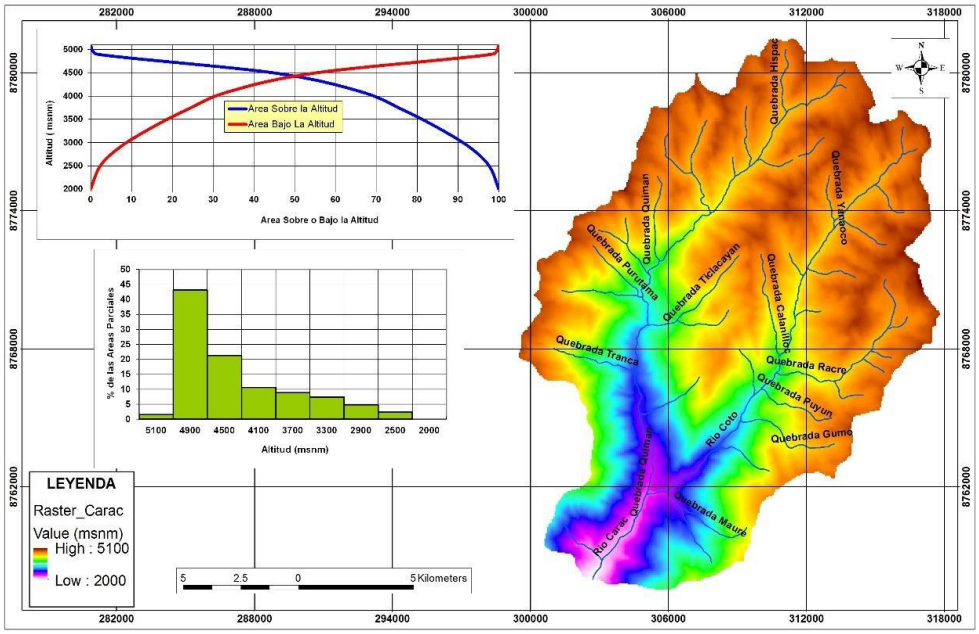
Curva hipsométrica y polígono de altitudes en la microcuenca Lampián.



Nota: Elaboración propia.

Figura 60

Curva hipsométrica y polígono de altitudes en la subcuenca Carac.



Nota: Elaboración propia.

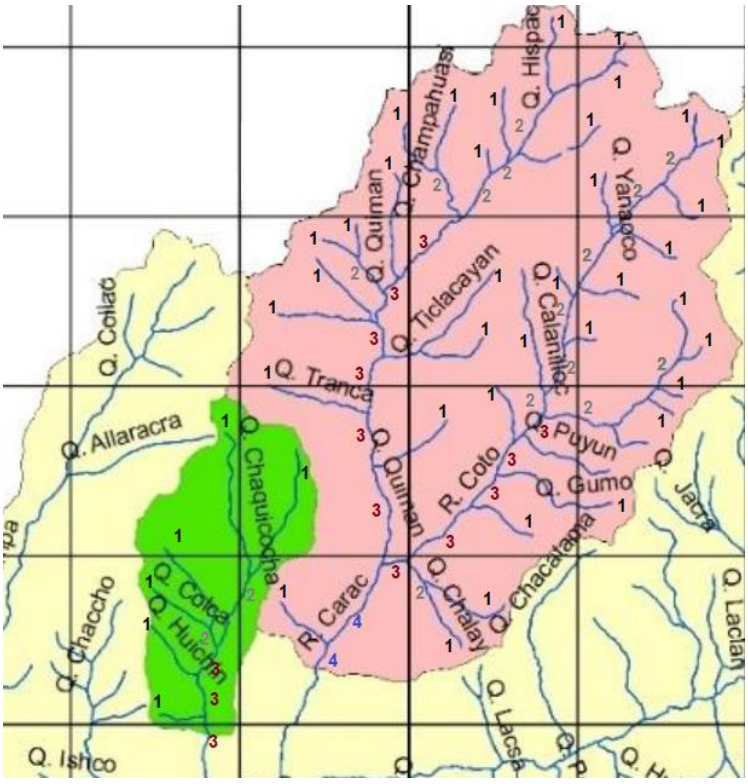
5.3.1.3.6. Parámetros relacionados con el sistema de drenaje

El índice de drenaje de la microcuenca Lampián y de la subcuenca Carac es de 0.596 y 0.540, respectivamente, implicando que las unidades hidrográficas están medianamente drenadas.

Respecto al orden del río, de la Figura 58, según el método de Strahler, el río Lampián es de orden 3 y el río Carac es de orden 4.

Figura 61

Orden de los ríos Lampián y Carac – método de Strahler.



Nota: Elaboración propia.

5.3.1.4. Aforo del río Lampian y Carac

En el reconocimiento de campo, ocurrido en agosto del 2023, se realizó el aforo del río Lampián en las coordenadas UTM 2987774 m E y 8755786 m N, a 3500 m.s.n.m. mediante el método del flotador, cuyo resultado fue de 57.00 L/s. Sin embargo, debido a la imposibilidad de aforar el río Carac por el método del flotador; se estimó el aforo del río Carac por método volumétrico en las coordenadas UTM: 302658 m E y 8758147 m E, a 1965 m.s.n.m. como 2 m^3/s.

En la Tabla 44 se presenta información general del aforo del río Lampián en el punto P1 (centro del río):

Tabla 45

Datos generales del aforo en el río Lampián

Lugar: Río Lampián (PC_LAM)			
Fecha:	18/09/2023	Hora:	10:35:20 a.m.
Método de aforo:	Flotador	Época:	Seca
Coordenadas UTM (Cuadrante 18 –		Altitud:	3500 m.s.n.m.
2987774 m E	8755786 m N		

Nota: Elaboración propia.

Los resultados del aforo se presentan en la Figura 59.

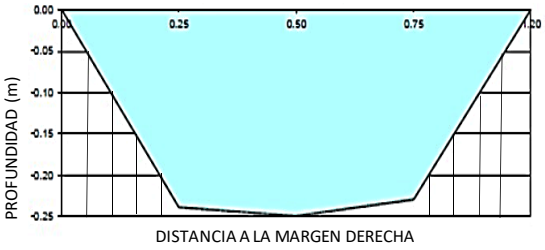
Figura 62

Cálculo del aforo del río Lampián, en el punto de control PC_LAM..

AFORO DEL RIO LAMPIAN - SECTOR RUMOJ - HUARAL

Fechas : 18/09/2023 Hora : 10:35 :20 a.m
Lugar : Rio Lampián
Altitud : 3500 m.s.n.m
Este : 198774 Em
Norte :8755786 Nm

SECCION ENTRE EL CRUCE DE QUEBRADA Y AMUNA SHUCUNI



DATOS DEL AFORO

MARGEN	Punto	Distancia	Tirante de Agua (m)	Area Parcial (m2)
		(m)		
Margen Izquierdo	Y0	0	0	
	Y1	0.25	0.24	0.03
	Y2	0.5	0.25	0.06
	Y3	0.75	0.23	0.06
	Y4	1.2	0	0.05
Margen Derecho				
Total		1.2 m		0.2 m2



CALCULO DE LA VELOCIDAD

Longitud de Tramo	Tiempo		Velocidad	
	Simbolo	Tiempo	Superficial	Media
		(s)	(m/s)	(m/s)
3	t1	8	0.38	0.34
	t2	10	0.3	0.27
	t3	9	0.33	0.3
	t4	8	0.38	0.34
	t5	9	0.33	0.3
	t6	9	0.33	0.3
		VELOCIDAD	0.34 m/s	0.31
FACTOR DE CORRECCION VELOCIDAD				**0.9**

CAUDAL : 0.057 m3/s

Nota: Elaboración propia.

Figura 63

Río Carac, en el punto de control PC_CAR.



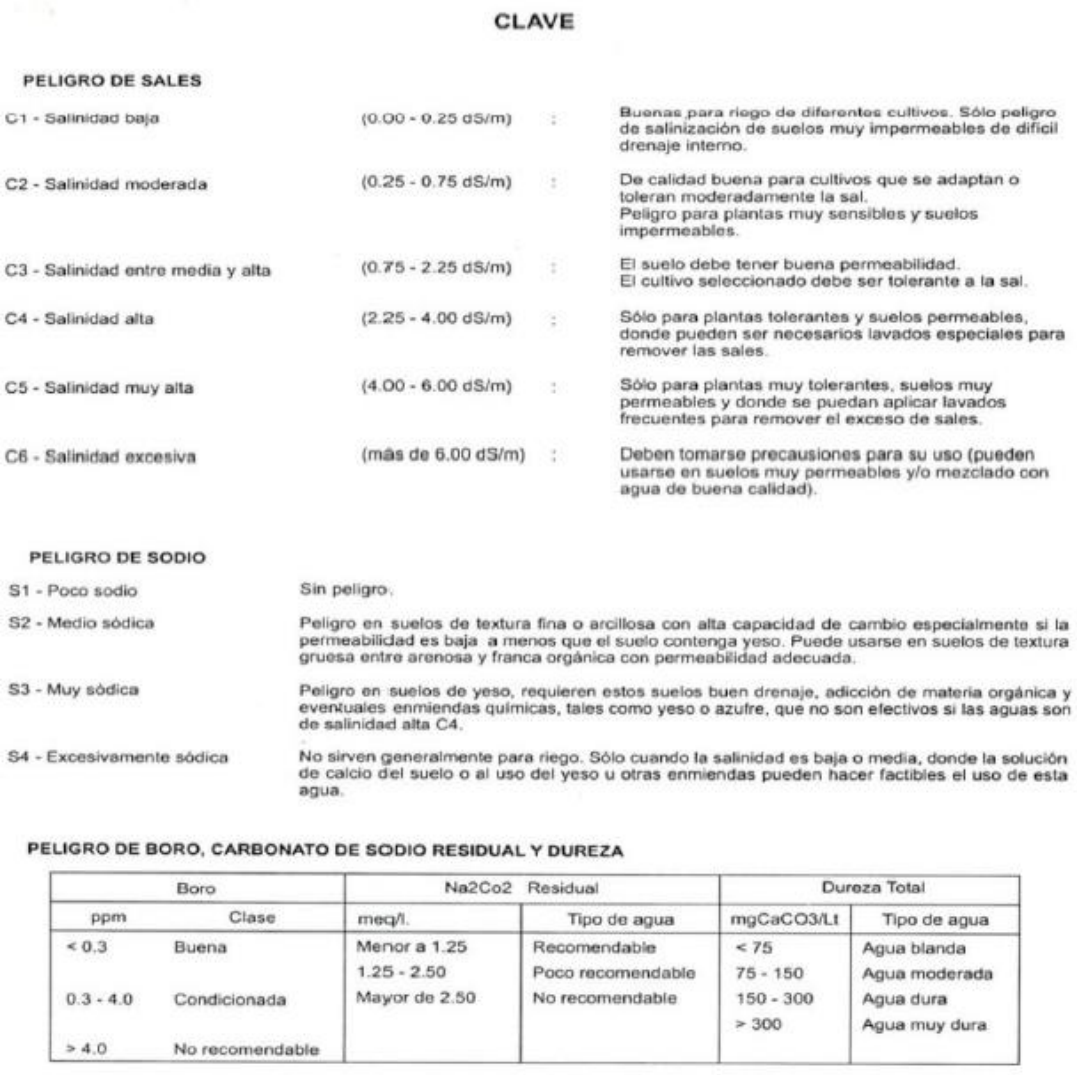
Nota: Elaboración propia.

5.3.1.5. Calidad del agua para el uso de riego

Con la finalidad de evaluar la calidad para el uso de agua para riego, el 28 de agosto del 2023 se extrajo muestras de los ríos Carac y Lampián desde los puntos de control, con el fin de conocer las características para que no afecte su consumo en las actividades agropecuacias. El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio de la Universidad Agraria La Molina, cuyos resultados se presentan en la Tabla 45 (Carac) y la Tabla 46 (Lampián), además de una guía para interpretar los resultados del laboratorio.

Figura 64

Guía para interpretación de los resultados de los ensayos la calidad del agua.



CLAVE

PELIGRO DE SALES

C1 - Salinidad baja	(0.00 - 0.25 dS/m)	:	Buenas para riego de diferentes cultivos. Sólo peligro de salinización de suelos muy impermeables de difícil drenaje interno.
C2 - Salinidad moderada	(0.25 - 0.75 dS/m)	:	De calidad buena para cultivos que se adaptan o toleran moderadamente la sal. Peligro para plantas muy sensibles y suelos impermeables.
C3 - Salinidad entre media y alta	(0.75 - 2.25 dS/m)	:	El suelo debe tener buena permeabilidad. El cultivo seleccionado debe ser tolerante a la sal.
C4 - Salinidad alta	(2.25 - 4.00 dS/m)	:	Sólo para plantas tolerantes y suelos permeables, donde pueden ser necesarios lavados especiales para remover las sales.
C5 - Salinidad muy alta	(4.00 - 6.00 dS/m)	:	Sólo para plantas muy tolerantes, suelos muy permeables y donde se puedan aplicar lavados frecuentes para remover el exceso de sales.
C6 - Salinidad excesiva	(más de 6.00 dS/m)	:	Deben tomarse precausiones para su uso (pueden usarse en suelos muy permeables y/o mezclado con agua de buena calidad).

PELIGRO DE SODIO

S1 - Poco sodio	Sin peligro.
S2 - Medio sódica	Peligro en suelos de textura fina o arcillosa con alta capacidad de cambio especialmente si la permeabilidad es baja a menos que el suelo contenga yeso. Puede usarse en suelos de textura gruesa entre arenosa y franca orgánica con permeabilidad adecuada.
S3 - Muy sódica	Peligro en suelos de yeso, requieren estos suelos buen drenaje, adicción de materia orgánica y eventuales enmiendas químicas, tales como yeso o azufre, que no son efectivos si las aguas son de salinidad alta C4.
S4 - Excesivamente sódica	No sirven generalmente para riego. Sólo cuando la salinidad es baja o media, donde la solución de calcio del suelo o al uso del yeso u otras enmiendas pueden hacer factibles el uso de esta agua.

PELIGRO DE BORO, CARBONATO DE SODIO RESIDUAL Y DUREZA

Boro		Na2Co2 Residual		Dureza Total	
ppm	Clase	meq/l.	Tipo de agua	mgCaCO3/Lt	Tipo de agua
< 0.3	Buena	Menor a 1.25	Recomendable	< 75	Agua blanda
		1.25 - 2.50	Poco recomendable	75 - 150	Agua moderada
0.3 - 4.0	Condicionada	Mayor de 2.50	No recomendable	150 - 300	Agua dura
				> 300	Agua muy dura
> 4.0	No recomendable				

Nota: Extraído del Laboratorio de Aguas, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego – LASMAF – UNALM (2023).

Tabla 46

Resumen de calidad del agua, muestra extraída del río Carac, sector Canchapilca Baja.

Parámetros	Unidad	Bocatoma paraTesis UNMSM, Sector Canchapilca Baja, Distrito de Lampian
Fecha de Muestreo		**28/08/2023**
Fecha de Análisis		**01/09/2023**
Conductividad	mmhos/cm	0.19
pH.		8.11
Calcio (Ca)	meq./L	1.18
Magnesio (Mg)	meq./L	0.28
Sodio (Na)	meq./L	0.36
Potasio (K)	meq./L	0.05
Suma de cationes		**1.87**
Cloruro (Cl)	meq./L	0.23
Sulfatos (SO4)	meq./L	0.06
Bicarbonatos (HCO3-)	meq./L	1.63
Nitratos (NO3)	meq./L	0.01
Carbonatos (CO3)	meq./L	0.00
Suma de aniones		**1.93**
SAR		0.42
Clasificación		**C1-S1**
Boro	mg./L	0.17

Nota: Adaptado del informe del Laboratorio de Aguas, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego – LASMAF – UNALM (2023).

Tabla 47

Resumen de calidad del agua, muestra extraída del río Carac, sector Rumoj.

Parámetros	Unidad	Bocatoma paraTesis UNMSM, Sector Rumoj, Distrito de Lampian
Fecha de Muestreo		**28/08/2023**
Fecha de Análisis		**01/09/2023**
Conductividad	mmhos/cm	0.11
pH.		7.92
Calcio (Ca)	meq./L	0.58
Magnesio (Mg)	meq./L	0.19
Sodio (Na)	meq./L	0.28
Potasio (K)	meq./L	0.02
Suma de cationes		**1.07**
Cloruro (Cl)	meq./L	0.17
Sulfatos (SO4)	meq./L	0.04
Bicarbonatos (HCO3-)	meq./L	0.88
Nitratos (NO3)	meq./L	0.00
Carbonatos (CO3)	meq./L	0.00
Suma de aniones		**1.10**
SAR		0.46
Clasificación		**C1-S1**
Boro	mg./L	0.07

Nota: Adaptado del informe del Laboratorio de Aguas, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego – LASMAF – UNALM (2023).

5.3.2. Análisis de la información hidrometeorológica

Se realizó el análisis de las características meteorológicas en base a 6 estaciones meteorológicas, ubicándose una de ellas dentro de la subcuenca del río Carac. Se detalla la información en la tabla 47.

Tabla 48

Tabla de descripción de las estaciones metereológicas

ID_Estación	Estación	Código	Tipo	X	Y	Altitud (msnm)	Distrito	Provincia	Departamento	Institución
01_Pach	Pachamachay	111084	Conv_Meteor	290907	8776136	3175	Leoncio Prado	Huaral	Lima	Senamhi
02_Parq	Parquin	110063	Conv_Meteor	312072	8787171	3571	Santa Leonor	Huaral	Lima	Senamhi
03_Scru	Santa Cruz	47E330C4	Auto_Meteor	321499	8761603	3583	Sta. Cruz Andamarca	Huaral	Lima	Senamhi
04_Cara	Carac	47E323B2	Auto_Meteor	305711	8762421	2630	27 de Noviembre	Huaral	Lima	Senamhi
05_Pall	Pallac	47E31628	Auto_Meteor	302693	8744846	2367	Atavillos Alto	Huaral	Lima	Senamhi
06_Pirc	Pirca	47E34654	Auto_Meteor	319306	8757767	3342	Atavillos Alto	Huaral	Lima	Senamhi

Nota: Extraído del Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología (s.f.).

5.3.2.1. Precipitación

Se realizó un análisis de la calidad de la información de las 6 estaciones metereológicas para garantizar su confiabilidad en estudios hidrológicos, desde la obtención de curvas isoyetas hasta la obtención de descargas medias.

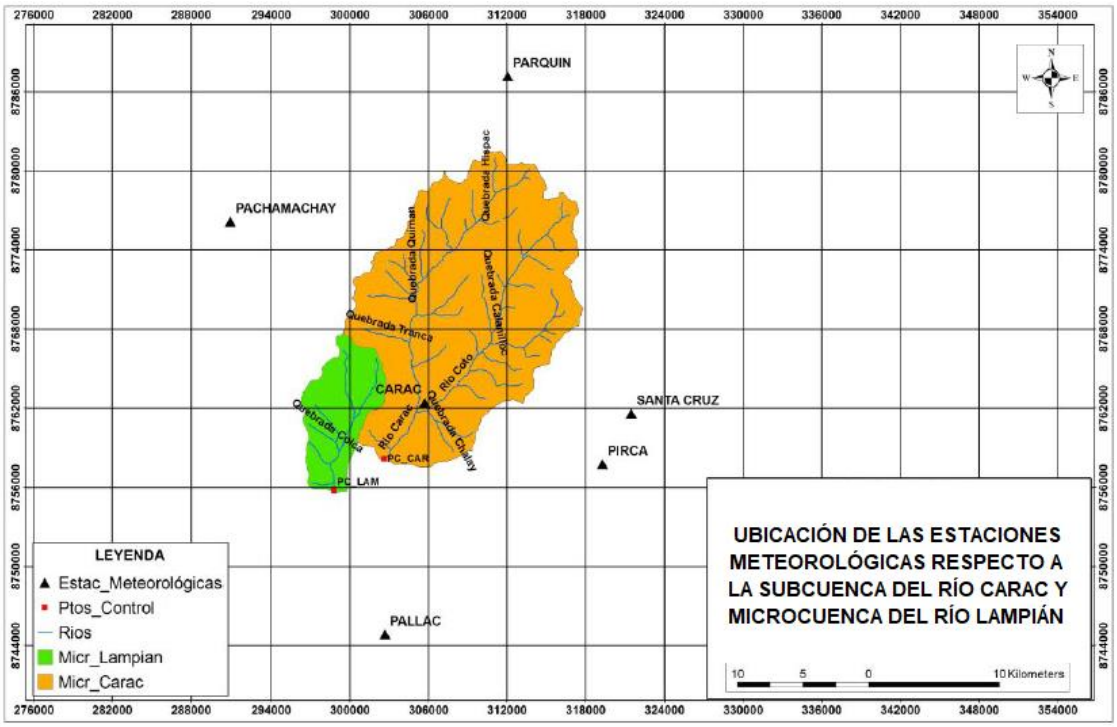
Se utilizó el software Hydraccess para el análisis exploratorio basado en el método del vector regional de promedios de Brunet Moret por sus ventajas al identificar problemas eventuales de calidad de información.

El vector regional de promedios consiste en determinar promedios mensuales o anuales sobre el periodo de interés del estudio en cada estación, calculando a continuación el cociente

del valor en la estación y el promedio obtenido (Mayor a 1, año húmedo; menor a 1, año seco). Esto permite presentar las variaciones climáticas regionales sintéticamente.

Figura 65

Ubicación de las estaciones meteorológicas, Subcuenca del río Carac y microcuenca del río Lampián.

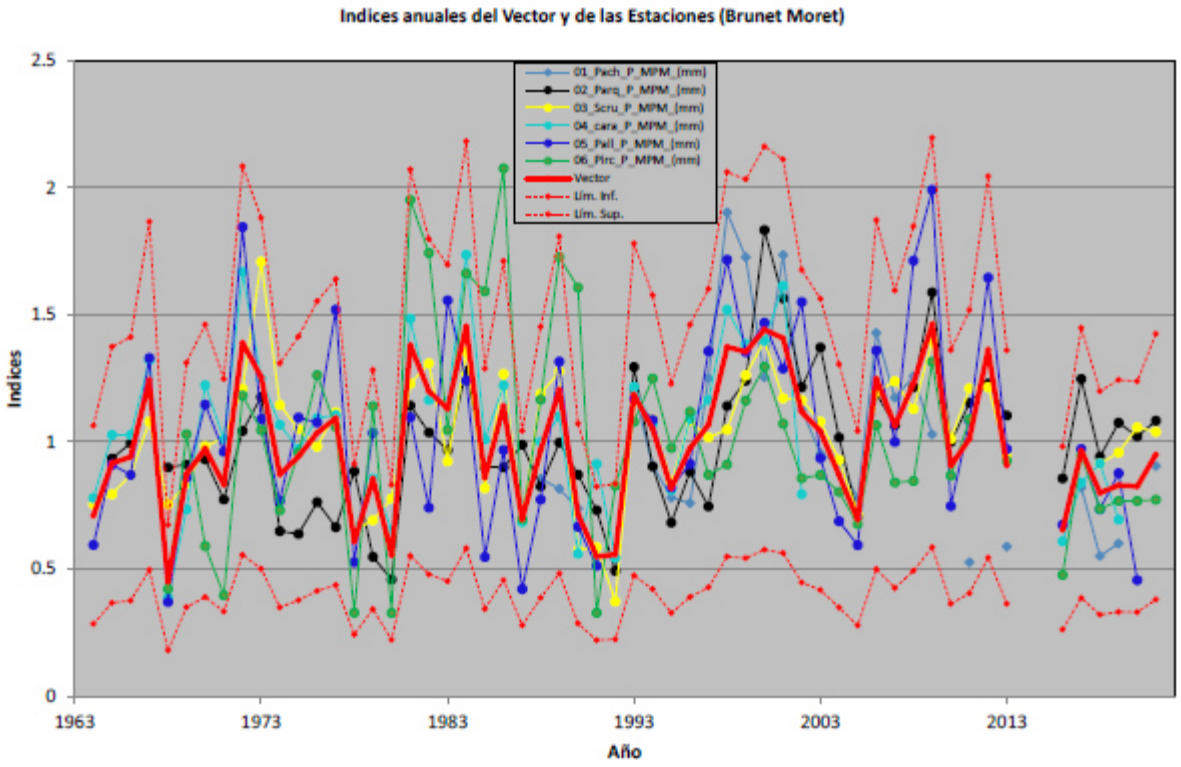


Nota: Adaptado de *Diagnóstico participativo consolidado: cuenca del río Chancay – Huaral. Tomo II: Situación actual de la gestión de los recursos hídricos* (Consorcio Typsa - Tecnoma – Engecorps & Autoridad Nacional del Agua. Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay - Huaral, 2012) y del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú (s.f.).

En cuanto a la precipitación anual analizada entre los años 1964 y 2021, 5 estaciones presentaron una tendencia relativamente homogénea al pertenecer a una misma zona. La estación de Pirca, en apariencia, no guarda relación con el resto de estaciones, además de presentar datos fuera de los límites establecidos en el método de Brunet Moret (Ver Figura 63).

Figura 66

Vector unitario de las precipitaciones anuales de las 6 estaciones (1964 – 2021).

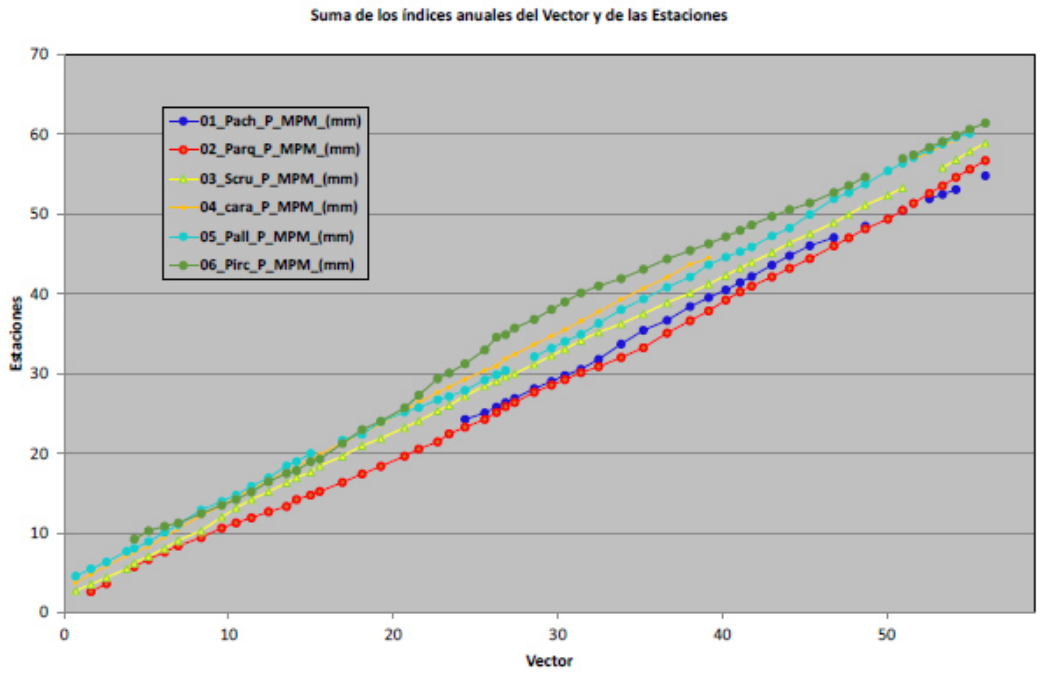


Nota: Elaboración propia.

Se realizó el diagrama de doble masa para evaluar las tendencias de los valores obtenidos por las estaciones meteorológicas, siendo la estación Pirca la que presenta valores más irregulares, suponiendo inconsistencia en la información respecto al resto de estaciones (Ver Figura 64).

Figura 67

Diagrama de doble acumulación de las 6 estaciones (1964 – 2021).



Nota: Elaboración propia.

En la Tabla 48 se presenta el análisis estadístico de las precipitaciones de cada estación, justificando que la estación Pirca presenta menor correlación, siendo su información excluida del proyecto.

Tabla 49

Análisis estadístico de la información histórica de las 6 estaciones (1964 – 2021)

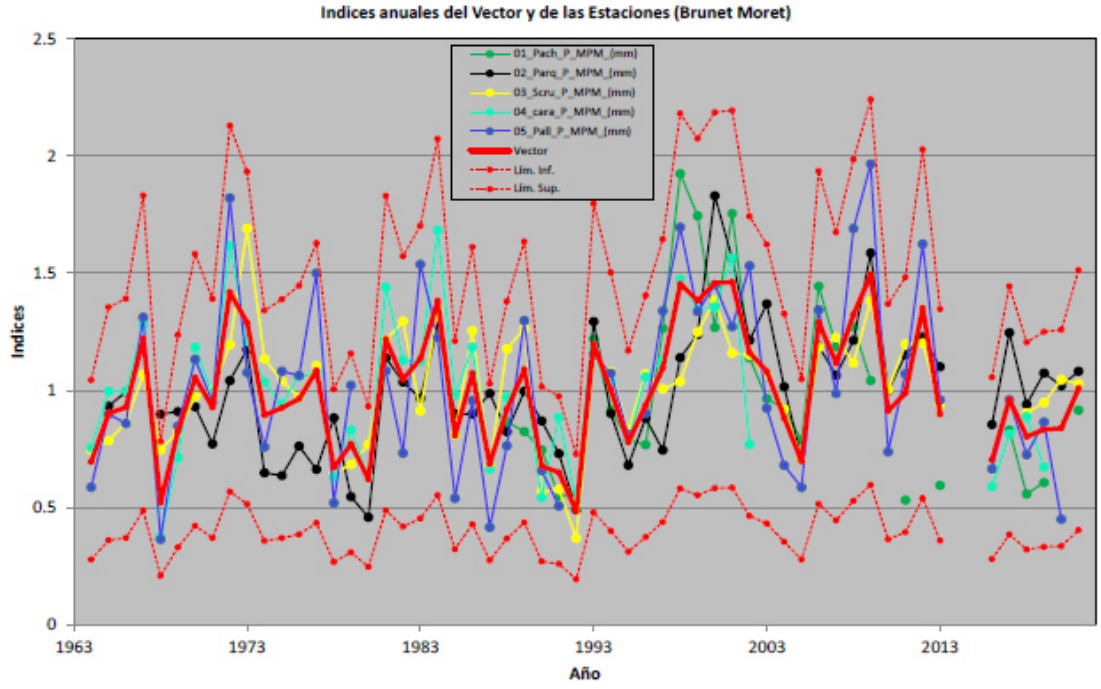
Id Estación	No Años	D.E. Obs.	Coef. Variació	Media Obs.	Media Calculada	Media Desvíos	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correl. /Vector	Calidad(/10)
01_Pach_P_MPM_(mm	28	278.6	0.382	728.8	737.8	-0.043	0.235	0.003	0.79	8.1
02_Parq_P_MPM_(mm	54	202.8	0.269	755	758.5	-0.005	0.204	0.001	0.70	8.3
03_Scru_P_MPM_(mm)	54	136.9	0.24	571	558	0.016	0.15	0.178	0.83	8.6
04_cara_P_MPM_(mm)	43	108.2	0.305	355	342.9	0.049	0.138	0.435	0.91	9.1
05_Pall_P_MPM_(mm)	53	101.9	0.372	274.3	264.4	0.02	0.221	0.295	0.84	7.3
06_Pirc_P_MPM_(mm)	51	230.8	0.397	581.1	578.4	0.008	0.313	0	0.61	5.8

Nota: Elaboración propia.

Se realizó nuevamente el análisis de la información mediante el vector regional de las 5 estaciones restantes, cuyos valores máximos y mínimos se encuentran dentro de los límites establecidos por el vector (Ver Figura 65 y Figura 66).

Figura 68

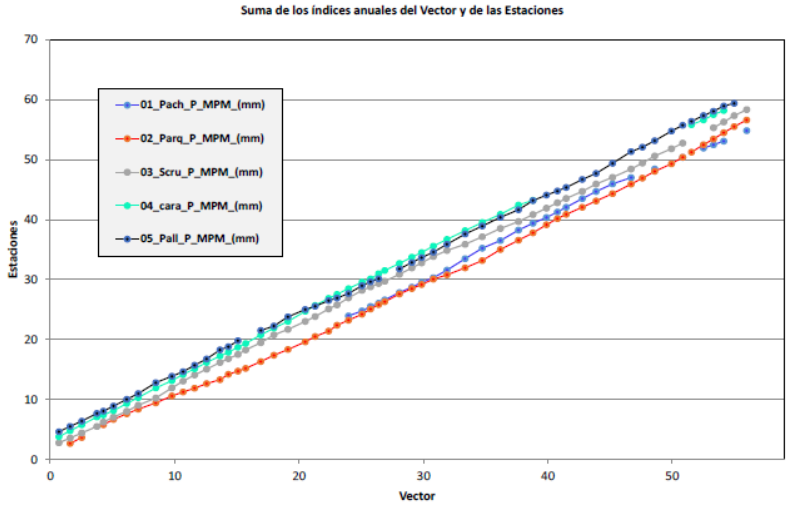
Vector unitario de las precipitaciones anuales de las 5 estaciones (1964 – 2021).



Nota: Elaboración propia.

Figura 69

Diagrama de doble acumulación de las 5 estaciones (1964 – 2021).



Nota: Elaboración propia.

Asimismo, se presenta una mayor correlación entre los valores de las 5 estaciones y el vector regional.

Tabla 50

Análisis estadístico de la información histórica de las 5 estaciones (1964 – 2021)

Id Estación	No Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Media Obs.	Media Calculada	Media Desvíos	D.E. Desvíos	mogeneidad B.	Correl. /Vector	Calidad(/10)
01_Pach_P_MPM_(mm)	28	278.6	0.382	728.8	729.4	-0.041	0.218	0.002	0.83	8
02_Parq_P_MPM_(mm)	54	202.8	0.269	755	759.3	-0.007	0.189	0.007	0.74	8.3
03_Scru_P_MPM_(mm)	54	136.9	0.24	571	563.8	0.007	0.152	0.127	0.82	8.7
04_cara_P_MPM_(mm)	43	108.2	0.305	355	353.6	0.025	0.126	0.035	0.91	9
05_Pall_P_MPM_(mm)	53	101.9	0.372	274.3	267.7	0.008	0.202	0.736	0.87	6.9

Nota: Elaboración propia.

Para contar con series de precipitación concurrentes, homogéneos y consistentes a un periodo común, se completó y extendió los registros históricos mediante el modelo HEC4, desarrollado por el US Army Corps of Engineers, considerando un período de 59 años desde 1964 hasta 2022.

Se determinó una relación entre la altitud y la precipitación total anual con el fin de obtener información de precipitación anual en cualquier punto de la zona de estudio, correlacionando los

pares de datos con un coeficiente de correlación de 0.91 y un nivel de confianza del 95%. (Ver Tabla 50 y Figura 67)

Tabla 51

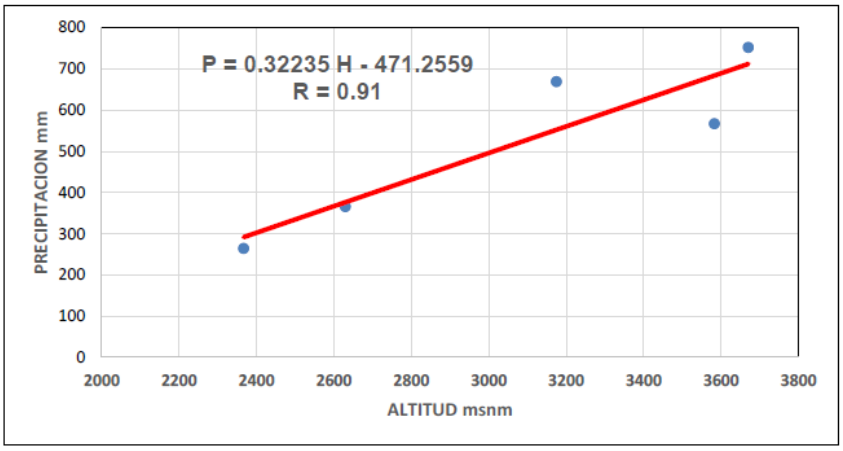
Relación Altitud – Precipitación media anual (1964 – 2022)

Nº	ESTACIONES	ALTITUD msnm	PRECIPITACION MEDIA ANUAL mm
1	Santa Cruz	3583	566.6
2	Parquin	3671	751.5
3	Pachamachay	3175	668.5
4	Carac	2630	365.4
5	Pallac	2367	264.3

Nota: Elaboración propia.

Figura 70

Gráfica de correlación entre altitud y precipitación media anual (1964 – 2022).



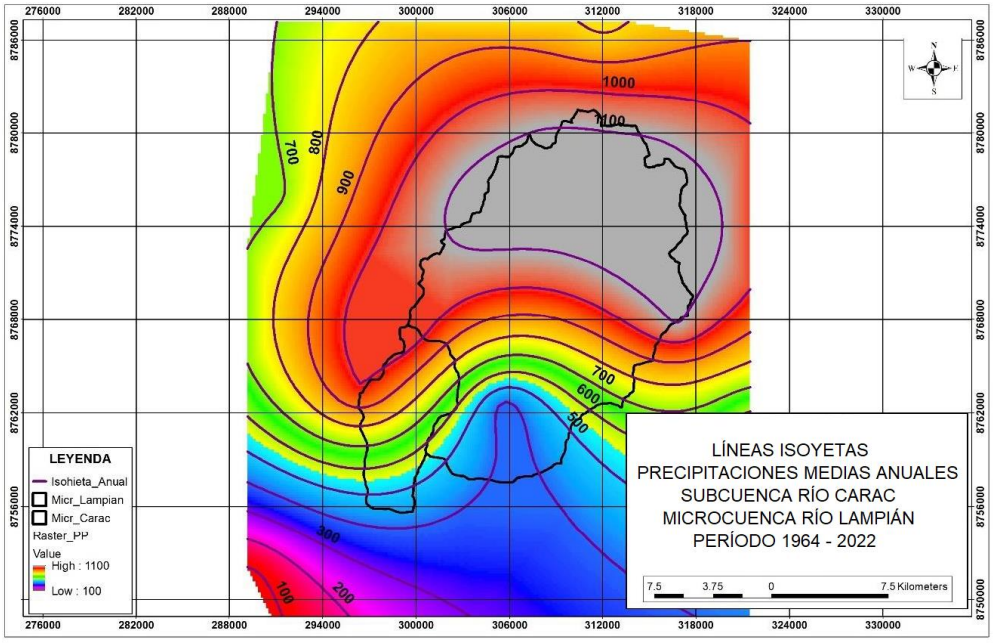
Nota: Elaboración propia.

Se determinó las líneas isoyetas medias anuales a partir de las estaciones pluviométricas ubicadas en la zona del proyecto en coordenadas UTM y con sus valores de precipitación promedio anual. Se observa en la Figura 68 que la subcuenca del río Carac se encuentra entre

las isoyetas 350 mm/año y 1150 mm/año, mientras que la microcuenca del río Lampián se ubica entre las isoyetas 436 mm/año y 1090 mm/año.

Figura 71

Isoyetas altitud – precipitación media anual (1964 – 2022).



Nota: Elaboración propia.

A partir del raster de las isoyetas media anual que se presenta en la figura 68, se obtuvo las precipitaciones medias anuales de las unidades hidrográficas, donde la microcuenca Lampián presenta una precipitación media anual de 742.00 mm/año y la subcuenca Carac, 910.00 mm/año (Ver Tabla 51).

Tabla 52

Precipitación media anual de las unidades hidrográficas en mm/año

NOMBRE UNIDAD HIDROGRAFICA	PUNTO DE CONTROL	COUNT N° Grillas	AREA m2	MIN mm/año	MAX mm/año	RANGE mm/año	MEAN mm/año	STD mm/año	SUM mm/N°Grillas	PRECIPITACION MEDIA ANUAL mm
Lampian	PC_LAM	1638	47326708.9	438.3	1000	561.7	742.0	157.1	1215316	742.0
Carac	PC_CARA	9674	279510734	400	1100	700.0	910.0	238.5	8803048	910.0

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Considerando que la precipitación media mensual es un elemento aleatorio, se tomó los datos de la estación Parquín para obtener la variación de los valores mensuales de las unidades hidrográficas analizadas. Se calculó el cociente entre las precipitaciones medias anuales de cada unidad hidrográfica con la precipitación media anual de la estación Parquín, para multiplicarlo con el valor de cada mes en la estación mencionada y obtener los valores mensuales de cada unidad hidrográfica. La tabla 53 y la tabla 54 muestran los resultados del procedimiento explicado.

En la tabla 52 se muestra el resumen de la precipitación media mensual de las unidades hidrográficas a partir de la estación Parquín, mientras que en la figura 69 se muestra la gráfica de variación de la precipitación media mensual.

Tabla 53

Precipitación media mensual de las unidades hidrográficas (1964 – 2022)

DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Precip. Parquin	132.9	141.3	172.2	66.6	12.7	1.9	0.8	1.2	12.5	50.5	57.9	101.0	751.5
Mic. Lampian	131.2	139.5	170.0	65.7	12.6	1.9	0.8	1.2	12.3	49.8	57.2	99.8	742.0
Subcuenca Carac	160.9	171.1	208.5	80.6	15.4	2.3	1.0	1.4	15.1	61.1	70.1	122.4	910.0

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Tabla 54

Precipitación total mensual de la subcuenca río Carac (1964 – 2022)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1964	152.1	133.9	190.0	104.0	0.8	0.2	0.0	3.9	0.4	67.0	45.0	57.2	754.4
1965	154.6	122.6	13.0	38.7	23.3	33.6	0.0	0.0	20.7	32.3	7.3	45.4	491.6
1966	113.6	98.2	150.0	88.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	135.9	0.1	158.6	745.3
1967	138.8	311.7	311.8	156.6	0.1	0.0	0.0	0.1	1.0	102.4	4.7	2.6	1029.8
1968	81.6	53.6	124.5	64.6	23.3	0.3	0.3	0.3	7.9	38.7	58.9	88.2	542.2
1969	38.2	109.6	122.4	62.7	13.4	0.0	0.0	3.1	11.9	70.9	82.1	162.3	676.6
1970	163.3	78.6	82.3	94.9	23.3	2.7	1.8	5.4	63.8	43.1	43.2	94.4	696.9
1971	72.8	126.9	193.4	50.8	5.2	0.0	0.0	5.3	10.8	16.1	25.3	72.1	578.7
1972	129.3	104.5	279.5	80.3	0.0	0.0	15.9	1.9	11.6	27.2	35.2	95.9	781.2
1973	157.4	113.1	155.9	121.1	36.9	0.0	11.5	0.0	21.1	79.9	67.7	116.0	880.5
1974	70.6	129.3	195.5	36.7	4.7	0.0	1.3	6.0	7.6	4.3	18.5	11.1	485.7
1975	114.9	108.9	96.5	14.6	15.7	2.7	0.0	0.0	0.0	55.2	19.5	50.0	477.9
1976	152.8	182.0	154.1	50.5	4.2	6.6	0.4	1.7	4.4	0.8	3.6	10.0	571.1
1977	10.7	167.7	97.1	35.6	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	93.5	79.3	497.3
1978	112.3	161.9	101.6	52.8	0.0	0.0	4.2	1.8	15.1	37.0	92.6	82.8	662.2
1979	43.0	156.9	150.6	45.2	2.1	0.0	0.5	1.4	0.0	0.0	1.4	9.2	410.2
1980	49.2	25.3	14.3	2.5	0.0	6.3	2.4	0.0	0.0	86.4	79.3	78.5	344.1
1981	128.5	197.2	192.8	23.0	0.0	0.0	0.0	8.5	0.0	66.5	104.2	134.2	854.9
1982	117.2	218.0	103.3	70.3	1.5	0.0	0.0	0.0	10.5	75.4	106.6	73.8	776.6
1983	165.5	65.5	150.2	85.6	9.0	0.0	0.0	0.0	9.1	38.7	34.5	166.3	724.2
1984	119.6	224.1	199.2	38.7	48.4	7.2	0.0	0.0	0.0	84.4	98.9	137.0	957.6
1985	53.2	189.8	148.3	59.7	34.0	3.2	0.0	1.6	22.1	28.8	33.7	100.1	674.5
1986	164.1	162.8	119.7	89.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.2	45.7	58.9	674.0
1987	237.6	140.2	85.0	60.0	14.8	0.0	0.0	0.0	12.3	20.7	61.0	107.9	739.6
1988	131.0	102.5	111.9	90.5	13.2	0.0	0.0	0.0	6.5	36.4	36.4	89.6	618.1
1989	185.7	197.8	186.9	92.8	11.1	7.6	0.0	0.0	17.2	34.4	13.1	0.0	746.5
1990	97.6	88.2	86.6	44.0	5.2	5.9	0.0	0.0	1.8	104.4	115.3	134.6	683.6
1991	113.0	43.8	170.8	54.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.2	42.5	62.2	547.1
1992	55.4	30.9	90.9	56.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	107.8	1.5	25.0	368.4
1993	159.9	118.3	152.8	122.4	34.2	0.0	0.0	0.0	14.8	92.0	149.6	125.1	969.1
1994	126.4	215.1	170.2	57.2	30.0	0.0	0.0	0.0	11.3	7.3	5.7	53.1	676.3
1995	80.6	37.9	147.4	53.4	6.8	0.0	8.2	0.0	3.1	28.4	96.3	48.8	510.9
1996	148.2	135.8	229.4	94.9	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	27.3	0.0	23.3	660.5
1997	53.1	108.0	53.0	47.7	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	6.4	82.4	194.9	558.5
1998	213.5	113.5	280.4	60.3	0.0	0.0	0.0	0.0	54.4	53.6	52.5	68.2	896.5
1999	118.3	234.6	184.5	83.3	61.8	0.0	0.0	0.0	33.3	49.5	55.6	107.4	928.3
2000	280.4	303.7	237.6	82.1	46.3	0.0	0.0	0.0	29.7	49.5	60.6	282.0	1371.9
2001	252.5	167.4	352.4	48.3	22.7	0.0	0.0	0.0	31.5	64.6	164.7	67.2	1171.2
2002	68.8	133.7	241.8	75.9	0.0	0.0	0.0	0.0	26.7	94.7	160.7	107.5	909.9
2003	210.8	182.8	335.1	112.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.0	30.3	158.2	1065.6
2004	34.5	152.7	104.4	41.5	19.5	6.9	0.0	0.0	24.0	57.2	121.5	199.8	762.0
2005	91.3	65.5	168.9	47.6	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	16.1	8.4	127.0	530.4
2006	116.3	195.4	220.6	173.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1	30.8	137.9	891.4
2007	174.8	130.8	239.9	82.9	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.3	12.6	80.5	797.9
2008	172.9	189.6	165.8	68.8	0.0	2.0	0.0	0.0	30.1	142.3	47.2	90.5	909.2
2009	197.5	208.5	233.6	71.1	10.8	0.0	0.0	1.3	0.0	85.4	183.2	197.3	1188.6
2010	106.7	86.7	165.4	67.4	15.3	0.0	0.0	0.0	12.5	27.1	75.2	191.9	748.3
2011	240.2	47.2	124.8	39.6	0.5	0.4	0.3	2.4	31.4	22.0	119.5	179.3	807.6
2012	117.9	186.6	175.9	151.4	8.6	0.0	0.0	0.0	42.8	60.7	73.1	59.3	876.3
2013	122.0	194.2	206.0	35.6	23.2	0.0	0.0	6.8	7.0	80.9	32.5	117.5	825.7
2014	138.1	136.3	252.1	22.7	1.2	11.5	0.0	0.0	1.0	60.6	55.0	35.2	713.7
2015	217.1	76.8	208.8	36.9	14.2	2.0	2.0	0.0	0.4	18.7	123.5	47.8	748.2
2016	93.4	168.7	154.5	73.1	1.5	0.0	0.0	0.0	18.9	22.9	0.0	108.2	641.2
2017	187.7	194.8	263.7	52.7	41.0	0.0	0.0	0.0	8.0	83.6	22.9	79.4	933.9
2018	167.7	123.6	175.7	66.5	29.2	3.2	0.7	1.9	8.0	35.1	39.7	53.2	704.4
2019	92.0	181.6	146.4	27.6	10.0	0.5	0.0	0.0	28.2	44.7	61.6	212.3	805.0
2020	129.4	109.0	152.9	10.5	22.1	9.9	0.0	0.2	18.9	25.4	55.1	186.4	719.8
2021	222.5	55.4	215.3	58.8	6.6	0.0	0.0	9.8	20.1	76.4	70.3	75.7	811.0
2022	84.2	129.5	191.7	46.7	7.8	0.1	0.0	0.0	3.0	12.0	10.8	168.1	654.0
N°AÑOS	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
MEDIA	131.2	139.5	170.0	65.7	12.6	1.9	0.8	1.2	12.3	49.8	57.2	99.8	742.0

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Tabla 55

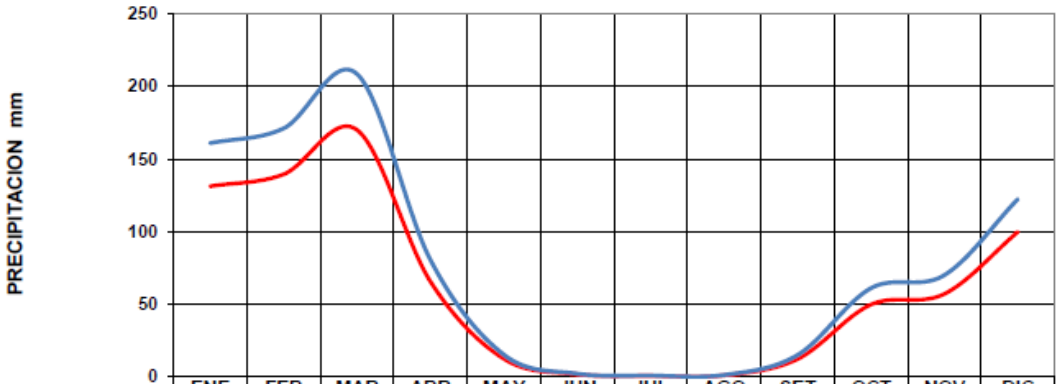
Precipitación total mensual de la subcuenca río Carac (1964 – 2022)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Año
1964	186.5	164.2	233.0	127.5	1.0	0.2	0.0	4.7	0.5	82.2	55.2	70.1	925.1
1965	189.6	150.4	16.0	47.5	28.6	41.2	0.0	0.0	25.4	39.6	9.0	55.7	602.9
1966	139.4	120.5	183.9	108.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	166.6	0.1	194.5	914.0
1967	170.3	382.3	382.4	192.1	0.1	0.0	0.0	0.1	1.2	125.6	5.8	3.1	1263.0
1968	100.0	65.8	152.7	79.2	28.6	0.4	0.4	0.4	9.7	47.5	72.3	108.1	664.9
1969	46.9	134.4	150.2	76.9	16.5	0.0	0.0	3.8	14.7	86.9	100.6	199.1	829.8
1970	200.3	96.4	101.0	116.4	28.6	3.3	2.2	6.7	78.2	52.9	53.0	115.8	854.7
1971	89.2	155.6	237.2	62.4	6.4	0.0	0.0	6.5	13.2	19.7	31.0	88.4	709.7
1972	158.6	128.1	342.8	98.4	0.0	0.0	19.5	2.3	14.2	33.3	43.2	117.6	958.1
1973	193.0	138.7	191.2	148.5	45.3	0.0	14.0	0.0	25.9	98.0	83.1	142.3	1079.9
1974	86.6	158.6	239.8	45.0	5.8	0.0	1.6	7.4	9.3	5.3	22.6	13.6	595.7
1975	141.0	133.6	118.3	17.9	19.3	3.3	0.0	0.0	0.0	67.7	23.9	61.3	586.1
1976	187.5	223.2	189.0	61.9	5.2	8.1	0.5	2.1	5.4	1.0	4.4	12.2	700.4
1977	13.1	205.6	119.0	43.7	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	114.7	97.2	609.9
1978	137.7	198.6	124.6	64.8	0.0	0.0	5.2	2.2	18.5	45.4	113.6	101.6	812.2
1979	52.7	192.4	184.7	55.5	2.5	0.0	0.6	1.7	0.0	0.0	1.7	11.3	503.0
1980	60.3	31.0	17.6	3.0	0.0	7.7	2.9	0.0	0.0	106.0	97.2	96.3	422.0
1981	157.5	241.8	236.5	28.2	0.0	0.0	0.0	10.4	0.0	81.6	127.8	164.6	1048.4
1982	143.7	267.4	126.7	86.2	1.8	0.0	0.0	0.0	12.8	92.5	130.8	90.5	952.4
1983	203.0	80.3	184.2	105.0	11.0	0.0	0.0	0.0	11.1	47.5	42.3	203.9	888.2
1984	146.6	274.9	244.2	47.5	59.3	8.8	0.0	0.0	0.0	103.5	121.3	168.1	1174.4
1985	65.3	232.7	181.9	73.3	41.7	3.9	0.0	1.9	27.1	35.4	41.3	122.8	827.2
1986	201.3	199.7	146.8	109.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.7	56.1	72.3	826.6
1987	291.3	172.0	104.3	73.6	18.2	0.0	0.0	0.0	15.1	25.4	74.8	132.4	907.1
1988	160.7	125.7	137.2	111.0	16.2	0.0	0.0	0.0	8.0	44.7	44.7	109.8	758.0
1989	227.8	242.5	229.2	113.8	13.6	9.3	0.0	0.0	21.1	42.1	16.1	0.0	915.6
1990	119.6	108.1	106.2	54.0	6.4	7.3	0.0	0.0	2.2	128.0	141.4	165.0	838.3
1991	138.5	53.8	209.5	67.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.9	52.1	76.3	671.0
1992	67.9	37.9	111.5	69.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.2	1.8	30.6	451.8
1993	196.0	145.1	187.5	150.2	41.9	0.0	0.0	0.0	18.2	112.9	183.5	153.4	1188.5
1994	155.0	263.9	208.8	70.1	36.8	0.0	0.0	0.0	13.8	9.0	7.0	65.1	829.5
1995	98.8	46.5	180.8	65.5	8.4	0.0	10.1	0.0	3.8	34.9	118.1	59.8	626.5
1996	181.8	166.5	281.3	116.4	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	33.4	0.0	28.6	810.1
1997	65.1	132.5	65.0	58.5	0.0	0.0	0.0	0.0	15.7	7.9	101.1	239.0	684.9
1998	261.8	139.3	343.9	74.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.7	65.8	64.4	83.7	1099.5
1999	145.1	287.7	226.3	102.2	75.8	0.0	0.0	0.0	40.8	60.7	68.2	131.7	1138.5
2000	343.9	372.5	291.3	100.7	56.8	0.0	0.0	0.0	36.4	60.7	74.4	345.8	1682.6
2001	309.6	205.3	432.2	59.2	27.9	0.0	0.0	0.0	38.6	79.2	202.0	82.5	1436.4
2002	84.4	164.0	296.6	93.1	0.0	0.0	0.0	0.0	32.7	116.1	197.1	131.9	1115.9
2003	258.5	224.1	411.0	137.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.2	37.2	194.0	1306.8
2004	42.3	187.3	128.0	50.9	23.9	8.5	0.0	0.0	29.4	70.1	149.1	245.1	934.5
2005	112.0	80.3	207.2	58.4	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	19.7	10.3	155.7	650.5
2006	142.6	239.6	270.5	212.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	37.8	169.2	1093.2
2007	214.3	160.4	294.3	101.7	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0	56.8	15.5	98.7	978.5
2008	212.0	232.5	203.3	84.4	0.0	2.4	0.0	0.0	36.9	174.5	57.9	111.0	1115.0
2009	242.2	255.7	286.5	87.2	13.2	0.0	0.0	1.6	0.0	104.7	224.6	241.9	1457.7
2010	130.9	106.3	202.8	82.7	18.8	0.0	0.0	0.0	15.4	33.2	92.3	235.4	917.8
2011	294.6	57.9	153.1	48.6	0.6	0.5	0.4	2.9	38.5	27.0	146.5	219.9	990.4
2012	144.6	228.9	215.8	185.6	10.5	0.0	0.0	0.0	52.4	74.5	89.6	72.8	1074.7
2013	149.7	238.2	252.6	43.7	28.5	0.0	0.0	8.4	8.6	99.2	39.8	144.1	1012.7
2014	169.4	167.1	309.1	27.9	1.5	14.0	0.0	0.0	1.2	74.4	67.4	43.2	875.3
2015	266.3	94.2	256.1	45.3	17.4	2.4	2.4	0.0	0.5	22.9	151.5	58.6	917.6
2016	114.6	206.9	189.5	89.6	1.8	0.0	0.0	0.0	23.1	28.1	0.0	132.7	786.4
2017	230.2	238.9	323.4	64.7	50.3	0.0	0.0	0.0	9.8	102.6	28.1	97.4	1145.3
2018	205.6	151.6	215.4	81.6	35.8	3.9	0.8	2.3	9.8	43.0	48.7	65.3	863.9
2019	112.9	222.7	179.6	33.9	12.2	0.6	0.0	0.0	34.6	54.9	75.6	260.3	987.3
2020	158.8	133.7	187.6	12.8	27.1	12.1	0.0	0.2	23.1	31.1	67.6	228.6	882.8
2021	272.8	67.9	264.1	72.2	8.1	0.0	0.0	12.0	24.7	93.7	86.2	92.9	994.7
2022	103.3	158.9	235.2	57.3	9.6	0.1	0.0	0.0	3.6	14.8	13.2	206.2	802.1
Nº AÑOS	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
MEDIA	160.9	171.1	208.5	80.6	15.4	2.3	1.0	1.4	15.1	61.1	70.1	122.4	910.0

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Figura 72

Variación de la precipitación media mensual de las unidades hidrográficas (1964-2022).



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Mic. Lampian	131.2	139.5	170.0	65.7	12.6	1.9	0.8	1.2	12.3	49.8	57.2	99.8
Subc. Carac	160.9	171.1	208.5	80.6	15.4	2.3	1.0	1.4	15.1	61.1	70.1	122.4

Nota: Adaptada del SENAMHI

5.3.2.2. Temperatura

Se estimó la temperatura media en la zona de estudio en función de las estaciones Pallac, Carac, Pirca y Santa Cruz, en el periodo 2015-2022. Las variaciones mensuales y la variación anual de la temperatura, que fluctúa entre 9.1°C (estación Santa Cruz) y 15.2°C (Estación Pallac), mientra que la temperatura media mensual varía entre 11.4°C (mes de marzo) y 12.4°C (mes de setiembre), con poca variación durante el año (Ver Tabla 55).

En la Figura 70, se muestra gráficamente la distribución de la temperatura media mensual, notándose una ligera disminución de la temperatura entre los meses de enero y marzo.

Tabla 56

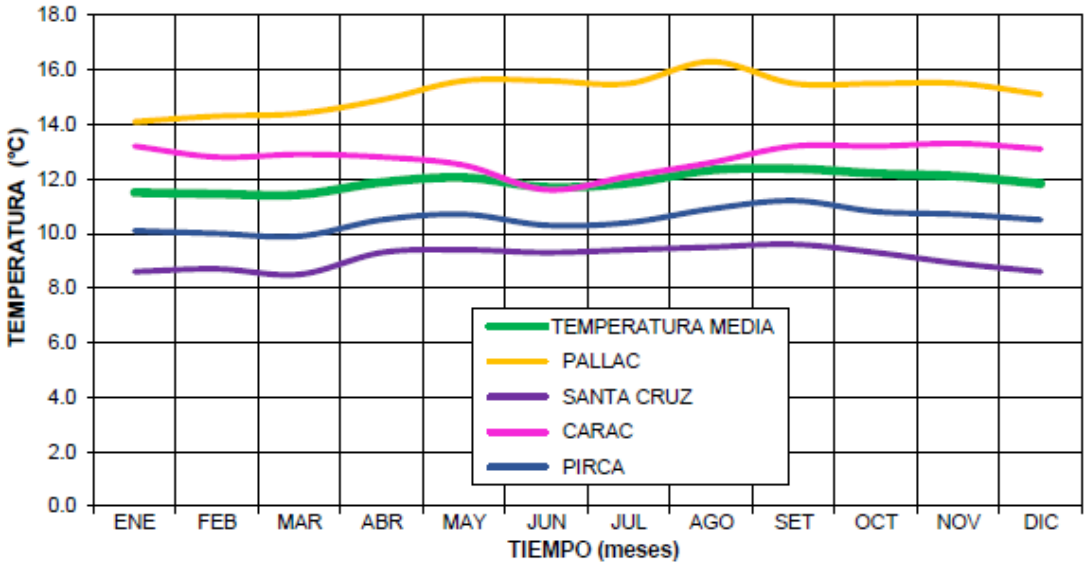
Temperatura media en la zona de estudio (2015 – 2022)

MES	ESTACIONES METEOROLOGICAS				TEMPERATURA MEDIA (°C)
	Pallac 2015/2022	Carac 2016/2022	Pirca 2015/2022	Santa Cruz 2016/2022	
ENE	14.1	13.2	10.1	8.6	11.5
FEB	14.3	12.8	10.0	8.7	11.5
MAR	14.4	12.9	9.9	8.5	11.4
ABR	14.9	12.8	10.5	9.3	11.9
MAY	15.6	12.5	10.7	9.4	12.1
JUN	15.6	11.6	10.3	9.3	11.7
JUL	15.5	12.1	10.4	9.4	11.9
AGO	16.3	12.6	10.9	9.5	12.3
SET	15.5	13.2	11.2	9.6	12.4
OCT	15.5	13.2	10.8	9.3	12.2
NOV	15.5	13.3	10.7	8.9	12.1
DIC	15.1	13.1	10.5	8.6	11.8
ANUAL	15.2	12.8	10.5	9.1	11.9

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Figura 73

Variación de la precipitación media mensual de las unidades hidrográficas (1964-2022).



Nota: Adaptada del SENAMHI.

Se determinó una relación entre la altitud y la temperatura media anual con el fin de obtener la temperatura anual en cualquier punto de la zona de estudio, correlacionando los pares de

datos con un coeficiente de correlación de 0.95 y un nivel de confianza del 95%. (Ver Tabla 56 y Figura 71).

Tabla 57

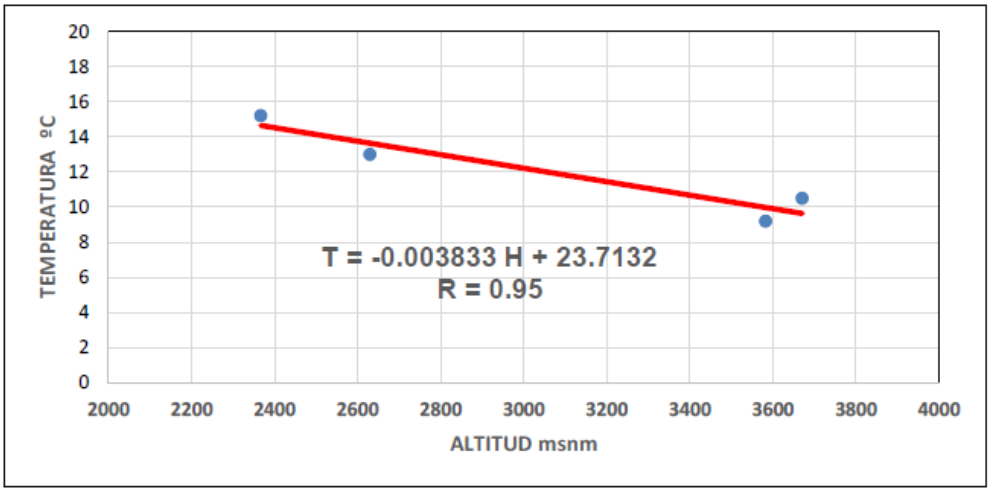
Relación Altitud – Temperatura media anual (2015 – 2022)

Nº	ESTACIONES	ALTITUD msnm	TEMPERATURA MEDIA ANUAL ºC
1	Santa Cruz	3583	9.1
2	Pirca	3671	10.5
3	Carac	2630	12.8
4	Pallac	2367	15.2

Nota: Elaboración propia.

Figura 74

Gráfica de correlación entre altitud y temperatura media anual (2015 – 2022).



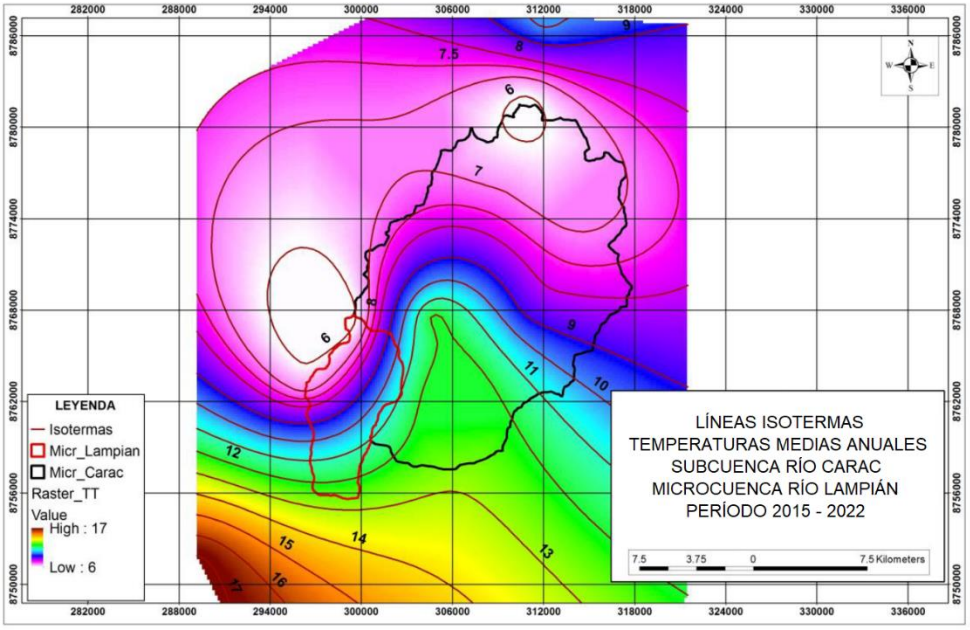
Nota: Elaboración propia.

Se determinó las líneas isotermas a partir de las estaciones mencionadas, generando un ráster de isotermas. Se observa en la Figura 72 que la subcuenca del río Carac presenta una temperatura media anual de 9.0°C y la microcuenca del río Lampián, una temperatura media

anual de 9.4°C (Ver tabla 57). La temperatura en las subcuencas oscila entre 6°C y 12°C y en la zona de riego, entre 13°C y 14°C.

Figura 75

Isotermas – temperatura media anual (2015 – 2022).



Nota: Elaboración propia.

Tabla 58

Temperatura media anual de las Unidades hidrográficas en °C

NOMBRE UNIDADES HIDROGRAFICAS	PUNTO DE CONTROL	COUNT N° Grillas	AREA m2	MIN °C/AÑO	MAX °C/AÑO	RANGE °C/AÑO	MEAN °C/AÑO	STD °C/AÑO	SUM °C/N°Grillas	TEMPERATURA MEDIA ANUAL °C
Microc. Lampian	PC_LAM	1638	47326709	6.0	12.7	6.7	9.4	1.69	15388.2	9.4
Subc. Carac	PAC_CAR	9674	279510734	6.0	12.7	6.7	9.0	2.03	86955.0	9.0

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Se estimó la temperatura media mensual en base a la información histórica de la estación Santa Cruz, que presentó parecidos valores anuales. La temperatura media mensual varió entre

8.8°C en el mes de marzo y 9.9°C en el mes de setiembre para la microcuenca Lampián y entre 8.4°C en el mes de marzo y 9.5°C en el mes de setiembre para la subcuenca Carac

En la Tabla 58 se muestra el resumen de la temperatua media mensual de la zona de estudio a partir de la estación Santa Cruz, mientras que en la figura 73 se muestra la gráfica de variación de la temperatura media mensual.

Tabla 59

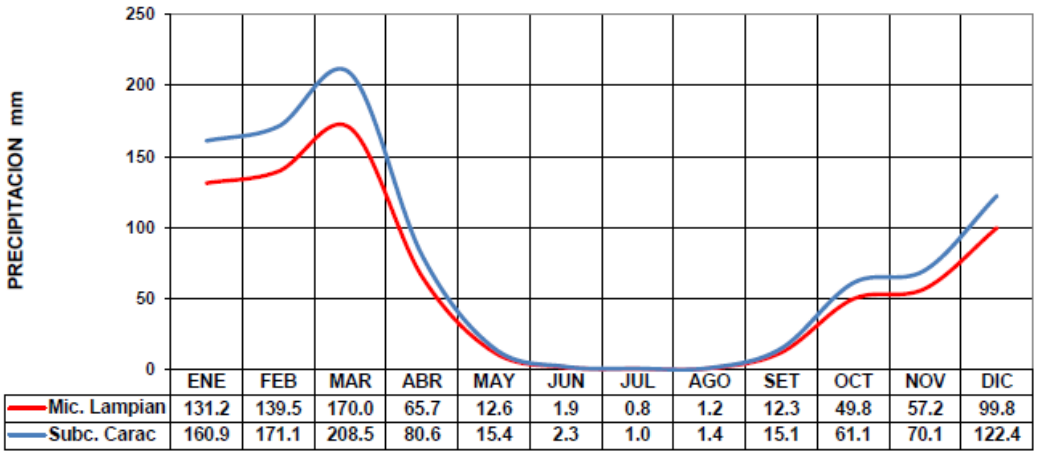
Temperatura media mensual de la zona de estudio (2015 – 2022)

DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Santa Cruz	8.6	8.7	8.5	9.3	9.4	9.3	9.4	9.5	9.6	9.3	8.9	8.6	9.1
Mic. Lampian	8.9	9.0	8.8	9.6	9.7	9.6	9.7	9.8	9.9	9.6	9.2	8.9	9.4
Subcuenca Carac	8.5	8.6	8.4	9.2	9.3	9.2	9.3	9.4	9.5	9.2	8.8	8.5	9.0

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Figura 76

Variación de la temperatura media mensual de la zona de estudio (2015-2022).



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Mic. Lampian	131.2	139.5	170.0	65.7	12.6	1.9	0.8	1.2	12.3	49.8	57.2	99.8
Subc. Carac	160.9	171.1	208.5	80.6	15.4	2.3	1.0	1.4	15.1	61.1	70.1	122.4

Nota: Adaptada del SENAMHI.

5.3.2.3. Humedad relativa

La humedad relativa del área de interés fue estimada a partir del promedio de humedades relativas mensuales de las estaciones Pallac, Carac, Pirca y Santa Cruz en el periodo 2015 - 2022.

Las humedades relativas medias anuales de las cuatro estaciones antes mencionadas presentan una variación poco significativa, desde un 71.6% en la estación Santa Cruz hasta un 77.6% en Carac. En cuanto a humedades relativas medias mensuales, varía entre un 50.6% en el mes de agosto y un 93.8% en el mes de marzo (Ver Tabla 59).

En la figura 74, se muestra gráficamente la distribución de la humedad relativa media mensual, la cual presenta los valores más bajos entre los meses de junio y setiembre, estableciendo una coincidencia con la curva de precipitación.

Tabla 60

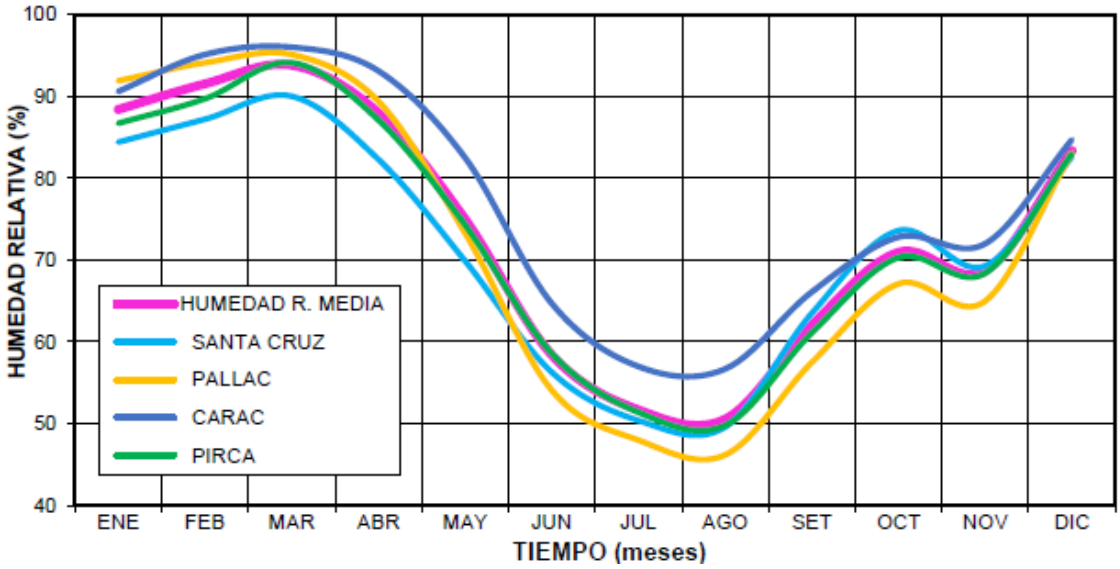
Humedad relativa media mensual de la zona de estudio (2015 – 2022)

MES	ESTACIONES METEOROLOGICAS				HUMEDAD RELATIVA MEDIA %
	Pallac 2015/2022	Carac 2016/2022	Pirca 2015/2022	Santa Cruz 2016/2022	
ENE	91.9	90.6	86.7	84.4	88.4
FEB	94.1	95.1	89.7	87.2	91.5
MAR	95.1	96.0	94.1	90.0	93.8
ABR	89.4	93.1	87.1	82.3	88.0
MAY	73.3	82.5	74.3	69.9	75.0
JUN	54.1	64.7	58.6	56.3	58.4
JUL	48.0	57.0	51.4	50.4	51.7
AGO	46.2	56.7	49.8	49.6	50.6
SET	57.5	66.1	61.1	63.5	62.1
OCT	67.1	72.8	70.3	73.6	71.0
NOV	65.0	72.0	68.4	69.3	68.7
DIC	83.1	84.7	83.0	82.6	83.4
ANUAL	72.1	77.6	72.9	71.6	73.5

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Figura 77

Variación de la humedad relativa media mensual de la zona de estudio (2015-2022).



Nota: Adaptada del SENAMHI.

5.3.2.4. Velocidad del viento

La velocidad del viento de la zona de estudio fue estimada a partir del promedio de velocidades medias mensuales de las estaciones Pallac, Carac, Pirca y Santa Cruz en el periodo 2015 - 2022.

A partir de las velocidades medias del viento mensuales de las cuatro estaciones antes mencionadas se calculó una velocidad media anual de 1.4 m/s, fluctuando entre velocidades de 1.0 m/s en la estación Carac y 1.9 m/s en Santa Cruz. En cuanto a humedades relativas medias mensuales, varía entre 1.2 m/s en los meses de febrero y marzo y 1.7 m/s en el mes de agosto (Ver Tabla 60).

En la Figura 75, se muestra gráficamente la distribución de la velocidad media mensual del viento, la cual presenta los valores más altos entre los meses de julio y agosto, coincidiendo con la época seca o de ausencia de lluvias.

Tabla 61

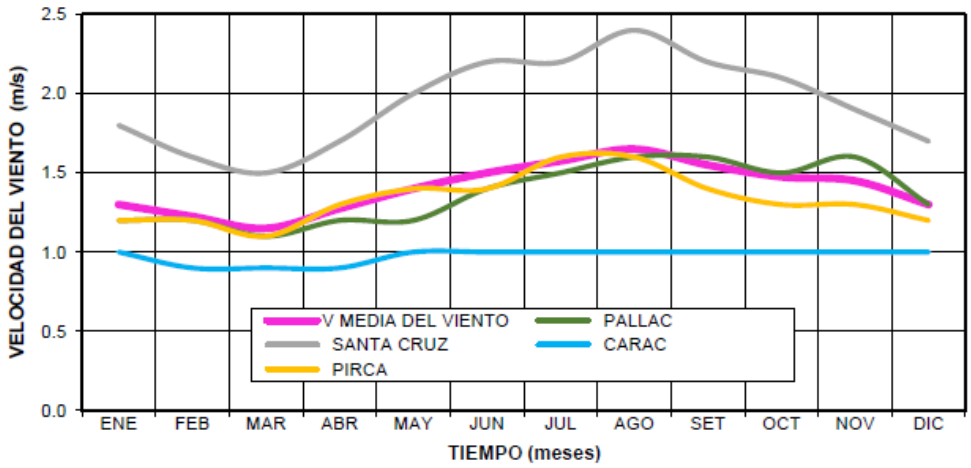
Velocidad del viento media mensual de la zona de estudio (2015 – 2022)

MES	ESTACIONES METEOROLOGICAS				VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s)
	Pallac 2015/2022	Carac 2016/2022	Pirca 2015/2022	Santa Cruz 2016/2022	
ENE	1.2	1.0	1.2	1.8	1.3
FEB	1.2	0.9	1.2	1.6	1.2
MAR	1.1	0.9	1.1	1.5	1.2
ABR	1.2	0.9	1.3	1.7	1.3
MAY	1.2	1.0	1.4	2.0	1.4
JUN	1.4	1.0	1.4	2.2	1.5
JUL	1.5	1.0	1.6	2.2	1.6
AGO	1.6	1.0	1.6	2.4	1.7
SET	1.6	1.0	1.4	2.2	1.6
OCT	1.5	1.0	1.3	2.1	1.5
NOV	1.6	1.0	1.3	1.9	1.5
DIC	1.3	1.0	1.2	1.7	1.3
ANUAL	1.4	1.0	1.3	1.9	1.4

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Figura 78

Variación de la velocidad del viento media mensual de la zona de estudio (2015-2022).



Nota: Adaptada del SENAMHI.

5.3.3. Análisis de la información hidrométrica

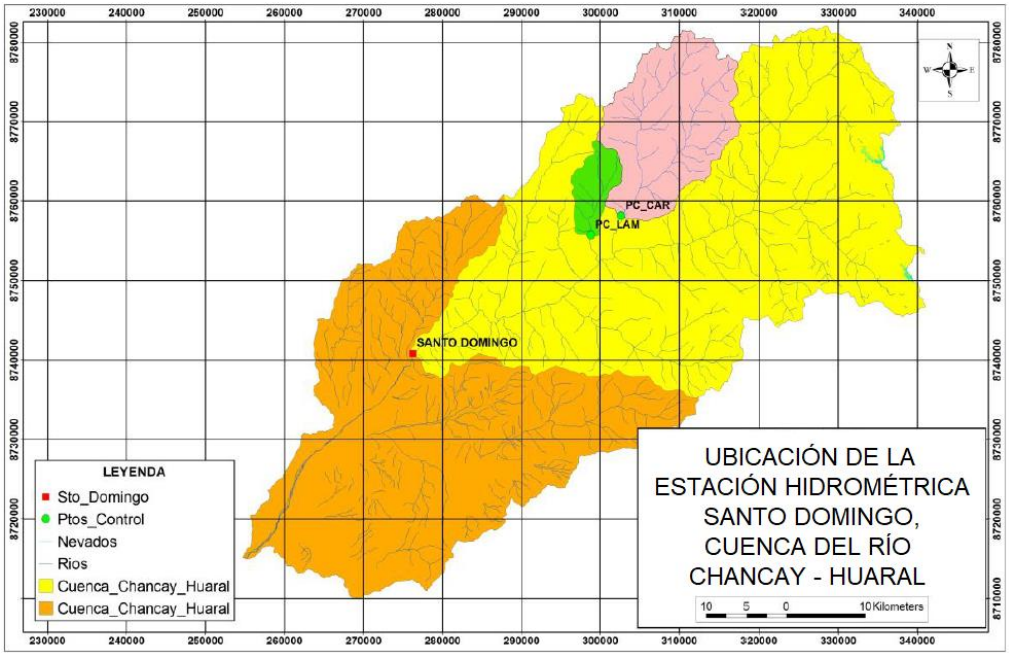
5.3.3.1. Descargas medias mensuales de los ríos Lampian y Carac

La oferta hídrica consiste en la escorrentía de los ríos Lampián y Carac. Sin embargo, no se cuenta con información sobre descargas históricas en las unidades hidrográficas de los ríos Lampián y Carac, por lo que se contrastó las descargas históricas de la cuenca del río Chancay

– Huaral, de área 1847.461 km^2, obtenidas en la estación hidrométrica Santo Domingo, con caudales medios mensuales en los periodos 1964 – 1969 y 2012 – 2018 (Ver Tabla 61).

Figura 79

Ubicación de la estacion hidrométrica Santo Domingo, cuenca Chancay - Huaral.



Nota: Adaptado de *Diagnóstico participativo consolidado: cuenca del río Chancay – Huaral. Tomo II: Situación actual de la gestión de los recursos hídricos* (Consorcio Typsa - Tecnoma – Engecorps, Autoridad Nacional del Agua. Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay - Huaral, 2012) y del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú (s.f.).

Tabla 62

Caudales medios mensuales (m^3/s) del río Chancay – Huaral, estación Santo Domingo.

Entidad operadora	Tipo de estación	Coordenadas Geográficas		Altitud (m.s.n.m)	Ubicación		
		Latitud Sur	Longitud Oeste		Departamento	Provincia	Distrito
Senamhi	Automática – Hidrológica	11°22'12"	77°01'42"	620	Lima	Huaral	Huaral

Código: 47E214D2

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Área de cuenca:	1847.61 km^2												
1964	11.117	36.754	69.568	41.687	12.978	7.894	5.776	5.934					23.964
1965	13.374	29.558	42.471	15.910	8.932	5.735	5.138	5.162	4.717	5.541	6.486	7.219	12.520
1966	17.529	16.487	19.047	9.709	6.252	5.020	4.228	3.639	3.400	7.909	9.167	14.640	9.752
1967	21.926	67.639	52.613	15.223	13.323	6.507	6.287	3.937	3.444	7.659	6.890	7.471	17.743
1968	16.168	15.821	23.568	15.540	6.063	5.259	4.348	4.266	4.208	4.844	7.571	7.907	9.630
1969	7.119	13.192	29.403	19.133	6.329	4.941	4.261	4.356	4.246	6.746	7.027		9.705
2012	24.751	59.851	61.196	51.192	16.950	9.105	6.940	6.080	6.659	7.635	11.855	17.062	23.273
2013	24.039	42.957							7.149	7.403	8.004	15.478	17.505
2014	22.498	29.290	53.789	17.683	16.370	8.779	7.061	6.326	7.020	8.052	9.557	14.281	16.726
2015	27.858	28.332	44.956	21.516	8.587	6.762	5.105	4.408	4.812	5.497	6.043	13.888	14.814
2016	8.364	27.661	28.088	17.440	6.712	5.158	5.707	5.550	4.919	5.464	4.909	7.067	10.587
2017	4.746	6.665	22.279	11.770	5.043	0.507	0.368	0.320	0.279	0.495	0.739	1.558	4.564
2018	23.223	45.120	47.217	23.350	13.705								30.523
Promedio	17.132	32.256	41.183	21.679	10.104	5.970	5.020	4.543	4.623	6.113	7.113	10.657	13.866
Q específico: en $L/s/km^2$													
2018	9.3	17.5	22.3	11.7	5.5	3.2	2.7	2.5	2.5	3.3	3.9	5.8	7.5

Nota: Adaptada del SENAMHI.

A partir de la información de la estación Santo Domingo, se estimó los coeficientes de escorrentía utilizando el método de la ex Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (1980), partiendo de las características de las zonas ecológicas con correcciones por factores regionales de la información de las descargas.

Tabla 63

Coeficiente de escurrimiento por zonas de vida o ecológicas.

UNIDADES HIDROGRAFICAS	PUNTOS DE CONTROL	AREAS PARCIALES (km2)							AREA TOTAL Km2	Cmedio	Cmax.
		ee-MBT	e-MT	bh-MT	ph-Sat	pmh-SaT	tmh-AT	tp-AT			
R. Lampian	PC_LAM	19.438	10.431	1.837	8.720	2.914	3.729	0.294	47.363	0.40	0.48
R. Carac	PC_CAR	26.379	28.253	34.221		79.667	1.611	109.385	279.517	0.62	0.72
									Factor de Correción		
Cmedio de Zonas de Vida		0.36	0.34	0.45	0.45	0.68	0.68	0.85	0.95		
Cmaximo de Zonas de Vida		0.39	0.37	0.62	0.62	0.83	0.83	0.93			

Nota: Adaptada de *Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales* (ONERN, 1980).

Figura 80

Cuenca Chancay – Huaral, en la vertiente del Océano Pacífico.



Nota: Extraído del *Mapa hidrográfico del Perú* (Autoridad Nacional del Agua, 2009).

La retención de la unidad hidrográfica, es decir, la lámina de lluvia que parte de la unidad hidrográfica retiene para el posterior abastecimiento en la época de estiaje entre abril y agosto, se ha calculado en base a los acuíferos potenciales y la pendiente de la subcuenca o microcuenca que retiene el agua. En la Tabla 63 se detalla el cálculo de la retención para las unidades hidrográficas de la microcuenca Lampián y la subcuenca Carac, obteniendo como resultado 19.01 mm/año y 29.19 mm/año, respectivamente. Sin enbargo, con la calibración gráfica del modelo, la microcuenca Lampián presentó una retención de 35 mm/año, mientras que la subcuenca Carac presentó una retención de 40 mm/año.

Tabla 64

Retención de las unidades hidrográficas – Ríos Lampián y Carac.

Tipo	Pendiente	REi	Ai (Areas Parciales) en Km2	
			Lampian	Carac
	%	mm/año	47.363	279.517
Acuíferos Potenciales	2	300	1.253	10.354
	8	250	0.845	9.735
	15	200	1.253	12.627
Lagunas		500	0.125	0.1853
Nevados		500	0	0

$$\text{Retención} = \frac{\Sigma REi * Ai}{\text{Atotal Cuenca}} \quad \text{mm}$$

Retención Lampian	**19.01**	mm/año
Retención Carac	**29.19**	mm/año

REi = Retención de cada tipo
Ai= Area parcial de cada tipo

Nota: Elaboración propia.

El coeficiente de agotamiento se obtuvo a partir de una fórmula empírica en función del área de las unidades hidrográficas en km^2, siendo utilizado en el cálculo de caudales en épocas de estiaje (Ver Tabla 64).

Tabla 65

Coeficiente de agotamiento de las unidades hidrográficas.

Fórmula empírica	Coeficiente de agotamiento	
Unidad hidrográfica	Lampián	Carac
Área	47.363	279.517
$a = -0.00252 \ln A + 0.034$	0.0243	0.0198

Nota: Elaboración propia.

5.3.3.2. Generación de descargas medias mensuales

Para la generación de caudales medios mensuales en la zona de estudio, se siguió los lineamientos del método determinístico estocástico de Scholz (1980) se procedió con los siguientes pasos:

Paso 1: Se calculó la precipitación efectiva, es decir, una porción de la precipitación total que es aprovechada directamente para fines agrícolas, mediante la ecuación:

$$P_{Et} = a + a_1 + a_2 P^2 + a_3 P^3 + a_4 P^4 + a_5 P^5$$

Donde:

P_{Et}: Precipitación efectiva mensual (mm).

P: Precipitación promedio mensual (mm).

a_1, a_2, a_3, a_4 y a_5: Coeficientes del polinomio.

Los coeficientes fueron calculados a partir de las curvas establecidas

Tabla 66

Coeficientes del polinomio para el cálculo de la precipitación efectiva.

COEFICIENTES	CURVA I	CURVA II	CURVA III
a0	-0.018	-0.021	-0.028
a1	-0.0185	0.1358	0.2756
a2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a3	-1204 E-8	4349 E-8	5543 E-8
a4	-1440 E-9	-890 E-9	1240 E-9
a5	-2850 E-12	-879 E-13	-1420 E-11

Nota: Extraído de *Generación de caudales mensuales en la sierra peruana MERIS II – Plan de Mejoramiento de riego en la Sierra y Selva, Cusco – Marzo 1980* (Scholz, 1980).

Paso 2: se calculó los coeficientes de gasto para posteriormente determinar el gasto de la retención entre los meses de abril y setiembre, utilizando las siguientes expresiones:

$$B_i = B^t$$

$$B = e^{-a \times t}$$

$$G_i = \frac{B_i \times R}{\sum B_i}$$

Donde:

B_i: Coeficiente de gasto.

B: Coeficiente de gasto durante el primer mes de agotamiento.

i: 1 a n, de acuerdo con el periodo de estiaje.

a: Coeficiente de agotamiento.

t: Número de días del mes.

G_i: Gasto de la retención.

R: Retención de la unidad hidrográfica.

Paso 3: Se calculó el abastecimiento de la retención mediante las expresiones:

$$A_i = a_i \times R$$

$$a_i = \frac{P_{Ei}}{P_{Etotal}}$$

Donde:

A_i: Abastecimiento del mes i.

a_i: Coeficientes de abastecimiento.

R: Retención de la unidad hidrográfica.

i: Mes del año, del 1 al 12.

$\boldsymbol{P_{Ei}}$: Precipitación efectiva del mes $\boldsymbol{i}$.

$\boldsymbol{P_{Etotal}}$: Precipitación efectiva total de la unidad hidrográfica.

Paso 4: Se generó caudales para el año promedio de las unidades hidrográficas de la zona de estudio a partir de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{CM_i = P_{Ei} + G_i - A_i}$$

Los caudales generados para el año promedio de la microcuenca del río Lampián y la subcuenca del río Carac se presentan en la Tabla 66 y la Tabla 67, respectivamente.

Tabla 67

Generación de caudales para el año promedio – Microcuenca río Lampián.

MES	PRECIP. TOTAL	PRECIPITACION EFECTIVA			CONTRIBUCION A LA RETENCION (mm/mes)				CAUDALES MENSUALES			
					AGOTAMIENTO (+)		ABASTECIMIENTO(-)		GENERADOS			AFORADO
		PE - II	PE - III	PE	b_i	Gi	ai	Ai	(mm/mes)	(m3/sg)	l/s/km2	l/s/km2 *
ENE	131.22	46.7	71.5	69.67	0.00000	0.0	0.20	7.00	62.67	**1.108**	23.4	9.3
FEB	139.48	54.0	79.8	77.85	0.00000	0.0	0.25	8.75	69.10	**1.353**	28.6	17.5
MAR	169.99	83.6	110.3	108.29	0.00000	0.00	0.15	5.25	103.04	**1.822**	38.5	22.3
ABR	65.74	9.6	16.5	16.00	0.48271	18.59	0.00	0.0	34.59	**0.632**	13.3	11.7
MAY	12.57	1.4	3.6	3.41	0.23301	8.97	0.00	0.0	12.38	**0.219**	4.6	5.5
JUN	1.91	0.3	0.7	0.69	0.11247	4.33	0.00	0.0	5.03	**0.092**	1.9	2.7
JUL	0.84	0.1	0.3	0.31	0.05429	2.09	0.00	0.0	2.41	**0.043**	0.9	2.7
AGO	1.17	0.2	0.5	0.43	0.02621	1.01	0.00	0.0	1.44	**0.026**	0.5	2.5
SEP	12.33	1.4	3.5	3.36	0.00000	0.00	0.00	0.0	3.36	**0.061**	1.3	2.5
OCT	49.82	5.9	10.3	9.94	0.00000	0.00	0.10	3.50	6.44	**0.114**	2.4	3.3
NOV	57.17	7.4	12.8	12.36	0.00000	0.0	0.15	5.25	7.11	**0.130**	2.7	3.9
DIC	99.77	24.2	40.2	39.00	0.00000	0.0	0.15	5.25	33.75	**0.597**	12.6	5.8
TOTAL	742.0	234.68	349.94	341.32	0.909	35.00	1.00	35.00	341.32	0.516	10.9	7.5

Nota: Elaboración propia.

Tabla 68

Generación de caudales para el año promedio – Subcuenca río Carac.

MES	PRECIP.	PRECIPITACION EFECTIVA			CONTRIBUCION A LA RETENCION (mm/mes)				CAUDALES MENSUALES			
	TOTAL	PE - II	PE - III	PE	AGOTAMIENTO (+)		ABASTECIMIENTO(-)		GENERADOS			AFORADO
					b_i	Gi	ai	Ai	(mm/mes)	(m3/sg)	l/s/km2	l/s/km2 *
ENE	160.93	74.5	101.2	86.59	0.00000	0.0	0.20	8.00	78.59	**8.202**	29.3	9.3
FEB	171.06	84.7	111.4	96.72	0.00000	0.0	0.25	10.00	86.72	**10.019**	35.8	17.5
MAR	208.48	122.1	148.8	134.14	0.00000	0.00	0.15	6.00	128.14	**13.372**	47.8	22.3
ABR	80.62	14.8	25.2	19.49	0.55204	18.89	0.00	0.0	38.38	**4.139**	14.8	11.7
MAY	15.41	1.7	4.1	2.77	0.30474	10.43	0.00	0.0	13.20	**1.378**	4.9	5.5
JUN	2.34	0.3	0.9	0.57	0.16823	5.76	0.00	0.0	6.32	**0.682**	2.4	2.7
JUL	1.03	0.1	0.4	0.26	0.09287	3.18	0.00	0.0	3.43	**0.358**	1.3	2.7
AGO	1.43	0.2	0.6	0.35	0.05127	1.75	0.00	0.0	2.11	**0.220**	0.8	2.5
SEP	15.13	1.7	4.0	2.74	0.00000	0.00	0.00	0.0	2.74	**0.295**	1.1	2.5
OCT	61.10	8.3	14.4	11.06	0.00000	0.00	0.10	4.00	7.06	**0.737**	2.6	3.3
NOV	70.11	10.9	18.8	14.47	0.00000	0.0	0.15	6.00	8.47	**0.914**	3.3	3.9
DIC	122.36	39.5	61.5	49.44	0.00000	0.0	0.15	6.00	43.44	**4.534**	16.2	5.8
TOTAL	910.0	358.84	491.16	418.60	1.169	40.00	1.00	40.00	418.60	3.737	13.4	7.5

Nota: Elaboración propia.

Paso 5: Se efectuó la regresión múltiple entre el caudal del mes T, el caudal del mes anterior (T-1) y la precipitación efectiva del mes T, determinando también los coeficientes de regresión, el error estándar y el coeficiente de correlación La Tabla 68 y la Tabla 69, corresponden a los parámetros del modelo de generación para periodos extendidos de las unidades hidrográficas en la microcuenca Lampián y la subcuenca Carac).

Tabla 69

Parámetros del modelo de generación (periodos extendidos), microcuenca río Lampián.

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Q(T) en mm	62.67	69.1	103.04	34.59	12.38	5.03	2.41	1.44	3.36	6.44	7.11	33.75
Q(T-1) en mm	33.75	62.67	69.1	103.04	34.59	12.38	5.03	2.41	1.44	3.36	6.44	7.11
PE(T) en mm	69.67	77.85	108.29	16	3.41	0.69	0.32	0.43	3.36	9.94	12.36	39
Parámetros para la generación					B1 =	0.076		B2 =	0.214		B3 =	0.784
Desviación estándar total					s =	2.859						
Coeficiente de correlación múltiple					R =	0.996						

Nota: Elaboración propia.

Tabla 70

Parámetros del modelo de generación (periodos extendidos), subcuenca río Carac.

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Q(T) en mm	78.59	86.72	128.14	38.38	13.2	6.32	3.43	2.11	2.74	7.06	8.47	43.44
Q(T-1) en mm	43.44	78.59	86.72	128.14	38.38	13.2	6.32	3.43	2.11	2.74	7.06	8.47
PE(T) en mm	86.59	96.72	134.14	19.49	2.77	0.57	0.26	0.35	2.74	11.06	14.47	49.44
Parámetros para la generación					B1 =	0.584		B2 =	0.177		B3 =	0.806
Desviación estándar total					s =	3.506						
Coeficiente de correlación múltiple					R =	0.996						

Nota: Elaboración propia.

Paso 6: Se generó caudales para períodos extendidos a partir del cálculo de la precipitación efectiva mensual de todo el registro y la generación de números aleatorios normales (0,1), mediante la expresión:

$$\boldsymbol{Q(I,J) = B1 + B2 \times Q(I,J-1) + B3 \times PE(I,J) + S \times Z(J) \times \sqrt{1 - R^2}}$$

Donde:

$\boldsymbol{Q(I,J)}$: Caudal generado del año $\boldsymbol{I}$, mes $\boldsymbol{J}$.

$\boldsymbol{Q(I,J-1)}$: Caudal del año $\boldsymbol{I}$, mes $\boldsymbol{(J-1)}$.

$\boldsymbol{PE(I,J)}$: Precipitación efectiva del año $\boldsymbol{I}$, mes $\boldsymbol{J}$.

$\boldsymbol{S}$: Error estándar.

$\boldsymbol{R}$: Coeficiente de correlación múltiple.

$\boldsymbol{Z(J)}$: Número aleatorio normal $\boldsymbol{(0,1)}$ del mes $\boldsymbol{J}$.

$\boldsymbol{B1, B2\ y\ B3}$: Coeficientes de regresión.

El modelo de generación de caudales en los puntos de captación en la microcuenca del río Lampián se describe con la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{Q(I,J) = 0.076 + 0.214 \times Q(I,J-1) + 0.784 \times PE(I,J) + 2.859 \times Z(J) \times \sqrt{1 - 0.996^2}}$$

El modelo de generación de caudales en los puntos de captación en la subcuenca del río Carac se describe con la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{Q(I,J) = 0.584 + 0.177 \times Q(I,J-1) + 0.806 \times PE(I,J) + 3.506 \times Z(J) \times \sqrt{1 - 0.996^2}}$$

El coeficiente de correlación múltiple de 0.996 indica que el modelo es altamente confiable para un valor de confianza de 0.05. Las descargas generadas se muestran en la Tabla 71 para la microcuenca Lampián y en la Tabla 72 para la subcuenca del río Carac.

Paso 7: Para calibrar los parámetros del modelo, se contrastó la información generada con las descargas de la cuenca del río Chancay – Huaral en la estación Santo Domingo en el período 1964 – 1969 y 2012 – 2018. Se calibró principalmente el coeficiente de escurrimiento y la retención para el ajuste del modelo de generación de caudales medios mensuales. La microcuenca Lampián presentó una retención de 35 mm/año, mientras que la subcuenca Carac presentó una retención de 40 mm/año. El coeficiente de escurrimiento se calibró a partir de la Evaluación del potencial hidroeléctrico nacional (Dirección Nacional de Electricidad, 1979), considerando un valor de 0.46 para la totalidad de la cuenca del río Chancay - Huaral.

Tabla 71

Parámetros del modelo de generación (periodos extendidos), subcuenca río Carac.

NOMBRE DE CUENCA / CODIGO	NV / NC	EH / EHC	EP / EPC	QN / QA	PP / NR	AT / AP	LR / FF	PERD.P / DD	PE / CE	NP / AT
CHANCAY-HUARAL	1	3	7	20.3	410	3382.	243	17.96	0.0	29
127	27	1	7	19.5	1	2665	0.06	0.07	0.46	7

Nota: Extraído de *Estudio de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional, Volumen IV – Parte 01* (Dirección Nacional de Electricidad, 1979).

Tabla 72

Descargas medias mensuales, microcuenca del río Lampián.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1964	1.381	1.437	2.057	1.067	0.226	0.053	0.012	0.023	0.009	0.233	0.177	0.209	0.574
1965	1.333	1.239	0.288	0.170	0.106	0.117	0.027	0.007	0.069	0.103	0.057	0.134	0.304
1966	0.743	0.756	1.370	0.733	0.154	0.037	0.009	0.004	0.002	1.031	0.230	1.392	0.538
1967	1.369	4.017	4.271	2.304	0.479	0.108	0.023	0.007	0.007	0.575	0.152	0.046	1.113
1968	0.359	0.256	0.909	0.424	0.159	0.038	0.011	0.005	0.037	0.110	0.212	0.458	0.248
1969	0.147	0.767	0.980	0.428	0.140	0.033	0.009	0.018	0.053	0.271	0.426	1.484	0.396
1970	1.726	0.766	0.504	0.614	0.198	0.058	0.023	0.032	0.225	0.163	0.155	0.513	0.415
1971	0.384	1.042	2.034	0.598	0.149	0.035	0.009	0.028	0.051	0.067	0.091	0.286	0.398
1972	1.003	0.901	3.194	1.054	0.219	0.049	0.067	0.025	0.053	0.088	0.117	0.522	0.608
1973	1.439	1.124	1.524	1.177	0.341	0.077	0.062	0.014	0.073	0.348	0.322	0.812	0.609
1974	0.431	1.143	2.076	0.559	0.140	0.033	0.014	0.032	0.042	0.030	0.071	0.060	0.386
1975	0.744	0.870	0.677	0.205	0.097	0.037	0.009	0.004	0.002	0.163	0.102	0.161	0.256
1976	1.298	2.154	1.698	0.521	0.129	0.060	0.016	0.014	0.026	0.011	0.022	0.046	0.500
1977	0.053	1.639	0.828	0.281	0.087	0.020	0.005	0.002	0.002	0.034	0.493	0.430	0.323
1978	0.789	1.727	0.897	0.354	0.074	0.018	0.025	0.016	0.060	0.111	0.501	0.465	0.420
1979	0.214	1.459	1.524	0.464	0.108	0.026	0.009	0.011	0.004	0.002	0.009	0.041	0.323
1980	0.145	0.117	0.076	0.031	0.007	0.031	0.019	0.005	0.002	0.396	0.426	0.408	0.139
1981	1.017	2.320	2.267	0.574	0.120	0.027	0.007	0.039	0.009	0.230	0.665	1.144	0.702
1982	1.006	2.637	1.093	0.504	0.113	0.026	0.007	0.004	0.044	0.304	0.713	0.430	0.573
1983	1.531	0.586	1.346	0.698	0.182	0.042	0.011	0.004	0.040	0.111	0.121	1.475	0.512
1984	1.109	2.757	2.439	0.645	0.267	0.093	0.021	0.005	0.002	0.377	0.632	1.178	0.794
1985	0.405	2.062	1.600	0.546	0.205	0.062	0.014	0.012	0.073	0.095	0.115	0.569	0.480
1986	1.542	1.919	1.165	0.700	0.147	0.035	0.009	0.004	0.002	0.090	0.148	0.212	0.498
1987	2.483	1.733	0.729	0.354	0.127	0.029	0.007	0.004	0.049	0.076	0.217	0.686	0.541
1988	1.111	0.899	0.865	0.643	0.184	0.042	0.011	0.004	0.031	0.104	0.124	0.453	0.373
1989	1.816	2.518	2.223	0.968	0.244	0.090	0.019	0.005	0.062	0.106	0.075	0.018	0.679
1990	0.520	0.581	0.509	0.234	0.074	0.046	0.011	0.004	0.011	0.599	0.894	1.197	0.390
1991	0.962	0.346	1.583	0.515	0.108	0.026	0.007	0.004	0.002	0.189	0.159	0.233	0.345
1992	0.214	0.145	0.470	0.281	0.060	0.015	0.004	0.002	0.002	0.640	0.152	0.106	0.174
1993	1.385	1.186	1.492	1.190	0.338	0.077	0.018	0.005	0.057	0.467	1.363	1.149	0.727
1994	1.130	2.623	2.012	0.623	0.212	0.049	0.012	0.004	0.048	0.042	0.038	0.161	0.580
1995	0.375	0.193	1.227	0.431	0.120	0.027	0.042	0.011	0.018	0.085	0.537	0.246	0.276
1996	1.252	1.435	2.601	1.076	0.233	0.053	0.012	0.004	0.002	0.080	0.018	0.074	0.570
1997	0.170	0.752	0.297	0.201	0.042	0.011	0.004	0.002	0.051	0.041	0.378	1.926	0.323
1998	2.516	1.386	3.300	0.925	0.193	0.044	0.011	0.004	0.164	0.189	0.197	0.281	0.768
1999	0.836	2.754	2.255	0.875	0.380	0.086	0.019	0.005	0.095	0.157	0.205	0.677	0.695
2000	3.176	4.466	3.301	1.096	0.354	0.080	0.018	0.005	0.088	0.156	0.232	3.102	1.340
2001	3.309	2.406	4.493	1.129	0.304	0.069	0.016	0.005	0.091	0.233	1.528	0.550	1.178
2002	0.361	1.192	2.727	0.912	0.189	0.044	0.011	0.004	0.080	0.500	1.529	0.953	0.709
2003	2.271	2.314	4.251	1.661	0.345	0.079	0.018	0.005	0.004	0.097	0.108	1.360	1.043
2004	0.384	1.488	0.884	0.311	0.129	0.060	0.014	0.004	0.075	0.187	0.888	2.099	0.544
2005	0.895	0.456	1.576	0.482	0.101	0.024	0.007	0.028	0.007	0.058	0.049	0.904	0.382
2006	0.943	2.275	2.642	2.184	0.453	0.102	0.023	0.007	0.004	0.060	0.101	1.080	0.823
2007	1.800	1.439	2.759	0.983	0.286	0.064	0.014	0.005	0.002	0.127	0.079	0.355	0.659
2008	1.618	2.345	1.896	0.671	0.140	0.042	0.011	0.004	0.088	1.137	0.384	0.518	0.738
2009	1.993	2.725	2.909	0.912	0.232	0.053	0.012	0.011	0.004	0.385	1.825	2.258	1.110
2010	1.109	0.703	1.574	0.590	0.177	0.040	0.011	0.004	0.051	0.088	0.323	1.873	0.545
2011	2.875	0.794	1.022	0.334	0.073	0.020	0.007	0.014	0.091	0.088	0.837	1.804	0.663
2012	1.156	2.191	2.007	1.729	0.394	0.090	0.019	0.005	0.119	0.218	0.333	0.253	0.710
2013	0.881	2.244	2.433	0.636	0.203	0.046	0.011	0.034	0.040	0.350	0.168	0.799	0.654
2014	1.233	1.439	2.918	0.716	0.156	0.082	0.018	0.005	0.007	0.193	0.210	0.138	0.593
2015	2.184	0.826	2.205	0.588	0.173	0.049	0.021	0.005	0.005	0.064	0.888	0.315	0.610
2016	0.536	1.770	1.629	0.645	0.141	0.033	0.009	0.004	0.066	0.083	0.020	0.649	0.465
2017	1.885	2.490	3.282	0.883	0.292	0.066	0.014	0.005	0.037	0.377	0.155	0.361	0.821
2018	1.547	1.304	1.832	0.641	0.216	0.066	0.018	0.014	0.040	0.103	0.132	0.180	0.508
2019	0.493	1.890	1.554	0.426	0.129	0.033	0.009	0.004	0.084	0.138	0.234	2.136	0.594
2020	1.399	1.055	1.469	0.369	0.145	0.075	0.016	0.005	0.066	0.088	0.186	1.768	0.553
2021	2.607	0.799	2.285	0.693	0.173	0.040	0.011	0.042	0.077	0.320	0.334	0.366	0.646
2022	0.453	1.151	2.027	0.579	0.154	0.037	0.009	0.004	0.016	0.051	0.057	1.489	0.502
PROM	1.187	1.526	1.831	0.714	0.188	0.051	0.015	0.010	0.044	0.217	0.354	0.763	0.575
DESVEST	0.786	0.907	1.005	0.443	0.101	0.025	0.011	0.010	0.043	0.224	0.405	0.695	0.242
MAX.	3.309	4.466	4.493	2.304	0.479	0.117	0.067	0.042	0.225	1.137	1.825	3.102	1.340
MIN.	0.053	0.117	0.076	0.031	0.007	0.011	0.004	0.002	0.002	0.002	0.009	0.018	0.139

Nota: Adaptada del SENAMHI. Elaboracion propia

Tabla 73

Descargas medias mensuales, subcuenca del río Carac.

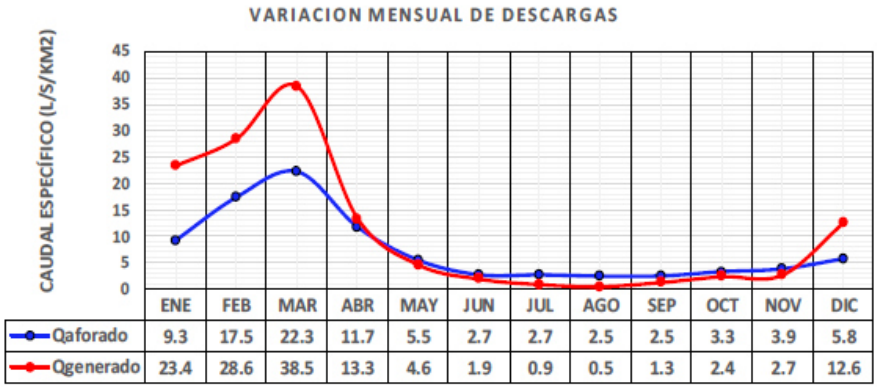
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1964	10.300	10.456	15.080	7.570	1.378	0.324	0.115	0.177	0.108	1.795	1.197	1.482	4.165
1965	10.019	9.128	1.764	1.024	0.595	0.701	0.177	0.094	0.421	0.626	0.345	0.908	2.150
1966	5.729	5.650	10.186	5.219	0.960	0.237	0.104	0.083	0.086	7.837	1.499	10.426	4.001
1967	9.977	29.652	30.890	15.949	2.797	0.572	0.157	0.094	0.108	4.477	0.992	0.292	7.996
1968	2.776	1.791	6.940	2.966	0.929	0.237	0.115	0.083	0.248	0.720	1.531	3.496	1.819
1969	0.887	5.904	7.389	2.944	0.814	0.216	0.094	0.157	0.324	2.056	3.224	11.104	2.926
1970	12.628	5.246	3.621	4.583	1.211	0.356	0.167	0.209	1.682	1.075	1.014	3.924	2.976
1971	2.807	7.909	15.080	3.817	0.835	0.216	0.094	0.198	0.313	0.397	0.539	2.160	2.864
1972	7.535	6.678	23.721	7.053	1.273	0.291	0.386	0.177	0.324	0.532	0.723	3.997	4.391
1973	10.749	8.215	11.208	8.562	2.108	0.453	0.355	0.125	0.431	2.672	2.362	6.209	4.454
1974	3.079	8.527	15.341	3.462	0.762	0.205	0.125	0.219	0.270	0.209	0.421	0.344	2.747
1975	5.761	6.560	5.020	1.251	0.543	0.226	0.094	0.073	0.075	1.211	0.615	1.106	1.878
1976	9.768	15.852	12.241	3.289	0.720	0.345	0.136	0.125	0.194	0.115	0.173	0.292	3.604
1977	0.324	12.351	5.959	1.725	0.490	0.151	0.083	0.073	0.075	0.230	3.839	3.214	2.376
1978	6.011	12.814	6.439	2.319	0.459	0.151	0.188	0.136	0.367	0.710	3.850	3.475	3.077
1979	1.398	10.944	11.156	2.912	0.616	0.173	0.104	0.115	0.086	0.073	0.108	0.261	2.329
1980	1.012	0.693	0.428	0.205	0.094	0.226	0.157	0.083	0.075	3.099	3.214	3.047	1.028
1981	7.597	17.158	16.447	3.440	0.647	0.183	0.094	0.250	0.108	1.764	5.155	8.537	5.115
1982	7.430	19.503	7.660	3.429	0.689	0.183	0.094	0.073	0.291	2.338	5.489	3.120	4.192
1983	11.438	3.960	9.956	4.950	1.096	0.259	0.104	0.083	0.270	0.720	0.744	11.093	3.723
1984	8.119	20.335	17.605	3.925	1.618	0.518	0.146	0.083	0.075	2.953	4.820	8.777	5.748
1985	2.672	15.344	11.563	3.559	1.190	0.356	0.125	0.125	0.442	0.574	0.701	4.373	3.419
1986	11.511	13.992	8.411	4.993	0.918	0.237	0.104	0.083	0.075	0.584	0.992	1.534	3.620
1987	18.586	12.361	5.030	2.372	0.731	0.194	0.094	0.083	0.313	0.449	1.585	5.291	3.924
1988	8.265	6.563	6.449	4.713	1.106	0.270	0.104	0.073	0.226	0.668	0.776	3.475	2.724
1989	13.588	18.394	16.040	6.664	1.419	0.485	0.146	0.083	0.377	0.647	0.431	0.136	4.868
1990	4.049	4.367	3.809	1.531	0.438	0.280	0.104	0.083	0.119	4.707	6.794	8.860	2.928
1991	7.076	2.198	11.793	3.365	0.637	0.183	0.094	0.083	0.075	1.430	1.057	1.691	2.474
1992	1.503	0.878	3.600	1.963	0.397	0.140	0.083	0.073	0.075	5.030	1.024	0.616	1.282
1993	10.405	8.723	10.968	8.670	2.066	0.442	0.136	0.083	0.345	3.611	10.212	8.464	5.344
1994	8.349	19.353	14.464	3.968	1.200	0.280	0.115	0.083	0.302	0.271	0.248	1.158	4.149
1995	2.849	1.249	9.225	2.847	0.699	0.194	0.261	0.104	0.162	0.522	4.141	1.670	1.994
1996	9.392	10.491	19.150	7.419	1.378	0.313	0.115	0.083	0.075	0.490	0.151	0.449	4.126
1997	1.190	5.800	2.035	1.326	0.292	0.119	0.083	0.073	0.324	0.261	2.922	14.423	2.404
1998	18.388	9.763	24.305	5.920	1.075	0.259	0.104	0.083	1.219	1.336	1.370	2.077	5.492
1999	6.397	20.471	16.238	5.920	2.515	0.518	0.146	0.083	0.604	1.085	1.456	5.228	5.055
2000	23.669	32.479	23.512	7.160	2.108	0.453	0.136	0.083	0.550	1.075	1.682	23.189	9.675
2001	23.961	16.961	32.873	6.988	1.618	0.356	0.125	0.083	0.572	1.732	11.474	3.747	8.374
2002	2.536	8.908	20.183	6.093	1.106	0.270	0.104	0.083	0.496	3.861	11.442	6.950	5.169
2003	16.791	16.711	31.151	11.334	2.004	0.431	0.136	0.083	0.075	0.637	0.658	10.238	7.521
2004	2.400	11.057	6.460	1.952	0.710	0.345	0.125	0.083	0.464	1.357	6.815	15.591	3.947
2005	6.251	3.096	11.730	3.095	0.595	0.173	0.094	0.198	0.097	0.355	0.302	6.961	2.746
2006	7.065	16.846	19.265	15.604	2.734	0.561	0.157	0.094	0.086	0.365	0.615	8.140	5.961
2007	13.275	10.319	20.267	6.621	1.649	0.367	0.125	0.083	0.075	0.887	0.464	2.713	4.737
2008	12.127	17.169	13.661	4.443	0.824	0.270	0.104	0.083	0.550	8.578	2.502	3.851	5.347
2009	14.861	19.873	21.091	5.942	1.294	0.302	0.115	0.115	0.086	3.026	13.685	16.510	8.075
2010	7.837	4.980	11.667	3.990	1.012	0.248	0.104	0.083	0.324	0.532	2.448	14.026	3.938
2011	21.081	4.964	7.514	2.092	0.428	0.151	0.094	0.136	0.582	0.511	6.449	13.410	4.784
2012	8.370	16.095	14.537	12.401	2.359	0.496	0.146	0.083	0.820	1.586	2.491	1.805	5.099
2013	6.731	16.649	17.720	3.882	1.085	0.259	0.104	0.230	0.259	2.713	1.068	6.136	4.736
2014	9.142	10.503	21.498	4.367	0.835	0.442	0.136	0.083	0.108	1.461	1.488	0.856	4.243
2015	16.364	5.645	16.291	3.645	0.939	0.280	0.157	0.083	0.086	0.386	6.848	2.098	4.402
2016	4.039	13.206	11.866	4.378	0.845	0.216	0.094	0.083	0.399	0.490	0.151	5.072	3.403
2017	14.068	18.151	23.919	5.511	1.670	0.367	0.125	0.083	0.248	2.912	0.971	2.734	5.897
2018	11.594	9.544	13.452	4.270	1.242	0.367	0.136	0.136	0.259	0.647	0.841	1.263	3.646
2019	3.767	14.123	11.250	2.556	0.699	0.205	0.094	0.083	0.518	0.918	1.704	15.998	4.326
2020	9.998	7.637	10.812	2.254	0.793	0.410	0.125	0.094	0.399	0.522	1.326	13.264	3.970
2021	19.108	5.072	16.833	4.475	0.971	0.237	0.104	0.271	0.453	2.432	2.469	2.734	4.597
2022	3.402	8.608	14.965	3.656	0.856	0.226	0.104	0.083	0.151	0.313	0.334	11.208	3.659
PROM	8.780	11.150	13.385	4.789	1.103	0.304	0.130	0.110	0.311	1.603	2.609	5.681	4.163
DESVES	5.815	6.709	7.344	3.154	0.608	0.126	0.055	0.050	0.283	1.754	3.092	5.206	1.734
MAX.	23.961	32.479	32.873	15.949	2.797	0.701	0.386	0.271	1.682	8.578	13.685	23.189	9.675
MIN.	0.324	0.693	0.428	0.205	0.094	0.119	0.083	0.073	0.075	0.073	0.108	0.136	1.028

Nota: Adaptada del SENAMHI. Elaboracion propia

En la Figura 78 y la Figura 79 se muestra la calibración de los modelos de generación de descargas en las unidades hidrográficas Lampián y Carac, respectivamente, en base a las descargas específicas del río Chancay – Huaral, observadas en la estación Santo Domingo. La tendencia entre la curva de descargas generadas y la curva de descargas observadas varía considerablemente entre los meses de diciembre y marzo.

Figura 81

Calibración de caudales generados para la microcuenca del río Lampián.

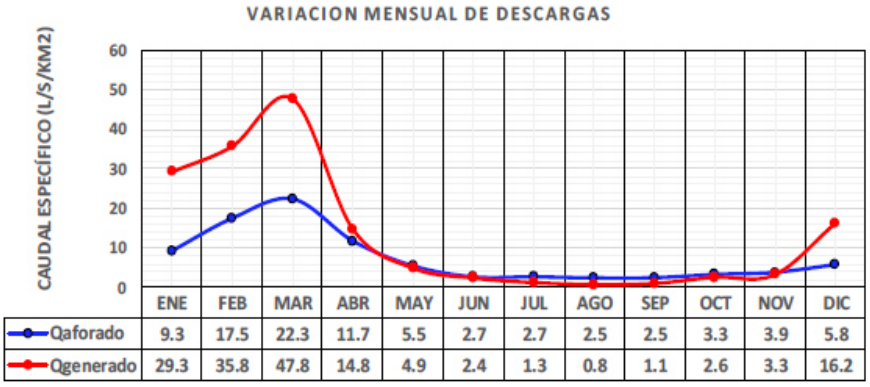


	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Qaforado	9.3	17.5	22.3	11.7	5.5	2.7	2.7	2.5	2.5	3.3	3.9	5.8
Qgenerado	23.4	28.6	38.5	13.3	4.6	1.9	0.9	0.5	1.3	2.4	2.7	12.6

Nota: Elaboración propia.

Figura 82

Calibración de caudales generados para la subcuenca del río Carac.



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Qaforado	9.3	17.5	22.3	11.7	5.5	2.7	2.7	2.5	2.5	3.3	3.9	5.8
Qgenerado	29.3	35.8	47.8	14.8	4.9	2.4	1.3	0.8	1.1	2.6	3.3	16.2

Nota: Elaboración propia.

Paso 8: Se analizó la probabilidad de ocurrencia de los caudales de descarga mediante la ecuación de Weibull:

$$\boldsymbol{P = \frac{m}{1+N} \times 100\%}$$

Donde:

$\boldsymbol{P}$: Probabilidad de ocurrencia.

$\boldsymbol{m}$: Número de orden.

$\boldsymbol{N}$: Número total del registro.

Para un registro de descargas generadas de 59 años, los caudales medios mensuales para la microcuenca del río Lampian variaron entre 0.010 m3/s en agosto a 1.831 m3/s en marzo y al 75 % variaron entre 0.004 m3/s en agosto a 0.897 m3/s en marzo, mientras que los caudales medios mensuales para la subcuenca del río Carac variaron entre 0.110 m3/s en agosto a 13.385 m3/s en el marzo y al 75 % variaron entre 0.083 m3/s en agosto a 7.514 m3/s en marzo.

Tabla 74

Descargas medias mensuales para diferentres probabilidades, microcuenca Lampián.

PROBABILIDAD	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
Microcuenca del Río Lampian														
20% AÑO HUMEDO	m3/s	1.800	2.320	2.642	0.983	0.267	0.077	0.019	0.014	0.075	0.350	0.537	1.392	0.873
	MMC	4.821	6.214	7.076	2.633	0.715	0.206	0.051	0.037	0.201	0.937	1.438	3.728	28.059
50%	m3/s	1.109	1.435	1.629	0.623	0.159	0.044	0.012	0.005	0.040	0.127	0.197	0.513	0.491
	MMC	2.970	3.844	4.363	1.669	0.426	0.118	0.032	0.013	0.107	0.340	0.528	1.374	15.784
75%	m3/s	0.493	0.799	1.022	0.428	0.120	0.033	0.009	0.004	0.005	0.085	0.108	0.233	0.278
	MMC	1.320	2.140	2.737	1.146	0.321	0.088	0.024	0.011	0.013	0.228	0.289	0.624	8.943
80% AÑO SECO	m3/s	0.405	0.766	0.897	0.369	0.108	0.029	0.009	0.004	0.004	0.076	0.091	0.180	0.245
	MMC	1.085	2.052	2.403	0.988	0.289	0.078	0.024	0.011	0.011	0.204	0.244	0.482	7.869
MEDIA	m3/s	1.187	1.526	1.831	0.714	0.188	0.051	0.015	0.010	0.044	0.217	0.354	0.763	0.575
	MMC	3.180	4.086	4.905	1.913	0.505	0.136	0.041	0.027	0.119	0.582	0.949	2.042	18.487

Nota: Adaptada del SENAMHI. Elaboracion propia

Tabla 75

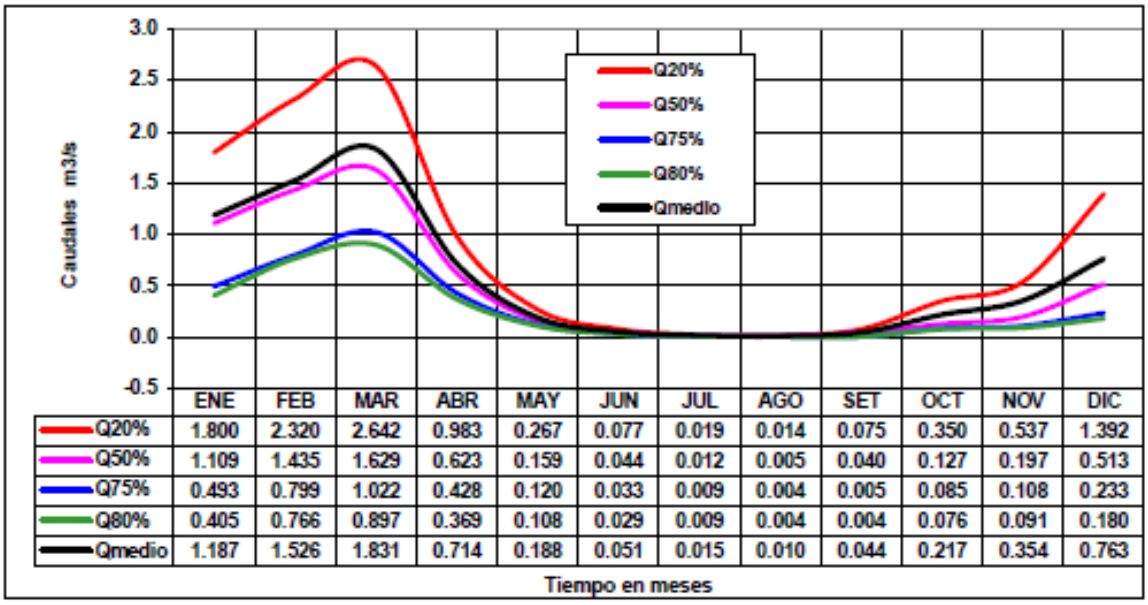
Descargas medias mensuales para diferentres probabilidades, subcuenca Carac.

PROBABILIDAD	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
Microcuenca del Río Carac														
20% AÑO HUMEDO	m3/s	13.275	16.961	19.265	6.664	1.618	0.431	0.146	0.136	0.453	2.713	4.141	10.426	6.352
	MMC	35.556	45.428	51.599	17.849	4.334	1.154	0.391	0.364	1.213	7.266	11.091	27.925	204.172
50%	m3/s	8.119	10.319	11.866	3.968	0.939	0.270	0.115	0.083	0.270	0.887	1.370	3.747	3.496
	MMC	21.746	27.638	31.782	10.628	2.515	0.723	0.308	0.222	0.723	2.376	3.669	10.036	112.367
75%	m3/s	3.767	5.800	7.514	2.912	0.699	0.216	0.104	0.083	0.086	0.511	0.658	1.670	2.002
	MMC	10.090	15.535	20.125	7.800	1.872	0.579	0.279	0.222	0.230	1.369	1.762	4.473	64.335
80% AÑO SECO	m3/s	2.849	5.246	6.460	2.372	0.637	0.194	0.094	0.083	0.086	0.449	0.539	1.263	1.689
	MMC	7.631	14.051	17.302	6.353	1.706	0.520	0.252	0.222	0.230	1.203	1.444	3.383	54.297
MEDIA	m3/s	8.780	11.150	13.385	4.789	1.103	0.304	0.130	0.110	0.311	1.603	2.609	5.681	4.163
	MMC	23.515	29.865	35.851	12.826	2.954	0.814	0.347	0.295	0.832	4.293	6.988	15.217	133.798

Nota: Adaptada del SENAMHI. Elaboracion propia

Figura 83

Variación de las descargas de la microcuenca del río Lampián.

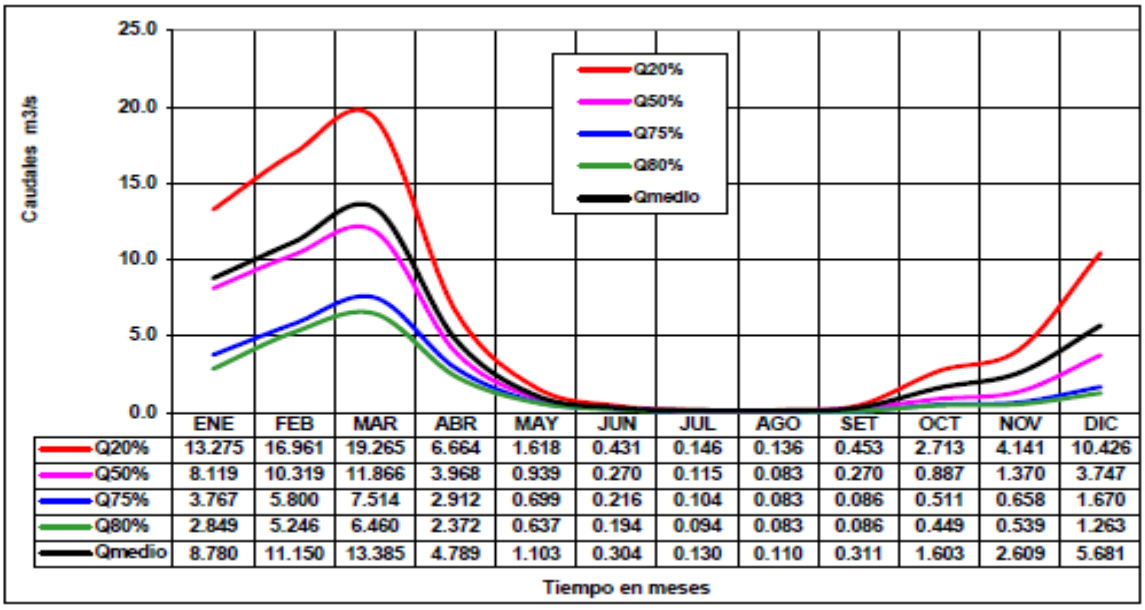


	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Q20%	1.800	2.320	2.642	0.983	0.267	0.077	0.019	0.014	0.075	0.350	0.537	1.392
Q50%	1.109	1.435	1.629	0.623	0.159	0.044	0.012	0.005	0.040	0.127	0.197	0.513
Q75%	0.493	0.799	1.022	0.428	0.120	0.033	0.009	0.004	0.005	0.085	0.108	0.233
Q80%	0.405	0.766	0.897	0.369	0.108	0.029	0.009	0.004	0.004	0.076	0.091	0.180
Qmedio	1.187	1.526	1.831	0.714	0.188	0.051	0.015	0.010	0.044	0.217	0.354	0.763

Nota: Adaptada del SENAMHI. Elaboracion propia

Figura 84

Variación de las descargas de la subcuenca del río Carac.



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Q20%	13.275	16.961	19.265	6.664	1.618	0.431	0.146	0.136	0.453	2.713	4.141	10.426
Q50%	8.119	10.319	11.866	3.968	0.939	0.270	0.115	0.083	0.270	0.887	1.370	3.747
Q75%	3.767	5.800	7.514	2.912	0.699	0.216	0.104	0.083	0.086	0.511	0.658	1.670
Q80%	2.849	5.246	6.460	2.372	0.637	0.194	0.094	0.083	0.086	0.449	0.539	1.263
Qmedio	8.780	11.150	13.385	4.789	1.103	0.304	0.130	0.110	0.311	1.603	2.609	5.681

Nota: Adaptada del SENAMHI. Elaboracion propia

5.3.3.3. Análisis de los caudales en máximas avenidas

El análisis de máximas avenidas, debido a la carencia de información hidrométrica e hidrográfica en la zona de estudio, se realizó de manera indirecta a partir de la información histórica de la precipitación máxima en 24 horas a partir de 5 estaciones meteorológicas en los períodos de 1966 a 2022 y se generó, a partir de dicha información, la precipitación máxima en 24 horas de las unidades hidrográficas de la zona de estudio.

Para tal fin, se utilizó el método del U.S. National Weather Service, con el cual se ponderó los valores observados de cada estación por la inversa del cuadrado de la distancia entre la estación a generar y la estación existente, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$P_x = \frac{\sum P_i W_i}{\sum W_i}$$

Donde:

P_x: Precipitación máxima en 24 horas para la estación a generar (en mm).

P_i: Precipitación registrada en cada estación (en mm). Como mínimo, dos estaciones.

$$W_i = \frac{1}{D_i^2}$$

D_i: Distancia entre la estación existente y la estación a generar (en km).

En la Tabla 75 y en la Tabla 76 se presenta las características de las 5 estaciones respecto a la microcuenca Lampián y la subcuenca Carac, respectivamente, mientras que en la Tabla 77 se presenta la precipitación máxima de las 5 estaciones para la generación de la precipitación máxima en la zona de estudio.

Tabla 76

Descargas medias mensuales para diferentres probabilidades, subcuenca Carac.

ESTACION	PACHAMACHAY	PARQUIN	SANTA CRUZ	PIRCA	CARAC
ALTITUD msnm	3175	3571	3583	3342	2630
DISTANCIA (Km)*	16.078	28.541	22.425	21.040	6.260
Wi	0.0039	0.0012	0.0020	0.0023	0.0255

Nota: Elaboración propia.

Tabla 77

Descargas medias mensuales para diferentres probabilidades, subcuenca Carac.

ESTACION	PACHAMACHAY	PARQUIN	SANTA CRUZ	PIRCA	CARAC
ALTURA msnm	3175	3571	3583	3342	2630
DISTANCIA (Km)*	16.078	28.541	22.425	21.04	7.321
Wi	0.0039	0.0012	0.0020	0.0023	0.0187

Nota: Elaboración propia.

Tabla 78

Precipitación máxima en 24 horas de las 5 estaciones meteorológicas.

AÑO	PACHAMACHAY	PARQUIN	SANTA CRUZ	PIRCA	CARAC
1966		31.2			20.0
1967		35.5	25.4		20.2
1968			14.0	10.4	16.0
1969		19.2	23.2	14.8	25.8
1970		19.5		17.8	46.8
1971		22.9	18.0	11.6	15.0
1972		26.2	39.5	19.8	16.5
1973		23.3	42.4	19.3	29.3
1974		23.4	32.5	12.3	27.0
1975		28.3	16.9	11.6	18.5
1976		25.5	20.8	16.9	23.0
1977		25.8	18.9	16.7	27.0
1978		44.8	19.3	12.1	13.8
1979		22.4	15.3	17.4	18.6
1980		16.5	33.7	14.4	20.2
1981		21.9	31.1	20.8	28.0
1982		35.3	25.0	18.2	25.2
1983		31.7	26.1	20.2	28.6
1984		35.5	35.2	18.6	28.0
1985		33.8	18.6	17.6	24.0
1986		19.0	22.9	20.8	23.5
1987		24.6	18.6	19.6	18.0
1988	15.4	20.9	20.9	17.1	22.0
1989	17.3	21.3	21.5	19.9	23.5
1990	15.3	23.4	19.7	19.1	16.7
1991	15.2	17.2	15.6	12.6	19.1
1992	13.8	22.8	14.2	15.8	11.6
1993	15.5	22.0	23.0	20.0	18.8
1994	16.5	28.8	17.6	17.4	16.5
1995	12.7	19.2	24.2	15.9	15.0
1996	15.1	50.2	23.0	23.5	18.5
1997	17.8	23.2	20.1	43.8	19.5
1998	19.0	20.3	24.0	25.2	28.3
1999	18.2	34.5	25.8	27.1	24.5
2000	17.4	21.8	23.7	23.2	20.7
2001	16.8	24.4	23.4	24.5	20.5
2002	17.0	26.0	40.7	12.5	12.0
2003	17.1	22.8	26.5	19.7	
2004	16.0	22.6	21.2	18.1	
2005	15.1	17.2	18.2	12.4	
2006	19.4	30.2	30.6	29.2	
2007	19.3	24.0	25.0	22.3	
2008	22.5	23.4	24.5	16.8	
2009	19.4	28.0	22.8	22.7	
2010	11.2	18.9	15.5	16.2	
2011	14.2		27.3	25.9	
2012	22.3	23.6	30.8	21.5	
2013	22.4	21.4	24.4	15.5	
2014					
2015					
2016	18.7	34.3		19.0	19.1
2017	21.9	28.4		17.4	22.7
2018	16.3	20.4	19.8	17.8	31.0
2019	28.4	28.3	16.0	22.7	41.6
2020	29.5	29.3	23.0	15.4	
2021	19.4	23.2	15.6	13.0	
2022	19.8	19.7	20	14.3	11.1

Nota: Elaboración propia.

En la Tabla 78 se presenta las precipitaciones máximas en 24 horas generadas para la microcuenca Lampian y la subcuenca Carac; las mismas que han sido afectadas por el factor 1.13, que recomienda la Organización Mundial de Meteorología.

Tabla 79

Precipitación máxima en 24 horas, microcuenca Lampián y subcuenca Carac.

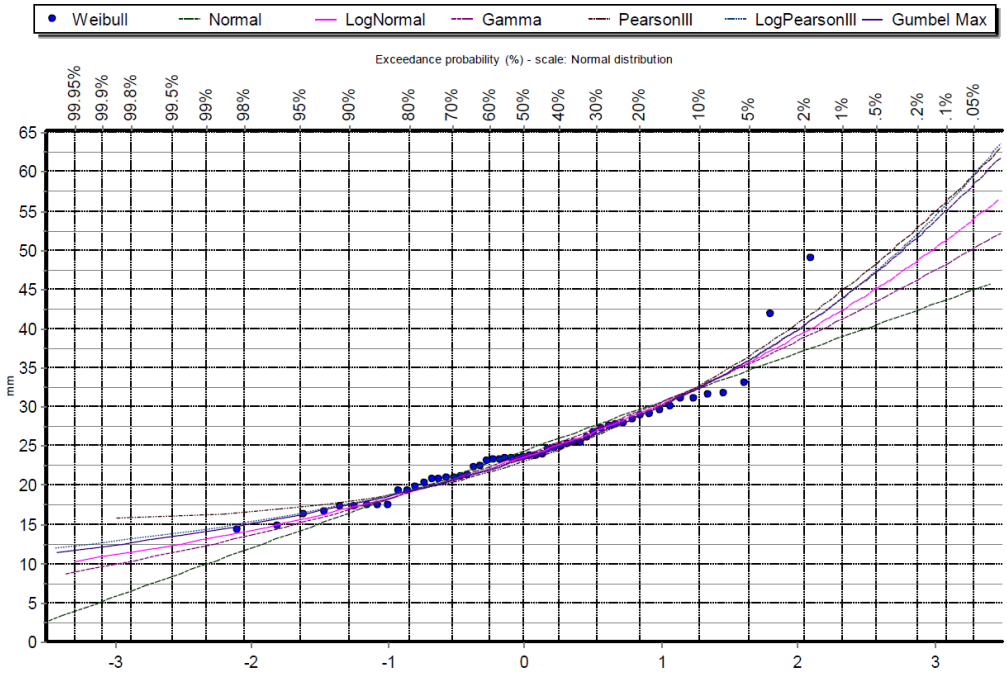
			Pmax24 horas corregidapor 1.13	
AÑO	MIC. LAMPIAN	MIC. CARAC	MIC. LAMPIAN	MIC. CARAC
1966	20.5	15.4	23.2	17.4
1967	21.2	16.4	24.0	18.5
1968	15.4	11.8	17.4	13.3
1969	24.6	18.9	27.8	21.3
1970	43.4	32.3	49.0	36.5
1971	15.3	11.9	17.2	13.5
1972	18.6	14.9	21.0	16.9
1973	29.2	22.7	33.0	25.6
1974	26.1	20.2	29.5	22.8
1975	18.3	14.2	20.7	16.0
1976	22.5	17.4	25.4	19.7
1977	25.7	19.7	29.0	22.3
1978	15.3	12.2	17.2	13.8
1979	18.5	14.3	20.8	16.2
1980	20.5	16.0	23.2	18.1
1981	27.4	21.2	31.0	24.0
1982	25.1	19.5	28.3	22.0
1983	28.0	21.6	31.6	24.4
1984	28.1	21.9	31.7	24.7
1985	23.6	18.3	26.6	20.6
1986	23.1	17.9	26.1	20.2
1987	18.4	14.4	20.8	16.3
1988	20.8	16.5	23.6	18.7
1989	22.4	17.8	25.3	20.1
1990	17.1	13.8	19.3	15.6
1991	18.0	14.2	20.3	16.1
1992	12.7	10.4	14.3	11.7
1993	18.9	15.2	21.3	17.1
1994	17.1	13.8	19.3	15.6
1995	15.5	12.5	17.5	14.2
1996	19.8	16.2	22.4	18.3
1997	21.1	17.2	23.8	19.5
1998	26.5	21.0	30.0	23.7
1999	24.4	19.6	27.6	22.1
2000	20.7	16.6	23.4	18.8
2001	20.7	16.6	23.3	18.8
2002	14.7	12.4	16.6	14.0
2003	20.5	20.5	23.1	23.1
2004	18.5	18.5	20.9	20.9
2005	15.4	15.4	17.4	17.4
2006	25.6	25.6	28.9	28.9
2007	21.9	21.9	24.7	24.7
2008	21.7	21.7	24.5	24.5
2009	22.1	22.1	24.9	24.9
2010	14.3	14.3	16.2	16.2
2011	20.7	20.7	23.4	23.4
2012	24.1	24.1	27.2	27.2
2013	21.0	21.0	23.8	23.8
2016	19.6	15.6	22.2	17.7
2017	22.5	17.7	25.4	20.0
2018	27.5	21.4	31.1	24.2
2019	37.0	28.8	41.8	32.5
2020	24.7	24.7	27.9	27.9
2021	17.5	17.5	19.8	19.8
2022	13.1	10.9	14.8	12.3

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Se analizó los datos de la precipitación máxima en 24 horas con 6 distribuciones de frecuencia para la estimación de los periodos de retorno: distribución normal, lognormal, Gamma, Pearson III, logPearson III y Gumbel. Para el análisis y la gestión de los datos hidrológicos, se utilizó el software Hydrognomon (Ver Figura 82).

Figura 85

Probabilidades de frecuencia para la precipitación máxima en 24 horas.



Nota: Elaboración propia.

Se realizó la prueba de Kolmogorov – Smirnov para definir la distribución de frecuencia que mejor se ajusta a los datos históricos y estimar los periodos de retorno (Ver Tabla 79 y Tabla 80).

Tabla 80

Valores del ∆máx del test de Kolmogorov – Smirnov.

Distribuciones de Frecuencia	Valores de Alfa			Porcentaje Alcanzado	DMax
	a=1%	a=5%	a=10%		
Normal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	73.17%	0.09272
LogNormal	Aceptado	Aceptado	Aceptado	91.68%	0.07495
Gamma	Aceptado	Aceptado	Aceptado	98.66%	0.06103
Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	41.25%	0.11946
Log Pearson III	Aceptado	Aceptado	Aceptado	75.20%	0.09104
EV1-Max (Gumbel)	Aceptado	Aceptado	Aceptado	73.98%	0.09206

Nota: Elaboración propia.

Tabla 81

Precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno.

PERIODO DE RETORNO	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS
Años	mm
2	23.85
5	29.40
10	32.62
25	36.29
50	38.80
100	41.15
200	43.37
500	46.17
1000	48.20

Nota: Elaboración propia.

Las intensidades máximas de la precipitación fueron determinadas relacionando la precipitación máxima, intensidad y duración mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{I = \frac{P}{t} \Longrightarrow I = \frac{P_D}{D}}$$

Además, se ha relacionado los factores propios de la zona de estudio para calcular la intensidad de la precipitación con la expresión:

$$\boldsymbol{I_{max} = \frac{K \times T^m}{D^n}}$$

Donde:

$\boldsymbol{I_{max}}$: Intensidad máxima (mm/min).

$\boldsymbol{P_D}$: Precipitación máxima para una duración D en minutos.

$\boldsymbol{P}$: Precipitación máxima (mm)

$\boldsymbol{T}$: Periodo de retorno en años.

$\boldsymbol{D}$: Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

$\boldsymbol{m}$ y $\boldsymbol{n}$: Factores característicos de la zona, en función al periodo de retorno y la duración de la lluvia.

Se ajustó la información de precipitaciones máximas mediante la fórmula de Dick y Pescke (Guevara & Cartaya, 1991) para obtener la precipitación máxima a diferentes duraciones (Tabla 81).

$$\boldsymbol{P_d = P_{24h} \times \left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25}}$$

Donde:

$\boldsymbol{P_d}$: Precipitación total para la duración $\boldsymbol{d}$.

$\boldsymbol{P_{24h}}$: Precipitación máxima en 24 horas para el periodo de retorno deseado (mm).

$\boldsymbol{d}$: Duración de la lluvia en minutos.

Con la información de la Tabla 81 de las precipitaciones máximas, se calcula las intensidades para diferentes períodos de retorno (Ver Tabla 82).

En la Figura 83 se muestran las curvas características Intensidad – Duración – Frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas para diferentes duraciones y diversos periodos de retorno.

Tabla 82

Precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno.

DURACION Minutos	PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO								
	23.85	29.40	32.62	36.29	38.80	41.15	43.37	46.17	48.20
	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
PRECIPITACION MAXIMA DE DURACION D mm (SEGÚN DICK PESCHKE)									
5	5.79	7.14	7.92	8.81	9.42	9.99	10.53	11.21	11.70
10	6.88	8.49	9.42	10.48	11.20	11.88	12.52	13.33	13.92
15	7.62	9.39	10.42	11.59	12.39	13.15	13.86	14.75	15.40
20	8.19	10.09	11.20	12.46	13.32	14.13	14.89	15.85	16.55
25	8.66	10.67	11.84	13.17	14.08	14.94	15.74	16.76	17.50
30	9.06	11.17	12.39	13.79	14.74	15.63	16.48	17.54	18.31
35	9.42	11.61	12.88	14.33	15.32	16.25	17.13	18.23	19.03
40	9.73	12.00	13.32	14.81	15.84	16.80	17.71	18.85	19.68
45	10.03	12.36	13.71	15.26	16.31	17.30	18.24	19.41	20.27
50	10.29	12.69	14.08	15.66	16.75	17.76	18.72	19.93	20.81
55	10.54	13.00	14.42	16.04	17.15	18.19	19.17	20.41	21.31
60	10.77	13.28	14.74	16.40	17.53	18.59	19.60	20.86	21.78
65	10.99	13.55	15.03	16.73	17.88	18.97	19.99	21.28	22.22
70	11.20	13.81	15.32	17.04	18.22	19.32	20.37	21.68	22.63
75	11.39	14.05	15.58	17.34	18.53	19.66	20.72	22.06	23.03
80	11.58	14.27	15.84	17.62	18.84	19.98	21.06	22.42	23.40
85	11.75	14.49	16.08	17.89	19.12	20.28	21.38	22.76	23.76
90	11.92	14.70	16.31	18.14	19.40	20.57	21.69	23.09	24.10
95	12.08	14.90	16.53	18.39	19.66	20.85	21.98	23.40	24.43
100	12.24	15.09	16.74	18.63	19.92	21.12	22.27	23.70	24.75
105	12.39	15.28	16.95	18.86	20.16	21.38	22.54	23.99	25.05
110	12.54	15.46	17.15	19.08	20.40	21.63	22.80	24.27	25.34
115	12.68	15.63	17.34	19.29	20.62	21.87	23.06	24.55	25.63
120	12.81	15.80	17.52	19.50	20.85	22.11	23.30	24.81	25.90
180	14.18	17.48	19.39	21.58	23.07	24.47	25.79	27.45	28.66
240	15.24	18.79	20.84	23.19	24.79	26.29	27.71	29.50	30.80
300	16.11	19.86	22.04	24.52	26.21	27.80	29.30	31.19	32.57
360	16.86	20.79	23.06	25.66	27.43	29.09	30.67	32.65	34.09
420	17.52	21.61	23.97	26.67	28.51	30.24	31.87	33.93	35.42
480	18.12	22.34	24.78	27.57	29.48	31.26	32.96	35.08	36.63
540	18.66	23.01	25.52	28.40	30.36	32.20	33.94	36.13	37.72
600	19.16	23.62	26.21	29.16	31.17	33.06	34.85	37.10	38.73
660	19.62	24.19	26.84	29.86	31.92	33.86	35.69	37.99	39.66
720	20.05	24.72	27.43	30.52	32.62	34.60	36.47	38.83	40.53
780	20.46	25.22	27.98	31.13	33.28	35.30	37.21	39.61	41.35
840	20.84	25.69	28.50	31.71	33.91	35.96	37.91	40.35	42.13
900	21.20	26.14	29.00	32.27	34.50	36.58	38.57	41.05	42.86
960	21.55	26.57	29.47	32.79	35.06	37.18	39.19	41.72	43.56
1020	21.88	26.97	29.92	33.29	35.59	37.75	39.79	42.36	44.22
1080	22.19	27.36	30.35	33.77	36.10	38.29	40.36	42.97	44.86
1140	22.49	27.73	30.77	34.23	36.60	38.81	40.91	43.55	45.47
1200	22.78	28.09	31.16	34.67	37.07	39.31	41.44	44.12	46.06
1260	23.06	28.44	31.55	35.10	37.52	39.80	41.95	44.66	46.62
1320	23.33	28.77	31.91	35.51	37.96	40.26	42.44	45.18	47.17
1380	23.59	29.09	32.27	35.90	38.39	40.71	42.91	45.68	47.69
1440	23.85	29.40	32.62	36.29	38.80	41.15	43.37	46.17	48.20

Nota: Elaboración propia.

Tabla 83

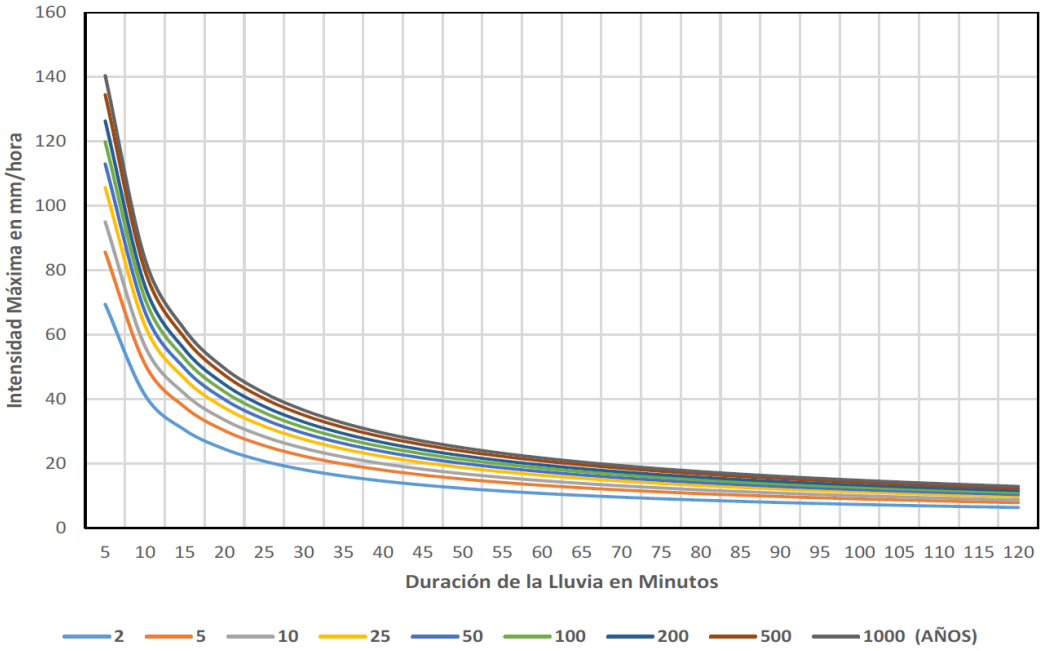
Intensidad máxima de la precipitación máxima en 24 horas (mm/h).

DURACION		INTENSIDAD MAXIMA mm/hora (SEGÚN DICK PESCHKE)								
		PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS								
		23.85	29.40	32.62	36.29	38.80	41.15	43.37	46.17	48.20
Horas	minutos	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS								
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000
		INTENSIDAD mm/hora								
0.083	5	69.46	85.64	95.01	105.71	113.01	119.86	126.34	134.50	140.42
0.167	10	41.30	50.92	56.49	62.85	67.20	71.27	75.13	79.98	83.49
0.250	15	30.47	37.57	41.68	46.37	49.58	52.58	55.43	59.00	61.60
0.333	20	24.56	30.28	33.59	37.37	39.96	42.38	44.67	47.55	49.64
0.417	25	20.77	25.61	28.41	31.61	33.80	35.85	37.79	40.23	41.99
0.500	30	18.12	22.34	24.78	27.57	29.48	31.26	32.96	35.08	36.63
0.583	35	16.14	19.90	22.08	24.56	26.26	27.85	29.36	31.25	32.63
0.667	40	14.60	18.00	19.97	22.22	23.76	25.20	26.56	28.28	29.52
0.750	45	13.37	16.48	18.28	20.34	21.75	23.07	24.32	25.88	27.02
0.833	50	12.35	15.23	16.90	18.80	20.10	21.31	22.47	23.92	24.97
0.917	55	11.50	14.18	15.73	17.50	18.71	19.84	20.92	22.27	23.25
1.000	60	10.77	13.28	14.74	16.40	17.53	18.59	19.60	20.86	21.78
1.083	65	10.15	12.51	13.88	15.44	16.51	17.51	18.45	19.65	20.51
1.167	70	9.60	11.83	13.13	14.61	15.61	16.56	17.46	18.58	19.40
1.250	75	9.11	11.24	12.47	13.87	14.83	15.73	16.58	17.65	18.42
1.333	80	8.68	10.71	11.88	13.21	14.13	14.98	15.79	16.81	17.55
1.417	85	8.30	10.23	11.35	12.63	13.50	14.32	15.09	16.07	16.77
1.500	90	7.95	9.80	10.87	12.10	12.93	13.72	14.46	15.39	16.07
1.583	95	7.63	9.41	10.44	11.62	12.42	13.17	13.88	14.78	15.43
1.667	100	7.34	9.06	10.05	11.18	11.95	12.67	13.36	14.22	14.85
1.750	105	7.08	8.73	9.69	10.78	11.52	12.22	12.88	13.71	14.31
1.833	110	6.84	8.43	9.35	10.41	11.13	11.80	12.44	13.24	13.82
1.917	115	6.61	8.15	9.05	10.06	10.76	11.41	12.03	12.81	13.37
2.000	120	6.41	7.90	8.76	9.75	10.42	11.05	11.65	12.40	12.95
3.000	180	4.73	5.83	6.46	7.19	7.69	8.16	8.60	9.15	9.55
4.000	240	3.81	4.70	5.21	5.80	6.20	6.57	6.93	7.38	7.70
5.000	300	3.22	3.97	4.41	4.90	5.24	5.56	5.86	6.24	6.51
6.000	360	2.81	3.46	3.84	4.28	4.57	4.85	5.11	5.44	5.68
7.000	420	2.50	3.09	3.42	3.81	4.07	4.32	4.55	4.85	5.06
8.000	480	2.26	2.79	3.10	3.45	3.68	3.91	4.12	4.39	4.58
9.000	540	2.07	2.56	2.84	3.16	3.37	3.58	3.77	4.01	4.19
10.000	600	1.92	2.36	2.62	2.92	3.12	3.31	3.48	3.71	3.87
11.000	660	1.78	2.20	2.44	2.71	2.90	3.08	3.24	3.45	3.61
12.000	720	1.67	2.06	2.29	2.54	2.72	2.88	3.04	3.24	3.38
13.000	780	1.57	1.94	2.15	2.39	2.56	2.72	2.86	3.05	3.18
14.000	840	1.49	1.84	2.04	2.27	2.42	2.57	2.71	2.88	3.01
15.000	900	1.41	1.74	1.93	2.15	2.30	2.44	2.57	2.74	2.86
16.000	960	1.35	1.66	1.84	2.05	2.19	2.32	2.45	2.61	2.72
17.000	1020	1.29	1.59	1.76	1.96	2.09	2.22	2.34	2.49	2.60
18.000	1080	1.23	1.52	1.69	1.88	2.01	2.13	2.24	2.39	2.49
19.000	1140	1.18	1.46	1.62	1.80	1.93	2.04	2.15	2.29	2.39
20.000	1200	1.14	1.40	1.56	1.73	1.85	1.97	2.07	2.21	2.30
21.000	1260	1.10	1.35	1.50	1.67	1.79	1.90	2.00	2.13	2.22
22.000	1320	1.06	1.31	1.45	1.61	1.73	1.83	1.93	2.05	2.14
23.000	1380	1.03	1.26	1.40	1.56	1.67	1.77	1.87	1.99	2.07
24.000	1440	0.99	1.23	1.36	1.51	1.62	1.71	1.81	1.92	2.01

Nota: Elaboración propia.

Figura 86

Curvas características Intensidad – Duración - Frecuencia.



Nota: Elaboración propia.

Al desarrollar las ecuaciones de la intensidad de precipitación, se obtuvo los valores de los parámetros $\boldsymbol{m = 0.1186}$, $\boldsymbol{n = -0.7500}$ y $\boldsymbol{K = 232.6427}$.

Se utilizó el software HEC-HMS para el cálculo de los caudales máximos de las unidades hidrográficas de la zona de estudio, valiéndose de los hietogramas en diferentes tiempos de retorno. Se ha considerado los siguientes parámetros:

El tiempo de retardo es el tiempo transcurrido desde el centro de gravedad del hietograma de precipitaciones al centro de gravedad del Hidrograma de caudales. Por otro lado, el tiempo de concentración se refiere al tiempo mínimo requerido en el que todos los puntos de la cuenca escurran agua hacia el punto de desagüe al mismo tiempo; el tiempo de concentración se estimó el tiempo de concentración mediante la fórmula empírica de Témez:

$$t_c = 0.3 \times \left(\frac{L}{i^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Donde:

t_c: Tiempo de concentración (horas).

L: Longitud del curso principal más largo (km).

i: Pendiente media del río (m/m).

En la Tabla 83 se presenta los parámetros necesarios para calcular la descarga máxima de los ríos Lampián y Carac mediante el uso del software HEC-HMS.

Tabla 84

Parámetros para determinar la descarga máxima con HEC-HMS.

NOMBRE DE RIO/QDA.	PUNTO DE CONTROL	AREA	LONGITUD CAUCE		COTA		PENDIENTE		TIEMPO
			PRINCIPAL	AL CG	+ ALTA	+ BAJA	CAUCE		CONCENTRACION*
		km2	Km	Km	msnm	msnm	m/m	%	minutos
LAMPIAN	PC_LAM	47.363	12.366	7.459	4850	2105	0.22	22.20	162
CARAC	PC_CAR	279.517	28.600	13.327	5100	2000	0.11	10.84	351

Nota: Elaboración propia.

Los hietogramas utilizados para la serie de precipitaciones corresponden a periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años (Ver Tabla 84, Tabla 85, Tabla 86, Tabla 87, Figura 84, Figura 85, Figura 86 y Figura 87).

Tabla 85

Hietograma de Tormenta de Diseño en mm para 25 años de periodo de retorno.

HIETOGRAMA DE TORMENTA DE DISEÑO

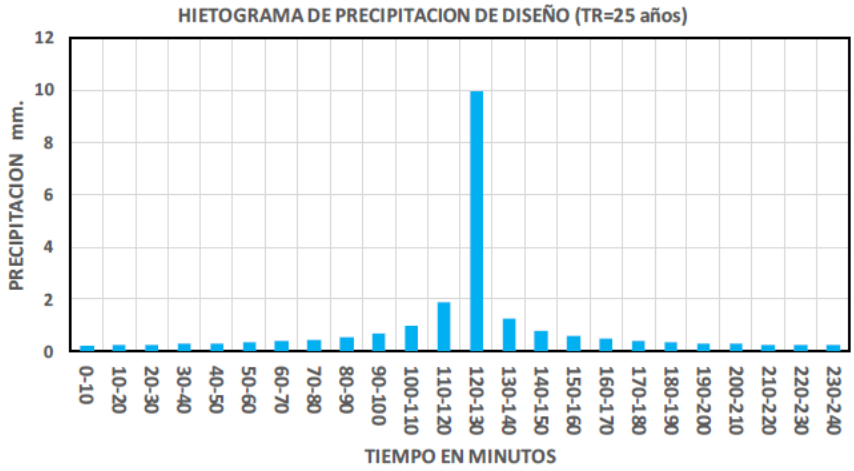
				0.106
K=	238.77		I=	**238.77 X T**
T=	25			-0.75
m=	0.1061			D
n=	-0.75			

DURACION minutos	INTENSIDAD mm/hora	PROFUNDIDAD ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO minutos	PRECIPITACION mm
10	59.75	9.96	9.96	0-10	0.23
20	35.53	11.84	1.88	10-20	0.25
30	26.21	13.11	1.26	20-30	0.27
40	21.12	14.08	0.98	30-40	0.29
50	17.87	14.89	0.81	40-50	0.32
60	15.59	15.59	0.69	50-60	0.35
70	13.88	16.20	0.61	60-70	0.40
80	12.56	16.75	0.55	70-80	0.46
90	11.50	17.25	0.50	80-90	0.55
100	10.62	17.71	0.46	90-100	0.69
110	9.89	18.14	0.43	100-110	0.98
120	9.27	18.53	0.40	110-120	1.88
130	8.73	18.91	0.37	120-130	9.96
140	8.26	19.26	0.35	130-140	1.26
150	7.84	19.60	0.34	140-150	0.81
160	7.47	19.92	0.32	150-160	0.61
170	7.14	20.22	0.30	160-170	0.50
180	6.84	20.51	0.29	170-180	0.43
190	6.57	20.79	0.28	180-190	0.37
200	6.32	21.06	0.27	190-200	0.34
210	6.09	21.32	0.26	200-210	0.30
220	5.88	21.57	0.25	210-220	0.28
230	5.69	21.81	0.24	220-230	0.26
240	5.51	22.04	0.23	230-240	0.24

Nota: Elaboración propia.

Figura 87

Hietograma para 25 años de periodo de retorno.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 86

Hietograma de Tormenta de Diseño en mm para 50 años de periodo de retorno.

HIETOGRAMA DE TORMENTA DE DISEÑO

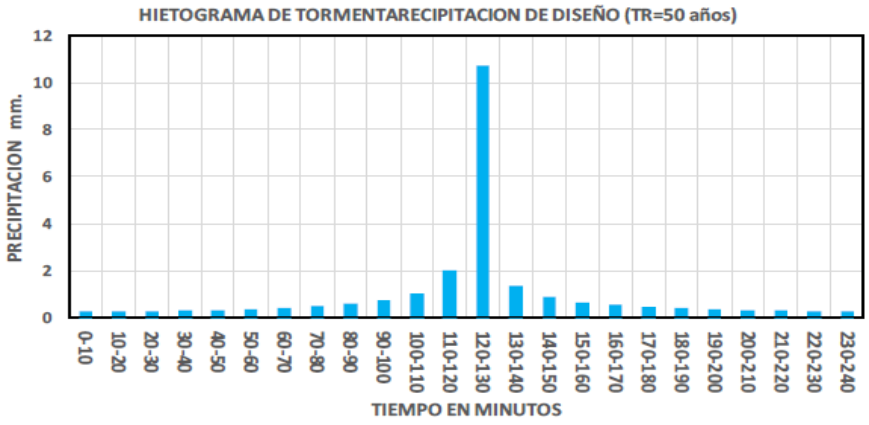
				0.106
K=	238.77		I=	238.77 X T
T=	50			-0.75
m=	0.1061			D
n=	-0.75			

DURACION minutos	INTENSIDAD mm/hora	PROFUNDIDAD ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO minutos	PRECIPITACION mm
10	64.31	10.72	10.72	0-10	0.25
20	38.24	12.75	2.03	10-20	0.27
30	28.21	14.11	1.36	20-30	0.29
40	22.74	15.16	1.05	30-40	0.31
50	19.23	16.03	0.87	40-50	0.34
60	16.77	16.77	0.75	50-60	0.38
70	14.94	17.43	0.66	60-70	0.43
80	13.52	18.03	0.59	70-80	0.50
90	12.38	18.56	0.54	80-90	0.59
100	11.44	19.06	0.50	90-100	0.75
110	10.65	19.52	0.46	100-110	1.05
120	9.97	19.95	0.43	110-120	2.03
130	9.39	20.35	0.40	120-130	10.72
140	8.89	20.73	0.38	130-140	1.36
150	8.44	21.09	0.36	140-150	0.87
160	8.04	21.44	0.34	150-160	0.66
170	7.68	21.76	0.33	160-170	0.54
180	7.36	22.08	0.31	170-180	0.46
190	7.07	22.38	0.30	180-190	0.40
200	6.80	22.67	0.29	190-200	0.36
210	6.56	22.94	0.28	200-210	0.33
220	6.33	23.21	0.27	210-220	0.30
230	6.12	23.47	0.26	220-230	0.28
240	5.93	23.72	0.25	230-240	0.26

Nota: Elaboración propia.

Figura 88

Hietograma para 50 años de periodo de retorno.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 87

Hietograma de Tormenta de Diseño en mm para 100 años de periodo de retorno.

HIETOGRAMA DE TORMENTA DE DISEÑO

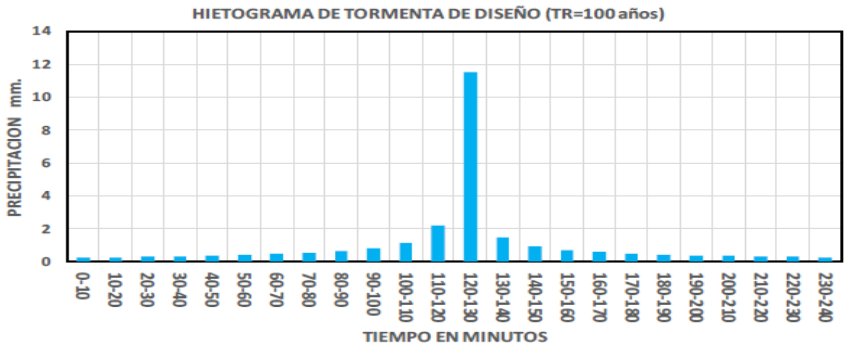
				0.106
K=	238.77	I=	238.77 X T	
T=	100			-0.75
m=	0.1061			D
n=	-0.75			

DURACION minutos	INTENSIDAD mm/hora	PROFUNDIDAD ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO minutos	PRECIPITACION mm
10	69.22	11.54	11.54	0-10	0.27
20	41.16	13.72	2.18	10-20	0.29
30	30.36	15.18	1.46	20-30	0.31
40	24.47	16.31	1.13	30-40	0.34
50	20.70	17.25	0.94	40-50	0.37
60	18.06	18.06	0.80	50-60	0.41
70	16.08	18.76	0.71	60-70	0.46
80	14.55	19.40	0.64	70-80	0.53
90	13.32	19.98	0.58	80-90	0.64
100	12.31	20.51	0.53	90-100	0.80
110	11.46	21.01	0.49	100-110	1.13
120	10.74	21.47	0.46	110-120	2.18
130	10.11	21.91	0.43	120-130	11.54
140	9.56	22.31	0.41	130-140	1.46
150	9.08	22.70	0.39	140-150	0.94
160	8.65	23.07	0.37	150-160	0.71
170	8.27	23.42	0.35	160-170	0.58
180	7.92	23.76	0.34	170-180	0.49
190	7.61	24.09	0.32	180-190	0.43
200	7.32	24.40	0.31	190-200	0.39
210	7.06	24.70	0.30	200-210	0.35
220	6.81	24.98	0.29	210-220	0.32
230	6.59	25.26	0.28	220-230	0.30
240	6.38	25.53	0.27	230-240	0.28

Nota: Elaboración propia.

Figura 89

Hietograma para 100 años de periodo de retorno.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 88

Hietograma de Tormenta de Diseño en mm para 200 años de periodo de retorno.

HIETOGRAMA DE TORMENTA DE DISEÑO

K= 238.77 I= 238.77 X T^0.106

T= 200 -0.75

m= 0.1061 D

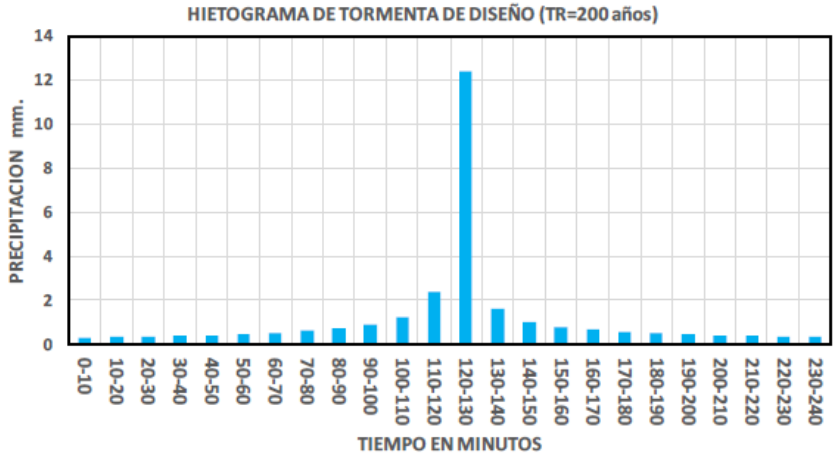
n= -0.75

DURACION minutos	INTENSIDAD mm/hora	PROFUNDIDAD ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO mm	PRECIPITACION mm
10	74.50	12.42	12.42	0-10	0.29
20	44.30	14.77	2.35	10-20	0.31
30	32.68	16.34	1.58	20-30	0.33
40	26.34	17.56	1.22	30-40	0.36
50	22.28	18.57	1.01	40-50	0.40
60	19.43	19.43	0.87	50-60	0.44
70	17.31	20.20	0.76	60-70	0.50
80	15.66	20.88	0.69	70-80	0.57
90	14.34	21.51	0.62	80-90	0.69
100	13.25	22.08	0.57	90-100	0.87
110	12.33	22.61	0.53	100-110	1.22
120	11.56	23.11	0.50	110-120	2.35
130	10.88	23.58	0.47	120-130	12.42
140	10.29	24.02	0.44	130-140	1.58
150	9.77	24.44	0.42	140-150	1.01
160	9.31	24.83	0.40	150-160	0.76
170	8.90	25.21	0.38	160-170	0.62
180	8.53	25.58	0.36	170-180	0.53
190	8.19	25.92	0.35	180-190	0.47
200	7.88	26.26	0.33	190-200	0.42
210	7.59	26.58	0.32	200-210	0.38
220	7.33	26.89	0.31	210-220	0.35
230	7.09	27.19	0.30	220-230	0.32
240	6.87	27.48	0.29	230-240	0.30

Nota: Elaboración propia.

Figura 90

Hietograma para 200 años de periodo de retorno.



Nota: Elaboración propia.

Se utilizó para la determinación del número de curva mediante el método del Soil Conservation Service (1986), la Tabla 88 que relaciona el uso de la tierra, las obras de conservación, las condiciones hidrológicas para la infiltración y la permeabilidad del suelo (Schwab et al, 1990).

El uso de la tierra refiere al nivel de protección del suelo frente al impacto de las gotas de lluvia por parte de la cobertura vegetal, considerando desde barbechos y cultivos hasta suelo compactado o asfaltado.

Respecto a las labores en el terreno que inducen la escorrentía:

- La clasificación *R* implica que se realiza los trabajos relacionados con la agricultura sin considerar la pendiente del terreno.
- La clasificación C se otorga cuando se cultiva por curvas de nivel (terrenos con pendientes menores a 2%).
- La clasificación C-T consiste en cultivos por curvas de nivel además de terrazas con desagüe para la conservación del suelo.

Las condiciones hidrológicas del suelo para la infiltración suelen ser mejores cuando la cobertura vegetal o nivel de materia orgánica es mayor y el suelo presenta menor compactación.

Por último, se clasificó la permeabilidad del suelo en 4 grupos hidrológicos en base a su profundidad, textura e infiltración:

- Grupo A: Suelo con más permeabilidad incluso en condiciones de saturación, profundos y sueltos, con predominancia de arena o grava con muy pocos finos. Presenta menor escorrentía. Tasa de infiltración de entre 8 y 12 mm/hora.
- Grupo B: Suelo con permeabilidad moderada en saturación, presenta textura arenosa de profundidad media. Tasa de infiltración de entre 4 y 8 mm/hora.

- Grupo C: Suelo poco permeable al saturarse por la presencia de un estrato impermeable o por su textura arcillosa. Tasa de infiltración de entre 1 y 4 mm/hora.
- Grupo D: Suelo que ofrece mayor escorrentía, puede ser un terreno muy arcilloso con altas probabilidades de tumefacción o un terreno que presenta subsuelo impermeable en la superficie o próximo a esta. Tasa de infiltración menor a 1 mm/hora.

En base a las características de las unidades hidrográficas de Lampián y Carac, se consideró pasto natural del grupo B con buenas condiciones para la infiltración. Por tanto, el número de curva en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj es 61.

Tabla 89

Valores para el número de curva según el Soil Conservation Service (1986).

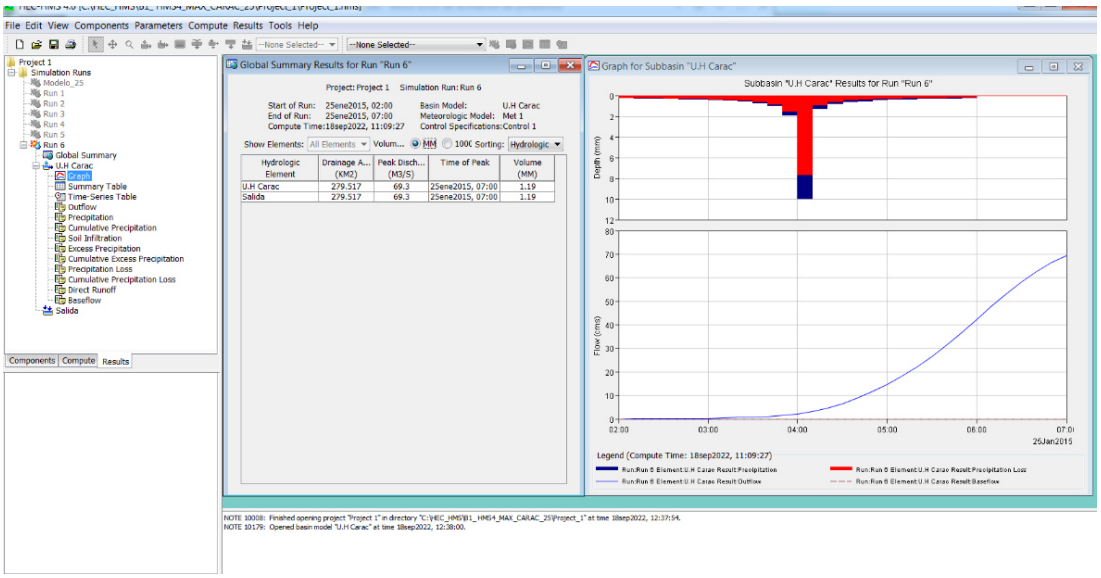
Cubierta del suelo			Grupos hidrológicos del suelo			
Clase	Laboreo	Condiciones para la infiltración	A	B	C	D
Barbecho	---	---	77	86	91	94
Cultivos alineados	R	Pobres	72	81	88	91
	R	Buenas	67	78	85	89
	C	Pobres	70	79	84	88
	C	Buenas	65	75	82	86
	C-T	Pobres	66	74	80	82
	C-T	Buenas	62	71	78	81
Cultivos no alineados o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobres	65	76	84	88
	R	Buenas	63	75	83	87
	C	Pobres	63	74	82	85
	C	Buenas	61	73	81	84
	C-T	Pobres	61	72	79	82
	C-T	Buenas	59	70	78	81
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternativa	R	Pobres	66	77	84	88
	R	Buenas	58	72	81	85
	C	Pobres	64	75	83	85
	C	Buenas	55	69	78	83
	C-T	Pobres	63	73	80	83
	C-T	Buenas	51	67	76	80
Pastizales (pastos naturales)	---	Pobres	68	79	86	89
	---	Regulares	49	69	79	84
	---	Buenas	39	61	74	80
	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	---	---	30	58	71	78
Montes con pastos (ganadero-forestal)	---	Pobres	45	66	77	83
	---	Regulares	36	60	73	79
	---	Buenas	25	55	70	77
Bosques (forestal)	---	Muy pobres	56	75	86	91
	---	Pobres	46	68	78	84
	---	Regulares	36	60	70	76
	---	Buenas	26	52	63	69
	---	Muy buenas	15	44	54	61
Caseríos	---	---	59	74	82	86
Caminos en tierra	---	---	72	82	87	89
Caminos en firme	---	---	74	84	90	92

Nota: Adaptado de *Ingeniería de conservación de suelos y agua* (Schwab et al, 1990, pp. 570).

Finalmente se determinó las descargas máximas en cada periodo de retorno para diseñar las estructuras hidráulicas de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj mediante el software HEC-HMS.

Figura 91

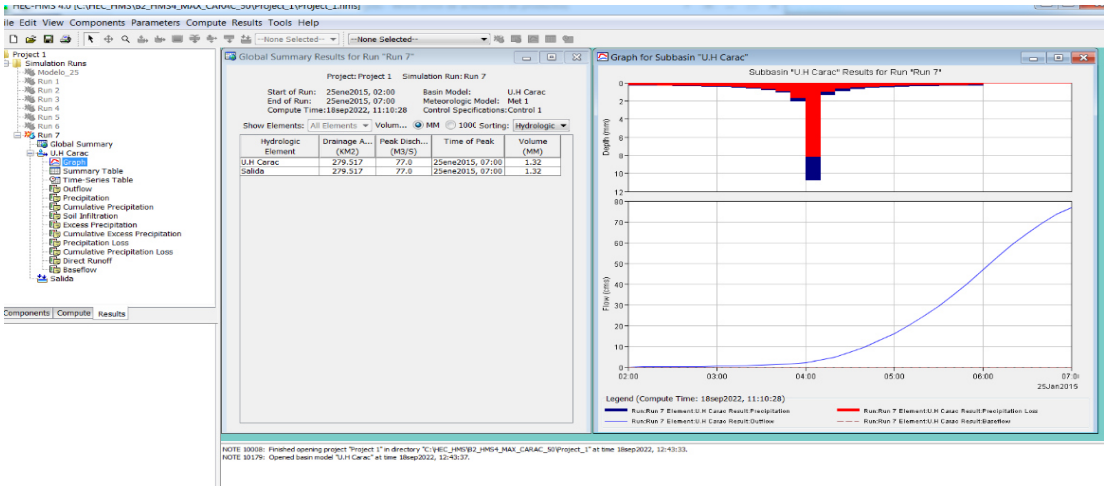
Descargas máximas en la unidad hidrográfica Carac, periodo de retorno de 25 años.



Nota: Elaboración propia.

Figura 92

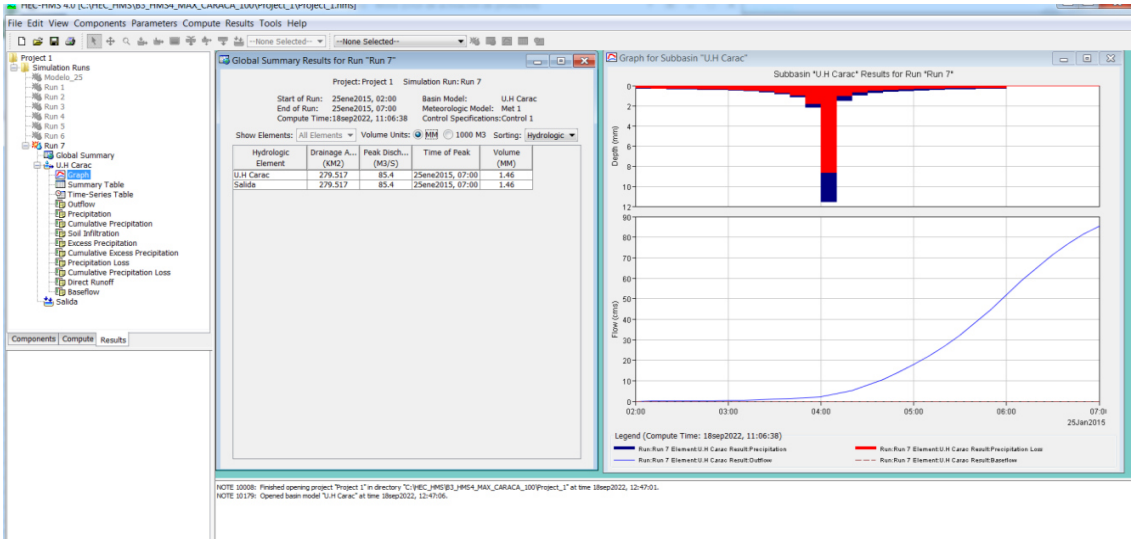
Descargas máximas en la unidad hidrográfica Carac, periodo de retorno de 50 años.



Nota: Elaboración propia.

Figura 93

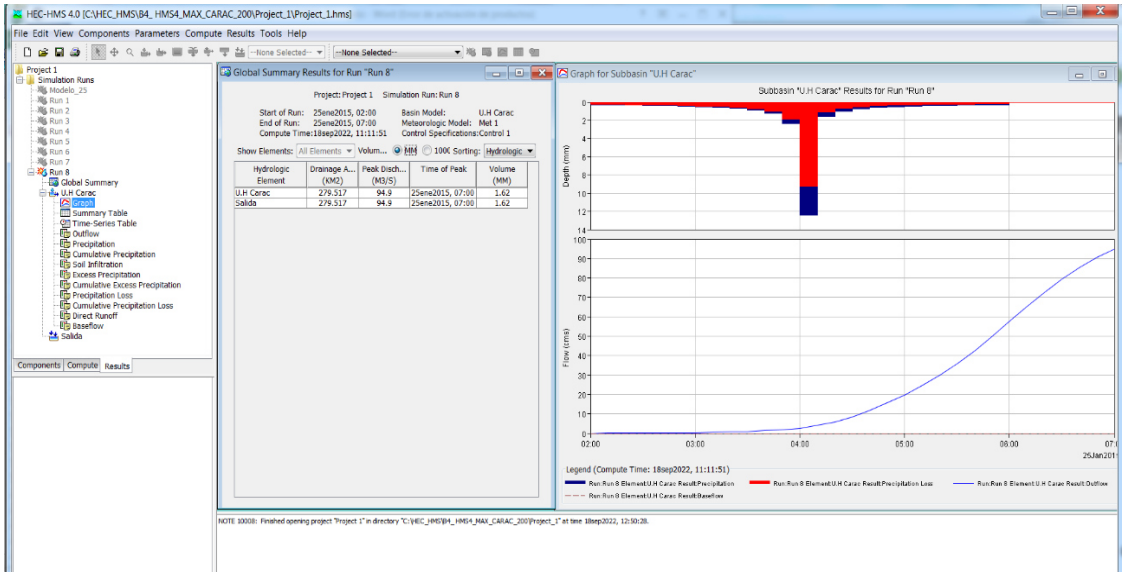
Descargas máximas en la unidad hidrográfica Carac, periodo de retorno de 100 años.



Nota: Elaboración propia.

Figura 94

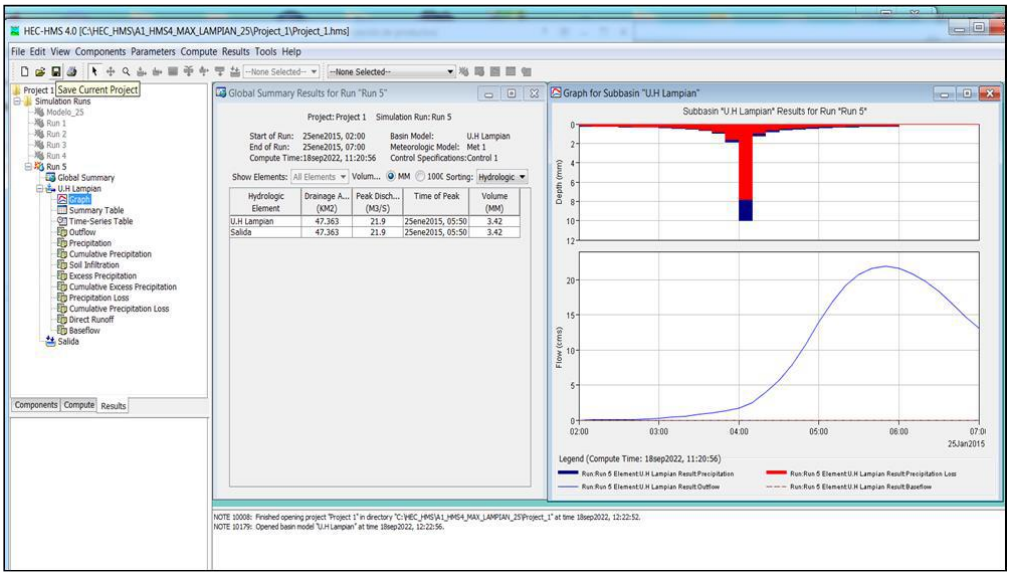
Descargas máximas en la unidad hidrográfica Carac, periodo de retorno de 200 años.



Nota: Elaboración propia.

Figura 95

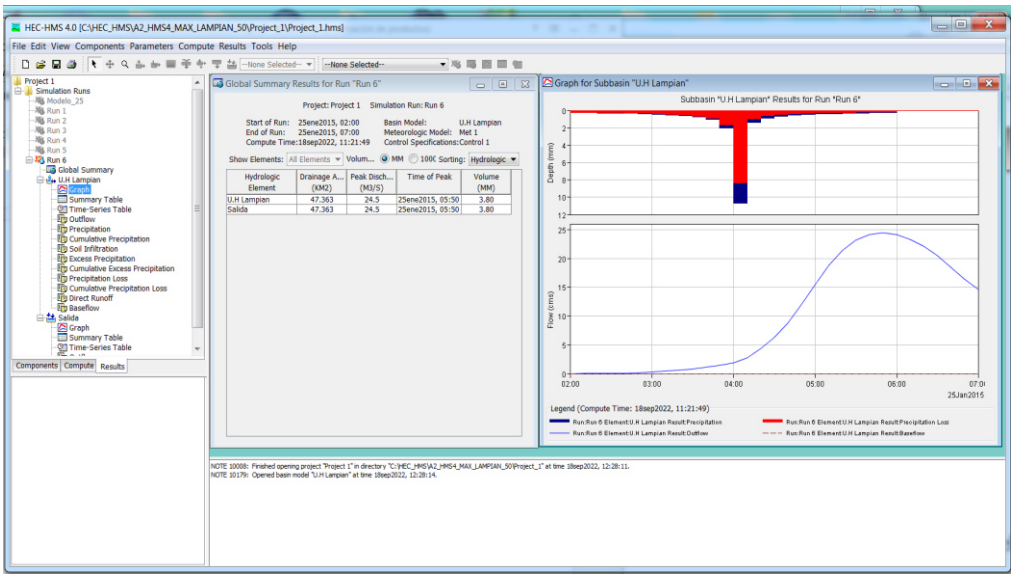
Descargas máximas en la unidad hidrográfica Lampián, periodo de retorno de 25 años.



Nota: Elaboración propia.

Figura 96

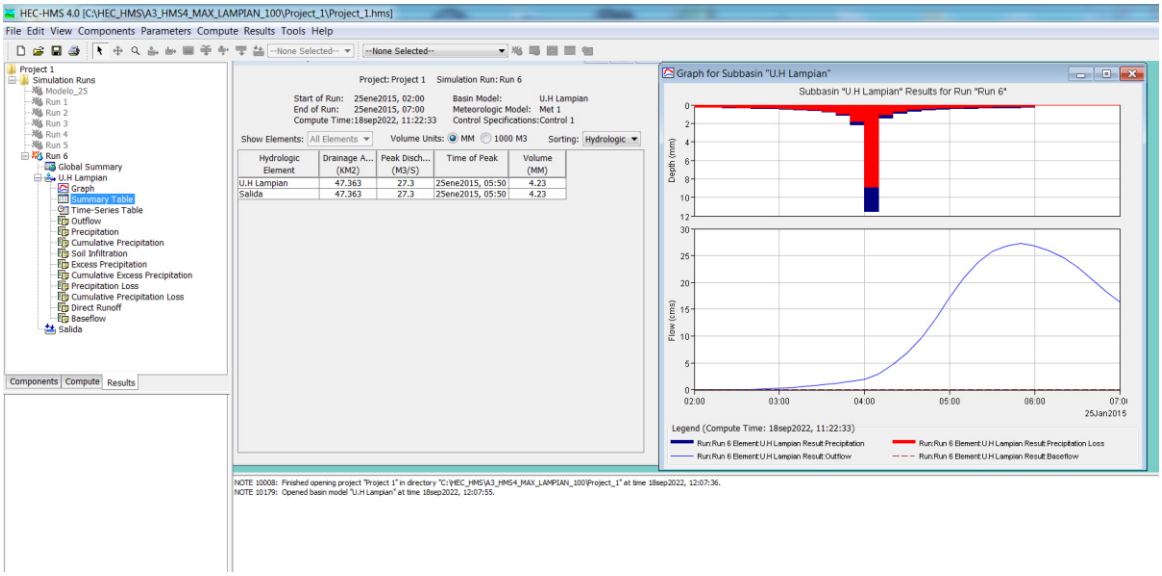
Descargas máximas en la unidad hidrográfica Lampián, periodo de retorno de 50 años.



Nota: Elaboración propia.

Figura 97

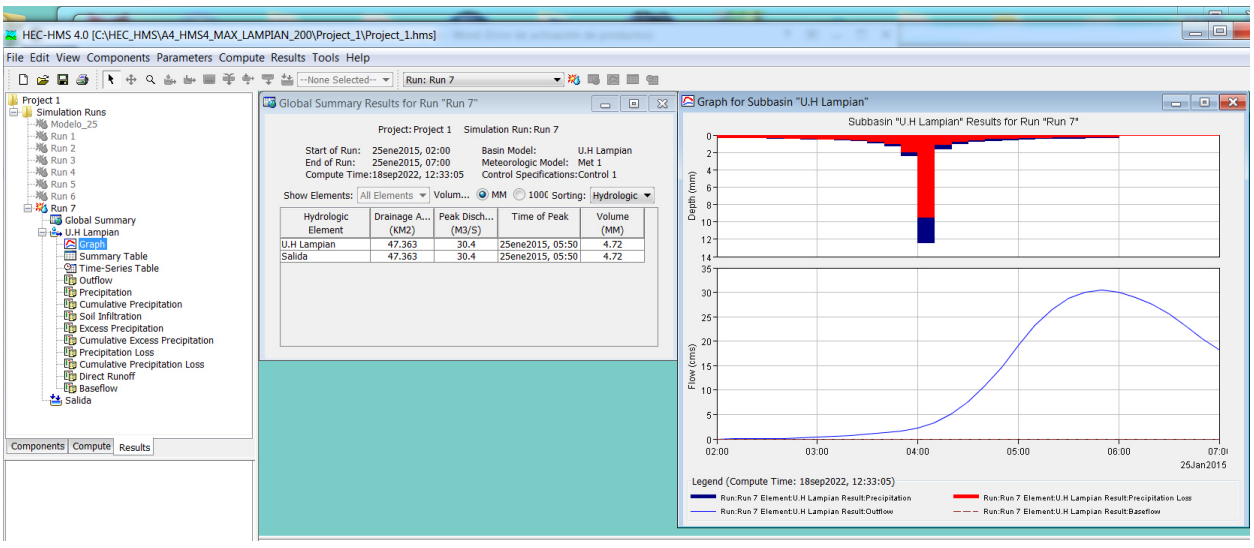
Descargas máximas en la unidad hidrográfica Lampián, periodo de retorno de 100 años.



Nota: Elaboración propia.

Figura 98

Descargas máximas en la unidad hidrográfica Lampián, periodo de retorno de 200 años.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 90

Resumen de descargas máximas en las unidades hidrográficas Carac y Lampián.

NOMBRE RIO/QDA.	PUNTO CONTROL	AREA km2	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)			
			25	50	100	200
LAMPIAN	PC_LAM	47.363	21.9	24.5	27.3	30.4
CARAC	PC_CAR	279.517	69.3	77.0	85.4	94.9

Nota: Elaboración propia.

5.4. Diseño hidráulico de captación y línea de conducción

Se realizó los cálculos y el diseño a partir de lo especificado en el ítem 2.2.4.

5.4.1. Generalidades del diseño

Para el diseño de la captación se consideró caudales de avenida máxima de 85.40 m^3/s para el sector Canchapilca Baja (Río Carac) y de 27.30 m^3/s para el sector Rumoj (río Lampian), respectivamente, para un período de retorno de 100 años.

En cuanto a la socavación, se consideró caudales con tiempo de retorno de 200 años, con 94.90 m^3/s para el sector Canchapilca Baja y de 30.40 m^3/s para el sector Rumoj.

Por su parte, las juntas de usuarios certifican caudales aprovechables de 100 l/s para el sector Canchapilca Baja y 40 l/s para el sector Rumoj en épocas de avenidas, completando las dotaciones de la principal campaña de cultivos.

5.4.2. Longitud de Barraje

En base a los metodos de Blench – Altunin y Simons – Albertson, los anchos de río calculados para los sectores Canchapilca Baja y Rumoj se muestran en la Tabla 90.

Tabla 91

Resumen del cálculo del ancho de río.

SECTOR	CAUDAL DE DISEÑO (Q) (m3/s)	FACTOR DE ORILLA (Fo)	FACTOR DR FONDO (Fb)	CONDICIONES DE RIO (K1)	ANCHO DE RIO (bm) SEGÚN BLENCH-ALTUNIN	ANCHO DE RIO (bm) SEGÚN SIMONS Y ALBERTSON
CANCHAPILCA BAJA	85.40	0.10	1.20	2.80	57.94	25.88
RUMOJ	27.30	0.10	1.20	2.80	32.76	14.63

Nota: Elaboración propia.

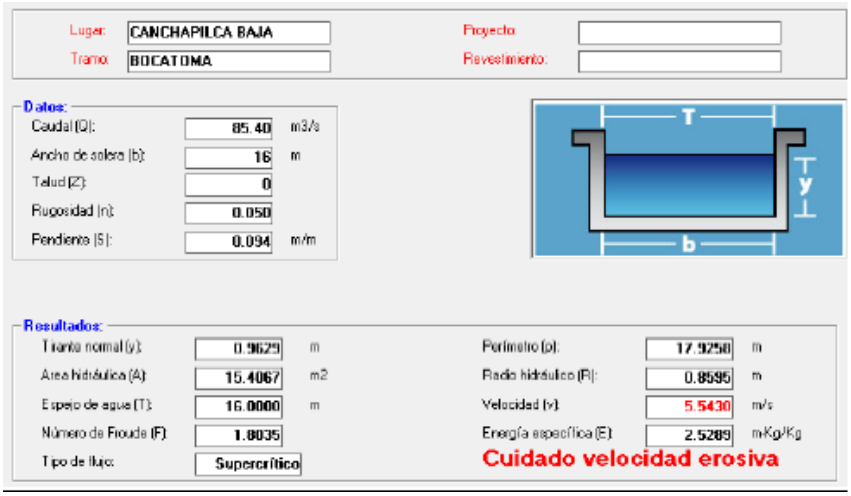
Sin embargo, en trabajo de campo se midió los anchos de sección del río de cada sector, siendo 17.00 m en el sector Canchapilca Baja y 12.00 m en el sector Rumoj.

5.4.3. Características hidráulicas del río

Con la suposición de un cauce rectangular del río, con ancho de encauzamiento determinado previamente y utilizando la ecuación de Manning para los caudales máximos, se calculó los tirantes del rio para la zona de emplazamiento de las captaciones de los sectores Canchapilca Baja (Ver Figura 96) y Rumoj (Ver Figura 97).

Figura 99

Resultados Hcanales para el río Carac – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 100

Resultados Hcanales para el río Lampián – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Se determinó un coeficiente de rugosidad de Manning del rio en ambos sectores de 0.050, correspondiente a cursos naturales, con fondo de cantos rodados y grandes rocas; a partir del Manual de Hidrología y Drenaje del MTC (2008).

Nótese que en ambos sectores, el flujo presenta un régimon supercrítico. En el río Carac se obtuvo un tirante de 0.96 m y una velocidad de 5.54 m/s, mientras que en el río Lampián se obtuvo un tirante de 0.56 m, una velocidad de 4.05 m/s.

5.4.4. Socavación general

A partir del método de Lischtvan – Lebediev, se obtuvo profundidades de socavación en el sector de Canchapilca Baja de 1.66 m y en el sector de Rumoj de 0.80 m (Ver Tabla 91). Se redondeó las siguientes profundidades a 1.80 m en el sector de Canchapilca Baja y 0.90 m en el sector Rumoj.

Tabla 92

Resumen del cálculo de la profundidad de socavación.

SECTOR	Q (m3/s)	Factor (a)	Ancho (bo)	Tirante t (m)	Diam. Medio Dm (mm)	Coef. B	1/1+X	Socav. ts (m)	Prof. Socav. Hs (m)
CANCHAPILCA BAJA	94.90	6.13	16.0	0.98	20	1.05	0.76	2.64	1.66
RUMOJ	30.40	6.28	12.0	0.58	20	1.05	0.76	1.38	0.80

Nota: Elaboración propia.

5.4.5. Enrocado de Protección

Las propiedades morfológicas naturales de los Ríos Lampian y Carac y las formaciones geológicas de sus valles generan irregularidad en los regímenes hidrológicos y diferentes regímenes de escorrentías de las temporadas de avenidas y estiaje, además de una ilimitada alimentación con los sólidos gruesos, tanto de las orillas como del fondo.

Por lo indicado anteriormente, las captaciones se ven afectadas por la inestabilidad de las orillas de ambos ríos y fondos de su cauce en época de avenidas. Para mitigar este problema, se diseñó la protección con enrocado a partir del cálculo de los diámetros de roca mediante los métodos general, Maynord y del U.S. Department of Transportation (Ver ítem 2.2.4.4.).

Según los cálculos de dimensionamiento del volumen de roca (Ver Tabla 92) se considerará los del método general donde para el sector de Canchapilca Baja se requieren de volúmenes de roca de hasta 2.91 m los cuales se considerará bloques de hasta 1.20 m adheridos entre sí con mezcla de concreto y para el sector de Rumoj se requiere diámetros de roca de hasta 1.23 m.

Tabla 93

Resumen del cálculo del enrocado de protección.

SECTOR	Q (m3/s)	Prof. De uña (m)	Ancho de uña	Altura de muro (m)	Diámetro de roca Método General (m)	Diámetro de roca Método Maynord (m)	Diámetro de roca Método U.S. Dep. Trans. (m)
CANCHAPILCA BAJA	85.40	1.20	2.00	3.00	2.91	6.20	4.07
RUMOJ	27.30	0.60	1.00	2.00	1.23	2.71	1.44

Nota: Elaboración propia.

5.4.6. Captación

En base a las condiciones topográficas, hidrológicas y geotécnicas de las zonas de estudio, se planteó las siguientes infraestructuras de captación:

Para el sector Canchapilca Baja, se consideró un azud o barraje a lo ancho del rio y una captación del tipo de fondo “tirolesa”, con una toma en la parte derecha del azud. Además, se planteó un muro de encauzamiento de concreto armado, desrripiador, vertedero de excedencias, canal de aproximación, desarenador y medidor de caudal.

Para el sector de Rumoj, se consideró un azud o barraje fijo a lo ancho del rio, se tendrá un muro de encauzamiento de concreto armado con muro de canal de limpia, desrripiador, vertedero de excedencias, canal de aproximación, desarenador y medidor de caudal.

5.4.6.1. Criterios de diseño

Según consideraciones hidrológicas, se diseñó la captación a partir de caudales de avenida máxima para un periodo de retorno de 100 años. En el sector Canchapilca Baja, se consideró un caudal de diseño de 85.40 m^3/s, mientras que en el sector Rumoj, un caudal de diseño de 27.30 m^3/s.

De acuerdo a la información recabada sobre distribuciones y dotaciones para los beneficiarios, se diseñó el canal de conducción considerando un caudal de 0.100 m^3/s para el sector Canchapilca Baja y de 0.040 m^3/s para el sector Rumoj.

Con el fin de atenuar el ingreso de sólidos en suspensión y arrastre, las ventanas de captación se ubicarán a 0.50 m sobre el nivel del lecho del río Carac, en el sector Canchapilca Baja y a 0.30 m sobre el nivel del lecho del río Lampián, en el sector Rumoj.

5.4.6.2. Azud de captación

Se diseñó un azud con perfil tipo Creager en base al método del United States Bureau of Reclamation, desarrollado en el ítem 2.2.4.5.1. En la Tabla 93 se muestra los resultados de las dimensiones del azud para ambos sectores.

Tabla 94

Resultados de dimensiones de azud.

SECTOR	Q (m3/s)	Tirante (h) Encima de azud m	Tirante (h1) Debajo de azud m	Tirante (h2) Debajo de rio m	Longitud de Cuenca (L) m
CANCHAPILCA BAJA	85.40	1.64	0.85	2.66	9.04
RUMOJ	27.30	0.87	0.51	1.46	4.73

Nota: Elaboración propia.

5.4.6.3. Toma tipo tirolesa

Se diseñó una toma tipo tirolesa a partir de las fórmulas de Krochin, desarrolladas en el ítem 2.2.4.5.1. En la Tabla 94 se muestra los resultados del cálculo de las dimensiones de las tomas tipo tirolesa para ambos sectores.

Tabla 95

Resultados de toma tipo tirolesa.

SECTOR	Factor (CK)	Q diseño (m3/s)	Longitud de rejilla (b) m	Ancho de rejilla (L) m	Tirante que se produce en galería m
CANCHAPILCA BAJA	3.16	0.10	1.29	0.50	0.27
RUMOJ	3.16	0.04	0.91	0.30	0.14

Nota: Elaboración propia.

Figura 101 *Perfil CREAGER*

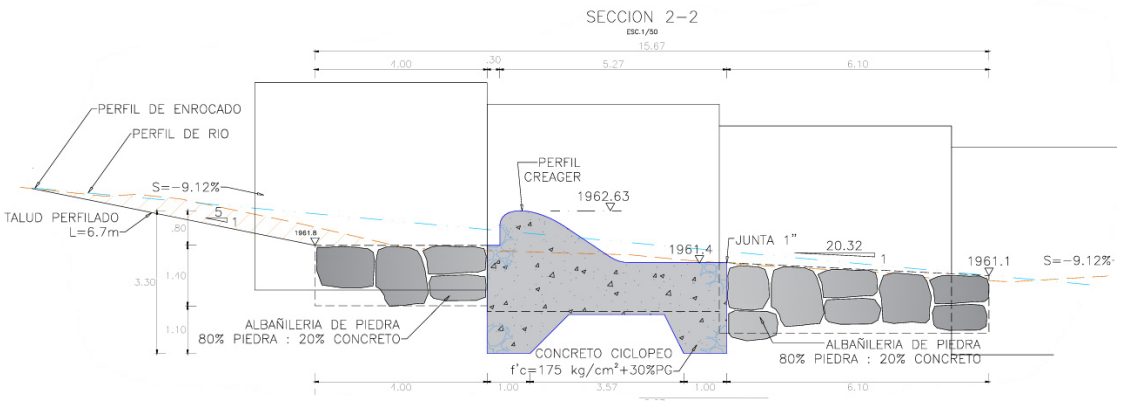


Figura 102 *Detalle de la captacion*

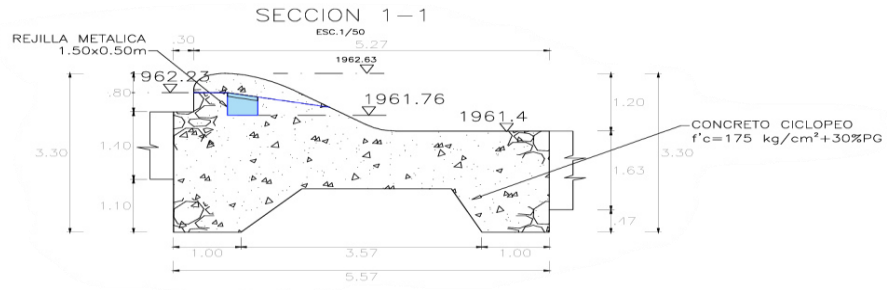
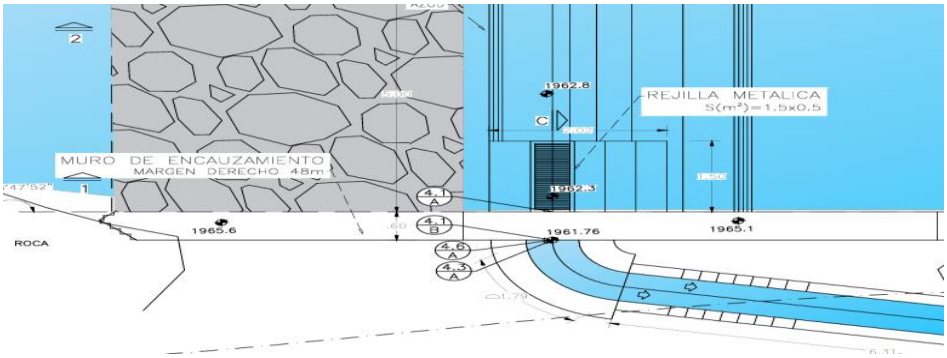


Figura 103 *Vista en planta*



Nota: Elaboración propia.

Por otra parte mediante la expresión:

$$\boldsymbol{Q = \mu \times a \times b \times \sqrt{2 \times g \times t_o}}$$

Se evaluó el funcionamiento de la toma en épocas de avenidas, dándose debido a una descarga sumergida. En la Tabla 95 se muestra el resultado de dicha evaluación para ambos sectores.

Tabla 96

Resultados de toma tipo tirolesa.

SECTOR	Tirante max. (to) m	Ancho agujero (a) m	Altura agujero (b) m	Coeficiente de agujero (u)	Caudal por agujero (Q) M3/s	Tirante que se produce despues de agujero m
CANCHAPILCA BAJA	1.90	0.40	0.30	0.70	0.51	0.38
RUMOJ	1.50	0.20	0.20	0.70	0.15	0.21

Nota: Elaboración propia.

5.4.6.4. Desarenador

Se diseñó el desarenador bajo el método de Eghiazaroff, desarrollado en el ítem 2.2.4.5.3. Se muestra los resultados del cálculo de las dimensiones de los desarenadores para cada sector en la Tabla 96.

Tabla 97

Resultados de las dimensiones del desarenador.

SECTOR	Velocidad de agua en desarenador m/s	Profundidad de desarenador m	Longitud de desarenador m	Ancho desarenador m
CANCHAPILCA BAJA	0.20	1.00	3.20	2.60
RUMOJ	0.20	0.80	2.60	1.20

Nota: Elaboración propia.

5.4.6.5. Vertedero

Con el fin de controlar el caudal ingresante y evitar problemas de exceso de caudal por mala operación de compuertas de regulación, se consideró ubicar un vertedero lateral a 100 m de cada captación aguas abajo del canal de aproximación. A partir de la relación de Forchheimer, desarrollado en el ítem 2.2.4.5.4., se realizó el diseño del vertedero para cada sector (Ver Tabla 97).

Tabla 98

Resultados de las dimensiones del vertedero

SECTOR	Caudal de ingreso max (Qo) m3/s	Tirante en poza desarenador (to) m	Longitud de vetedero (L) m	Caudal después de vertedero (Qu) m3/s	Tirante después de vertedero (tu) m
CANCHAPILCA BAJA	0.51	0.35	8.00	0.15	0.15
RUMOJ	0.15	0.21	4.00	0.04	0.078

Nota: Elaboración propia.

5.4.7. Canal de aproximación

5.4.7.1. Criterios de diseño

Se propuso canales de sección rectangular, revestidos con concreto y con capacidad para conducir un caudal de diseño de 0.100 m^3/s para el sector Canchapilca Baja y de 0.040 m^3/s para el sector Rumoj, cubriendo la necesidad de los cultivos. La altura del muro del canal de aproximación revestido se rige al critero de empuje de tierras.

La velocidad máxima permisible de estos canales fue de 6.00 m/s para mitigar la erosión en el revestimiento, mientras que la velocidad mínima de diseño fue de 0.60 m/s para evitar la sedimentación en cada canal. Por otra parte, se consideró un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.015 por el revestimiento de concreto.

Como se menciona en el ítem 2.2.4.6, el United States Bureau of Reclamation sugiere para el borde libre un valor máximo de 0.30 m y un mínimo de 0.20 m en grandes canales, procurando que dicho borde no sea menor a la tercera parte del tirante. El espesor sugerido para el revestimiento es de 0.15 m tanto en la base como en los taludes, tomando en cuenta las temperaturas en la zona.

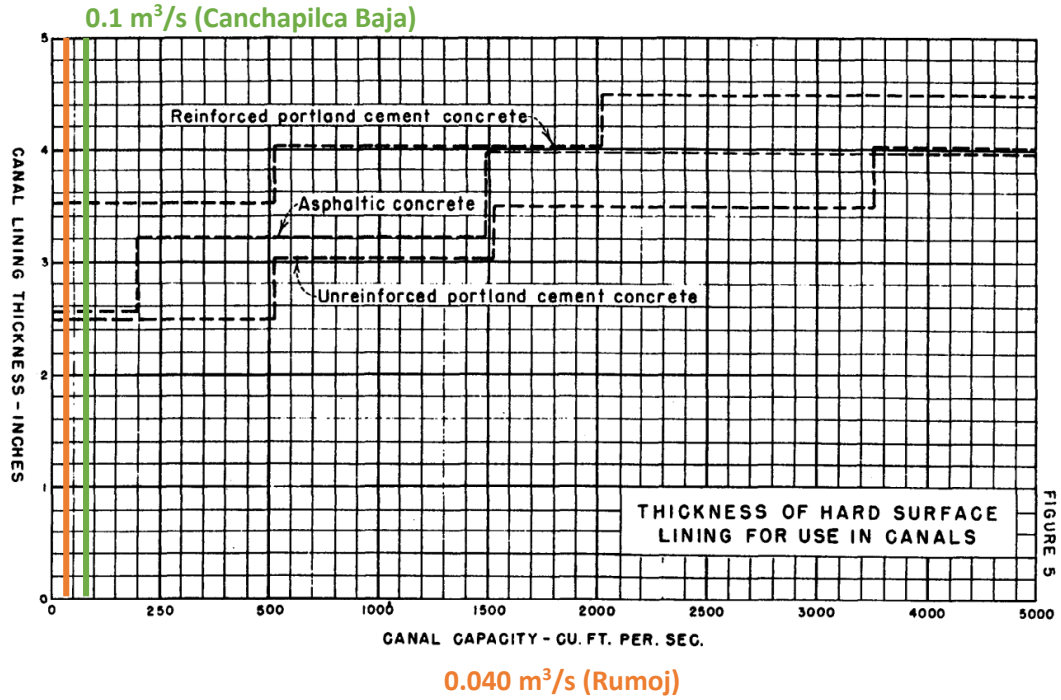
Por último, se recomienda que las juntas de dilatación estén separadas cada 5.00 m por condiciones constructivas.

5.4.7.2. Revestimiento

Se proyectó el uso de concreto armado de resistencia f'c = 280 kg/cm^2. En base al método de la USBR, se estimó un revestimiento de entre 3½" de espesor en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj (Ver Figura 98). Sin embargo, por proceso contructivo, se ha considerado un espesor del revestimiento de 0.20 m en base y taludes para ambos sectores.

Figura 104

Espesor de revestimiento en relación con el caudal transportado por el canal.



Nota: Adaptado de *Canals and related structures* (United States Bureau of Reclamation, 1967).

5.4.7.3. Caja de canal

Se tomó las resoluciones administrativas emitidas por la Administración Técnica del Distrito de Riego Chancay – Huaral, N° 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H y N° 005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (Comunicación personal, 29 de agosto del 2023), en las que se etablece áreas de riego para los sectores Canchapilca Baja y Rumoj (Ver Tabla 98).

Tabla 99

Áreas de riego según resoluciones administrativas

SECTOR	RESOLUCION ADMINISTRATIVA	AREAS DE RIEGO (ha)
CANCHAPILCA BAJA	N° 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H	80.20
RUMOJ	N° 005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H	11.11

Nota: Adaptado de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Con la información de las resoluciones administrativas antes mencionadas y, teniendo en cuenta las dotaciones para las áreas de influencia de los canales que presenta cultivos de frutales (mayormente manzanas) y los tiempos de riego para los cultivos, se estima caudales de diseño para los canales de aproximación (Ver Tabla 99).

Tabla 100

Resultado del cálculo de los caudales de diseño

SECTOR	Dotacion (m3/seg)	N° usuarios regando	N° riegos por temporada	Tiempo de riego (Horas)	Usuarios	Volumen (m3)	Caudal de diseño m3/s
CANCHAPILCA BAJA	0.033	3.00	6	2.50	127.00	680,000.88	0.100
RUMOJ	0.040	1.00	4	1.16	45.00	30,120.34	0.040

Nota: Elaboración propia.

Se muestra las características hidráulicas de las secciones típicas de las líneas de conducción en los sectores Canchapilca Baja (Tabla 100) y Rumoj (Tabla 101).

Tabla 101

Características hidráulicas y geométricas de línea de conducción (canal y tubería) – Sector Canchapilca Baja.

N° Tramo	De (km)	A (km)	Longitud de tramo (km)	Tipo de seccion	Pendiente (m/m)	Caudal (M3/S)	Coef. n de Manning	Tirante de agua (m)	Altura de muro (m)	Borde libre (m)	Ancho Plantilla (m)	Talud de muro	Espejo de agua (m)	Velocidad /m/s)	N° Froud	Tipo de flujo
1	0+000	0+030	0.030	1	0.0150	0.1000	0.0150	0.110	0.60	0.49	0.60	0.00	0.60	1.52	1.46	supercritico
2	0+030	0+065	0.035	2	0.0631	0.1000	0.0150	0.078	0.50	0.42	0.50	0.00	0.50	2.55	2.91	supercritico
3	0+065	0+083	0.018	2	0.0270	0.1000	0.0150	0.104	0.50	0.40	0.50	0.00	0.50	1.92	1.90	supercritico
4	0+097	0+120	0.023	2	0.0490	0.1000	0.0150	0.085	0.50	0.41	0.50	0.00	0.50	2.35	2.57	supercritico

Tabla 102

Diseño hidraulico por presion de elementos geometricos.

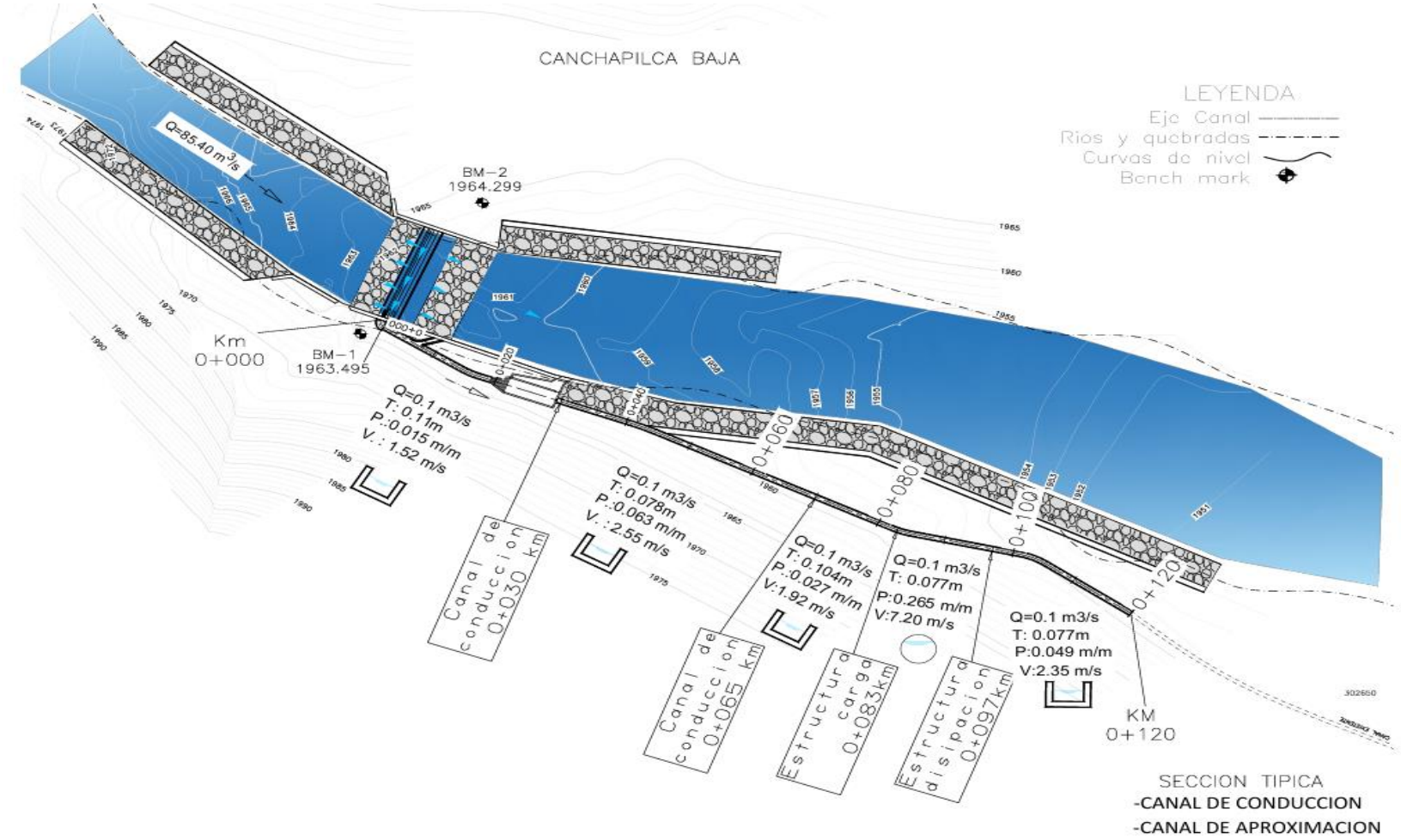
N° Tramo	De (km)	A (km)	Longitud de tramo (km)	Pendiente (m/m)	Caudal (M3/S)	Coef. n de Manning	Diametro nominal (m)	Tirante de agua (m)	Porcentaje de calado	Diametro interno (m)	Espejo de agua (m)	Velocidad /m/s)	N° Froud	Tipo de flujo
1	0+083	0+097	14.00	0.2650	0.1000	0.009	0.300	0.077	26%	0.280	0.25	7.20	9.77	Supercritico

Nota: Elaboración propia.

Para el diseño de las líneas de conducción, se optó por cambiar la sección de canal abierto de concreto a tuberías de PVC (Φ 12”) entre las progresivas 0+083 y 0+097 en el sector Canchapilca Baja porque presenta un cambio abrupto de pendiente, para evitar la construcción de otras obras de artes tales como caídas, desrripiadores, entre otros, ya que elevaría el costo de la línea de conducción.

Figura 105

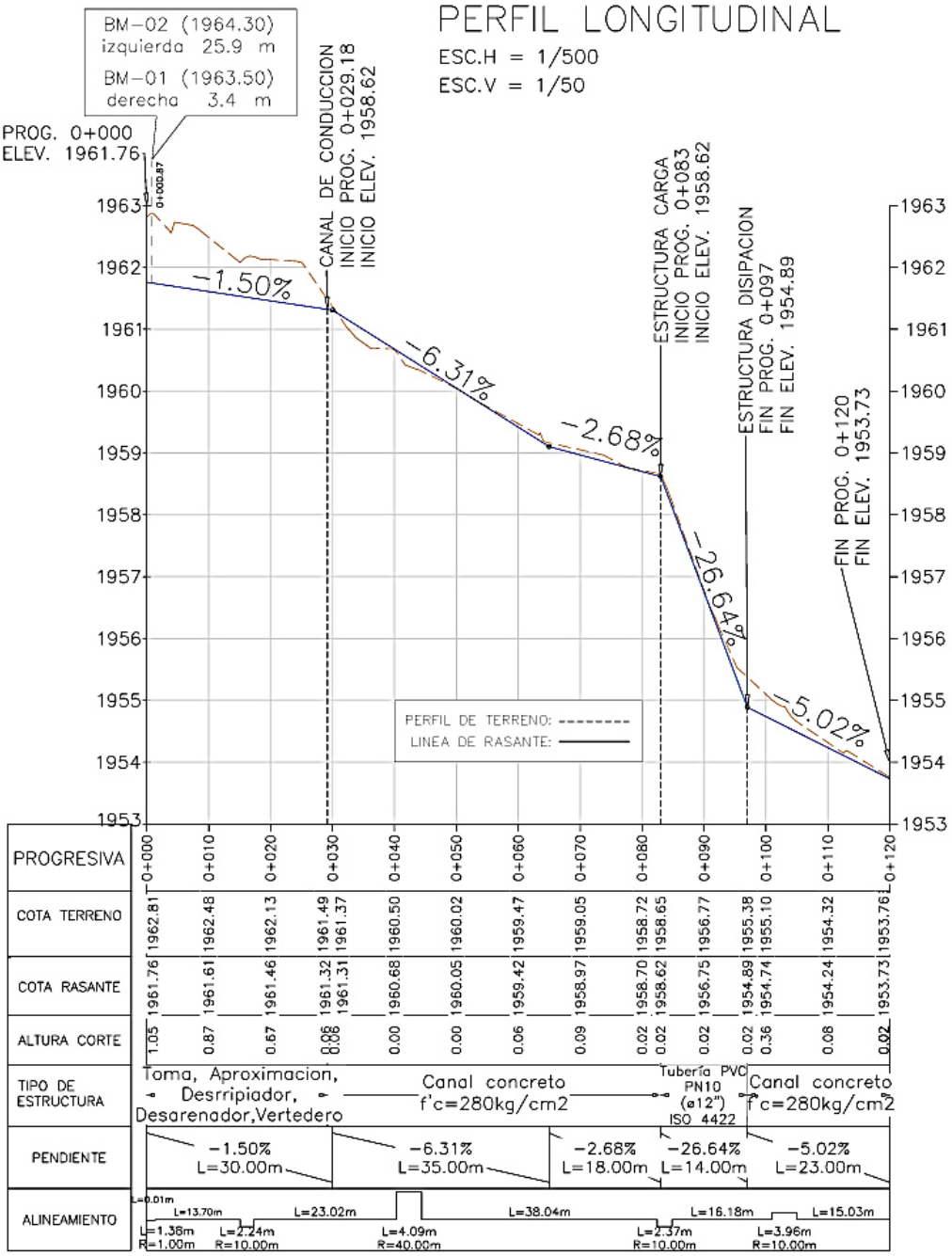
Linea de Conduccion – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración Propia

Figura 106

Perfil longitudinal – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia

Tabla 103

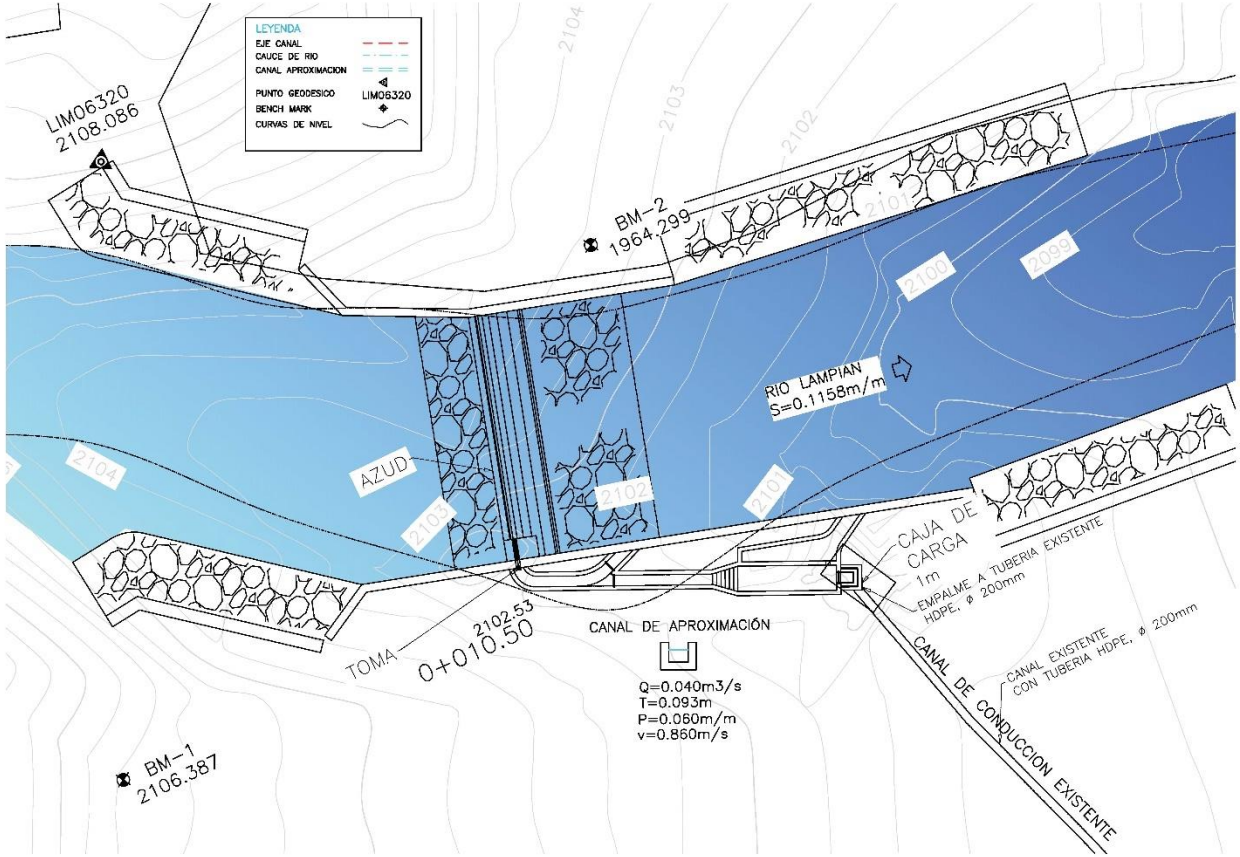
Características hidráulicas y geométricas de línea de conducción (canal) – Sector Rumoj.

N° Tramo	De (km)	A (km)	Longitud de tramo (km)	Tipo de seccion	Pendiente (m/m)	Caudal (M3/S)	Coef. n de Manning	Tirante de agua (m)	Altura de muro (m)	Borde libre (m)	Ancho Plantilla (m)	Talud de muro	Espejo de agua (m)	Velocidad /m/s)	N° Froud	Tipo de flujo
1	0+000	0+016	0.016	1	0.0060	0.0400	0.0150	0.093	0.50	0.41	0.50	0.00	0.50	0.86	0.90	subcritico

Nota: Elaboración propia.

Figura 107

Perfil longitudinal – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia

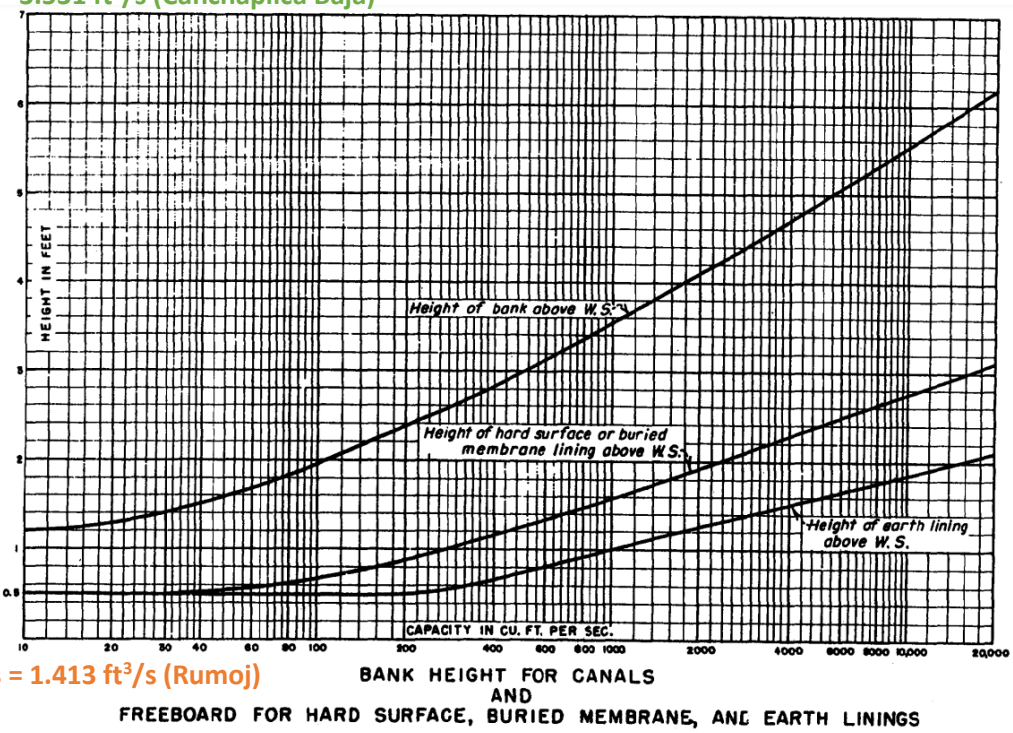
5.4.7.4. Borde libre

Siguiendo el método del USBR, se estimó el borde libre en función del revestimiento y el caudal máximo a conducir, tal como se muestra en la Figura 99.

Figura 108

Espesor de revestimiento en relación con el caudal transportado por el canal.

0.1 m^3/s = 3.531 ft^3/s (Canchapilca Baja)



0.040 m^3/s = 1.413 ft^3/s (Rumoj)

BANK HEIGHT FOR CANALS AND FREEBOARD FOR HARD SURFACE, BURIED MEMBRANE, AND EARTH LININGS

Nota: Adaptado de *Canals and related structures* (United States Bureau of Reclamation, 1967).

Los bordes libres miden entre 0.15 m y 0.20 m como mínimo, o lo equivalente a la tercera parte del tirante del canal, pudiendo ser mayor al presentar un flujo de régimen supercrítico. Así, se garantiza la función de absorber los caudales de ingreso al canal (drenajes), eventuales caídas de objetos al canal o pérdidas de rugosidad de Manning por la operación y mantenimiento del canal.

5.5. Modelamiento hidráulico

El modelamiento consiste en una representación bidimensional o tridimensional de la estructura hidráulica en condiciones parcialmente reales, sometida a eventos hidráulicos tales como crecidas del río, erosión, socavación, flujo de detritos, así como los esfuerzos de corte, presión o deformación, con el fin de determinar los parámetros necesarios para su óptimo diseño.

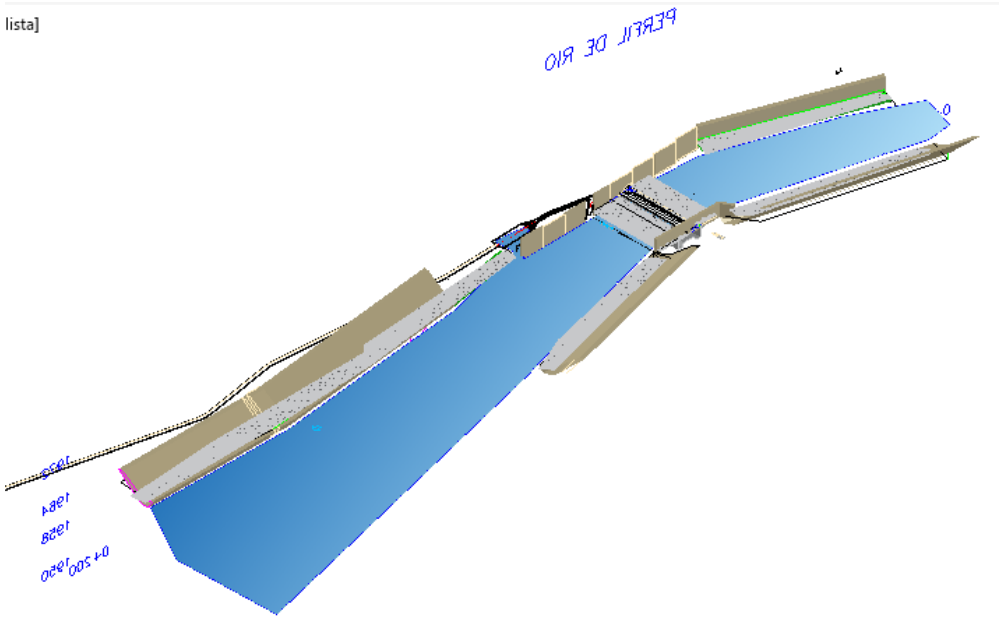
Se realizó un modelamiento de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj sin obra y con obra:

5.5.1. Sector Canchapilca Baja

Se consideró un caudal de 85.40 m^3/s, una pendiente de 0.094 y números de Manning de 0.050 sin obra y 0.015 con obra.

Figura 109

Modelamiento de obra en sector Canchapilca baja.



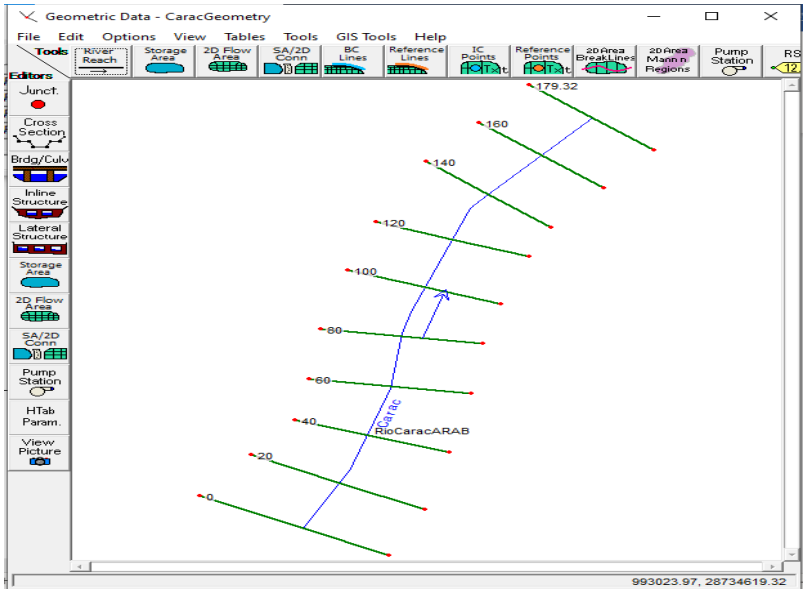
Nota: Elaboración propia.

5.5.1.1. Río Carac

Se creó un proyecto en el programa HEC-RAS, con la siguiente información:

Figura 110

Geometría del río Carac – Sector Canchapilca Baja sin obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 111

Coeficiente de Manning – Sector Canchapilca Baja sin obra.

Edit Manning's n or k Values

River: Carac | Edit Interpolated XS's | Channel n Values have a light green background

Reach: RioCaracARAB | All Regions

Selected Area Edit Options

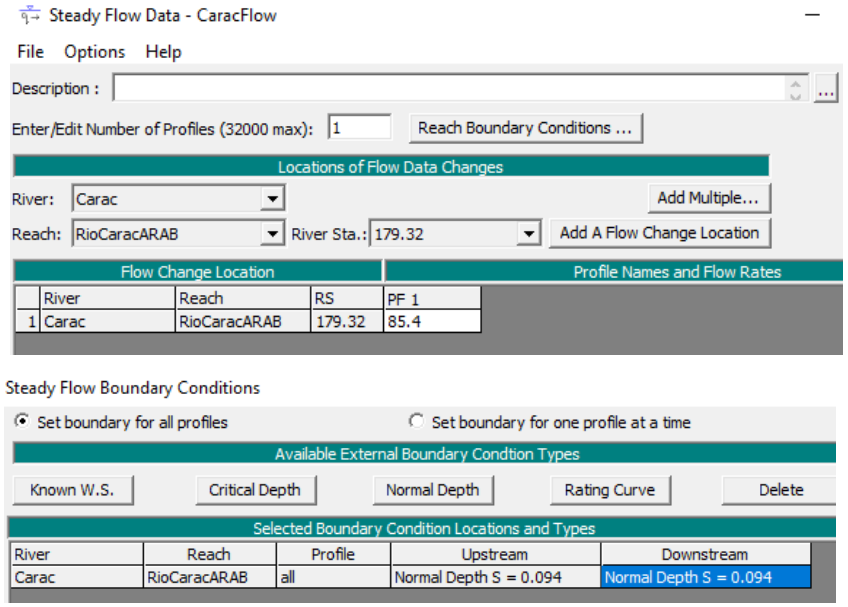
Add Constant ... | Multiply Factor ... | Set Values ... | Replace ... | Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	179.32	n	0.05	0.05	0.05
2	160	n	0.05	0.05	0.05
3	140	n	0.05	0.05	0.05
4	120	n	0.05	0.05	0.05
5	100	n	0.05	0.05	0.05
6	80	n	0.05	0.05	0.05
7	60	n	0.05	0.05	0.05
8	40	n	0.05	0.05	0.05
9	20	n	0.05	0.05	0.05
10	0	n	0.05	0.05	0.05

Nota: Elaboración propia.

Figura 112

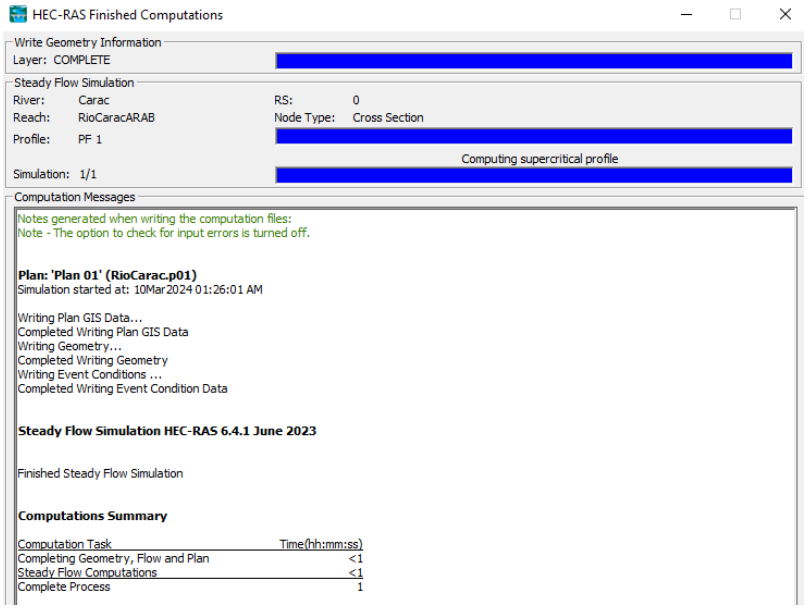
Datos del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 113

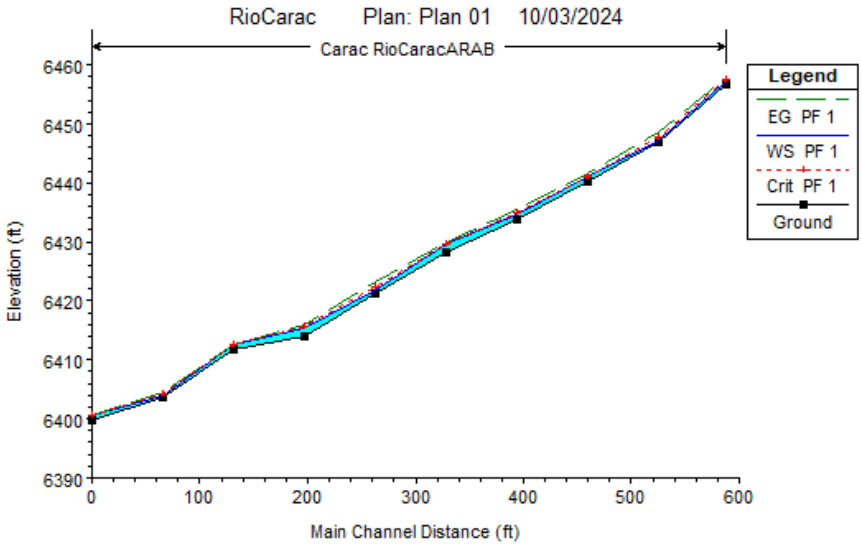
Cálculo del HEC-RAS – Sector Chancapilca Baja sin obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 114

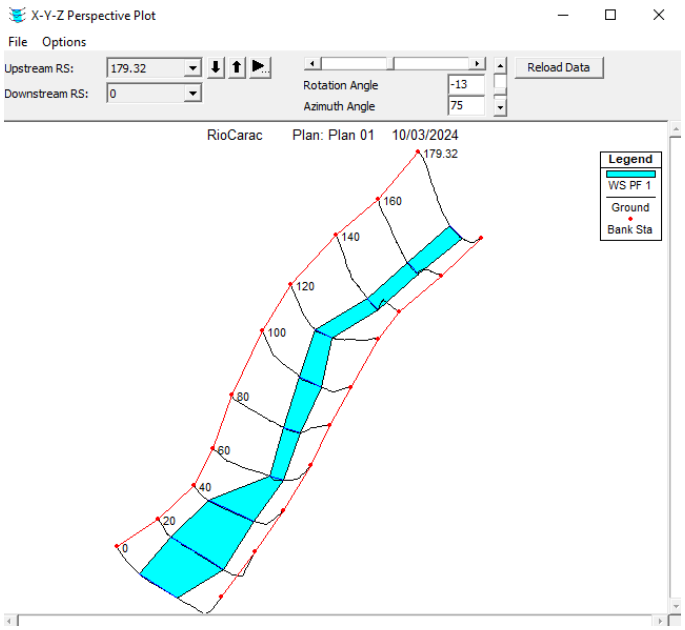
Perfil del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 115

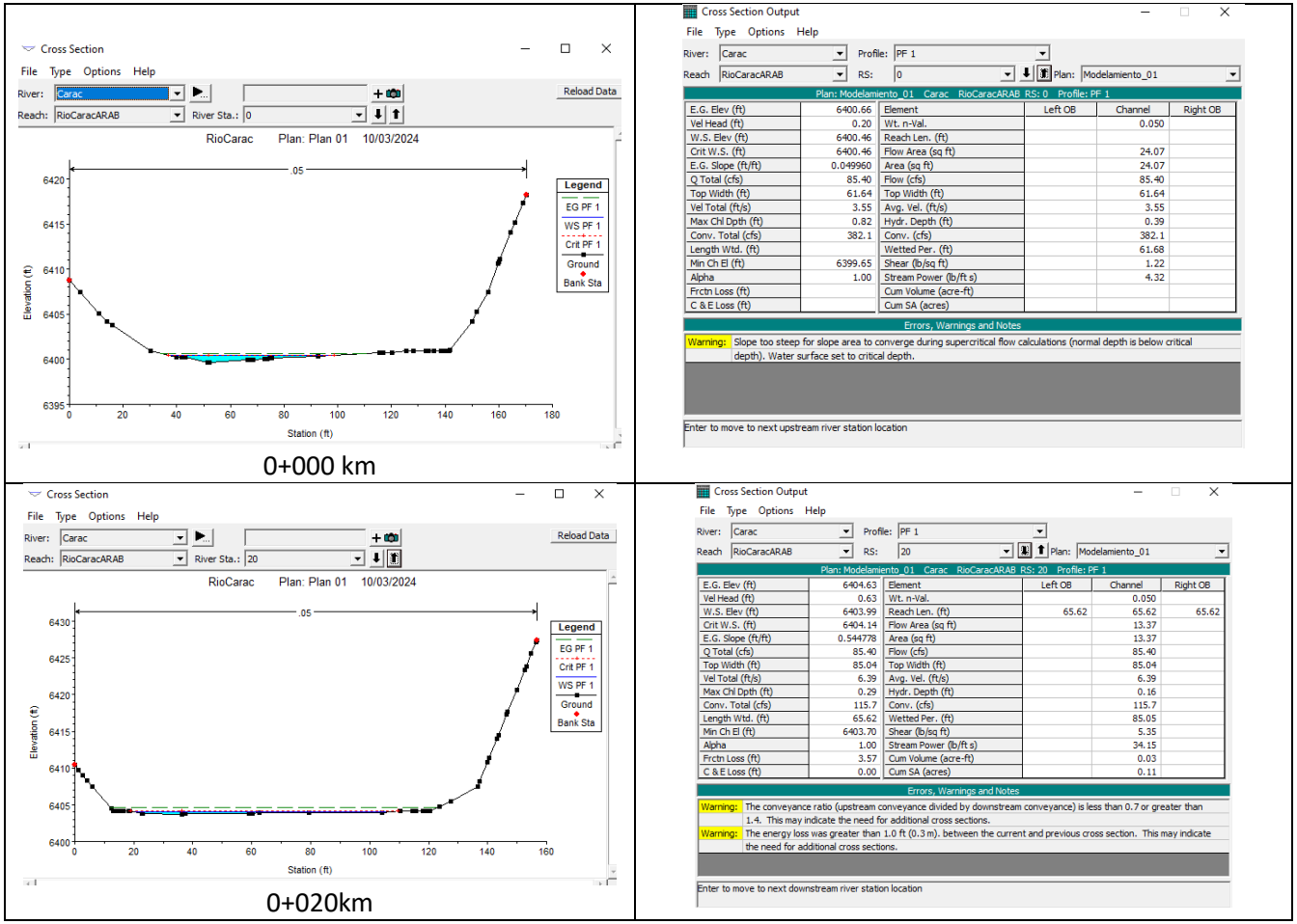
Perfil del río Carac, vista en perspectiva – Sector Chancapilca Baja sin obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 116

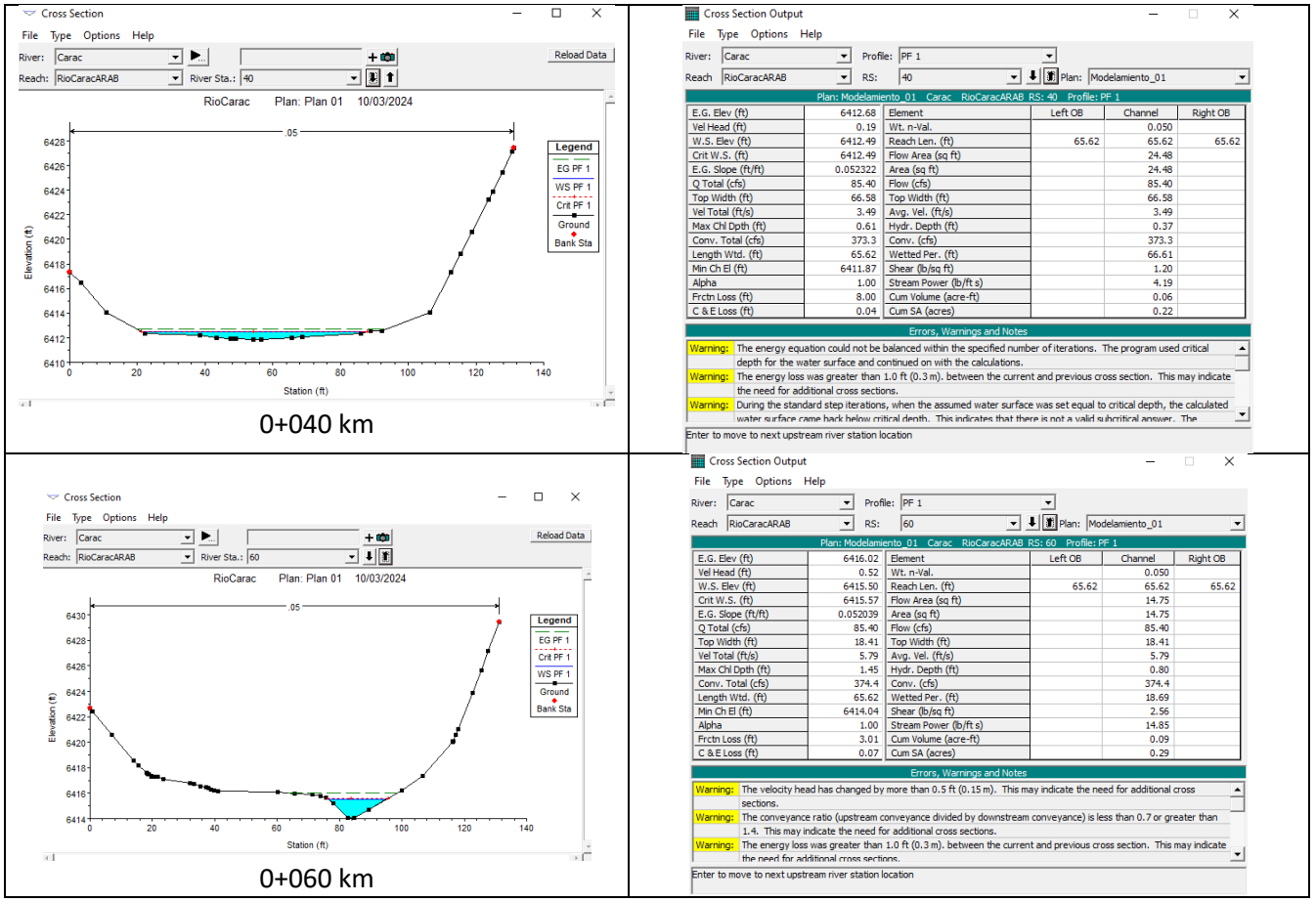
Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra (Parte 1).



Nota: Elaboración propia.

Figura 117

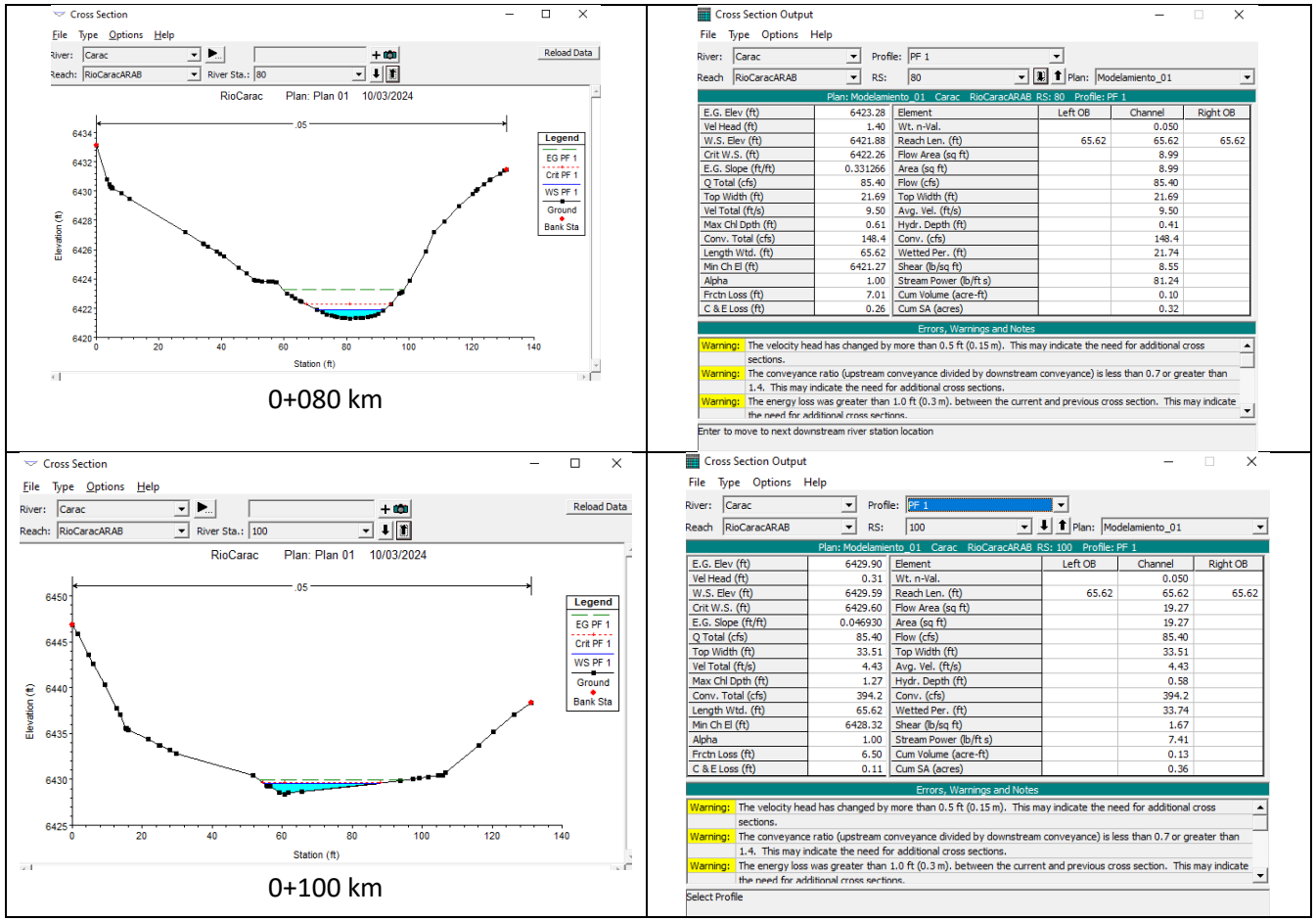
Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra (Parte 2).



Nota: Elaboración propia.

Figura 118

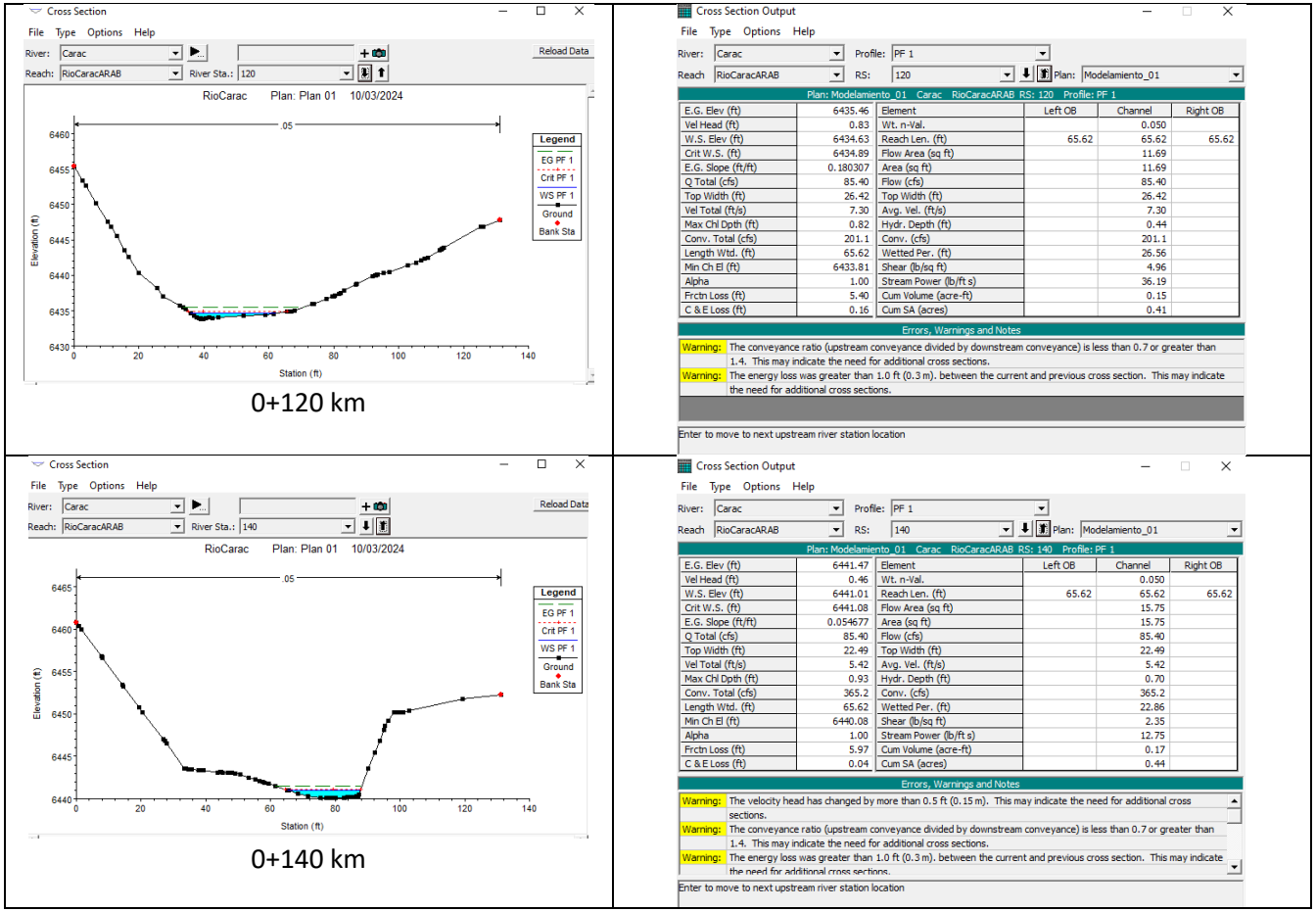
Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra (Parte 3).



Nota: Elaboración propia.

Figura 119

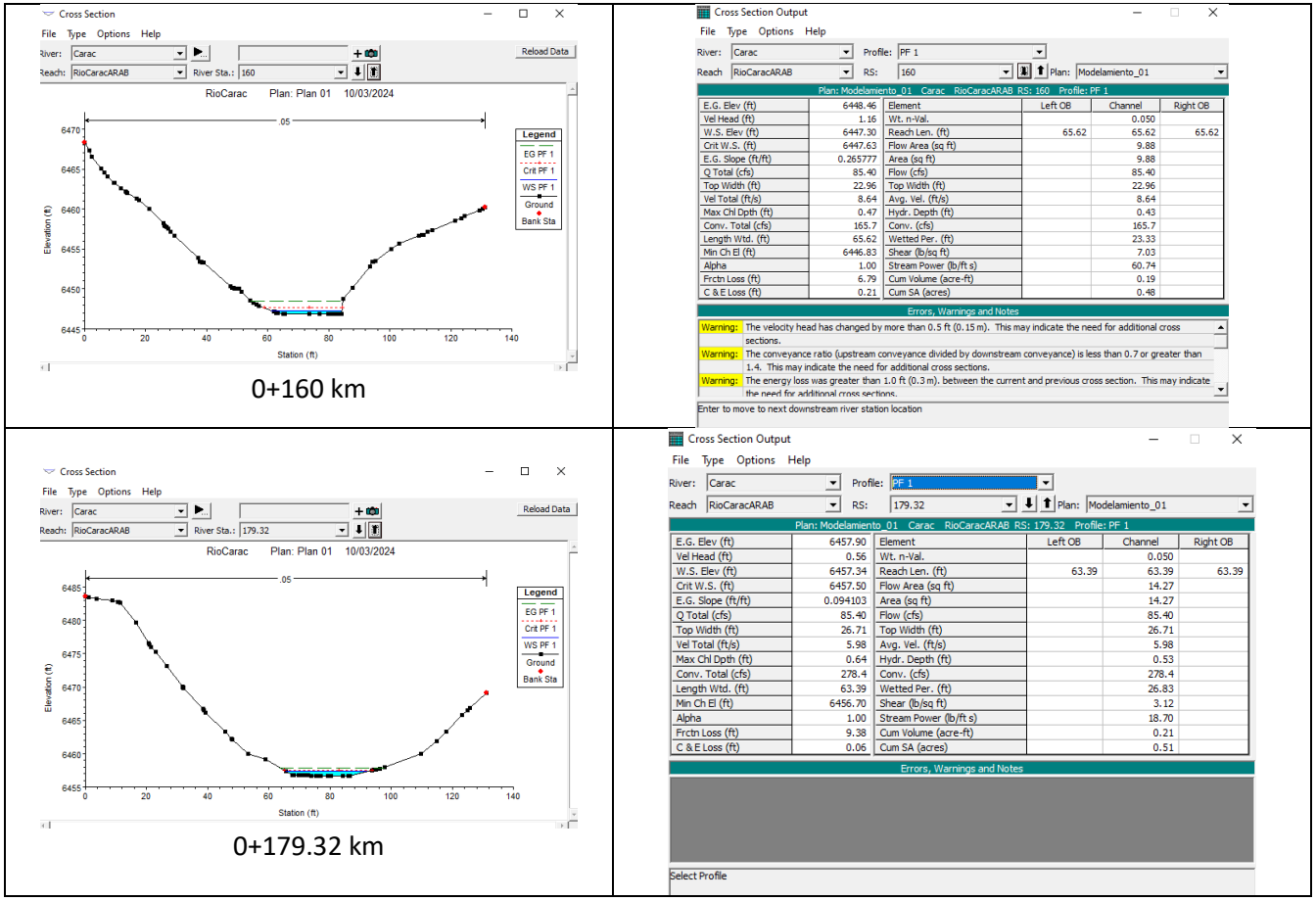
Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra (Parte 4).



Nota: Elaboración propia.

Figura 120

Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja sin obra (Parte 5).



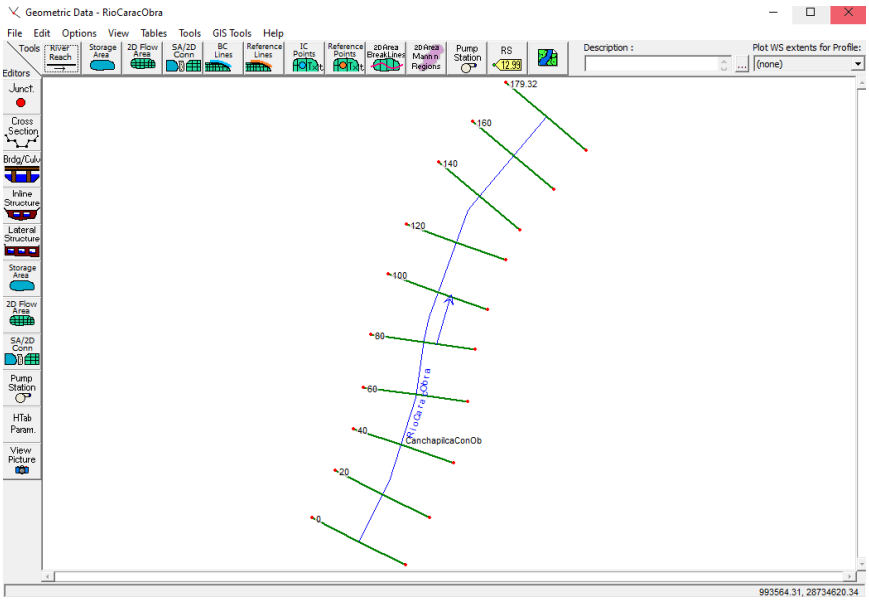
Nota: Elaboración propia.

5.5.1.2. Río Carac con obra

Se creó un proyecto en el programa HEC-RAS, con la siguiente información:

Figura 121

Geometría del río Carac – Sector Canchapilca Baja con obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 122

Coeficiente de Manning – Sector Canchapilca Baja con obra.

Edit Manning's n or k Values

River: RioCaracObra | Edit Interpolated XS's | Channel n Values have a light green background

Reach: CanchapilcaConOb | All Regions

Selected Area Edit Options

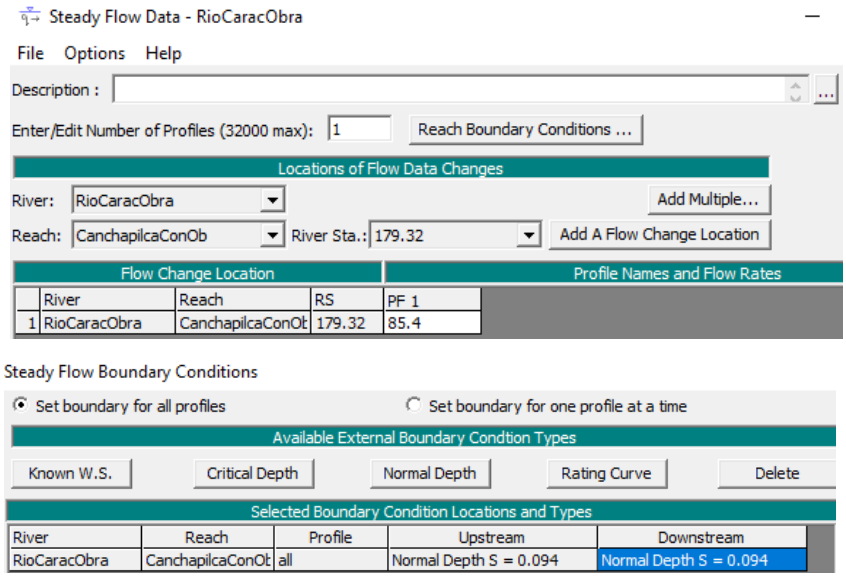
Add Constant ... | Multiply Factor ... | Set Values ... | Replace ... | Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	179.32	n	0.015	0.015	0.015
2	160	n	0.015	0.015	0.015
3	140	n	0.015	0.015	0.015
4	120	n	0.015	0.015	0.015
5	100	n	0.015	0.015	0.015
6	80	n	0.015	0.015	0.015
7	60	n	0.015	0.015	0.015
8	40	n	0.015	0.015	0.015
9	20	n	0.015	0.015	0.015
10	0	n	0.015	0.015	0.015

Nota: Elaboración propia.

Figura 123

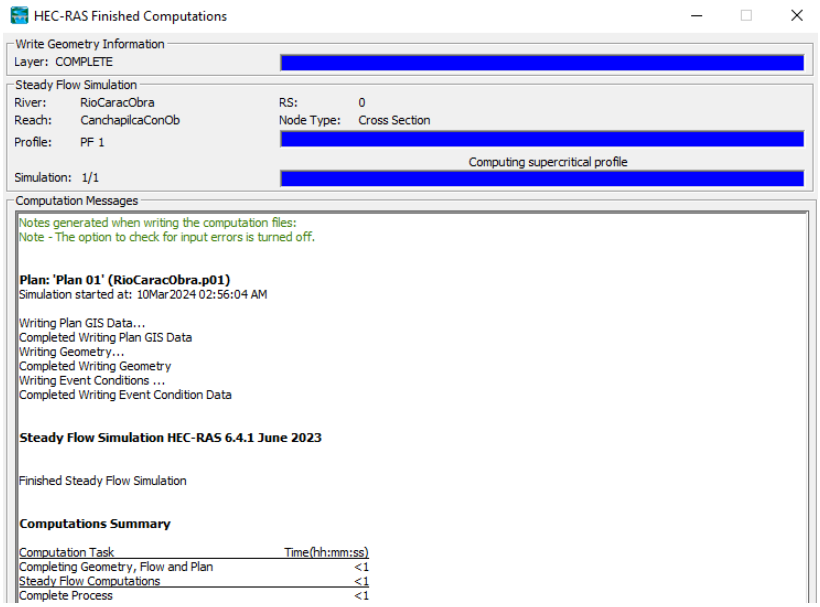
Datos del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 124

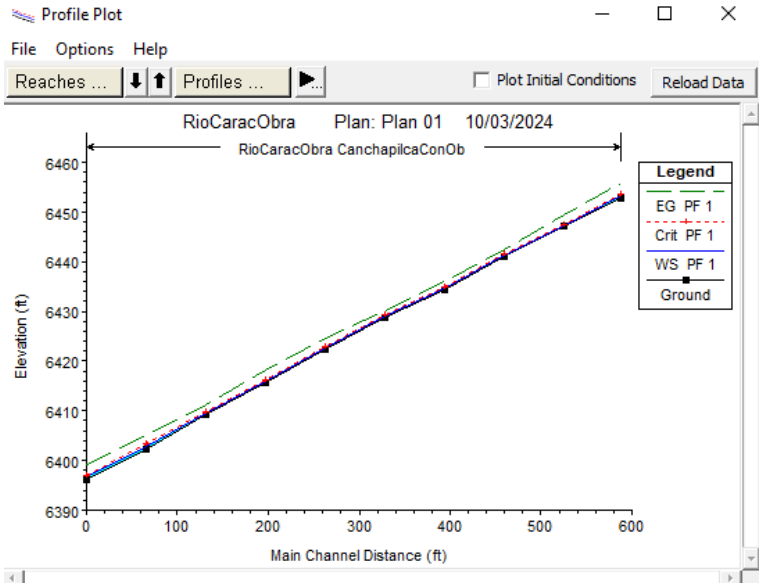
Cálculo del HEC-RAS – Sector Chancapilca Baja con obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 125

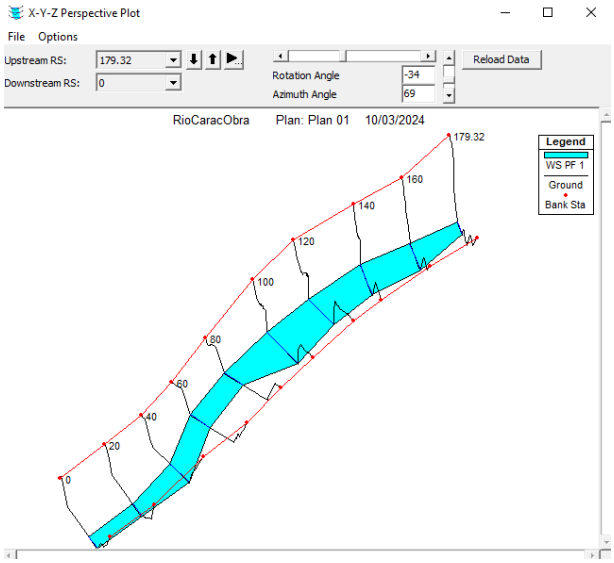
Perfil del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 126

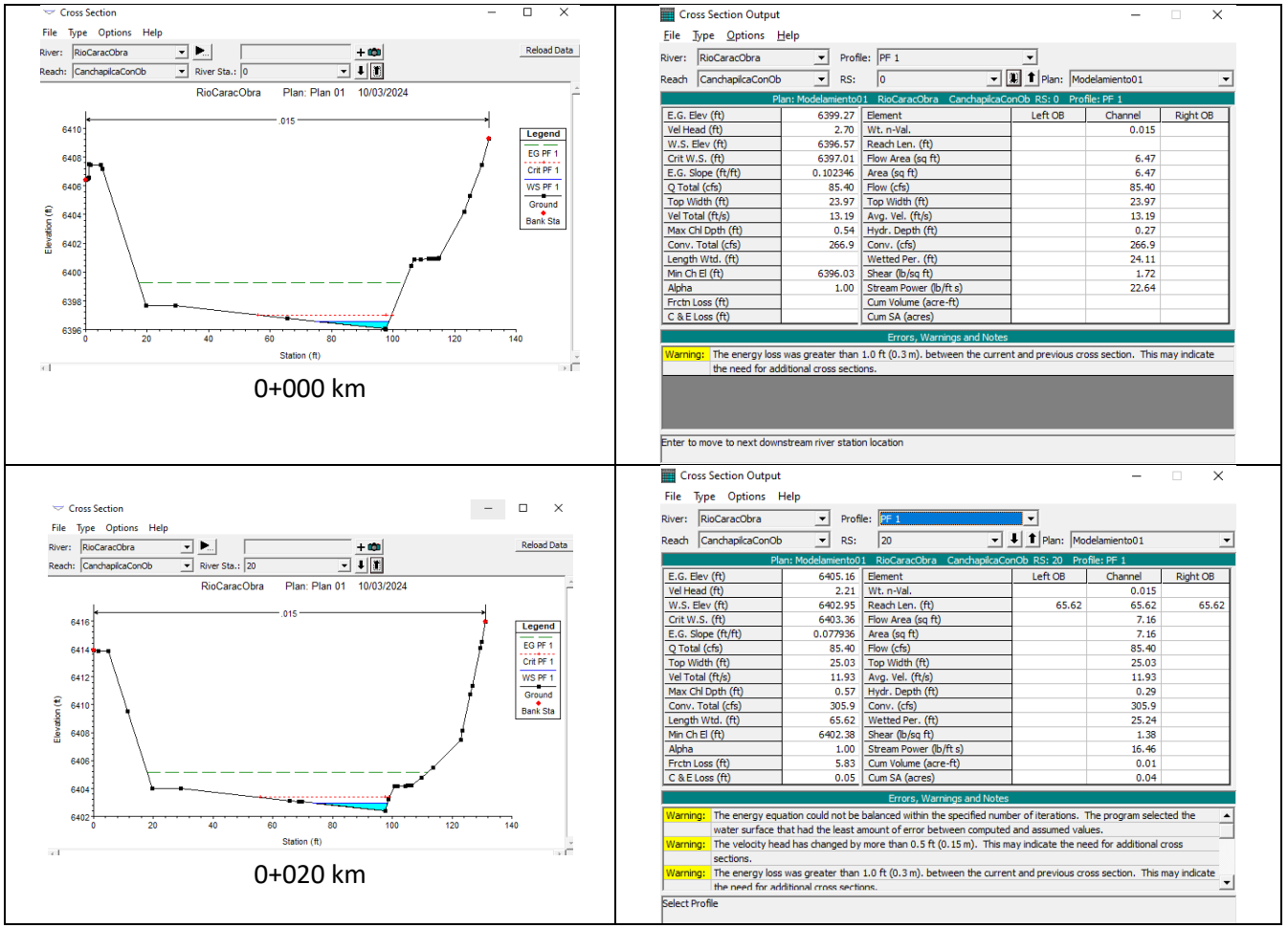
Perfil del río Carac, vista en perspectiva – Sector Chancapilca Baja con obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 127

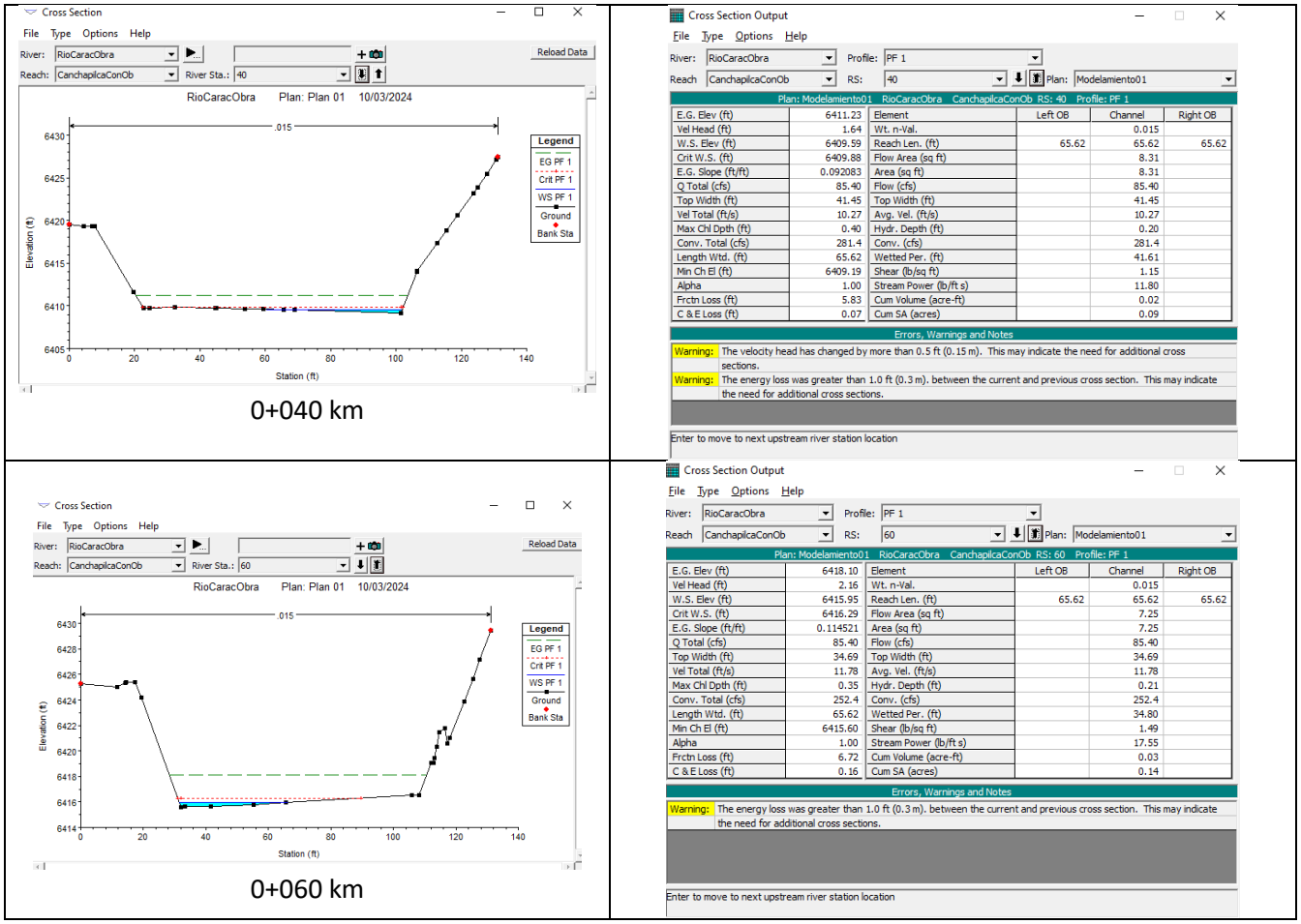
Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra (Parte 1).



Nota: Elaboración propia.

Figura 128

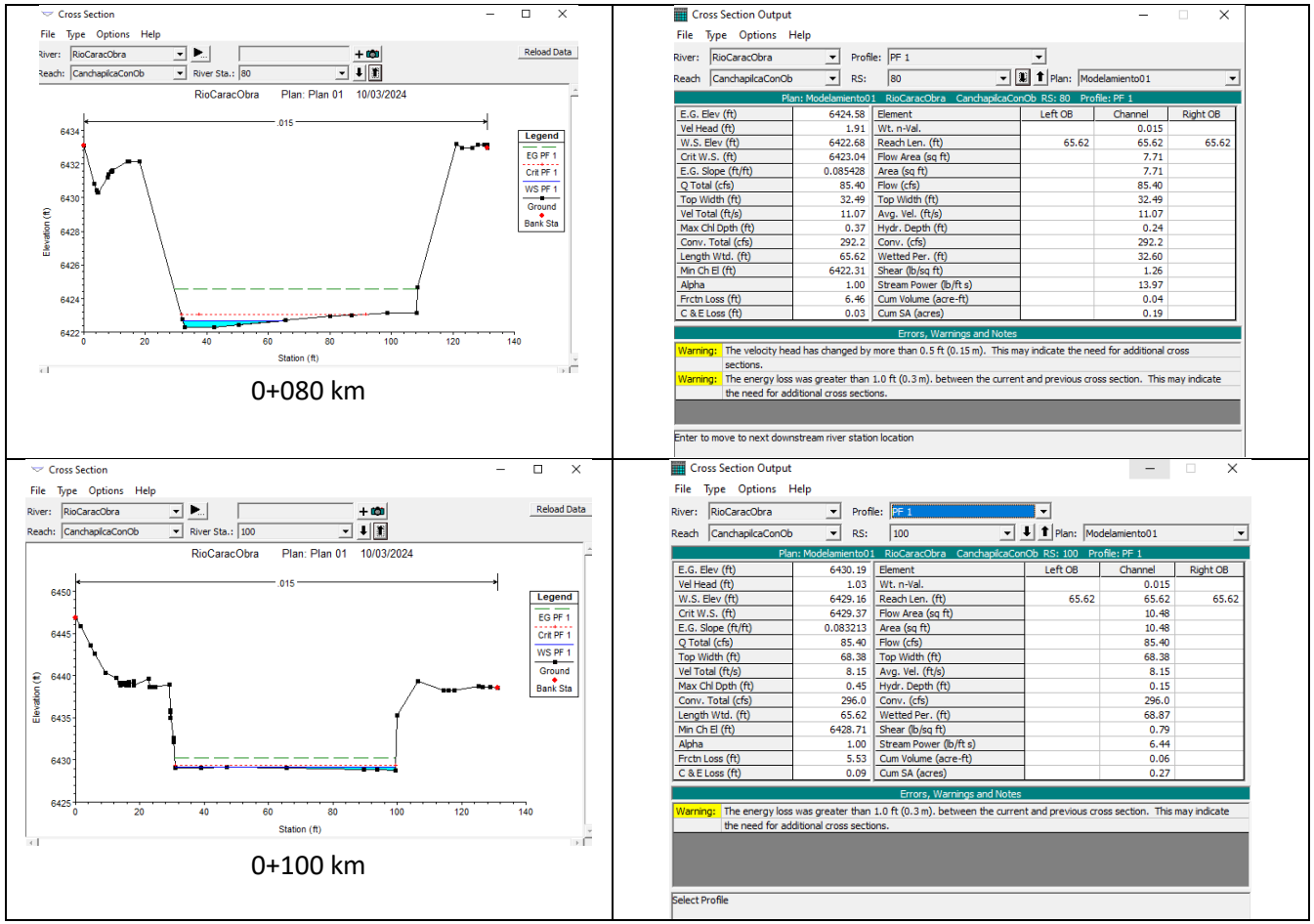
Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra (Parte 2).



Nota: Elaboración propia.

Figura 129

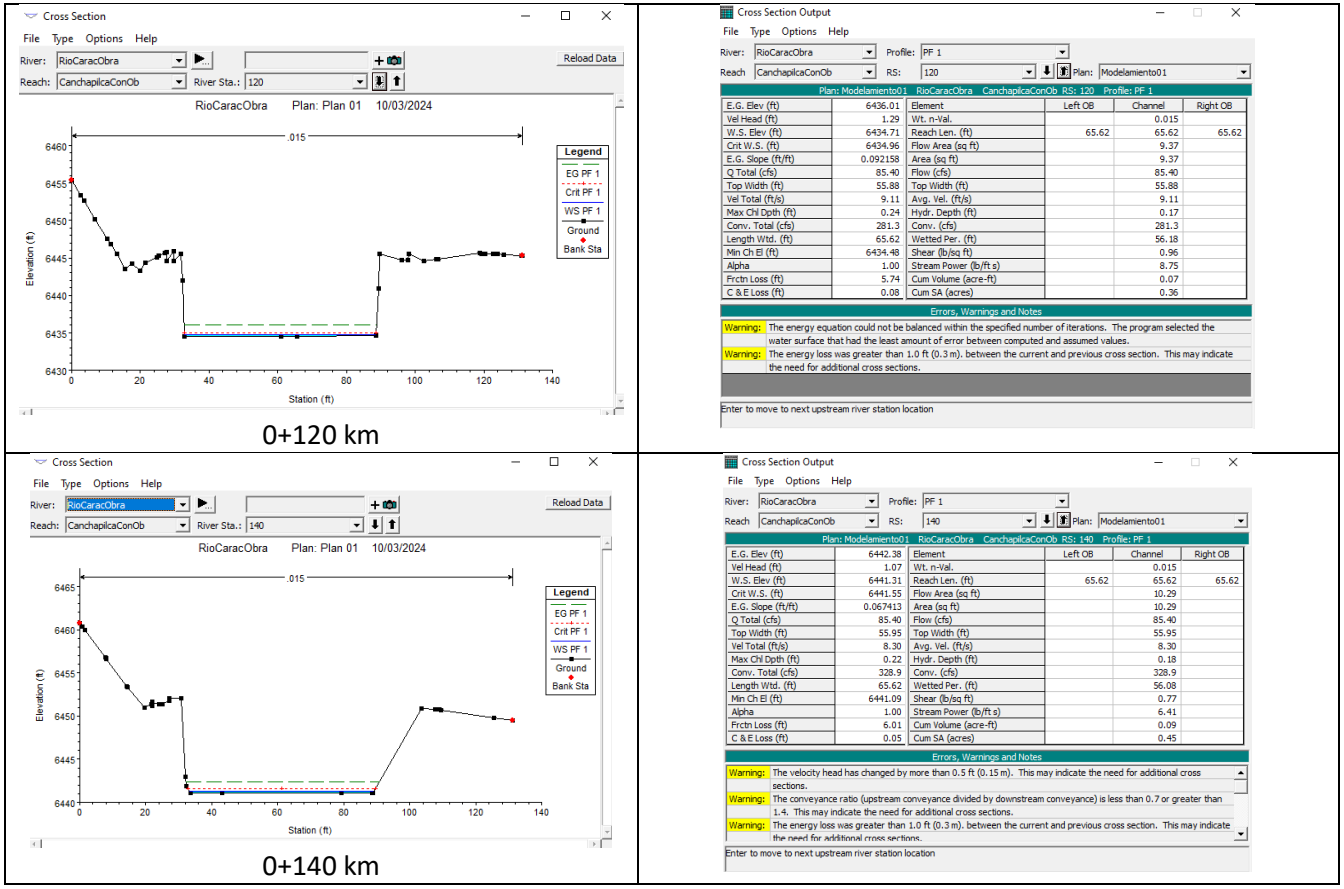
Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra (Parte 3).



Nota: Elaboración propia.

Figura 130

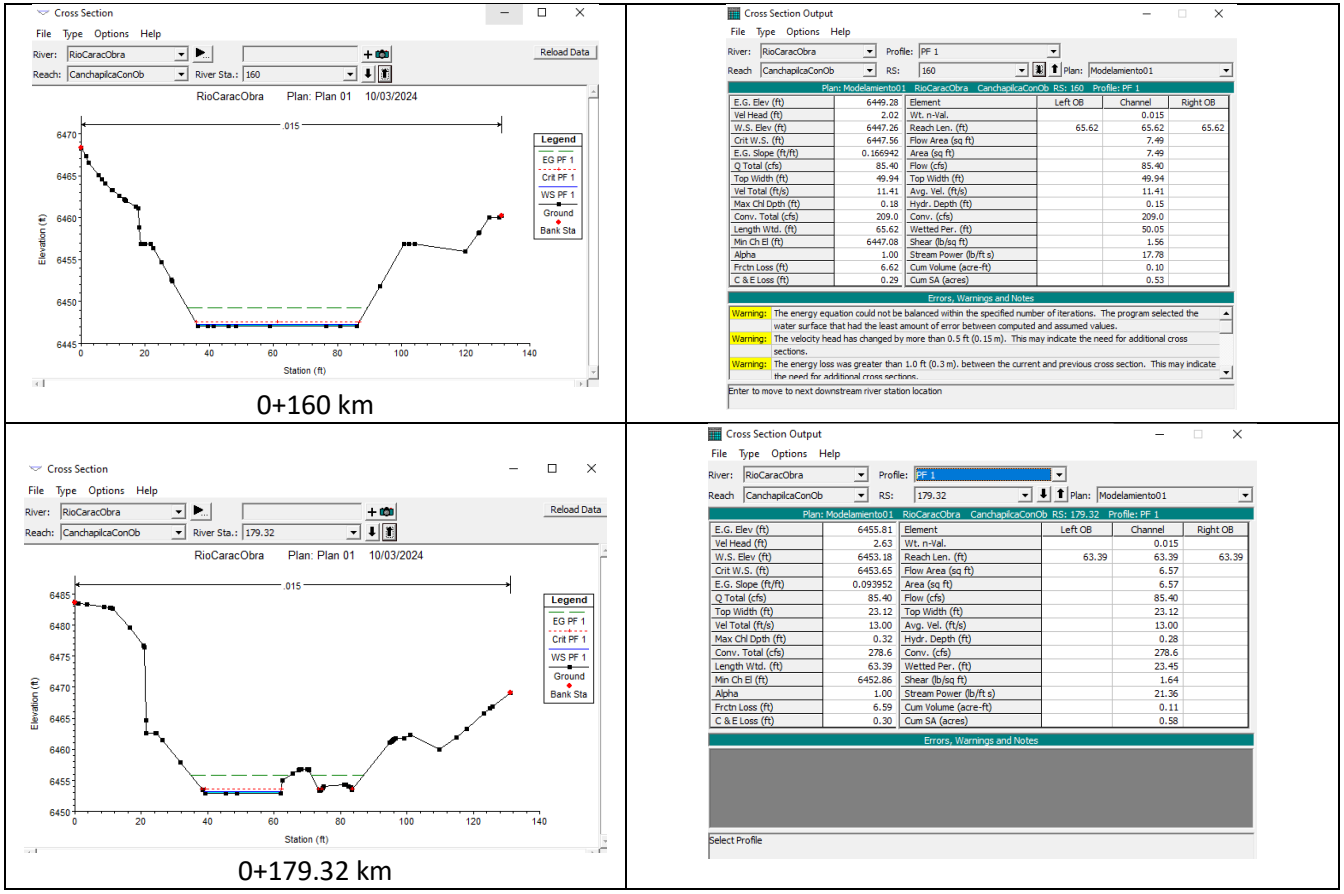
Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra (Parte 4).



Nota: Elaboración propia.

Figura 131

Secciones del río Carac – Sector Chancapilca Baja con obra (Parte 5).



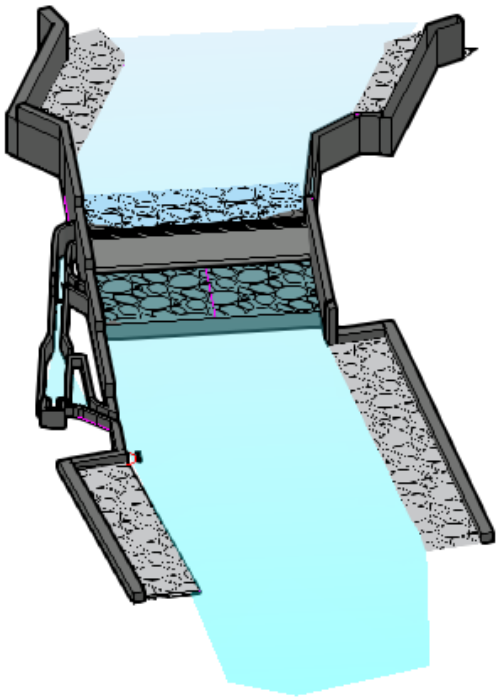
Nota: Elaboración propia.

5.5.2. Sector Rumoj

Se consideró un caudal de 27.30 m^3/s, una pendiente de 0.100 y números de Manning de 0.050 sin obra y 0.015 con obra.

Figura 132

Modelamiento de obra en sector Rumoj.



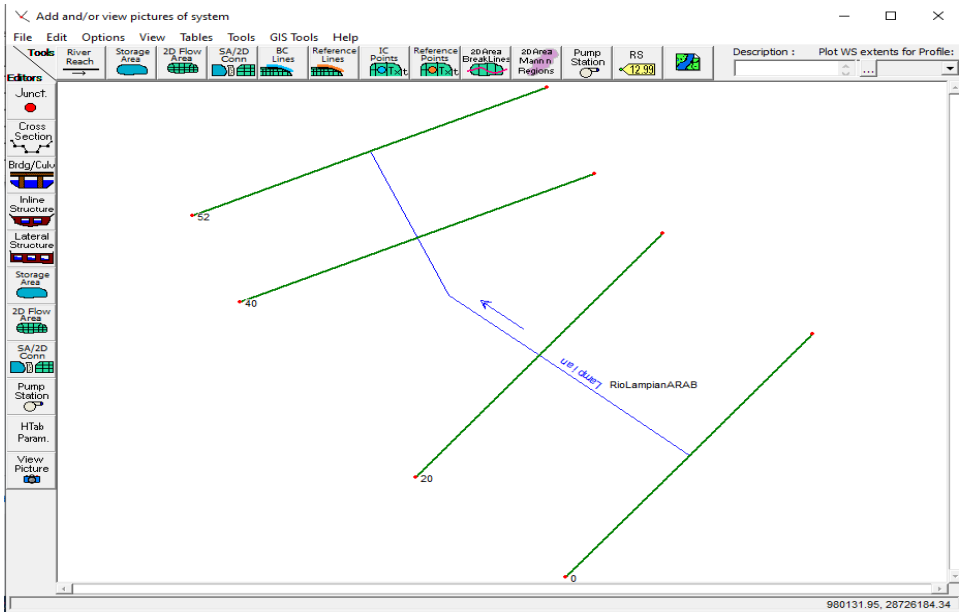
Nota: Elaboración propia.

5.5.2.1. Río Lampián

Se creó un proyecto en el programa HEC-RAS, con la siguiente información:

Figura 133

Geometría del río Lampián – Sector Rumoj sin obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 134

Coeficiente de Manning – Sector Rumoj sin obra.

Edit Manning's n or k Values

River: Lampian | Edit Interpolated XS's | Channel n Values have a light green background

Reach: RioLampianARAB | All Regions

Selected Area Edit Options

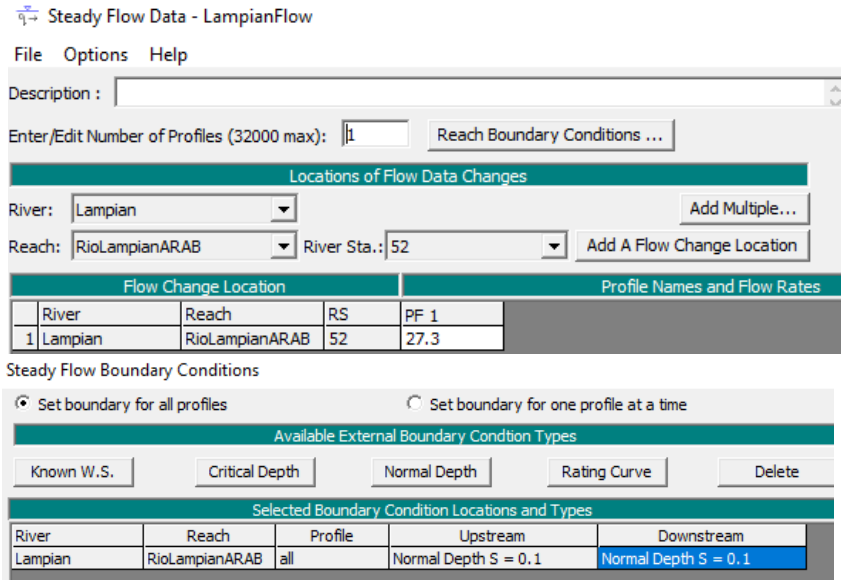
Add Constant ... | Multiply Factor ... | Set Values ... | Replace ... | Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	52	n	0.05	0.05	0.05
2	40	n	0.05	0.05	0.05
3	20	n	0.05	0.05	0.05
4	0	n	0.05	0.05	0.05

Nota: Elaboración propia.

Figura 135

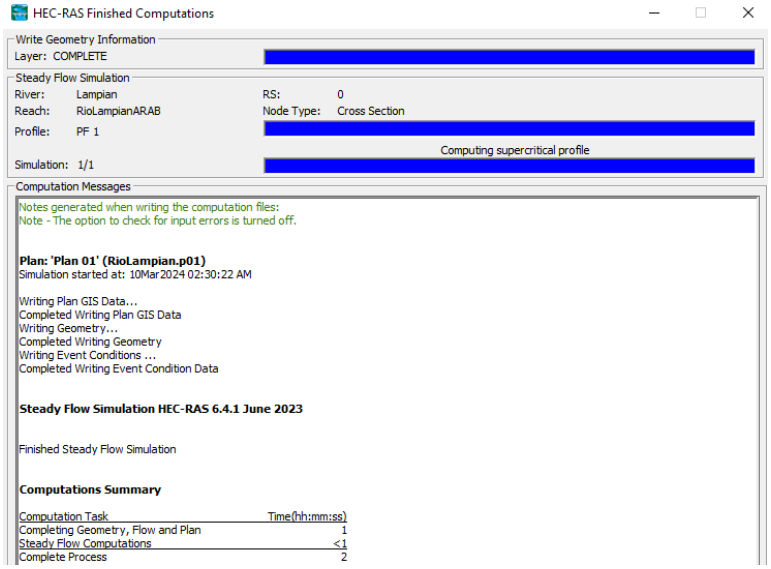
Datos del río Lampián – Sector Rumoj sin obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 136

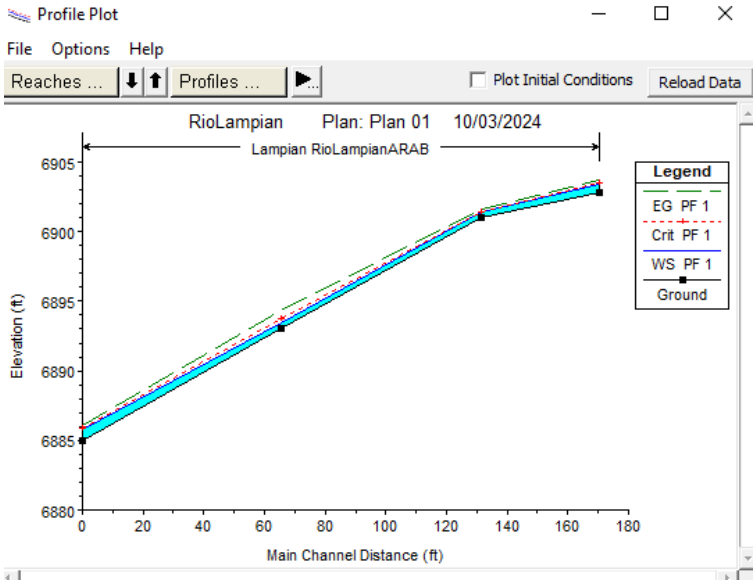
Cálculo del HEC-RAS – Sector Rumoj sin obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 137

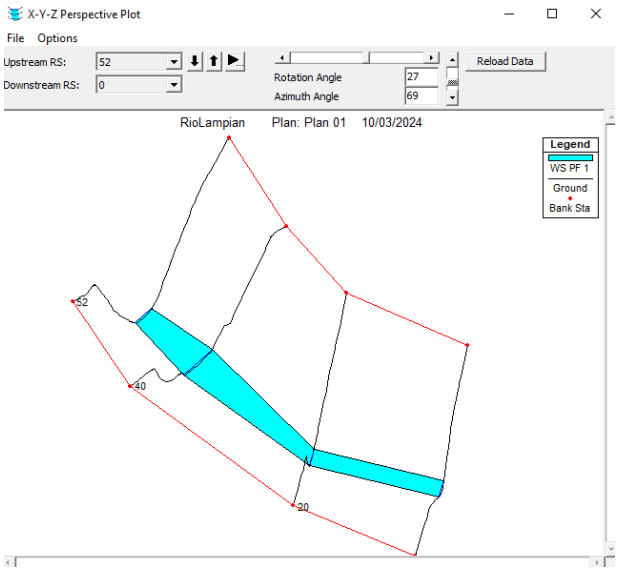
Perfil del río Lampián – Sector Rumoj sin obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 138

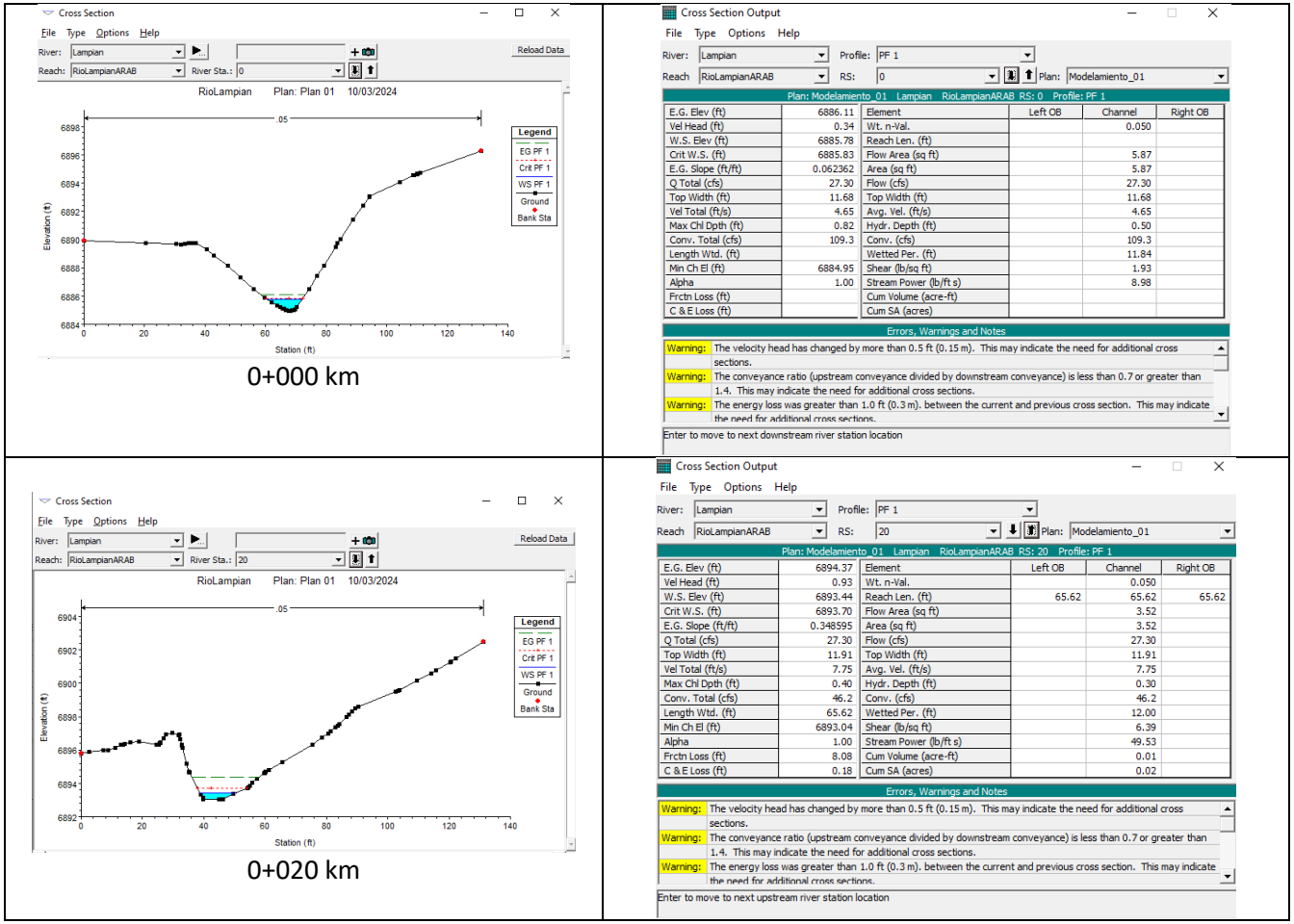
Perfil del río Lampián, vista en perspectiva – Sector Rumoj sin obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 139

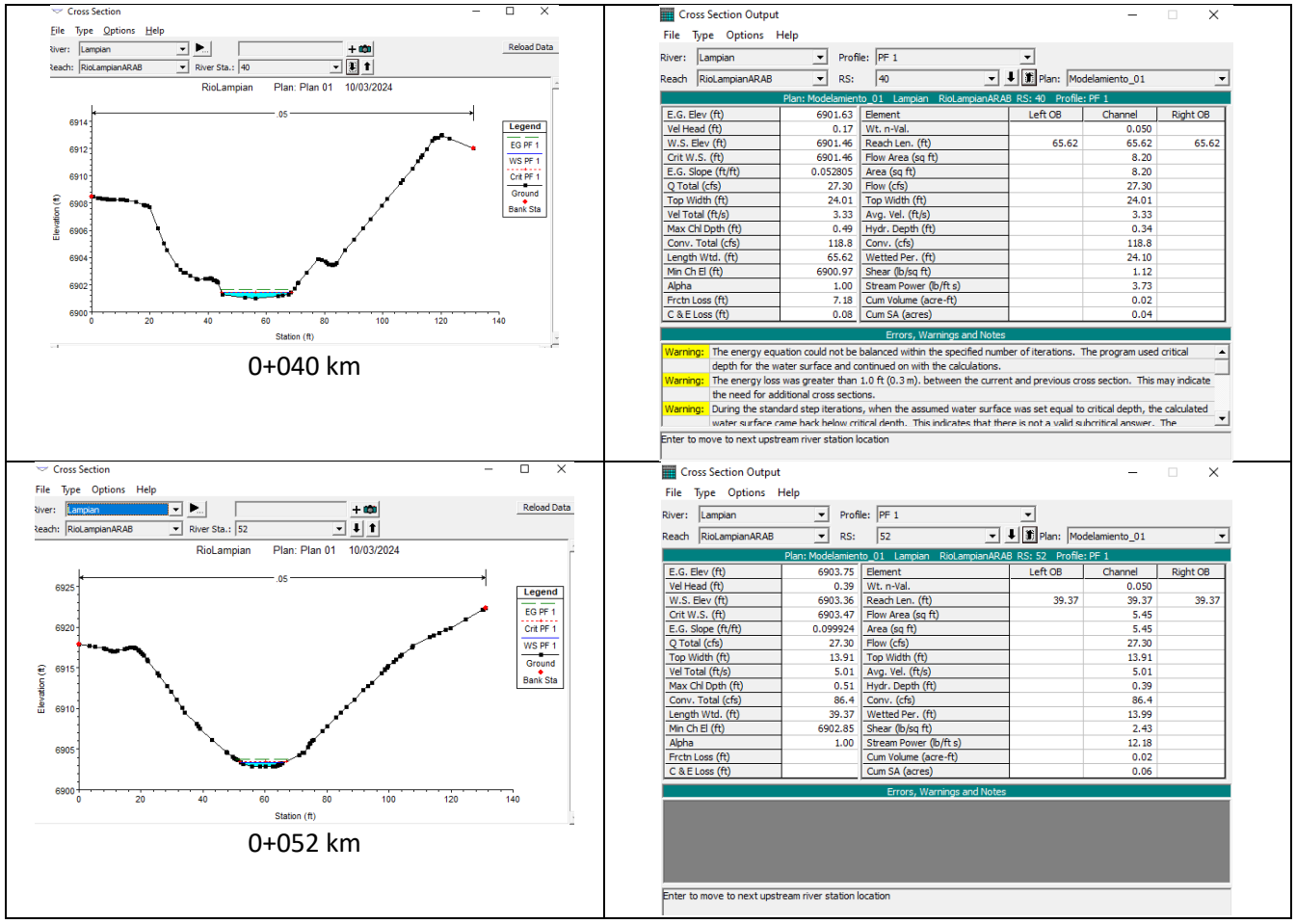
Secciones del río Lampián – Sector Rumoj sin obra (Parte 1).



Nota: Elaboración propia.

Figura 140

Secciones del río Lampián – Sector Rumoj sin obra (Parte 2).



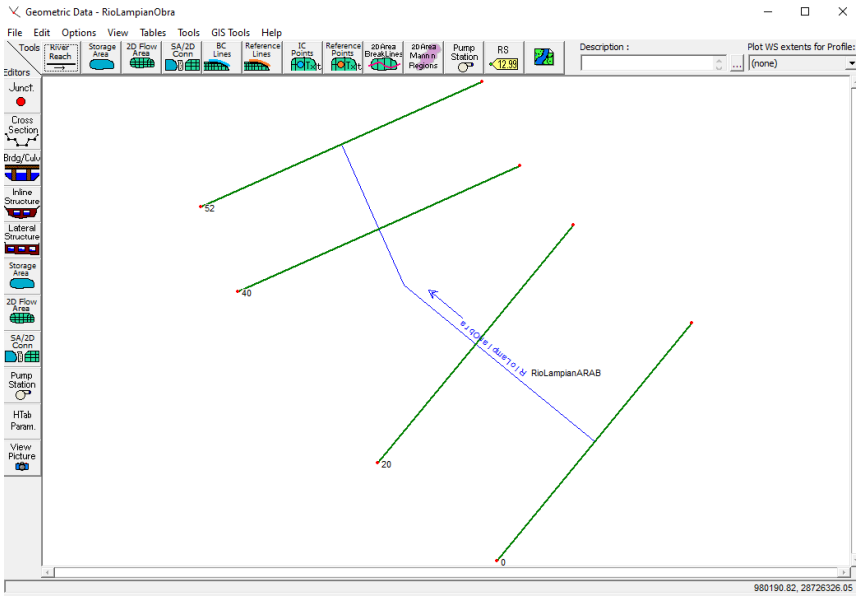
Nota: Elaboración propia.

5.5.2.2. Río Lampián con obra

Se creó un proyecto en el programa HEC-RAS, con la siguiente información:

Figura 141

Geometría del río Lampián – Sector Rumoj con obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 142

Coeficiente de Manning – Sector Rumoj con obra.

Edit Manning's n or k Values

River: RioLampianObra | Edit Interpolated XS's | Channel n Values have a light green background

Reach: RioLampianARAB | All Regions

Selected Area Edit Options

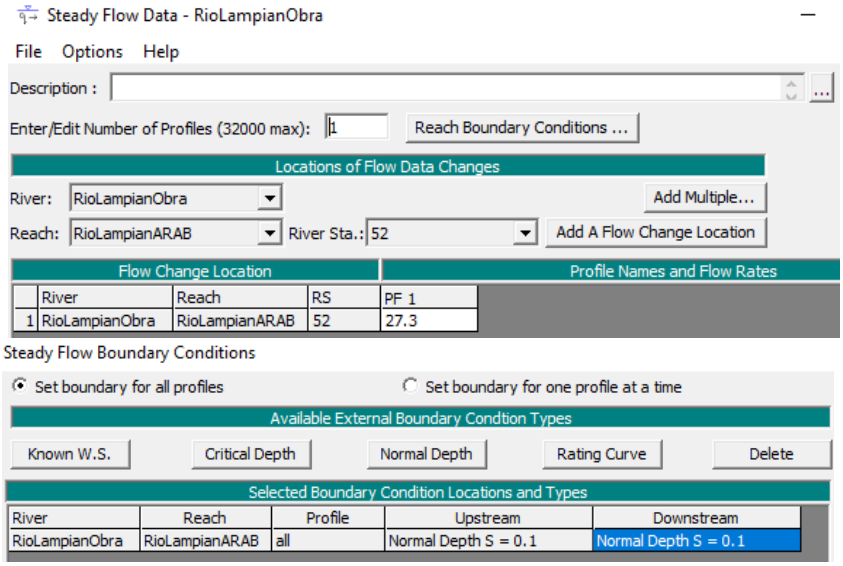
Add Constant ... | Multiply Factor ... | Set Values ... | Replace ... | Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	52	n	0.015	0.015	0.015
2	40	n	0.015	0.015	0.015
3	20	n	0.015	0.015	0.015
4	0	n	0.015	0.015	0.015

Nota: Elaboración propia.

Figura 143

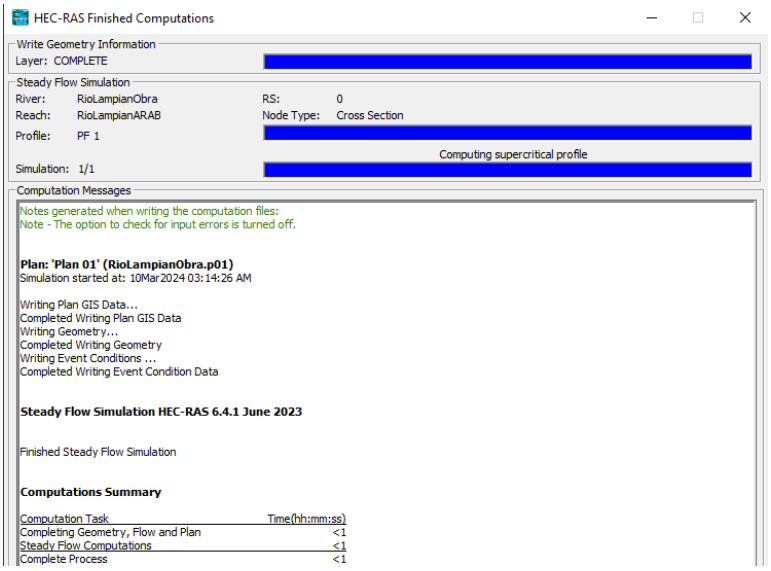
Datos del río Lampián – Sector Rumoj con obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 144

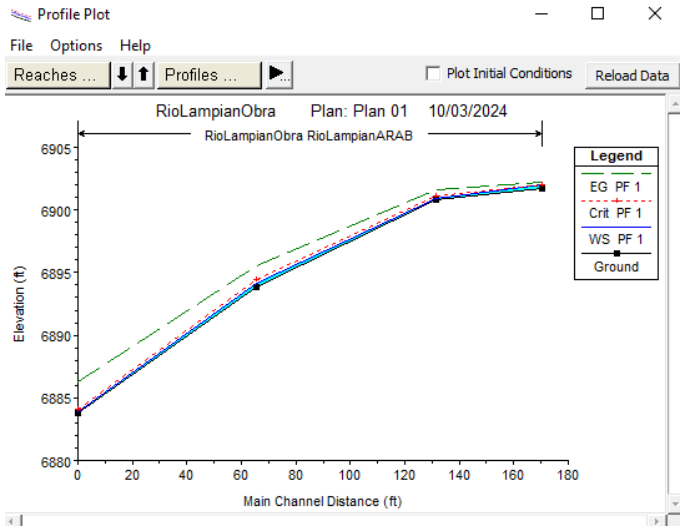
Cálculo del HEC-RAS – Sector Rumoj con obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 145

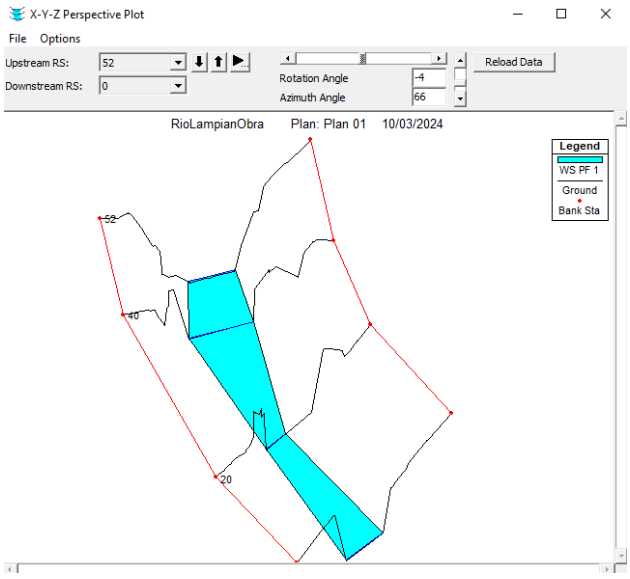
Perfil del río Lampián – Sector Rumoj con obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 146

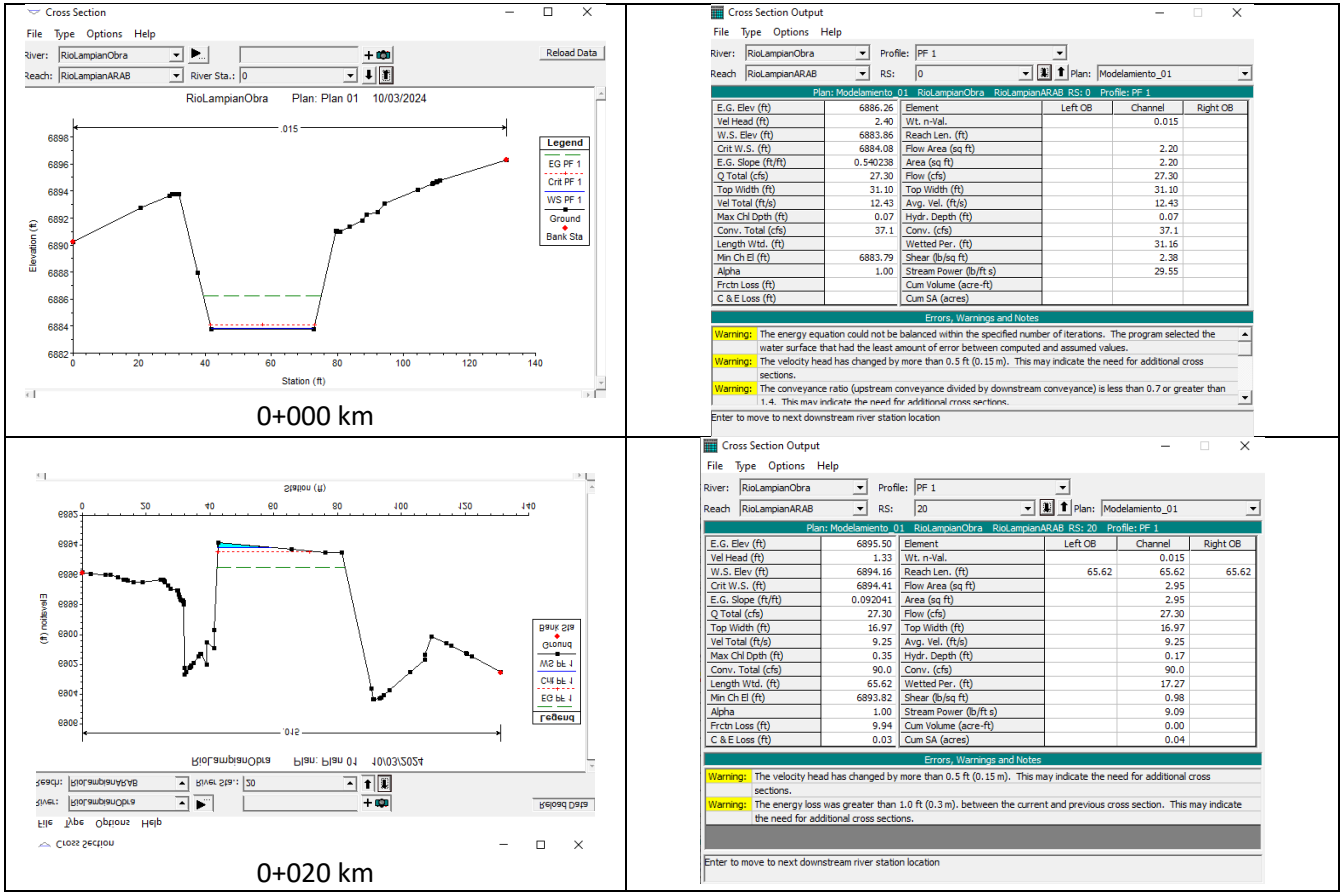
Perfil del río Lampián, vista en perspectiva – Sector Rumoj con obra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 147

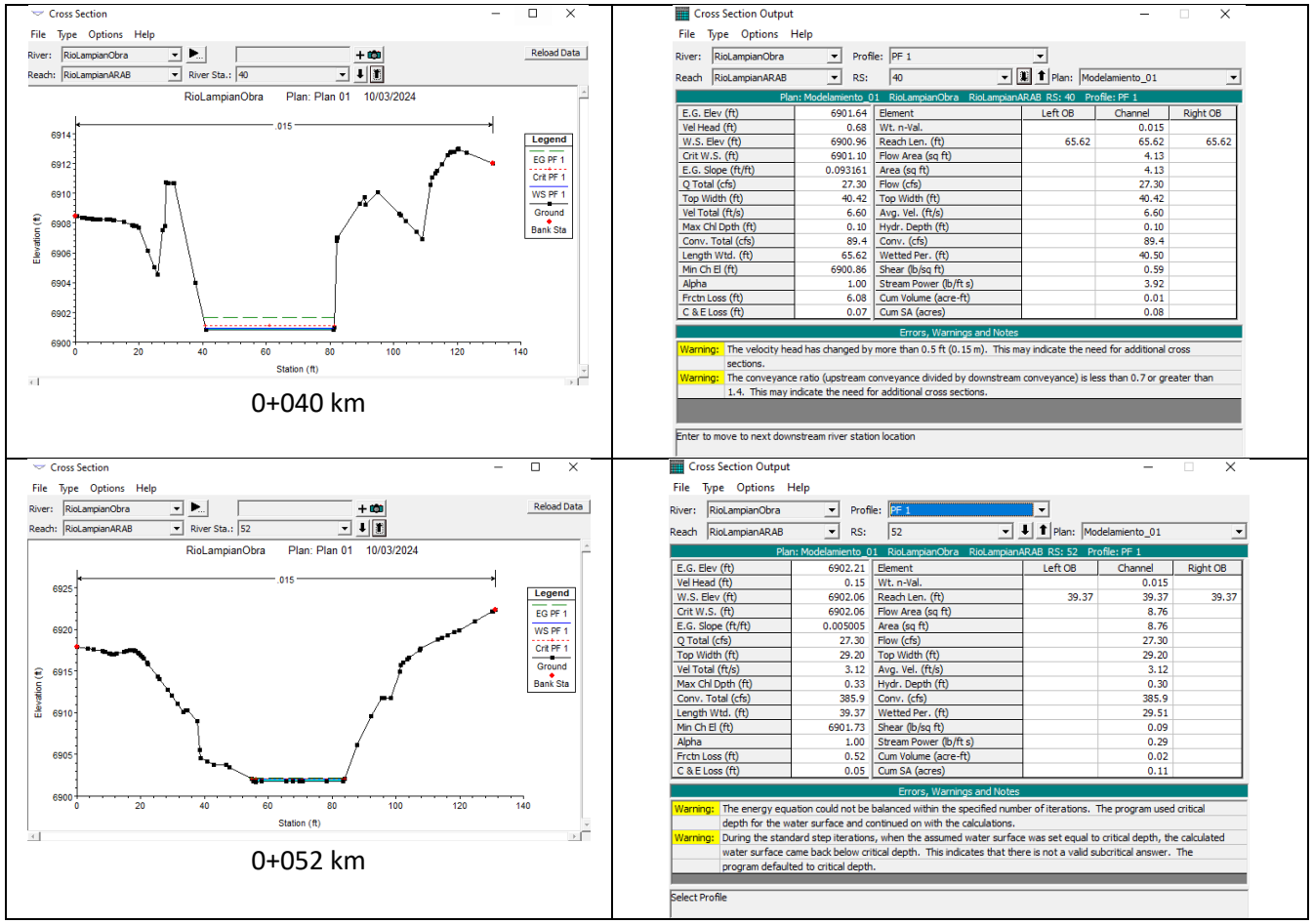
Secciones del río Lampián – Sector Rumoj con obra (Parte 1).



Nota: Elaboración propia.

Figura 148

Secciones del río Lampián – Sector Rumoj con obra (Parte 2).



Nota: Elaboración propia.

5.6. Diseño estructural

Se diseñó estructuralmente las componentes de la captación y el canal de conducción en base a lo establecido en el ítem 2.2.5.

5.6.1. Generalidades del diseño

Tomando en cuenta las acciones y efectos de las cargas en las estructuras de captación y conducción, se diseñó estructuralmente los siguientes componentes:

- Muros de encauzamiento: Voladizo de concreto armado para soportar el empuje del relleno del terreno existente y los tirantes de los caudales de avenida con potencial erosivo. Incluye zapatas por debajo de la altura de socavación calculada.
- Canal de conducción: Revestimiento con concreto armado para soportar el empuje lateral del suelo y las subpresiones debido al caudal ingresante.
- Azud o barraje: Se tomó en cuenta los volúmenes de sedimentación y el control de la erosión para el diseño de diques transversales, con protección de escolleras de piedra y concreto aguas arriba y aguas abajo.

Además, se consideró los resultados geotécnicos obtenidos en el ítem 5.2.6, referidos a los sectores Canchapilca Baja y Rumoj.

5.6.2. Diseño de muro de encauzamiento

Para el diseño, se utilizó el software GEO 5 y se consideró lo siguiente:

- Para el análisis de la estabilidad interna, los factores de seguridad fueron de 1.50, 2.00 y 3.00 para efectos de deslizamiento, volteo y capacidad portante del suelo, respectivamente.

- La teoría de Coulomb sustentó el cálculo de las presiones activa y pasiva.

- La excentricidad permisible fue de 0.33 respecto a la base del muro.

- Se modeló el agua en el anverso y reverso de los muros, además de sobrecargas aplicadas.

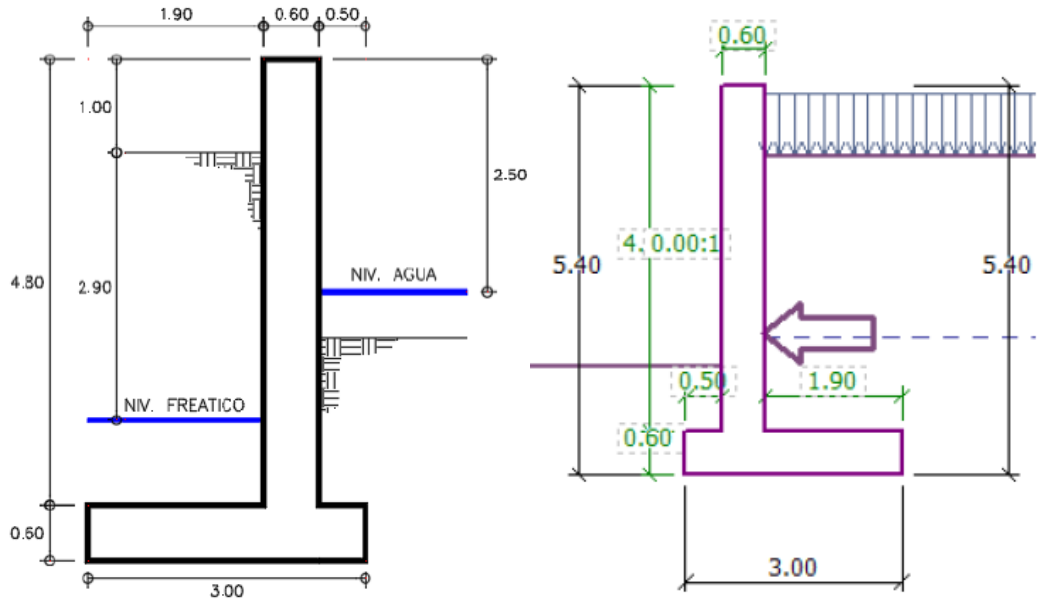
5.6.2.1. Muro de encauzamiento – Sector Canchapilca Baja

5.6.2.1.1. Geometría

El esquema de diseño del muro de encauzamiento en el sector Canchapilca Baja se muestra en la Figura 140.

Figura 149

Muro de encauzamiento – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Se muestra los datos ingresados al software GEO 5 en las siguientes figuras:

Figura 150

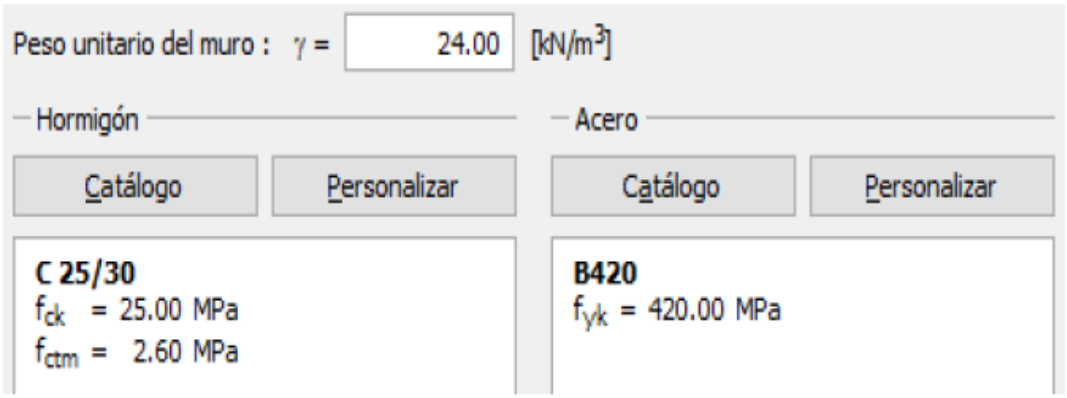
Datos geométricos del muro de encauzamiento – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 151

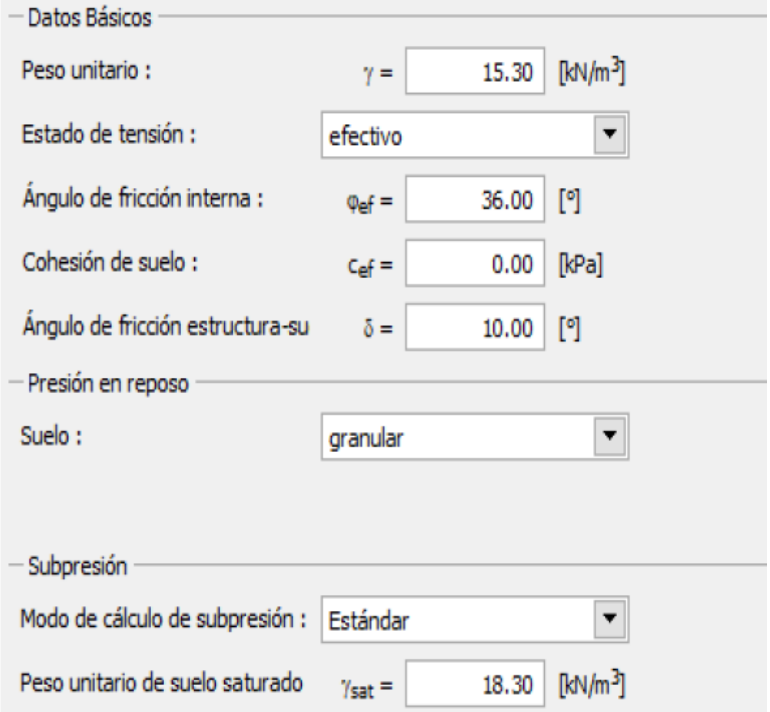
Datos del material del muro de encauzamiento – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 152

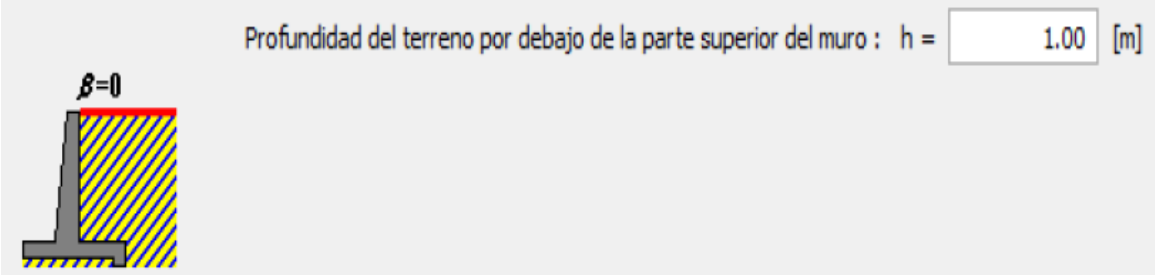
Datos perfil del suelo – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 153

Profundidad libre del relleno – Sector Canchapilca Baja.

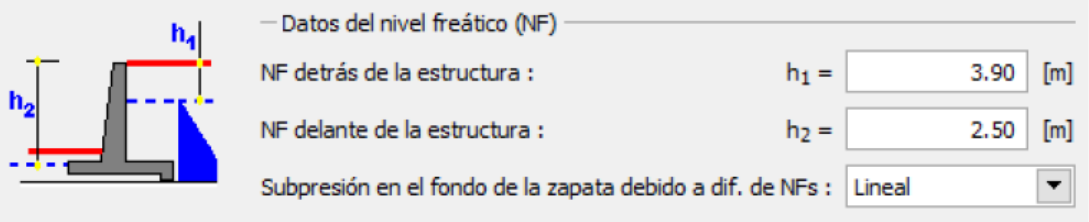


Nota: El relleno en la parte posterior tendrá una profundidad libre de 1.0 m de la corona.

Elaboración propia.

Figura 154

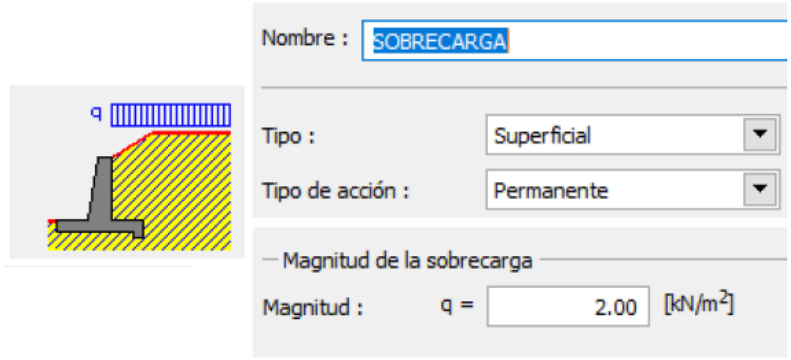
Nivel freático – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 155

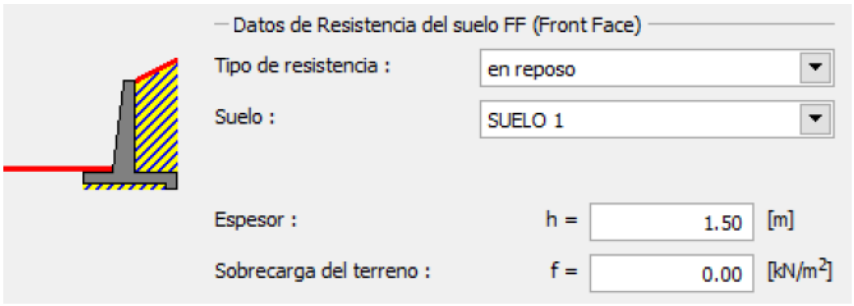
Sobrecarga en apoyos del muro – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 156

Resistencia del suelo – Sector Canchapilca Baja.

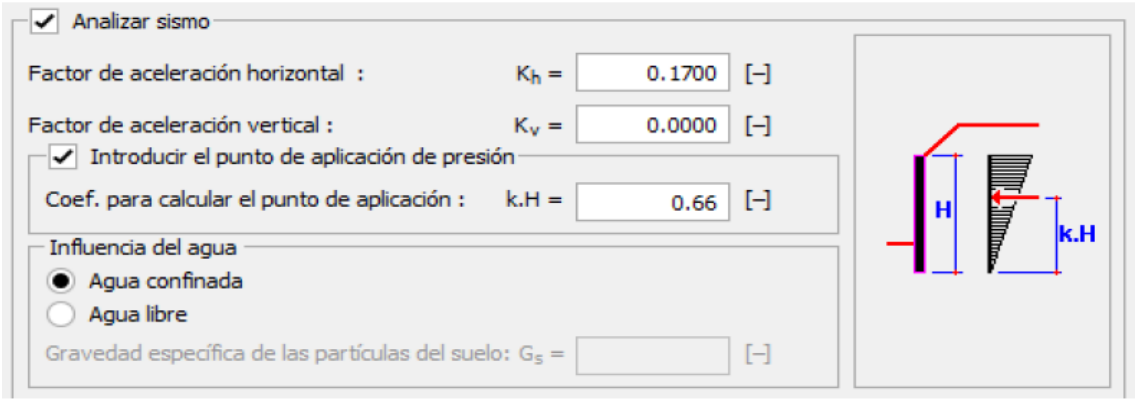


Nota: Elaboración propia.

Bajo las consideraciones de terreno mostradas se verificó las condiciones de estabilidad del muro tipo voladizo.

Figura 157

Condiciones pseudoestáticas (sismo) – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 104

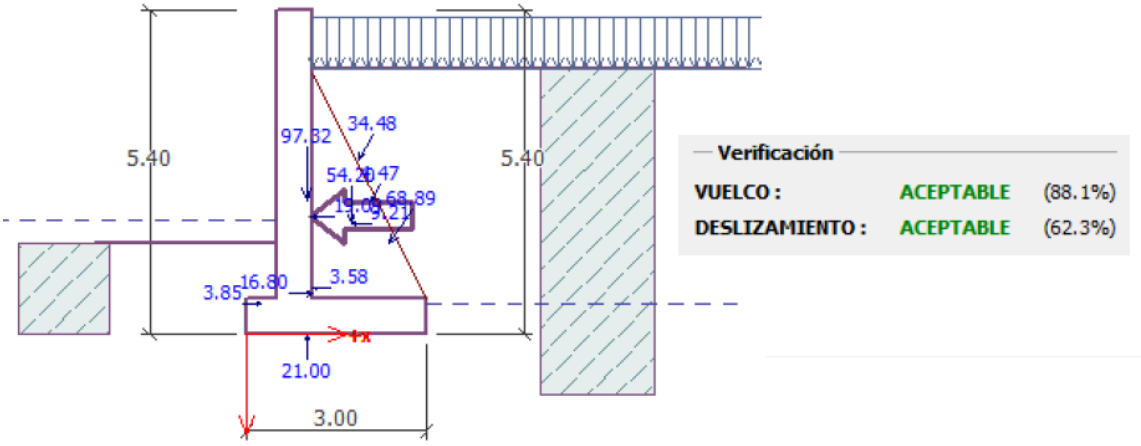
Fuerzas aplicadas en el muro tipo voladizo – Sector Canchapilca Baja.

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación x [m]	Pto. aplicación z [m]	Coef. [–]
1	Peso - Muro	0.00	97.32	1.00	-2.23	1.000
2	Sismo - construcción	-19.09	0.00	1.07	-1.96	1.000
3	Resistencia del frente	3.85	0.01	0.25	-0.50	1.000
4	Peso - cuña de tierra	0.00	54.20	1.73	-1.84	1.000
5	Sismo - cuña de suelo	-9.21	0.00	1.73	-1.84	1.000
6	Presión activa	-37.46	57.82	2.37	-1.50	1.000
7	Presión de agua	16.80	0.00	1.10	-0.67	1.000
8	Subpresión	0.00	-21.00	1.00	0.00	1.000
9	Sismo - presión activa	-16.23	30.42	1.86	-2.90	1.000
10	Presión de agua din. al frente	-3.58	0.00	1.10	-0.76	1.000
11	SOBRECARGA	-2.26	3.86	2.06	-2.22	1.000

Nota: Elaboración propia.

Figura 158

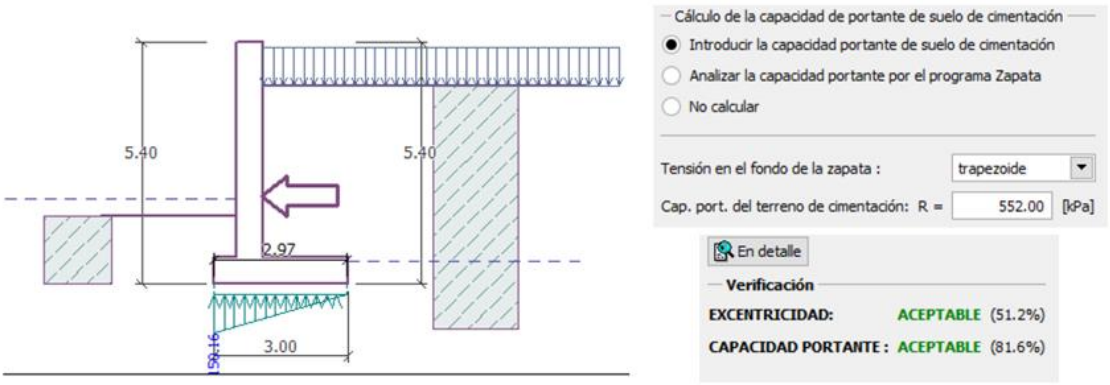
Verificación de las condiciones de equilibrio en el muro – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 159

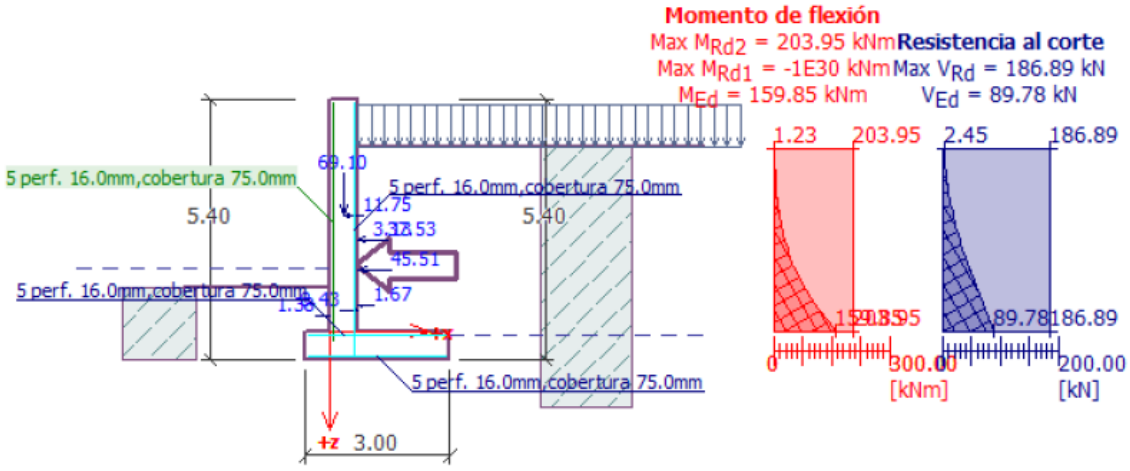
Verificación de la capacidad portante del suelo – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 160

Fuerzas aplicadas en el tallo del muro, refuerzo frontal – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 105

Verificación del tallo del muro, refuerzo frontal – Sector Canchapilca Baja.

Data para dimensionamiento

Recubrimiento : 75.0 [mm] Número de barras : 5.00 [pcs]

Diámetro de barra : 16.0 [mm]

Refuerzo adicional

Distancia h_1 [m]	Distancia h_2 [m]	Nro. de barras [pcs]	Perfil [mm]

Área de refuerzo

Cant. requerida área de acero: 832.1 mm^2

Área de acero insertada : 1005.3 mm^2

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación x [m]	Pto. aplicación z [m]	Coef. [-]
1	Peso - Muro	0.00	69.10	0.30	-2.40	1.000
2	Sismo - construcción	-11.75	0.00	0.30	-2.40	1.000
3	Resistencia del frente	1.38	0.00	0.00	-0.30	1.000
4	Presión en reposo	-45.51	0.00	0.60	-1.27	1.000
5	Presión de agua	8.43	0.00	0.60	-0.43	1.000
6	Subpresión	0.00	0.00	0.60	-3.80	1.000

Verificación del tallo del muro - refuerzo frontal

CORTE : ACEPTABLE (0.0%)

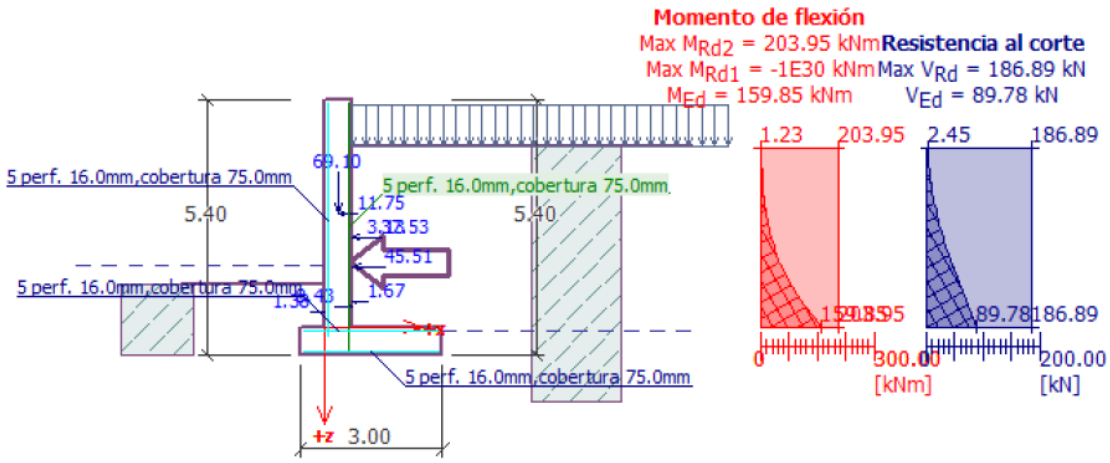
FLEXION : ACEPTABLE (0.0%)

PRINCIPIOS DE DISEÑO : NO COMPROBADO

Nota: Elaboración propia.

Figura 161

Fuerzas aplicadas en el tallo del muro, refuerzo trasero – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 106

Verificación del tallo del muro, refuerzo trasero – Sector Canchapilca Baja.

Data para dimensionamiento

Recubrimiento : 75.0 [mm] Número de barras : 5.00 [pcs]

Diámetro de barra : 16.0 [mm]

Refuerzo adicional

Distancia h_1 [m]	Distancia h_2 [m]	Nro. de barras [pcs]	Perfil [mm]

Área de refuerzo

Cant. requerida área de acero: 862.4 mm^2

Área de acero insertada : 1005.3 mm^2

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación x [m]	Pto. aplicación z [m]	Coef. [-]
1	Peso - Muro	0.00	69.10	0.30	-2.40	1.000
2	Sismo - construcción	-11.75	0.00	0.30	-2.40	1.000
3	Resistencia del frente	1.38	0.00	0.00	-0.30	1.000
4	Presión en reposo	-45.51	0.00	0.60	-1.27	1.000
5	Presión de agua	8.43	0.00	0.60	-0.43	1.000
6	Subpresión	0.00	0.00	0.60	-3.80	1.000

Verificación del tallo del muro - refuerzo trasero

CORTE : ACEPTABLE (48.0%)

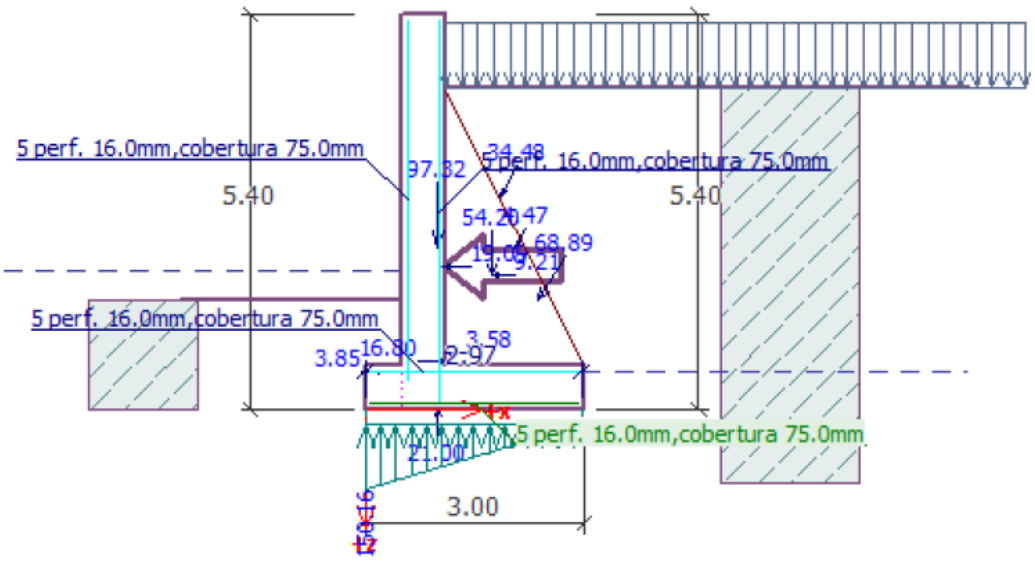
FLEXION : ACEPTABLE (78.4%)

PRINCIPIOS DE DISEÑO : ACEPTABLE (82.8%)

Nota: Elaboración propia.

Figura 162

Fuerzas aplicadas en el salto del muro – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 107

Verificación del salto del muro – Sector Canchapilca Baja.

Data para dimensionamiento

Recubrimiento : 75.0 [mm] Número de barras : 5.00 [pcs]

Diámetro de barra : 16.0 [mm]

Área de refuerzo

Cant. requerida área de acero: **832.1 mm²**

Área de acero insertada : **1005.3 mm²**

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación x [m]	Pto. aplicación z [m]	Coef. [–]
1	Peso - Muro	0.00	97.32	1.00	-2.23	1.000
2	Sismo - construcción	-19.09	0.00	1.07	-1.96	1.000
3	Resistencia del frente	3.85	0.01	0.25	-0.50	1.000
4	Peso - cuña de tierra	0.00	54.20	1.73	-1.84	1.000
5	Sismo - cuña de suelo	-9.21	0.00	1.73	-1.84	1.000
6	Presión activa	-37.46	57.82	2.37	-1.50	1.000

Verificación del salto del muro

CORTE : ACEPTABLE (32.9%)

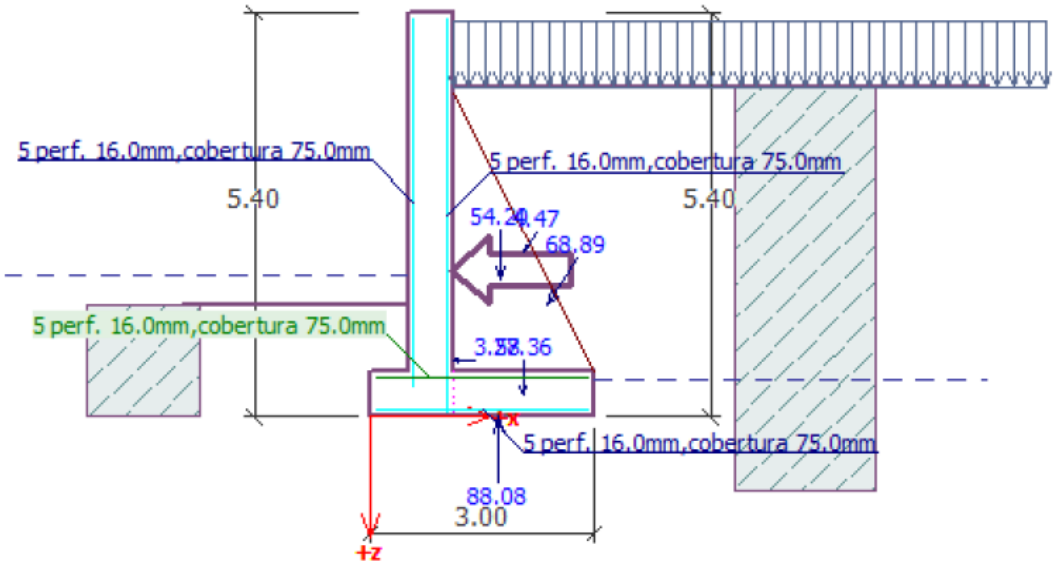
FLEXION : ACEPTABLE (8.6%)

☑ **PRINCIPIOS DE DISEÑO :** ACEPTABLE (82.8%)

Nota: Elaboración propia.

Figura 163

Fuerzas aplicadas en el talón del muro – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 108

Verificación del talón del muro – Sector Canchapilca Baja.

Data para dimensionamiento

Recubrimiento : 75.0 [mm] Número de barras : 5.00 [pcs]

Diámetro de barra : 16.0 [mm]

Área de refuerzo

Cant. requerida área de acero: **832.1 mm²**

Área de acero insertada : **1005.3 mm²**

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación x [m]	Pto. aplicación z [m]	Coef. [–]
1	Peso - Muro	0.00	27.36	2.05	-0.30	1.000
2	Peso - cuña de tierra	0.00	54.20	1.73	-1.84	1.000
3	Presión activa	-37.46	57.82	2.37	-1.50	1.000
4	Presión de agua din. al frente	-3.58	0.00	1.10	-0.76	1.000
5	SOBRECARGA	-2.26	3.86	2.06	-2.22	1.000
6	Tensión de contacto	0.00	-88.08	1.72	0.00	1.000

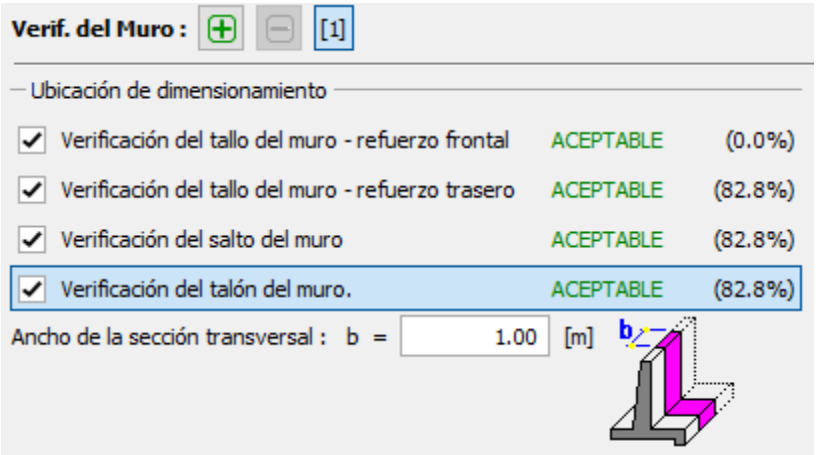
Verificación del talón del muro.

CORTE :	ACEPTABLE	(29.5%)
FLEXION :	ACEPTABLE	(44.6%)
☑ **PRINCIPIOS DE DISEÑO :**	ACEPTABLE	(82.8%)

Nota: Elaboración propia.

Figura 164

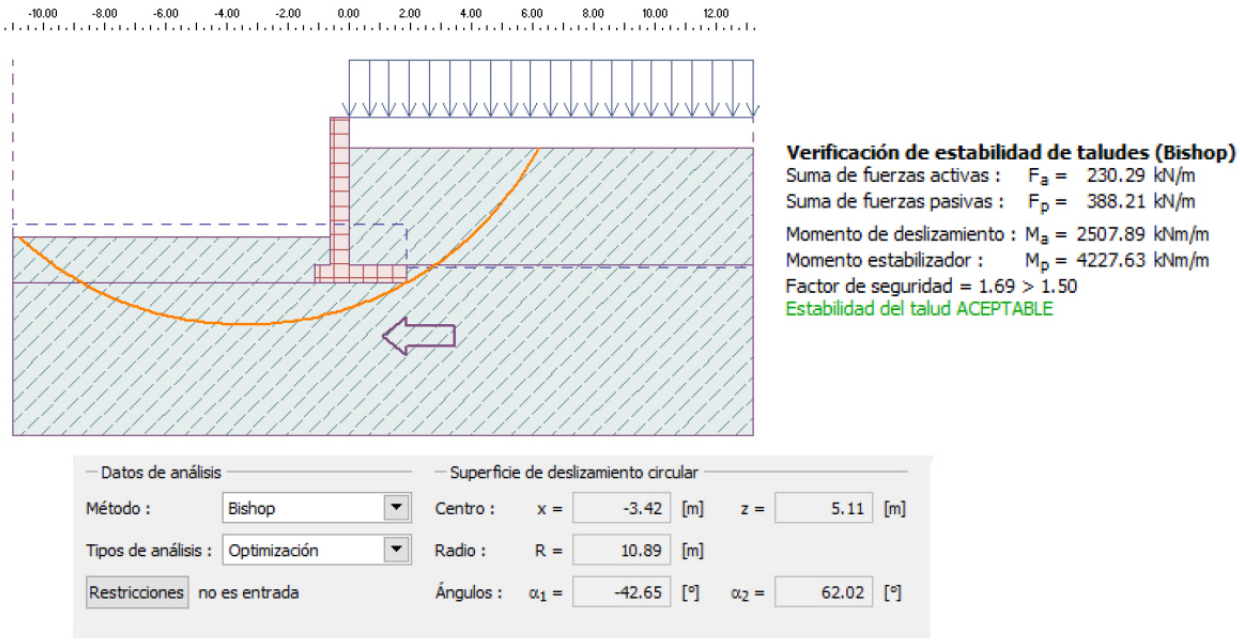
Verificación estructural general del muro – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 165

Verificación de las condiciones de estabilidad del muro – Sector Canchapilca Baja.



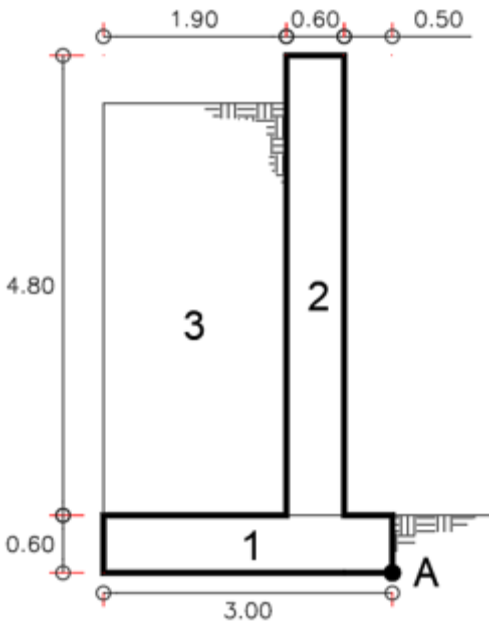
Nota: Elaboración propia.

5.6.2.1.2. Distribución de acero de refuerzo

Luego de definir la geometría del muro de encauzamiento en el sector Canchapilca Baja, se procedió a diseñar los aceros de refuerzo. Para tal fin, primero se evaluó las dimensiones y la estabilidad del muro de encauzamiento (Ver Figura 157 y Tablas 107, 108 y 109).

Figura 166

Dimensiones del muro – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 109

Parámetros geomecánicos del suelo – Sector Canchapilca Baja.

PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DEL SUELO			TERRAPLEN
Peso unitario del suelo	γ suelo	$kgf/cm3$	1,530.00
Ángulo del terraplen con la horizontal	β	$grados$	0.00
Ángulo de fricción interna	θ	$grados$	35.50
Ángulo de fricción muro-suelo	δ	$grados$	0.00
Coeficiente de empuje activo - Rankine	Ka	$kg/m3$	0.27
Sobrecarga	s	$kg/m2$	200.00
Coeficiente de empuje pasivo - Rankine	Kp		3.77
Coeficiente de rozamiento muro - suelo	μ		0.55
Peso unitario del material del muro	γ muro	$kgf/m3$	2,400.00

Nota: Elaboración propia.

Tabla 110

Cálculo del equilibrio estático del muro – Sector Canchapilca Baja.

DIMENSIONES DEL MURO Y CÁLCULOS DE EQUILIBRIO ESTÁTICO

	ancho	alto				
Área 1	3.00	0.60	Concreto	Alt. de empuje pasivo :	0.60	m
Área 2	0.60	4.80	Concreto			
Área 3	1.90	4.80	Suelo			

FUERZA Y MOMENTO VOLCANTE

Efecto	Fuerza (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento (kg-m)
Empuje activo	4,678.97	1.60	7,486.36
Total	4,678.97		7,486.36

FUERZA Y MOMENTO RESISTENTE

Elemento	Fuerza (kg)	Brazo de Palanca	Momento (kg-m)
1	4,320.00	1.50	6,480.00
2	6,912.00	0.80	5,529.60
3	12,790.80	2.05	26,221.14
Total	24,022.80		38,230.74

Nota: Elaboración propia.

Tabla 111

Análisis de estabilidad – Sector Canchapilca Baja.

RESULTADO DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Fuerza resistente		$kgf.1000$	24,022.80			
Fuerza deslizante		$kgf.1000$	4,678.97			
Factor de seguridad Deslizamiento	FSD		2.82	OK	>	1.50
Momento resistente		$kgf-m.1000$	38,230.74			
Momento volcante		$kgf-m.1000$	7,486.36			
Factor de seguridad al volteo	FSV		5.11	OK	>	2.00
Posición de la resultante en la base	x	m	1.28			
Excentricidad	e,lel<B/6	m	0.220	OK		
Sexto del ancho de la base	B/6	m	0.500			
Presión en extremo externo (punta)	s máx<s	$kgf/cm2$	1.15	OK	qt1	
Presión en extremo interno (talón)	s mín>0	$kgf/cm2$	0.45	OK	qt2	
Capacidad admisible del terreno	s	$kgf/cm2$	**5.52**			

Nota: Elaboración propia.

A continuación, se calculó el área de acero de refuerzo para cada elemento del muro. Finalmente, se estimó las varillas a utilizar y se calculó el espaciado entre las mismas (Ver Tablas 110, 111,112 y 113 y Figura 158).

Tabla 112

Parámetros de diseño de armadura – Sector Canchapilca Baja.

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LA ARMADURA

Resistencia del conc. (f'c)	=	280 kg/cm^2				
Resistencia de fierro (f'y)	=	4,200 kg/cm^2				
Ancho de la pantalla-inferior	=	60 cm	Ancho de corona (b_1)	=	60.00 cm	
Recubrimiento	=	0.1 cm	Ancho de base - pantalla (b_2)	=	60.00 cm	
Peralte pantalla -i nferior (d)	=	50 cm	Altura de zapata (h_1)		60.00 cm	
Peralte zapata - inferior (d)	=	50 cm				

Nota: Elaboración propia.

Tabla 113

Diseño de armadura de la pantalla principal – Sector Canchapilca Baja.

DISEÑO DE LA ARMADURA DE LA PANTALLA PRINCIPAL

H1 =	4,678.97 kg	Empuje de terreno					
H2 =	254.85 kg	Sobrecarga					
MOMENTO EN LA BASE DE LA PANTALLA							
Mu =	13,766.58 kg-m						
As =	**7.38** cm^2	Área de acero requerido - base de pantalla				<	As min.
REFUERZO MÍNIMO DEL MURO:							
As min. (vertical)	=	0.0015 x 100 x b_2/2	=	9.00 cm^2		>	**7.38 cm2**
Fierro principal	=	φ 5/8	@	**0.22 m**			**Fierro de 5/8" @ 0.20 m**
As min. (horizontal abajo)	=	0.0025 x 100 x b_2	=	15.00 cm^2			
		φ 1/2	@	**0.08 m**			**Fierro de 1/2" @ 0.15 m**
ESFUERZO CORTANTE EN LA BASE DE LA PANTALLA							
Vu =	1.7 x (Empuje act. + sobrec.) =	8,387.49 kg					
Vc =	0.85 x 0.53 x (f'c)^0.5 x b x d =	37,691.53 kg			Vc > Vu		OK

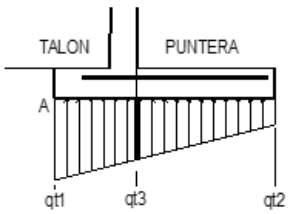
Nota: Elaboración propia.

Tabla 114

Diseño de armadura del talón posterior – Sector Canchapilca Baja.

DISEÑO DE LA ARMADURA DEL TALÓN POSTERIOR

wu1 =	12,637.60 kg/m	Carga hacia abajo					
qt3 =	8,948.01 kg/m^2	Reacción de suelo en cara de pantalla - talon posterior					
qt1 =	11,534.14 kg/m^2	Reacción de suelo en borde puntera de zapata					
qt2 =	4,481.06 kg/m^2	Reacción de suelo en borde talon de zapata					
MOMENTO EN LA CARA TALÓN POSTERIOR - PANTALLA							
Mu =	4,491.80 kg - m						
As =	**2.39** cm^2	Área de acero requerido - talón / pantalla				<	As min.
REFUERZO MÍNIMO DEL TALÓN:							
As min. (principal)	=	0.0018 x 100 x b_2	=	10.8 cm^2			**Fierro de 5/8" @ 0.20 m**
As min. (horizontal)	=	0.0018 x 100 x b_2	=	10.8 cm^2			**Fierro de 5/8" @ 0.20 m**
ESFUERZO CORTANTE EN CARA TALÓN - PANTALLA							
Vu =	Carga vertical - reac. Suelo	2,323.50 kg					
Vc =	0.85 x 0.53 x (f'c)^0.5 x b x d =	37,691.53 kg			Vc > Vu		OK



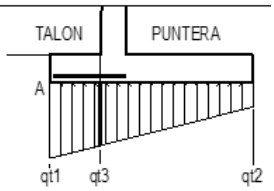
Nota: Elaboración propia.

Tabla 115

Diseño de armadura de la punta – Sector Canchapilca Baja.

DISEÑO DE LA ARMADURA DE LA PUNTA

qt3 =	5,656.57 kg/m^2	Reacción de suelo en cara de pantalla - talon anterior	
qt1 =	4,481.06 kg/m^2	Reacción de suelo en borde puntera de zapata	
qt2 =	11,534.14	Reacción de suelo en borde talon de zapata	
lta =	0.50 m		



MOMENTO EN LA CARA TALÓN ANTERIOR - PANTALLA

Mu =	1,035.49 kg - m			
As =	**0.55** cm^2	Área de acero requerido - talón / pantalla	<	As min.

REFUERZO MÍNIMO DEL TALÓN:

As min. (principal)	=	0.0018 x 100 x h1	= 10.8 cm^2	**Fierro de 5/8" @ 0.20 m**
As min. (horizontal)	=	0.0018 x 100 x h1	= 10.8 cm^2	**Fierro de 5/8" @ 0.20 m**

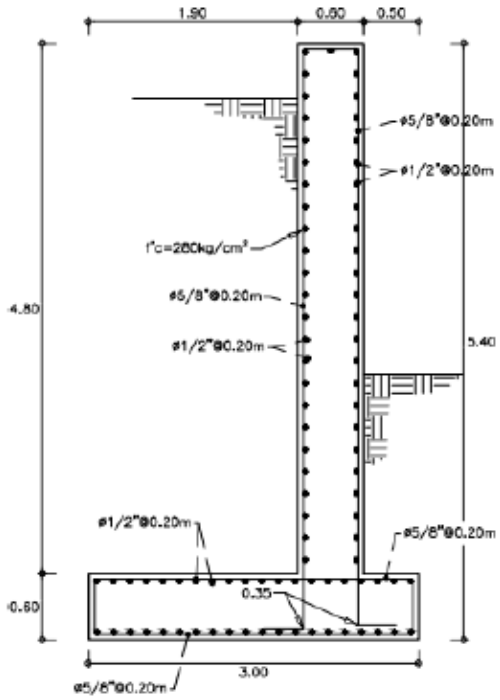
ESFUERZO CORTANTE EN CARA PUNTA - PANTALLA

Vu =	reac. Suelo	4,308.49 kg			
Vc =	0.85 x 0.53 x (f'c)^0.5 x b x d =	37,691.53 kg	Vc	> Vu	OK

Nota: Elaboración propia.

Figura 167

Distribución de armadura del muro – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

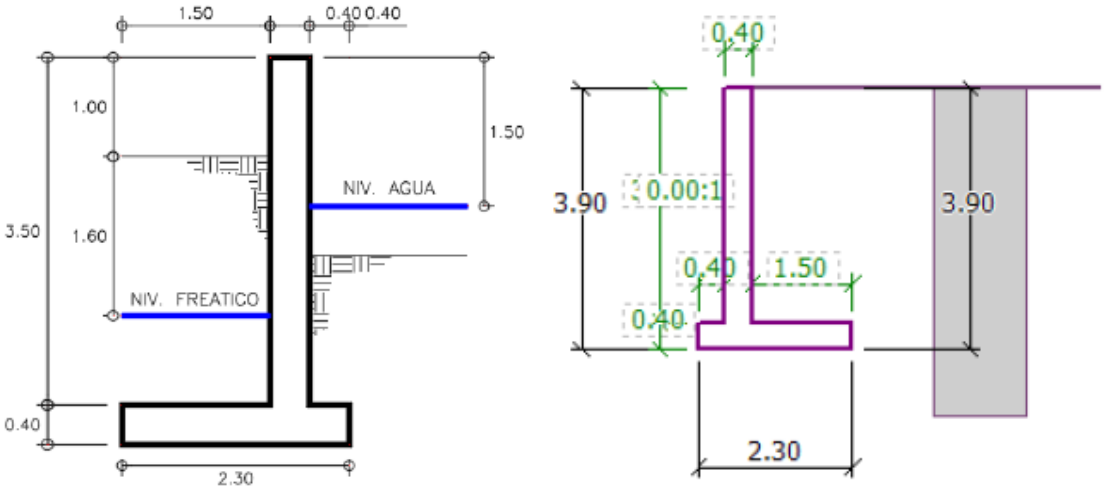
5.6.2.2. Muro de encauzamiento – Sector Rumoj

5.6.2.2.1. Geometría

El esquema de diseño del muro de encauzamiento en el sector Rumoj se muestra en la Figura 159.

Figura 168

Muro de encauzamiento – Sector Rumoj.

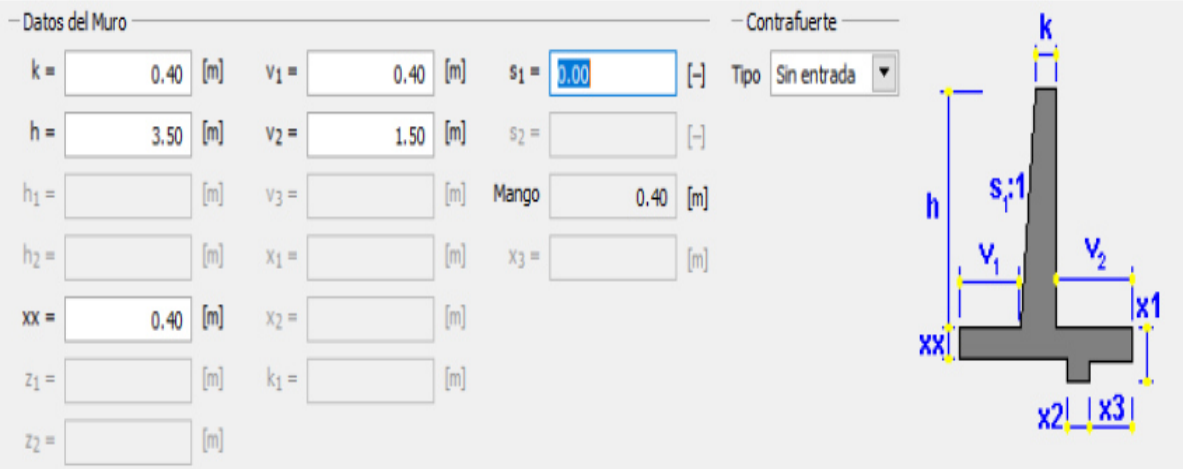


Nota: Elaboración propia.

Se muestra los datos ingresados al software GEO 5 en las siguientes figuras:

Figura 169

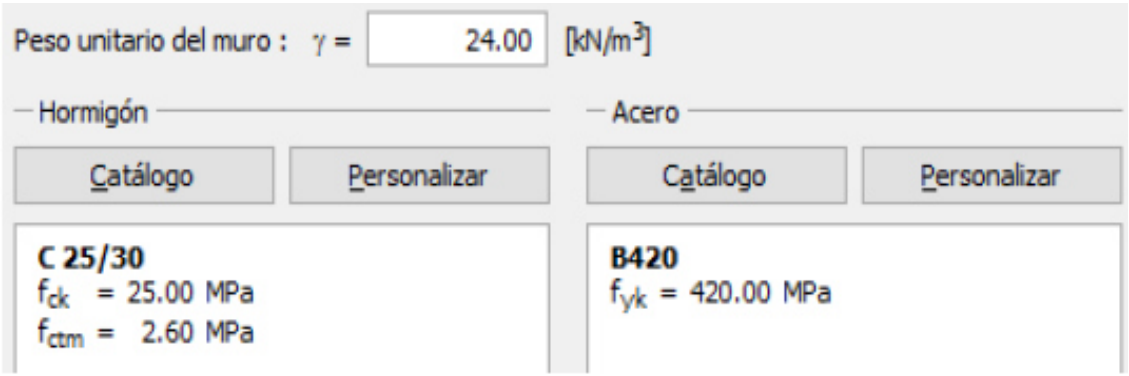
Datos geométricos del muro de encauzamiento – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 170

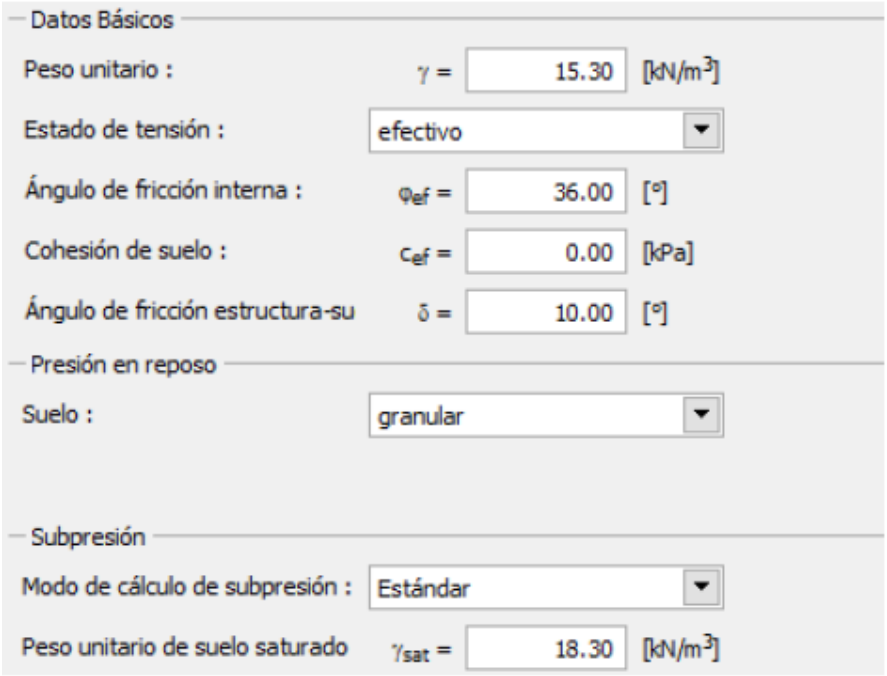
Datos del material del muro de encauzamiento – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 171

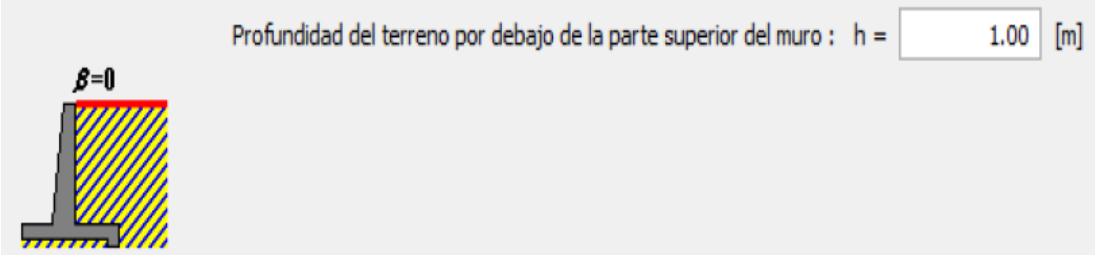
Datos perfil del suelo – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 172

Profundidad libre del relleno – Sector Rumoj.

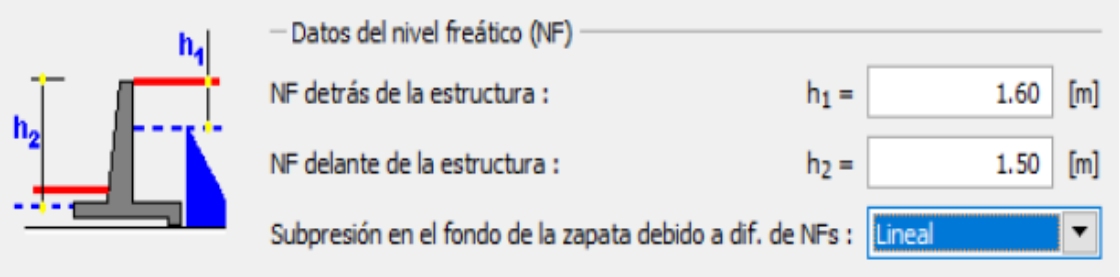


Nota: El relleno en la parte posterior tendrá una profundidad libre de 1.0 m de la corona.

Elaboración propia.

Figura 173

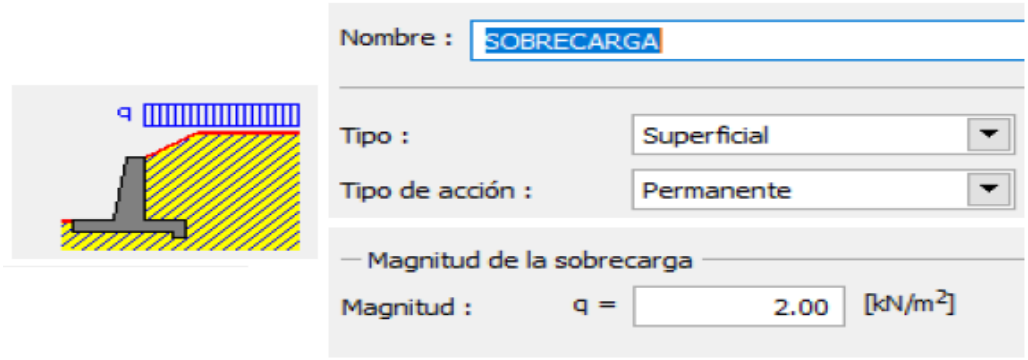
Nivel freático – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 174

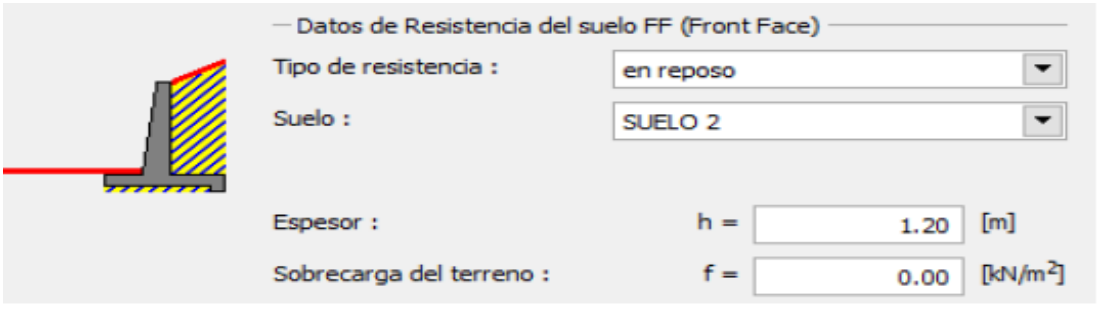
Sobrecarga en apoyos del muro – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 175

Resistencia del suelo – Sector Canchapilca Baja.

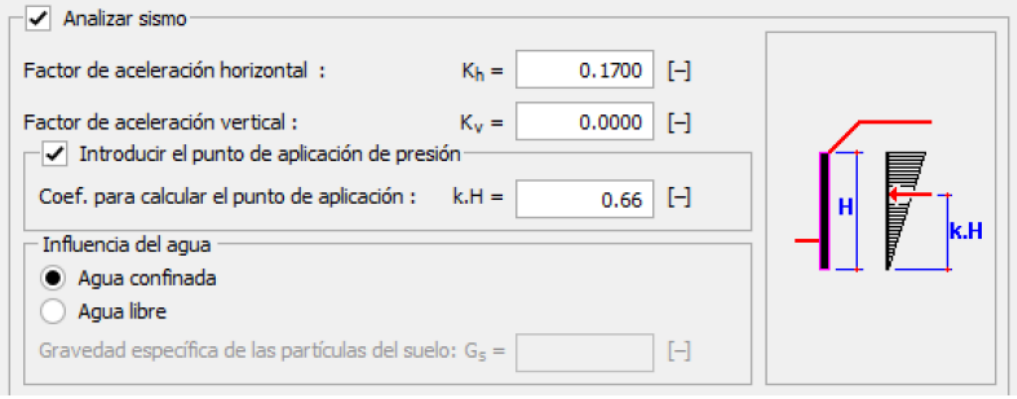


Nota: Elaboración propia.

Bajo las consideraciones de terreno mostradas se verificó las condiciones de estabilidad del muro tipo voladizo.

Figura 176

Condiciones pseudoestáticas (sismo) – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 116

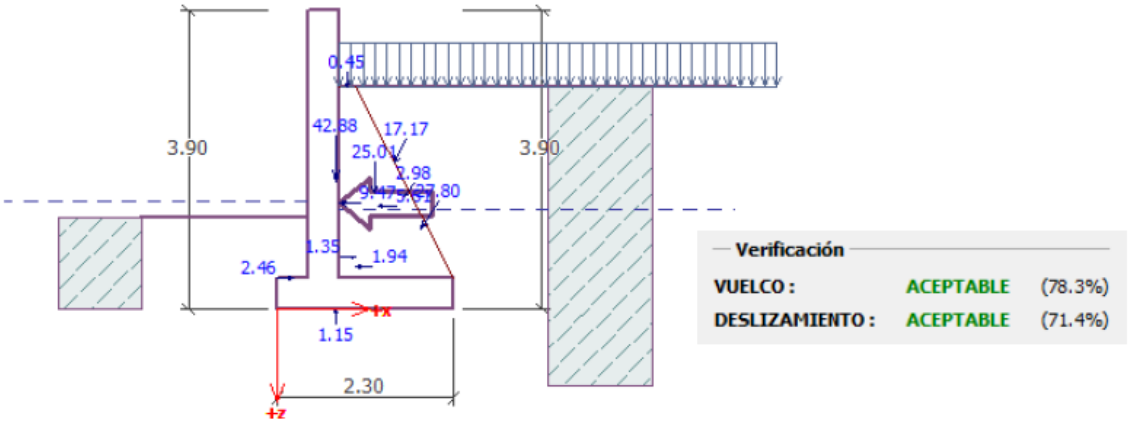
Fuerzas aplicadas en el muro tipo voladizo – Sector Rumoj.

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación x [m]	Pto. aplicación z [m]	Coef. [-]
1	Peso - Muro	0.00	42.88	0.77	-1.67	1.000
2	Sismo - construcción	-9.47	0.00	0.82	-1.38	1.000
3	Resistencia del frente	2.46	0.01	0.20	-0.40	1.000
4	Peso - cuña de tierra	0.00	25.01	1.27	-1.51	1.000
5	Sismo - cuña de suelo	-5.61	0.00	1.31	-1.34	1.000
6	Presión activa	-14.89	23.48	1.87	-1.04	1.000
7	Presión de agua	1.35	0.00	1.03	-0.68	1.000
8	Subpresión	0.00	-1.15	0.77	0.00	1.000
9	Sismo - presión activa	-7.93	15.23	1.53	-1.91	1.000
10	Presión de agua din. al frente	-1.94	0.00	1.03	-0.56	1.000
11	Sobrecarga 1 - superficial	-1.49	2.58	1.67	-1.46	1.000
12	Sobrecarga 1 - superficial	0.00	0.45	0.91	-2.90	1.000

Nota: Elaboración propia.

Figura 177

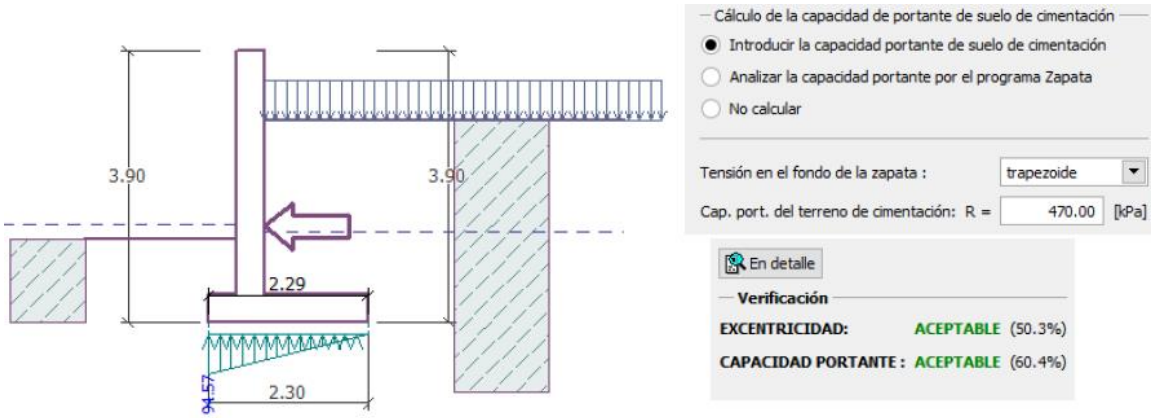
Verificación de las condiciones de equilibrio en el muro – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 178

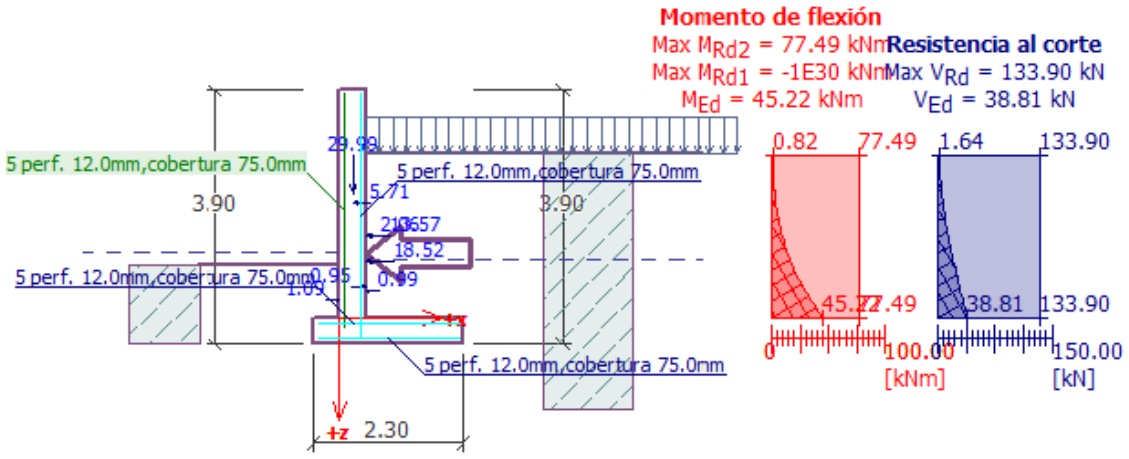
Verificación de la capacidad portante del suelo – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 179

Fuerzas aplicadas en el tallo del muro, refuerzo frontal – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 117

Verificación del tallo del muro, refuerzo frontal – Sector Rumoj.

Data para dimensionamiento

Recubrimiento : 75.0 [mm] Número de barras : 5.00 [pcs]

Diámetro de barra : 12.0 [mm]

Refuerzo adicional

Distancia h_1 [m]	Distancia h_2 [m]	Nro. de barras [pcs]	Perfil [mm]

Área de refuerzo

Cant. requerida área de acero: 513.4 mm^2

Área de acero insertada : 565.5 mm^2

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación x [m]	Pto. aplicación z [m]	Coef. [-]
1	Peso - Muro	0.00	29.99	0.20	-1.91	1.000
2	Sismo - construcción	-5.71	0.00	0.20	-1.75	1.000
3	Resistencia del frente	1.09	0.00	0.00	-0.27	1.000
4	Presión en reposo	-18.52	0.00	0.40	-0.87	1.000
5	Presión de agua	0.95	0.00	0.40	-0.47	1.000
6	Subpresión	0.00	0.00	0.40	-2.50	1.000

Verificación del tallo del muro - refuerzo frontal

CORTE : ACEPTABLE (0.0%)

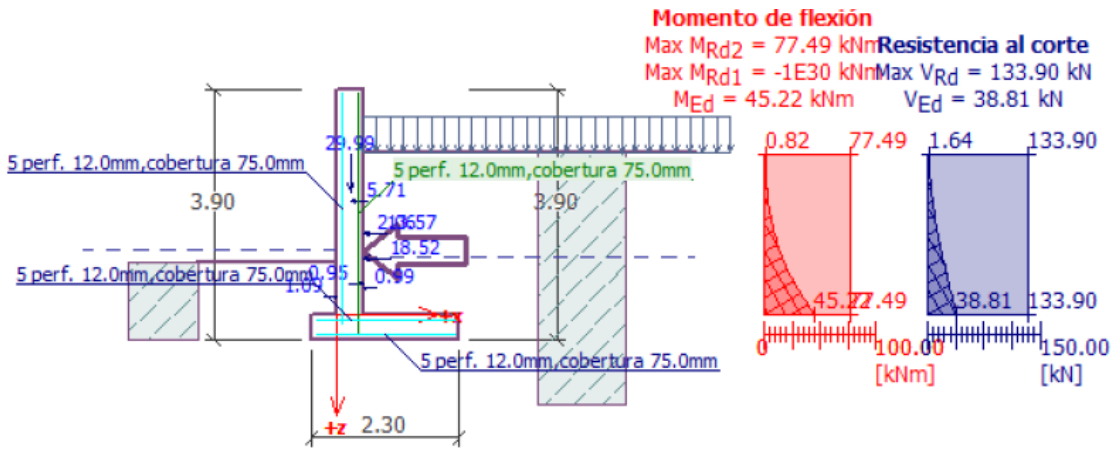
FLEXION : ACEPTABLE (0.0%)

PRINCIPIOS DE DISEÑO : NO COMPROBADO

Nota: Elaboración propia.

Figura 180

Fuerzas aplicadas en el tallo del muro, refuerzo trasero – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 118

Verificación del tallo del muro, refuerzo trasero – Sector Rumoj.

Data para dimensionamiento

Recubrimiento : 75.0 [mm] Número de barras : 5.00 [pcs]

Diámetro de barra : 12.0 [mm]

Refuerzo adicional

Distancia h_1 [m]	Distancia h_2 [m]	Nro. de barras [pcs]	Perfil [mm]

Área de refuerzo

Cant. requerida área de acero: 513.4 mm^2

Área de acero insertada : 565.5 mm^2

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación x [m]	Pto. aplicación z [m]	Coef. [-]
1	Peso - Muro	0.00	29.99	0.20	-1.91	1.000
2	Sismo - construcción	-5.71	0.00	0.20	-1.75	1.000
3	Resistencia del frente	1.09	0.00	0.00	-0.27	1.000
4	Presión en reposo	-18.52	0.00	0.40	-0.87	1.000
5	Presión de agua	0.95	0.00	0.40	-0.47	1.000
6	Subpresión	0.00	0.00	0.40	-2.50	1.000

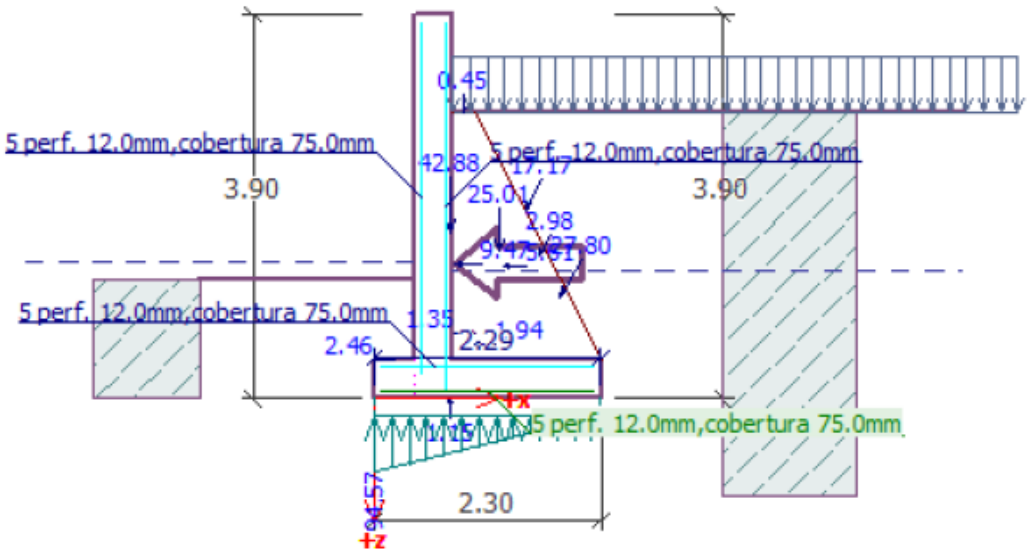
Verificación del tallo del muro - refuerzo trasero

CORTE :	ACEPTABLE	(29.0%)
FLEXION :	ACEPTABLE	(58.4%)
✓ **PRINCIPIOS DE DISEÑO :**	ACEPTABLE	(90.8%)

Nota: Elaboración propia.

Figura 181

Fuerzas aplicadas en el salto del muro – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 119

Verificación del salto del muro – Sector Rumoj.

Data para dimensionamiento

Recubrimiento : 75.0 [mm] Número de barras : 5.00 [pcs]

Diámetro de barra : 12.0 [mm]

Área de refuerzo

Cant. requerida área de acero: **513.4 mm²**

Área de acero insertada : **565.5 mm²**

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación x [m]	Pto. aplicación z [m]	Coef. [–]
1	Peso - Muro	0.00	42.88	0.77	-1.67	1.000
2	Sismo - construcción	-9.47	0.00	0.82	-1.38	1.000
3	Resistencia del frente	2.46	0.01	0.20	-0.40	1.000
4	Peso - cuña de tierra	0.00	25.01	1.27	-1.51	1.000
5	Sismo - cuña de suelo	-5.61	0.00	1.31	-1.34	1.000
6	Presión activa	-14.89	23.48	1.87	-1.04	1.000

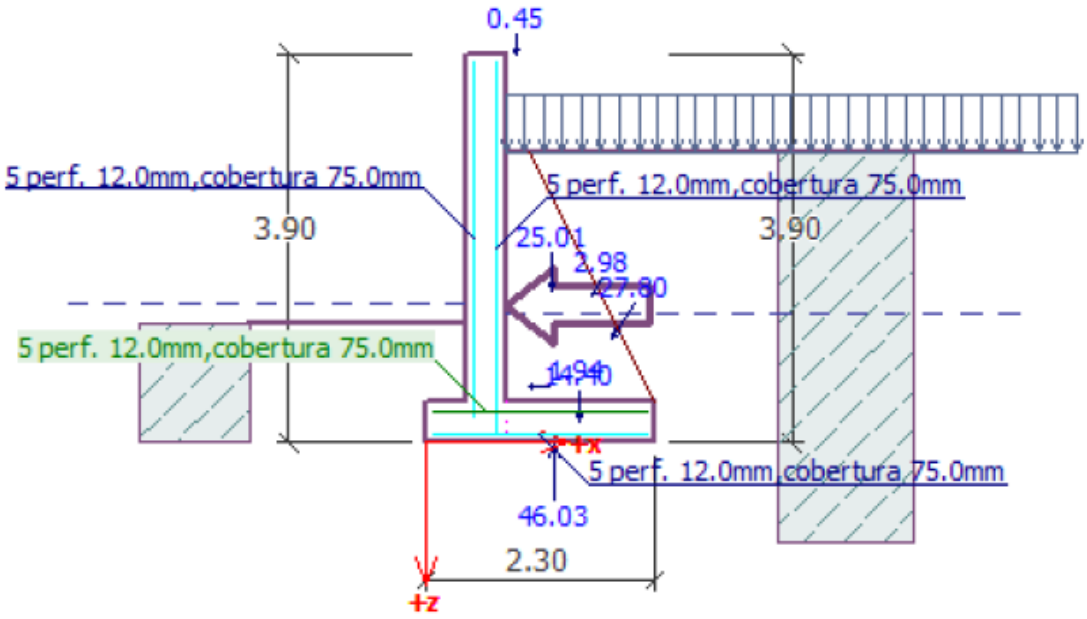
Verificación del salto del muro

CORTE :	ACEPTABLE	(22.9%)
FLEXION :	ACEPTABLE	(9.8%)
✓ **PRINCIPIOS DE DISEÑO :**	ACEPTABLE	(90.8%)

Nota: Elaboración propia.

Figura 182

Fuerzas aplicadas en el talón del muro – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 120

Verificación del talón del muro – Sector Rumoj.

Data para dimensionamiento

Recubrimiento : 75.0 [mm] Número de barras : 5.00 [pcs]

Diámetro de barra : 12.0 [mm]

Área de refuerzo

Cant. requerida área de acero: **513.4 mm²**

Área de acero insertada : **565.5 mm²**

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación x [m]	Pto. aplicación z [m]	Coef. [-]
1	Peso - Muro	0.00	14.40	1.55	-0.20	1.000
2	Peso - cuña de tierra	0.00	25.01	1.27	-1.51	1.000
3	Presión activa	-14.89	23.48	1.87	-1.04	1.000
4	Presión de agua din. al frente	-1.94	0.00	1.03	-0.56	1.000
5	Sobrecarga 1 - superficial	-1.49	2.58	1.67	-1.46	1.000
6	Tensión de contacto	0.00	-46.03	1.30	0.00	1.000

Verificación del talón del muro.

CORTE : ACEPTABLE (14.9%)

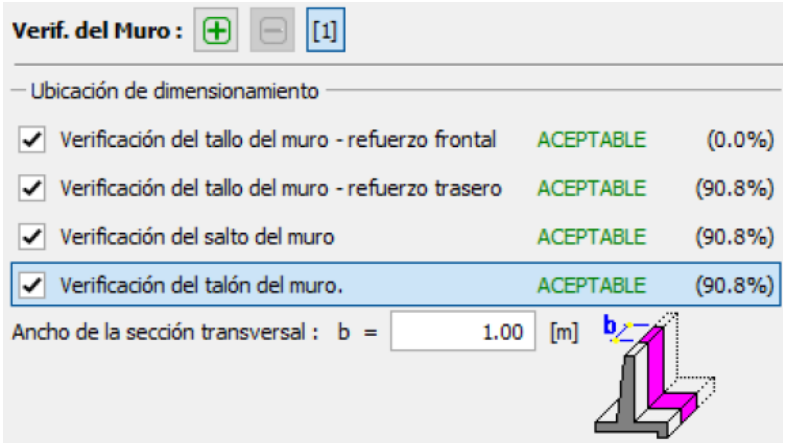
FLEXION : ACEPTABLE (41.7%)

☑ **PRINCIPIOS DE DISEÑO :** ACEPTABLE (90.8%)

Nota: Elaboración propia.

Figura 183

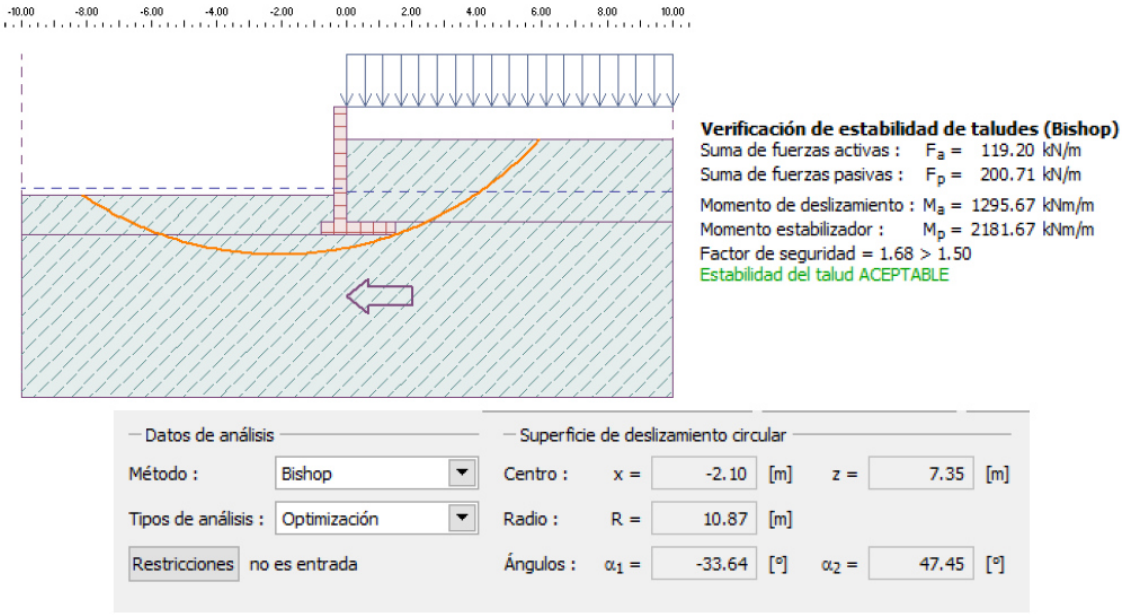
Verificación estructural general del muro – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 184

Verificación de las condiciones de estabilidad del muro – Sector Rumoj.



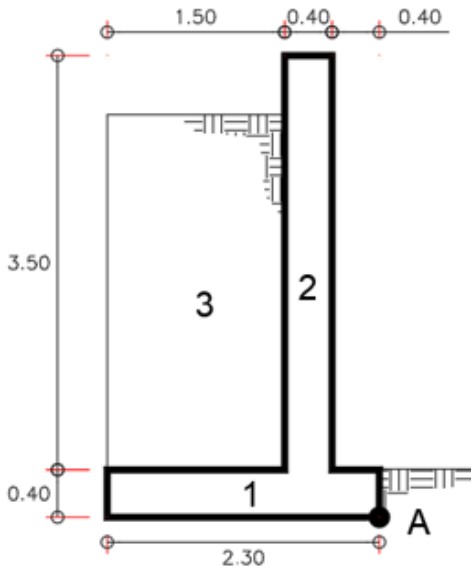
Nota: Elaboración propia.

5.6.2.2.2. Distribución de acero de refuerzo

Luego de definir la geometría del muro de encauzamiento en el sector Rumoj, se procedió a diseñar los aceros de refuerzo. Para tal fin, primero se evaluó las dimensiones y la estabilidad del muro de encauzamiento (Ver Figura 176 y Tablas 119, 120 y 121).

Figura 185

Dimensiones del muro – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 121

Parámetros geomecánicos del suelo – Sector Rumoj.

PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DEL SUELO			TERRAPLEN
Peso unitario del suelo	γ suelo	$kgf/cm3$	1,560.00
Ángulo del terraplen con la horizontal	β	$grados$	0.00
Ángulo de fricción interna	θ	$grados$	36.30
Ángulo de fricción muro-suelo	δ	$grados$	0.00
Coeficiente de empuje activo - Rankine	Ka	$kg/m3$	0.26
Sobrecarga	s	$kg/m2$	200.00
Coeficiente de empuje pasivo - Rankine	Kp		3.90
Coeficiente de rozamiento muro - suelo	μ		0.55
Peso unitario del material del muro	γ muro	$kgf/m3$	2,400.00

Nota: Elaboración propia.

Tabla 122

Cálculo del equilibrio estático del muro – Sector Rumoj.

DIMENSIONES DEL MURO Y CÁLCULOS DE EQUILIBRIO ESTÁTICO

	ancho	alto				
Área 1	2.30	0.40	Concreto	Alt. de empuje pasivo :	0.40	m
Área 2	0.40	3.50	Concreto			
Área 3	1.50	3.50	Suelo			

FUERZA Y MOMENTO VOLCANTE

Efecto	Fuerza (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento (kg-m)
Empuje activo	2,450.62	1.17	2,859.06
Total	2,450.62		2,859.06

FUERZA Y MOMENTO RESISTENTE

Elemento	Fuerza (kg)	Brazo de Palanca	Momento (kg-m)
1	2,208.00	1.15	2,539.20
2	3,360.00	0.80	2,688.00
3	7,254.00	2.05	14,870.70
Total	12,822.00		20,097.90

Nota: Elaboración propia.

Tabla 123

Análisis de estabilidad – Sector Rumoj.

RESULTADO DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Fuerza resistente		$kgf.1000$	12,822.00			
Fuerza deslizante		$kgf.1000$	2,450.62			
Factor de seguridad Deslizamiento	FSD		2.88	OK	>	1.50
Momento resistente		$kgf-m.1000$	20,097.90			
Momento volcante		$kgf-m.1000$	2,859.06			
Factor de seguridad al volteo	FSV		7.03	OK	>	2.00
Posición de la resultante en la base	x	m	1.34			
Excentricidad	e,lel<B/6	m	-0.194	OK		
Sexto del ancho de la base	B/6	m	0.383			
Presión en extremo externo (punta)	s máx<s	$kgf/cm2$	0.27	OK	qt1	
Presión en extremo interno (talón)	s mín>0	$kgf/cm2$	0.84	OK	qt2	
Capacidad admisible del terreno	s	$kgf/cm2$	**4.70**			

Nota: Elaboración propia.

A continuación, se calculó el área de acero de refuerzo para cada elemento del muro. Finalmente, se estimó las varillas a utilizar y se calculó el espaciado entre las mismas (Ver Tablas 122, 123,124 y 125 y Figura 177).

Tabla 124

Parámetros de diseño de armadura – Sector Rumoj.

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LA ARMADURA

Resistencia del conc. (f'c)	=	280 kg/cm^2				
Resistencia de fierro (f'y)	=	4,200 kg/cm^2				
Ancho de la pantalla-inferior	=	40 cm	Ancho de corona (b_1)	=	40.00 cm	
Recubrimiento	=	0.1 cm	Ancho de base - pantalla (b_2)	=	40.00 cm	
Peralte pantalla -i nferior (d)	=	35 cm	Altura de zapata (h_1)		40.00 cm	
Peralte zapata - inferior (d)	=	35 cm				

Nota: Elaboración propia.

Tabla 125

Diseño de armadura de la pantalla principal – Sector Rumoj.

DISEÑO DE LA ARMADURA DE LA PANTALLA PRINCIPAL

H1 =	2,450.62 kg	Empuje de terreno					
H2 =	179.53 kg	Sobrecarga					
MOMENTO EN LA BASE DE LA PANTALLA							
Mu =	5,394.51 kg-m						
As =	**4.12** cm^2	Área de acero requerido - base de pantalla			<	As min.	
REFUERZO MÍNIMO DEL MURO:							
As min. (vertical)	=	0.0015 x 100 x b_2/2 =		6.00 cm^2	>	**4.12 cm2**	
Fierro principal	=	φ	1/2	@	**0.31 m**	**Fierro de 1/2" @ 0.25 m**	
As min. (horizontal abajo)	=	0.0025 x 100 x b_2	=	10.00 cm^2			
		φ	1/2	@	**0.13 m**	**Fierro de 1/2" @ 0.20 m**	
ESFUERZO CORTANTE EN LA BASE DE LA PANTALLA							
Vu =	1.7 x (Empuje act. + sobrec.) =	4,471.26 kg					
Vc =	0.85 x 0.53 x (f'c)^0.5 x b x d =	26,384.07 kg		Vc > Vu		OK	

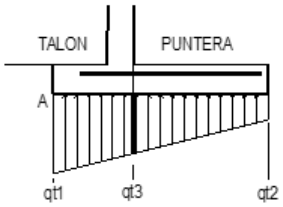
Nota: Elaboración propia.

Tabla 126

Diseño de armadura del talón posterior – Sector Rumoj.

DISEÑO DE LA ARMADURA DEL TALÓN POSTERIOR

wu1 =	9,328.00 kg/m	Carga hacia abajo					
qt3 =	6,435.54 kg/m^2	Reacción de suelo en cara de pantalla - talon posterior					
qt1 =	8,403.00 kg/m^2	Reacción de suelo en borde puntera de zapata					
qt2 =	2,746.57 kg/m^2	Reacción de suelo en borde talon de zapata					
MOMENTO EN LA CARA TALÓN POSTERIOR - PANTALLA							
Mu =	2,889.47 kg - m						
As =	**2.20** cm^2	Área de acero requerido - talón / pantalla			<	As min.	
REFUERZO MÍNIMO DEL TALÓN:							
As min. (principal)	=	0.0018 x 100 x b_2	=	7.2 cm^2		**Fierro de 1/2" @ 0.25 m**	
As min. (horizontal)	=	0.0018 x 100 x b_2	=	7.2 cm^2		**Fierro de 1/2" @ 0.25 m**	
ESFUERZO CORTANTE EN CARA TALÓN - PANTALLA							
Vu =	Carga vertical - reac. Suelo	2,284.81 kg					
Vc =	0.85 x 0.53 x (f'c)^0.5 x b x d =	26,384.07 kg		Vc > Vu		OK	



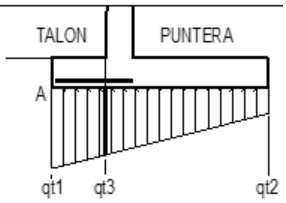
Nota: Elaboración propia.

Tabla 127

Diseño de armadura de la punta – Sector Rumoj.

DISEÑO DE LA ARMADURA DE LA PUNTA

qt3 =	7,419.27 kg/m^2	Reacción de suelo en cara de pantalla - talon anterior	
qt1 =	8,403.00 kg/m^2	Reacción de suelo en borde puntera de zapata	
qt2 =	2,746.57	Reacción de suelo en borde talon de zapata	
lta =	0.40 m		



MOMENTO EN LA CARA TALÓN ANTERIOR - PANTALLA

Mu =	1,098.21 kg - m			
As =	**0.83** cm^2	Área de acero requerido - talón / pantalla	<	As min.

REFUERZO MÍNIMO DEL TALÓN:

As min. (principal)	=	0.0018 x 100 x h1	=	7.2 cm^2	**Fierro de 1/2" @ 0.25 m**
As min. (horizontal)	=	0.0018 x 100 x h1	=	7.2 cm^2	**Fierro de 1/2" @ 0.25 m**

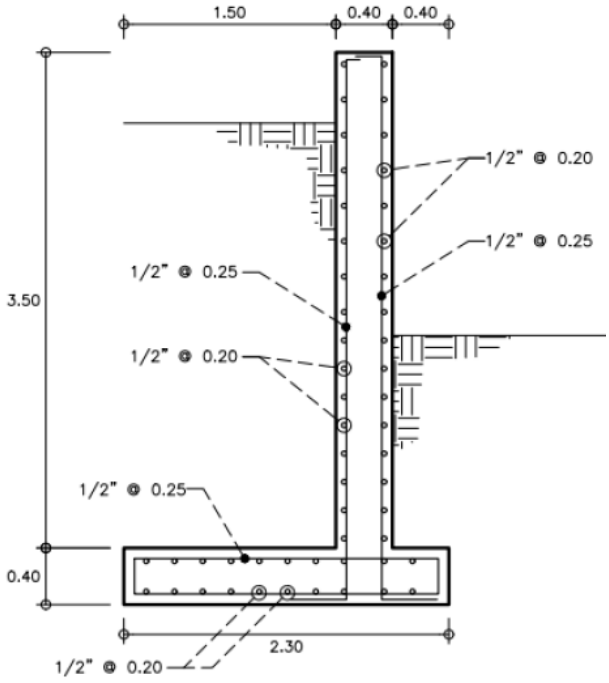
ESFUERZO CORTANTE EN CARA PUNTA - PANTALLA

Vu =	reac. Suelo	5,379.57 kg			
Vc =	0.85 x 0.53 x (f'c)^0.5 x b x d =	26,384.07 kg	Vc >	Vu	OK

Nota: Elaboración propia.

Figura 186

Distribución de armadura del muro – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

5.6.3. Diseño de canal de conducción

Para diseñar el canal de conducción en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj se consideró lo presentado en el ítem 2.2.5.3.

5.6.3.1. Canal de conducción en el sector Canchapilca Baja

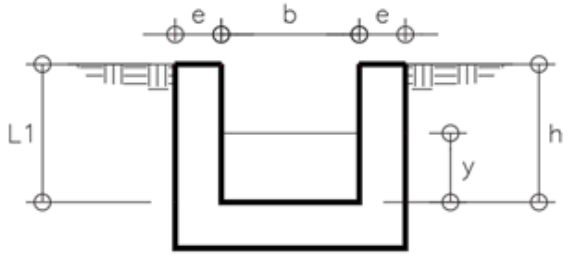
De acuerdo a la información del terreno en el sector Canchapilca Baja, se realizó el cálculo de las cargas aplicadas al canal, así como el acero de refuerzo.

Figura 187

Parámetros del canal de conducción – Sector Canchapilca Baja.

1.- Parámetros del canal:

$f'c$ =	280	kg/cm^2
b=	0.60	m
e=	0.20	m
h=	0.60	m
y=	0.40	m
L1=	0.60	m
γ =	1.53	tn/m^3
ϕ =	35.5	
Pe_c =	2.40	tn/m^3
γag=	1.00	tn/m^3



2.- Empuje de la tierra

$$E = \frac{\gamma . h^2}{2} \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)^2$$

E= 0.073 Tn

Eu= 0.175 Tn Empuje amplificado

3.- Peso en la base del canal

Pbc= 4.56 tn

4.- Presion de estructura en suelo

Pcn= 0.76 kg/cm2

5.- Peso en la base de la pared

Pbp= 0.408 tn

6.- Punto de aplicación

$$Pa = \frac{h}{3}$$

Pa= 0.2 m

Nota: Elaboración propia.

Figura 188

Cálculos de cargas en el canal de conducción – Sector Canchapilca Baja.

7.- Momento en pared

$$M_{up} = E_u * Pa$$

M_{up} = 0.035 Tn.m

8.- Esfuerzos admisibles en el concreto

-Esfuerzo admisible por corte

$$v_{ua} = 0.35 * \sqrt{f'c}$$

v_u= 5.857 kg/cm^2

-Esfuerzo admisible por flexión

$$f_{ca} = 0.65 * f'_c$$

$$f_{ta} = 0.85 * \sqrt{f'_c}$$

f_c = 182 kg/cm^2

f_t = 14.22 kg/cm^2

9.- Esfuerzos actuantes en la pared

-Esfuerzo actuante por corte

$$v_u = \frac{3 * V_{up}}{200 * e2}$$

v_u = 0.131 kg/cm^2 $\quad v_u < v_{ua}$ O.K.

-Esfuerzos actuante por flexión

$$f_c = \frac{P}{100 * t} + 6 * \frac{M_{up}}{100 * t^2}$$

f_c = 0.730 Kg/cm^2 $\quad f_c < f_{ca}$ O.K.

$$f_t = 6 * \frac{M_{up}}{100 * t2}$$

f_t = 0.526 kg/cm^2 $\quad f_t < f_{ta}$ O.K.

Nota: Elaboración propia.

Figura 189

Acero de refuerzo en el canal de conducción – Sector Canchapilca Baja.

CALCULO DEL ACERO DE REFUERZO - VERTICAL

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - a/2)} \qquad a = \frac{A_s * F_y}{0.85 f'_c b}$$

Donde:		
Mu: Momento ultimo	0.01	Ton - m
b: Ancho estructura	100.00	cm
f'c: resistencia concreto	280.00	kg/cm2
fy: resistencia acero	4200.00	kg/cm2
e : Ancho de muro	20.00	cm
d: Peralte	14.37	cm

Iterando para el calculo de acero

N° Iteracion	a (cm)	As (cm2)
1	1.44	0.01
2	0.00	0.01
3	0.00	0.01
4	0.00	0.01
5	0.00	0.01

Acero calculado:	0.01	cm2
Acero min: 0.0018 x b x d	2.59	cm2

DISTRIBUCION DE ACERO

Acero a distribuir:	2.59	cm2
area de acero D=3/8" :	0.71	cm2
Numero de barras :	4.00	

Nota: Elaboración propia.

Por lo que se usó varillas de acero de ø 3/8” @ 0.25 m.

5.6.3.2. Canal de conducción en el sector Rumoj

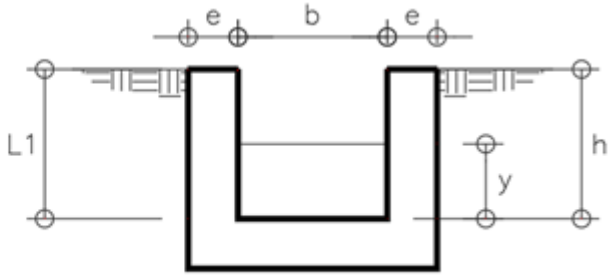
De acuerdo a la información del terreno en el sector Rumoj, se realizó el cálculo de las cargas aplicadas al canal, así como el acero de refuerzo.

Figura 190

Parámetros del canal de conducción – Sector Rumoj.

1.- Parámetros del canal:

$f'c$ =	280	kg/cm^2
b=	0.60	m
e=	0.20	m
h=	0.60	m
y=	0.40	m
L1=	0.60	m
γ =	1.56	tn/m^3
ϕ =	36.3	
Pe_c =	2.40	tn/m^3
γag=	1.00	tn/m^3



2.- Empuje de la tierra

$$E = \frac{\gamma . h^2}{2} \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)^2$$

E= 0.072 Tn

Eu= 0.173 Tn Empuje amplificado

3.- Peso en la base del canal

Pbc= 4.56 tn

4.- Presion de estructura en suelo

Pcn= 0.76 kg/cm2

5.- Peso en la base de la pared

Pbp= 0.408 tn

6.- Punto de aplicación

$$Pa = \frac{h}{3}$$

Pa= 0.2 m

Nota: Elaboración propia.

Figura 191

Cálculos de cargas en el canal de conducción – Sector Rumoj.

7.- Momento en pared

$$M_{up} = E_u * Pa$$

M_{up} = 0.035 Tn.m

8.- Esfuerzos admisibles en el concreto

-Esfuerzo admisible por corte

$$v_{ua} = 0.35 * \sqrt{f'c}$$

v_u= 5.857 kg/cm^2

-Esfuerzo admisible por flexión

$$f_{ca} = 0.65 * f'_c$$

$$f_{ta} = 0.85 * \sqrt{f'_c}$$

f_c = 182 kg/cm^2

f_t = 14.22 kg/cm^2

9.- Esfuerzos actuantes en la pared

-Esfuerzo actuante por corte

$$v_u = \frac{3 * V_{up}}{200 * e2}$$

v_u = 0.130 kg/cm^2 $\quad v_u < v_{ua}$ O.K.

-Esfuerzos actuante por flexión

$$f_c = \frac{P}{100 * t} + 6 * \frac{M_{up}}{100 * t^2}$$

f_c = 0.722 Kg/cm^2 $\quad f_c < f_{ca}$ O.K.

$$f_t = 6 * \frac{M_{up}}{100 * t2}$$

f_t = 0.518 kg/cm^2 $\quad f_t < f_{ta}$ O.K.

Nota: Elaboración propia.

Figura 192

Acero de refuerzo en el canal de conducción – Sector Rumoj.

CALCULO DEL ACERO DE REFUERZO - VERTICAL

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - a/2)} \qquad a = \frac{A_s * F_y}{0.85 f'_c b}$$

Donde:		
Mu: Momento ultimo	0.01	Ton - m
b: Ancho estructura	100.00	cm
fc: resistencia concreto	280.00	kg/cm2
fy: resistencia acero	4200.00	kg/cm2
e : Ancho de muro	20.00	cm
d: Peralte	14.37	cm

Iterando para el calculo de acero

Nº Iteracion	a (cm)	As (cm2)
1	1.44	0.01
2	0.00	0.01
3	0.00	0.01
4	0.00	0.01
5	0.00	0.01

Acero calculado:	0.01	cm2
Acero min: 0.0018 x b x d	2.59	cm2

DISTRIBUCION DE ACERO

Acero a distribuir:	2.59	cm2
area de acero D=3/8" :	0.71	cm2
Numero de barras :	4.00	

Nota: Elaboración propia.

Por lo que se usó varillas de acero de ø 3/8” @ 0.25 m.

5.6.4. Estabilidad de azud

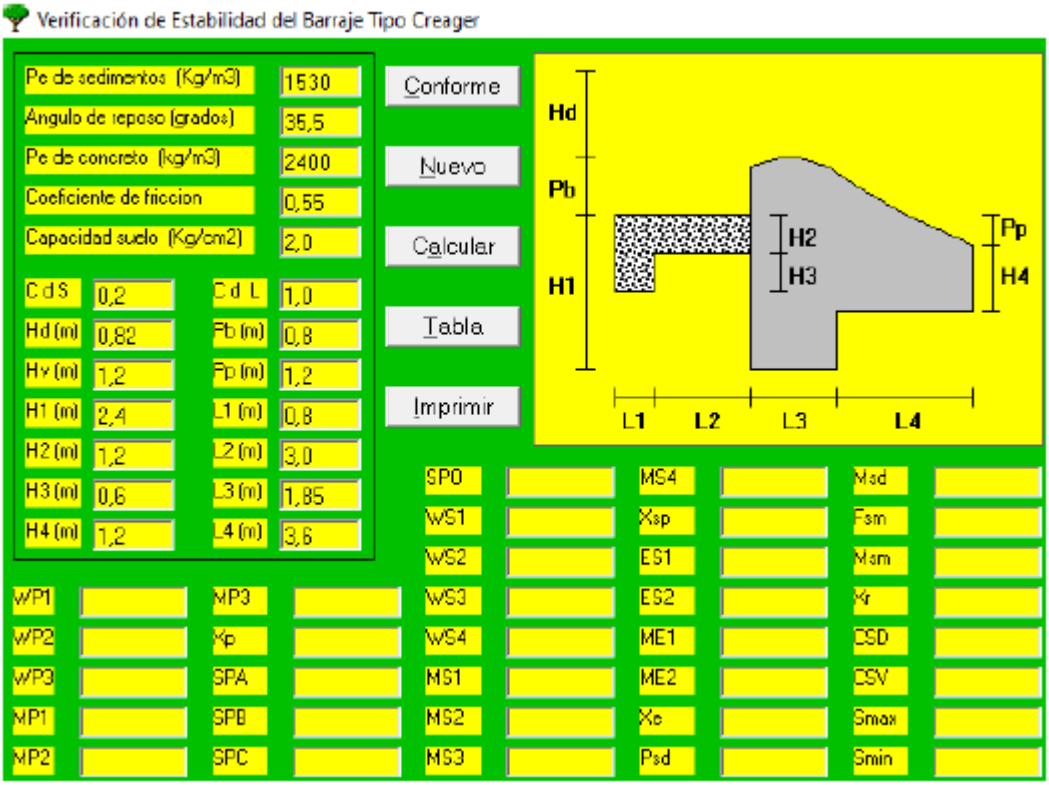
Se utilizó el software Bocatoma para facilitar el cálculo estructural del azud en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj.

5.6.4.1. Azud en sector Canchapilca Baja

Con los datos de la geometría propuesta para el azud (Ver Figura 184), se obtuvo los siguientes valores para los factores seguridad: CSD (Deslizamiento) = 6.09 y CSV (Volteo) = 13.50 (Ver Figura 185).

Figura 193

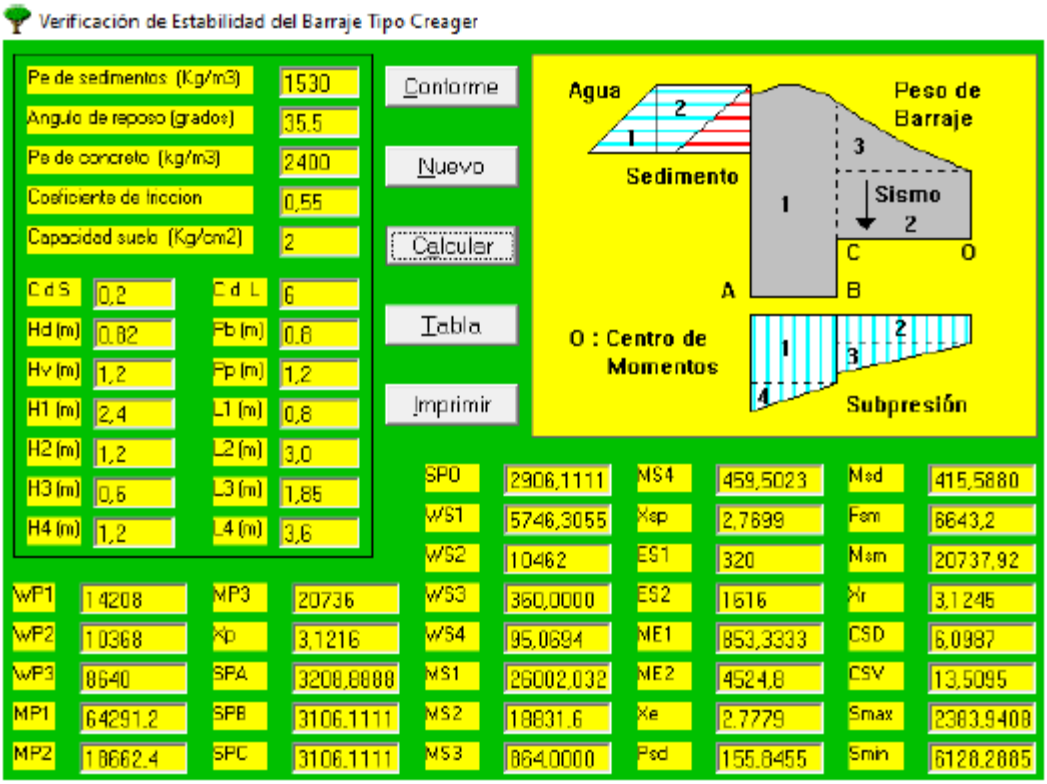
Datos iniciales para verificación de azud – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 194

Resultados de la verificación de azud – Sector Canchapilca Baja.



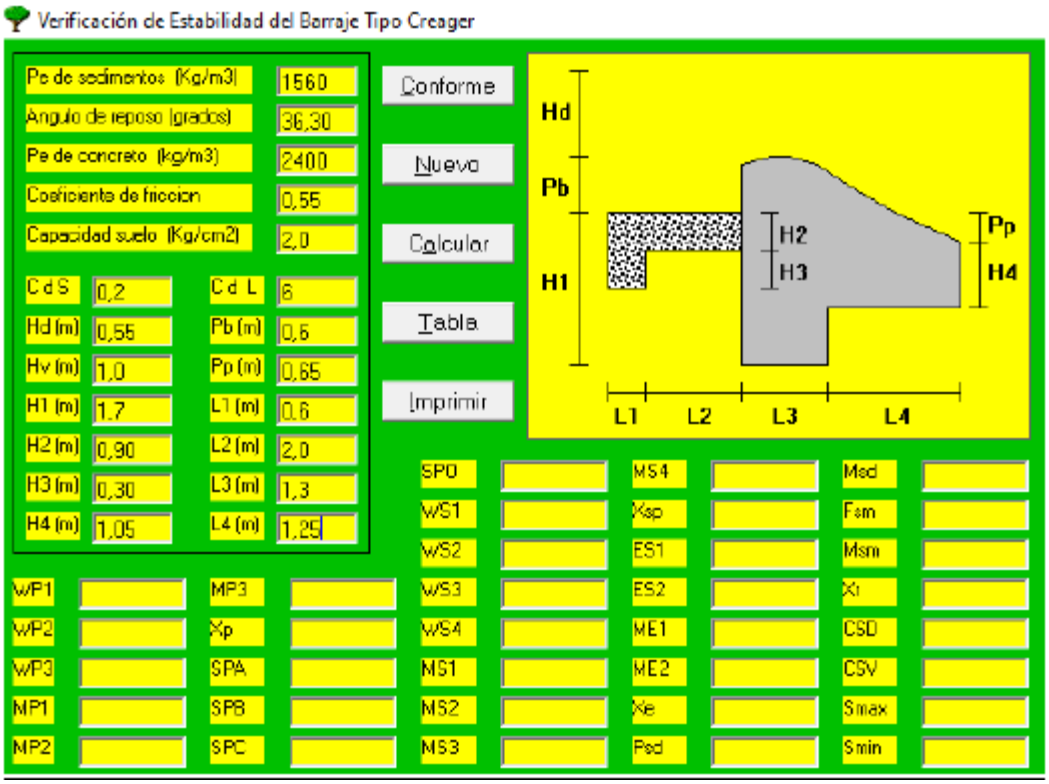
Nota: Elaboración propia.

5.6.4.2. Azud en sector Rumoj

Con los datos de la geometría propuesta para el azud (Ver Figura 186), se obtuvo los siguientes valores para los factores seguridad: CSD (Deslizamiento) = 6.09 y CSV (Volteo) = 13.50 (Ver Fugura 187).

Figura 195

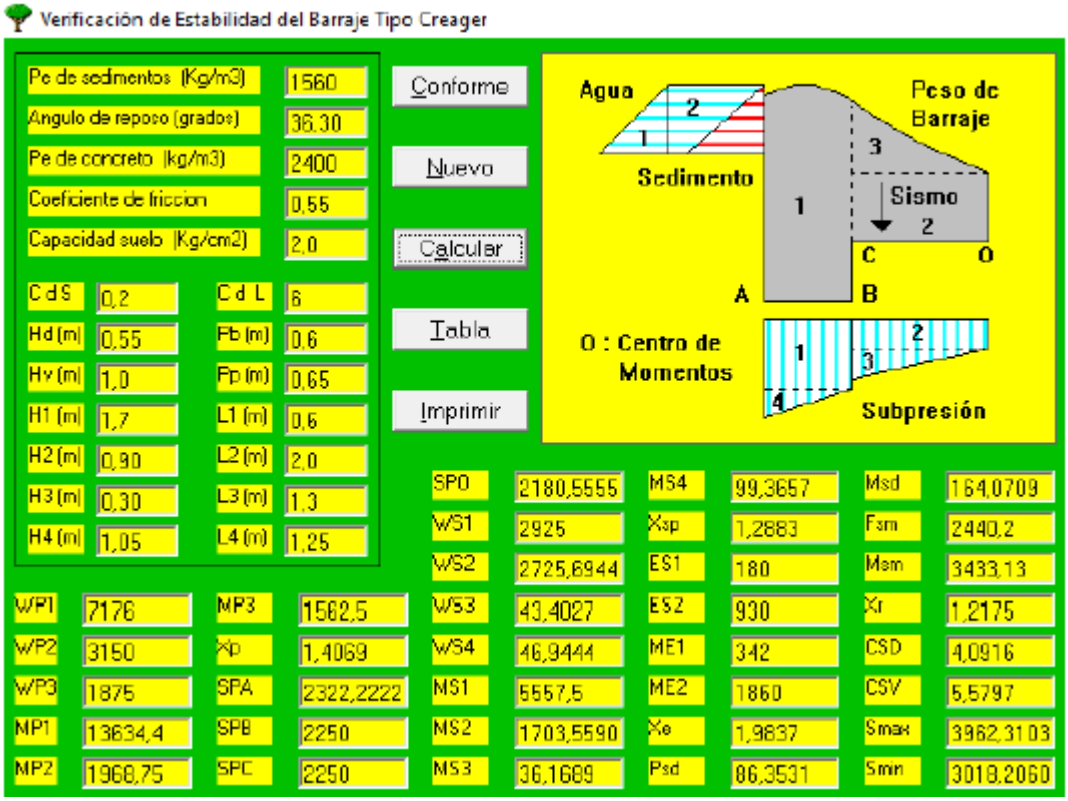
Datos iniciales para verificación de azud – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 196

Resultados de la verificación de azud – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

5.7. Demanda hídrica

Los usuarios cuentan con sus respectivas licencias de agua en los sectores Rumoj (canal Rumoj) y Canchapilca Baja (Toma Baja del Pueblo)

Por las características del suelo y tradiciones del lugar, en la zona de riego se cultiva mayormente frutales como manzana, palta fuerte, chirimoya y melocotón (variedad huayco), además de cultivo de pan llevar como maíz, yuca y otras plantaciones.

Las 369.35 hectáreas de cultivo del Bloque de Riego Lampián son irrigadas con las aguas de la microcuenca del río Lampián, con dotación hídrica de hasta 2.083 MMC al año al 75% de persistencia según la Resolución Administrativa N°005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH (Ver Anexo A: Reglamentos, normas y resoluciones). En la Tabla 58 se muestra la asignación mensual del Bloque de Riego Lampián y en la Tabla XX se presenta la asginación de las 18 tomas del Bloque de Riego Lampián. El sector Rumoj cuemta con 11.11 ha de riego y fue dotado de 30.12 miles de metros cúbicos, beneficiando a 45 usuarios.

Tabla 128

Asignación mensual de agua del Bloque de Riego Lampián.

Bloque de riego Lampián						Código: PHUH-2706-0405-B57							
Meses	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	TOTAL
Cabecera de bloque hasta 369.35 ha (MMC)	0.1587	0.2345	0.2327	0.2347	0.1476	0.1483	0.0773	0.0225	0.2372	0.2260	0.2119	0.1515	2.083

Nota: Extraído de la Resolución Administrativa N°005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.

Tabla 129

Asignación de agua por tomas del Bloque de Riego Lampián.

Nº	CANAL	Has	miles m3
1	Cayantama	43.04	188.98
2	Chalamaque	19.78	137.24
3	Chupantama	11.82	32.06
4	Ciruelo	10.1	27.39
5	Huachupampa Chunchuhuaca	24.7	66.99
6	Huanchucaya	31.53	85.52
7	Huandaro	14.42	39.12
8	Huayo Alto	23	191.61
9	Huayo Bajo	38.15	317.82
10	Lampian	88.8	240.85
11	Otra Banda	13.21	35.83
12	Raure Alto	6.75	56.23
13	Raure Bajo	5.75	47.9
14	Rumoj	11.11	30.12
15	Santines	2.23	6.05
16	Sogospuquio	10.41	45.72
17	Suchca	13.8	114.96
18	Toma Libre Huandaro	0.75	2.03
	Total	**369.35**	**1666.42**

Nota: Extraído de la Resolución Administrativa N°005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.

Por otro lado, las 163.83 hectáreas de cultivo del Bloque de Riego Canchapilca son irrigadas con las aguas de la subcuenca del río Carac, con dotación hídrica de hasta 1.667 MMC al año al 75% de persistencia según la Resolución Administrativa N°002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH (Ver Anexo A: Reglamentos, normas y resoluciones). En la Tabla 116 se muestra la asignación mensual del Bloque de Riego Canchapilca y en la Tabla 117 se presenta la asignación de las 4 tomas del Bloque de Riego Canchapilca. La Toma Baja del Pueblo cuenta con 80.20 ha de riego y fue dotado de 652.80 miles de metros cúbicos, beneficiando a 127 usuarios.

Tabla 130

Asignación mensual de agua del Bloque de Riego Canchapilca.

Bloque de riego Canchapilca						Código: PHUH-2706-0403-B54							
Meses	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	TOTAL
Cabecera de bloque hasta 163.83 ha (MMC)	0.1032	0.1913	0.1697	0.1780	0.1113	0.1213	0.0671	0.0182	0.1871	0.2319	0.1742	0.1137	1.667

Nota: Extraído de la Resolución Administrativa N°002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.

Tabla 131

Asignación de agua por tomas del Bloque de Riego Lampián.

MESES	Hasta Miles de m3				
	Cabecera de Boque 160.49 Ha	Toma Alta Colcapampa Has 14.15 Has.	Toma Alta Del Pueblo Has 49.92 Has.	Toma Baja Colcapampa Has 16.23 Has.	Toma Baja del Pueblo Has 80.20
AGO	97.09	7.13	25.17	8.18	40.43
SEP	179.88	13.22	46.63	15.15	74.90
OCT	159.62	11.73	41.37	13.45	66.47
NOV	167.36	12.3	43.38	14.10	69.69
DIC	104.67	7.69	27.13	8.82	43.58
ENE	114.06	8.38	29.57	9.61	47.50
FEB	63.06	4.63	16.35	5.31	26.26
MAR	17.11	1.26	4.43	1.44	7.12
ABR	175.94	12.93	45.60	14.82	73.26
MAY	218.0900	16.02	56.53	18.37	90.82
JUN	163.86	12.04	42.47	13.81	68.23
JUL	106.96	7.86	27.72	9.01	44.54
TOTAL	1567.7	115.19	406.35	132.07	652.80

Nota: Extraído de la Resolución Administrativa N°005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.

La información del área agrícola Resolución Administrativa N°194-2010-ANA-ALA LAMPIÁN Y CARAC (Ver Anexo A: Reglamentos, normas y resoluciones) indica que el Sector Canchapilca tiene un área bajo riego de 244.03 Has.

Se muestra la distribución mensual de las áreas de riego en la Tabla 142.

Tabla 132

Distribución Mensual de áreas con Proyecto- Canchapilca baja - Rio Carac

Cultivo de referencia	Área (Ha)	Áreas mensuales (Ha)											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Manzana de agua	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
Palta	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Chirimoya	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
Áreas cultivadas	**80.20**	**80.20**	**80.20**	**80.20**	**80.20**	**80.20**	**80.20**	**80.20**	**80.20**	**80.20**	**80.20**	**80.20**	**80.20**

Nota: Datos tomados del Sector Canchapilca baja. Elaboración propia.

Tabla 133

Distribución Mensual de áreas con Proyecto- Rumoj - Rio Lampian

Cultivo de referencia	Área (Ha)	Áreas mensuales (Ha)											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Manzana de agua	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Palta	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Chirimoya	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11
Áreas cultivadas	**11.11**	**11.11**	**11.11**	**11.11**	**11.11**	**11.11**	**11.11**	**11.11**	**11.11**	**11.11**	**11.11**	**11.11**	**11.11**

Nota: Datos tomados del Sector Rumoj. Elaboración propia.

5.8. Coeficiente de cultivo (kc)

Los cultivos con sus respectivos coeficientes de uso consuntivo, obtenidos de acuerdo con las características de los cultivos, en los que se ha tenido en consideración las etapas de crecimiento de los cultivos de acuerdo a la referencia para el Kc de la Chirimoya (Ascencios, 2013) y el Kc para el maíz amarillo duro se consideró la instalación de un sistema de riego por goteo (Ascencios, 2012).

Tabla 134

Coeficiente de Cultivo Kc para las áreas con proyecto

Canchapilca baja - Rio Carac

Cultivo de referencia	Àrea (Ha)	Valor de Kc											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Manzana de agua	55.00	1.10	1.10	0.80	0.85	0.80	0.00	0.00	0.00	0.80	0.90	1.00	1.10
Palta	12.00	0.50	0.60	0.55	0.55	0.50	0.45	0.40	0.55	0.50	0.55	0.55	0.65
Chirimoya	13.20	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
kc ponderado	**80.20**	**0.80**	**0.83**	**0.72**	**0.73**	**0.70**	**0.42**	**0.40**	**0.45**	**0.70**	**0.75**	**0.78**	**0.85**

Rumoj - Rio Lampian

Cultivo de referencia	Àrea (Ha)	Valor de Kc											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Manzana de agua	6.00	1.10	1.10	0.80	0.85	0.80	0.00	0.00	0.00	0.80	0.90	1.00	1.10
Palta	3.00	0.50	0.60	0.55	0.55	0.50	0.45	0.40	0.55	0.50	0.55	0.55	0.65
Chirimoya	2.11	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
kc ponderado	**11.11**	**0.80**	**0.83**	**0.72**	**0.73**	**0.70**	**0.42**	**0.40**	**0.45**	**0.70**	**0.75**	**0.78**	**0.85**

Nota: Adaptado de *Riego tecnificado* (Ascencios, 2012).

Para el cálculo de los datos de demanda de agua, se necesita conocer la cédula de cultivos, la evapotranspiración, el factor de cultivo (Kc), la precipitación efectiva, la eficiencia de riego, las horas de riego y el área sembrada por cultivo, realizando el siguiente proceso (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2012):

1.-Evapotranspiración real del cultivo o uso consuntivo (UC):

$$UC=EtoxKc$$

2.-Precipitación efectiva (P.efec):

Se expresa en mm.

3.-Requerimiento de agua (Req):

$$Req. = U.C. - P.Efec(\text{mm})$$

4.-Requerimiento volumétrico bruto de agua (Req.Vol.Bruto):

$$\text{Req. Vol. Bruto} = \text{Req} * 10\left(\frac{\text{m3}}{\text{ha}}\right)$$

5.-Eficiencia de riego del proyecto (Ef. Riego): sin unidad

$$\text{Ef. Riego}_{\text{ Proyecto}} = \text{Ef. Riego}_{\text{Conducción}} \times \text{Ef. Riego}_{\text{Distribución}} \times \text{Ef. Riego}_{\text{Aplicación}}$$

Los valores promedio utilizados son:

-Ef. Riego (gravedad) = 0.85

-Ef. Riego (aspersión) = 0.85

-Ef. Riego (goteo) = 0.40

6.-Requerimienro volumétrico neto de agua (Req.Vol.Neto) :

Req.Vol.Neto= Req.Vol.Bruto/ (Ef.Riego.Proyecto)

7.-Número de horas de riego:

h: Unidad en horas.

8.-Módulo de riego (MR):

MR=Req.Vol.Neto*(1000/3600xNxDias-Mes*Hora-riego) (l/s).

9.-Área total de la parcela (Área total)

Ha: Unidad en Hectáreas

10.-Caudal disponible a la demanda (Qdem)

$$\text{Qdemanda} = \text{Área total} \times \text{MR}\left(\frac{\text{l}}{\text{s}}\right)$$

Tabla 135

Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (mm/día)

Canchapilca baja - Rio Carac

MÉTODO HARGREAVES

Latitud: 11.1273 sur Altitud: 4156 msnm Reserva max: 0.75 mm

Parámetros	Valores mensuales											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
TMC	8.5	8.6	8.4	9.2	9.3	9.2	9.3	9.4	9.5	9.2	8.8	8.5
TMF	47.30	47.48	47.12	48.56	48.74	48.56	48.74	48.92	49.10	48.56	47.84	47.30
HR	88.40	91.50	93.80	88.00	75.00	58.40	51.70	50.60	62.10	71.00	68.70	83.40
CH	0.57	0.48	0.41	0.58	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89	0.93	0.68
CE	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
MF	2.60	2.28	2.35	2.02	1.83	1.64	1.75	1.98	2.18	2.47	2.50	2.61
Eto mm/mes	75.19	56.72	49.66	61.19	80.27	86.47	92.60	104.65	115.93	116.13	120.16	90.44
Eto mm/dia	2.51	1.89	1.66	2.04	2.68	2.88	3.09	3.49	3.86	3.87	4.01	3.01

Nota: Adaptado de *Riego tecnificado* (Ascencios, 2012).

Se ha utilizado la precipitación media mensual generada, la que se ha convertido en precipitación efectiva mediante el método del Water and Power Resources Services (WPRS-USA).

Tabla 136

Precipitación efectiva

ESTACION	*Ene*	*Febr*	*Marz*	*Abri*	*May*	*Jun*	*Jul*	*Agos*	*Set*	*Oct*	*Nov*	*Dic*	*Promedio*
Estacion Parquin	*132.9*	*141.3*	*172.2*	*66.6*	*12.7*	*1.9*	*0.8*	*1.2*	*12.5*	*50.5*	*57.9*	*101.0*	*751.5*
Estacion Mic Lampian	*131.2*	*139.5*	*170*	*65.7*	*12.6*	*1.9*	*0.8*	*1.2*	*12.3*	*49.8*	*57.2*	*99.8*	*742*

Nota: Adaptada del SENAMHI.

Para el cálculo de la demanda de agua del proyecto, se ha considerado la eficiencia de riego de 28.9% como se indica en la Tabla 146, teniendo en cuenta que existe otro componente capacitación donde llevará a cabo talleres a los beneficiarios para el buen manejo del recurso hídrico que deberá tomar en cuenta en el desarrollo del presente proyecto

Tabla 137

Requerimiento bruto de los cultivos

Eficiencia de riego	**28.9%**
Eficiencia de Conducción	85.0%
Eficiencia de Distribución	85.0%
Eficiencia de Aplicación	40.0%

Nota: Adaptado del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (s.f.).

El requerimiento hídrico máximo en el Los sectores Canchapilca Baja y Rumoj ocurre en el mes de Marzo, con aproximadamente 7.66 MMC para Rumoj y con 9.99 MMC para Canchapilca.

Tabla 138

Cálculo de la demana hidrica con proyecto RUMOJ

	DESCRIPCION	FORMULA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
A	ETO		mm/dia	2.51	1.89	1.66	2.04	2.68	2.88	3.09	3.49	3.86	3.87	4.01	3.01
B	KC			0.8	0.83	0.72	0.73	0.7	0.42	0.4	0.45	0.7	0.75	0.78	0.85
C	ETC	AXB	mm/dia	2.01	1.57	1.20	1.49	1.88	1.21	1.24	1.57	2.70	2.90	3.13	2.56
D	PRECIPITACION EFECTIVA		mm/dia	4.43	4.71	5.74	2.22	0.42	0.06	0.03	0.04	0.42	1.68	1.93	0.11
E	NECESIDADES NETAS DE CULTIVO	C-D	mm/dia	2.42	3.14	4.54	0.73	1.45	1.15	1.21	1.53	2.29	1.22	1.20	2.45
F	EFICIENCIA DE APLICACIÓN		%	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
G	DEMANDA X HECTAREA	E/F	mm/dia	5.38	6.98	10.10	1.62	3.23	2.55	2.69	3.40	5.08	2.71	2.66	5.44
H		10*G	m3/dia	53.82	69.81	101.00	16.24	32.28	25.47	26.87	34.01	50.79	27.09	26.62	54.36
I		H*I	m3/mes	1614.67	2094.20	3029.87	487.20	968.44	764.18	806.22	1020.33	1523.56	812.78	798.53	1630.85
J		H/86.4	lit/seg	0.62	0.81	1.17	0.19	0.37	0.29	0.31	0.39	0.59	0.31	0.31	0.63
K	N° DE DIAS DEL MES			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
L	AREAS CULTIVADA POR MES (HAS)			11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11
M	DEMANADA TOTAL	H*L	m3/dia	597.96	775.55	1122.06	180.43	358.65	283.00	298.57	377.86	564.22	301.00	295.72	603.96
N		i*J	m3/mes	1005.84	1692	3541.7	91.5756	361.838	225.296	250.769	401.651	895.533	254.864	246.009	1026.11
O		J*L	lit/seg	0.03	**0.04**	**0.04**	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03

Nota: Elaboración propia.

Tabla 139

Cálculo de la demana hidrica con proyecto Canchapilca

	DESCRIPCION	FORMULA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
A	ETO		mm/dia	2.51	1.89	1.66	2.04	2.68	2.88	3.09	3.49	3.86	3.87	4.01	3.01
B	KC			0.8	0.83	0.72	0.73	0.7	0.42	0.4	0.45	0.7	0.75	0.78	0.85
C	ETC	AXB	mm/dia	2.01	1.57	1.20	1.49	1.88	1.21	1.24	1.57	2.70	2.90	3.13	2.56
D	PRECIPITACION EFECTIVA		mm/dia	4.43	4.71	5.74	2.22	0.42	0.06	0.03	0.04	0.42	1.68	1.93	0.11
E	NECESIDADES NETAS DE CULTIVO	C-D	mm/dia	2.42	3.14	4.54	0.73	1.45	1.15	1.21	1.53	2.29	1.22	1.20	2.45
F	EFICIENCIA DE APLICACIÓN		%	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
G	DEMANDA X HECTAREA	E/F	mm/dia	5.38	6.98	10.10	1.62	3.23	2.55	2.69	3.40	5.08	2.71	2.66	5.44
H		10*G	m3/dia	53.82	69.81	101.00	16.24	32.28	25.47	26.87	34.01	50.79	27.09	26.62	54.36
I		H*I	m3/mes	1614.67	2094.20	3029.87	487.20	968.44	764.18	806.22	1020.33	1523.56	812.78	798.53	1630.85
J		H/86.4	lit/seg	0.62	0.81	1.17	0.19	0.37	0.29	0.31	0.39	0.59	0.31	0.31	0.63
K	N° DE DIAS DEL MES			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
L	AREAS CULTIVADA POR MES (HAS)			80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2
M	DEMANADA TOTAL	H*L	m3/dia	4316.54	5598.49	8099.84	1302.45	2588.97	2042.90	2155.30	2727.69	4072.97	2172.83	2134.75	4359.81
N		i*J	m3/mes	1005.84	1692	3541.7	91.5756	361.838	225.296	250.769	401.651	895.533	254.864	246.009	1026.11
O		J*L	lit/seg	0.05	0.06	**0.09**	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03	0.02	0.05

Nota: Elaboración propia.

Se tiene que el caudal de demanda para el sector Rumoj es de 0.04 m3/S, mientras que para el Sector Canchapilca Baja, 0.10 m3/s.

5.9. Balance hídrico mensualizado

5.9.1. Disponibilidad hídrica en el río Lampian y Carac

Como análisis de la Oferta para el presente estudio, se tomó como referencia el registro histórico de caudales medidos y generados en la estación de Parquin y Mic Lampian, que va desde el año 1964 al 2014, tomándose los caudales mensuales al 75% de persistencia que fue calculado en el estudio hidrológico del presente proyecto.

5.9.2. Balance hídrico

Se realizó el balance hídrico tomando en cuenta la oferta hídrica del Rio Lampián y Carac, un caudal de 0.100 m3/s para el sector Canchapilca Baja y de 0.040 m3/s para el sector Rumoj.

Tabla 140

Balance hídrico del sector Canchapilca Baja

CARAJ

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
OFERTA	m3/s	3.767	5.800	2.900	0.699	0.216	0.100	0.10	0.080	0.080	0.500	0.530	1.670
DEMANDA	m3/s	0.03	0.040	0.060	0.010	0.020	0.020	0.020	0.020	0.030	0.020	0.020	0.030

Nota: Elaboración propia.

Tabla 141

Balance hídrico del sector Rumoj

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
OFERTA	m3/s	0.405	0.799	1.022	0.428	0.120	0.033	0.009	0.004	0.005	0.085	0.289	0.624
DEMANDA	m3/s	0.050	0.065	0.094	0.015	0.030	0.024	0.025	0.032	0.047	0.025	0.025	0.050

Nota: Elaboración propia.

Por lo mostrado en las tablas 139 y 140, se puede satisfacer la demanda de los Sectores de Riego.

5.10. Plan de ejecución BIM

El propósito del Plan de Ejecución BIM (BEP, por sus siglas en inglés) es proporcionar un marco de trabajo que permita a los involucrados del proyecto de tesis desarrollar, coordinar y monitorear la ejecución de la Maqueta Virtual 3D del proyecto de manera correcta y eficiente teniendo como referencia las normas internacionales de gestión de la información para la *organización y digitalización de edificios de información y obras de ingeniería civil, incluyendo modelado de información de edificios (BIM)*, por sus nombres ISO 19650-1:2018 (Conceptos y principios) e ISO 19650-2:2018 (Plan de entrega de activos), donde se definen los conceptos y principios recomendados para la gestión de la información mediante BIM (Building Information Modeling) así como especificar las actividades a realizar para apoyar la fase de entrega de un de la tesis.

Asimismo, la norma ISO 19650-5:2020 - Organización y digitalización de información sobre edificios y obras de ingeniería civil incluyendo modelado de información de edificios (BIM) - gestión de la información mediante modelado de información en proyectos de ingeniería civil y edificaciones, se utilizó usando un enfoque en la gestión de la información orientado a la seguridad.

A continuación, se presenta la tabla de modelos generados durante la elaboración de la tesis, el esquema del entorno común de datos, el flujo de comunicaciones entre los participantes, un esquema de modelo federado, los parámetros del modelo.

Tabla 142

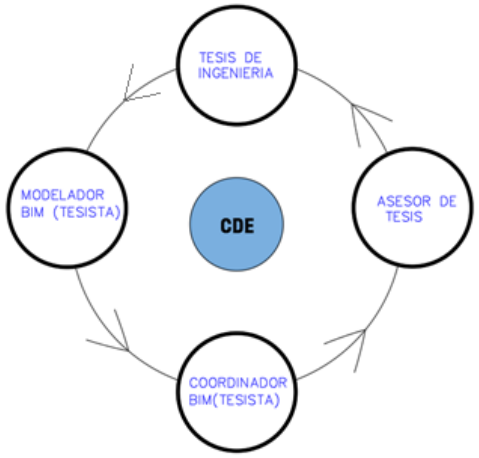
Modelos generados durante la elaboración de la tesis

Nombre del Modelo	Contenido del Modelo	Etapas del Proyecto	Herramientas de Creación del Modelo	Abreviatura en Código
Modelo de Topografía	Superficie 3D del Terreno natural generada a partir de nube de puntos tomado en terreno. Como referencia se visual del entorno se sobrepone a la superficie la ortofoto tomada en terreno	Modelado	AutoCAD Civil 3D 2024	TP
Modelo Civil	Elementos lineales, relleno, canales.	Modelado	AutoCAD Civil 3D 2024	CV
Modelo Estructural	Elementos puntuales: puentes, sistemas de contención y protección, enmallado, badenes, cunetas, otros	Modelado	AutoCAD Civil 3D 2024 Autodesk Revit 2024	ST
Modelo Hidráulico	Se ha simulado el comportamiento de las quebradas en diferentes escenarios. Estos modelos nos proporcionan unas manchas de inundación, de las cuales se obtienen velocidades y tirantes.	Modelado	AutoCAD Civil 3D 2024. Autodesk	HD
MODELO FEDERADO	Maqueta 3D que integra modelos generados en el proyecto (Recap/Civil 3D/Revit). Incluye disciplinas Civil, Predial, Hidráulica, Paisajismo, etc.	Modelado	Autodesk Navisworks Manage 2024	BM

Nota: Elaboración propia.

Figura 197

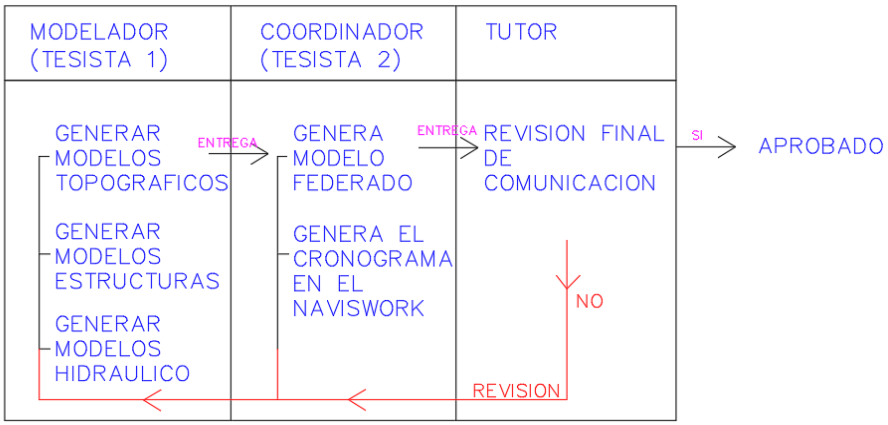
Entorno común de datos durante la tesis.



Nota: Elaboración propia.

Figura 198

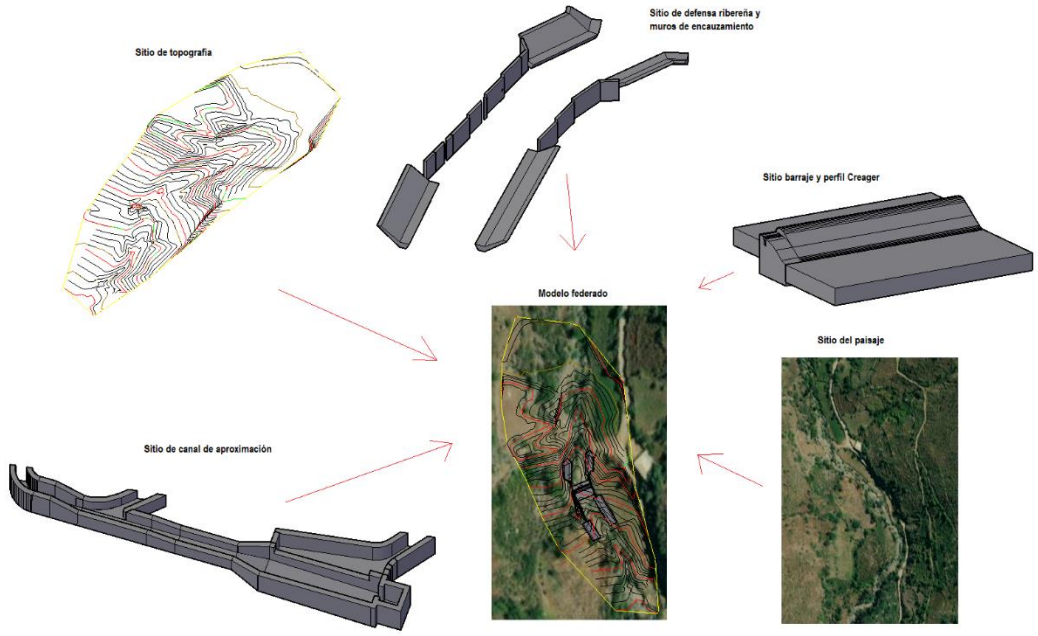
Flujo de trabajo y comunicaciones entre los participantes.



Nota: Elaboración propia.

Figura 199

Estrategia de federación del modelo BIM.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 143

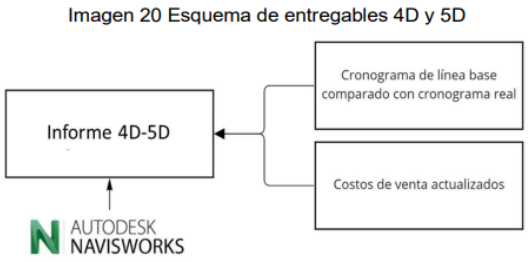
Parámetros del modelo

Nombre del Parámetro	Descripción	Tipo de parámetro	Agrupación	Categorías a aplicar	Tipo
Elemento	Este parámetro sirve para identificar el elemento por categoría de construcción. Ej: Enrocado, Relleno, Canal	Texto	General	Todos	Instance
Código de elemento	Este parámetro sirve para identificar al elemento en función a su nomenclatura dentro del proyecto. Ej: DME (Depósito de material), RLL (Relleno), ENR (Enrocado).	Texto	General	Todos	Instance
ID de elemento	Este parámetro sirve para identificar al elemento dentro del modelo como una entidad o unidad. Ej: 102569	Texto	General	Todos	Instance
Especialidad	Este parámetro se utiliza para diferenciar los elementos según la especialidad. Ej: TP, STR, AR, etc.	Texto	General	Todos	Instance

Nota: Elaboración propia.

Figura 200

Estrategia de federación del modelo BIM.

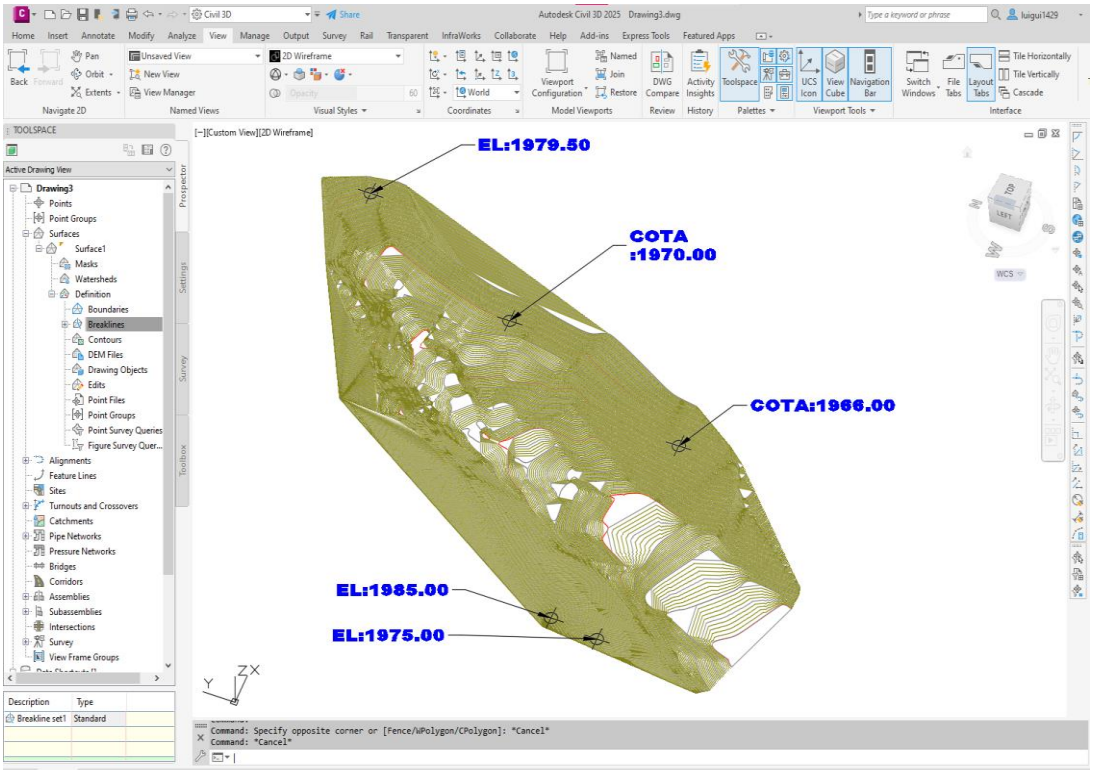


Nota: Elaboración propia.

Por último, se presenta los modelos generados de la topografía y de las bocatomas y las líneas de conducción en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, además de sus modelos federados.

Figura 201

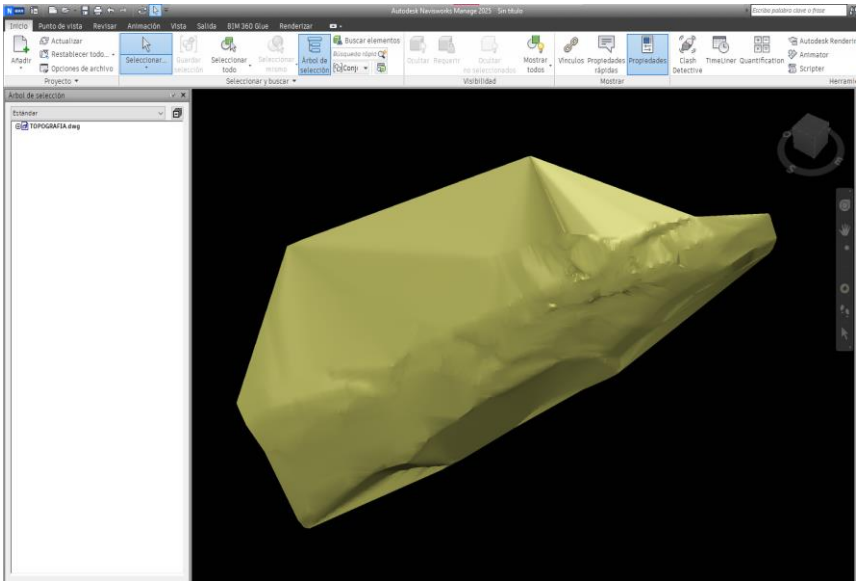
Curvas de nivel – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 202

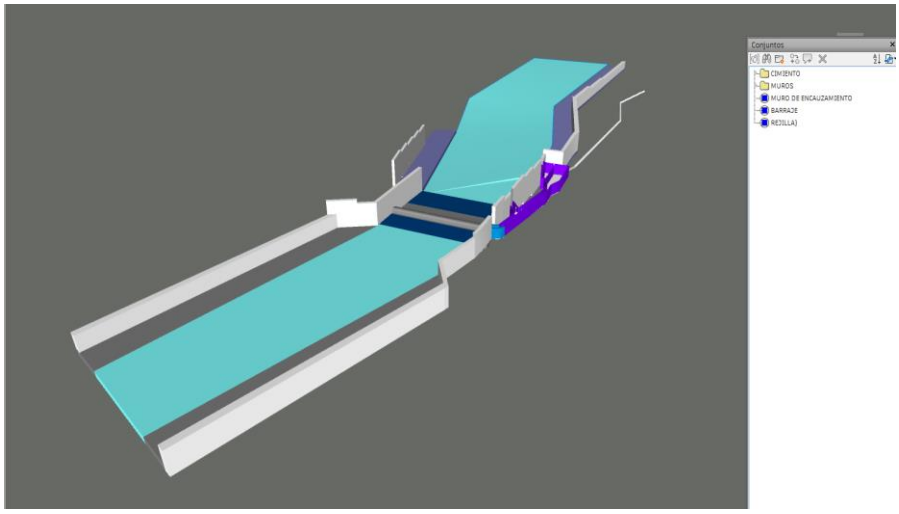
Superficie – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 203

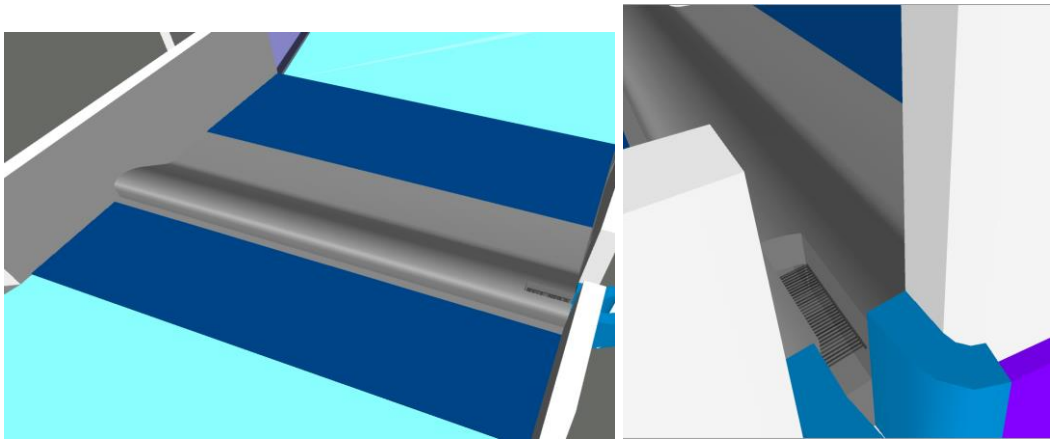
Bocatoma y línea de conducción – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 204

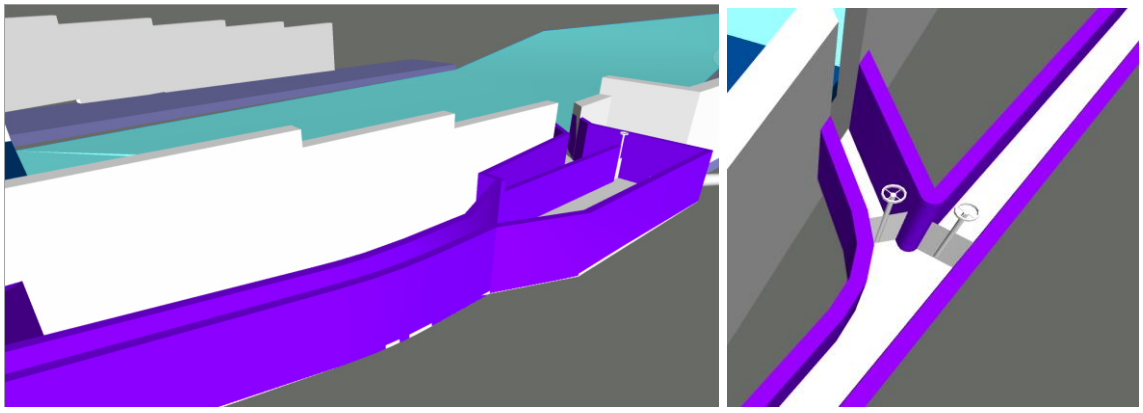
Barraje y Rejilla – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 205

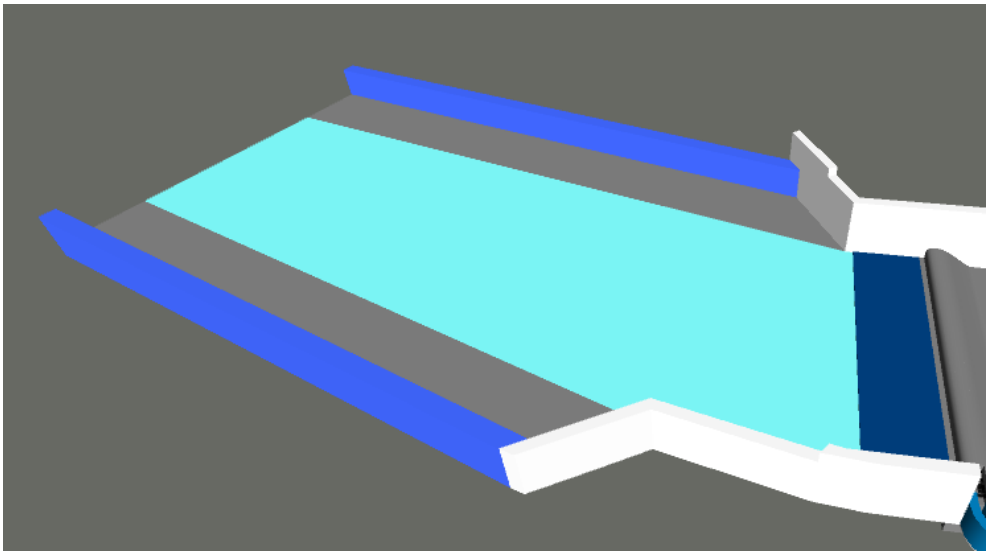
Canal de aproximación – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 206

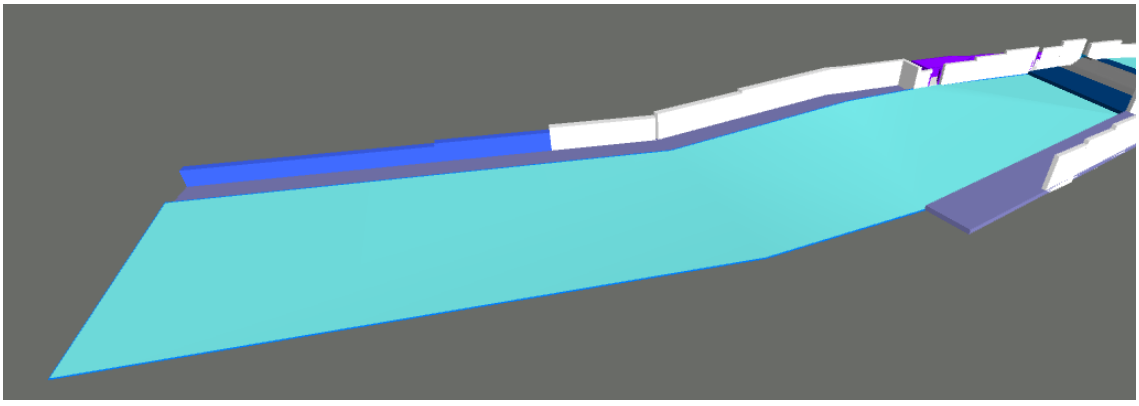
Enrocado y Muros de encauzamiento aguas arriba – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 207

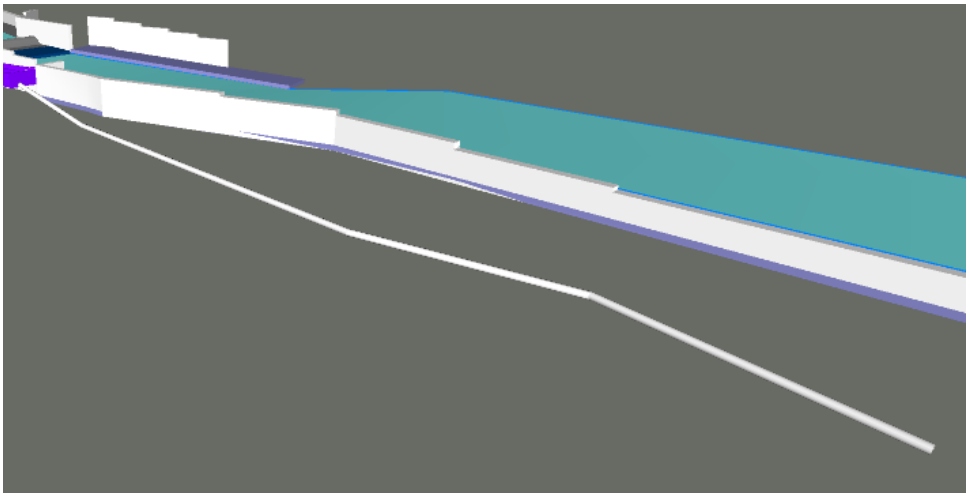
Enrocado y Muros de encauzamiento aguas abajo – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 208

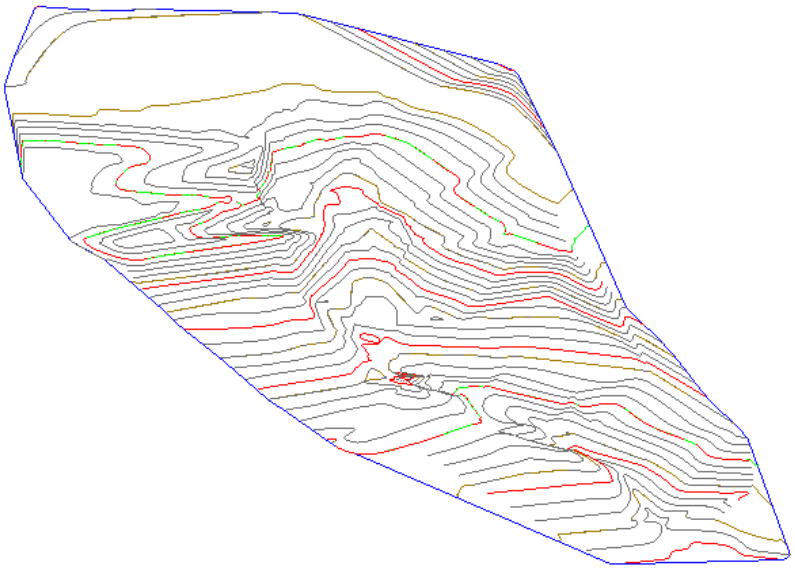
Línea de conducción – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 209

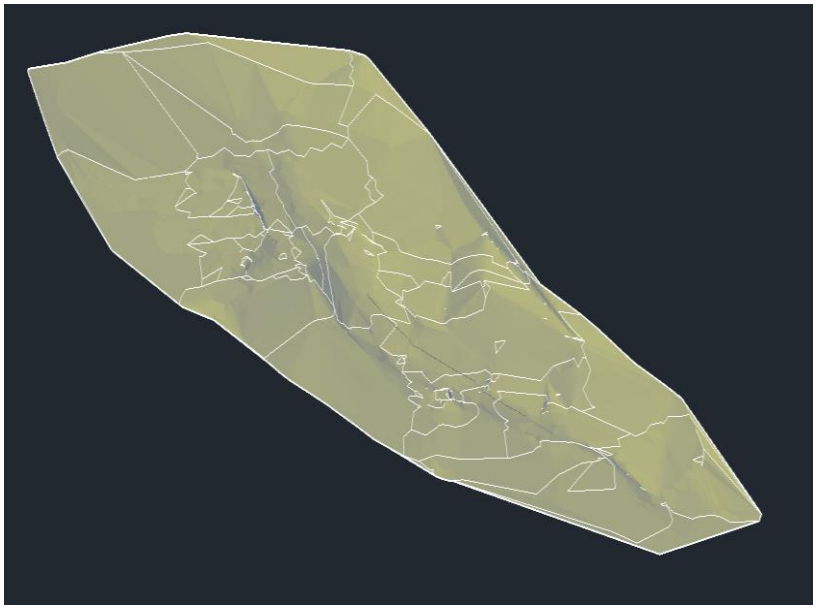
Curvas de nivel – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 210

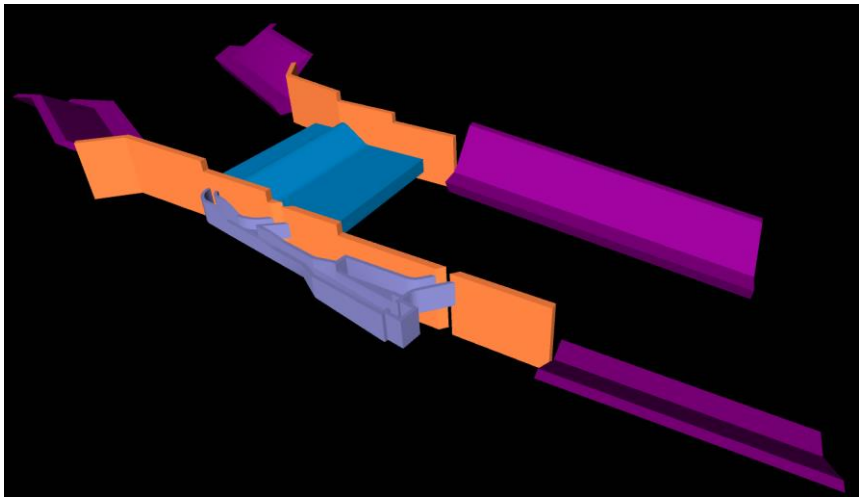
Superficie – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 211

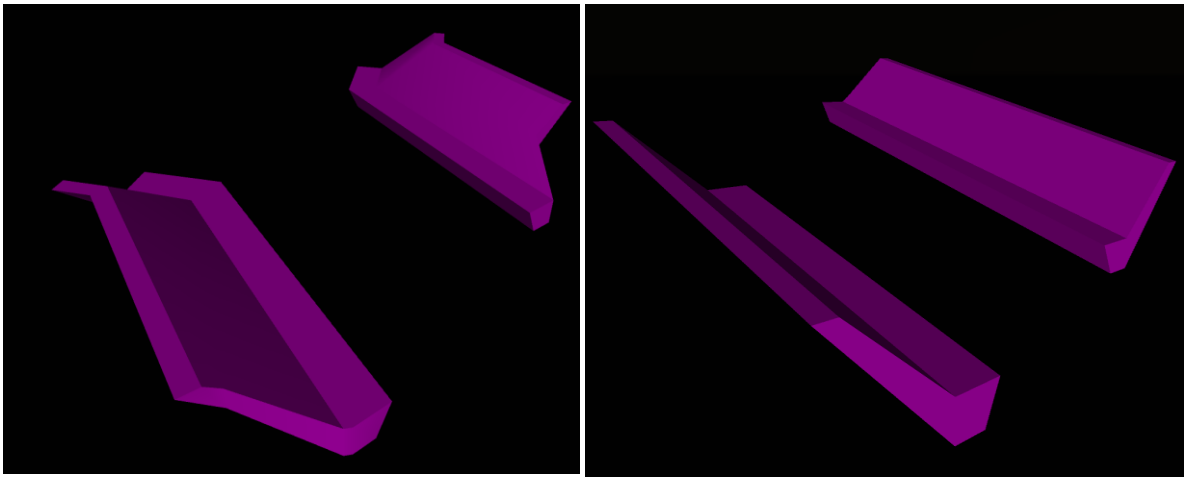
Bocatoma y línea de conducción – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 212

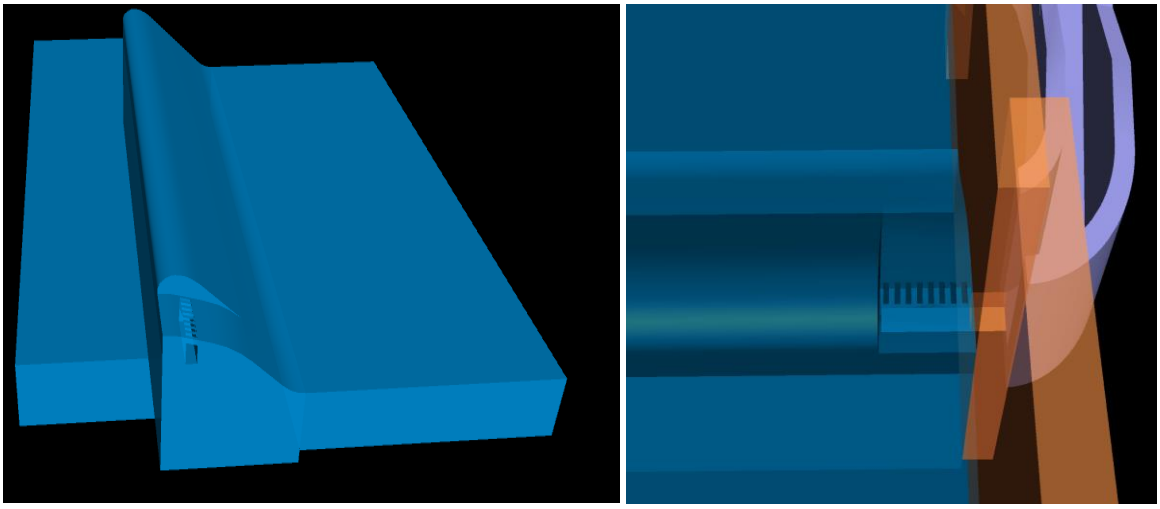
Enrocados aguas arriba y aguas abajo – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 213

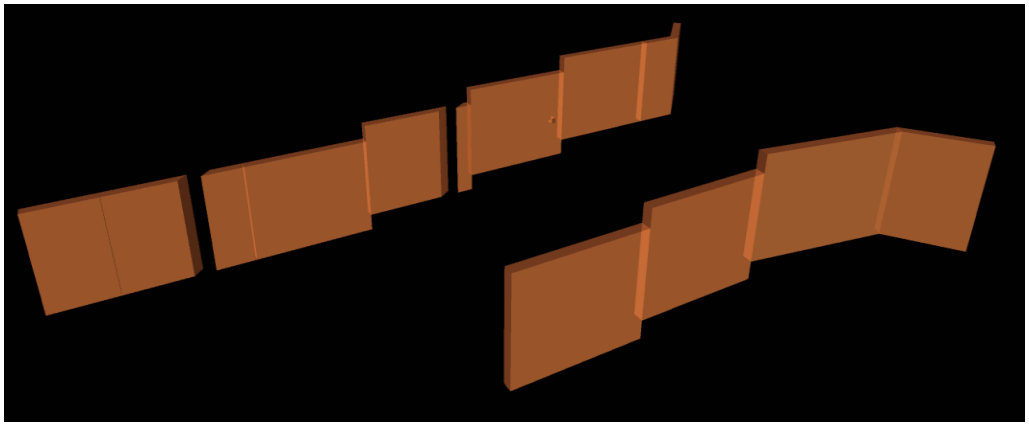
Barraje y rejilla – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 214

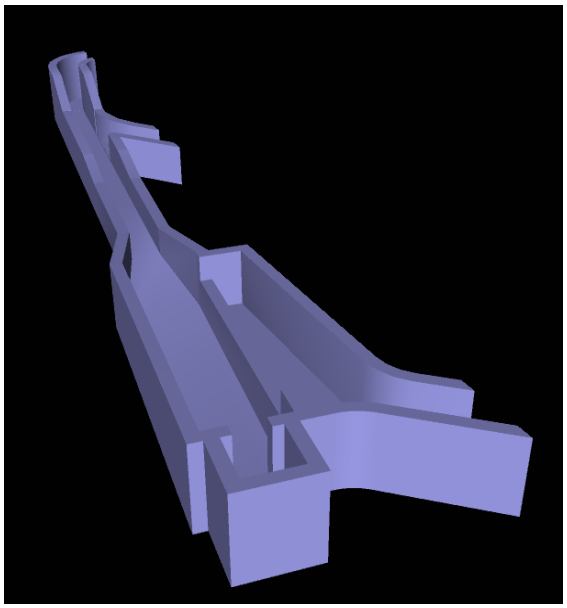
Muros de encauzamiento – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 215

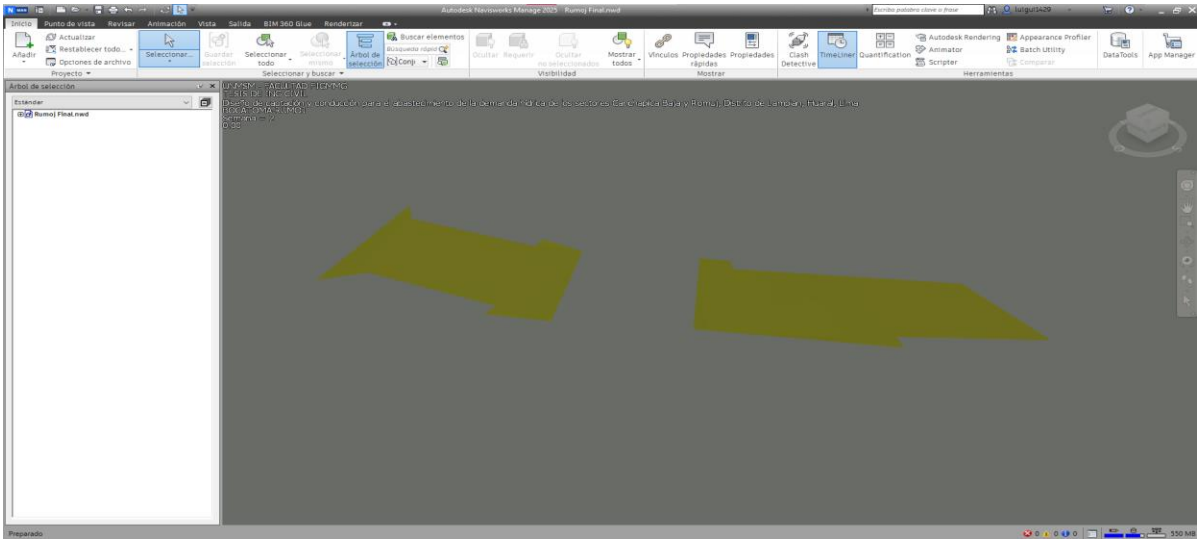
Canal de aproximación – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 216

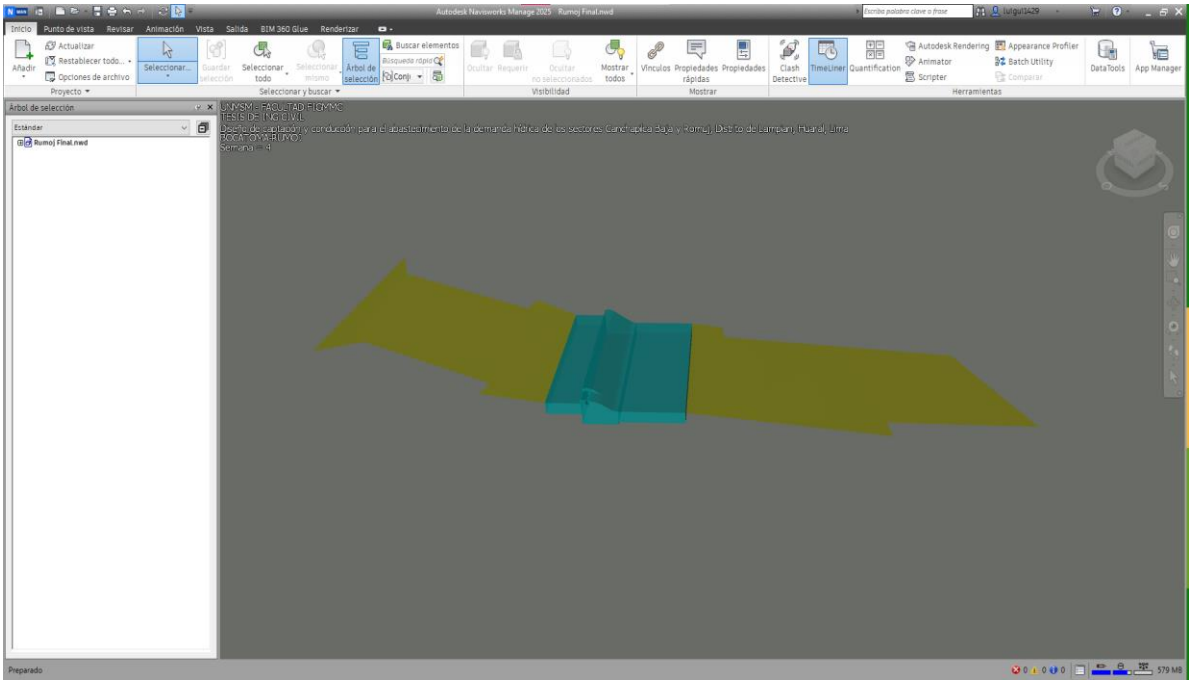
Modelo federado (Inicio) – Sector Sector Rumoj -Trazo y Replanteo



Nota: Elaboración propia.

Figura 217

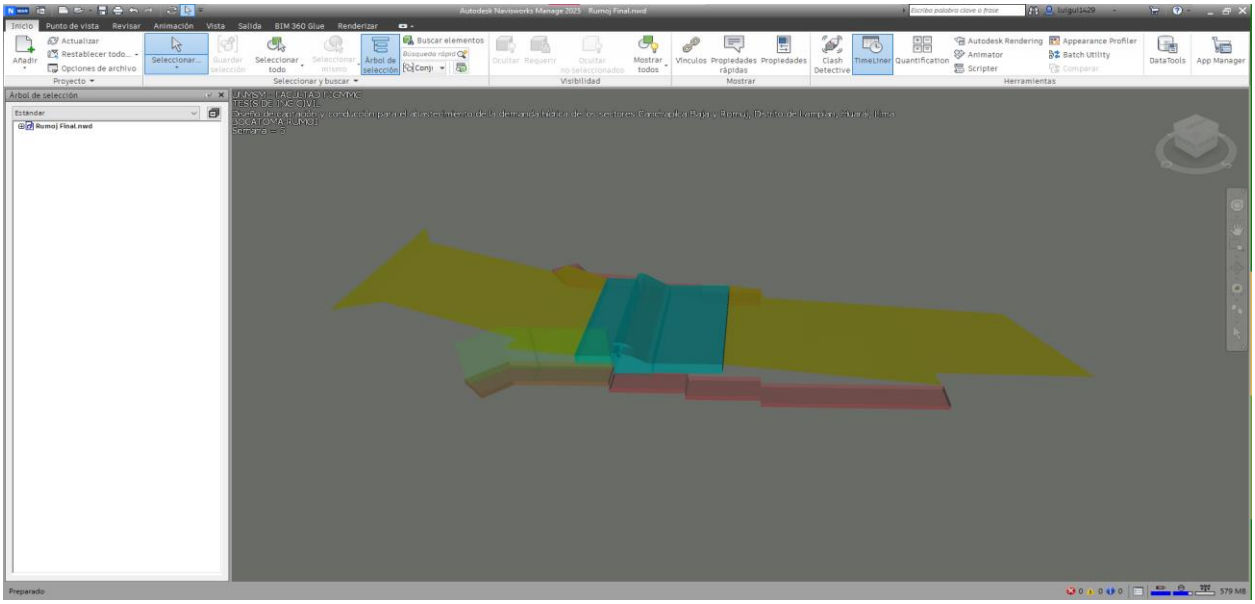
Modelo federado (Inicio) – Sector Rumoj -Construccion de barraje fijo



Nota: Elaboración propia.

Figura 218

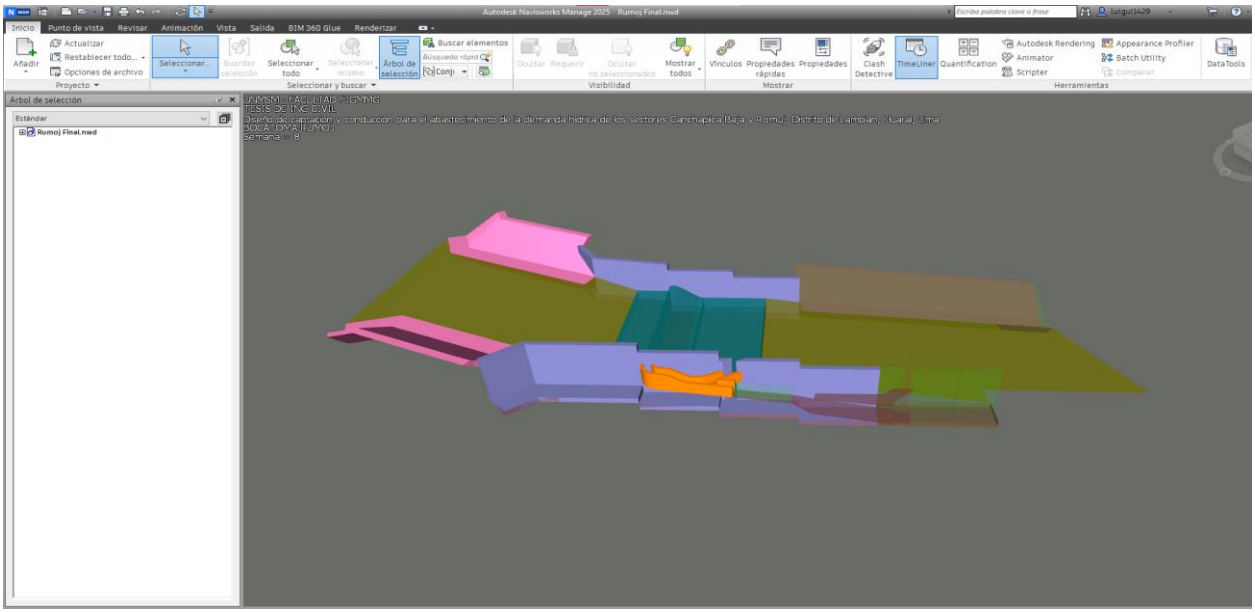
Modelo federado (Inicio) – Sector Rumoj -Construccion de Muros de protección



Nota: Elaboración propia.

Figura 219

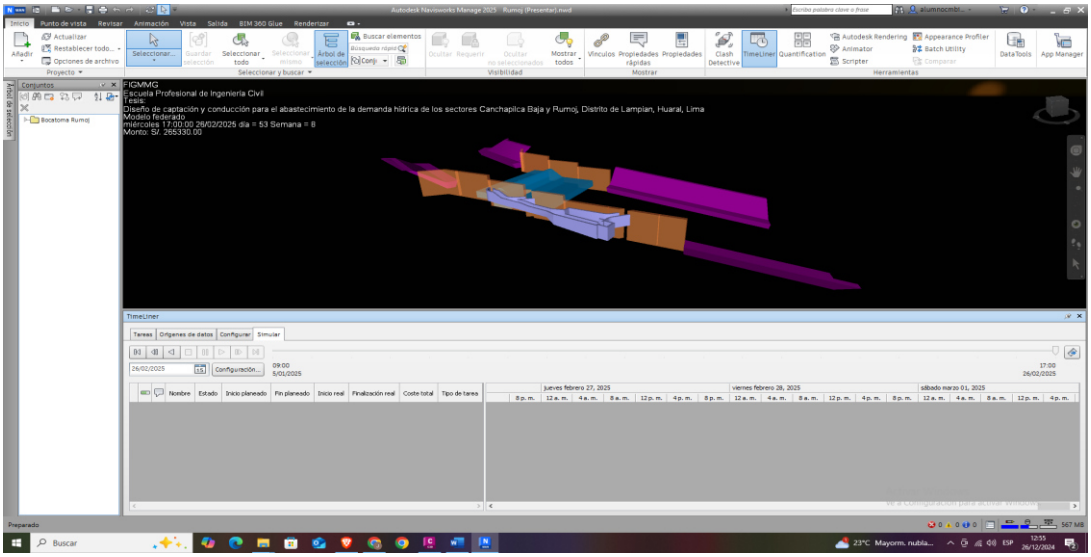
Modelo federado (Inicio) – Sector Rumoj -Construccion de la linea de conducción



Nota: Elaboración propia.

Figura 220

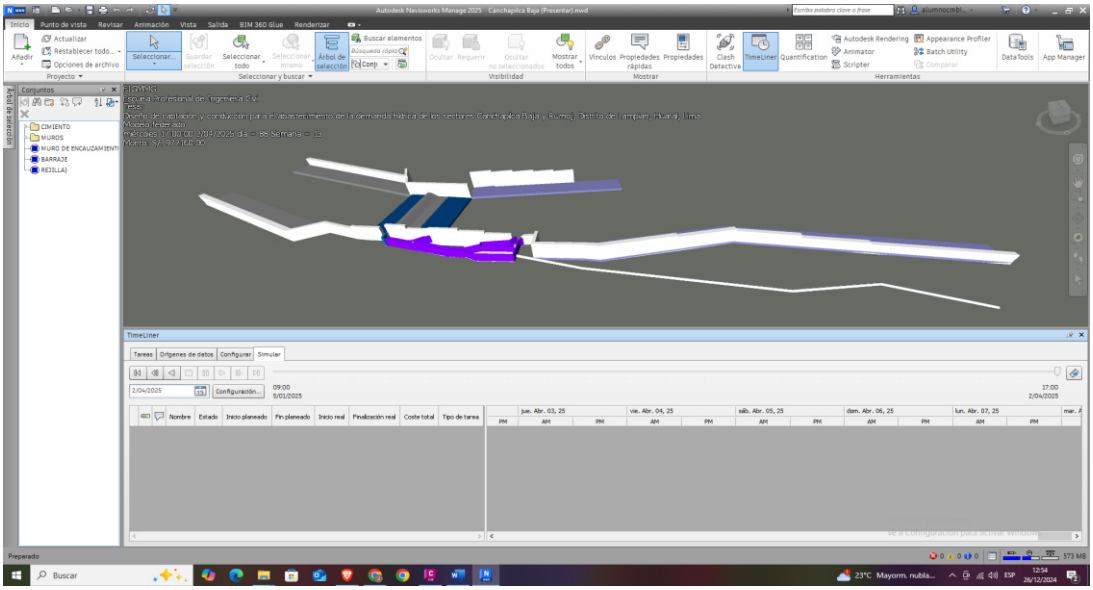
Modelo federado (Final) – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura 221

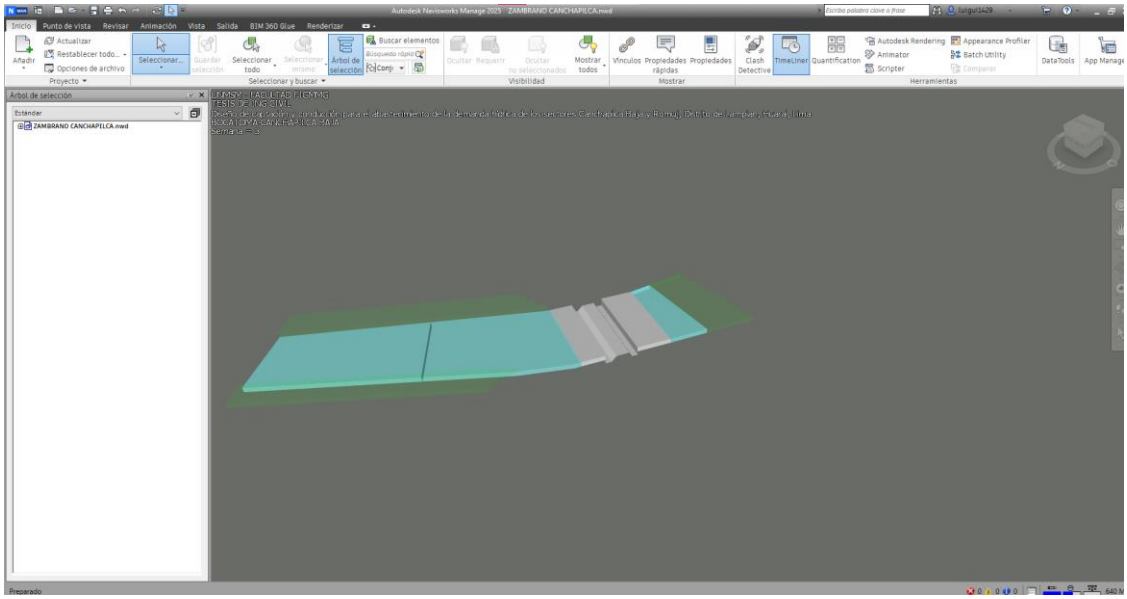
Modelo federado (inicio) – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura 222

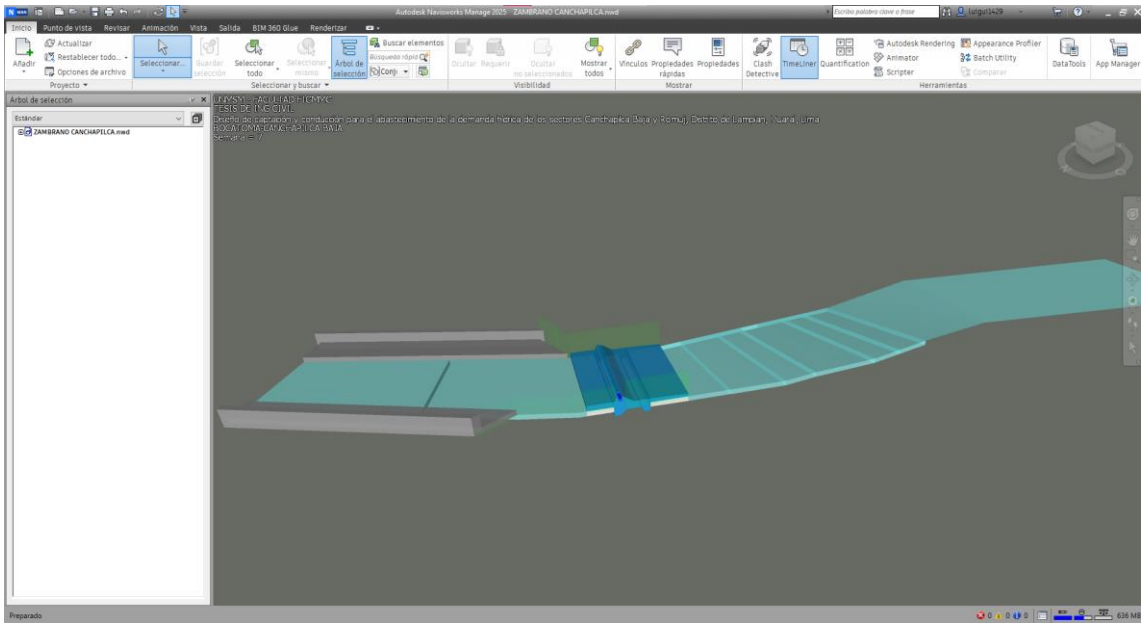
Modelo federado – Sector Canchapilca baja – Trazo y Replanteo



Nota: Elaboración propia.

Figura 223

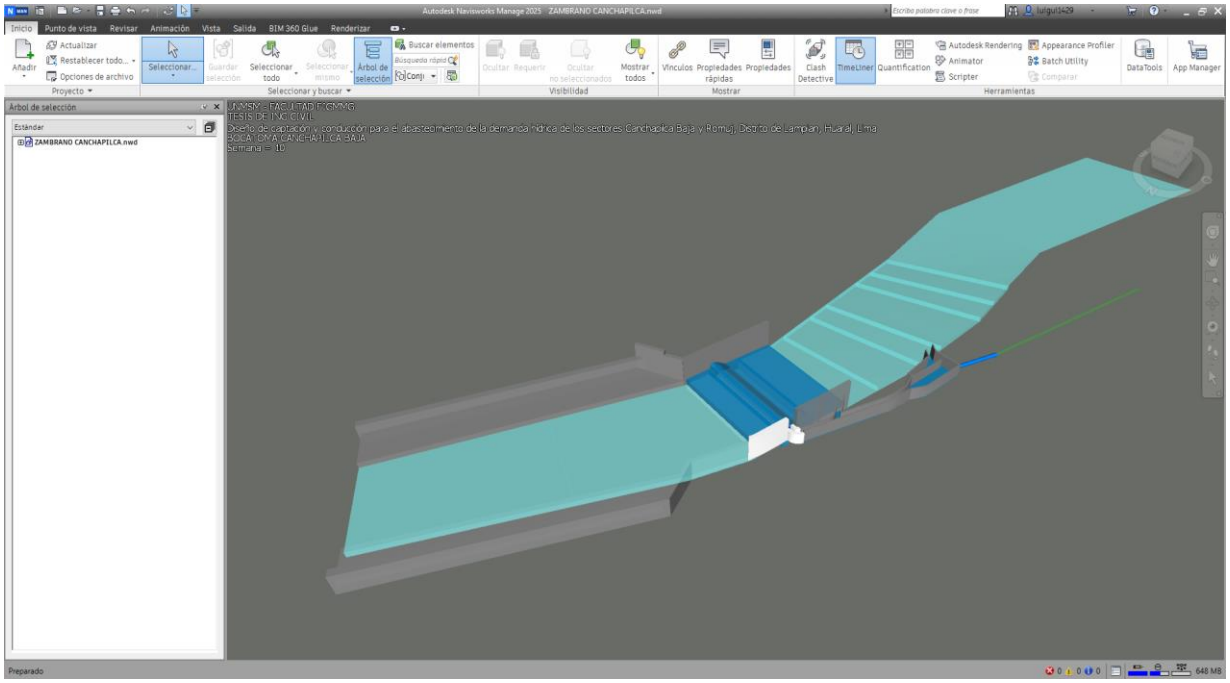
Modelo federado – Sector Canchapilca baja – construccion de barraje fijo



Nota: Elaboración propia.

Figura 224

Modelo federado – Sector Canchapilca baja – construccion de linea de conducción



Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Yánez (2022), en su tesis “Diseño hidráulico de la captación y aducción del sistema de agua Umbría para consumo humano en la parroquia de Aloasí – Cantón Mejía”, realiza un cálculo de caudal maximo de diseño por el método Racional por la escasez de datos hidrométricos, proponiendo en su lugar un caudal pico, suponiendo una intensidad de precipitación y escorrentía constante. En el presente trabajo se toma registros históricos de las precipitaciones en 5 estaciones, generando caudales a partir de métodos estadísticos y probabilísticos.

En la tesis “Modelamiento hidráulico bidimensional de una bocatoma tipo tirolesa en el río Santa Rosa en el distrito de Aquia, Bolognesi, Áncash”, de De la Cuba (2021), la topografía de la cabecera de cuenca del río Santa Rosa es accidentada y rectilínea, con tramos meándricos aguas abajo. La pendiente del terreno disminuye considerablemente. Se optó por una captación tipo tirolesa para un periodo de retorno de 50 años y caudal pico de 10.8 m3/s. En cambio, en la presente tesis se consideró un periodo de retorno de 100 años y caudales de 0.100 m3/s y 0.040 m3/s para el diseño de las bocatomas de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, respectivamente. La topografía de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj también es accidentada y rectilínea pero no cuenta con meandros aguas abajo.

La tesis “Evaluación y repotenciación del sistema de agua potable en la parroquia Juan Montalvo cantón Cayambe”, de Gutiérrez & Palma (2021) propuso una línea de conducción con 6 cámaras rompe presión como consecuencia de los altos desniveles topográficos para evitar el deterioro de la línea de conducción por sobrepresión. En el diseño de las líneas de conducción propuesto en esta investigación, se consideró un caudal de captación de tipo canal abierto, por lo que se analizan otros aspectos hidraulicos, a excepción del tramo 0+083 a 0+097 de la línea de

conducción del sector Canchapilca baja, en la que por un tema de pendiente pronunciada (-26.64%) y por economía se optó por una línea de conducción de tubería de PVC.

La tesis “Diseño de la bocatoma y línea de conducción del sistema de riego Sausal en el sector La Barranca, La Libertad”, de Chávez & Salazar (2022), consistió en el diseño de una captación (Q = 4m3/s) en el río Chicama y una línea de conducción de concreto para abastecer un área de cultivo de 1,869.94 ha de caña de azúcar y maíz amarillo, entre otras plantaciones, cubriendo la demanda hídrica 24.15 MMC anuales. La demanda hidrica de los sectores de Canchapilca Baja y Rumoj (80.2 ha. y 11.11ha respectivamente) para cultivos de tipo frutales con caudales de 0.100 m3/s para el sector Canchapilca Baja y de 0.040 m3/s para el sector Rumoj (240.85 y 30.12 miles de metros cúbicos anuales), cuya proporción caudal/hectárea es de 1.7 veces más en comparacion de los cultivos de La Libertad.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Para el diseño de las bocatomas se presentó en el modelado las siguientes características hidráulicas: El flujo presenta un régimen supercrítico. En el río Carac se obtuvo un tirante de 0.96 m y una velocidad de 5.54 m/s, mientras que en el río Lampián se obtuvo un tirante de 0.56 m, una velocidad de 4.05 m/s.Los bordes libres miden entre 0.15 m y 0.20 m como mínimo, o lo equivalente a la tercera parte del tirante del canal, pudiendo ser mayor al presentar un flujo de régimen supercrítico. Así,se garantiza la función de absorber los caudales de ingreso al canal (drenajes), eventuales caídas de objetos al canal o pérdidas de rugosidad de Manning por la operación y mantenimiento del canal.

Para el diseño de las bocatomas, se comparó en el modelamiento con HEC-RAS las progresivas con obra 0+020km (v= 9.25m3/s) y 0+040 (v=6.6m3/s), sin obra 0+020km (v= 7.7m3/s) y 0+040 (v=3.33m3/s); concluyendo en que la bocatoma no produce una perdida de energia significativa.

Por las topografia del terreno, las fuertes pendientes, el caudal hidraulico, el periodo de retorno, se requiere una abertura mayor de captacion que no permita el paso de solidos.Por lo que se diseñó captaciones de tipo tirolesa con rejillas en cada sector.

Para el diseño de las líneas de conducción, se optó por cambiar la sección de canal abierto de concreto a tuberías de PVC (Φ 12”) entre las progresivas 0+083 y 0+097 en el sector Canchapilca Baja porque presenta un cambio abrupto de pendiente, para evitar la construcción de otras obras de artes tales como caídas, desrripiadores, entre otros, ya que elevaría el costo de la línea de conducción.

Para la demanda hídrica, se tiene que el caudal de demanda para el sector Rumoj es de 0.04 m3/s, mientras que para el Sector Canchapilca Baja, 0.10 m3/s, el cual garantiza la demanda hídrica anual para ambos sectores de riego.

7.2. Recomendaciones

Se recomienda diseñar las bocatomas para satisfacer la demanda hídrica actual y potencial en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj.

Otro aspecto que se recomienda para satisfacer la demanda hídrica de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj es la elaboración del análisis de la calidad de agua por temporada para garantizar que sea de uso agricola.

Se recomienda descolmatar aguas abajo y aguas arriba del lugar de captación para encauzar los rios, así como la limpieza y mantenimiento de las líneas de conducción en los sectores Canchapilca Baja y Rumoj, ya que el canal y las demás obras de arte estarán expuestos al ambiente.

8. BIBLIOGRAFÍA

Agatec (s.f.). *Agatec Reflectorless Total Station MTS 650*. Recuperado el 1 de setiembre del 2023 de http://agatec.co.uk/

Aguirre M., N. (2007). *Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas.* Universidad Nacional de Loja.

Alayo Ruiz, F. B. & López García, H. D. (2014). *Estudio Hidrológico Cuenca Chancay – Huaral, para ampliar la potencia de la Central Hidroeléctrica Tingo, de 1.2 MW a 8.8 MW en la Provincia de Huaral - Lima.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Nacional de Trujillo]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. https://hdl.handle.net/20.500.14414/7547

Alfaro Abanto, T. & Bardález Reátegui, J. (2010). *Tratamiento de cauce del río para el control de inundaciones en la cuenca Chancay Lambayeque.* (Autoridad Nacional del Agua). Obtenido del Repositorio Institucional de la Autoridad Nacional del Agua. https://hdl.handle.net/20.500.12543/520

American Concrete Institute (2015). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14) y Comentario (ACI 318SR-14)*. Obtenido de https://www.cype.pe/wp-content/uploads/2021/01/aci-1.pdf

Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. A. & Miranda Novales, M. G. (2016). *El protocolo de investigación III: La población de estudio.* Revista Alergia México, 63(2), 201-206. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011

Arreguín Cortéz, F. (2021). *Obras Hidráulicas.* (1ª ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de https://acortar.link/cr1b3W

Autodesk. (s.f.). *Autodesk Civil 3D: software completo de diseño y documentación detallados para infraestructuras civiles*. Recuperado el 15 de agosto del 2023 de https://acortar.link/Rcsqw1

Autoridad Nacional del Agua (2009). *Mapa hidrográfico del Perú*. Ministerio de Agricultura y Riego. Obtenido de https://acortar.link/x6r4qU

Autoridad Nacional del Agua - Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chancay - Huaral (2015). *Memoria Anual de Gestión 2014*. Obtenido de https://acortar.link/NJ8tUy

Autoridad Nacional del Agua (2017). *Delimitación de fajas marginales – Cartilla informativa*. Obtenido de https://acortar.link/VVuhlL

Barbosa Gil, S. (2013). *Metodología para calcular la profundidad de socavación general en ríos de montaña (lecho de gravas).* [Tesis de maestría publicada - Universidad Nacional de Colombia]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20971

Blench, T. (1957). *Regime Behaviour of Canals and Rivers.* (1ª ed.). Butterworths Scientific Publications.

Borja S., M. (2016). *Metodología de investigación científica para ingenieros.*

Cabello Osorio, F. G. & Vallejos Sánchez, O. J. (2018). *Análisis comparativo del diseño de una toma tipo tirolesa con el de una toma convencional Caso de estudio: Sub-Cuenca del Río Tulumayo.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. http://hdl.handle.net/10757/624475

Campetella, C., Cerne, B. & Salio, P. (2011). *Capítulo 9: Estación meteorológica, Guía didáctica.* Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología). Instituto Nacional de Educación Tecnológica. https://acortar.link/wxXu6A

Carrión Rosillo, H. N. (2016). *Propuesta técnica de delimitación de un tramo de faja marginal de la quebrada Juningue, de 500 metros lineales aguas arriba y 500 metros lineales aguas abajo, con referencia del camino vecinal que une los centros poblados Buenos Aires - Santa Catalina, Moyobamba.* (Autoridad Nacional del Agua). Obtenido del Repositorio Institucional de la Autoridad Nacional del Agua. https://hdl.handle.net/20.500.12543/2531

Chacaltana Viera, L. A. & Culquitante García, J. C. (2019). *Diseño del canal de riego Chullas-Cuchichaca de la provincia de Pomabamba de la región Ancash.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad César Vallejo]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. https://hdl.handle.net/20.500.12692/58347

Chamorro de Rodríguez, G. I. (2011). *Guía de Hidrometría: Estimación del caudal por el método de flotadores.* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

Chávez León, J. J. & Salazar Centeno, L. A. (2022). *Diseño de la bocatoma y línea de conducción del sistema de riego Sausal en el sector La Barranca, La Libertad.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. https://hdl.handle.net/20.500.12672/18840

Chow, V. T. (2004). Hidráulica de canales abiertos (J. G. Saldarriaga, Trans.). Ariel. (Obra original publicada en 1994)

Cobbing, E. J. (1973). *Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta (hojas 22-h, 22-i, 22-j, 23-h, 23-i, 23-j).* Boletín Ingemmet. Serie A: Carta

Geológica Nacional, n°26. Obtenido del Repositorio Institucional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. https://hdl.handle.net/20.500.12544/144

Comisión Multisectorial de Reducción de Riesgos en el Desarrollo & Dirección General de Programación Multianual del Sector Público (2003). *Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos.* Ministerio de Economía y Finanzas. Obtenido de https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/427

Consorcio Typsa - Tecnoma – Engecorps (2012). *Diagnóstico participativo consolidado: cuenca del río Chancay – Huaral. Tomo II: Situación actual de la gestión de los recursos hídricos.* Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay - Huaral. Obtenido del Repositorio Institucional de la Autoridad Nacional del Agua. https://hdl.handle.net/20.500.12543/3560

Das, B. M. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. (J. León Cárdenas. Trad.; 7° ed). Cengage Learning. (Obra original publicada en 2011).

De la Cuba Espejo, P. J. (2021). *Modelamiento hidráulico bidimensional de una bocatoma tipo Tirolesa en el Río Santa Rosa en el distrito de Aquia, Bolognesi, Ancash.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Nacional Agraria La Molina]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. https://hdl.handle.net/20.500.12996/4670

De la Cruz Bustamante, N. S. & Jaimes Salcedo, F. (2003). *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j) - Cuadrante I. Escala 1:50 000.* Ingemmet. Obtenido del Repositorio Institucional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. https://hdl.handle.net/20.500.12544/2154

De la Cruz Bustamante, N. S. & Jaimes Salcedo, F. (2003). *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Canta (23-j) - Cuadrante II. Escala 1:50 000.* Ingemmet.

Obtenido del Repositorio Institucional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. https://hdl.handle.net/20.500.12544/2155

Delgadillo Iriarte, O. (2014). *Cuadernillo N° - ¿Cómo aforar pequeñas fuentes de agua por el método volumétrico?.* Universidad Mayor de San Simón.

Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (2015). *Manual N°5 – Medición del agua.* (Ministerio de Agricultura y Riego). Obtenido del Repositorio Institucional de la Autoridad Nacional del agua. https://hdl.handle.net/20.500.12543/4291

Dirección Nacional de Electricidad (1979). *Estudio de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional, Volumen IV – Parte 01.* Ministerio de Energía y Minas. Obtenido del Repositorio Institucional de la Autoridad Nacional del Agua. https://hdl.handle.net/20.500.12543/1580

Félix Salas, F. B. (2009). *Análisis del escurrimiento de la cuenca del río San Miguel, Sonora, México, durante el 2004.* [Tesis de maestría publicada - Universidad de Sonora]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad de Sonora. http://hdl.handle.net/20.500.12984/7651

Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G. A., Besteiro, S. & Delgado, M. I. (2012). *Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina.* AUGMDOMUS, 4(1), 143-158. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de La Plata. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/25777

Gentile, E. E. (17 de agosto de 2007). *Cómo construir y analizar climogramas.* Educ.ar portal. Recuperado el 11 de setiembre de 2023, de https://acortar.link/vANPQD

Geo5 Perú. (s.f.). *Geo5: Software Geotécnico*. Recuperado el 1 de octubre del 2023 de https://geo5peru.pe/software-geotecnico/

González de Vallejo, L. I. (2002). *Ingeniería Geológica.* (1ª ed.). Pearson Prentice Hall.

Google. (s.f.). *[Distrito de Lampián, Provincia de Huaral, Departamento de Lima, Perú – Google Earth]*. Recuperado el 15 de agosto del 2023 de https://goo.su/fPmE

Google. (s.f.). *[Provincia de Huaral, Departamento de Lima, Perú – Google Earth]*. Recuperado el 15 de agosto del 2023 de https://goo.su/Bq6ha5Z

Guerrero Yépez, P. A. & Llamatumbi Paillacho, R. J. (2020). *Diseño de la Captación de Agua para la Junta de Regantes del Barrio Salazar Gómez en la Quebrada la Retraída.* [Tesis de pregrado publicada - Escuela Politécnica Nacional]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Escuela Politécnica Nacional. http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21202

Guevara, E. & Cartaya, H. (1991). *Hidrología: Una introducción a la Ciencia Hidrológica Avanzada.* (1° ed.). Gueca Ediciones.

Guevara Castro, D. F. (2015). *Propuesta para determinar la oferta hídrica neta de una cuenca contemplando escenarios extremos: Caso de estudio microcuenca del río Upín.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Católica de Colombia]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Colombia. http://hdl.handle.net/10983/2822

Gutiérrez De Velasco, E. D. (2006). *Diseño de un sistema de agua potable para una comunidad rural en el estado de Puebla.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad de las Américas Puebla]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad de las Américas Puebla. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/deschamps_g_e/

Gutiérrez Sánchez, C. S. & Palma Altamirano, G. A. (2021). *Evaluación y repotenciación del sistema de agua potable en la parroquia de Juan Montalvo cantón Cayambe.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Politécnica Salesiana]. Obtenido del Repositorio

Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20496

Harmsen, T. E. (2002). *Diseño de estructuras de Concreto Armado.* (3ª ed.). Pontificia Universidad Católica del Perú.

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación.* (6ª ed.). McGraw-Hill.

Herrero Novoa, C. (2016). *Estudio de la velocidad del viento: análisis espacial y ajuste a una función de distribución.* [Tesis de pregrado publicada – Universidad de Valladolid]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad de Valladolid. http://uvadoc.uva.es/handle/10324/22939

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2006). *Manuales de energías renovables 6: Minicentrales hidroeléctricas.* Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Obtenido de https://acortar.link/X402TI

Intendencia de Recursos Hídricos (2003). *Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos de la cuenca del río San Juan – Estudio Hidrológico.* Colección INRENA. Obtenido del Repositorio Institucional de la Autoridad Nacional del Agua. https://hdl.handle.net/20.500.12543/1966

Jáuregui Jáuregui, B. G. (2019). *Diseño hidráulico de una bocatoma en el río Mayobamba para el mejoramiento del Sistema de Irrigación Ccecca, Ishua y Huaycahuacho.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Nacional Agraria La Molina]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. https://hdl.handle.net/20.500.12996/3901

Jiménez Salas, J. A. (1980). *Geotecnia y cimientos III: Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia.* (1ª ed.). Editorial Rueda.

Krochin, S. (1986). *Diseño Hidráulico*. (1° ed). Escuela Politécnica Nacional.

Ley N° 29338. (30 de marzo de 2009). *Ley de Recursos Hídricos*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de https://bit.ly/3R1rKll

Méjico Sedano, W. (2014). *Análisis de la configuración de rejilla de toma de agua tirolesa para obtener caudal con menor cantidad de sólidos.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Nacional del Centro del Perú]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Centro del Perú. http://hdl.handle.net/20.500.12894/204

Mery M., H. (2013). *Hidraúlica aplicada al diseño de obras.* (1ª ed.). RIL editores.

Ministerio de Economía y Finanzas. (2012). *Módulo III: Formulación*. Diplomado en Formulación y Evaluación de Proyectos dentro del Marco del Sistema Nacional de Inversión Pública "Proyecto de Riegos". Obtenido de https://acortar.link/SvEgII

Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Guía Nacional BIM*. Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas. (s.f.). *La metodología BIM*. Obtenido de https://goo.su/pV9Eh0

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2008). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.* Obtenido de https://acortar.link/uD1J97

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma E.020, Cargas*. Reglamento Nacional de Edificaciones.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma E.030, Diseño Sismorresistente*. Reglamento Nacional de Edificaciones.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma E.060, Concreto Armado*. Reglamento Nacional de Edificaciones.

Municipalidad Provincial de Huaral. (2010). *Plan de acondicionamiento territorial de la provincia de Huaral 2009 – 2019: Resumen ejecutivo.* Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Obtenido de https://acortar.link/FIbzHO

Navarro Medina, J. L. (2020). *Estudio hidráulico para defensa ribereña, tramo huaca "El Oro y las Ventanas", río La Leche, Íllimo – Lambayeque.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Señor de Sipán]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Señor de Sipán. https://hdl.handle.net/20.500.12802/8378

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (1980). *Inventario y evaluación nacional de aguas superficiales.* Colección ONERN. Obtenido del Repositorio Institucional de la Autoridad Nacional del Agua. https://hdl.handle.net/20.500.12543/1063

Orellana Cabello, R. E. (2021). *Modelamiento hidrológico e hidráulico para el análisis de inundaciones en la ciudad de Piura utilizando HEC-HMS y HEC-RAS.* [Tesis de pregrado publicada – Pontificia Universidad Católica del Perú]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. http://hdl.handle.net/20.500.12404/18304

Padilla Benítez, F. (2013). *Capítulo 2: La precipitación.* 632G01050: Hidrología Superficial y Subterránea (pp. 11-32). Universidade Da Coruña. https://acortar.link/rtrKUv

Rocha Felices, A. (agosto de 2003). *La bocatoma, estructura clave en un proyecto de aprovechamiento hidráulico.* [Resumen de presentación de conferencia] Sexto congreso nacional de estudiantes de Ingeniería Civil, Piura, Perú. Obtenido de https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF

Rocha Felices, A. (2007). *Hidráulica de tuberías y canales.* (1ª ed.). Universidad Nacional de Ingeniería.

Sabas R., C. A. & Paredes Cuervo, D. (2009). *Estudio de oferta y demanda hídrica en la cuenca del río Barbas.* Scientia Et Technica, 2(42), 405-411. doi: https://doi.org/10.22517/23447214.2705

Salas Huamaní, F. H. (2004). *Diseño y construcción de una bocatoma con azud de concreto armado para el FEUNAS.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. https://hdl.handle.net/20.500.14292/51

Salvador Zegarra, L. S. & Vargas Chanzapa, R. A. (2020). *Diseño hidráulico de la bocatoma en la quebrada san francisco y estructuras de conducción para el riego por gravedad en el caserío pampamarca - Santiago de Chuco.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Privada Antenor Orrego]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego. https://hdl.handle.net/20.500.12759/6923

Scholz, L. (1980). *Generación de caudales mensuales en la sierra del Perú.* Plan Meriss II, Cusco.

Schwab, G. O., Frevert, R. K., Edminister, T.W. & Barnes, K. K. (1990). *Ingeniería de conservación de suelos y aguas.* (1° ed.). Limusa.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (s.f.). *Mapa de estaciones*. Recuperado el 15 de agosto del 2023 de https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/mapadepesta1.php

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2015). *Impacto del cambio socio-económico y climático en la Gestión de Recursos Hídricos.* Ministerio del Ambiente. Obtenido de https://acortar.link/Zpa6oJ

United States Bureau of Reclamation (1967). *Canals and related structures.* Design Standards N° 3. Department of the Interior. Obtenido de https://www.usbr.gov/pn/snakeriver/landuse/authorized/designstandards3.pdf

Urbano Soria, H. K. (2022). *Diseño hidráulico de bocatoma para implementar sistema de riego en quebrada de Jambón, distrito de Chacas, provincia Asunción, Ancash-2022.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad César Vallejo]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. https://hdl.handle.net/20.500.12692/99904

Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología.* (1ª ed.). Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Villón Béjar, M. (2007). *Hidráulica de canales.* (2ª ed.). Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Villón Béjar, M. (2019). *Desarrollo de un software para el diseño de canales y estructuras hidráulicas HCANALES para Windows.* Revista Tecnológica En Marcha, 13(5), 148-151. doi: https://doi.org/10.18845/tm.v13i0.2919

Vauchel, P. (2007). *Últimos avances del Software Hydraccess.* Actas de los Seminarios y talleres científicos del 30° aniversario del ORSTOM/IRD en Ecuador, IRD, 247-251. Obtenido de https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010041286

Yánez Guerra, L. D. (2022). *Diseño hidráulico de la captación y aducción del sistema de agua umbría para consumo humano en la parroquia de Aloasí – Cantón Mejía.* [Tesis de pregrado publicada - Universidad Politécnica Salesiana]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22368

Yáñez Romero, M. G. (2020). *Diseño de obras hidráulicas para sistema de captación, conducción y distribución de agua para uso agrícola, canal derivación Nanchoc Cajamarca.* [Tesis de

pregrado publicada - Universidad César Vallejo]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. https://hdl.handle.net/20.500.12692/70432

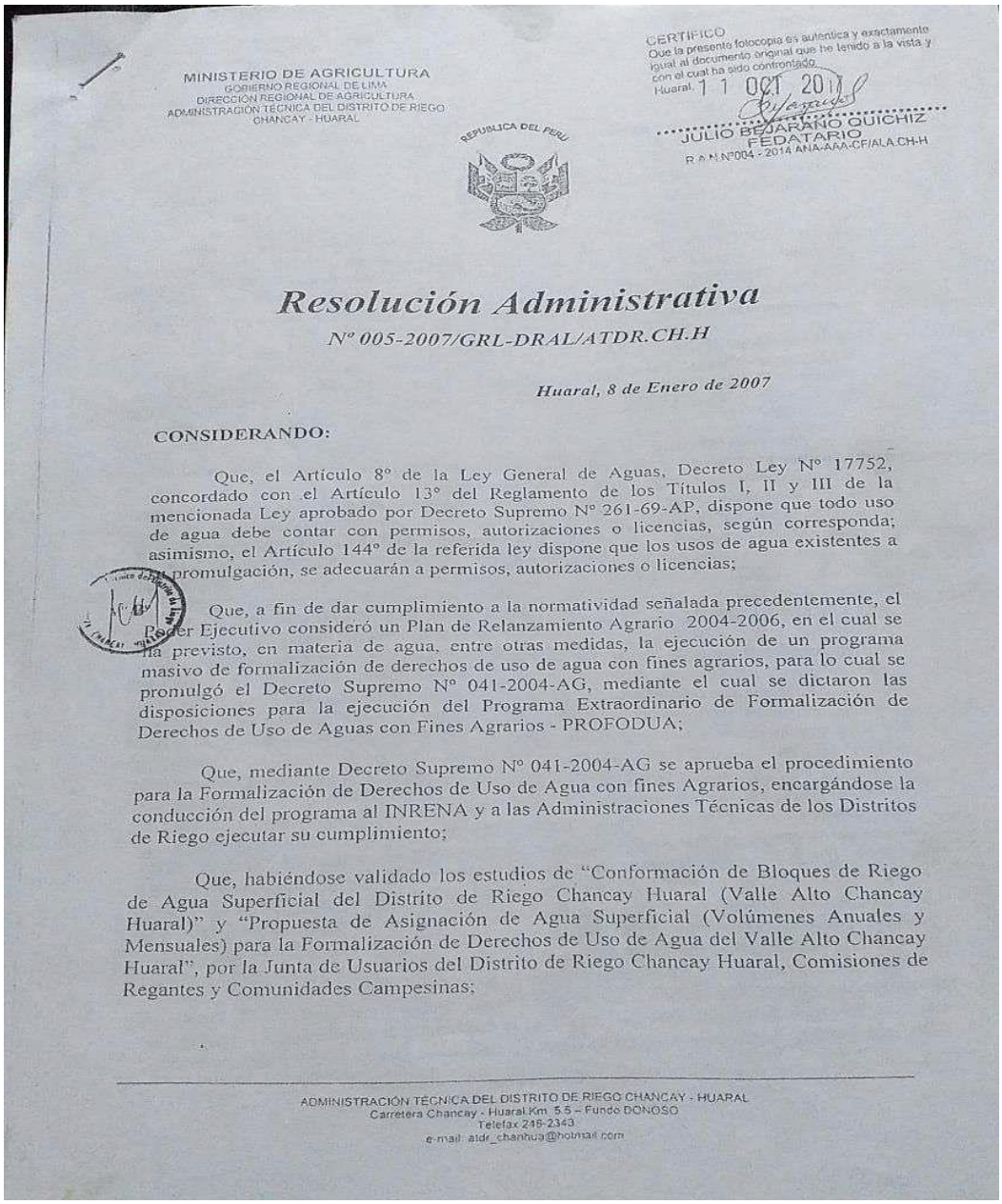
Zevallos Loaiza, M. (2015). *Diseño de la defensa ribereña para el balneario turístico Cocalmayo, ubicado en la margen izquierda del Río Urubamba.* [Tesis de maestría publicada - Universidad de Piura]. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad de Piura. https://hdl.handle.net/11042/2616

ANEXOS

8.1. Anexo A: Reglamentos, normas y resoluciones

Figura A 1

Resolución Administrativa N° 005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.1)



MINISTERIO DE AGRICULTURA
GOBIERNO REGIONAL DE LIMA
DIRECCIÓN REGIONAL DE AGRICULTURA
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO
CHANCAY - HUARAL

REPUBLICA DEL PERU

CERTIFICO
Que la presente fotocopia es auténtica y exactamente igual al documento original que he tenido a la vista y con el cual ha sido confrontado.
Huaral, 11 OCT 2014
JULIO BEJARANO QUICHIZ
FEDATARIO
R.A.N.N°004 - 2014 ANA-AAA-CF/ALA.CH-H

Resolución Administrativa

Nº 005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H

Huaral, 8 de Enero de 2007

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 8° de la Ley General de Aguas, Decreto Ley N° 17752, concordado con el Artículo 13° del Reglamento de los Títulos I, II y III de la mencionada Ley aprobado por Decreto Supremo N° 261-69-AP, dispone que todo uso de agua debe contar con permisos, autorizaciones o licencias, según corresponda; asimismo, el Artículo 144° de la referida ley dispone que los usos de agua existentes a la promulgación, se adecuarán a permisos, autorizaciones o licencias;

Que, a fin de dar cumplimiento a la normatividad señalada precedentemente, el Poder Ejecutivo consideró un Plan de Relanzamiento Agrario 2004-2006, en el cual se ha previsto, en materia de agua, entre otras medidas, la ejecución de un programa masivo de formalización de derechos de uso de agua con fines agrarios, para lo cual se promulgó el Decreto Supremo N° 041-2004-AG, mediante el cual se dictaron las disposiciones para la ejecución del Programa Extraordinario de Formalización de Derechos de Uso de Aguas con Fines Agrarios - PROFODUA;

Que, mediante Decreto Supremo N° 041-2004-AG se aprueba el procedimiento para la Formalización de Derechos de Uso de Agua con fines Agrarios, encargándose la conducción del programa al INRENA y a las Administraciones Técnicas de los Distritos de Riego ejecutar su cumplimiento;

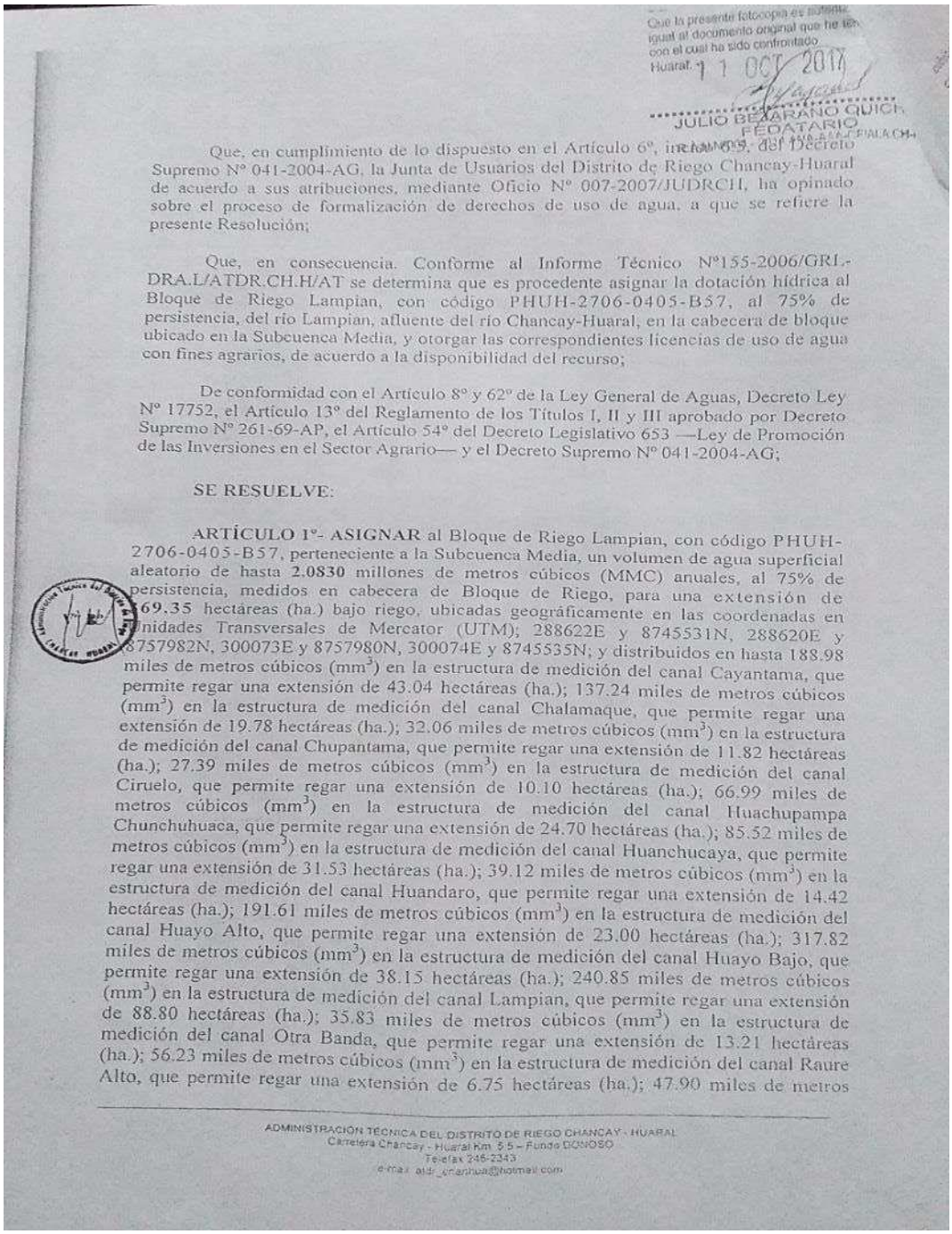
Que, habiéndose validado los estudios de "Conformación de Bloques de Riego de Agua Superficial del Distrito de Riego Chancay Huaral (Valle Alto Chancay Huaral)" y "Propuesta de Asignación de Agua Superficial (Volúmenes Anuales y Mensuales) para la Formalización de Derechos de Uso de Agua del Valle Alto Chancay Huaral", por la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay Huaral, Comisiones de Regantes y Comunidades Campesinas;

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 248-2343
e-mail: aldr_chanhua@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 2

Resolución Administrativa N° 005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.2)



Que la presente fotocopia es fiel y exacta igual al documento original que he tenido con el cual ha sido confrontado.
Huaraz, 11 OCT 2017
JULIO BEJARANO QUICH
FEDATARIO
ATDR CH.H - DRAL/GRL/PIALA CH.H

Que, en cumplimiento de lo dispuesto en el Artículo 6º, inciso 6.5, del Decreto Supremo Nº 041-2004-AG, la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay-Huaral de acuerdo a sus atribuciones, mediante Oficio Nº 007-2007/JUDRCH, ha opinado sobre el proceso de formalización de derechos de uso de agua, a que se refiere la presente Resolución;

Que, en consecuencia. Conforme al Informe Técnico Nº155-2006/GRL-DRA.L/ATDR.CH.H/AT se determina que es procedente asignar la dotación hídrica al Bloque de Riego Lampian, con código PHUH-2706-0405-B57, al 75% de persistencia, del río Lampian, afluente del río Chancay-Huaral, en la cabecera de bloque ubicado en la Subcuenca Media, y otorgar las correspondientes licencias de uso de agua con fines agrarios, de acuerdo a la disponibilidad del recurso;

De conformidad con el Artículo 8º y 62º de la Ley General de Aguas, Decreto Ley Nº 17752, el Artículo 13º del Reglamento de los Títulos I, II y III aprobado por Decreto Supremo Nº 261-69-AP, el Artículo 54º del Decreto Legislativo 653 —Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario— y el Decreto Supremo Nº 041-2004-AG;

SE RESUELVE:

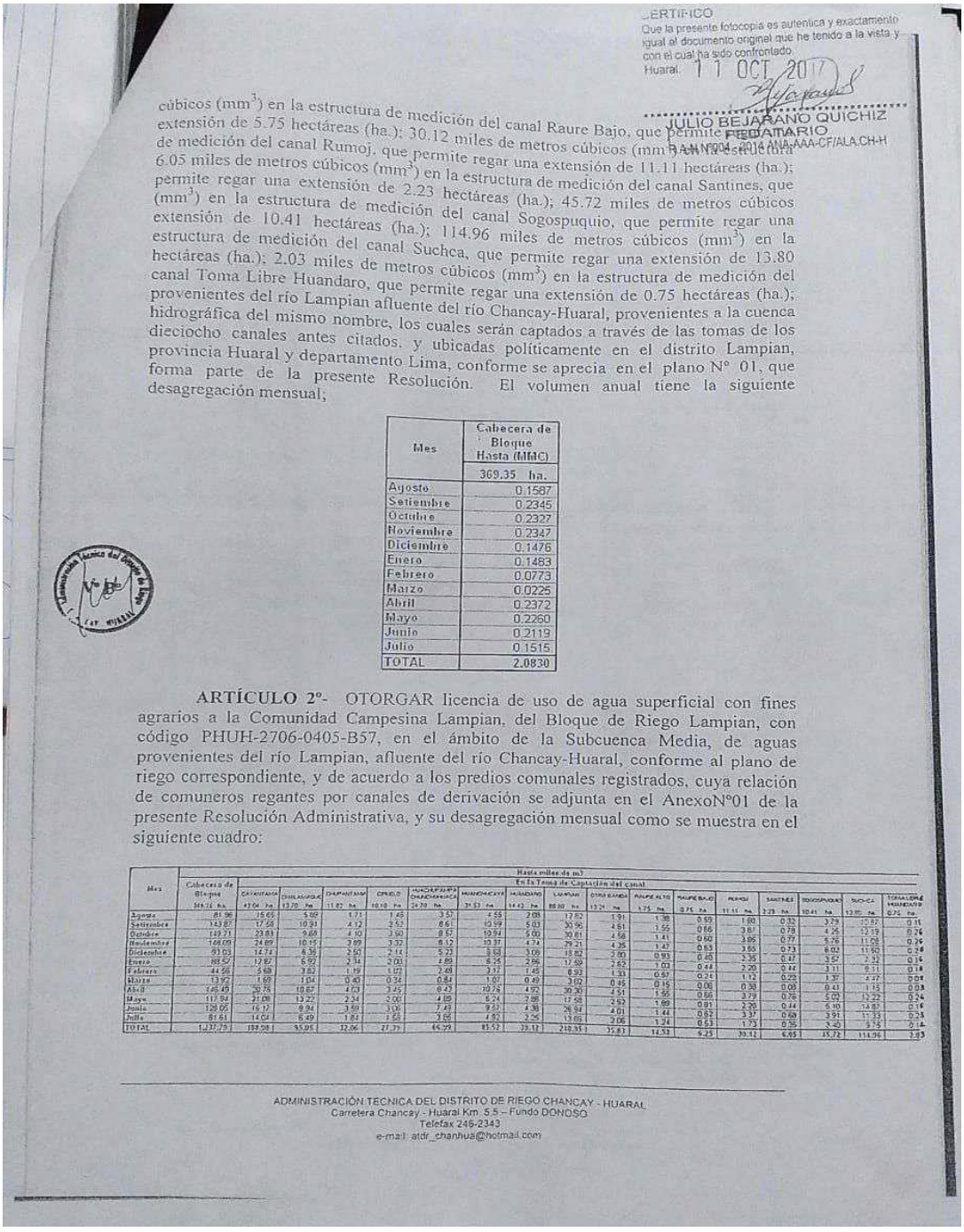
ARTÍCULO 1º- ASIGNAR al Bloque de Riego Lampian, con código PHUH-2706-0405-B57, perteneciente a la Subcuenca Media, un volumen de agua superficial aleatorio de hasta **2.0830** millones de metros cúbicos (MMC) anuales, al 75% de persistencia, medidos en cabecera de Bloque de Riego, para una extensión de **69.35** hectáreas (ha.) bajo riego, ubicadas geográficamente en las coordenadas en Unidades Transversales de Mercator (UTM); 288622E y 8745531N, 288620E y 8757982N, 300073E y 8757980N, 300074E y 8745535N; y distribuidos en hasta 188.98 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Cayantama, que permite regar una extensión de 43.04 hectáreas (ha.); 137.24 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Chalamaque, que permite regar una extensión de 19.78 hectáreas (ha.); 32.06 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Chupantama, que permite regar una extensión de 11.82 hectáreas (ha.); 27.39 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Ciruelo, que permite regar una extensión de 10.10 hectáreas (ha.); 66.99 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Huachupampa Chunchuhuaca, que permite regar una extensión de 24.70 hectáreas (ha.); 85.52 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Huanchucaya, que permite regar una extensión de 31.53 hectáreas (ha.); 39.12 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Huandaro, que permite regar una extensión de 14.42 hectáreas (ha.); 191.61 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Huayo Alto, que permite regar una extensión de 23.00 hectáreas (ha.); 317.82 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Huayo Bajo, que permite regar una extensión de 38.15 hectáreas (ha.); 240.85 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Lampian, que permite regar una extensión de 88.80 hectáreas (ha.); 35.83 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Otra Banda, que permite regar una extensión de 13.21 hectáreas (ha.); 56.23 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Raure Alto, que permite regar una extensión de 6.75 hectáreas (ha.); 47.90 miles de metros

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 246-2343
e-mail: atdr_chancay@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 3

Resolución Administrativa N° 005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.3)



CERTIFICO
Que la presente fotocopia es auténtica y exactamente igual al documento original que he tenido a la vista y con el cual ha sido confrontado.
Huaral, 11 OCT 2017
JULIO BEJARANO QUICHIZ
FEDATARIO
R.A.N. N°004 - 2014-ANA-AAA-CF/ALA.CH-H

cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Raure Bajo, que permite regar una extensión de 5.75 hectáreas (ha.); 30.12 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Rumoj, que permite regar una extensión de 11.11 hectáreas (ha.); 6.05 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Santines, que permite regar una extensión de 2.23 hectáreas (ha.); 45.72 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Sogospuquio, que permite regar una extensión de 10.41 hectáreas (ha.); 114.96 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Sucheа, que permite regar una extensión de 13.80 hectáreas (ha.); 2.03 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Toma Libre Huandaro, que permite regar una extensión de 0.75 hectáreas (ha.); provenientes del río Lampian afluente del río Chancay-Huaral, provenientes a la cuenca hidrográfica del mismo nombre, los cuales serán captados a través de las tomas de los dieciocho canales antes citados, y ubicadas políticamente en el distrito Lampian, provincia Huaral y departamento Lima, conforme se aprecia en el plano N° 01, que forma parte de la presente Resolución. El volumen anual tiene la siguiente desagregación mensual;

Mes	Cabecera de Bloque Hasta (MMC)
	369.35 ha.
Agosto	0.1587
Setiembre	0.2345
Octubre	0.2327
Noviembre	0.2347
Diciembre	0.1476
Enero	0.1483
Febrero	0.0773
Marzo	0.0225
Abril	0.2372
Mayo	0.2260
Junio	0.2119
Julio	0.1515
TOTAL	2.0830

ARTÍCULO 2º- OTORGAR licencia de uso de agua superficial con fines agrarios a la Comunidad Campesina Lampian, del Bloque de Riego Lampian, con código PHUH-2706-0405-B57, en el ámbito de la Subcuenca Media, de aguas provenientes del río Lampian, afluente del río Chancay-Huaral, conforme al plano de riego correspondiente, y de acuerdo a los predios comunales registrados, cuya relación de comuneros regantes por canales de derivación se adjunta en el AnexoN°01 de la presente Resolución Administrativa, y su desagregación mensual como se muestra en el siguiente cuadro:

Hasta miles de m³

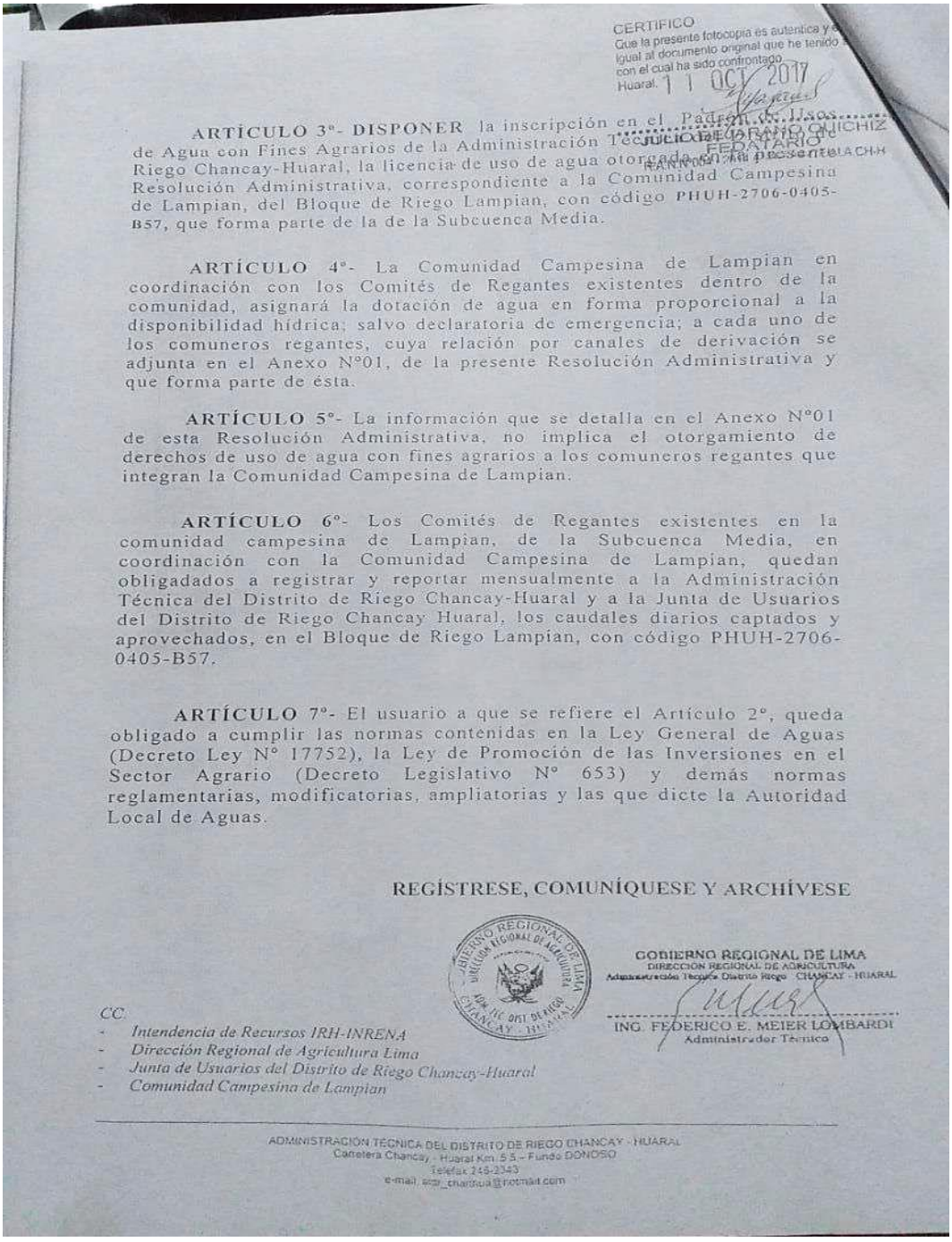
Mes	Cabecera de Bloque 369.35 ha.	En la Toma de Captación del canal															
		CAYAHUANA 47.04 ha.	CHALLAHUACHO 13.70 ha.	CHAMPAMARCA 11.82 ha.	CERCADO 10.18 ha.	HUACHAPAMPA CHANCHAMACA 24.78 ha.	HUANCHACAYA 31.53 ha.	HUANDARO 14.42 ha.	LAMPIAN 88.80 ha.	OTRAS ENTRADAS 13.24 ha.	RAUPE ALTO 1.75 ha.	RAUPE BAJO 0.75 ha.	RUMOJ 11.11 ha.	SANTINES 2.23 ha.	SOGOSPUQUIO 10.41 ha.	SUCHEA 13.80 ha.	TOMA LIBRE HUANDARO 0.75 ha.
Agosto	81.96	15.65	5.69	1.71	1.45	3.57	4.55	2.08	12.82	1.91	1.36	0.59	1.60	0.32	3.79	16.57	0.11
Setiembre	143.87	17.58	10.31	4.12	3.52	8.61	10.99	5.03	30.96	4.61	1.55	0.66	3.87	0.78	4.26	13.19	0.26
Octubre	140.23	23.83	9.68	4.10	3.50	8.57	10.94	5.02	30.81	4.58	1.41	0.60	3.86	0.77	5.76	11.06	0.24
Noviembre	166.09	24.69	10.15	3.89	3.32	8.12	10.37	4.74	29.21	4.35	1.47	0.63	3.65	0.73	8.02	11.90	0.28
Diciembre	91.03	12.74	6.36	2.50	2.11	5.23	6.68	3.06	18.82	2.80	0.93	0.40	2.35	0.47	3.57	7.32	0.14
Enero	88.57	12.82	6.97	2.34	2.00	4.89	6.25	2.86	17.59	2.62	1.03	0.44	2.20	0.44	3.11	8.11	0.18
Febrero	44.66	5.68	3.82	1.19	1.03	2.48	3.17	1.45	8.93	1.33	0.57	0.24	1.12	0.22	1.37	4.47	0.08
Marzo	13.92	1.69	1.04	0.40	0.34	0.84	1.07	0.49	3.02	0.45	0.15	0.06	0.38	0.08	0.43	1.15	0.03
Abril	146.49	20.75	10.67	4.03	3.45	8.43	10.78	4.92	30.30	4.51	1.55	0.66	3.79	0.76	5.00	13.22	0.24
Mayo	117.94	21.08	13.22	2.34	2.00	4.89	6.24	2.86	17.58	2.62	1.09	0.81	2.20	0.44	5.10	14.87	0.16
Junio	126.05	16.17	9.94	3.59	3.06	7.49	9.57	4.38	26.94	4.01	1.44	0.82	3.37	0.68	3.91	11.33	0.25
Julio	81.61	14.04	6.49	1.83	1.55	3.85	4.92	2.26	13.83	2.06	1.24	0.53	1.73	0.35	3.40	9.75	0.14
TOTAL	1,371.75	214.98	95.95	32.06	27.31	66.95	85.52	39.12	240.35	35.81	14.53	6.25	30.12	6.45	55.72	133.96	2.03

ADMINISTRACIÓN TECNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 246-2343
e-mail: atdr_chanhua@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 4

Resolución Administrativa N° 005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.4)



CERTIFICO
Que la presente fotocopia es autentica y
igual al documento original que he tenido
con el cual ha sido confrontado.
Huaral, 11 OCT 2017
JULIO CESAR ROMERO QUICHIZ
FEDATARIO

ARTÍCULO 3°- DISPONER la inscripción en el Padrón de Usos de Agua con Fines Agrarios de la Administración Técnica del Distrito de Riego Chancay-Huaral, la licencia de uso de agua otorgado en la presente Resolución Administrativa, correspondiente a la Comunidad Campesina de Lampian, del Bloque de Riego Lampian, con código PHUH-2706-0405-B57, que forma parte de la de la Subcuenca Media.

ARTÍCULO 4°- La Comunidad Campesina de Lampian en coordinación con los Comités de Regantes existentes dentro de la comunidad, asignará la dotación de agua en forma proporcional a la disponibilidad hídrica; salvo declaratoria de emergencia; a cada uno de los comuneros regantes, cuya relación por canales de derivación se adjunta en el Anexo N°01, de la presente Resolución Administrativa y que forma parte de ésta.

ARTÍCULO 5°- La información que se detalla en el Anexo N°01 de esta Resolución Administrativa, no implica el otorgamiento de derechos de uso de agua con fines agrarios a los comuneros regantes que integran la Comunidad Campesina de Lampian.

ARTÍCULO 6°- Los Comités de Regantes existentes en la comunidad campesina de Lampian, de la Subcuenca Media, en coordinación con la Comunidad Campesina de Lampian, quedan obligadados a registrar y reportar mensualmente a la Administración Técnica del Distrito de Riego Chancay-Huaral y a la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay Huaral, los caudales diarios captados y aprovechados, en el Bloque de Riego Lampian, con código PHUH-2706-0405-B57.

ARTÍCULO 7°- El usuario a que se refiere el Artículo 2°, queda obligado a cumplir las normas contenidas en la Ley General de Aguas (Decreto Ley N° 17752), la Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario (Decreto Legislativo N° 653) y demás normas reglamentarias, modificatorias, ampliatorias y las que dicte la Autoridad Local de Aguas.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE

GOBIERNO REGIONAL DE LIMA
DIRECCIÓN REGIONAL DE AGRICULTURA
Administración Técnica Distrito Riego CHANCAY - HUARAL
ING. FEDERICO E. MEIER LOMBARDI
Administrador Técnico

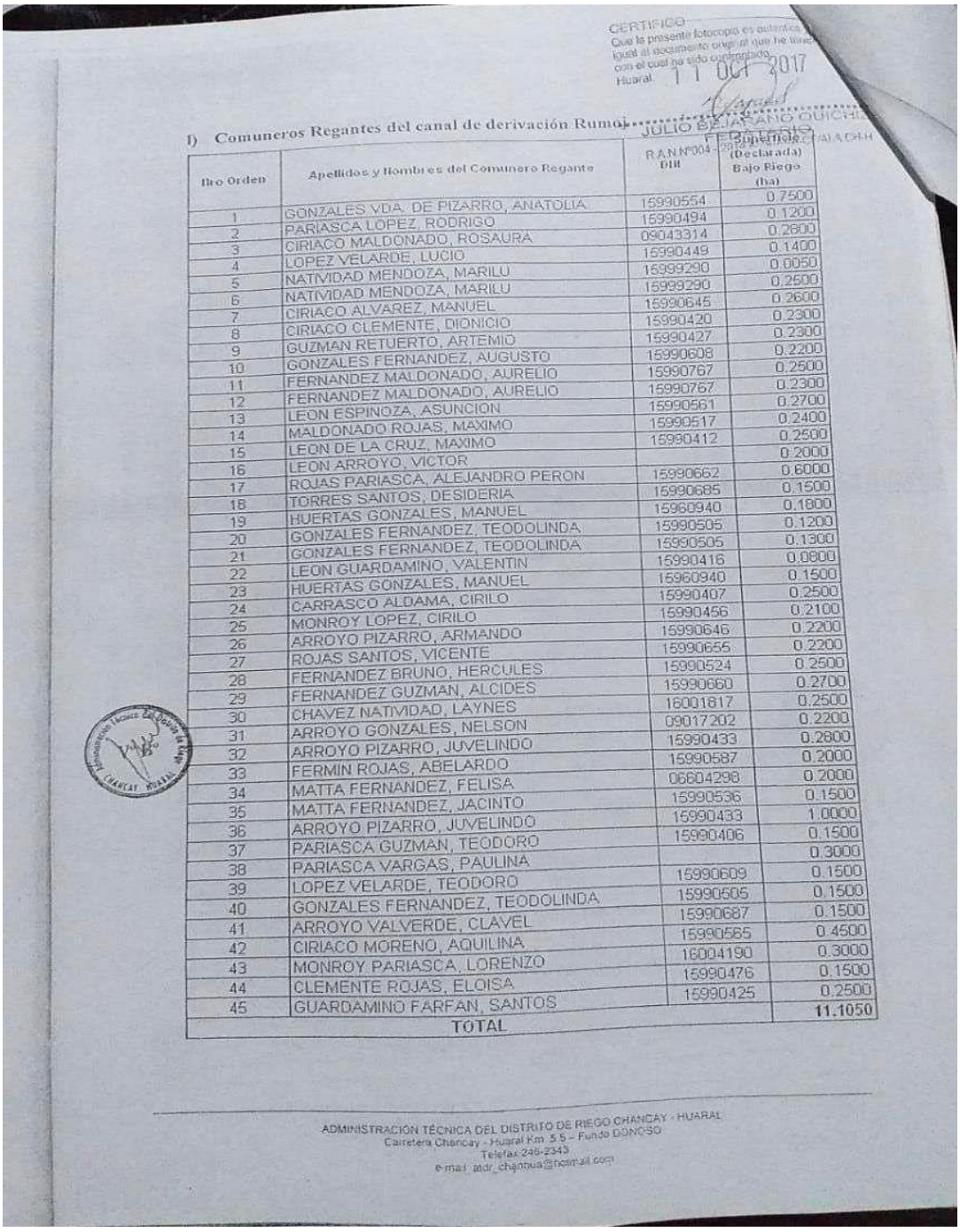
CC:
- *Intendencia de Recursos IRH-INRENA*
- *Dirección Regional de Agricultura Lima*
- *Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay-Huaral*
- *Comunidad Campesina de Lampian*

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 248-2343
e-mail: atdr_chancay@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 5

Resolución Administrativa N° 005-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.5)



CERTIFICO:
Que la presente fotocopia es auténtica e igual al documento original que he tenido con el cual ha sido confrontado.
Huaral 11 OCT 2017

JULIO BEJARANO QUICHE
FEDATARIO

I) Comuneros Regantes del canal de derivación Rumoj

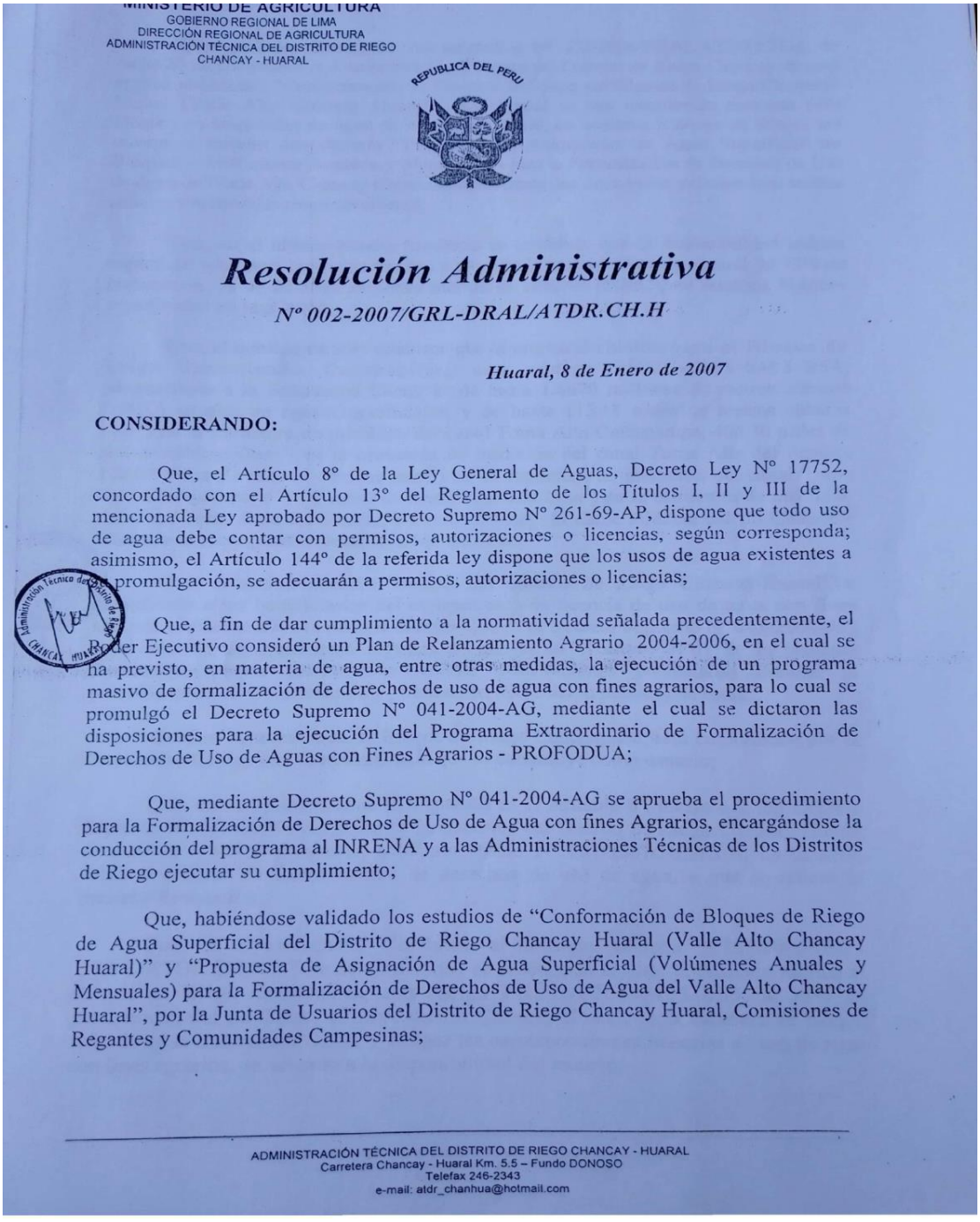
Nro Orden	Apellidos y Nombres del Comunero Regante	R.A.N.N°004-2016 DIR	Superficie (Declarada) Bajo Riego (ha)
1	GONZALES VDA. DE PIZARRO, ANATOLIA	15990554	0.7500
2	PARIASCA LOPEZ, RODRIGO	15990494	0.1200
3	CIRIACO MALDONADO, ROSAURA	09043314	0.2600
4	LOPEZ VELARDE, LUCIO	15990449	0.1400
5	NATIVIDAD MENDOZA, MARILU	15999290	0.0050
6	NATIVIDAD MENDOZA, MARILU	15999290	0.2500
7	CIRIACO ALVAREZ, MANUEL	15990645	0.2600
8	CIRIACO CLEMENTE, DIONICIO	15990420	0.2300
9	GUZMAN RETUERTO, ARTEMIO	15990427	0.2300
10	GONZALES FERNANDEZ, AUGUSTO	15990608	0.2200
11	FERNANDEZ MALDONADO, AURELIO	15990767	0.2500
12	FERNANDEZ MALDONADO, AURELIO	15990767	0.2300
13	LEON ESPINOZA, ASUNCION	15990561	0.2700
14	MALDONADO ROJAS, MAXIMO	15990517	0.2400
15	LEON DE LA CRUZ, MAXIMO	15990412	0.2500
16	LEON ARROYO, VICTOR		0.2000
17	ROJAS PARIASCA, ALEJANDRO PERON	15990662	0.6000
18	TORRES SANTOS, DESIDERIA	15990685	0.1500
19	HUERTAS GONZALES, MANUEL	15960940	0.1800
20	GONZALES FERNANDEZ, TEODOLINDA	15990505	0.1200
21	GONZALES FERNANDEZ, TEODOLINDA	15990505	0.1300
22	LEON GUARDAMINO, VALENTIN	15990416	0.0800
23	HUERTAS GONZALES, MANUEL	15960940	0.1500
24	CARRASCO ALDAMA, CIRILO	15990407	0.2500
25	MONROY LOPEZ, CIRILO	15990456	0.2100
26	ARROYO PIZARRO, ARMANDO	15990646	0.2200
27	ROJAS SANTOS, VICENTE	15990655	0.2200
28	FERNANDEZ BRUNO, HERCULES	15990524	0.2500
29	FERNANDEZ GUZMAN, ALCIDES	15990660	0.2700
30	CHAVEZ NATIVIDAD, LAYNES	16001817	0.2500
31	ARROYO GONZALES, NELSON	09017202	0.2200
32	ARROYO PIZARRO, JUVELINDO	15990433	0.2800
33	FERMIN ROJAS, ABELARDO	15990587	0.2000
34	MATTA FERNANDEZ, FELISA	06604298	0.2000
35	MATTA FERNANDEZ, JACINTO	15990536	0.1500
36	ARROYO PIZARRO, JUVELINDO	15990433	1.0000
37	PARIASCA GUZMAN, TEODORO	15990406	0.1500
38	PARIASCA VARGAS, PAULINA		0.3000
39	LOPEZ VELARDE, TEODORO	15990609	0.1500
40	GONZALES FERNANDEZ, TEODOLINDA	15990505	0.1500
41	ARROYO VALVERDE, CLAVEL	15990687	0.1500
42	CIRIACO MORENO, AQUILINA	15990585	0.4500
43	MONROY PARIASCA, LORENZO	16004190	0.3000
44	CLEMENTE ROJAS, ELOISA	15990476	0.1500
45	GUARDAMINO FARFAN, SANTOS	15990425	0.2500
	TOTAL		11.1050

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 246-2343
e-mail: atdr_chanhua@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 6

Resolución Administrativa N° 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.1)



MINISTERIO DE AGRICULTURA
GOBIERNO REGIONAL DE LIMA
DIRECCIÓN REGIONAL DE AGRICULTURA
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO
CHANCAY - HUARAL

REPUBLICA DEL PERU

Resolución Administrativa

Nº 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H

Huaral, 8 de Enero de 2007

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 8º de la Ley General de Aguas, Decreto Ley Nº 17752, concordado con el Artículo 13º del Reglamento de los Títulos I, II y III de la mencionada Ley aprobado por Decreto Supremo Nº 261-69-AP, dispone que todo uso de agua debe contar con permisos, autorizaciones o licencias, según corresponda; asimismo, el Artículo 144º de la referida ley dispone que los usos de agua existentes a la promulgación, se adecuarán a permisos, autorizaciones o licencias;

Que, a fin de dar cumplimiento a la normatividad señalada precedentemente, el Poder Ejecutivo consideró un Plan de Relanzamiento Agrario 2004-2006, en el cual se ha previsto, en materia de agua, entre otras medidas, la ejecución de un programa masivo de formalización de derechos de uso de agua con fines agrarios, para lo cual se promulgó el Decreto Supremo Nº 041-2004-AG, mediante el cual se dictaron las disposiciones para la ejecución del Programa Extraordinario de Formalización de Derechos de Uso de Aguas con Fines Agrarios - PROFODUA;

Que, mediante Decreto Supremo Nº 041-2004-AG se aprueba el procedimiento para la Formalización de Derechos de Uso de Agua con fines Agrarios, encargándose la conducción del programa al INRENA y a las Administraciones Técnicas de los Distritos de Riego ejecutar su cumplimiento;

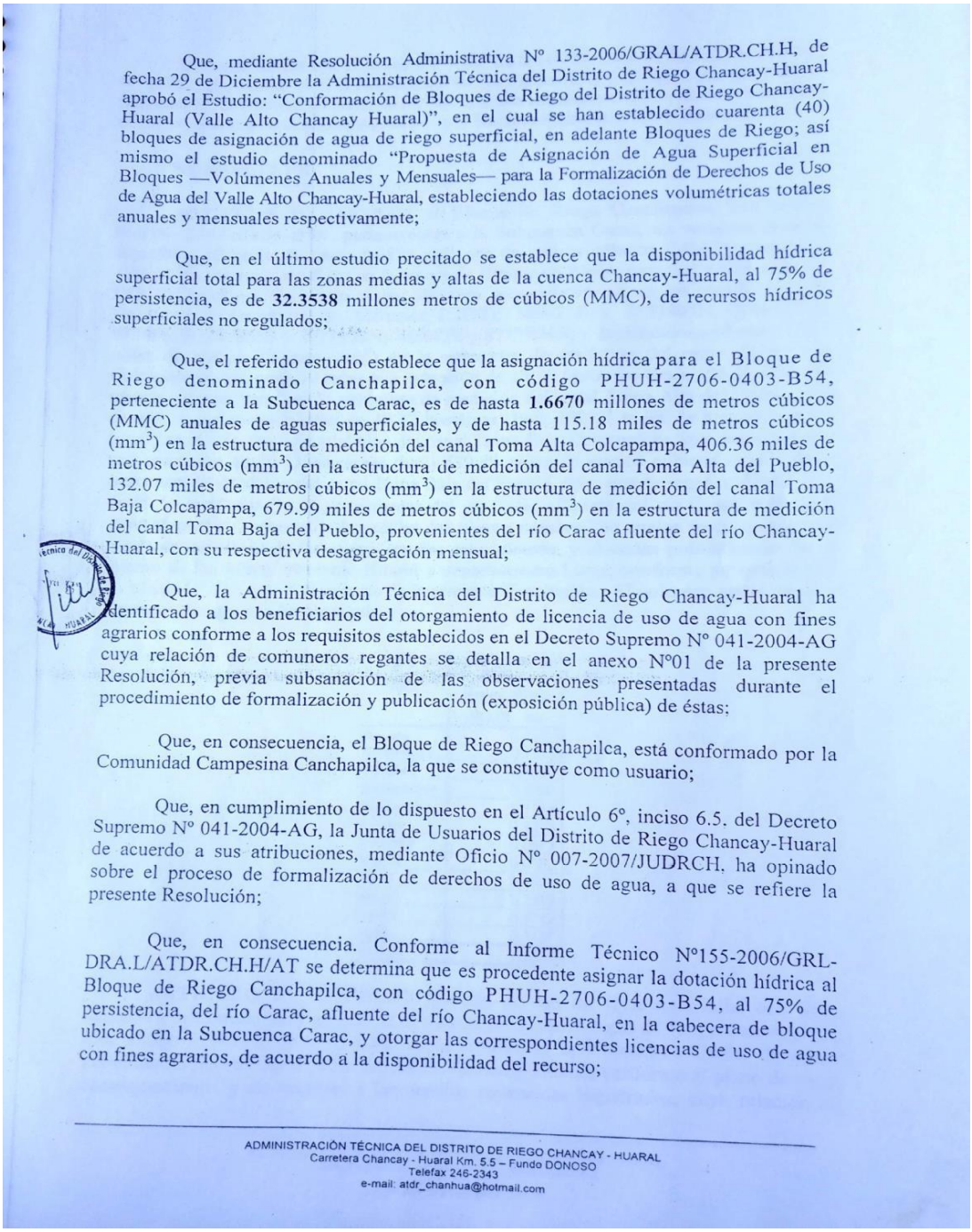
Que, habiéndose validado los estudios de "Conformación de Bloques de Riego de Agua Superficial del Distrito de Riego Chancay Huaral (Valle Alto Chancay Huaral)" y "Propuesta de Asignación de Agua Superficial (Volúmenes Anuales y Mensuales) para la Formalización de Derechos de Uso de Agua del Valle Alto Chancay Huaral", por la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay Huaral, Comisiones de Regantes y Comunidades Campesinas;

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 246-2343
e-mail: atdr_chanhua@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 7

Resolución Administrativa N° 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.2)



Que, mediante Resolución Administrativa Nº 133-2006/GRAL/ATDR.CH.H, de fecha 29 de Diciembre la Administración Técnica del Distrito de Riego Chancay-Huaral aprobó el Estudio: "Conformación de Bloques de Riego del Distrito de Riego Chancay-Huaral (Valle Alto Chancay Huaral)", en el cual se han establecido cuarenta (40) bloques de asignación de agua de riego superficial, en adelante Bloques de Riego; así mismo el estudio denominado "Propuesta de Asignación de Agua Superficial en Bloques —Volúmenes Anuales y Mensuales— para la Formalización de Derechos de Uso de Agua del Valle Alto Chancay-Huaral, estableciendo las dotaciones volumétricas totales anuales y mensuales respectivamente;

Que, en el último estudio precitado se establece que la disponibilidad hídrica superficial total para las zonas medias y altas de la cuenca Chancay-Huaral, al 75% de persistencia, es de **32.3538** millones metros de cúbicos (MMC), de recursos hídricos superficiales no regulados;

Que, el referido estudio establece que la asignación hídrica para el Bloque de Riego denominado Canchapilca, con código PHUH-2706-0403-B54, perteneciente a la Subcuenca Carac, es de hasta **1.6670** millones de metros cúbicos (MMC) anuales de aguas superficiales, y de hasta 115.18 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Toma Alta Colcapampa, 406.36 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Toma Alta del Pueblo, 132.07 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Toma Baja Colcapampa, 679.99 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Toma Baja del Pueblo, provenientes del río Carac afluente del río Chancay-Huaral, con su respectiva desagregación mensual;

Que, la Administración Técnica del Distrito de Riego Chancay-Huaral ha identificado a los beneficiarios del otorgamiento de licencia de uso de agua con fines agrarios conforme a los requisitos establecidos en el Decreto Supremo Nº 041-2004-AG cuya relación de comuneros regantes se detalla en el anexo Nº01 de la presente Resolución, previa subsanación de las observaciones presentadas durante el procedimiento de formalización y publicación (exposición pública) de éstas;

Que, en consecuencia, el Bloque de Riego Canchapilca, está conformado por la Comunidad Campesina Canchapilca, la que se constituye como usuario;

Que, en cumplimiento de lo dispuesto en el Artículo 6º, inciso 6.5. del Decreto Supremo Nº 041-2004-AG, la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay-Huaral de acuerdo a sus atribuciones, mediante Oficio Nº 007-2007/JUDRCH, ha opinado sobre el proceso de formalización de derechos de uso de agua, a que se refiere la presente Resolución;

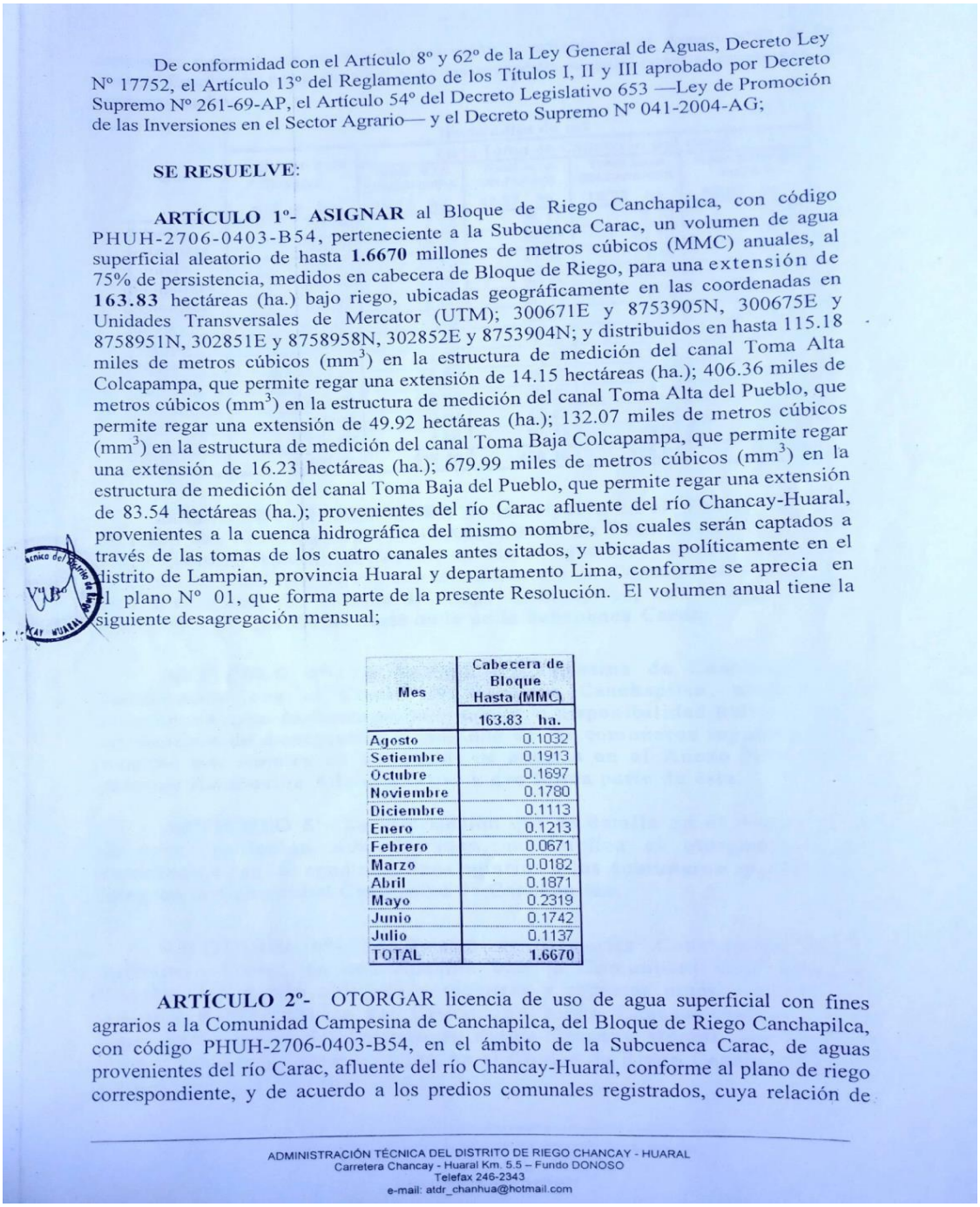
Que, en consecuencia. Conforme al Informe Técnico Nº155-2006/GRL-DRA.L/ATDR.CH.H/AT se determina que es procedente asignar la dotación hídrica al Bloque de Riego Canchapilca, con código PHUH-2706-0403-B54, al 75% de persistencia, del río Carac, afluente del río Chancay-Huaral, en la cabecera de bloque ubicado en la Subcuenca Carac, y otorgar las correspondientes licencias de uso de agua con fines agrarios, de acuerdo a la disponibilidad del recurso;

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 246-2343
e-mail: atdr_chanhua@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 8

Resolución Administrativa N° 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.3)



De conformidad con el Artículo 8º y 62º de la Ley General de Aguas, Decreto Ley Nº 17752, el Artículo 13º del Reglamento de los Títulos I, II y III aprobado por Decreto Supremo Nº 261-69-AP, el Artículo 54º del Decreto Legislativo 653 —Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario— y el Decreto Supremo Nº 041-2004-AG;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1º- ASIGNAR al Bloque de Riego Canchapilca, con código PHUH-2706-0403-B54, perteneciente a la Subcuenca Carac, un volumen de agua superficial aleatorio de hasta **1.6670** millones de metros cúbicos (MMC) anuales, al 75% de persistencia, medidos en cabecera de Bloque de Riego, para una extensión de **163.83** hectáreas (ha.) bajo riego, ubicadas geográficamente en las coordenadas en Unidades Transversales de Mercator (UTM); 300671E y 8753905N, 300675E y 8758951N, 302851E y 8758958N, 302852E y 8753904N; y distribuidos en hasta 115.18 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Toma Alta Colcapampa, que permite regar una extensión de 14.15 hectáreas (ha.); 406.36 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Toma Alta del Pueblo, que permite regar una extensión de 49.92 hectáreas (ha.); 132.07 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Toma Baja Colcapampa, que permite regar una extensión de 16.23 hectáreas (ha.); 679.99 miles de metros cúbicos (mm^3) en la estructura de medición del canal Toma Baja del Pueblo, que permite regar una extensión de 83.54 hectáreas (ha.); provenientes del río Carac afluente del río Chancay-Huaral, provenientes a la cuenca hidrográfica del mismo nombre, los cuales serán captados a través de las tomas de los cuatro canales antes citados, y ubicadas políticamente en el distrito de Lampian, provincia Huaral y departamento Lima, conforme se aprecia en el plano Nº 01, que forma parte de la presente Resolución. El volumen anual tiene la siguiente desagregación mensual;

Mes	Cabecera de Bloque Hasta (MMC)
	163.83 ha.
Agosto	0.1032
Setiembre	0.1913
Octubre	0.1697
Noviembre	0.1780
Diciembre	0.1113
Enero	0.1213
Febrero	0.0671
Marzo	0.0182
Abril	0.1871
Mayo	0.2319
Junio	0.1742
Julio	0.1137
TOTAL	1.6670

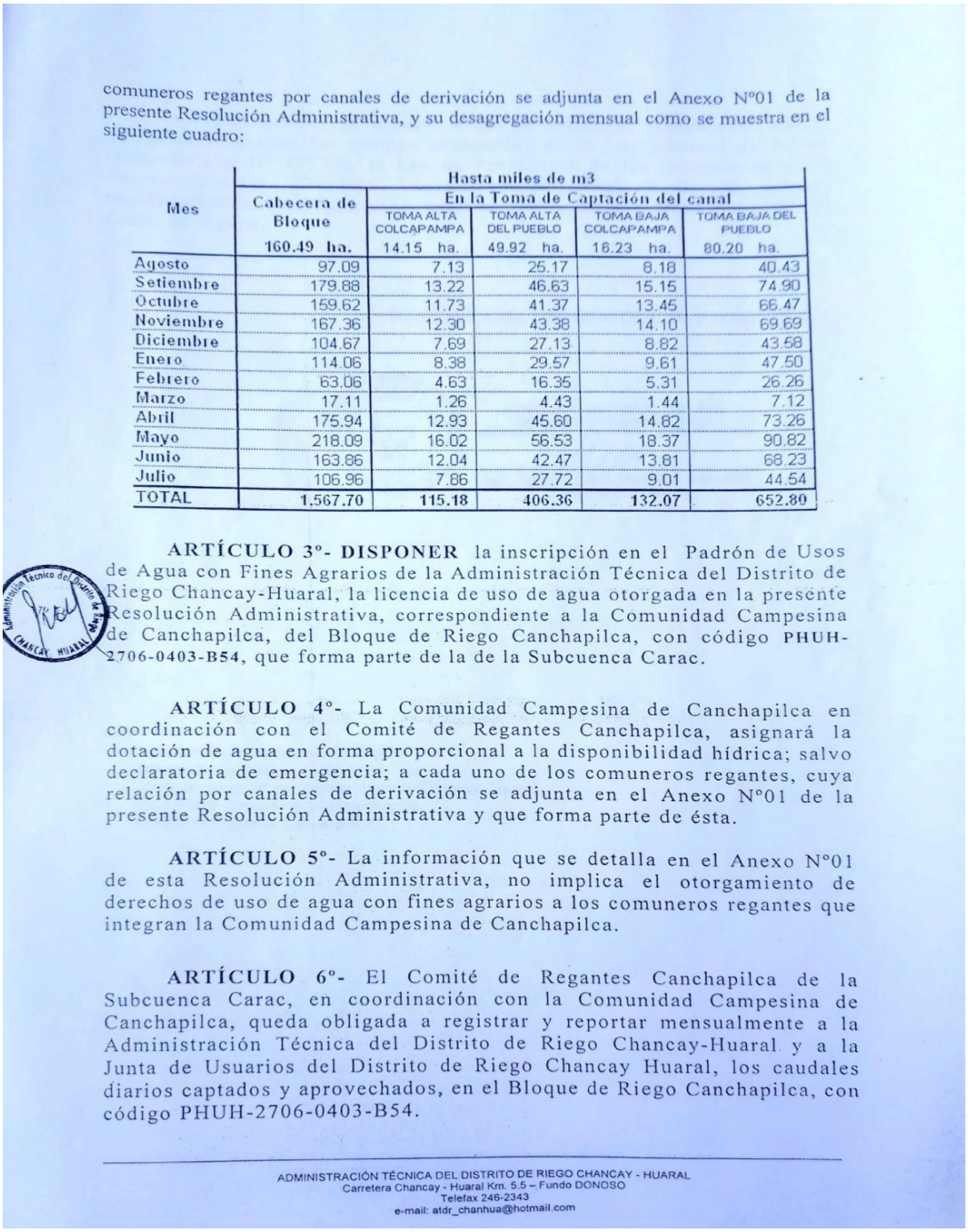
ARTÍCULO 2º- OTORGAR licencia de uso de agua superficial con fines agrarios a la Comunidad Campesina de Canchapilca, del Bloque de Riego Canchapilca, con código PHUH-2706-0403-B54, en el ámbito de la Subcuenca Carac, de aguas provenientes del río Carac, afluente del río Chancay-Huaral, conforme al plano de riego correspondiente, y de acuerdo a los predios comunales registrados, cuya relación de

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 246-2343
e-mail: atdr_chanhua@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 9

Resolución Administrativa N° 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.4)



comuneros regantes por canales de derivación se adjunta en el Anexo N°01 de la presente Resolución Administrativa, y su desagregación mensual como se muestra en el siguiente cuadro:

Mes	Hasta miles de m3				
	Cabecera de Bloque	En la Toma de Captación del canal			
		TOMA ALTA COLCAPAMPA	TOMA ALTA DEL PUEBLO	TOMA BAJA COLCAPAMPA	TOMA BAJA DEL PUEBLO
	160.49 ha.	14.15 ha.	49.92 ha.	16.23 ha.	80.20 ha.
Agosto	97.09	7.13	25.17	8.18	40.43
Setiembre	179.88	13.22	46.63	15.15	74.90
Octubre	159.62	11.73	41.37	13.45	66.47
Noviembre	167.36	12.30	43.38	14.10	69.69
Diciembre	104.67	7.69	27.13	8.82	43.58
Enero	114.06	8.38	29.57	9.61	47.50
Febrero	63.06	4.63	16.35	5.31	26.26
Marzo	17.11	1.26	4.43	1.44	7.12
Abril	175.94	12.93	45.60	14.82	73.26
Mayo	218.09	16.02	56.53	18.37	90.82
Junio	163.86	12.04	42.47	13.81	68.23
Julio	106.96	7.86	27.72	9.01	44.54
TOTAL	1,567.70	115.18	406.36	132.07	652.80

ARTÍCULO 3°- DISPONER la inscripción en el Padrón de Usos de Agua con Fines Agrarios de la Administración Técnica del Distrito de Riego Chancay-Huaral, la licencia de uso de agua otorgada en la presente Resolución Administrativa, correspondiente a la Comunidad Campesina de Canchapilca, del Bloque de Riego Canchapilca, con código **PHUH-2706-0403-B54**, que forma parte de la de la Subcuenca Carac.

ARTÍCULO 4°- La Comunidad Campesina de Canchapilca en coordinación con el Comité de Regantes Canchapilca, asignará la dotación de agua en forma proporcional a la disponibilidad hídrica; salvo declaratoria de emergencia; a cada uno de los comuneros regantes, cuya relación por canales de derivación se adjunta en el Anexo N°01 de la presente Resolución Administrativa y que forma parte de ésta.

ARTÍCULO 5°- La información que se detalla en el Anexo N°01 de esta Resolución Administrativa, no implica el otorgamiento de derechos de uso de agua con fines agrarios a los comuneros regantes que integran la Comunidad Campesina de Canchapilca.

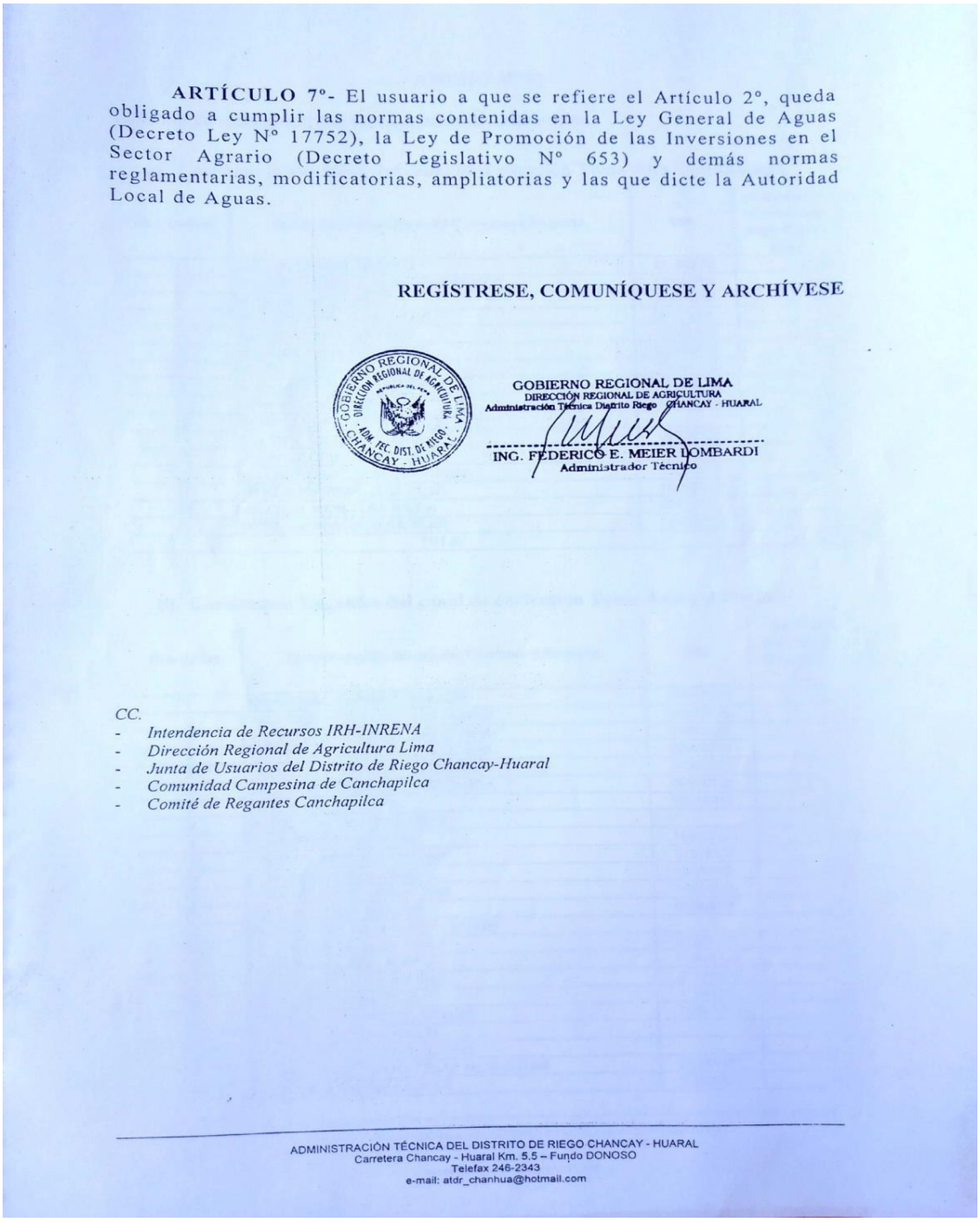
ARTÍCULO 6°- El Comité de Regantes Canchapilca de la Subcuenca Carac, en coordinación con la Comunidad Campesina de Canchapilca, queda obligada a registrar y reportar mensualmente a la Administración Técnica del Distrito de Riego Chancay-Huaral y a la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay Huaral, los caudales diarios captados y aprovechados, en el Bloque de Riego Canchapilca, con código PHUH-2706-0403-B54.

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 246-2343
e-mail: atdr_chanhua@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 10

Resolución Administrativa N° 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.5)



ARTÍCULO 7°- El usuario a que se refiere el Artículo 2°, queda obligado a cumplir las normas contenidas en la Ley General de Aguas (Decreto Ley N° 17752), la Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario (Decreto Legislativo N° 653) y demás normas reglamentarias, modificatorias, ampliatorias y las que dicte la Autoridad Local de Aguas.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE

GOBIERNO REGIONAL DE LIMA
DIRECCIÓN REGIONAL DE AGRICULTURA
Administración Técnica Distrito Riego CHANCAY - HUARAL

ING. FEDERICO E. MEIER LOMBARDI
Administrador Técnico

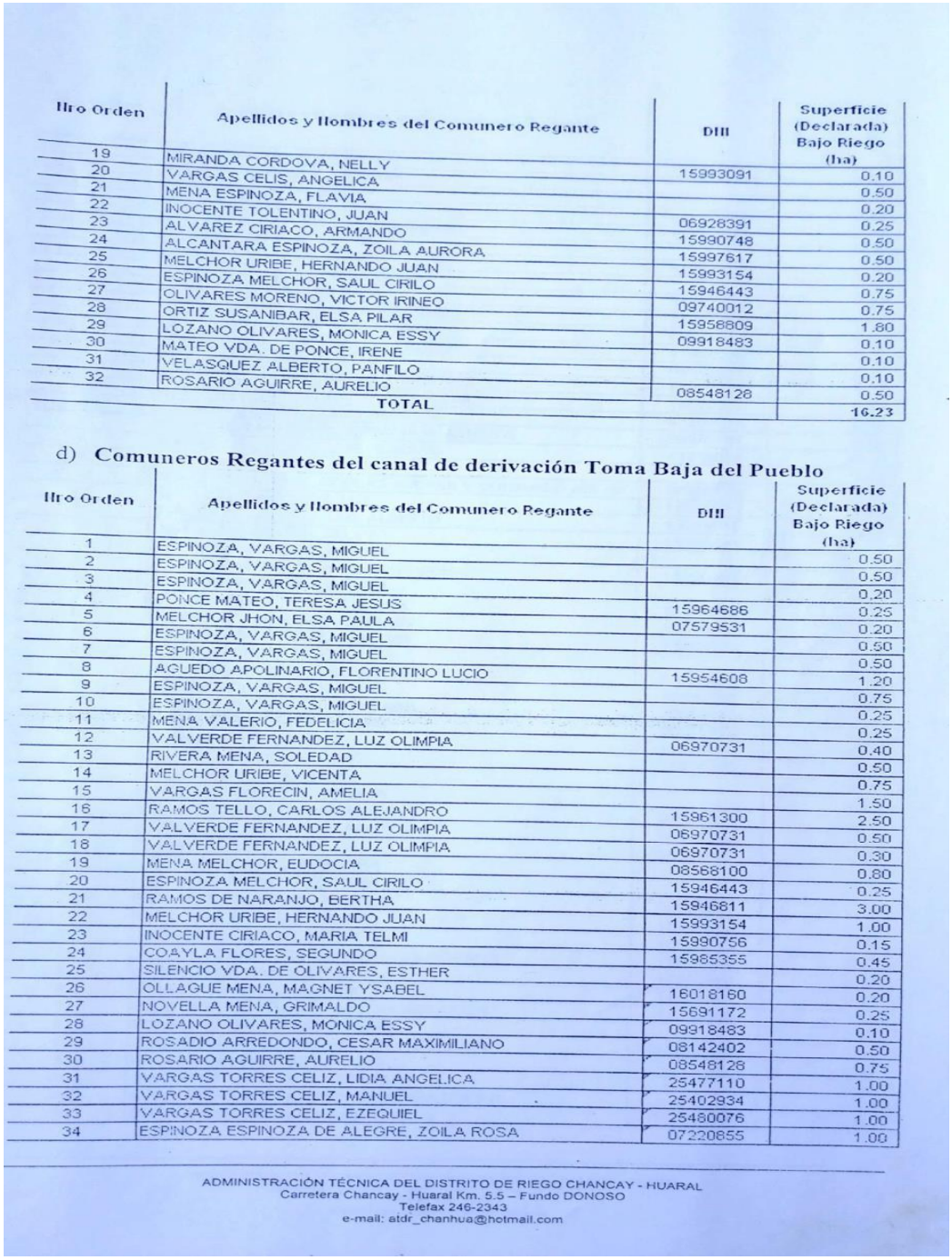
CC.
- *Intendencia de Recursos IRH-INRENA*
- *Dirección Regional de Agricultura Lima*
- *Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay-Huaral*
- *Comunidad Campesina de Canchapilca*
- *Comité de Regantes Canchapilca*

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 246-2343
e-mail: atdr_chanhua@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 11

Resolución Administrativa N° 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.6)



Ilro Orden	Apellidos y Hombres del Comunero Regante	DIII	Superficie (Declarada) Bajo Riego (ha)
19	MIRANDA CORDOVA, NELLY	15993091	0.10
20	VARGAS CELIS, ANGELICA		0.50
21	MENA ESPINOZA, FLAVIA		0.20
22	INOCENTE TOLENTINO, JUAN	06928391	0.25
23	ALVAREZ CIRIACO, ARMANDO	15990748	0.50
24	ALCANTARA ESPINOZA, ZOILA AURORA	15997617	0.50
25	MELCHOR URIBE, HERNANDO JUAN	15993154	0.20
26	ESPINOZA MELCHOR, SAUL CIRILO	15946443	0.75
27	OLIVARES MORENO, VICTOR IRINEO	09740012	0.75
28	ORTIZ SUSANIBAR, ELSA PILAR	15956809	1.80
29	LOZANO OLIVARES, MONICA ESSY	09918483	0.10
30	MATEO VDA. DE PONCE, IRENE		0.10
31	VELASQUEZ ALBERTO, PANFILO		0.10
32	ROSARIO AGUIRRE, AURELIO	08548128	0.50
	TOTAL		16.23

d) Comuneros Regantes del canal de derivación Toma Baja del Pueblo

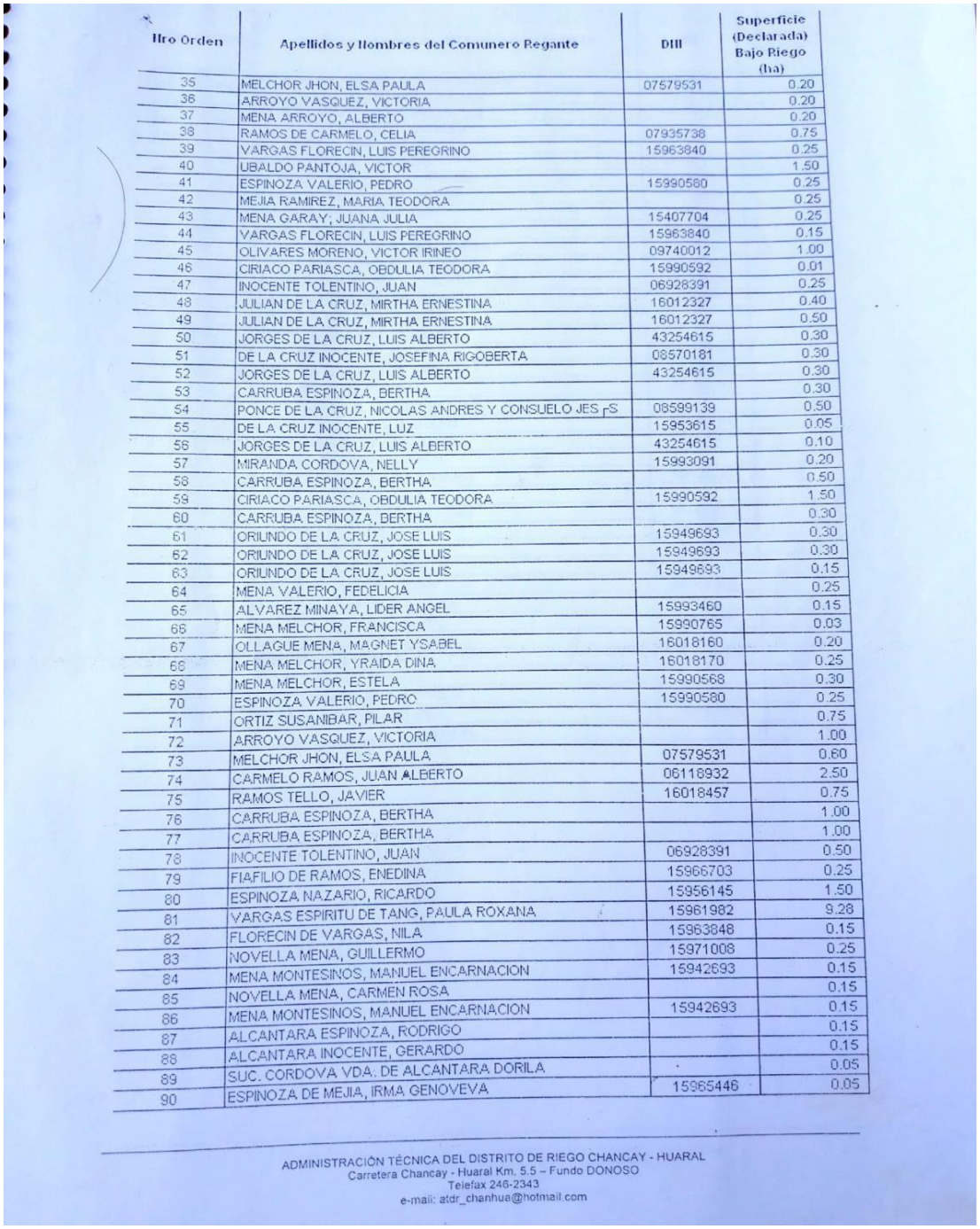
Ilro Orden	Apellidos y Hombres del Comunero Regante	DIII	Superficie (Declarada) Bajo Riego (ha)
1	ESPINOZA, VARGAS, MIGUEL		0.50
2	ESPINOZA, VARGAS, MIGUEL		0.50
3	ESPINOZA, VARGAS, MIGUEL		0.20
4	PONCE MATEO, TERESA JESUS	15964686	0.25
5	MELCHOR JHON, ELSA PAULA	07579531	0.20
6	ESPINOZA, VARGAS, MIGUEL		0.50
7	ESPINOZA, VARGAS, MIGUEL		0.50
8	AGUEDO APOLINARIO, FLORENTINO LUCIO	15954608	1.20
9	ESPINOZA, VARGAS, MIGUEL		0.75
10	ESPINOZA, VARGAS, MIGUEL		0.25
11	MENA VALERIO, FEDELICIA		0.25
12	VALVERDE FERNANDEZ, LUZ OLIMPIA	06970731	0.40
13	RIVERA MENA, SOLEDAD		0.50
14	MELCHOR URIBE, VICENTA		0.75
15	VARGAS FLORECIN, AMELIA		1.50
16	RAMOS TELLO, CARLOS ALEJANDRO	15961300	2.50
17	VALVERDE FERNANDEZ, LUZ OLIMPIA	06970731	0.50
18	VALVERDE FERNANDEZ, LUZ OLIMPIA	06970731	0.30
19	MENA MELCHOR, EUDOCIA	08568100	0.80
20	ESPINOZA MELCHOR, SAUL CIRILO	15946443	0.25
21	RAMOS DE NARANJO, BERTHA	15946811	3.00
22	MELCHOR URIBE, HERNANDO JUAN	15993154	1.00
23	INOCENTE CIRIACO, MARIA TELMI	15990756	0.15
24	COAYLA FLORES, SEGUNDO	15985355	0.45
25	SILENCIO VDA. DE OLIVARES, ESTHER		0.20
26	OLLAGUE MENA, MAGNET YSABEL	16018160	0.20
27	NOVELLA MENA, GRIMALDO	15691172	0.25
28	LOZANO OLIVARES, MONICA ESSY	09918483	0.10
29	ROSADIO ARREDONDO, CESAR MAXIMILIANO	08142402	0.50
30	ROSARIO AGUIRRE, AURELIO	08548128	0.75
31	VARGAS TORRES CELIZ, LIDIA ANGELICA	25477110	1.00
32	VARGAS TORRES CELIZ, MANUEL	25402934	1.00
33	VARGAS TORRES CELIZ, EZEQUIEL	25480076	1.00
34	ESPINOZA ESPINOZA DE ALEGRE, ZOILA ROSA	07220855	1.00

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 246-2343
e-mail: atdr_chanhua@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 12

Resolución Administrativa N° 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.7)



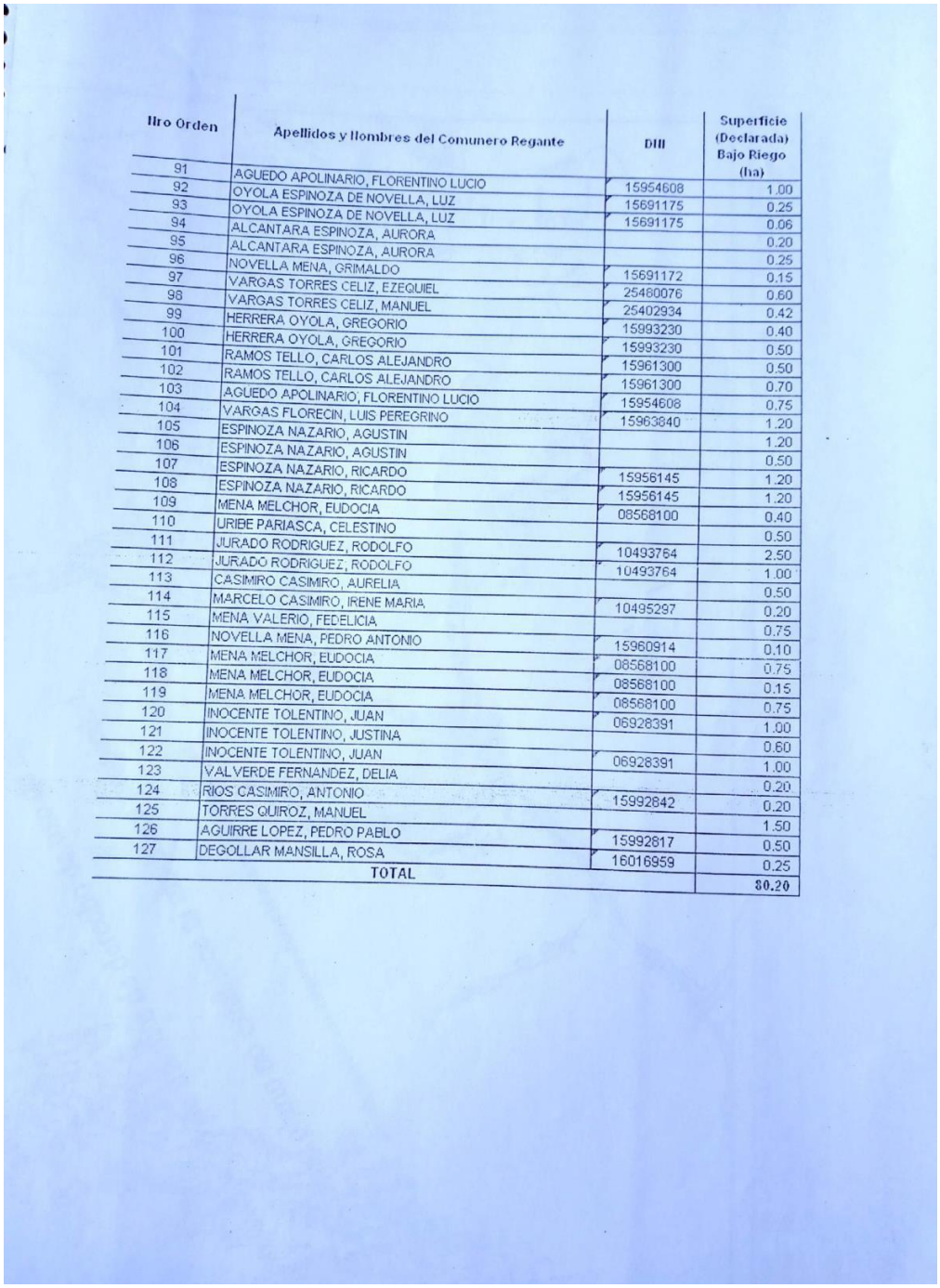
Nro Orden	Apellidos y Nombres del Comunero Regante	DNI	Superficie (Declarada) Bajo Riego (ha)
35	MELCHOR JHON, ELSA PAULA	07579531	0.20
36	ARROYO VASQUEZ, VICTORIA		0.20
37	MENA ARROYO, ALBERTO		0.20
38	RAMOS DE CARMELO, CELIA	07935738	0.75
39	VARGAS FLORECIN, LUIS PEREGRINO	15963840	0.25
40	UBALDO PANTOJA, VICTOR		1.50
41	ESPINOZA VALERIO, PEDRO	15990580	0.25
42	MEJIA RAMIREZ, MARIA TEODORA		0.25
43	MENA GARAY; JUANA JULIA	15407704	0.25
44	VARGAS FLORECIN, LUIS PEREGRINO	15963840	0.15
45	OLIVARES MORENO, VICTOR IRINEO	09740012	1.00
46	CIRIACO PARIASCA, OBDULIA TEODORA	15990592	0.01
47	INOCENTE TOLENTINO, JUAN	06928391	0.25
48	JULIAN DE LA CRUZ, MIRTHA ERNESTINA	16012327	0.40
49	JULIAN DE LA CRUZ, MIRTHA ERNESTINA	16012327	0.50
50	JORGES DE LA CRUZ, LUIS ALBERTO	43254615	0.30
51	DE LA CRUZ INOCENTE, JOSEFINA RIGOBERTA	08570181	0.30
52	JORGES DE LA CRUZ, LUIS ALBERTO	43254615	0.30
53	CARRUBA ESPINOZA, BERTHA		0.30
54	PONCE DE LA CRUZ, NICOLAS ANDRES Y CONSUELO JES S	08599139	0.50
55	DE LA CRUZ INOCENTE, LUZ	15953615	0.05
56	JORGES DE LA CRUZ, LUIS ALBERTO	43254615	0.10
57	MIRANDA CORDOVA, NELLY	15993091	0.20
58	CARRUBA ESPINOZA, BERTHA		0.50
59	CIRIACO PARIASCA, OBDULIA TEODORA	15990592	1.50
60	CARRUBA ESPINOZA, BERTHA		0.30
61	ORIUNDO DE LA CRUZ, JOSE LUIS	15949693	0.30
62	ORIUNDO DE LA CRUZ, JOSE LUIS	15949693	0.30
63	ORIUNDO DE LA CRUZ, JOSE LUIS	15949693	0.15
64	MENA VALERIO, FEDELICIA		0.25
65	ALVAREZ MINAYA, LIDER ANGEL	15993460	0.15
66	MENA MELCHOR, FRANCISCA	15990765	0.03
67	OLLAGUE MENA, MAGNET YSABEL	16018160	0.20
68	MENA MELCHOR, YRAIDA DINA	16018170	0.25
69	MENA MELCHOR, ESTELA	15990568	0.30
70	ESPINOZA VALERIO, PEDRO	15990580	0.25
71	ORTIZ SUSANIBAR, PILAR		0.75
72	ARROYO VASQUEZ, VICTORIA		1.00
73	MELCHOR JHON, ELSA PAULA	07579531	0.60
74	CARMELO RAMOS, JUAN ALBERTO	06118932	2.50
75	RAMOS TELLO, JAVIER	16018457	0.75
76	CARRUBA ESPINOZA, BERTHA		1.00
77	CARRUBA ESPINOZA, BERTHA		1.00
78	INOCENTE TOLENTINO, JUAN	06928391	0.50
79	FIAFILIO DE RAMOS, ENEDINA	15966703	0.25
80	ESPINOZA NAZARIO, RICARDO	15956145	1.50
81	VARGAS ESPIRITU DE TANG, PAULA ROXANA	15961982	9.28
82	FLORECIN DE VARGAS, NILA	15963848	0.15
83	NOVELLA MENA, GUILLERMO	15971008	0.25
84	MENA MONTESINOS, MANUEL ENCARNACION	15942693	0.15
85	NOVELLA MENA, CARMEN ROSA		0.15
86	MENA MONTESINOS, MANUEL ENCARNACION	15942693	0.15
87	ALCANTARA ESPINOZA, RODRIGO		0.15
88	ALCANTARA INOCENTE, GERARDO		0.15
89	SUC. CORDOVA VDA. DE ALCANTARA DORILA		0.05
90	ESPINOZA DE MEJIA, IRMA GENOVEVA	15965446	0.05

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHANCAY - HUARAL
Carretera Chancay - Huaral Km. 5.5 – Fundo DONOSO
Telefax 246-2343
e-mail: atdr_chanhua@hotmail.com

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

Figura A 13

Resolución Administrativa N° 002-2007/GRL-DRAL/ATDR.CH.H (pp.8)



Nro Orden	Apellidos y Nombres del Comunero Regante	DNI	Superficie (Declarada) Bajo Riego (ha)
91	AGUEDO APOLINARIO, FLORENTINO LUCIO	15954608	1.00
92	OYOLA ESPINOZA DE NOVELLA, LUZ	15691175	0.25
93	OYOLA ESPINOZA DE NOVELLA, LUZ	15691175	0.06
94	ALCANTARA ESPINOZA, AURORA		0.20
95	ALCANTARA ESPINOZA, AURORA		0.25
96	NOVELLA MENA, GRIMALDO	15691172	0.15
97	VARGAS TORRES CELIZ, EZEQUIEL	25480076	0.60
98	VARGAS TORRES CELIZ, MANUEL	25402934	0.42
99	HERRERA OYOLA, GREGORIO	15993230	0.40
100	HERRERA OYOLA, GREGORIO	15993230	0.50
101	RAMOS TELLO, CARLOS ALEJANDRO	15961300	0.50
102	RAMOS TELLO, CARLOS ALEJANDRO	15961300	0.70
103	AGUEDO APOLINARIO, FLORENTINO LUCIO	15954608	0.75
104	VARGAS FLORECIN, LUIS PEREGRINO	15963840	1.20
105	ESPINOZA NAZARIO, AGUSTIN		1.20
106	ESPINOZA NAZARIO, AGUSTIN		0.50
107	ESPINOZA NAZARIO, RICARDO	15956145	1.20
108	ESPINOZA NAZARIO, RICARDO	15956145	1.20
109	MENA MELCHOR, EUDOCIA	08568100	0.40
110	URIBE PARIASCA, CELESTINO		0.50
111	JURADO RODRIGUEZ, RODOLFO	10493764	2.50
112	JURADO RODRIGUEZ, RODOLFO	10493764	1.00
113	CASIMIRO CASIMIRO, AURELIA		0.50
114	MARCELO CASIMIRO, IRENE MARIA	10495297	0.20
115	MENA VALERIO, FEDELICIA		0.75
116	NOVELLA MENA, PEDRO ANTONIO	15960914	0.10
117	MENA MELCHOR, EUDOCIA	08568100	0.75
118	MENA MELCHOR, EUDOCIA	08568100	0.15
119	MENA MELCHOR, EUDOCIA	08568100	0.75
120	INOCENTE TOLENTINO, JUAN	06928391	1.00
121	INOCENTE TOLENTINO, JUSTINA		0.60
122	INOCENTE TOLENTINO, JUAN	06928391	1.00
123	VALVERDE FERNANDEZ, DELIA		0.20
124	RIOS CASIMIRO, ANTONIO	15992842	0.20
125	TORRES QUIROZ, MANUEL		1.50
126	AGUIRRE LOPEZ, PEDRO PABLO	15992817	0.50
127	DEGOLLAR MANSILLA, ROSA	16016959	0.25
	TOTAL		30.20

Nota: Extraído de las reuniones con las Comunidades Campesinas de Rumoj y Canchapilca Baja (comunicación personal, 29 de agosto de 2023).

8.2. Anexo B: Información de la topografía

Figura B 1

Ficha técnica de la estación total AGATEC MTS 650.



Nota: Extraído de https://agatec.co.uk/ (s.f.).

Tabla B 1

Resumen de medición topográfica en el sector Canchapilca Baja (Parte 1)

Punto	Coordenadas (WGS84)		Cota	Descripción
	Este	Norte	(m.s.n.m)	
1	302717.121	8758264.439	1963.138	EST-A
2	302728.609	8758253.062	1962.441	EST-B
3	302728.609	8758253.062	1962.441	EST-B (1)
4	302707.726	8758208.280	1958.799	EST-C
5	302701.107	8758139.239	1951.446	3
6	302702.617	8758151.817	1951.699	4
7	302698.867	8758163.853	1953.171	5
8	302700.351	8758169.962	1954.175	6
9	302707.140	8758179.573	1954.559	7
10	302715.366	8758189.424	1955.026	8
11	302712.239	8758190.174	1954.659	9
12	302721.112	8758209.197	1958.428	10
13	302717.659	8758235.438	1959.669	11
14	302715.753	8758208.745	1956.540	12
15	302727.072	8758228.035	1959.764	13
16	302713.474	8758230.275	1959.289	14
17	302711.746	8758231.091	1958.727	15
18	302714.880	8758240.995	1960.111	16
19	302717.618	8758246.706	1959.861	17
20	302726.884	8758245.544	1961.869	18
21	302730.985	8758244.058	1961.673	19
22	302725.639	8758255.248	1961.612	20
23	302730.517	8758258.070	1961.819	21
24	302730.962	8758253.571	1963.324	22
25	302736.531	8758248.395	1964.299	BM-2
26	302736.518	8758248.377	1964.299	BM-2
27	302736.525	8758248.393	1964.299	BM-2
28	302734.401	8758263.965	1962.386	26
29	302737.529	8758261.739	1965.815	27
30	302740.808	8758273.842	1963.941	28
31	302743.269	8758271.215	1964.587	29
32	302743.805	8758270.055	1966.128	30
33	302748.467	8758280.731	1964.644	31
34	302748.028	8758278.828	1966.643	32
35	302758.351	8758293.723	1967.782	33
36	302760.944	8758297.697	1967.810	34
37	302768.325	8758301.034	1968.205	RELL
38	302758.125	8758313.791	1970.725	RELL
39	302764.725	8758321.042	1973.265	RELL
40	302775.625	8758326.510	1977.955	RELL
41	302784.872	8758315.863	1977.865	RELL
42	302777.600	8758307.549	1970.349	35
43	302719.490	8758268.363	1963.524	36
44	302722.432	8758271.248	1963.296	37
45	302723.998	8758274.486	1963.644	38
46	302719.123	8758268.260	1964.127	39
47	302723.632	8758269.428	1963.384	40
48	302736.836	8758280.940	1964.392	41
49	302752.838	8758295.999	1967.274	42
50	302754.731	8758298.149	1967.726	43
51	302756.336	8758297.721	1967.606	44

Nota: Elaboración propia.

Tabla B 2

Resumen de medición topográfica en el sector Canchapilca Baja (Parte 2)

Punto	Coordenadas (WGS84)		Cota	Descripción
	Este	Norte	(m.s.n.m)	
52	302734.421	8758280.775	1964.761	45
53	302741.464	8758303.802	1974.611	46
54	302783.743	8758337.773	1984.150	47
55	302792.325	8758322.476	1981.905	47 RELL
56	302717.310	8758267.258	1966.013	48
57	302748.471	8758279.903	1966.319	49
58	302745.228	8758274.934	1965.922	50
59	302740.680	8758268.373	1964.033	51
60	302743.445	8758267.423	1966.391	52
61	302733.359	8758263.138	1962.493	53
62	302736.660	8758261.769	1965.560	54
63	302730.154	8758258.110	1961.791	55
64	302732.780	8758255.715	1964.092	56
65	302723.583	8758255.337	1961.437	57
66	302727.826	8758250.054	1962.253	58
67	302723.078	8758250.932	1961.204	59
68	302727.711	8758249.643	1962.326	60
69	302720.667	8758251.663	1961.168	61
70	302727.181	8758234.801	1960.818	62
71	302718.586	8758246.991	1960.579	63
72	302720.469	8758244.077	1961.355	64
73	302714.267	8758235.180	1959.982	65
74	302709.822	8758222.911	1958.638	66
75	302703.841	8758139.755	1952.193	67
76	302718.925	8758141.644	1964.180	68
77	302735.282	8758151.108	1969.191	69
78	302749.427	8758177.538	1975.326	70
79	302776.738	8758206.401	1979.446	71
80	302781.721	8758218.656	1984.996	72
81	302797.788	8758247.272	1989.229	73
82	302711.275	8758266.654	1966.138	74
83	302713.419	8758265.743	1963.495	BM-1
84	302713.423	8758265.732	1963.495	BM-1
85	302718.040	8758264.180	1962.955	77
86	302718.040	8758264.180	1962.955	78
87	302718.040	8758264.180	1962.955	79
88	302722.503	8758270.262	1962.783	80
89	302719.351	8758267.558	1962.807	81
90	302713.174	8758260.449	1962.594	0+000 - CANAL EN TIERRA
91	302707.045	8758251.031	1962.073	0+010 - CANAL EN TIERRA
92	302702.935	8758242.312	1962.211	0+020 (84) CANAL EN TIERRA
93	302703.016	8758242.282	1962.212	0+020 (85) CANAL EN TIERRA
94	302761.224	8758264.567	1969.865	RELL
95	302755.816	8758246.094	1967.755	RELL
96	302752.841	8758223.394	1968.205	RELL
97	302738.821	8758219.212	1962.925	RELL
98	302728.609	8758253.062	1962.448	EST-B

Nota: Elaboración propia.

Tabla B 3

Resumen de medición topográfica en el sector Canchapilca Baja (Parte 3)

Punto	Coordenadas (WGS84)		Cota	Descripción
	Este	Norte	(m.s.n.m)	
99	302717.122	8758264.440	1963.128	EST-A
100	302707.729	8758208.282	1958.792	EST-C
101	302721.040	8758271.295	1963.465	89
102	302721.113	8758270.314	1964.914	90
103	302708.955	8758271.610	1968.476	91
104	302700.749	8758283.077	1972.850	92
105	302724.700	8758271.422	1963.656	93
106	302728.439	8758275.129	1964.151	94
107	302724.729	8758289.485	1967.572	95
108	302721.136	8758291.356	1969.874	96
109	302726.664	8758293.239	1969.452	97
110	302726.080	8758295.815	1971.300	98
111	302730.905	8758294.234	1969.434	99
112	302731.172	8758281.812	1965.380	100
113	302735.353	8758277.476	1964.258	101
114	302737.734	8758285.514	1966.213	102
115	302738.096	8758285.790	1966.740	103
116	302742.794	8758287.212	1965.284	104
117	302752.514	8758323.674	1978.867	105
118	302739.442	8758282.252	1964.525	106
119	302748.645	8758295.215	1966.739	107
120	302756.381	8758304.516	1968.523	108
121	302767.926	8758316.805	1971.517	109
122	302756.598	8758297.779	1969.043	110
123	302721.013	8758270.780	1965.475	111
124	302719.896	8758261.246	1962.186	112
125	302722.117	8758259.621	1961.610	113
126	302715.933	8758256.075	1961.082	114
127	302713.914	8758251.950	1960.882	115
128	302712.053	8758249.579	1960.755	116
129	302716.676	8758248.157	1961.639	117
130	302709.637	8758244.190	1960.512	118
131	302708.571	8758241.566	1960.371	119
132	302705.846	8758235.557	1960.384	120
133	302708.470	8758231.834	1959.827	121
134	302706.325	8758234.129	1960.287	122
135	302724.889	8758249.918	1961.461	123
136	302726.410	8758261.522	1961.763	124

Nota: Elaboración propia.

Tabla B 4

Resumen de medición topográfica en el sector Rumoj (Parte 1)

Punto	Coordenadas (WGS84)		Cota	Descripción
	Este	Norte	(m.s.n.m)	
1	298794.867	8755785.789	2110.168	EST-A
2	298750.317	8755796.043	2112.384	EST-B
3	298814.690	8755719.999	2098.240	EST-C
4	298793.775	8755781.279	2109.778	1
5	298769.413	8755781.962	2105.401	5
6	298785.556	8755781.400	2108.092	6
7	298766.205	8755815.568	2109.160	7
8	298764.301	8755815.406	2108.752	8
9	298761.834	8755814.250	2108.711	9
10	298759.791	8755813.205	2109.049	10
11	298758.709	8755812.942	2109.416	11
12	298750.638	8755810.305	2110.144	12
13	298749.294	8755809.772	2111.333	13
14	298750.079	8755799.073	2112.116	14
15	298754.010	8755799.640	2108.747	15
16	298759.576	8755801.806	2108.462	16
17	298762.266	8755801.569	2107.477	17
18	298763.943	8755802.077	2107.308	18
19	298766.409	8755802.223	2107.332	19
20	298769.320	8755803.749	2108.023	20
21	298769.681	8755803.991	2108.327	21
22	298771.474	8755797.504	2108.395	22
23	298770.690	8755797.111	2106.938	23
24	298767.568	8755795.417	2107.082	24
25	298764.210	8755793.962	2107.131	25
26	298758.836	8755792.212	2108.791	26
27	298753.858	8755790.734	2108.283	27
28	298753.216	8755790.207	2110.167	28
29	298755.614	8755784.406	2107.856	29
30	298764.205	8755787.789	2107.598	30
31	298766.937	8755789.127	2106.558	31
32	298771.313	8755790.753	2105.954	32
33	298774.736	8755793.745	2106.583	33
34	298775.113	8755794.513	2108.106	34
35	298775.713	8755795.387	2108.181	35
36	298798.284	8755791.157	2111.356	36
37	298786.502	8755785.311	2108.280	37
38	298779.624	8755784.612	2107.218	38
39	298778.708	8755784.611	2106.400	39
40	298775.646	8755784.413	2105.675	40
41	298773.461	8755783.300	2105.339	41
42	298768.227	8755783.413	2105.975	42
43	298765.040	8755783.588	2107.477	43
44	298761.007	8755775.777	2109.973	44
45	298767.190	8755776.341	2106.123	45
46	298772.037	8755773.970	2104.037	46
47	298774.726	8755774.570	2103.715	47
48	298777.646	8755775.241	2104.113	48
49	298784.449	8755775.062	2106.014	49
50	298783.657	8755769.824	2104.616	50
51	298779.229	8755767.915	2103.413	51

Nota: Elaboración propia.

Tabla B 5

Resumen de medición topográfica en el sector Rumoj (Parte 2)

Punto	Coordenadas (WGS84)		Cota	Descripción
	Este	Norte	(m.s.n.m)	
52	298776.245	8755766.347	2103.363	52
53	298774.570	8755765.713	2103.590	53
54	298772.945	8755765.010	2104.477	54
55	298768.695	8755762.746	2104.520	55
56	298766.356	8755762.217	2105.799	56
57	298772.364	8755752.264	2104.570	58
58	298774.963	8755753.799	2103.824	59
59	298777.239	8755754.560	2102.660	60
60	298778.931	8755755.291	2102.218	61
61	298780.731	8755755.979	2102.581	62
62	298782.932	8755758.768	2103.498	63
63	298788.280	8755763.157	2103.400	64
64	298796.970	8755753.144	2102.024	65
65	298791.825	8755750.941	2101.812	66
66	298790.571	8755749.599	2101.492	67
67	298788.701	8755745.416	2100.989	68
68	298787.002	8755743.898	2101.102	69
69	298786.200	8755742.331	2102.307	70
70	298781.083	8755753.374	2102.524	71
71	298781.372	8755751.430	2102.310	72
72	298780.323	8755750.134	2102.343	73
73	298781.141	8755748.222	2102.368	74
74	298787.657	8755741.030	2102.308	75
75	298787.758	8755741.360	2102.866	76
76	298789.550	8755741.298	2102.863	77
77	298789.247	8755738.227	2102.862	78
78	298787.684	8755738.267	2102.858	79
79	298790.906	8755740.523	2100.865	80
80	298794.075	8755735.559	2101.281	81
81	298795.307	8755738.799	2101.195	82
82	298795.996	8755740.519	2100.049	83
83	298798.222	8755742.737	2099.571	84
84	298800.131	8755744.982	2099.753	85
85	298800.685	8755747.266	2101.241	86
86	298803.427	8755750.222	2101.361	87
87	298815.274	8755741.966	2099.887	88
88	298815.247	8755740.523	2098.804	89
89	298811.814	8755736.533	2098.186	90
90	298811.353	8755734.809	2098.423	91
91	298809.584	8755732.774	2099.524	92
92	298805.574	8755729.252	2099.641	93
93	298817.772	8755724.964	2099.125	94
94	298817.371	8755728.782	2097.517	95
95	298818.804	8755729.465	2097.298	96
96	298817.860	8755733.506	2097.914	97
97	298819.648	8755736.694	2098.686	98
98	298831.728	8755726.382	2098.131	99
99	298827.754	8755723.896	2096.608	100
100	298829.157	8755721.403	2096.225	101
101	298826.752	8755718.831	2097.641	102
102	298832.013	8755705.716	2096.273	103

Nota: Elaboración propia.

Tabla B 6

Resumen de medición topográfica en el sector Rumoj (Parte 3)

Punto	Coordenadas (WGS84)		Cota	Descripción
	Este	Norte	(m.s.n.m)	
103	298836.536	8755708.317	2095.136	104
104	298838.044	8755707.348	2095.395	105
105	298839.116	8755704.580	2095.426	106
106	298844.665	8755690.662	2094.612	107
107	298845.957	8755691.342	2094.102	108
108	298847.194	8755692.012	2093.804	109
109	298847.966	8755693.212	2094.009	110
110	298848.234	8755694.108	2094.616	111
111	298851.398	8755697.094	2094.402	112
112	298874.297	8755676.429	2091.922	113
113	298874.295	8755676.426	2091.922	114
114	298871.457	8755675.778	2091.954	115
115	298868.170	8755673.062	2090.401	116
116	298865.832	8755671.323	2090.933	117
117	298862.244	8755669.829	2091.764	118
118	298854.979	8755667.361	2092.255	119
119	298839.161	8755655.269	2093.236	120
120	298825.476	8755651.930	2092.713	121
121	298819.872	8755657.874	2092.954	122
122	298812.470	8755660.599	2093.271	123
123	298801.643	8755664.741	2095.344	124
124	298794.951	8755662.641	2095.632	125
125	298801.162	8755683.726	2095.750	126
126	298808.852	8755680.988	2095.255	127
127	298784.983	8755719.557	2100.848	130
128	298780.351	8755687.584	2098.808	131
129	298772.715	8755706.975	2100.447	132
130	298762.174	8755704.965	2101.200	133
131	298759.652	8755717.066	2101.535	134
132	298754.038	8755720.107	2102.816	135
133	298746.921	8755741.538	2104.706	136
134	298741.349	8755755.139	2107.704	137
135	298737.640	8755763.873	2111.447	138
136	298723.110	8755770.085	2108.621	139
137	298717.122	8755783.852	2108.326	140
138	298714.153	8755798.689	2108.081	141
139	298705.314	8755817.486	2114.225	142
140	298703.534	8755847.631	2115.022	143
141	298716.123	8755843.099	2113.396	144
142	298743.498	8755857.161	2113.898	145
143	298766.055	8755832.018	2111.864	146
144	298782.322	8755828.763	2113.053	147
145	298791.572	8755817.398	2112.510	148
146	298758.011	8755790.758	2108.701	149
147	298758.005	8755790.758	2108.701	150
148	298760.927	8755763.146	2106.387	BM-1
149	298760.932	8755763.128	2106.388	BM-1
150	298760.944	8755763.135	2106.387	BM-1
151	298794.473	8755759.227	2103.422	BM-2
152	298794.472	8755759.246	2103.427	BM-2
153	298794.473	8755759.229	2103.422	BM-2

Nota: Elaboración propia.

Tabla B 7

Resumen de medición topográfica en el sector Rumoj (Parte 4)

Punto	Coordenadas (WGS84)		Cota	Descripción
	Este	Norte	(m.s.n.m)	
154	298792.245	8755761.635	2103.714	160
155	298804.215	8755772.578	2105.049	161
156	298825.223	8755753.310	2102.049	162
157	298815.159	8755744.459	2101.147	163
158	298840.510	8755721.057	2098.947	164
159	298849.418	8755723.069	2099.336	165
160	298852.300	8755720.077	2097.995	166
161	298844.693	8755714.400	2096.692	167
162	298861.524	8755694.170	2093.506	168
163	298868.038	8755692.352	2093.379	169
164	298871.193	8755691.816	2095.530	170
165	298875.283	8755693.762	2096.237	171
166	298883.825	8755676.090	2094.450	172
167	298877.425	8755672.302	2092.438	173
168	298890.215	8755667.544	2097.151	174
169	298797.368	8755777.456	2108.924	175
170	298867.808	8755708.113	2099.503	176
171	298861.347	8755715.265	2100.104	177
172	298845.911	8755733.793	2102.273	178
173	298805.940	8755779.839	2110.194	179
174	298797.395	8755809.073	2113.897	180
175	298784.718	8755833.318	2117.813	181
176	298785.768	8755760.432	2103.717	182
177	298785.227	8755759.396	2103.532	183
178	298781.536	8755756.469	2102.526	184
179	298781.532	8755756.439	2102.539	185
180	298776.008	8755758.787	2102.987	186
181	298787.397	8755742.891	2101.590	187
182	298788.567	8755744.329	2100.967	188
183	298791.520	8755745.372	2100.883	189
184	298750.317	8755796.043	2112.384	EST-B
185	298794.867	8755785.790	2110.148	EST-A
186	298814.689	8755719.998	2098.248	EST-C
187	298814.690	8755719.999	2098.240	EST-C
188	298750.317	8755796.042	2112.391	EST-B
189	298794.866	8755785.788	2110.153	EST-A
190	298787.708	8755737.497	2101.362	0+000 - CANAL
191	298785.802	8755731.176	2100.908	0+010 - CANAL
192	298784.404	8755722.667	2100.518	0+020 - CANAL
193	298780.716	8755715.649	2099.598	0+030 - CANAL
194	298774.943	8755707.088	2099.028	0+040 - CANAL
195	298774.698	8755698.180	2099.008	0+050 - CANAL
196	298778.200	8755690.109	2098.458	0+060 - CANAL
197	298784.187	8755682.205	2097.778	0+070 - CANAL
198	298786.329	8755673.144	2096.798	0+080 - CANAL
199	298782.935	8755665.375	2096.458	0+090 - CANAL
200	298778.970	8755653.429	2096.458	0+100 - CANAL
201	298784.560	8755780.662	2108.086	LIM06320

Nota: Elaboración propia.

8.3. Anexo C: Planos

Figura C 1 Plano de ubicación de los sectores Canchapilca Baja y Rumoj. CCCL

Figura C 2 Áreas de riego en sectores Canchapilca Baja y Rumoj CCCLI

Figura C 3 Plano clave de captación y conducción en sector Canchapilca Baja. CCCLII

Figura C 4 Captación en sector Canchapilca Baja – Plano clave. CCCLIII

Figura C 5 Captación en sector Canchapilca Baja – Azud y vertedero. CCCLIV

Figura C 6 Captación en sector Canchapilca Baja – Vertedero y canal de limpia. CCCLV

Figura C 7 Línea de conducción en sector Canchapilca Baja – Planta, sección y detalles. CCCLVI

Figura C 8 Secciones transversales en sector Canchapilca Baja – Progresiva 0+000 km a 0+179.65 km. CCCLVII

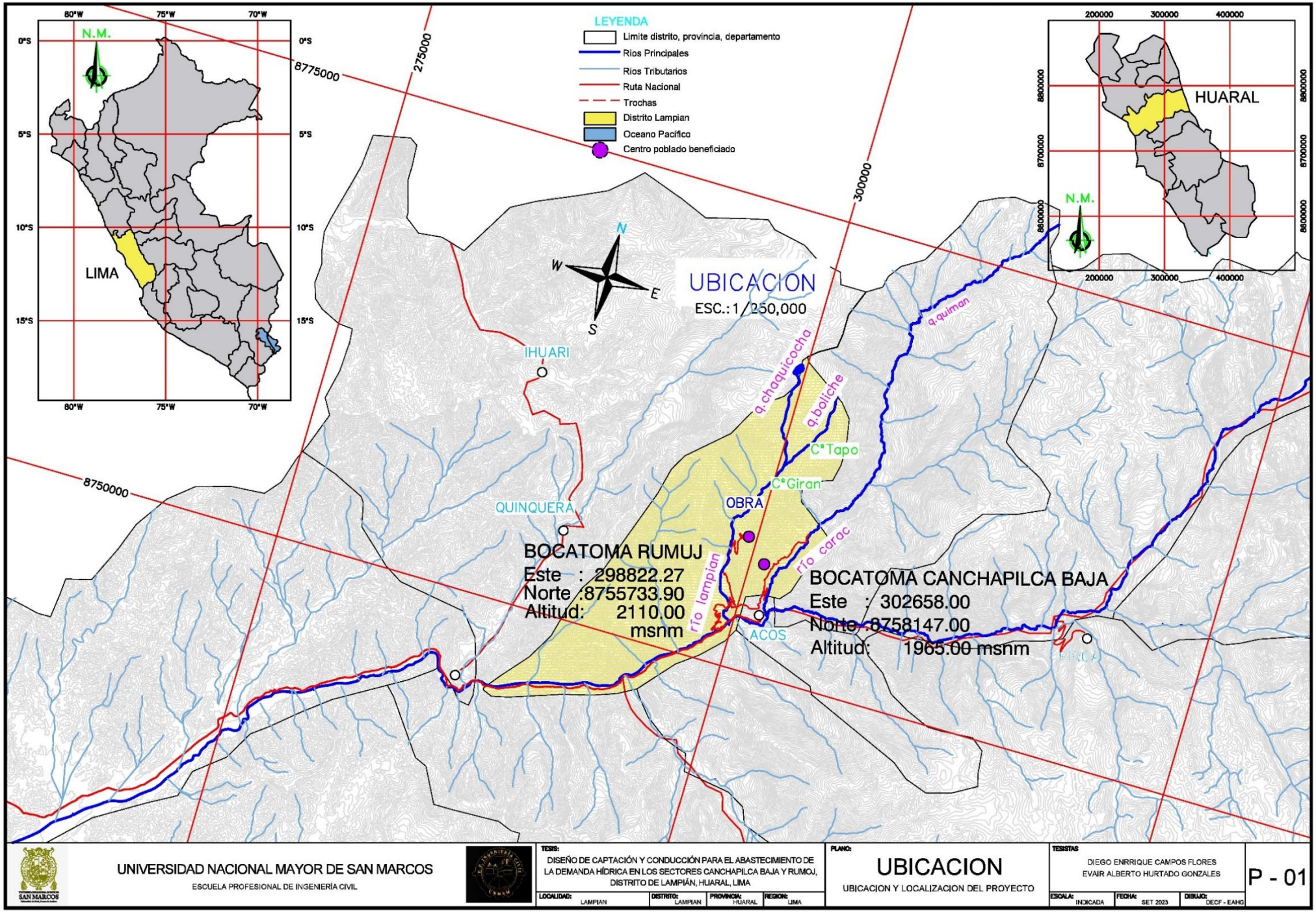
Figura C 9 Estructuras de carga y disipación en sector Canchapilca Baja. CCCLVIII

Figura C 10 Captación en sector Rumoj – Plano clave. CCCLIX

Figura C 11 Captación en sector Rumoj – Azud y vertedero. CCCLX

Figura C 12 Captación en sector Rumoj – Vertedero y canal de limpia. CCCLXI

Figura C 13 Secciones transversales en sector Rumoj – Progresiva 0+000 km a 0+062 km. CCCLXII



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMUJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

LOCALIDAD: LAMPIAN | DISTRITO: LAMPIAN | PROVINCIA: HUARAL | REGION: LIMA

PLANO: UBICACION

UBICACION Y LOCALIZACION DEL PROYECTO

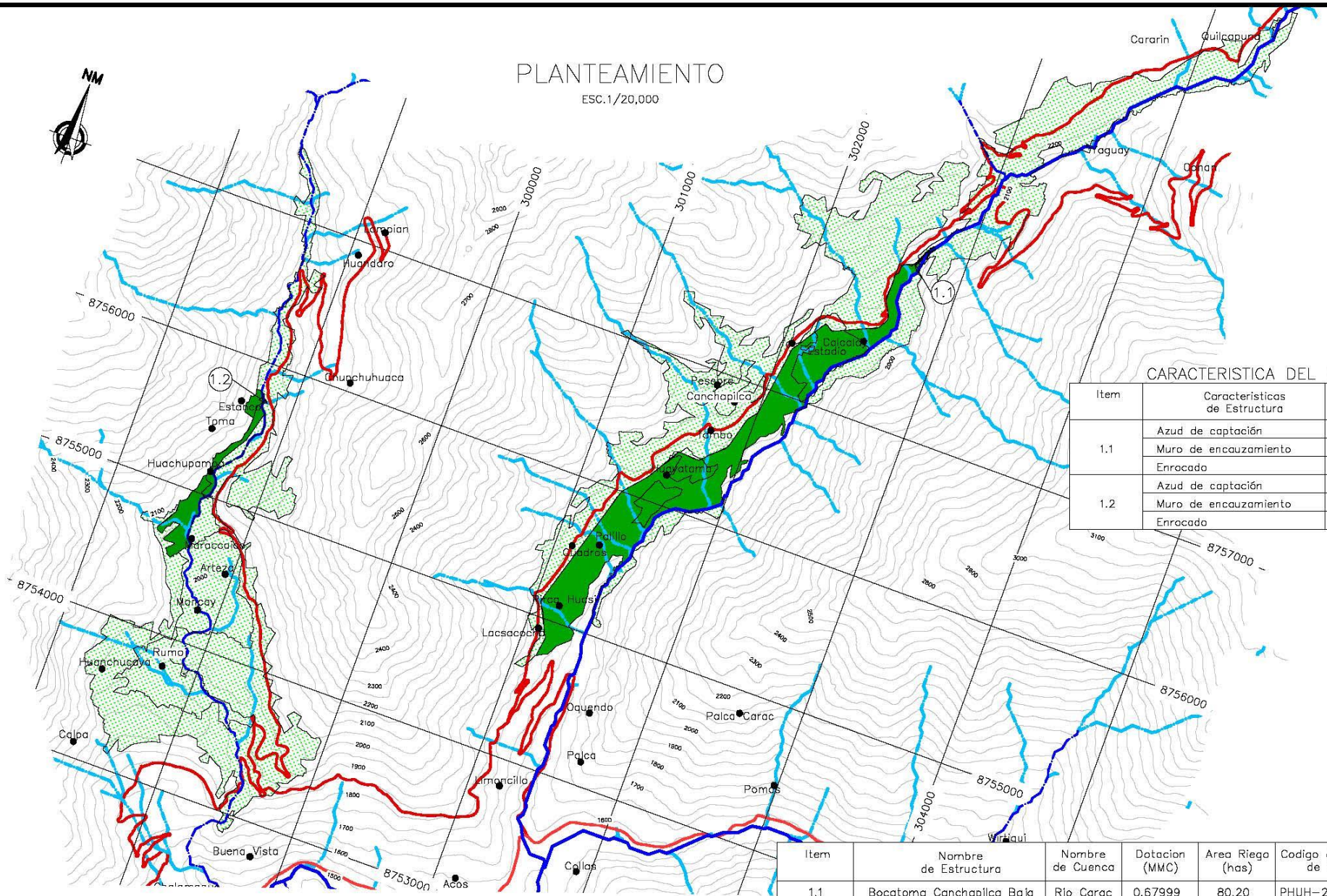
TESISTAS: DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES, EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

ESCALA: INDICADA | FECHA: SET 2023 | DIBUJO: DECF - EAHG

P - 01

PLANTEAMIENTO

ESC.1/20,000



CARACTERISTICA DEL PROYECTO

Item	Caracteristicas de Estructura	Material Estructural
1.1	Azud de captación	Concreto ciclopeo
	Muro de encauzamiento	Concreto armado
	Enrocado	Rocas
1.2	Azud de captación	Concreto ciclopeo
	Muro de encauzamiento	Concreto armado
	Enrocado	Rocas

Item	Nombre de Estructura	Nombre de Cuenca	Dotacion (MMC)	Area Riego (has)	Codigo de Bloque de Riego
1.1	Bocatoma Canchapilca Baja	Rio Carac	0.67999	80.20	PHUH-2706-0403-B54
1.2	Bocatoma Rumoj	Rio Lampian	0.03012	11.11	PHUH-2706-0405-B57

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

LOCALIDAD:	DISTRITO:	PROVINCIA:	REGION:
LAMPIAN	LAMPIAN	HUARAL	LIMA

PLANO:
PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO
SECTOR CANCHAPILCA BAJA
SECTOR RUMOJ

TESISTAS
DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES
EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

ESCALA:	FECHA:	DIBUJO:
INDICADA	SET 2023	DECF - EAHG

P - 03

CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

1.0 AZUD = 17m
TIPO : BARRAJE TIPO TIROLESA, 17.00 m
DE CONCRETO CICLOPEO Y ENROCADO DE PROTECCION
AGUAS ARRIBA Y ABAJO CON MEZCLA DE CONCRETO.
CAPACIDAD : 100.0 l/s
REJILLA DE CAPTACION : 1.50 x 0.20 m
MAXIMA AVENIDA : 85.4 m3/s (100 años TR)

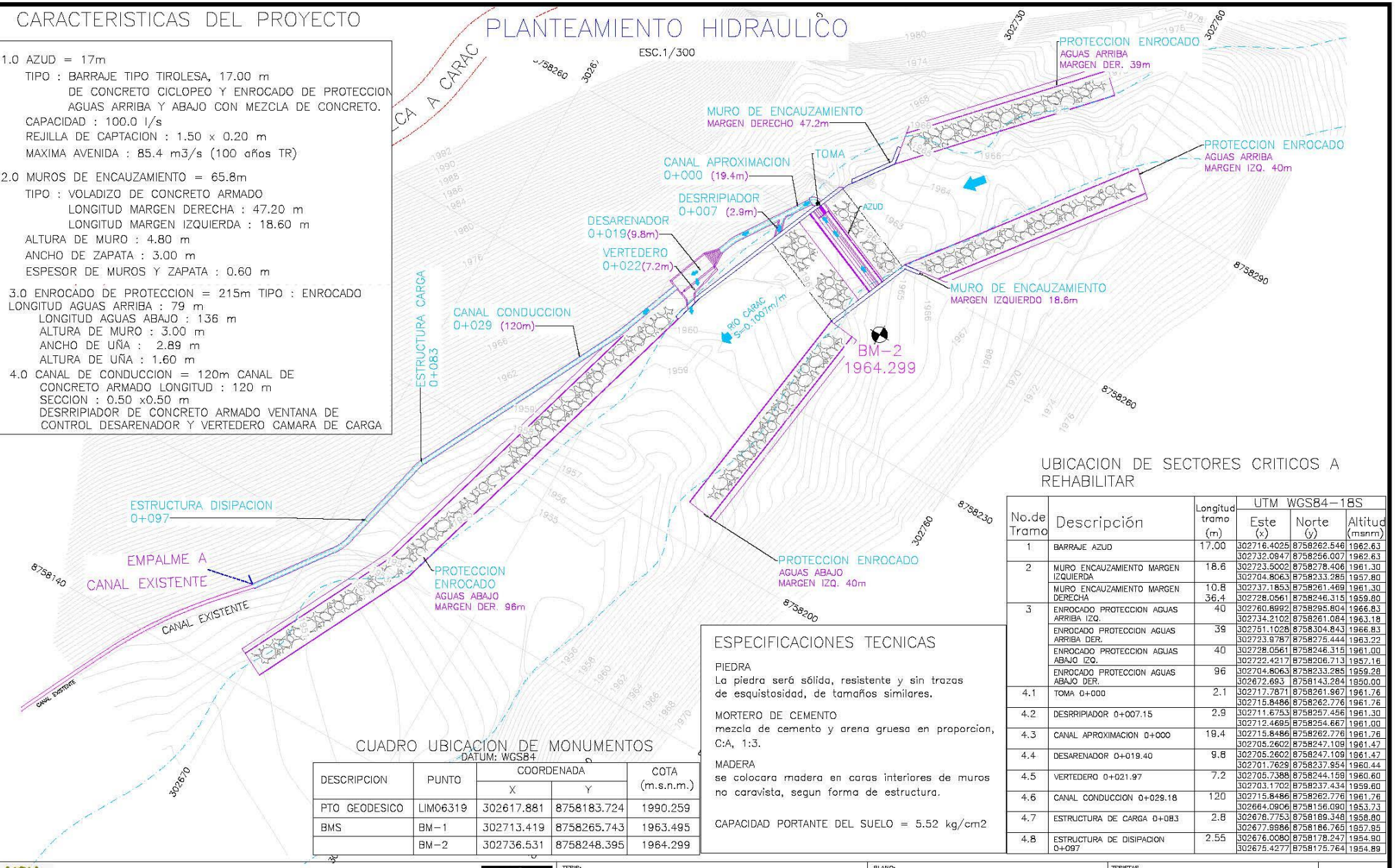
2.0 MUROS DE ENCAUZAMIENTO = 65.8m
TIPO : VOLADIZO DE CONCRETO ARMADO
LONGITUD MARGEN DERECHA : 47.20 m
LONGITUD MARGEN IZQUIERDA : 18.60 m
ALTURA DE MURO : 4.80 m
ANCHO DE ZAPATA : 3.00 m
ESPESOR DE MUROS Y ZAPATA : 0.60 m

3.0 ENROCADO DE PROTECCION = 215m TIPO : ENROCADO
LONGITUD AGUAS ARRIBA : 79 m
LONGITUD AGUAS ABAJO : 136 m
ALTURA DE MURO : 3.00 m
ANCHO DE UÑA : 2.89 m
ALTURA DE UÑA : 1.60 m

4.0 CANAL DE CONDUCCION = 120m CANAL DE
CONCRETO ARMADO LONGITUD : 120 m
SECCION : 0.50 x0.50 m
DESRRIPIADOR DE CONCRETO ARMADO VENTANA DE
CONTROL DESARENADOR Y VERTEDERO CAMARA DE CARGA

PLANTEAMIENTO HIDRAULICO

ESC.1/300



CUADRO UBICACION DE MONUMENTOS

DATUM: WGS84

DESCRIPCION	PUNTO	COORDENADA		COTA (m.s.n.m.)
		X	Y	
PTO GEODESICO	LIM06319	302617.881	8758183.724	1990.259
BMS	BM-1	302713.419	8758265.743	1963.495
	BM-2	302736.531	8758248.395	1964.299

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PIEDRA
La piedra será sólida, resistente y sin trazas de esquistosidad, de tamaños similares.

MORTERO DE CEMENTO
mezcla de cemento y arena gruesa en proporcion, C:A, 1:3.

MADERA
se colocara madera en caras interiores de muros no caravista, segun forma de estructura.

CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO = 5.52 kg/cm2

UBICACION DE SECTORES CRITICOS A REHABILITAR

No.de Tramo	Descripción	Longitud tramo (m)	UTM WGS84-18S Este (x)	Norte (y)	Altitud (msnm)
1	BARRAJE AZUD	17.00	302716.4025	8758262.546	1962.63
			302732.0947	8758256.007	1962.63
2	MURO ENCAUZAMIENTO MARGEN IZQUIERDA	18.6	302723.5002	8758278.406	1961.30
			302704.8063	8758233.285	1957.80
	MURO ENCAUZAMIENTO MARGEN DERECHA	10.8	302737.1853	8758261.469	1961.30
		36.4	302728.0561	8758246.315	1959.80
3	ENROCADO PROTECCION AGUAS ARRIBA IZQ.	40	302760.8992	8758295.804	1966.83
			302734.2102	8758261.084	1963.18
	ENROCADO PROTECCION AGUAS ARRIBA DER.	39	302751.1028	8758304.843	1966.83
			302723.9787	8758275.444	1963.22
	ENROCADO PROTECCION AGUAS ABAJO IZQ.	40	302728.0561	8758246.315	1961.00
			302722.4217	8758206.713	1957.16
	ENROCADO PROTECCION AGUAS ABAJO DER.	96	302704.8063	8758233.285	1959.28
			302672.693	8758143.284	1950.00
4.1	TOMA 0+000	2.1	302717.7871	8758261.967	1961.76
			302715.8486	8758262.776	1961.76
4.2	DESRRIPIADOR 0+007.15	2.9	302711.6753	8758257.456	1961.30
			302712.4695	8758254.667	1961.00
4.3	CANAL APROXIMACION 0+000	19.4	302715.8486	8758262.776	1961.76
			302705.2602	8758247.109	1961.47
4.4	DESARENADOR 0+019.40	9.8	302705.2602	8758247.109	1961.47
			302701.7629	8758237.954	1960.44
4.5	VERTEDERO 0+021.97	7.2	302705.7388	8758244.159	1960.60
			302703.1702	8758237.434	1959.60
4.6	CANAL CONDUCCION 0+029.18	120	302715.8486	8758262.776	1961.76
			302664.0906	8758156.090	1953.73
4.7	ESTRUCTURA DE CARGA 0+083	2.8	302676.7753	8758189.348	1958.80
			302677.9986	8758186.765	1957.95
4.8	ESTRUCTURA DE DISIPACION 0+097	2.55	302676.0080	8758178.247	1954.90
			302675.4277	8758175.764	1954.89

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

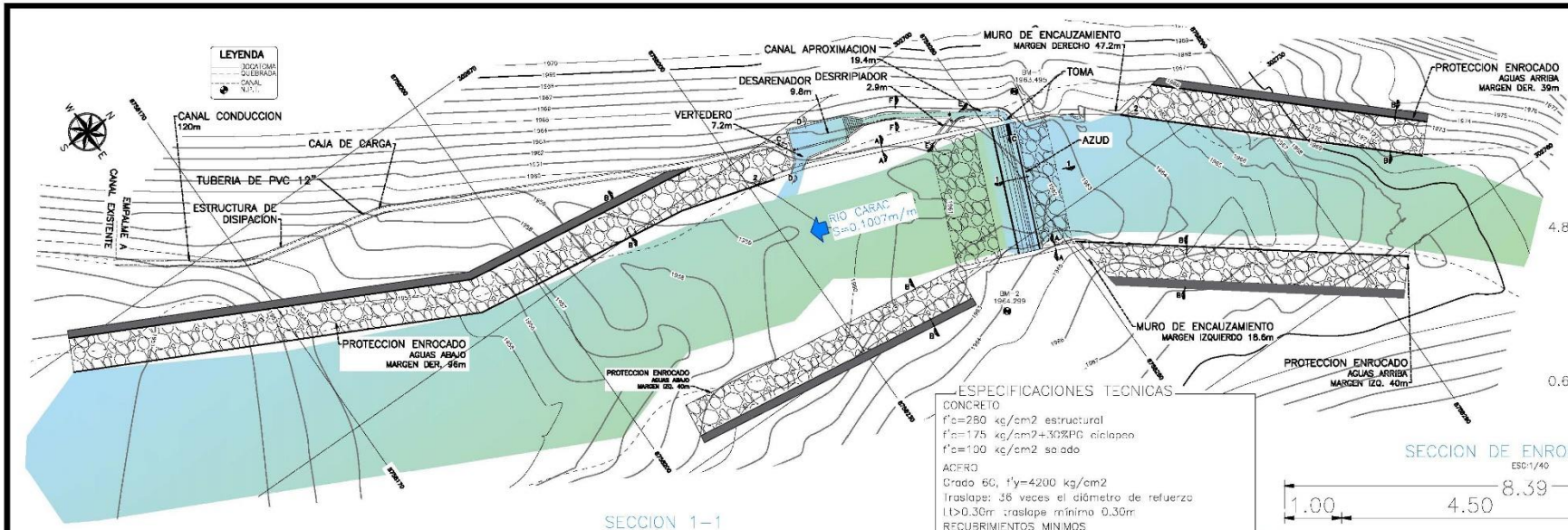
LOCALIDAD: LAMPIAN | DISTRITO: LAMPIAN | PROVINCIA: HUARAL | REGION: LIMA

PLANO:
PLANO CLAVE
SECTOR CANCHAPILCA BAJA CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN - RÍO CARAC

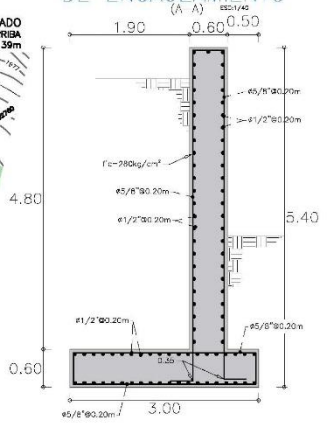
TESISTAS
DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES
EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

ESCALA: INDICADA | FECHA: SET 2023 | DIBUJO: DECF - EAHG

P - 03



SECCION DE MURO DE ENCAUZAMIENTO



ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO
f'c=280 kg/cm2 estructural
f'c=175 kg/cm2+30%PG ciclopeo
f'c=100 kg/cm2 solado

ACERO
Grado 60, f'y=4200 kg/cm2
Traslape: 36 veces el diámetro de refuerzo
Lt>0.30m traslape mínimo 0.30m

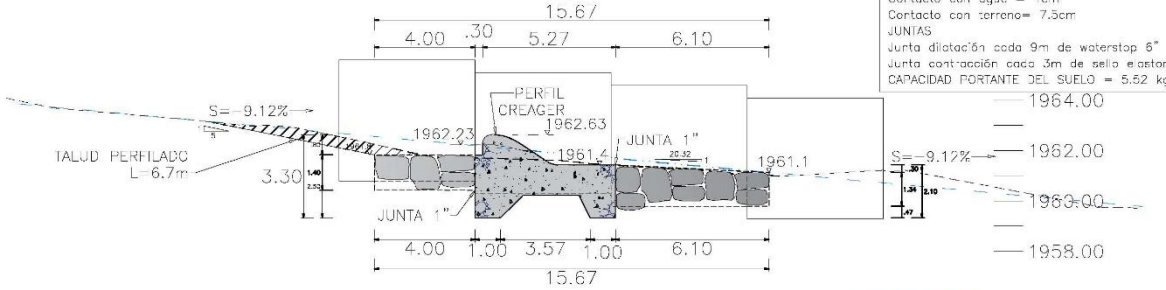
RECUBRIMIENTOS MINIMOS
Contacto con agua = 4cm
Contacto con terreno= 7.5cm

JUNTAS
Junta dilatación cada 9m de waterstop 6"
Junta contracción cada 3m de sello elastomérico 1"

CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO = 5.52 kg/cm2

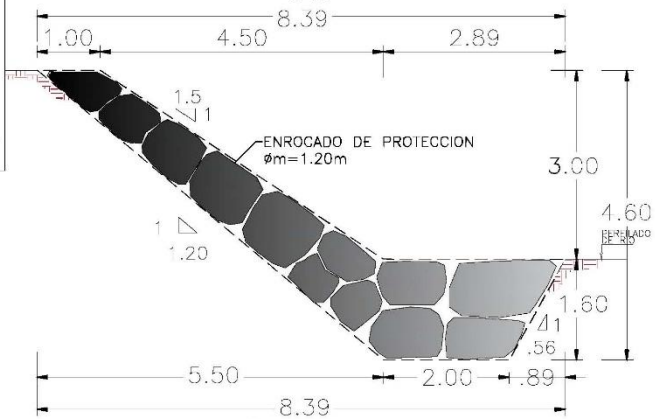
SECCION 1-1

ESC:1/100



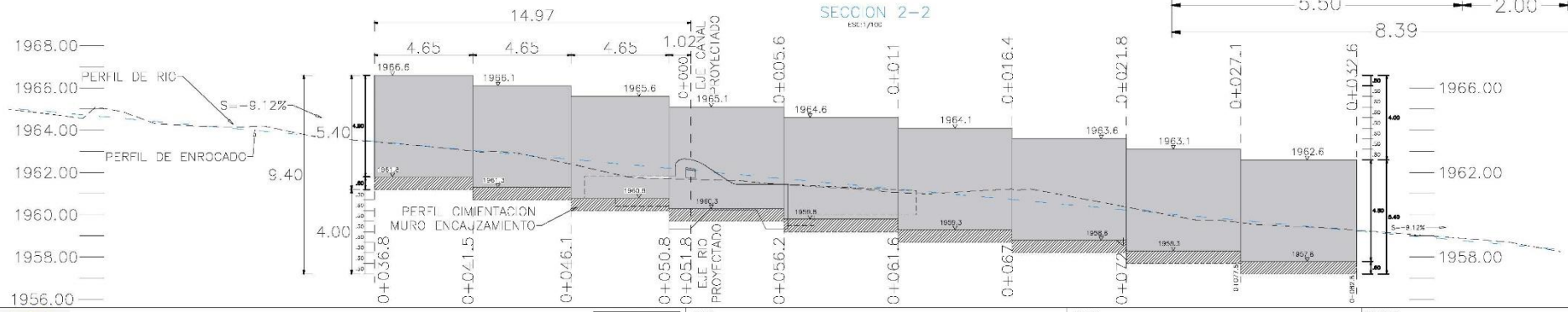
SECCION DE ENROCADO (B-B)

ESC:1/40



SECCION 2-2

ESC:1/100



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

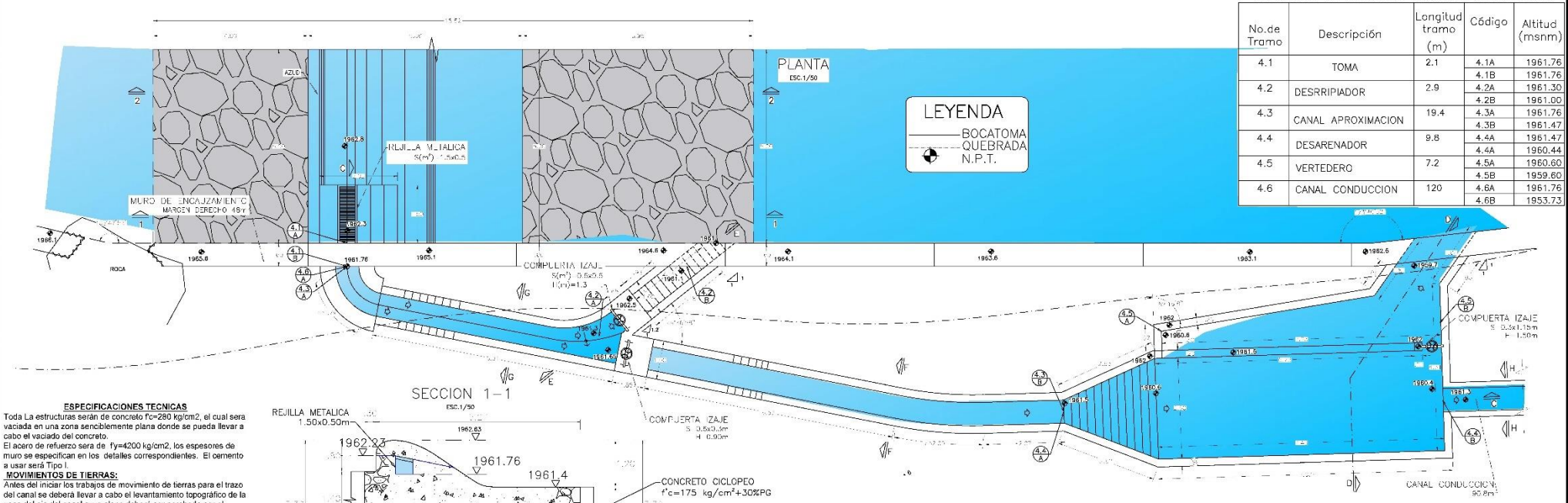
LOCALIDAD:	DISTRITO:	PROVINCIA:	REGION:
LAMPIAN	LAMPIAN	HUARAL	LIMA

PLANO:
CAPTACION
SECTOR CANCHAPILCA BAJA
PLANTAS, SECCIONES Y DETALLES

TESISTAS
DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES
EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

ESCALA:	FECHA:	DIBUJO:
INDICADA	SET 2023	DECF - EAHG

P - 04



UBICACION DE SECTORES CRITICOS A REHABILITAR

No.de Tramo	Descripción	Longitud tramo (m)	Código	Altitud (msnm)
4.1	TOMA	2.1	4.1A	1961.76
			4.1B	1961.76
4.2	DESRRIPIADOR	2.9	4.2A	1961.30
			4.2B	1961.00
4.3	CANAL APROXIMACION	19.4	4.3A	1961.76
			4.3B	1961.47
4.4	DESARENADOR	9.8	4.4A	1961.47
			4.4A	1960.44
4.5	VERTEDERO	7.2	4.5A	1960.60
			4.5B	1959.60
4.6	CANAL CONDUCCION	120	4.6A	1961.76
			4.6B	1953.73

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Toda La estructuras serán de concreto f'c=280 kg/cm2, el cual sera vaciada en una zona sencillamente plana donde se pueda llevar a cabo el vaciado del concreto.
El acero de refuerzo sera de fy=4200 kg/cm2, los espesores de muro se especifican en los detalles correspondientes. El cemento a usar será Tipo I.

MOVIMIENTOS DE TIERRAS:

Antes del iniciar los trabajos de movimiento de tierras para el trazo del canal se deberá llevar a cabo el levantamiento topográfico de la zona del eje del canal cuyo plano deberá ser aprobado por el Supervisor. El material de relleno será colocado en capas horizontales de espesor compactado no mayor de 0.15m
La compactación se realizará cuando el material presente la humedad adecuada hasta alcanzar una densidad no menor de 90% de la densidad máxima obtenida por el método Proctor Modificado.

CONCRETO:

f'c=100 kg/cm2 solado
f'c=175 kg/cm2 +30% P.G. ciclopeo
f'c=280 kg/cm2

ACERO DE REFUERZO:

Grado 60. fy=4200 kg/cm2
Traslape: 36 veces el diámetro de refuerzo, Lt>0.30m Traslape mínimo 0.30m.

RECUBRIMIENTOS MINIMOS:

Contacto con agua = 4 cm
Contacto con terreno = 7.5 cm

RESISTENCIA DEL TERRENO:

1.5 kg/cm2, la cual será verificada por el Ejecutor en obra.

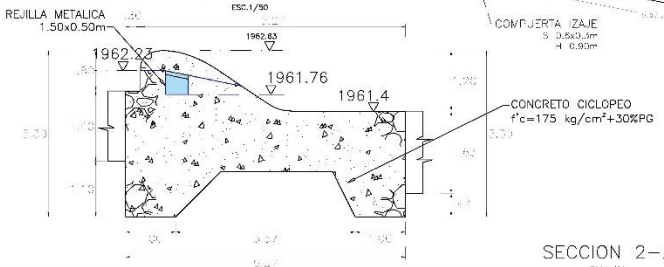
JUNTAS

Juntas Water stop 6" (Junta de dilatación cada 9m).
Junta de Contracción cada 3m

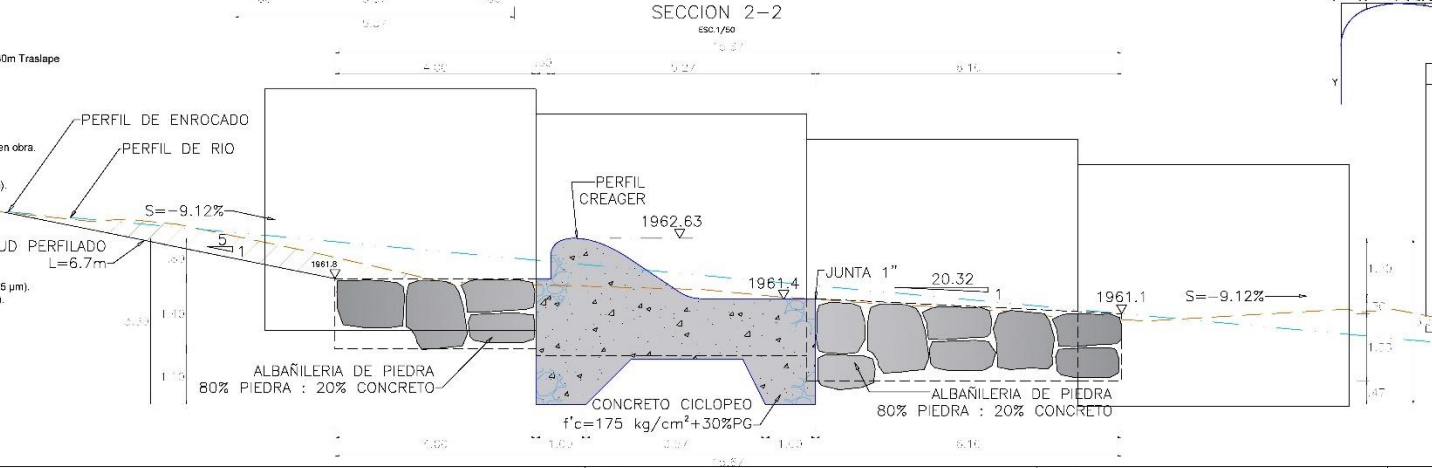
ELEMENTOS METALICOS

Perfiles de acero al carbono ASTM A-36.
Uniones soldadas.
Limpieza SSPC - SP10 (50 µm).
Recubrimiento epoxico zinc 1 capa (75 µm).
Recubrimiento epoxico autoimprimante 1 capa (125 µm).
Recubrimiento esmalte poliuretano 1 capa (75 µm).

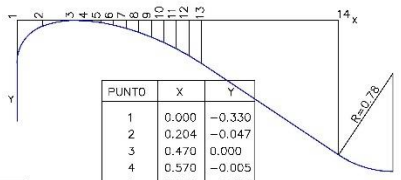
SECCION 1-1
ESC.1/50



SECCION 2-2
ESC.1/50



PERFIL CREAGER
ESC.1/20



PUNTO	X	Y
1	0.000	−0.330
2	0.204	−0.047
3	0.470	0.000
4	0.570	−0.005
5	0.670	−0.017
6	0.770	−0.037
7	0.870	−0.063
8	0.970	−0.095
9	1.070	−0.133
10	1.170	−0.176
11	1.270	−0.226
12	1.370	−0.281
13	1.470	−0.341
14	2.562	−1.069

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

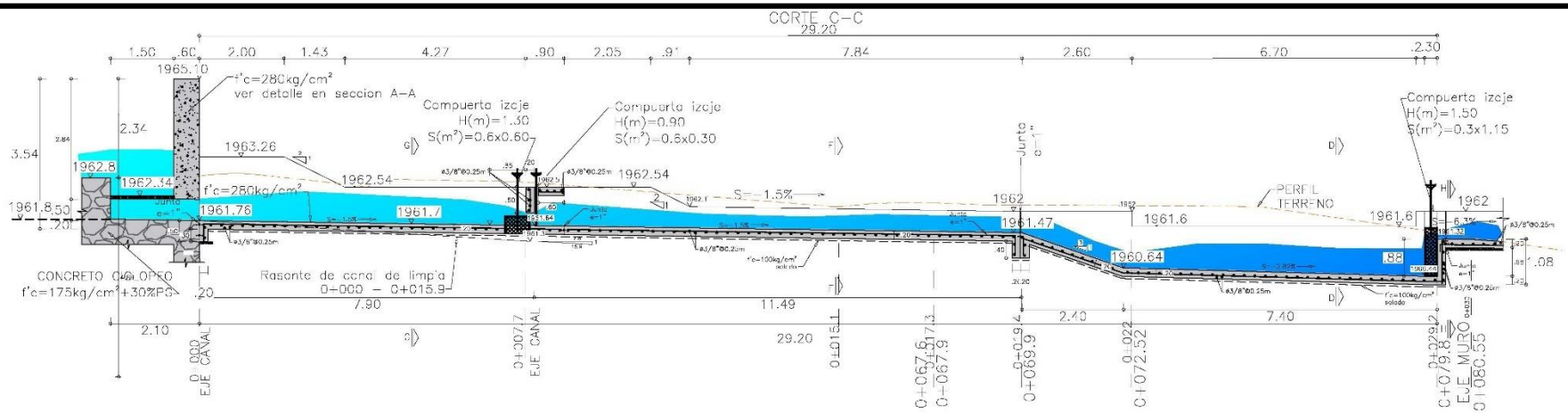
LOCALIDAD: LAMPIAN | DISTRITO: LAMPIAN | PROVINCIA: HUARAL | REGION: LIMA

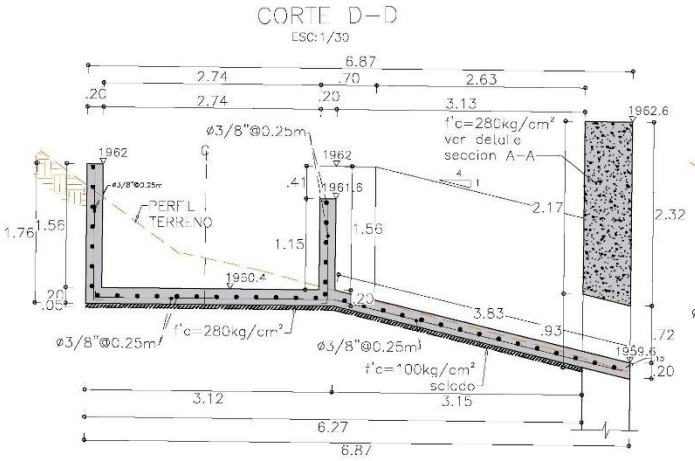
PLANO:
CAPTACION
SECTOR CANCHAPILCA BAJA
AZUD Y VERTEDERO
PLANTA, SECCIONES Y DETALLES

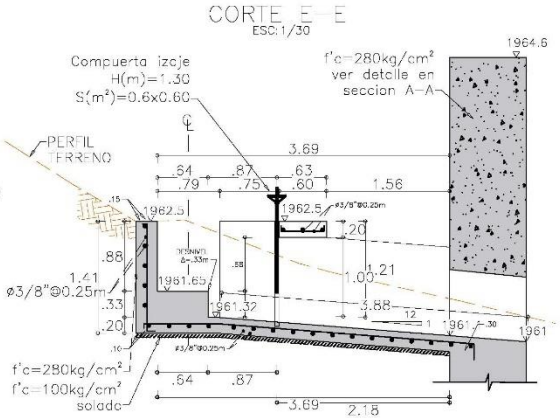
TESISTAS
DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES
EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

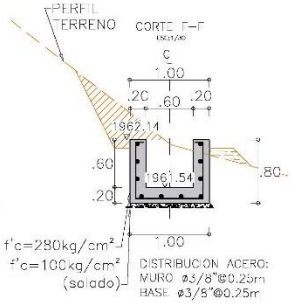
ESCALA: INDICADA | FECHA: SET 2023 | DIBUJO: DECF - EAHG

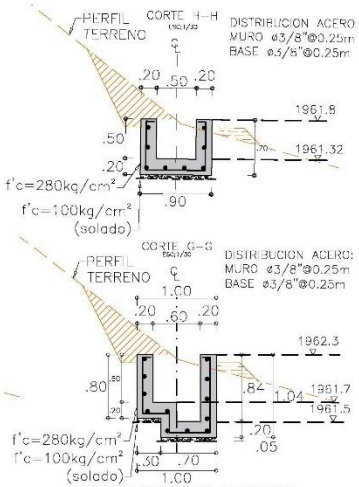
P - 05

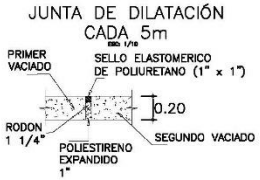












ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO
f'c=280 kg/cm2 estructural
f'c=175 kg/cm2+30%PG ciclopeo
f'c=100 kg/cm2 solado
ACERO
Grado 60, f'y=4200 kg/cm2
Traslape: 36 veces el diámetro de refuerzo
Lt>0.30m traslape mínimo 0.30m
RECUBRIMIENTOS MINIMOS
Contacto con agua = 4cm
Contacto con terreno= 7.5cm
JUNTAS
Junta dilatación cada 9m de waterstop 6"
Junta contracción cada 3m de sello elastomérico 1"
CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO = 5.52 kg/cm2

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

LOCALIDAD: LAMPIAN | DISTRITO: LAMPIAN | PROVINCIA: HUARAL | REGION: LIMA

PLANO:
SECTOR CANCHAPILCA BAJA
VERTEDERO Y CANAL DE LIMPIA
CORTES Y DETALLES

TESISTAS
DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES
EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

ESCALA: INDICADA | FECHA: SET 2023 | DIBUJO: DECF - EAHG

P - 06

DISEÑO HIDRAULICO POR GRAVEDAD DE ELEMENTOS GEOMETRICOS

Nudo Tramo	Progresiva De (km)	Progresiva A (km)	Longitud tramo (km)	Tipo de canalito	Pendiente (m/m)	Caudal (m3/s)	Coef. n de Manning	Tirante de agua (m)	Altura de muro (m)	Borde libre (m)	Ancho plantilla (m)	Talud muro	Espejo de agua (m)	Velocidad (m/s)	Nudo Froud	Tipo de flujo
1	0+000	0+030	0.030	1	0.0150	0.10	0.0135	0.110	0.50	0.40	0.50	0.00	0.50	1.62	1.45	supercritico
2	0+030	0+065	0.035	2	0.0631	0.10	0.0130	0.078	0.50	0.42	0.50	0.00	0.50	2.56	3.81	supercritico
3	0+065	0+097	0.016	2	0.0875	0.10	0.0130	0.104	0.50	0.40	0.50	0.00	0.50	1.62	1.60	supercritico
4	0+097	0+120	0.023	2	0.0460	0.10	0.0130	0.085	0.50	0.41	0.50	0.00	0.50	2.38	2.67	supercritico

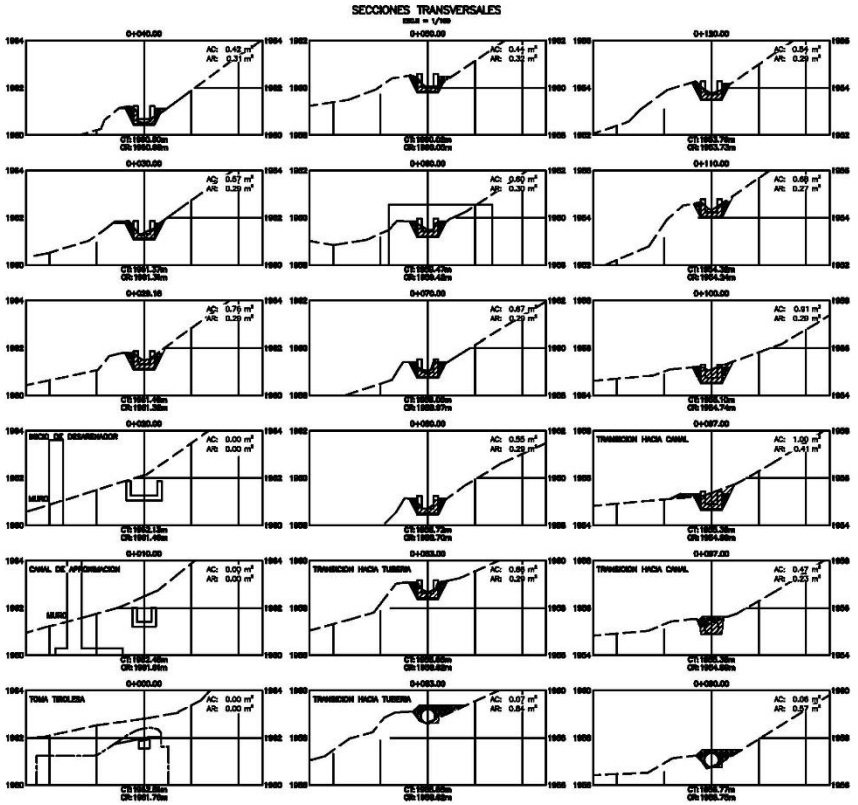
DISEÑO HIDRAULICO POR PRESION DE ELEMENTOS GEOMETRICOS

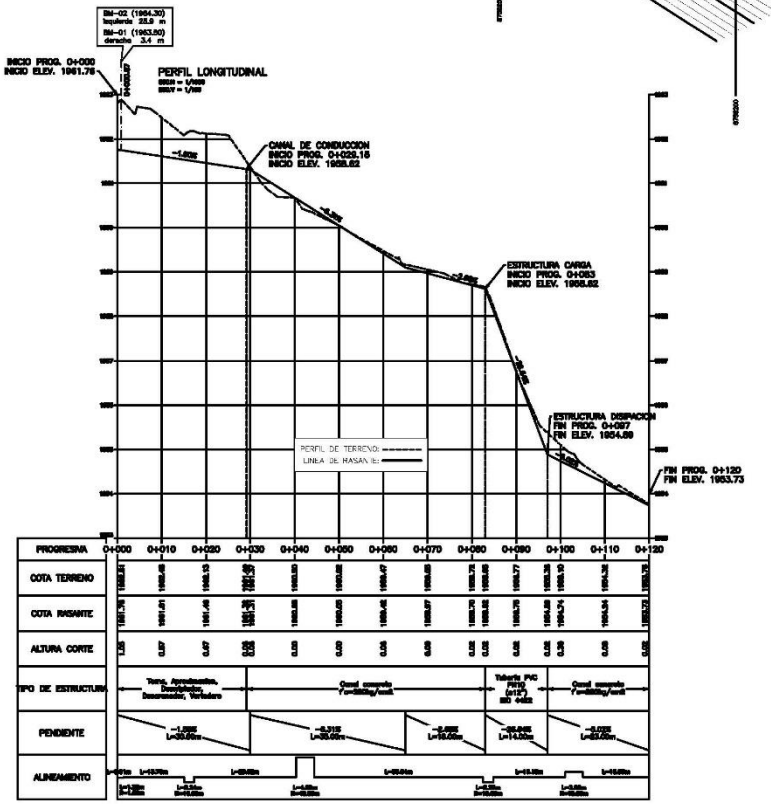
Nudo Tramo	Progresiva De (km)	Progresiva A (km)	Longitud tramo (km)	Pendiente (m/m)	Caudal (m3/s)	Coef. n de Manning	Diametro nominal (m)	Tirante de agua (m)	Porcentaje calado	Diametro interno (m)	Espejo de agua (m)	Velocidad (m/s)	Nudo Froud	Tipo de flujo
1	0+083	0+097	14.00	0.0385	0.10	0.009	0.30	0.077	26%	0.38	0.25	7.30	9.77	supercritico

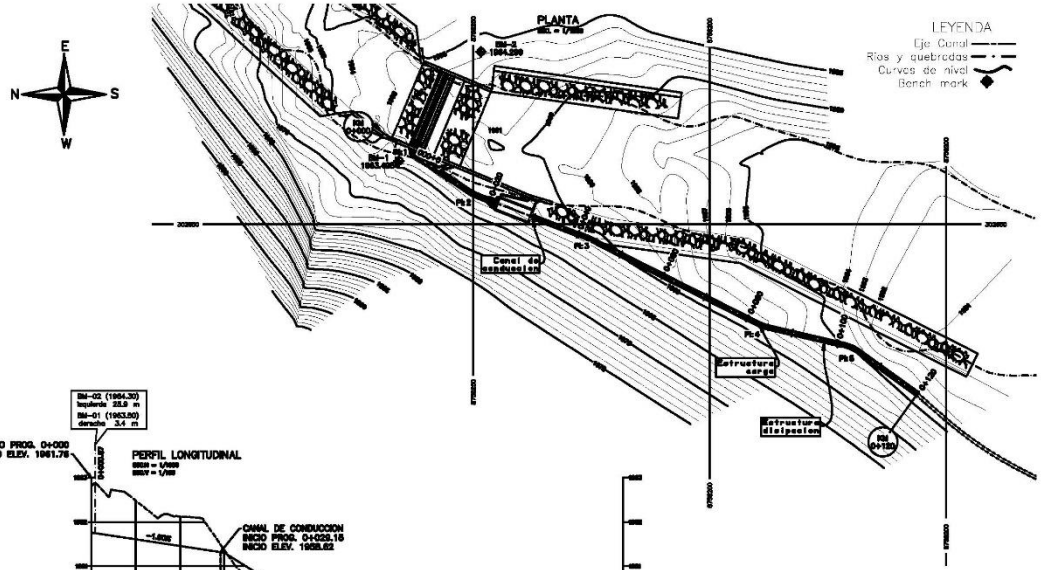
TABLA DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES

P.I. N°	Sent.	Rumbo	Delta	R (m)	T (m)	L (m)	L.C. (m)	E (m)	M (m)	Prog. P.C.	Prog. P.I.	Prog. P.T.	Coord.P.I. Este (X)	Coord.P.I. Norte (Y)
PI1	Izq	S73° 09' 59.46"W	076° 54' 46"	1.000	0.85	1.377	1.27	0.30	0.23	0+000.01	0+000.83	0+001.39	392715.0799	8788883.0971
PI2	Izq	S82° 18' 39.27"W	012° 46' 27"	10.000	1.12	2.235	2.23	0.06	0.06	0+015.09	0+016.21	0+017.32	392706.3976	8788850.0899
PI3	Der	S23° 20' 02.32"W	035° 51' 16"	40.000	2.05	4.099	4.09	0.05	0.05	0+040.33	0+042.38	0+044.42	392697.0541	8788825.6256
PI4	Izq	S19° 57' 28.36"W	013° 36' 27"	10.000	1.19	2.375	2.37	0.07	0.07	0+082.46	0+083.66	0+084.84	392678.4670	8788788.7662
PI5	Der	S24° 29' 11.04"W	022° 39' 53"	10.000	2.00	3.956	3.93	0.30	0.19	0+101.02	0+103.02	0+104.97	392674.6573	8788769.9035

SECCIONES TRANSVERSALES







UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

LOCALIDAD: LAMPIAN | DISTRITO: LAMPIAN | PROVINCIA: HUARAL | REGION: LIMA

PLANO:
PLANO CANAL DE CONDUCCION
SECTOR CANCHAPILCA BAJA – RIO CARAC
PLANTA, CORTES Y DETALLES

TESISTAS
DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES
EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

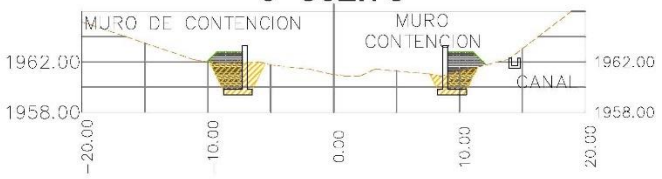
ESCALA: INDICADA | FECHA: SET 2023 | DIBUJO: DECF - EAHG

P – 06

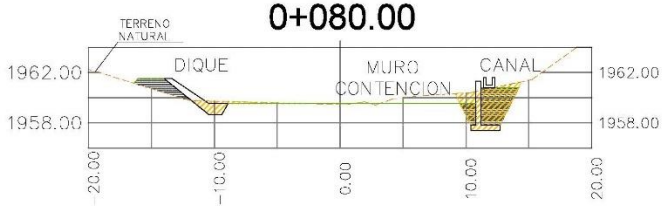
SECCIONES TRANSVERSALES

ESC.1/200

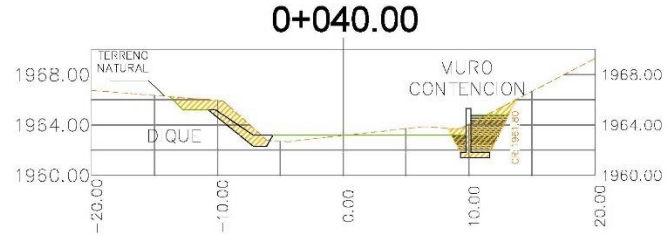
0+062.70



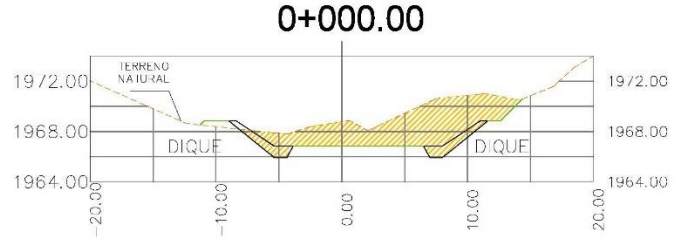
0+080.00



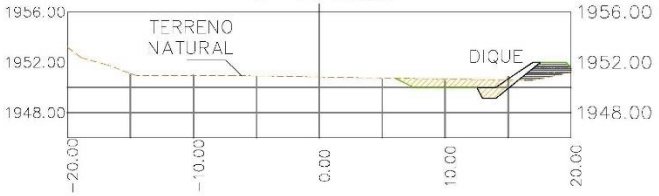
0+040.00



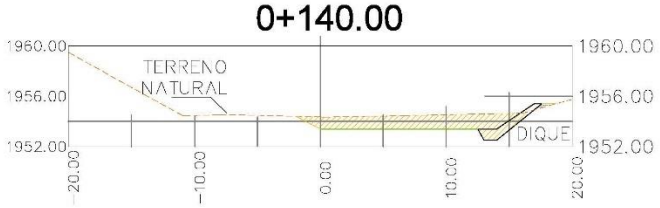
0+000.00



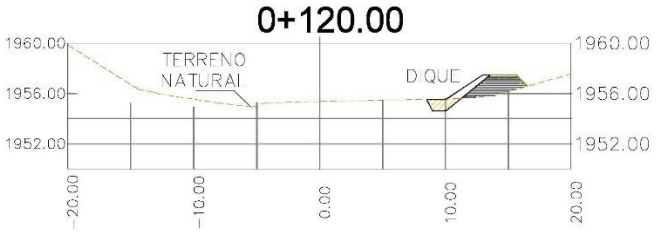
0+179.65



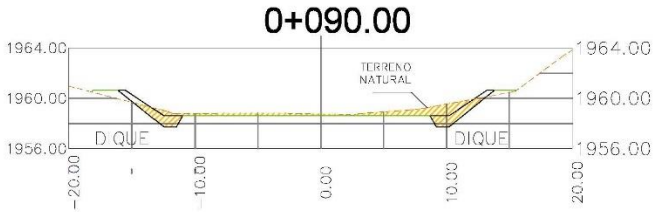
0+140.00

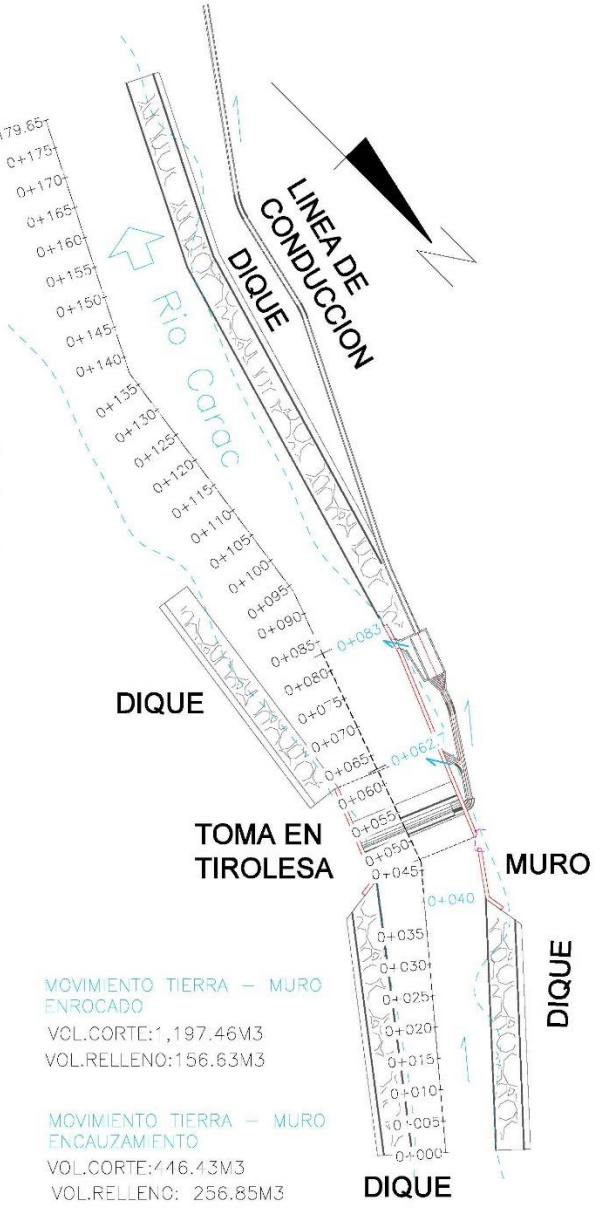


0+120.00



0+090.00





MOVIMIENTO TIERRA – MURO ENROCADO

VOL.CORTE:1,197.46M3

VOL.RELLENO:156.63M3

MOVIMIENTO TIERRA – MURO ENCAUZAMIENTO

VOL.CORTE:446.43M3

VOL.RELLENO: 256.85M3

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

LOCALIDAD: LAMPIAN | DISTRITO: LAMPIAN | PROVINCIA: HUARAL | REGION: LIMA

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES
SECTOR CANCHAPILCA
RIO CARAC PROG. 0+000 - 0+083 KM

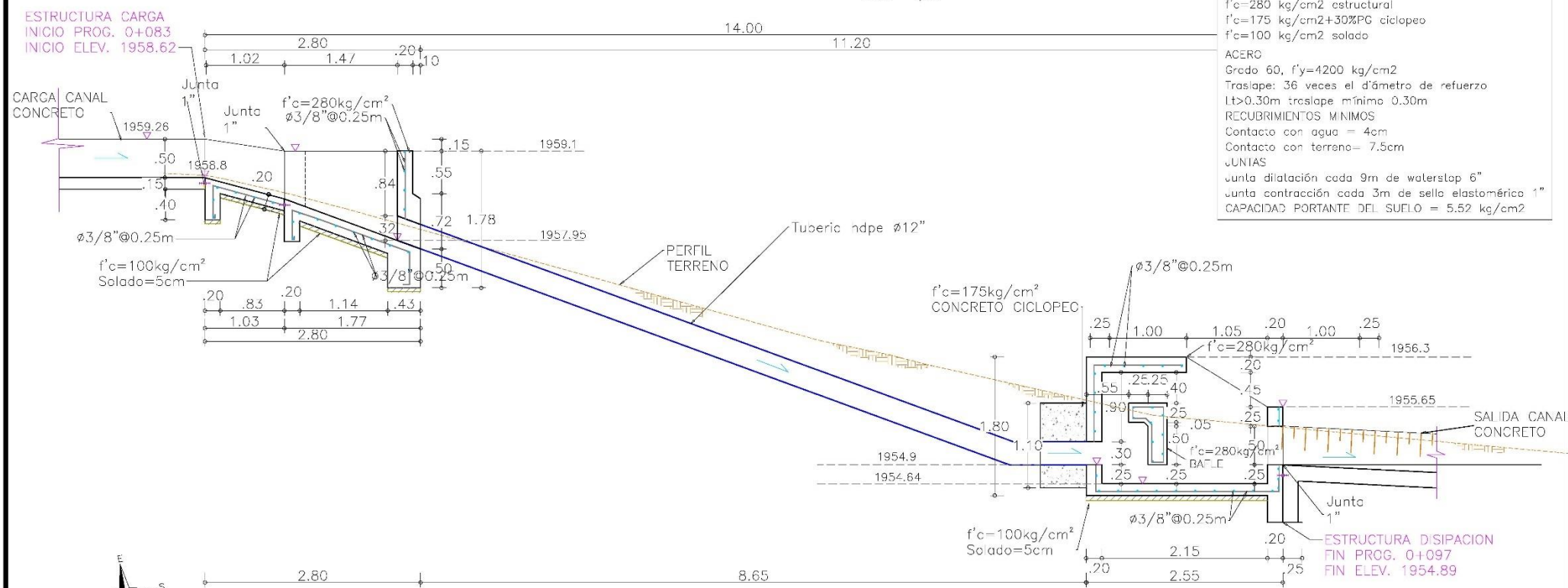
TESISTAS
DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES
EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

ESCALA: INDICADA | FECHA: SET 2023 | DIBUJO: DECF - EAHG

P - 08

SECCION LONGITUDINAL

ESC. = 1/25



ESPECIFICACIONES TECNICAS

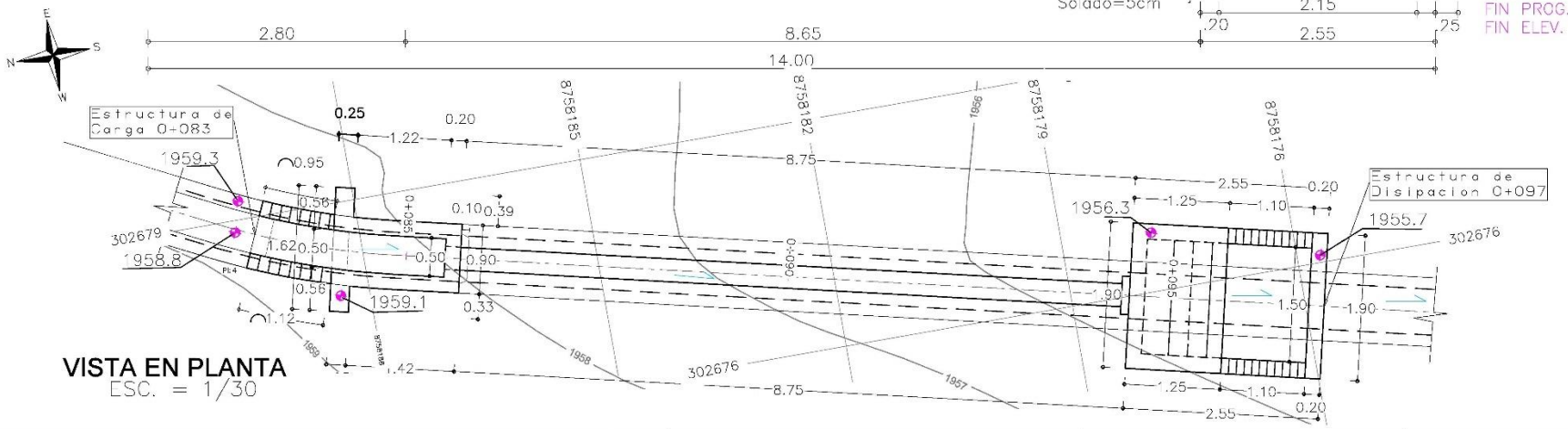
CONCRETO
f'c=280 kg/cm2 estructural
f'c=175 kg/cm2+30%PG ciclopeo
f'c=100 kg/cm2 solado

ACERO
Grado 60, f'y=4200 kg/cm2
Traslape: 36 veces el diámetro de refuerzo
Lt>0.30m traslape mínimo 0.30m

RECUBRIMIENTOS MINIMOS
Contacto con agua = 4cm
Contacto con terreno= 7.5cm

JUNTAS
Junta dilatación cada 9m de waterstop 6"
Junta contracción cada 3m de sello elastomérico 1"

CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO = 5.52 kg/cm2



VISTA EN PLANTA

ESC. = 1/30

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	TESIS: DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA LOCALIDAD: LAMPIAN · DISTRITO: LAMPIAN · PROVINCIA: HUARAL · REGION: LIMA	PLANO: ESTRUCTURA DE CARGA ESTRUCTURA DE DISIPACION PLANTA, CORTES Y DETALLES	TESISTAS: DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES, EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES ESCALA: INDICADA · FECHA: SET 2023 · DIBUJO: DECF - EAHG	P - 10

PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO

ESC: 1/400

CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

1.0 AZUD = 11.75m
- TIPO : BARRAJE TIPO TIROLESA, 11.75 m DE CONCRETO CICLOPEO Y ENROCADO DE PROTECCION AGUAS ARRIBA Y ABAJO CON MEZCLA DE CONCRETO.
- CAPACIDAD : 40.0 l/s
- REJILLA DE CAPTACION : 1.00 x 0.20 m
- MAXIMA AVENIDA : 27.30 m3/s (100 años TR)

2.0 MUROS DE ENCAUZAMIENTO = 48.5m
- TIPO : VOLADIZO DE CONCRETO ARMADO
- LONGITUD MARGEN DERECHA : 29.80 m
- LONGITUD MARGEN IZQUIERDA : 18.70 m
- ALTURA DE MURO : 3.50 m
- ANCHO DE ZAPATA : 2.30 m
- ESPESOR DE MUROS Y ZAPATA : 0.40 m

3.0 ENROCADO DE PROTECCION = 57.4m
- TIPO : ENROCADO
- LONGITUD AGUAS ARRIBA : 24.00 m
- LONGITUD AGUAS ABAJO : 33.40 m
- ALTURA DE MURO : 2.00 m
- ANCHO DE UÑA : 1.50 m
- ALTURA DE UÑA : 0.90 m

4.0 CANAL DE APROXIMACION =16.6m
- CANAL DE CONCRETO ARMADO
- LONGITUD : 16.60 m
- SECCION : 0.50 x0.50 m
- DESRRIPIADOR DE CONCRETO ARMADO
- VENTANA DE CONTROL
- DESARENADOR Y VERTEDERO
- CAMARA DE CARGA

UBICACION DE SECTORES CRITICOS A REHABILITAR

No.de Tramo	Descripción	Longitud tramo (m)	UTM WGS84–18S Este (x)	Norte (y)	Altitud (msnm)
1	BARRAJE AZUD	11.75	298780.1608	8755753.631	2103.174
			298786.6776	8755761.712	2103.174
2	MURO ENCAUZAMIENTO MARGEN IZQUIERDA	18.7	298771.9997	8755759.151	2102.30
	MURO ENCAUZAMIENTO MARGEN DERECHA	29.8	298795.248	8755737.729	2101.50
			298785.6206	8755770.018	2101.70
			298795.1562	8755754.881	2099.90
3	ENROCADO PROTECCION AGUAS ARRIBA IZQ.	12	298783.269	8755780.958	2105.40
			298785.786	8755770.082	2103.00
	ENROCADO PROTECCION AGUAS ARRIBA DER.	12	298767.487	8755769.614	2105.40
			298773.180	8755759.610	2103.00
	ENROCADO PROTECCION AGUAS ABAJO IZQ.	20.4	298795.5293	8755738.12	2101.93
			298804.1284	8755732.005	2098.70
	ENROCADO PROTECCION AGUAS ABAJO DER.	13	298795.1562	8755754.881	2100.13
			298811.3629	8755742.179	2098.17
4.1	TOMA	1.4	298780.8867	8755754.319	2102.53
			298779.8712	8755753.355	2102.53
4.2	DESRRIPIADOR	1.6	298781.7915	8755749.944	2102.34
			298783.3643	8755749.674	2102.10
4.3	CANAL APROXIMACION	16.6	298779.8712	8755753.355	2102.53
			298784.6507	8755745.464	2102.45
4.4	DESARENADOR	6.1	298784.6507	8755745.464	2102.45
			298788.1707	8755740.482	2101.75
4.5	VERTEDERO	4.5	298785.9966	8755744.945	2101.75
			298786.824	8755740.944	2101.08
4.6	CAJA DE CARGA	1	298788.1707	8755740.482	2101.75
			298788.7477	8755739.665	2101.85

CUADRO UBICACION DE MONUMENTOS

DESCRIPCION	PUNTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (m.s.n.m.)
PTO GEODESICO	LIM06320	298784.560	8755780.662	2108.086
BMS	BM-1	298760.927	8755763.146	2106.387
	BM-2	298794.473	8755759.227	2103.422

DATUM: WGS84

LIM06320
2108.086

PROTECCION ENROCADO
AGUAS ARRIBA
MARGEN IZQ. 12m

MURO DE ENCAUZAMIENTO
MARGEN IZQUIERDO 18.7m

BM-2
1964.299

PROTECCION ENROCADO
AGUAS ABAJO
MARGEN IZQ. 20.4m

AZUD

PROTECCION ENROCADO
AGUAS ARRIBA
MARGEN DER. 12m

BM-1
2106.387

TOMA

MURO DE ENCAUZAMIENTO
MARGEN DERECHO 29.8m

DESRRIPIADOR
1.6m

CANAL APROXIMACION
9.5m

DESARENADOR
6.1m

VERTEDERO
4.9m

RIO LAMPIAN
S=0.1158m/m

CARRETERA ACOS A LAMPIAN

PROTECCION ENROCADO
AGUAS ABAJO
MARGEN DER. 13.0m

CAJA DE CARGA
1m

EMPALME A TUBERIA EXISTENTE
HDPE, ø 200mm

CANAL EXISTENTE
CON TUBERIA HDPE, ø 200mm

CANAL DE CONDUCCION EXISTE

LEYENDA
- TROCHA CARROZABLE
- CAUCE DE RIO
- CANAL APROXIMACION
- PUNTO GEODESICO LIM06320
- BMS

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PIEDRA
La piedra será sólida, resistente y sin trazas de esquistosidad, de tamaños similares.

MORTERO DE CEMENTO
mezcla de cemento y arena gruesa en proporcion, C:A, 1:3.

MADERA
se colocara madera en caras interiores de muros no caravista, segun forma de estructura.

CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO = 4.7 kg/cm2

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

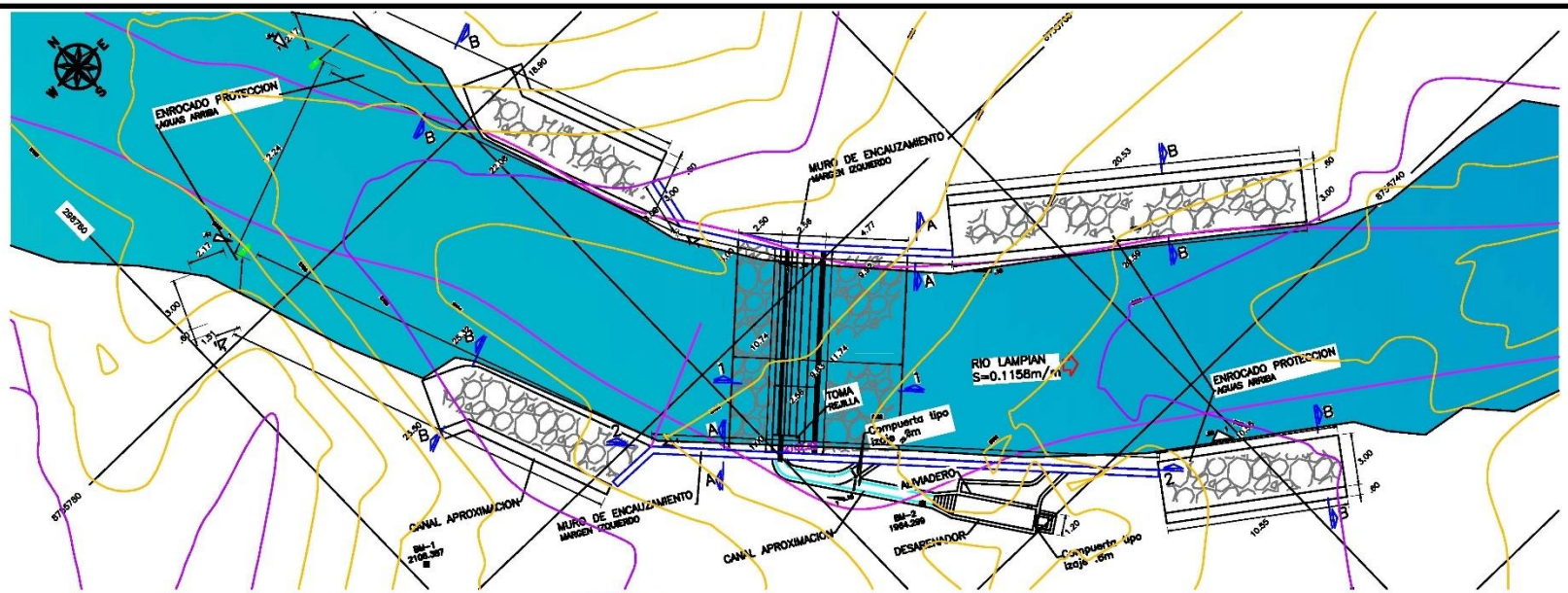
TESIS: DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

LOCALIDAD: LAMPIAN | DISTRITO: LAMPIAN | PROVINCIA: HUARAL | REGION: LIMA

PLANO: PLANO CLAVE SECTOR RUMOJ
BOCATOMA RUMOJ RIO LAMPIAN

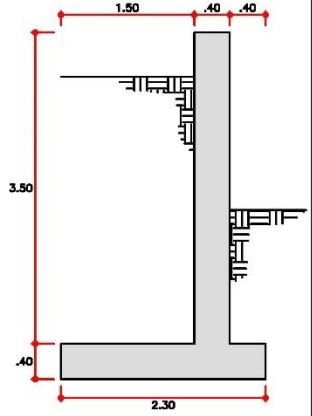
TESISTAS
DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES
EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

ESCALA: INDICADA | FECHA: SET 2023 | DIBUJO: DECF - EAHG



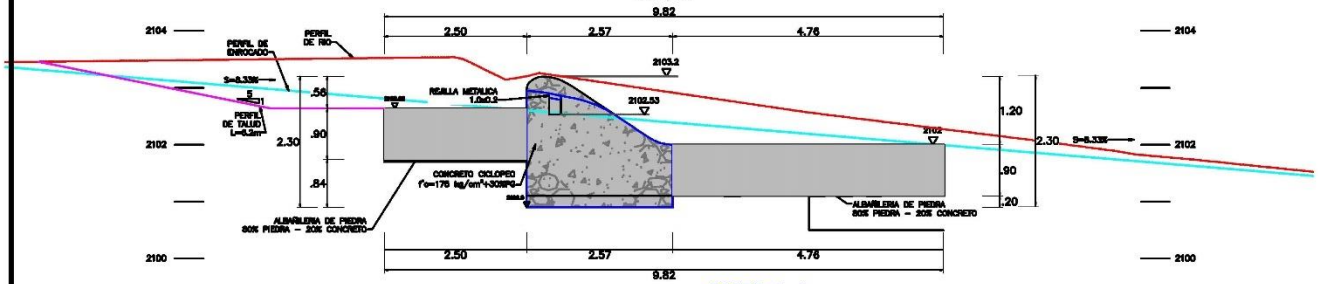
SECCION DE MURO DE ENCAUZAMIENTO (A–A)

ESC:1/50



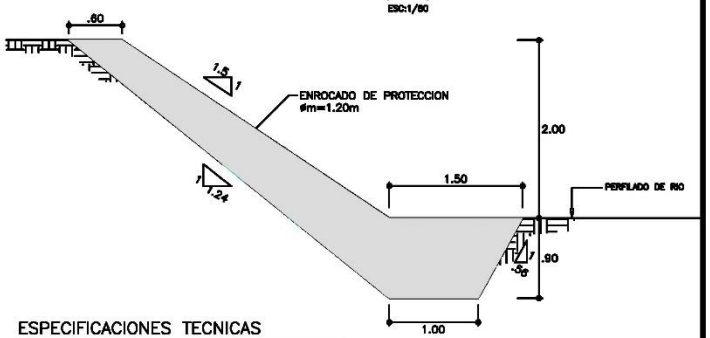
CORTE A–A

ESC:1/125



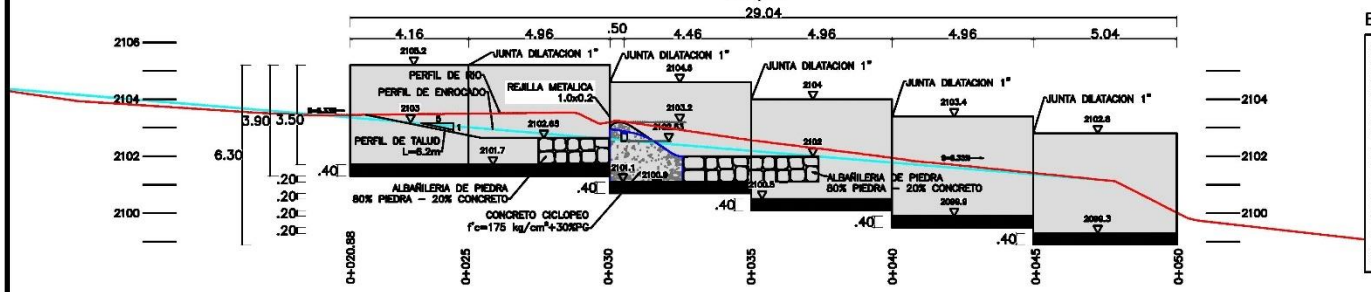
SECCION DE ENROCADO (B–B)

ESC:1/50



CORTE A–A

ESC:1/250



ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO
f'c=280 kg/cm2 estructural
f'c=175 kg/cm2+30%PG ciclopeo
f'c=100 kg/cm2 solado
ACERO
Grado 60, f'y=4200 kg/cm2
Traslape: 36 veces el diámetro de refuerzo
Lt>0.30m traslape mínimo 0.30m
RECUBRIMIENTOS MINIMOS
Contacto con agua = 4cm
Contacto con terreno= 7.5cm
JUNTAS
Junta dilatación cada 9m de waterstop 6"
Junta contracción cada 3m de sello elastomérico 1"
CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO = 5.52 kg/cm2

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

LOCALIDAD: LAMPIAN | DISTRITO: LAMPIAN | PROVINCIA: HUARAL | REGION: LIMA

PLANO: CAPTACION SECTOR RUMOJ PLANTAS, SECCIONES Y DETALLES

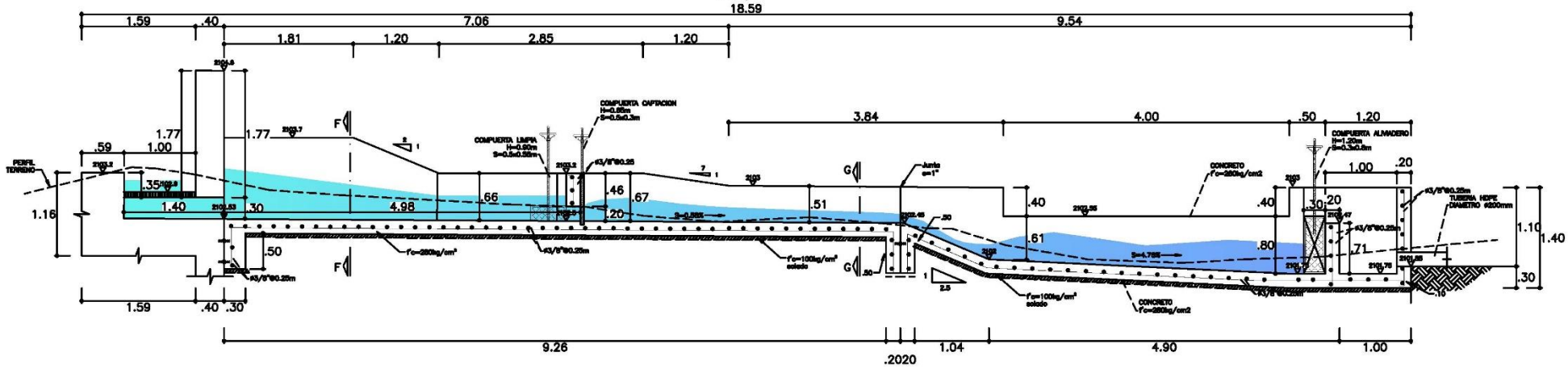
TESISTAS: DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES, EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

ESCALA: INDICADA | FECHA: SET 2023 | DIBUJO: DECF - EAHG

P - 12

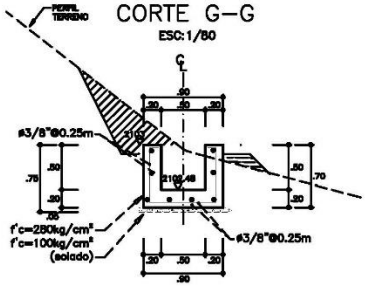
CORTE C–C

ESC: 1/80



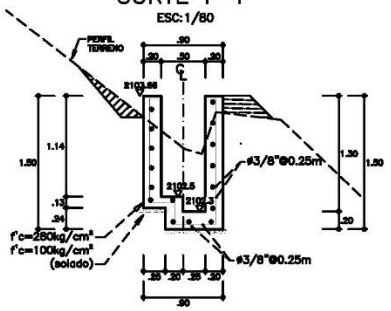
CORTE G–G

ESC: 1/80



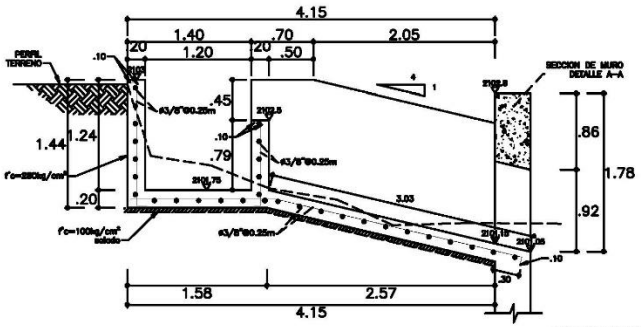
CORTE F–F

ESC: 1/80



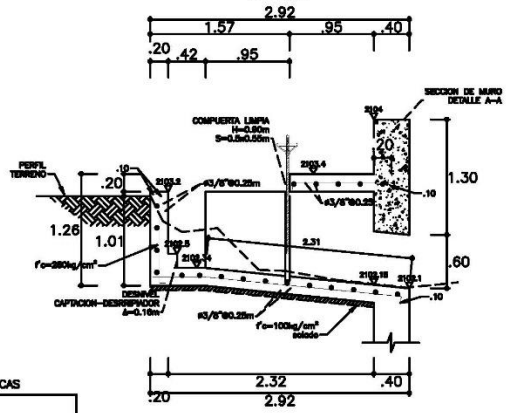
CORTE E–E

ESC: 1/80



CORTE D–D

ESC: 1/80

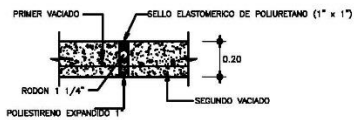


ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO
f'c=280 kg/cm2 estructural
f'c=175 kg/cm2+30%P/G ciclopeo
f'c=100 kg/cm2 solado
ACERO
Grado 60, fy=4200 kg/cm2
Traslapo 30 veces el diámetro de refuerzo
Ld>0.30m traslapo mínimo 0.30m
RECUBRIMIENTOS MINIMOS
Contacto con agua = 4cm
Contacto con terreno= 7.5cm
JUNTAS
Junta dilatación cada 5m de volumetrico 0"
Junta contracción cada 3m de mismo diametrados 1"
CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO = 1.52 kg/cm2

JUNTA DE DILATACIÓN CADA 5m

ESC: 1/20



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

LOCALIDAD: LAMPIAN | DISTRITO: LAMPIAN | PROVINCIA: HUARAL | REGION: LIMA

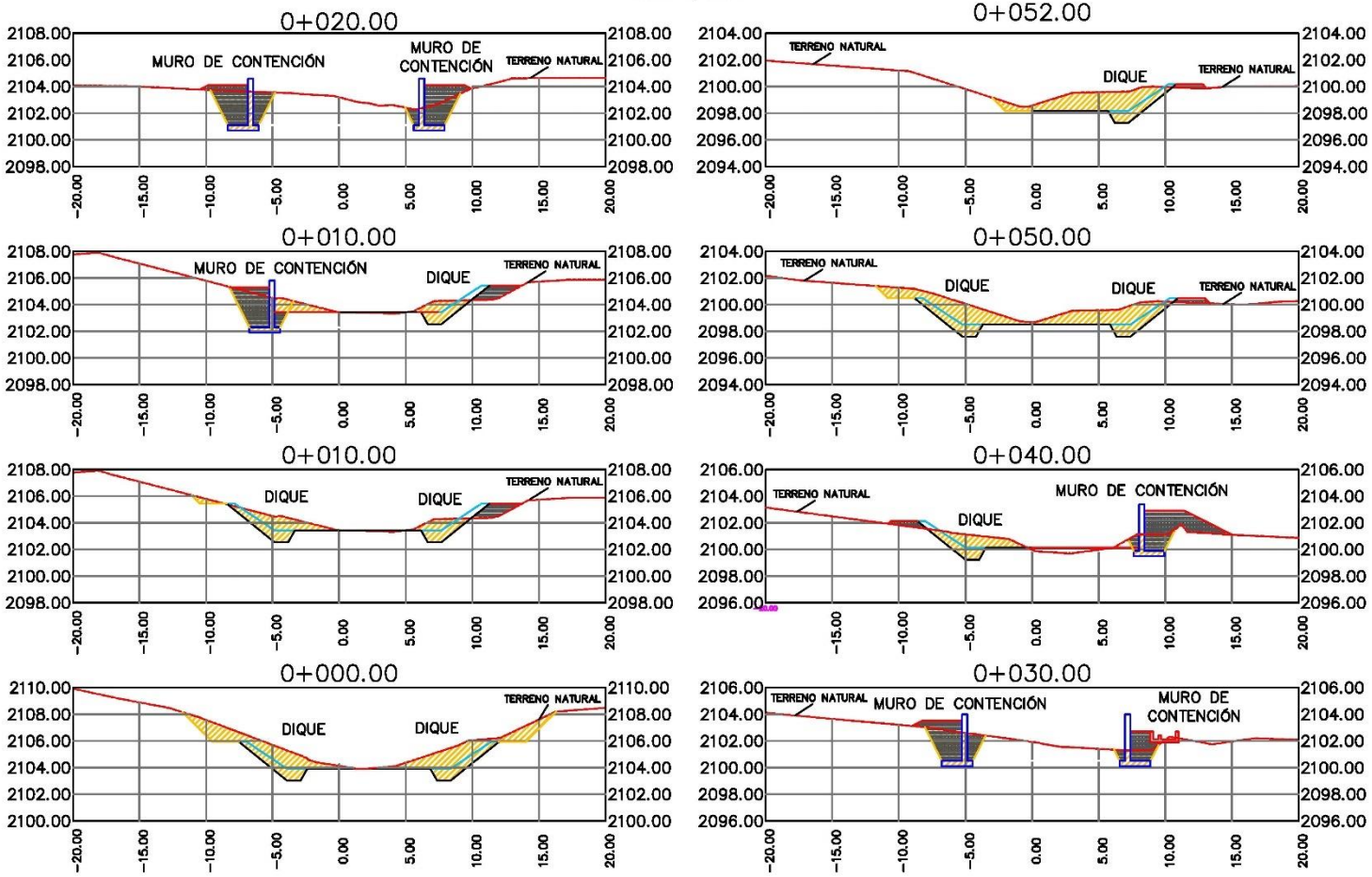
PLANO: CAPTACION SECTOR RUMOJ VERTEDERO, LIMPIA Y CARGA
CORTES Y DETALLES

TESISTAS: DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES
EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

ESCALA: INDICADA | FECHA: SET 2023 | DIBUJO: DECF - EAHG

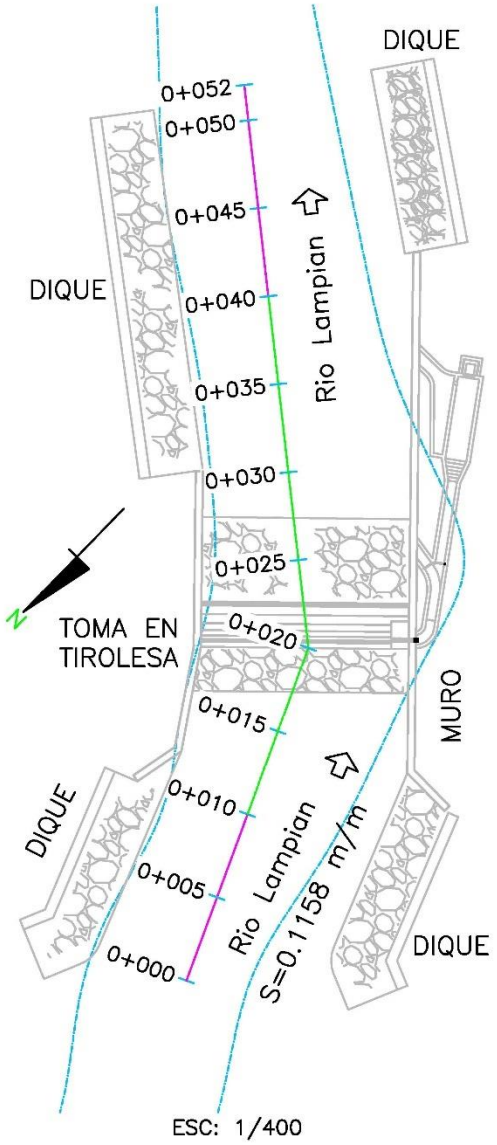
SECCIONES TRANSVERSALES

ESC: 1/500



MOVIMIENTO TIERRA – MURO ENROCADO
VOL. CORTE: 237.41 M3
VOL. RELLENO: 206.30 M3

MOVIMIENTO TIERRA – MURO ENCAUZAMIENTO
VOL. CORTE: 217.97 M3
VOL. RELLENO: 29.94 M3



ESC: 1/400

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA EN LOS SECTORES CANCHAPILCA BAJA Y RUMOJ, DISTRITO DE LAMPIÁN, HUARAL, LIMA

LOCALIDAD: LAMPIAN | DISTRITO: LAMPIAN | PROVINCIA: HUARAL | REGION: LIMA

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES
SECTOR RUMOJ
RIO LAMPIAN PROG. 0+000 - 0+062 KM

TESISTAS
DIEGO ENRRIQUE CAMPOS FLORES
EVAIR ALBERTO HURTADO GONZALES

ESCALA: INDICADA | FECHA: SET 2023 | DIBUJO: DECF - EAHG

8.4. Anexo D: Fichas y cuestionarios para recopilación de datos

Figura D 1

Cuestionario de aplicación (parte 1)

ENCUESTA SOCIOECONÓMICA RÁPIDA-LAMPIAN-CANCHAPILCA

I. INFORMACIÓN DEL (DE LA) JEFE DE FAMILIA

1. Persona Entrevistada (jefe del hogar): Padre ( ) Madre ( ) otro

Dirección: _____

2. Edad

Menos de 39 años ( ) De 40 a 55 años ( ) Más de 56 años ( )

3. Grado de Instrucción

Primaria ( ) Secundaria ( ) Otro (_____)

4. Número de hijos dependientes

De 1 a 3 ( ) de 4 a más ( ) Otro_____

5. Ocupación

Agricultor ( ) Empleado ( ) Jornalero ( )

II. INFORMACIÓN SOBRE SU VIVIENDA

6. Tenencia : Propia ( ) Alquilada ( ) Guardianía ( )

7. Apreciación: La vivienda pertenece a nivel SE: Alto ( ) Medio ( ) Bajo ( )

Material: adobe ( ) Material noble ( ) quincha ( ) Madera ( ) Estera ( )

III. INFORMACION SOBRE ENERGIA ELECTRICA

8.- Cuenta con servicio de energía eléctrica? Si es si ¿Qué empresa lo brinda?

Sil ( ) No ( ) Empresa(_____)

9. El uso de energía eléctrica es para: Alumbrado público( ) Alumbrado vivienda( )

Negocio( ) Industria artesanal( )

10. Tiene medidor el servicio? Si( ) No( ) Si es no, pase a la pregunta N°12

11. El servicio es provisional? Si( ) No( )

12. El servicio lo toma libre del cableado Si( ) No( )

IV. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

13. ¿Dispone de agua potable? SI _____NO_____ Si es si Cuántos días a la semana? _____

14. Cuántas horas cada vez?: _____

Nota: Elaboración propia.

Figura D 2

Cuestionario de aplicación (parte 2)

15. ¿Paga usted por éste servicio de agua?: si ( ) no ( ) Si es si, pasar a la pregunta N° 17

16. Si es no, ¿Por qué?: _____

17. A qué empresa: (_____)

18. La cantidad de agua que recibe es: suficiente ( ) insuficiente ( ) Pasa a la pregunta N°21

19. La calidad del agua es: buena ( ) mala( ) regular( )

20. ¿Se abastece de otra fuente distinta a la Red pública?: si ( ) no ( ) Si es si, ¿Cuál es la otra fuente?:

a. Río/lago ( ) b. Pileta pública ( ) c. Camión Cisterna( )

d. acequia ( ) e. Manantial ( ) f. Pozo ( )

g. Vecino ( ) h. Lluvia ( ) i. Otro_____

21. ¿Paga usted alguna cuota mensual por usar el agua de esta fuente?: si ( ) no ( )

22. ¿En qué ocasiones se abastece de esta otra fuente?: a. permanentemente ( )

V. INFORMACION SOBRE EL SANEAMIENTO

23. ¿Tiene conexión al sistema de desagüe?: si ( ) no ( ) Si es no, pasar a la pregunta N°25

24. Si es si, ¿Paga alguna cuota por este servicio?: si ( ) no ( ) Cuanto?_____

25. ¿Usted dispone de una letrina? si ( ) no ( )

26. ¿Estaría interesado en contar con letrina, alcantarillado o desague? si ( ) no ( )

VI. INFORMACION SOBRE EDUCACIÓN

27. ¿Qué nivel de educación ha alcanzado?

Sin nivel( ) Inicial( ) Primaria ( ) Secundaria( )

Secundaria incompleta( ) Universitaria( ) Universitaria incompleta( )

Otro (_____)

28 Qué familiar ha alcanzado el mayor grado de estudios?

Papá( ) Mamá( ) Hijo( ) Hija( )

Nieto ( ) Hijastro( ) Otro (_____)

29. Tiene familiares mujeres que asisten a una institución educativa, actualmente?

Si( ) No( ) Si es si, Cuántos( ) qué edad tienen(_____)

Nivel (_____) En el distrito( ) Otro distrito( )

30. Tiene familiares varones que asisten a una institución educativa, actualmente?

Nota: Elaboración propia.

Figura D 3

Cuestionario de aplicación (parte 3)

Si( ) No( ) Si es si, Cuántos( ) qué edad tienen(_____)

Nivel (_____) En el distrito( ) Otro distrito( )

31. Cuántas instituciones educativas existen en la localidad?

Inicial( ) Primaria( ) Secundaria( ) Universidad(_____)

Instituto Técnico(_____) Otro (_____)

VII. INFORMACION SOBRE SALUD

32. ¿Está afiliado a algún tipo de Seguro de Salud?

SIS( ) ESSALUD( ) Seguro de fuerzas policiales( )

Seguro privado( ) Otro seguro(_____)

33. Cuál es el sexo y relación de parentesco con el jefe o jefa del hogar afiliado al seguro de salud y cuál es su ocupación?

Femenino( ) Masculino( ) Estado civil(__) Ocupación(_____)

34. Instituto de Salud de mayor jerarquía existente en su localidad?

Posta Médica( ) Hospital ( ) Centro de Salud ( )

VIII. INFORMACION SOBRE EL USO DEL CANAL DE AGUA

35. Cuál es su condición, en cuanto a los terrenos, al hacer uso del canal de agua para riego?

Propietario ( ) Arrendatario( ) Guardián( ) Societario( )

Peón ( )

36. Qué cultivos siembra:

Frutales (plátano, lima, uvas)_____

Hortalizas (calabaza, zanahoria, zapallo)_____

Pan llevar (frijol, yuca, camote, maíz)_____

Otros_____

37. Paga por el uso del agua del canal? Si( ) No( )

38. Monto aproximado de pago por Ha de riego:

_____

39. Cuánto paga por el alquiler del terreno?

Menos de 1000 soles/campaña ( ) de 1001 a 1500 soles/campaña ( )

Otro_____

40. Cuántas Has. Riega por campaña? : Menos de 3 Has ( ) De 3 a 7 Has( ) Más de 7 Has ( )

_____

Nota: Elaboración propia.

8.5. Anexo E: Panel fotográfico

Figura E 1

Entrada al distrito de Lampian.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 2

Reunión con la Comunidad Campesina de Lampián – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 3

Reunión con la Comunidad Campesina de Lampián – Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 4

Vista de zona de estudio – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 5

Depósitos aluviales en sector Canchapilca Baja (500 m aguas arriba).



Nota: Elaboración propia.

Figura E 6

Depósitos aluviales en sector Canchapilca Baja (500 m aguas abajo).



Nota: Elaboración propia.

Figura E 7

Cámara de carga existente – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 8

Línea de conducción existente – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 9

Salida de agua – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 10

Vista panorámica del desarenador existente – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 11

Punto A de poligonal – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 12

Punto B de poligonal – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 13

Punto C de poligonal – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 14

Punto BM1 – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 15

Punto BM2 – Sector Canchapilca Baja.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 16

Entrada al sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 17

Tubería de conducción existente - Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 18

Punto A de poligonal - Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 19

Punto B de poligonal - Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 20

Punto C de poligonal - Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 21

Punto BM1 - Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.

Figura E 22

Punto BM2 - Sector Rumoj.



Nota: Elaboración propia.