FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

"DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA- EL CORAZÓN- PANGUA- COTOPAXI."

AUTORA:

DANIA GABRIELA COSTALES IGLESIAS

DIRECTOR:

MSC. ING. EDDY SÁNCHEZ M.B.A.

QUITO, OCTUBRE 2022

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios y a la Madre Dolorosa quien con su manto me protegió y guio mis pasos para llegar a ser la persona quien me he convertido hasta el día de hoy.

A mis padres por siempre ser un apoyo en todo momento, enseñarme a ser perseverante y no darme por vencida ante ninguna situación en especial a mi mamita Geoconda mi mayor ejemplo a seguir. Le agradezco por darme todo, enseñanzas, consejos y su apoyo incondicional para culminar con éxito esta meta.

A mi hermana Andrea por estar a mi lado en todo momento y ser una motivación para seguir adelante cada día y creer en mí.

A mi abuelita Rosita y mi papá Luis quienes hoy no están a mi lado y que hubiera deseado que estén en este día, los cuales guardaban la ilusión de verme alcanzar esta meta.

A mis amigos los cuales he conocido a lo largo de la carrera y se convirtieron en mis hermanos quienes me apoyaron, cuidaron, motivaron a seguir adelante pese a las adversidades en especial a David G., Ricardo M., Sebastián Z. y Miguel M.

A la universidad por abrirme las puertas y hacerme parte de ella.
A mi director de tesis Ing. Eddy Sánchez y correctores la Dra. Patricia Garcés y al Ing. Carlos Navas, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como su dedicación, paciencia y tiempo para el desarrollo de la presente tesis.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, hermana, abuelita y tías pues ellos han sido pilar fundamental para llegar a esta meta quienes con su granito de arena aportaron de diferente forma.

Los amo.

Dania Gabriela Costales Iglesias

CONTENIDO

INDICE DE IMAGENES 12

INDICE DE TABLAS 16

INDICE DE GRAFICOS 23

CAPITULO I: GENERALIDADES 24

1.1. Introducción 24

1.2. Justificación 25

1.3. Alcance 26

1.4. Objetivos 26

1.4.1. Objetivo General 26

1.4.2. Objetivos Específicos 27

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 28

2. 2.1. Información general 28

2.1.1. Ubicación geográfica 30

2.1.2. Aspectos socioeconómicos 33

2.1.2.1. Economía 33

2.1.2.2. Agricultura 34

2.1.3. Análisis demográfico 36

2.1.3.1. Población 36

2.1.3.2. Distribución de la población por sexo y edad 37

2.1.3.3. Densidad poblacional 38

2.1.4. Sistema de abastecimiento de agua 39

2.1.5. Redes viales y transporte 42

2.1.6. Conectividad..... 44

2.2. Componente biofísico 47

2.2.1. Componente Agua 47

2.2.1.1. Cantidad y calidad de los recursos hídricos..... 47

2.2.1.2. Cuencas hidrográficas..... 48

2.2.2. Clima..... 57

2.2.3. Precipitaciones 60

2.2.4. Temperatura 63

2.2.5. Relieve..... 65

2.2.5.1. Geomorfología..... 65

2.2.6. Suelos 67

2.2.6.1. Pendiente del suelo..... 67

2.2.7. Cultivos predominantes 71

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO..... 73

3.1. Componentes Hidrológicos 73

3.1.1. Hidrología..... 73

3.1.1.1. Hidrología Agrícola..... 74

3.1.2. Clima..... 74

3.1.2.1. Agroclimatología..... 75

3.1.3. Precipitación..... 75

3.1.4. Temperatura 77

3.1.4.1. Temperatura máxima..... 78

3.1.4.2. Temperatura mínima 78

3.1.5. Humedad 78

3.1.5.1. Índices de humedad 79

3.1.6. Nubosidad..... 79

3.1.7. Viento..... 80

3.1.8. Heliofanía 82

3.1.9. Relieve..... 82

3.2. Necesidad agua de los cultivos.....83

3.2.1. Características del suelo..... 83

3.2.1.1. Textura 84

3.2.1.2. Estructura..... 86

3.2.1.3. Profundidad de enraizamiento 86

3.2.1.4. Pendiente 88

3.2.1.5. Erosión..... 89

3.2.1.6. Drenaje 90

3.2.1.7. Presencia de moteados..... 91

3.2.1.8. Permeabilidad 91

3.2.1.9. Carbonatos 92

3.2.1.10. Ph **93**

3.2.2. Transpiración **93**

3.2.3. Evaporación **94**

3.2.4. Evapotranspiración **95**

3.2.4.1. Evapotranspiración real **96**

3.2.4.2. Evapotranspiración potencial o de referencia (ETP) **96**

3.2.4.3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto) **97**

3.2.5. Patrón de cultivos **102**

3.2.5.1. Patrón múltiple **103**

3.2.5.2. Patrón secuencial **103**

3.2.5.3. Patrón entre cultivos **103**

3.3. Análisis de la demanda de agua para riego 103

3.3.1. Sistema de riego **108**

3.3.1.1. Riego por goteo **108**

3.3.1.2. Riego por aspersión **109**

3.3.1.3. Riego por gravedad **110**

3.3.1.4. Riego por Inundación **111**

3.3.2. Fuente de agua **112**

3.3.2.1. Superficiales **113**

3.3.2.2. Subterráneas **113**

3.3.2.3. Aguas residuales **113**

3.3.3. Componentes 113

3.3.3.1. Embalse de regulación 113

3.3.3.2. Cabezal de riego 114

3.3.3.3. Red de riego 114

3.4. Diseño de obras de infraestructura 114

3.4.1. Tipos de obras de captación 115

3.4.1.1. Captación sin barreras 115

3.4.1.2. Captación con barreras 115

3.4.2. Ubicación de la obra de infraestructura 116

3.5. Diseño hidráulico 117

3.5.1. Vertederos y barreras 117

3.5.1.1. Barreras con cresta no afilada 119

3.5.1.2. Cresta tipo plana 120

3.5.1.3. Crestas redondas 123

3.5.2. Compuerta 127

3.5.2.1. Tipos de compuerta y sus funciones 127

3.5.2.2. Comportamiento hidráulico 129

3.5.3. Tipo de rejilla y toma 130

3.5.3.1. Toma directa 130

3.5.3.2. Toma lateral 131

3.5.4. Desarenador 136

3.5.4.1. Clasificación 136

3.5.4.2. Partes de un desarenador..... 137

3.5.4.3. Diseño hidráulico 138

3.5.5. Obra de conducción..... 142

3.5.5.1. Tubería 143

3.5.5.2. Sifón 143

3.5.5.3. Reservorio..... 144

3.6. Marco legal.....144

3.6.1. Constitución de la República del Ecuador 2008 145

3.6.2. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua 145

3.6.3. Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua..... 146

3.6.4. Plan nacional de riego y drenaje 146

CAPITULO IV: CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA RIEGO..... 150

4.1. Descripción de la cuenca hidrográfica.....150

4.2. Datos sobre las necesidades de agua de los cultivos.....150

4.2.1. Cálculo de la evapotranspiración..... 150

4.2.2. Características de los cultivos 154

4.2.2.2. Suelo 164

4.2.2.3. Programación de riego de cultivos 171

4.3. Cálculo de la demanda de agua del proyecto 173

CAPÍTULO V: DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR TUBERIA 177

5.1. Captación.....177

5.1.1. Descripción de la obra de captación 177

5.1.2. Criterios de diseño..... 178

5.1.2.1. Diseño de rejilla 178

5.1.2.2. Parámetros de diseño 178

5.1.2.3. Diseño del azud 179

5.2. Diseño de los elementos de la toma 181

5.2.1. Cálculo del caudal de diseño..... 181

5.2.2. Diseño del azud 192

5.2.3. Perfil del azud tipo cimacio..... 192

5.2.4. Diseño de rejilla 208

5.2.5. Desripiador..... 212

5.2.6. Vertedero de excesos 216

5.2.7. Tanque de carga..... 217

5.2.8. Tanque rompe presión 219

5.2.9. Disipador de energía..... 223

5.3. Conducción y distribución principal.....232

5.3.1. Criterios de diseño.....232

5.3.1.1. Velocidad 232

5.3.1.2. Diámetro de la tubería 233

5.3.1.4. Accesorios 236

5.3.2. Análisis hidráulico 237

5.3.2.1. Reservorio 237

5.3.2.2. Criterios de diseño 237

5.4. Red primaria y secundaria 240

5.4.1. Criterios de diseño.....240

5.4.2. Análisis hidráulico.....240

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 244

6.1. Conclusiones.....244

6.2. Recomendaciones.....245

6.3. Bibliografía.....245

6.4. Anexos.....262

6.4.1. ANEXO 1..... 262

6.4.2. ANEXO 2. Distribución 1 265

INDICE DE IMAGENES

Ilustración 1. Ubicación del cantón Pangua..... 31

Ilustración 2. División política del cantón Pangua. 32

Ilustración 3.Principales cultivos de la zona media del cantón Pangua..... 35

Ilustración 4. Mercado municipal "El Corazón" cantón Pangua 36

Ilustración 5. Mapa vial urbano El Corazón. 43

Ilustración 6. Conectividad vial del cantón Pangua..... 45

Ilustración 7. Conectividad vial del cantón Pangua..... 46

Ilustración 8. Microcuencas y vertientes de agua. 51

Ilustración 9. Microcuenca Hidrográfica del cantón Pangua..... 53

Ilustración 10. Déficit Hídrico del cantón Pangua..... 56

Ilustración 11. Clima del cantón Pangua. 59

Ilustración 12. Precipitaciones del cantón Pangua..... 62

Ilustración 13. Rango de temperaturas del cantón Pangua. 64

Ilustración 14. Relieve del cantón Pangua..... 66

Ilustración 15. Rango de pendientes de cantón Pangua..... 69

Ilustración 16. Textura del cantón Pangua..... 70

Ilustración 17. Cultivos predominantes del cantón Pangua..... 72

Ilustración 18. Principales tipos de precipitación: Convectiva, orográfica y frontales. 76

Ilustración 19. Triangulo de textura del suelo 85

Ilustración 20. Relación consumo de agua y profundidad de las raíces. 87

Ilustración 21. Permeabilidad del suelo. 92

Ilustración 22.Balance hídrico en el suelo de la zona radicular. 100

Ilustración 23.Consumo de agua mensual del cultivo y promedio de las lluvias mensuales. 105

Ilustración 24. Riego por goteo 109

Ilustración 25. Riego por Aspersión. 110

Ilustración 26.Riego por gravedad. 111

Ilustración 27. Riego por inundación 112

Ilustración 28. Tipos de barreras 118

Ilustración 29. Aliviadero con cresta de tipo plana. 122

Ilustración 30.Cresta redonda. 123

Ilustración 31. Aliviadero de cresta redondeada. 124

Ilustración 32. Cresta presentada por Murphy (USACE). 125

Ilustración 33. Cresta (USBR). 126

Ilustración 34. Altura del flujo con el coeficiente de descarga. 127

Ilustración 35. Partes de la compuerta radial. 128

Ilustración 36. Esquema de compuerta plana deslizante 129

Ilustración 37. Esquema de compuerta tipo Flap. 129

Ilustración 38. Esquema de Toma lateral 133

Ilustración 39. Rejilla de fondo 135

Ilustración 40. Factores μ de contracción de las rejillas 135

Ilustración 41.Desarenador. 136

Ilustración 42. Partes de un desarenador. 138

Ilustración 43. Profundidad de los cultivos. 158

Ilustración 44. Cultivo de caña de azúcar. 162

Ilustración 45.Cultivo de papa. 162

Ilustración 46. Cultivo de lechuga. 163

Ilustración 47. Cultivo de pasto 163

Ilustración 48. Cultivo de plátano 164

Ilustración 49. Características del suelo. 168

Ilustración 50. Datos obtenidos por el programa. 168

Ilustración 51. Características del suelo. 171

Ilustración 52. Esquema de la cresta. 180

Ilustración 53. Altura de flujo con el coeficiente de descarga. 181

Ilustración 54. Área de la cuenca. 183

Ilustración 55. Recorrido de la cuenca 184

Ilustración 56. Abaco para k. 196

Ilustración 57. Abaco para k. 196

Ilustración 58. Graficas para el cálculo de aguas arriba. 199

Ilustración 59. Esquema de rejilla 209

Ilustración 60. Esquema de dentellones, zampeado. 228

Ilustración 61.Volumen de un trapecio..... 239

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales actividades económicas. 33

Tabla 2. Distribución de la población por edad y sexo. 38

Tabla 3. Tipos de conexión de Agua a predio. 40

Tabla 4. Procedencia de agua del cantón Pangua. 41

Tabla 5. Conectividad Interprovincial. 44

Tabla 6. Microcuenca Hidrográfica. 52

Tabla 7. Déficit Hídrico. 54

Tabla 8. Tipos de clima 57

Tabla 9. Precipitaciones del cantón Pangua. 61

Tabla 10. Rango de temperaturas. 63

Tabla 11. Rango de pendientes. 68

Tabla 12 Tipos de relieve 83

Tabla 13. Clasificación de la textura según su tamaño. 84

Tabla 14. Efectos de la textura sobre las propiedades del suelo. 86

Tabla 15. Tipos de profundidad. 88

Tabla 16. Clases de pendientes. 88

Tabla 17. Clases de drenaje en los suelos. 91

Tabla 18. Elementos del clima, recursos y riego de la actividad agrícola. 99

Tabla 19. Factores de diferentes laminas netas 106

Tabla 20. Fórmulas para el cálculo de CD (aliviadero con cresta del tipo plana). 121

Tabla 21. Valores de coeficiente de sedimentación. 139

Tabla 22. Coeficiente de seguridad K. 142

Tabla 23. Datos climatológicos (Estación SAN JUAN-LA MANA) y ETo. ... 152

Tabla 24. Precipitación mensual y resultado de la precipitación efectiva. 153

Tabla 25. Porcentaje relativo del área de cultivos de la conducción 1. 154

Tabla 26.Porcentaje relativo del área de cultivos de la conducción 2-Ramal 1. 154

Tabla 27.Porcentaje relativo del área de cultivos de la conducción 2-Ramal 2. 155

Tabla 28. Porcentaje relativo del área de cultivos de la conducción 155

Tabla 29. Fecha de siembra y cosecha de los cultivos..... 156

Tabla 30. Coeficientes de cultivos(kc). 157

Tabla 31. Etapa de crecimiento(días) y Profundidad radicular de los cultivos. 158

Tabla 32. Fracción de agotamiento de la humedad en el suelo(p) para condiciones sin estrés hídrico. 159

Tabla 33. Valores calculados de Etc. 160

Tabla 34. Agotamiento critico calculados. 160

Tabla 35. Coeficientes estacionales de respuesta de la productividad. 161

Tabla 36.Altura del cultivo. 161

Tabla 37. Valores promedios de las propiedades físicas de los suelos según la textura. 165

Tabla 38. Niveles de salinidad de suelo. 165

Tabla 39. Niveles de contenido orgánico del suelo. 166

Tabla 40. Categorías de pedregosidad en los suelos. 167

Tabla 41. Características del suelo. 167

Tabla 42. Descripción de las características del programa "Soil Water Characteristics" 170

Tabla 43. Datos que se introducirán en el software Cropwat. 170

Tabla 44. Demanda total. 171

Tabla 45. Distribución 1 172

Tabla 46. Distribución 2 172

Tabla 47. Distribución 2- ramal 1 172

Tabla 48. Distribución 2- ramal 2 172

Tabla 49. Aprovechamiento de agua del sistema. 173

Tabla 50. Requerimiento de riego área real. 174

Tabla 51. Turnos de riego por días. 176

Tabla 52. Trazado de la cresta de un azud (USBR) y (USACE). 179

Tabla 53. Parámetro de la cuenca. 184

Tabla 54. Forma de la cuenca. 185

Tabla 55. Rangos aproximados del factor de forma. 185

Tabla 56. Coeficiente de escorrentía de Prevert (1986)..... 187

Tabla 57. Grupo hidrológico del suelo. 188

Tabla 58. Coeficiente de descarga. 189

Tabla 59. Tiempo de concentración (Tc)..... 190

Tabla 60. Datos de estación y captación..... 191

Tabla 61. Calculo para el coeficiente de descarga..... 194

Tabla 62. Datos obtenidos para el perfil Creager. 196

Tabla 63. Coordenadas para el perfil tipo Creager. 197

Tabla 64. Datos del perfil aguas arriba. 202

Tabla 65. Datos para el cálculo de aguas abajo. 203

Tabla 66.Puntos para la tangente. 204

Tabla 67. Datos del pie del azud..... 207

Tabla 68. Datos para el diseño de la rejilla..... 209

Tabla 69. Resultados..... 212

Tabla 70. Parámetros para el diseño. 213

Tabla 71. resultados del desripiador. 215

Tabla 72. Datos para el cálculo del vertedero..... 216

Tabla 73. Datos para el cálculo del tanque de carga..... 217

Tabla 74. Datos para el cálculo del tanque rompe presión. 219

Tabla 75. Datos para el cálculo de la compuerta. 222

Tabla 76. Resultado para el caudal de desboque. 223

Tabla 77. Datos para diseño..... 224

Tabla 78. Resultado para el disipador d energía..... 226

Tabla 79. Datos de entrada. Fuente: 228

Tabla 80. Valores para K..... 229

Tabla 81. Datos para el cálculo del Detelleon. 229

Tabla 82. Límites de velocidad permisibles para tuberías..... 233

Tabla 83. Resultado de los diámetros del proyecto. 234

Tabla 84. Valores del coeficiente C para Hanzen Williams..... 236

Tabla 85. Horario de distribución..... 242

Tabla 86. Distribución de agua..... 243

Tabla 87. Distribución 1. 263

Tabla 88. Distribución 2- ramal 1..... 263

Tabla 89.Distibucion 2- ramal 2. 264

Tabla 92. Demanda de los cultivos..... 265

Tabla 93. Velocidad del sistema..... 267

Tabla 94Presión Hidrostática del sistema..... 268

Tabla 95. Tabla de tanques rompe presiones..... 269

Tabla 96. Coordenadas de la distribución 1..... 272

Tabla 97. Demanda de los cultivos..... 273

Tabla 98.. Velocidad del sistema..... 275

Tabla 99. Presión Hidrostática del sistema..... 275

Tabla 100. Tanques rompe presiones. 276

Tabla 101. Demanda de los cultivos de lunes a miércoles. Distribución 1 277

Tabla 102.Demanda de los cultivos de jueves a domingo. Distribución 2..... 278

Tabla 103. Velocidad del sistema. 280

Tabla 104. Presión del sistema. 281

Tabla 105. Tanques rompe presiones. 281

Tabla 106. Velocidad del sistema. 283

Tabla 107 Presión del sistema. 284

Tabla 108Tanques rompe presiones. 284

Tabla 109. Velocidad del sistema. 286

Tabla 110. Presión del sistema. 287

Tabla 111. Tanques rompe presiones. 287

Tabla 112. Velocidad del sistema 289

Tabla 113. Presión del sistema. 290

Tabla 114. Tanques rompe presiones. 290

Tabla 115. Velocidad del sistema 292

Tabla 116. Presión del sistema. 292

Tabla 117. Tanques rompe presiones. 293

Tabla 118Velocidad del sistema 295

Tabla 119. Presión del sistema. 295

Tabla 120. Tanques rompe presiones. 296

Tabla 121. Velocidad del sistema 298

Tabla 122 Presión del sistema. 299

Tabla 123Tanques rompe presiones. 299

Tabla 124Velocidad del sistema 301

Tabla 125.Presión del sistema. 302

Tabla 126. Tanques rompe presiones. 303

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Proyección Poblacional del cantón Pangua. 37

Gráfico 2. Densidad Poblacional del cantón Pangua. 39

Gráfico 3. Tipo de conexión de agua a viviendas del cantón Pangua. 40

Gráfico 4. Procedencia del agua del cantón Pangua. 41

Gráfico 5. Vialidad El Corazón. 42

Gráfico 6. Tipos de clima. 58

Gráfico 7. Perfil Creager..... 198

Gráfico 8. Unión de los perfiles (aguas arriba-azud)..... 202

Gráfico 9. Tangente del perfil Creager. 205

Gráfico 10.Pie del azud..... 208

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

El agua es una parte fundamental para el sostenimiento y la reproducción agrícola que asevera una producción previsible. “Al aumentar la productividad, la gestión sostenible del agua contribuye a asegurar una producción mejor tanto para el consumo directo como para el comercio, favoreciendo así la producción de los excedentes económicos necesarios para elevar las economías rurales” (Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion , 2011).

Al mejorar la utilización del agua se obtendrá una mayor cantidad de cultivos por volumen de agua, es decir, al distribuir de mejor forma el agua aumentan los ingresos haciendo que aumente la productividad para la agricultura (Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion, 2002).

La estructura agrícola ecuatoriana es parte fundamental de la economía, no solo por la producción para satisfacción de las necesidades básicas sino también para los pequeños productores que aportan un 8% de la producción agrícola nacional (Ministerio de Agricultura y Ganaderia, 2019).

Los agricultores de la comunidad el Chaca pese a la industrialización de la agricultura se han adaptado sin depender de químicos, pesticidas, fertilizantes, etc., para obtener un crecimiento en la producción agrícola depende en gran medida de una correcta utilización de los recursos hídricos de la zona. Por ende, existe la necesidad de mejorar el sistema riego que conlleva el diseño de elementos fundamentales como: infraestructura, distribución y organización de agua.

El estudio que se realizó permitirá que la comunidad obtenga de forma autónoma y equitativa los caudales necesarios para los cultivos de esta forma se aprovechara de una manera más eficiente el agua de la fuente principal. El riego de agua otorga beneficios directos durante los periodos de sequía ya que se reduce

la dependencia y la incertidumbre de los patrones de lluvia, disminuyendo la variabilidad de la producción de las tierras irrigadas. Por lo tanto, el desarrollo del sistema permitirá que los agricultores obtengan mayor rendimiento de los cultivos enfrentando de esta forma la pobreza, hambre, inseguridad alimentaria y desnutrición.

1.2. Justificación

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a través de los grupos de Responsabilidad Social Universitaria (RSU-PUCE), determinaron necesidades que tiene la comunidad del Chaca, perteneciente a la parroquia El Corazón, cantón Pangua, provincia de Cotopaxi.

En las visitas de campo se pudo observar que la comunidad cuenta con una red de riego inconclusa y un reservorio no funcional, por lo que no se puede conectar el abastecimiento de agua a todos los cultivos existentes, afectando a la economía y condiciones de vida de los hogares del Chaca. Un sistema de riego proporciona seguridad productiva en la agricultura, mientras que un mal uso, puede producir el anegamiento y consecuentemente la reducción en el rendimiento de los cultivos.

"Según la información del Sistema de Información Agropecuario (SIAGRO) e Instituto Geofísico Militar (IGM) se convalidó las bases de datos del cantón Pangua, estableciéndose las zonas agro-productivas (ciclo corto, ciclo largo, pastizales); identificándose la aptitud agrícola con los siguientes parámetros: aptas para la agricultura (anuales de ciclo corto), aptas para la agricultura con limitaciones ligeras, aptas para la agricultura con mecanización difícil y aptas para la agricultura, mecanización y riego" (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015).

Los cultivos que se dan en esta zona son: naranja, cacao, caña de azúcar, plátano, maíz, yuca y fréjol. Según el IGM y el PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial) del cantón Pangua, en la comunidad del Chaca

encontramos una agricultura con limitaciones ligeras, mecanización especializada por las pendientes y con dificultad de riego. Hay un uso inadecuado e ilegal de los recursos hídricos a pesar de la alta pluviosidad existente en la zona, aproximadamente el 10% de las captaciones de agua son legales.

El recurso hídrico, es un elemento indispensable para la vida y cada día es más escaso, debido al crecimiento de la población, impacto ambiental de la zona o manejo inadecuado de los páramos por esta razón es necesario implementar proyectos con tecnología que optimicen y facilite el uso correcto del agua, como es el caso del presente proyecto.

Con la cual se busca satisfacer las necesidades didácticas que tienen los estudiantes para justificar la parte teórica que reciben en los distintos temas relacionados con la hidráulica, topografía, hidrología, etc. y de esta forma palpar lo que realmente sucede en un sistema hidráulico.

1.3. Alcance

Se realizará la evaluación y diseño hidráulico de la toma, conducción y red de distribución para el agua de riego de la junta del “Chaca” utilizando datos: geológicos, hidrológicos, climáticos, topográficos y sociológicos de la zona.

La información base es proporcionada por la Responsabilidad Social de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. En este proyecto se ejecutará, en base a diferentes bibliografías y estudios de campo sobre proyectos de conducción y distribución de agua, el diseño hidráulico del sistema de agua de riego para la comunidad del “Chaca”, teniendo en cuenta las necesidades de la comunidad beneficiaria. Una vez concluido el diseño se procederá a realizar los planos hidráulicos del plan de disertación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Realizar el diseño hidráulico del sistema de la captación, conducción y distribución de la red primaria y secundaria, para la repartir en forma eficiente y equitativa del agua de riego de la junta del “Chaca”.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Recopilar la información en fuentes bibliográficas técnicas, respecto al diseño hidráulico y estructural, para el sistema de agua de riego de la “Junta del Chaca”.

- Determinar la demanda de agua para los cultivos de la zona del proyecto, usando el software: Climwat y Cropwat.

- Describir las características relevantes del área del proyecto y cuantificar la demanda de agua para el riego.

- Realizar el diseño hidráulico de la toma, conducción y distribución de redes primarias y secundarias.

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. Información general

La parroquia urbana “El Corazón”, perteneciente al cantón Pangua, provincia de Cotopaxi, tiene una extensión de 16.299,04 hectáreas aproximadamente. El 8% de la población del cantón Pangua, se encuentra en la zona urbana mientras que aproximadamente el 92% se encuentra en la zona rural, lo que indica que la base de desarrollo del cantón es la producción agrícola (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Pangua, 2020).

Según el plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Pangua (2018), gracias a sus diferentes pisos climáticos le permite tener gran variedad de productos agrícolas, es así como se puede encontrar productos tanto de climas fríos como de templados y cálidos.

En su mayoría la zona Alta (1600 – 3600 msnm), la producción agropecuaria produce: mora, frejol, en una menor cantidad maíz, papa, melloco, trigo, cebada, habas, melloco, zanahoria, chochos, entre otros, existe pasto cultivado y remantes bosques naturales y primarios en su mayoría.

En la zona Media (700 - 1600 msnm), la mayor parte de los productos agrícolas que se dan en esta zona de clima templado son: frejol, maíz, caña de azúcar, entre otros productos

En la parte Baja (65 – 700 msnm), es una zona privilegiada debido a que la mayor parte es plana y se dan productos como: caco, críticos, mandarina, limón, plátano, palma africana, café, arroz, yuca, maracuyá, aguacate, papaya y en menor cantidad caña de azúcar(Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

La mayor parte de los cultivos que se dan en el Chaca son de caña de azúcar, este tipo de cultivo requiere que el suelo se mantenga a una humedad óptima desde el momento en el cual comienza a germinar y se establezca la cepa

y durante todo el desarrollo de la planta, esto permitirá que se reduzca las pérdidas en los cultivos. En cuanto la humedad, el control del agua es importante debido a que si existe un déficit o un exceso este causará efectos en los cultivos.

Cuando se tiene una falta de humedad se ve afectada la producción de la biomasa[1], así mismo, si está en crecimiento afecta a este desarrollo lo cual a su vez afecta a la venta de este producto. En cambio, si existe un exceso de humedad impide que la planta absorba todos los nutrientes del suelo ya que este estaría saturado. Por lo cual, tener un control del riego es importante para la producción del producto (Castillo Torres & Edison, 2004).

Gran parte de los sistemas de agua que se han construido de manera artesanal, no cuentan con los parámetros necesarios para un sistema de riego adecuado. Existen varios parámetros en los cuales, el presente plan de disertación se basará para un diseño apropiado como: estimar el consumo de agua de los cultivos hasta plantear técnicas de distribución y evaluación para un mejoramiento en la práctica de riego de los cultivos.

La problemática del proyecto nace de la necesidad de disponer de un sistema de captación y conducción que satisfaga las necesidades de riego de la comunidad el Chaca. Existen algunos estudios disgregados que no han ayudado a concluir correctamente las obras, dando como resultado una mala utilización de los recursos hídricos, evidenciándose la erosión progresiva del suelo, por flujo de agua en la tubería no concluida.

La toma de agua se encuentra a una distancia considerable de 5 km aproximadamente de las parcelas de riego. Además, la comunidad cuenta con un

[1] **Biomasa.** Tipo de energía renovable generada a partir de la combustión de materia orgánica.

tanque reservorio inútil y 30% de tubería ya construida, misma que llega al reservorio y no a las parcelas de cultivo.

2.1.1. Ubicación geográfica

La comunidad el Chaca donde se realizará el sistema de conducción está ubicado en El Corazón que pertenece al cantón Pangua, provincia de Cotopaxi. El cantón Pangua se encuentra al sur occidente de la provincia y en la parte occidental de la Cordillera Andina, con una altitud en la zona media de 700-1600 m.s.n.m.

Limitada al norte por La Mana, Pílalo y Pujilí, al sur con el rio Piñanatug que divide la provincia de Cotopaxi con Bolívar, este con Angamarca, Pujilí y al Oeste con Quinsaloma, Ventanas, Quevedo.

La ubicación del proyecto se encuentra a una latitud de -1.119763° y longitud -79.160497°. La superficie territorial de 16299,04 hectáreas, que corresponde al 22.55% del territorio cantonal, 16213.66 hectáreas son rurales, y apenas 85,38 hectáreas corresponden al límite urbano, de ellas 37.52 hectáreas son zonas urbanas consolidadas, mientras que 22.61 hectáreas son zonas urbanas no consolidadas, y 25.25 hectáreas son zonas de protección urbana. A continuación, el mapa (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018):

Ilustración 1. Ubicación del cantón Pangua.

Elaborado por: Elaboración propia

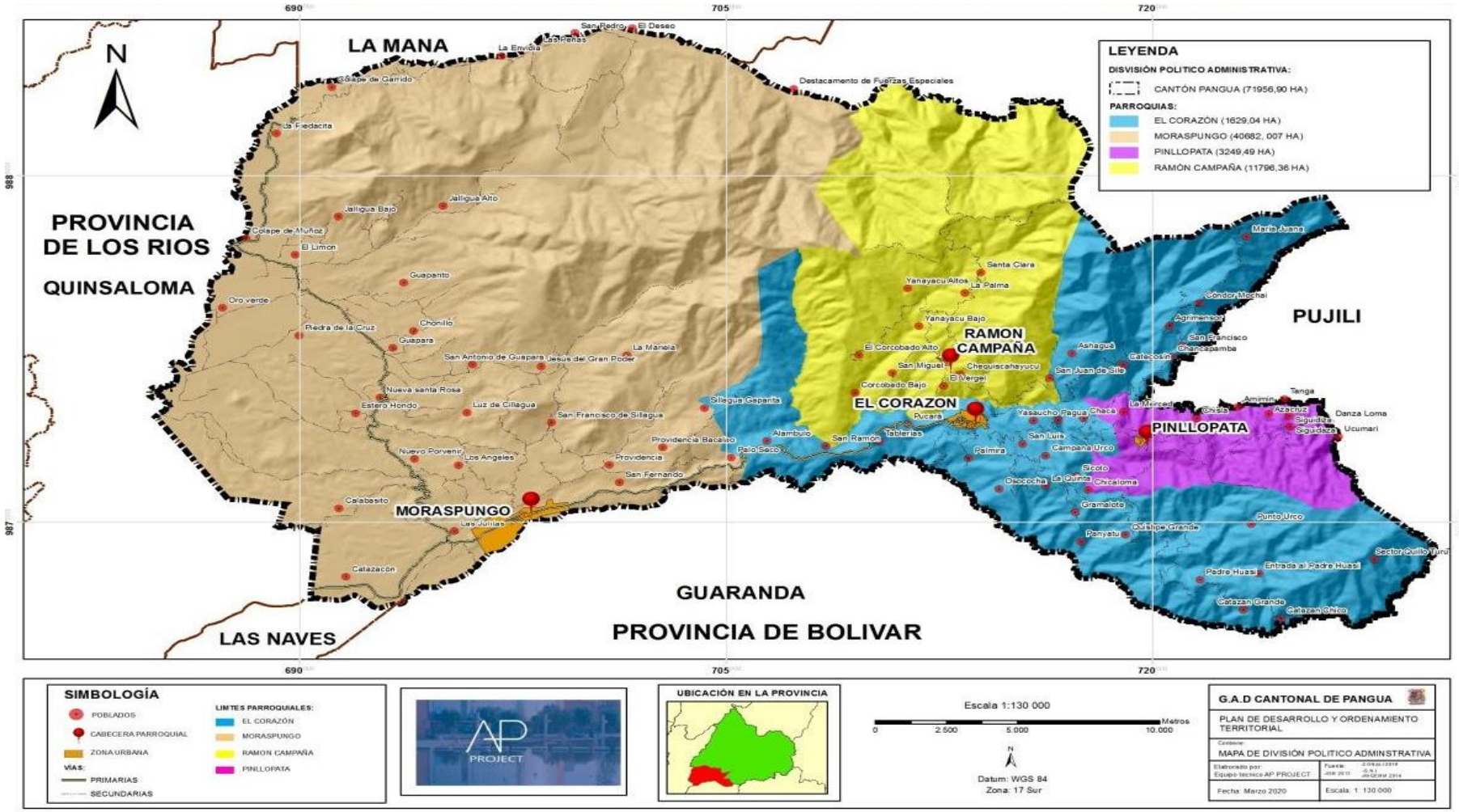


Ilustración 2. División política del cantón Pangua.

Elaborado por: Equipo consultor (PROJECT 2019)

2.1.2. Aspectos socioeconómicos

2.1.2.1. Economía

El factor económico de la producción describe la dinámica productiva de la riqueza y sus formas de producción, siendo su análisis determinante de las principales actividades de la producción, potencialidades y limitaciones; los componentes que limitan el desarrollo sostenible del estado y la producción de bienes y servicios.

Las actividades productivas en Ecuador son quienes intensifican la economía del país y el cantón Pangua, se caracteriza por la agricultura y pecuaria pese a que tiene una condicionada infraestructura para la dotación de agua potable sin olvidar que las precipitaciones en esta zona son irregulares. Los principales productos que se producen son: caña de azúcar, café, cacao, banano, frejol, leche, etc. (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

Según el censo realizado por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, el 7% de la población de Pangua pertenece a la zona rural mientras que el 93% pertenece a la zona rural lo que quiere decir que el desarrollo económico lo maneja la zona rural (Instituto Nacional de Estadisitica y Censos, 2010).

ACTIVIDAD ECONOMICA	SECTOR
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	Primario
Explotación de minas y canteras	
Manufactura	Industrial
Electricidad y agua potable	Servicios
Construcción	
Comercio	
Otros	

Tabla 1. Principales actividades económicas.

Fuente: PDYOT 2018

2.1.2.2. Agricultura

Esta zona posee condiciones apropiadas tanto como para la agricultura y la agroindustria los cultivos que producen son de gran impacto para el sector. Los productos que se dan en la zona son: frejol, maíz, caña de azúcar, entre otros productos. La siembra de estos productos se realiza en los meses de octubre y noviembre mientras que la cosecha se realiza en los meses de marzo, abril, junio y julio.

Respecto a la actividad pecuaria es limitada ya que no hay un apoyo técnico ni financiamiento para un buen desarrollo de la zona ya que se dedica a la crianza de animales como: bovinos, ovinos, porcinos, aves, cuyes, conejos y la producción de leche. Hay que tomar en cuenta que cada vez los habitantes son más jóvenes y optan por la migración (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

Uno de los más graves problemas que los agricultores enfrentan es la falta de asesoramiento sobre la técnica, tecnología y riego, haciendo de esta forma haya un agotamiento de recursos naturales.

En la zona media baja del cantón Pagua, la producción agrícola no puede ser a gran escala como sus demás zonas ya que sus tierras no son aptas por sus pronunciados relieves haciendo esto que dificulte la producción agrícola.

La mayoría de los productores se debe a la producción de caña de azúcar, pero requiere tratamiento antes de ser comercializada ya sea en alcohol, dulces o endulzante como la panela.

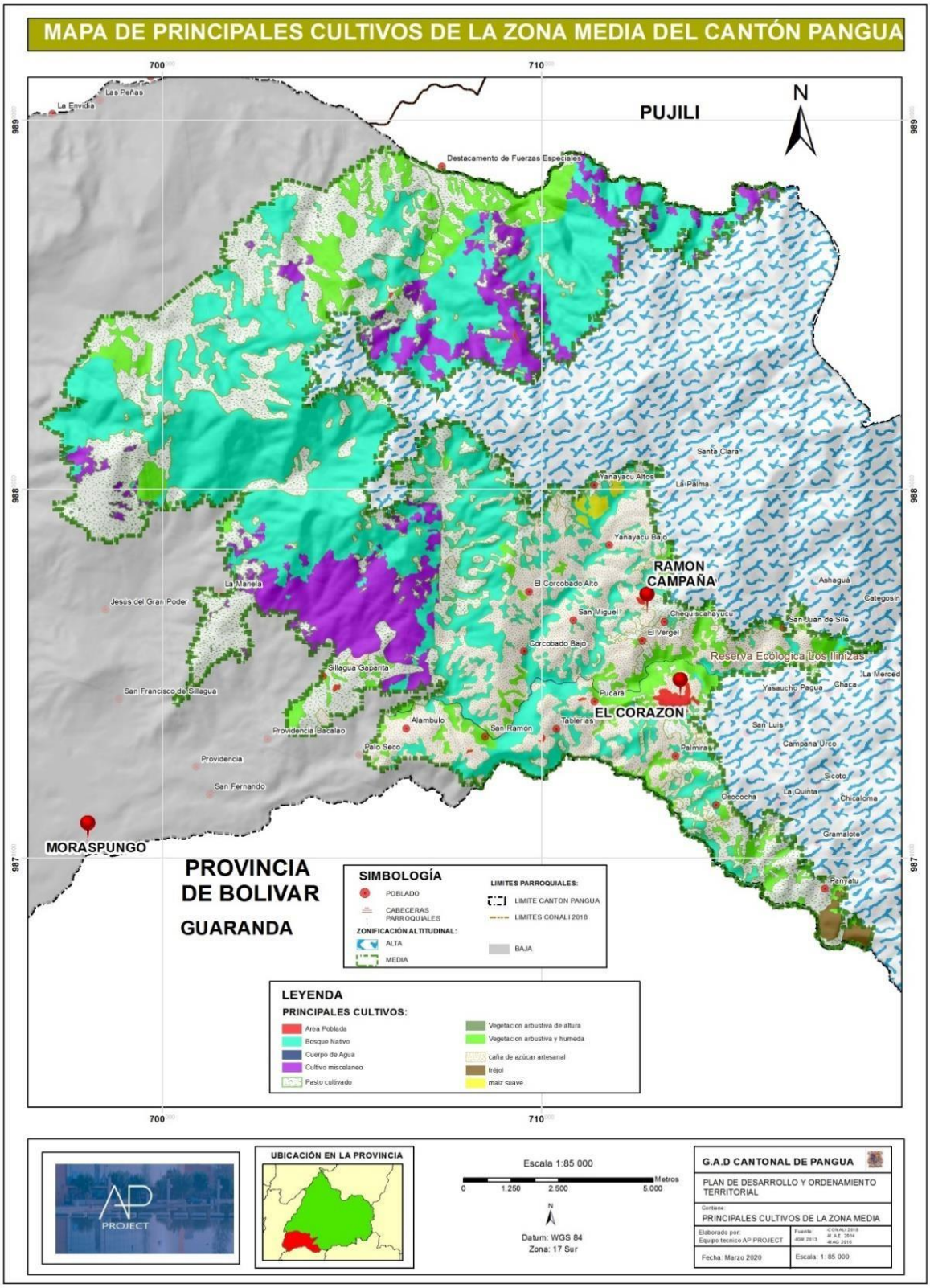


Ilustración 3.Principales cultivos de la zona media del cantón Pangua.

Elaborado por: Equipo consultor (PROJECT 2019)

2.1.2.3.Comercialización

Los productos que se dan en la zona son comercializados en el mercado local que se encuentra ubicada en la parroquia urbana El Corazón.

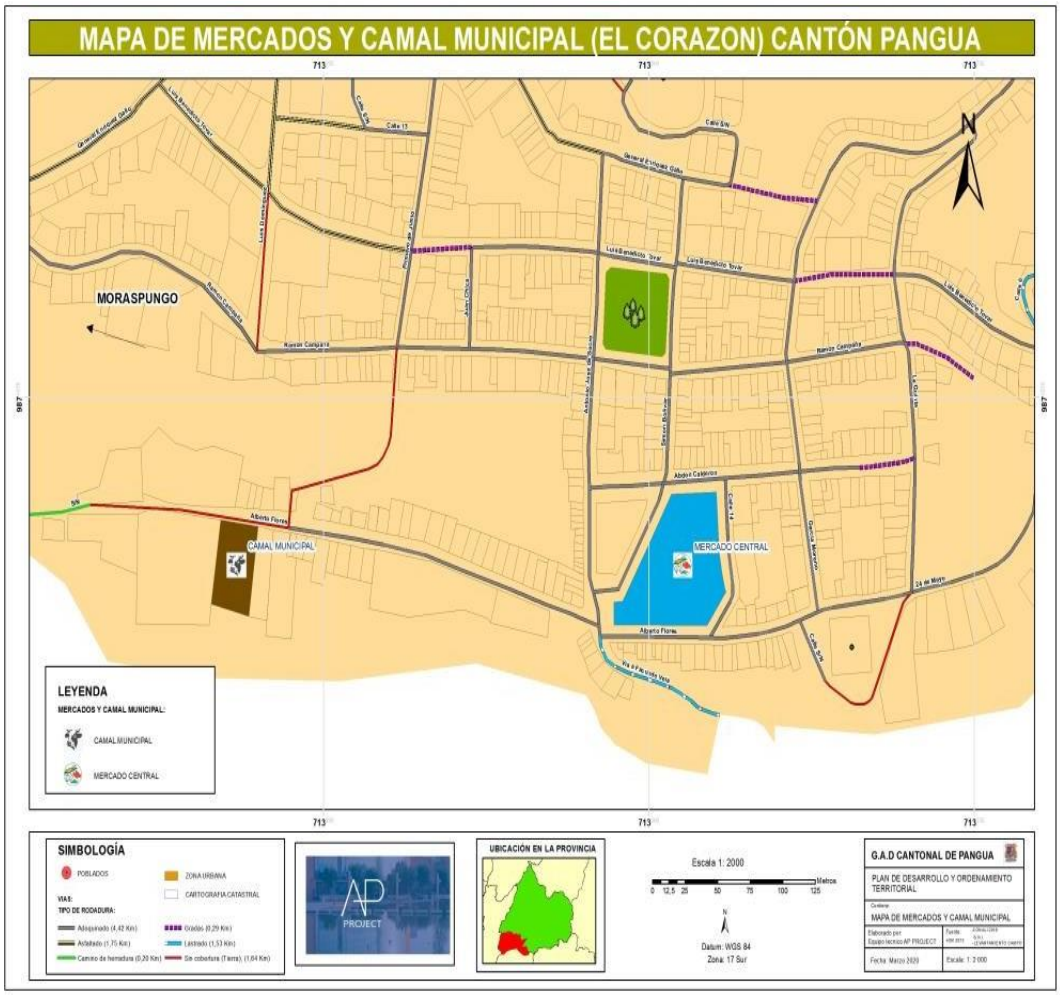


Ilustración 4. Mercado municipal "El Corazón" cantón Pangua

Elaborado por: Equipo consultor (PROJECT 2019)

2.1.3. Análisis demográfico

2.1.3.1. Población

La comunidad El Corazón cabecera cantonal es unas de las cuatro parroquias que conforman Pangua, según los datos del censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador (INEC), en la parroquia habitan 6.565 personas la cual el 25,12% pertenece a la zona urbana y en la zona rural el 74,88%. Estos datos son aproximados debido a que el último censo se

realizó en el año 2010 (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

A continuación, se muestra la proyección poblacional del cantón el Pangua hasta el año 2025:

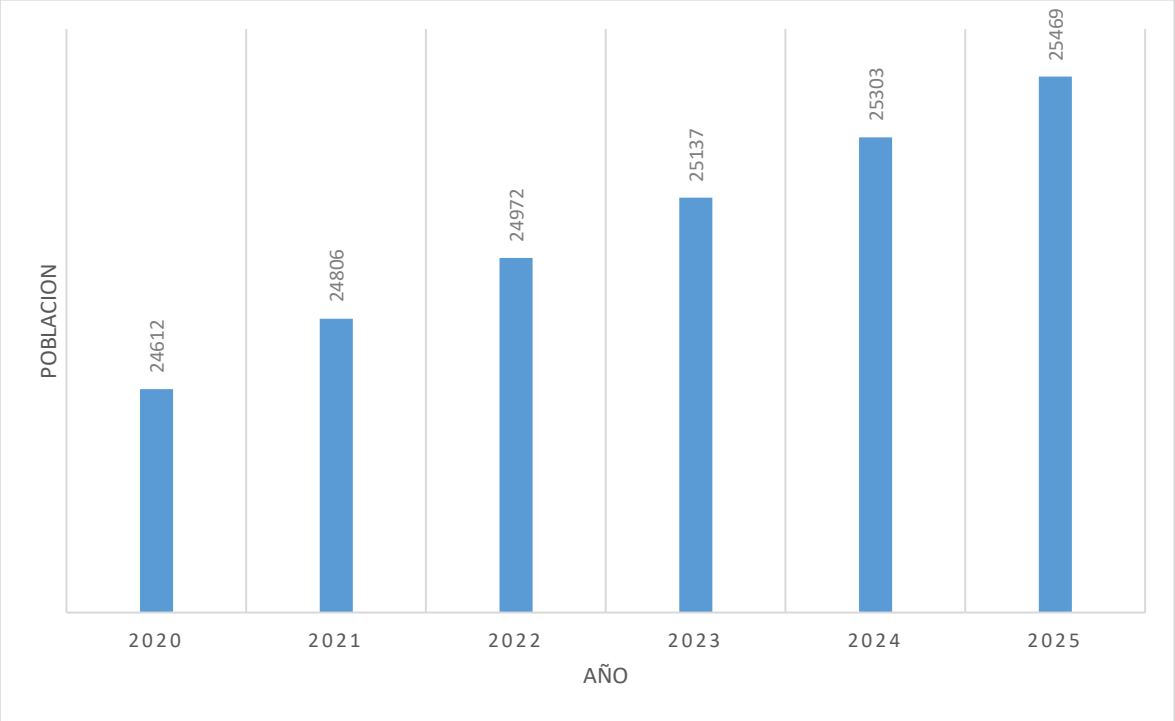


Gráfico 1. Proyección Poblacional del cantón Pangua.

Fuente: INEC 2010

2.1.3.2. Distribución de la población por sexo y edad

El cantón Pangua las principales edades que predominan son de 0 a 19 años, lo que significa que existe un alto porcentaje de habitantes jóvenes (Instituto Nacional de Estadisitica y Censos, 2010) .

Rangos de edad	Total, ambos sexos	%	Hombres	Mujeres	Hombres %	Mujeres %
85 y +	141	0.64	75	66	0.34	0.30
80-84	215	0.98	116	99	0.53	0.4
75-79	336	1.53	198	138	0.90	0.63

70-74	514	2.34	288	226	1.31	1.03
65-69	652	2.97	371	281	1.69	1.28
60-64	677	3.08	336	340	1.53	1.55
55-59	791	3.60	417	373	1.90	1.70
50-54	808	3.68	402	406	1.83	1.85
45-49	988	4.50	525	463	2.39	2.11
40-44	1.076	4.90	553	523	2.52	2.38
35-39	1.208	5.50	617	591	2.81	2.69
30-34	1.351	6.15	674	677	3.07	3.08
25-29	1.480	6.74	729	751	3.32	3.42
20-24	1.645	7.49	863	782	3.93	3.56
15-19	2.201	10.02	1.149	1.052	5.23	4.79
10-14	2.675	12.18	1.388	1.287	6.32	5.8
5-9	2.743	12.49	1.405	1.340	6.39	6.09
0-4	2.464	11.2	1.234	1.230	5.62	5.60
Total	21965	100	11340	10625	51.63	48.37

Tabla 2. Distribución de la población por edad y sexo.

Fuente: INEC, Censo de población y vivienda, 2010

2.1.3.3. Densidad poblacional

Es un indicador que nos permite saber cuánta población habita en una superficie. En la actualidad el cantón Pangua posee una densidad poblacional de 2.76 (Instituto Nacional de Estadisitica y Censos, 2010).

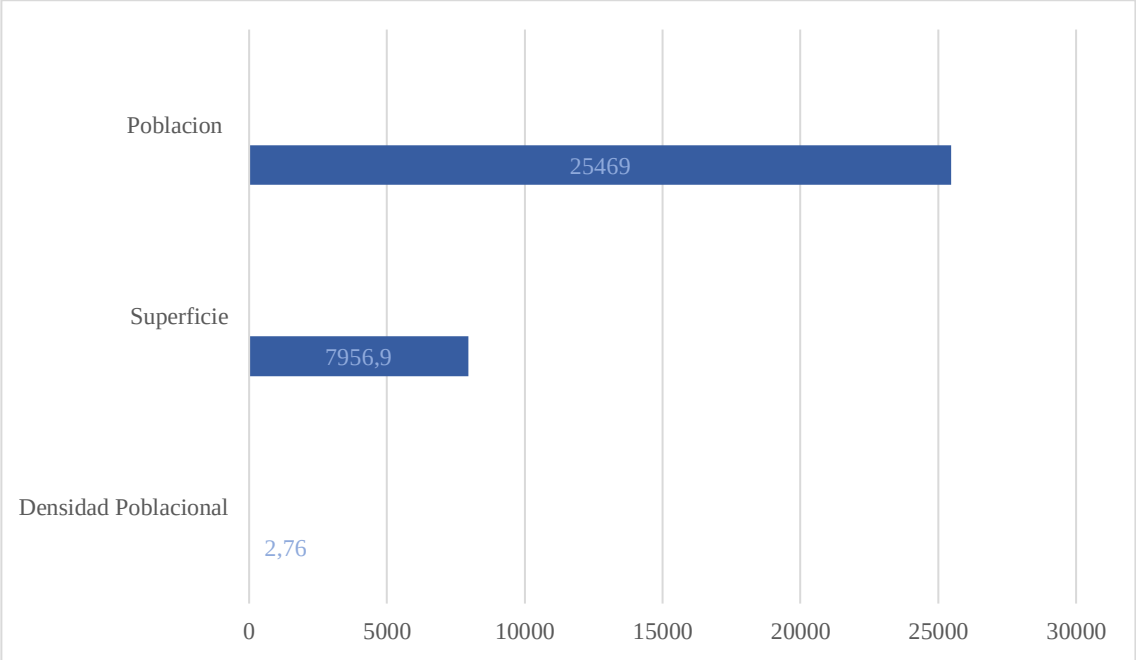


Gráfico 2. Densidad Poblacional del cantón Pangua.

Fuente: INEC 2010

2.1.4. Sistema de abastecimiento de agua

El sistema de abastecimiento de agua El Corazón tiene una capacidad de 1000m^3 y una producción igual de 1000 m^3 por día. Para el tratamiento de agua de la zona se utiliza dos métodos por: clorificación y ozonificación. También el abastecimiento de agua es de 365 días según fuentes del Municipio de Pangua.

La mayoría de los hogares obtienen como fuente de agua: ríos, vertientes, acequias; las cuales no son tratadas y las conexiones son hechas por los mismos pobladores mediante mangueras (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

Parroquia	Por tubería dentro de la vivienda	Por tubería fuera de la vivienda, pero dentro del lote, edificio o terreno.	Por tubería fuera del edificio, lote o terreno	No recibe agua por tubería sino por otros medios	Total
El Corazón	524	534	168	437	1663

Tabla 3. Tipos de conexión de Agua a predio.

Fuente: INEC 2010

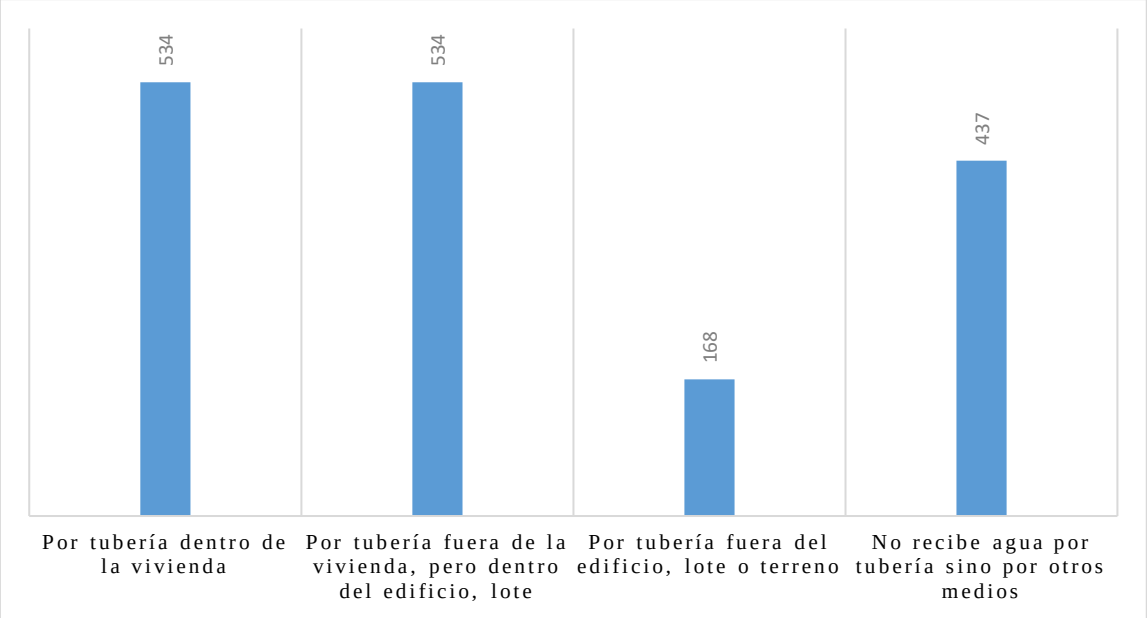


Gráfico 3. Tipo de conexión de agua a viviendas del cantón Pangua.

Elaborado por: Elaboración propia.

La procedencia de agua para el cantón Pangua en su mayoría proviene de rio, vertiente, acequia o canal, siendo un problema para el cantón

Cantón Pangua	Red publica	Pozo	Rio, vertiente, acequia o canal	Carro repartidor	Otro (Agua lluvia)
%	27,93	7,00	63,26	0,02	1,80

Tabla 4. Procedencia de agua del cantón Pangua.

Fuente: INEC 2010

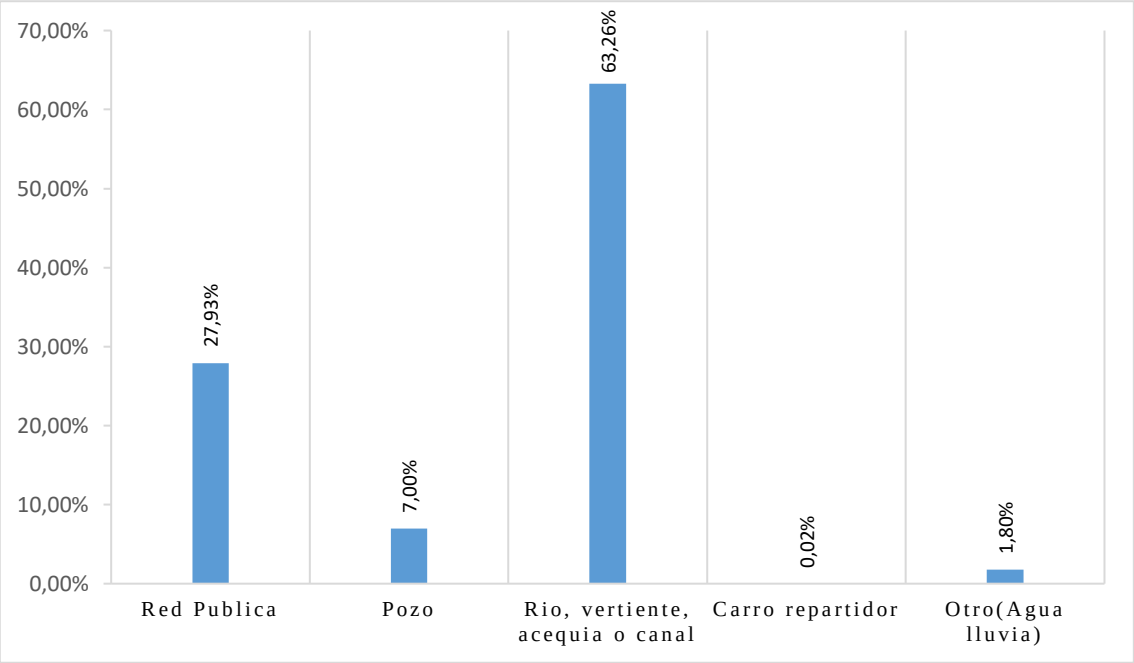


Gráfico 4. Procedencia del agua del cantón Pangua.

Elaborado por: Dania Costales

En la parroquia El Corazón, cabecera cantonal existe una cobertura de agua del 94% ya que posee tres tanques para almacenamiento y distribución de agua para zona urbana de los cuales un tanque se encuentra dañado. El resto de las comunidades no posee juntas de agua por ende el abastecimiento de agua es por medio de vertientes captando agua por medio de tuberías (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

2.1.5. Redes viales y transporte

Pangua dispone de una extensión vial de 512km. aproximadamente de los cuales el 76% son vías provinciales, cantonales o de tipo vecinal y el 24% son vías estatales. La principal vía que conecta es la vía Quevedo-El Corazón- Latacunga. Aunque existen también vías con capa de rodadura precaria que conectan caminos vecinales y estacionales. (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Pangua, 2020)

La vialidad El Corazón las vías urbanas está constituida por 4,43km. de adoquinado;1,75km. asfalto; 1,64km. suelo natural;1,54 lastrada; 0,29 escalinata y 0,21km. caminos de herradura. A continuación, se muestra una gráfica:

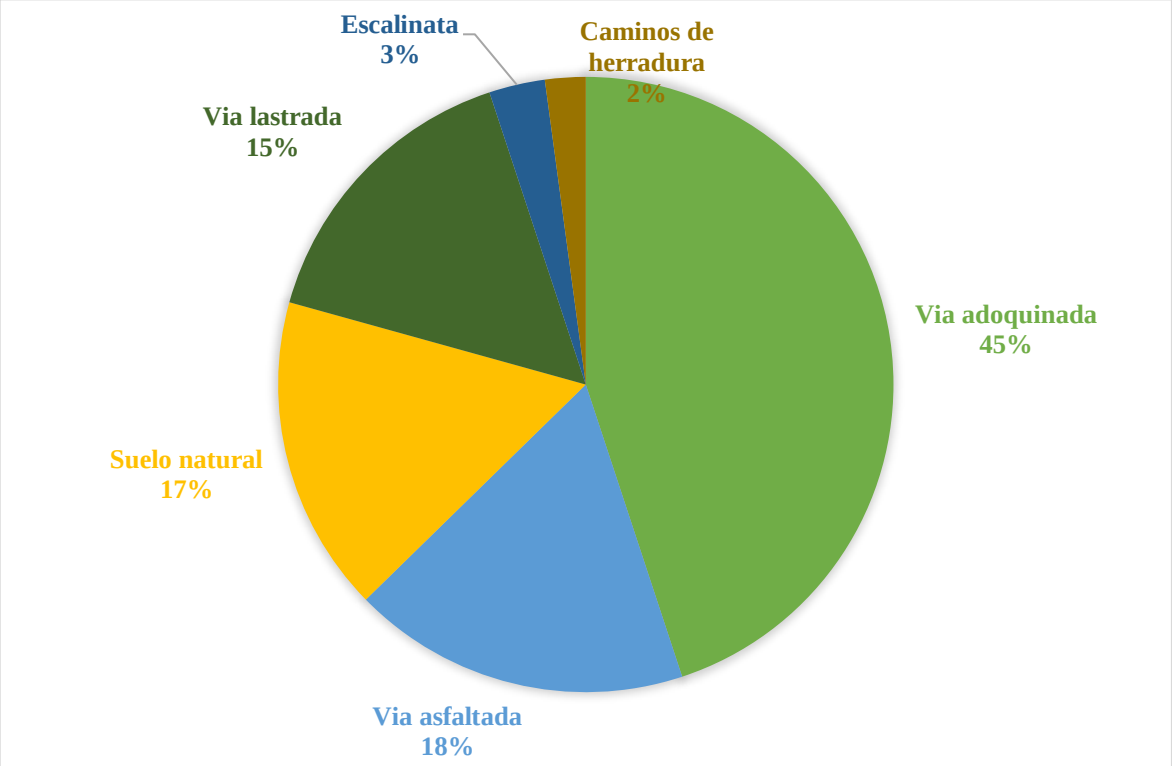


Gráfico 5. Vialidad El Corazón.

Fuente: Inventario vial GADPC

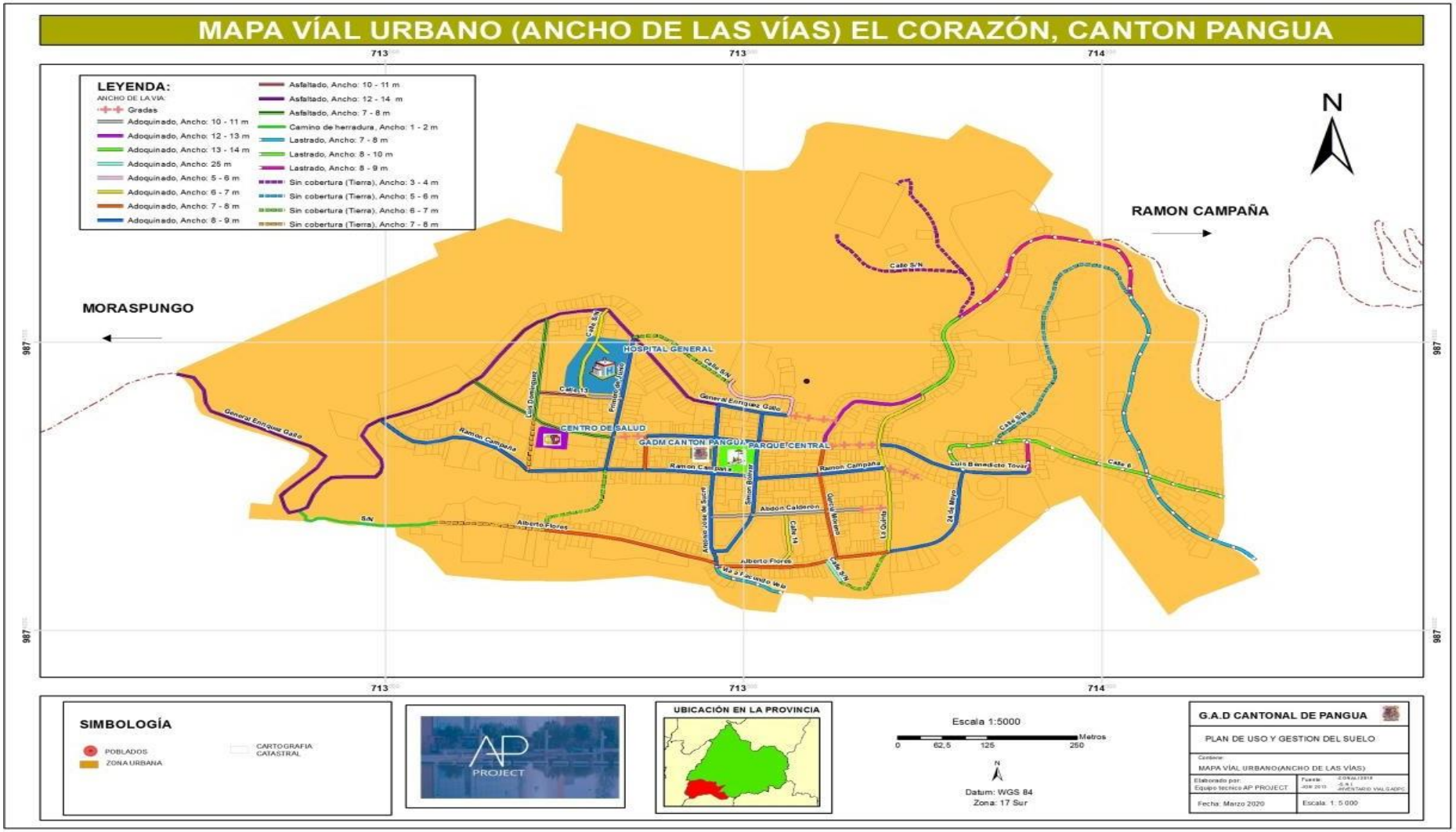


Ilustración 5. Mapa vial urbano El Corazón.

Elaborado por: Equipo consultor (PROJECT 2019)

2.1.6. Conectividad

El cantón Pangua se comunica por medio de diferentes anillos viales con los diferentes asentamientos humanos.

Nombre	Distancia (Km)
Corazón - Angamarca - Pujilí	138.62
Corazón - Ramón Campaña - Pujilí	114.35
Corazón - San Francisco - Pujilí	105.46
El Corazón - Facundo Vela	19.99
El Corazón - Moraspungo	19.27
El Corazón - Pasa - Ambato	111.84
Moraspungo - La Mana	47.55

Tabla 5. Conectividad Interprovincial.

Fuente: Inventario vial GADPC

Ilustración 6. Conectividad vial del cantón Pangua.

Elaborado por: Equipo consultor (PROJECT 2019)

Ilustración 7. Conectividad vial del cantón Pangua.

Elaborado por: Equipo consultor (PROJECT 2019)

2.2. Componente biofísico

Para el diagnostico biofísico se consideraron varios factores como: suelo, agua, fenómenos climáticos y atmosféricos, etc., que se describirán en los siguientes literales. Para el análisis se utilizó la información de diferentes entidades como: Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Instituto de Geografía Militar (IGM), Sistema de Información para la Planificación (INFOPLAN), Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), etc. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pangua, 2020).

2.2.1. Componente Agua

El INAMHI posee estaciones meteorológicas a nivel nacional, la estación registrada para esta zona tiene el código M123, los anuarios de las lecturas van desde 1994 hasta 2016 en dichos anuarios están datos como precipitaciones medias anual de 2,249.38mm; este recurso hídrico es aprovechado por hidroeléctricas, agricultores y consumo humano e industrial (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pangua, 2020).

2.2.1.1. Cantidad y calidad de los recursos hídricos

La precipitación media anual es de 1750mm lo que significa que 1750 litros por metros cuadrados se podrían decir que la cantidad es generosa y posee de riqueza hídrica el cantón, pero ciertas zonas no es así debido a la mala distribución que existe y la infraestructura no es la adecuada para la captación, conducción y distribución (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pangua, 2020).

El cantón Pangua posee amplias fuentes hídricas como: rio Angamarca, Calope, Umpe, etc., que pueden ser aprovechados, área el consumo humano, riego y generación de energía eléctrica, la reduccion de áreas naturales y paramos en las partes altas de las cuencas y los efectos del cambio climático provocan una disminución en los caudales. El uso inadecuado e indiscriminado de agroquímicos, fertilizantes y mala disposición de desechos contaminantes las fuentes hídricas ponen en riesgo la provisión de agua de calidad para el cantón.

Se debe tomar en cuenta que en el cantón en si existen algunos problemas respecto a la cobertura de agua potable principalmente en la zona rural ya que la mayoría de las comunidades del sector posee agua entubada sin ningún tratamiento por ende posee una baja calidad. El acceso al agua para consumo no es limitado debido a que cubre el 80% de la población, por el fácil acceso a la fuente o vertiente de agua lo cual debe ser fortalecido en su manejo y sostenibilidad hídrica. (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Pangua, 2020)

2.2.1.2. Cuencas hidrográficas

El cantón Pangua cuenta con cinco cuencas hidrográficas: Rio Calope, Angamarca, Chuquiraguas, Piñanatug y Umbe.

- **Cuenca del rio Angamarca**

Cruza el cantón de este a oeste por la parte sur hasta desembocar con el rio Piñanatug. Recibe las aguas del río San Francisco, de la quebrada Yacubiana, quebrada Ashagua, río Yanayacu y sus afluentes y del río La Pinta. La cuenca encierra toda la parroquia Pinllopata, el 75% de la parroquia El Corazón, el 90% de la parroquia Ramón Campaña y una franja de 1 km (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

- **Cuenca del rio Calope**

Cubre el 90% de la parroquia Moraspungo, está conformada por los ríos Jalligua, Guapara y Sillagua desde sus orígenes (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

- **Cuenca de rio Chuquiranga**

Abarca la parte noreste de la parroquia Moraspungo y el norte de la parroquia ramón campaña (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

- **Cuenca del rio Piñanatug**

Se encuentra entre los 3.000 y 3.600 msnm, en el extremo sureste de la parroquia El Corazón. El río cruza de este a oeste hasta el sector La Plancha donde se junta con el río Jilimbí (Sinde) y sirve de límite sur del cantón hasta unirse con el río Angamarca en el sector Las Juntas y forma el río Umbe. La parte sur de la parroquia El Corazón. Abarca una franja de 1 km de ancho hasta la unión con el Angamarca" (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

- **Cuenca del rio Umbe**

Su parte más ancha está ubicada entre Calabicito y Catazacón, al suroeste de la parroquia Moraspungo.

El cantón posee un gran potencial hídrico, ya que está ubicado en un área de alta pluviosidad interanual e intra anual, lamentablemente el recurso es hídrico en la zona es desordenado e ilegal siendo que solo el 10% aproximadamente de la población tiene captaciones legales.

Los productores de la zona brindaron información acerca de la zona y confirmaron la contaminación de los recursos hídricos, es decir, ríos, quebradas, esteros, etc., aguas residuales, residuos sólidos y pesticidas todas estas fuentes provienen de la accion humana, ya que es el principal agente contaminador. Se debe tomar en cuenta la ubicación de vertederos en la cercanía de esteros, esto implica la contaminación directa de agua de escorrentía, con líquidos lixiviados producidos por la basura no tratada adecuadamente. También un mal uso de la infraestructura ya que ha sido desmantelada, no existe un plan a corto plazo que ayude a la rehabilitación para respaldar los futuros estudios.

Los recursos hídricos poseen algunos factores contaminantes, entre ellos podemos mencionar el escaso o nulo manejo adecuado de los desechos sólidos domiciliarios sin contar con la falta de cultura para el manejo de los desechos tóxicos, es decir: envases de pesticidas; también la inadecuada eliminación de aguas servidas que en su mayoría son eliminadas directamente en el cauce de los ríos, vías, etc.

La presencia de residuos sólidos domiciliarios en las quebradas, trochas de vías tienen un efecto nocivo de la contaminación ambiental y visual. Los mismos que junto a distintos factores climáticos, provocan la degradación de los ecosistemas y extinción de la flora y fauna de la zona.

Es importante tomar en cuenta que las microcuencas, "el recurso hídrico es un bien agotable", ya que se puede terminar o puede disminuir su cantidad y calidad, si los organismos competentes no toman medidas o soluciones pertinentes que logren evitar que esto suceda y como consecuencia en un futuro exista escases de agua.

El manejo del recurso hídrico es crítico tanto en el área rural como el área urbana ya que las descargas domesticas vertidas en los cauces de los ríos y quebradas carecen de cualquier control previo (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

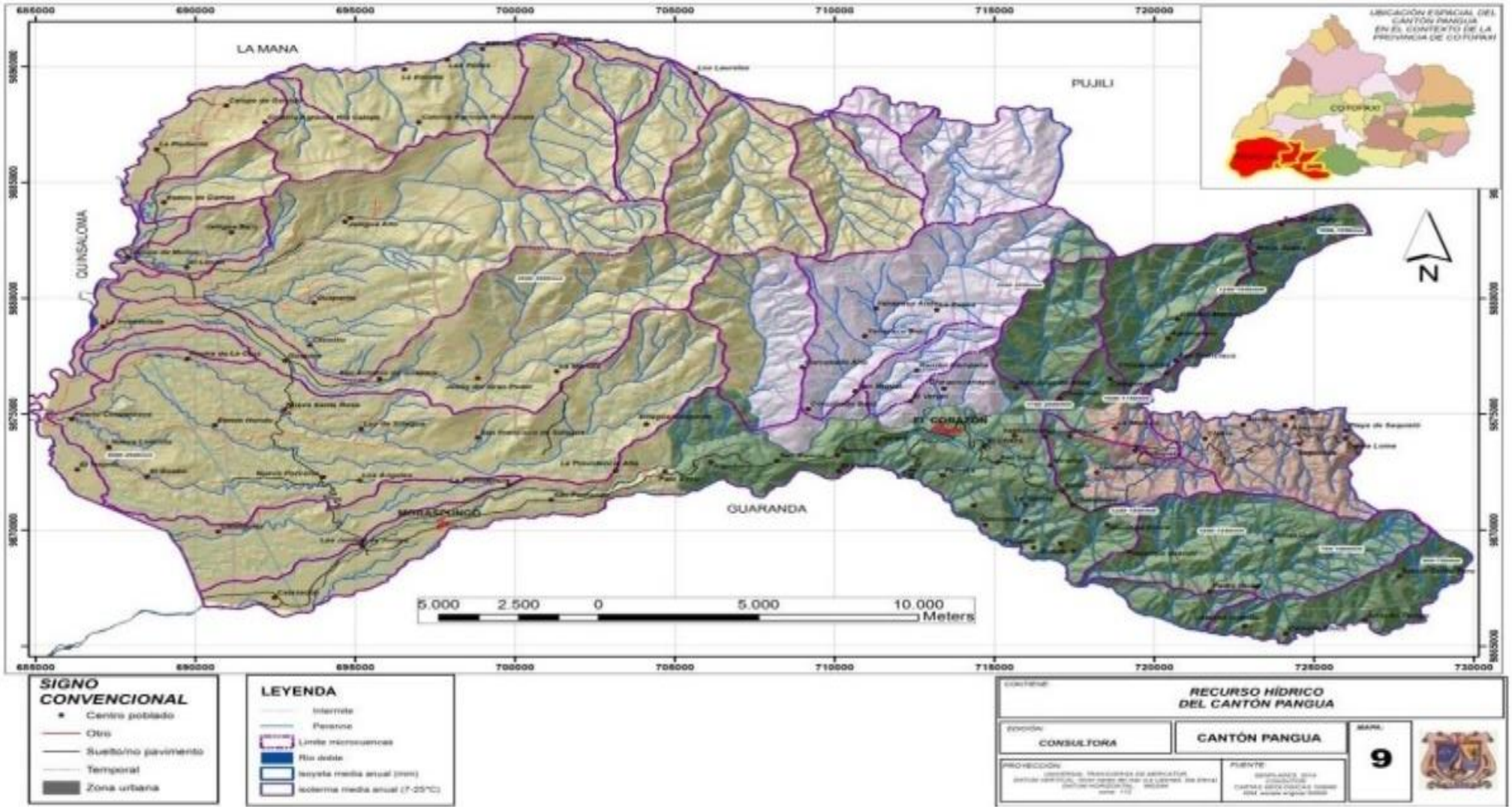


Ilustración 8. Microcuencas y vertientes de agua.

Elaborado por: Equipo consultor (PROJECT 2019)

2.2.1.3. Microcuenca Hidrográfica

El cantón Pangua, cuenta con una serie de microcuencas, a continuación, se muestra en el cuadro:

Descripción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Drenajes Menores	14.667,64	20,38
Estero Barbuda	835,90	1,16
Estero Calabicito	1.814,77	2,52
Estero De Damas	843,28	1,17
Estero Los Ángeles	934,56	1,30
Estero San Pedro	1.867,23	2,59
Estero Siete Machos	1.030,64	1,43
Quebrada Chinchibi	1.438,54	2,00
Quebrada La Lorena	1.465,50	2,04
Quebrada S/N	528,16	0,73
Quebrada S/N	521,24	0,72
Quebrada S/N	475,44	0,66
Quebrada San Miguel	695,79	0,97
Quebrada Yacubiana	2.013,96	2,80
Río Angamarca	2.166,95	3,01
Río Caviloña	2.401,33	3,34
Río Chaca	1.226,33	1,70
Río Chuquiraguas	2.100,68	2,92
Río Guapara	5.386,30	7,49
Río Jalligua	7.689,10	10,69
Río La Pinta	2.12,46	2,95
Río Pajilla	3.261,69	4,53
Río San Francisco	1.147,85	1,60
Río Sillagua	9.677,30	13,45
Río Tiungu	1.593,11	2,21
Río Yanayacu	4.051,16	5,63
Total	71.956.908	100

Tabla 6. Microcuenca Hidrográfica.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

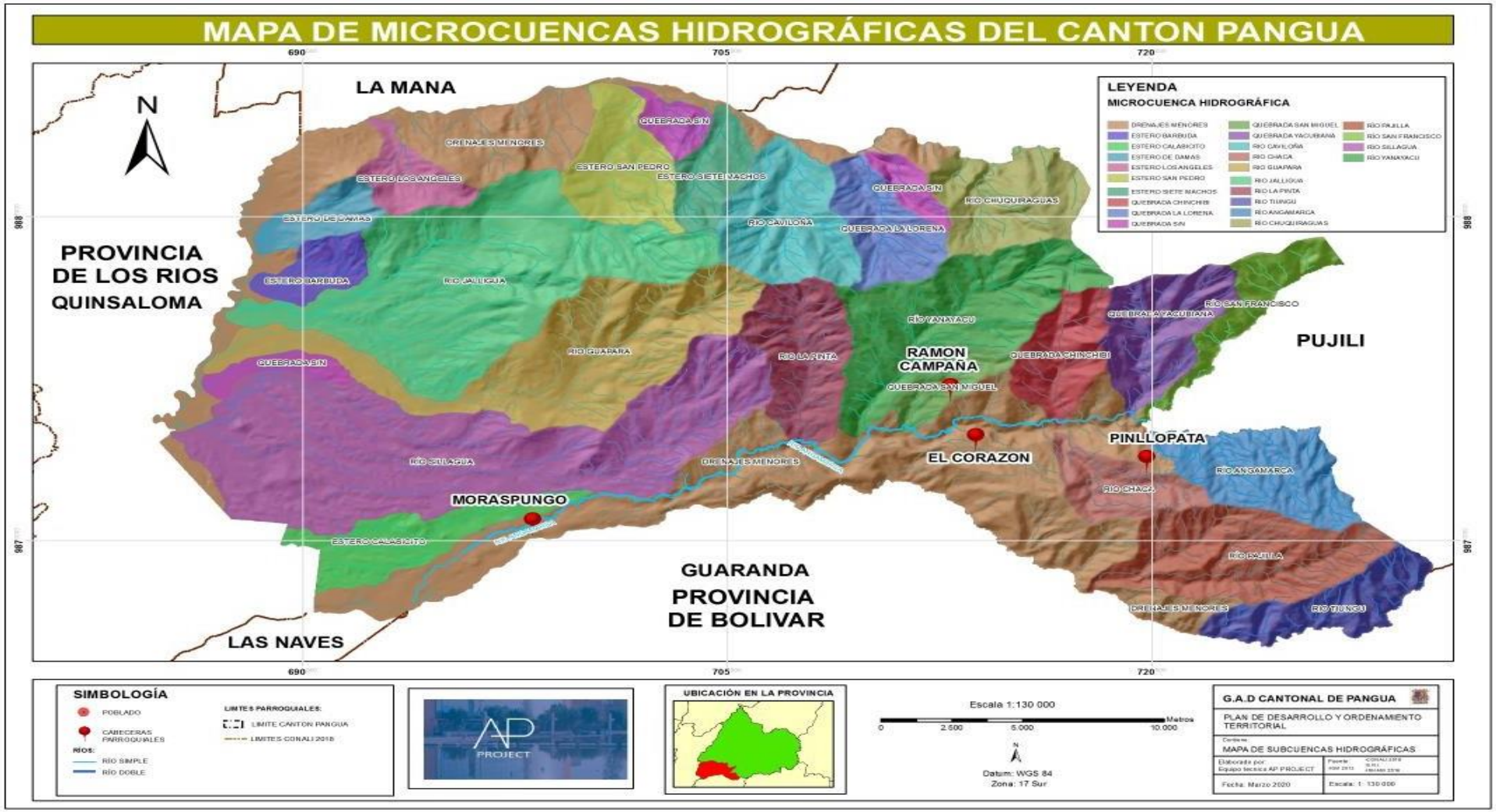


Ilustración 9. Microcuenca Hidrográfica del cantón Pangua.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

2.2.1.4. Déficit hídrico

Para analizar el déficit hídrico se toman en cuenta varios factores como: usos consuntivos (agricultura, consumo humano, industria, etc.) y usos no consuntivos (hidroeléctricas, etc.).

El déficit hídrico, es el agua disponible no es suficiente para satisfacer la demanda de una zona. En los factores consuntivos esto se debe al mal uso de esta debido a que no cuentan con un buen sistema de distribución y ciertos sectores son más beneficiados que otros.

Descripción	Área (ha)	Porcentaje (%)
0 - 10	2747,76	3,82
10 - 25	699,78	0,97
25 - 50	1538,47	2,14
50 - 75	6073,11	8,44
75 - 100	4791,83	6,66
100 - 125	5276,55	7,33
125 - 150	4409,06	6,13
150 - 175	12768,91	17,75
175 - 200	10424,35	14,49
200 - 225	7017,13	9,75
225 - 250	3007,31	4,1
250 - 275	3749,03	5,21
275 - 300	2448,26	3,40
300 - 325	6484,78	9,01
325 - 350	520,58	0,72
TOTAL	**71956,908**	**100**

Tabla 7. Déficit Hídrico.

Fuente: S.N.I –CONALI 2018 -INHAMI 2016

Pangua posee diferentes rangos de déficit hídrico que van desde 0 a 350 mm. La parroquia que posee mayor déficit hídrico es Moraspungo, segundo la parroquia de Ramon Campaña ya que ambas parroquias poseen gran producción

agrícola y asentamientos humanos(Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Pangua, 2020).

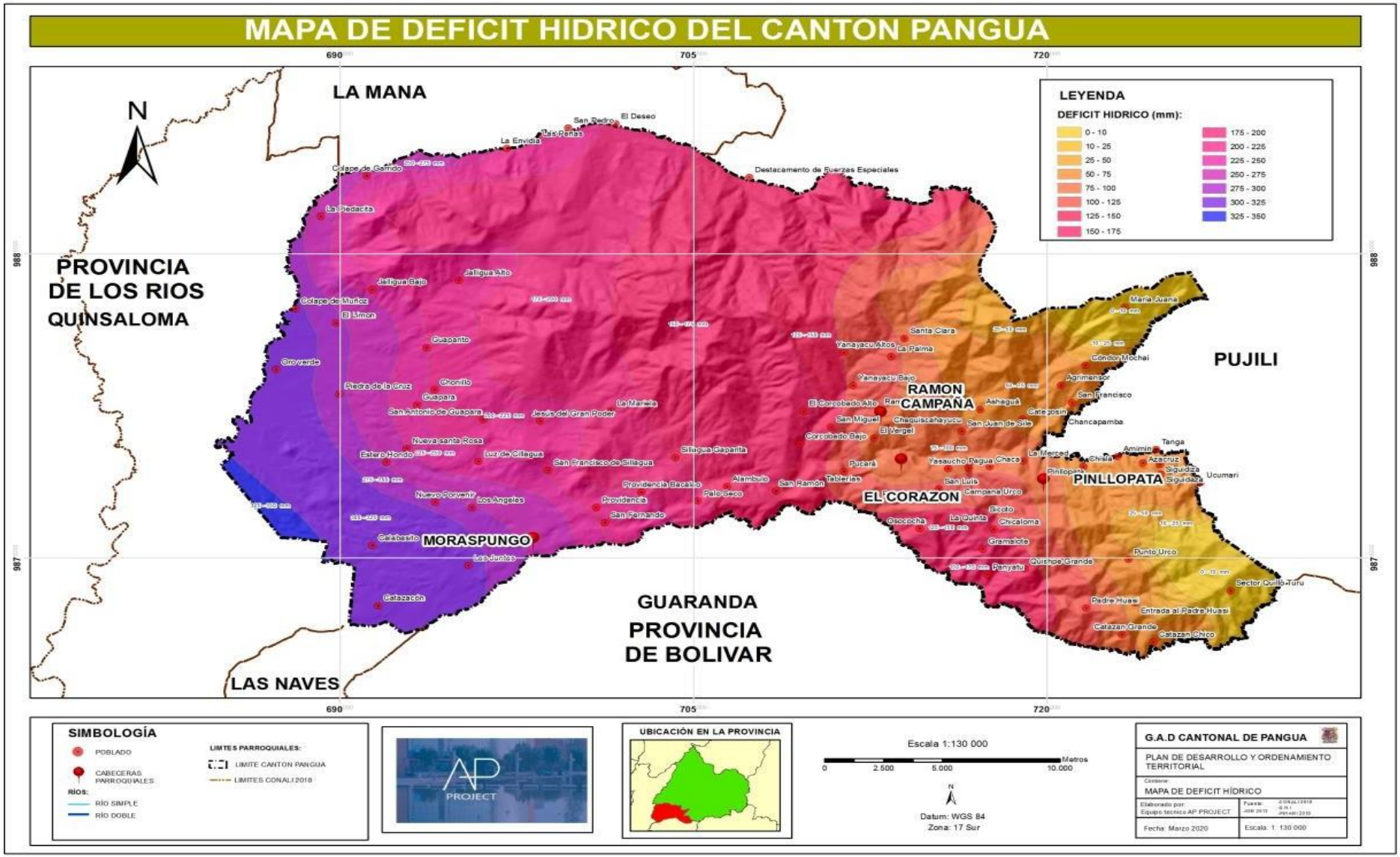


Ilustración 10. Déficit Hídrico del cantón Pangua.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

2.2.2. Clima

Ecuador posee variedad de regímenes climáticos que hace que exista una gran diversidad tanto fauna como flora. Pero la variedad climática se debe a un conjunto de características geográficos como: ubicación, efectos orográficos, presencia de la cordillera de los Andes, corrientes marinas, etc.

El clima depende de varios factores como: temperatura, humedad, relativa, presión atmosférica, precipitaciones, entre otros que determina el tipo de clima y que varía por la altitud y relieve (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

Descripción	**Área (ha)**	**Porcentaje (%)**
Tropical mega térmico húmedo	49924,62	69,38
Tropical mega térmico Semi - húmedo	10263,75	14,26
Ecuatorial mega térmico Semi – húmedo	9504,73	13,20
Ecuatorial de alta montana	2263,81	3,14
Total	71956,91	100

Tabla 8. Tipos de clima.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016- CONALI 2018 -IGM 2013 -INHAMI 2016

El cantón Pangua se caracteriza porque posee 4 tipos de climas que son:

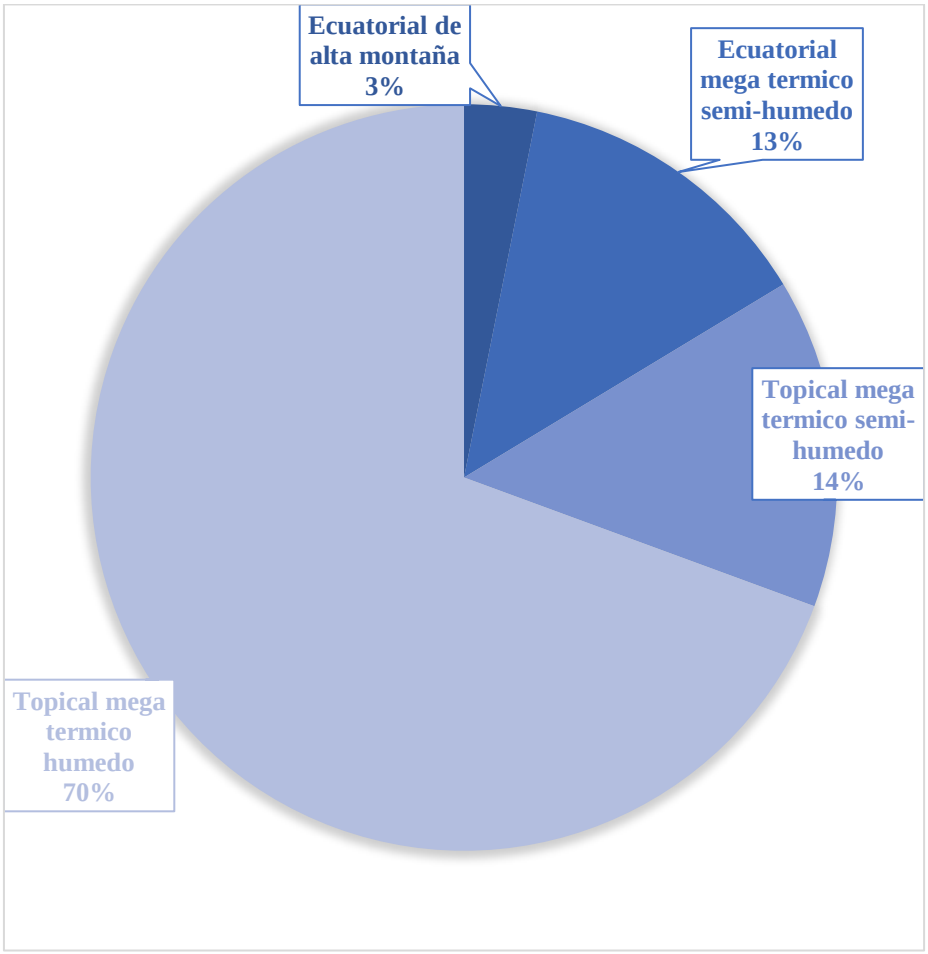


Gráfico 6. Tipos de clima.

Fuente: S.N.I.M.A. G 2016- CONALI 2018- IGM 2013- INHAMI 2016

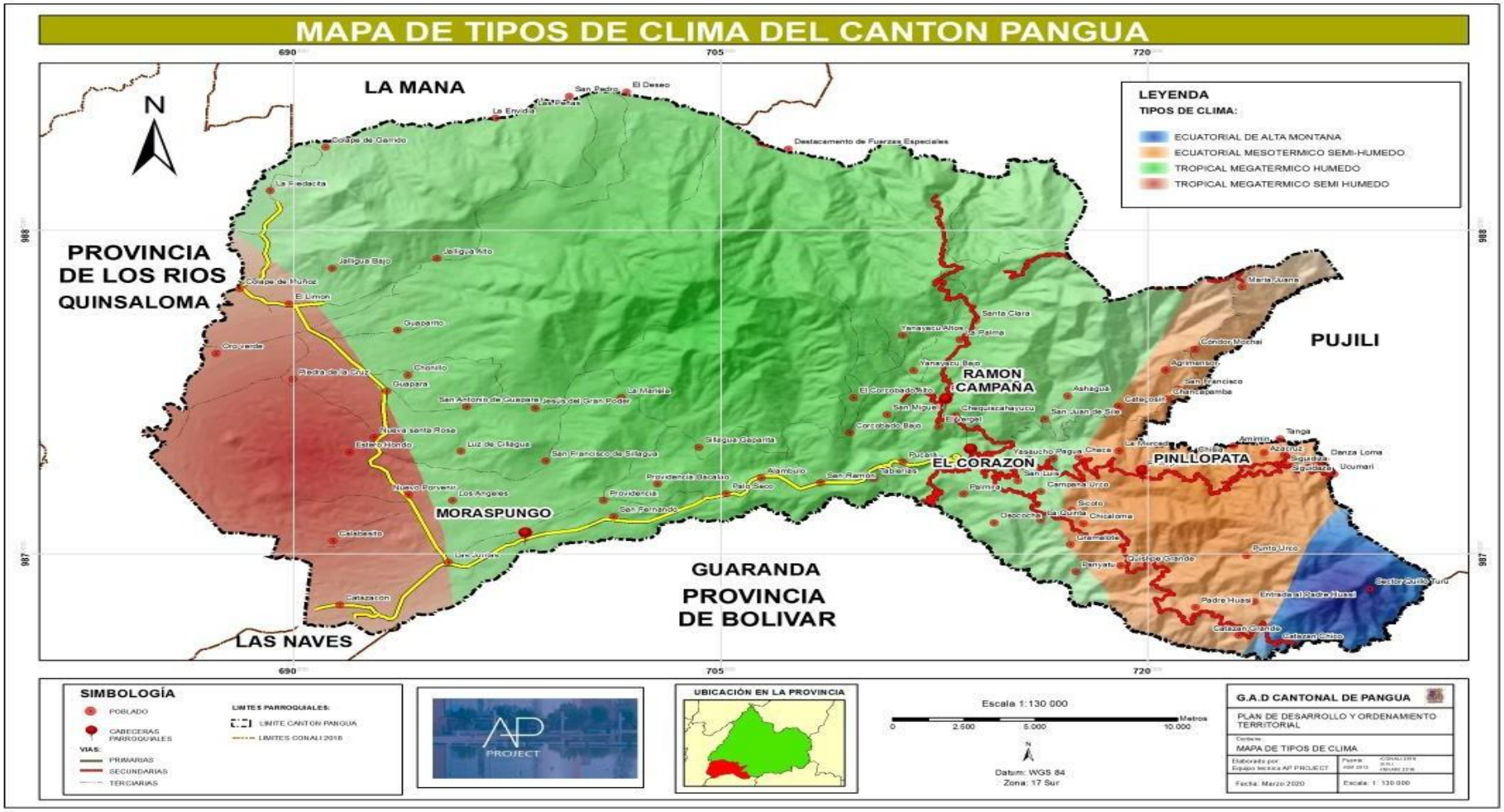


Ilustración 11. Clima del cantón Pangua.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

2.2.3. Precipitaciones

Las precipitaciones varían durante todo el año ya que en los meses que existe mayor precipitación son de enero- abril con 1600-1800mm de precipitación y los meses de menor precipitación de mayo, junio y agosto con un promedio de100mm/ mes precipitación. (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018)

Los valores promedios de precipitación son 1000mm a 2000mm. de precipitación en la parte baja que está ubicada en la parroquia de Moraspungo posee un clima Tropical Mega térmico Húmedo y Tropical Mega térmico Semi-Húmedo.

En las parroquias de Ramon Campaña, Pinllopata y El Corazón están en la zona climática Ecuador Mesotérmico Semi Húmedo, Ecuatorial de alta montaña y la zona donde existen mayores precipitaciones van desde los 150mm a 3500mm por año (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

Piso	**Precipitación Media Anual**	**Sectores**
1	0 - 200	Esta al oeste del cantón, en la parroquia de Moraspungo limita con la provincia Los Ríos a lo largo del rio Calope de norte a sur.
2	200 - 500	Siguiendo el cauce del rio Calope con un año promedio de hasta el CEM Guapara, desde donde aumenta su anchura a 6 Km.
3	500 - 800	Inicia a 4km. De limite occidental en forma horizontal desde el este hasta la población de Palo Blanco.
4	800 – 1500	Se extiende de norte a sur en forma sinuosa, con un ancho inicial de 1,5 Km; En esta zona se originan los ríos Jalligua, Guapara, Chuquiraguas, y algunos afluentes del río Angamarca y del Jilimbí.

5	2000 – 2500	Se encuentra en dos partes, la una en las parroquias Ramón Campaña y El Corazón y, la otra en Pinllopata y la parte sureste del Corazón.
6	2500 - 3000	Se encuentra una parte en las parroquias Ramón Campaña y El Corazón y, la otra en Pinllopata y la parte sureste de El Corazón.
7	3000 - 3600	Comprende los extremos noreste y estesudeste de la parroquia El Corazón

Tabla 9. Precipitaciones del cantón Pangua.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016- CONALI 2018 -IGM 2013 -INHAMI 2016

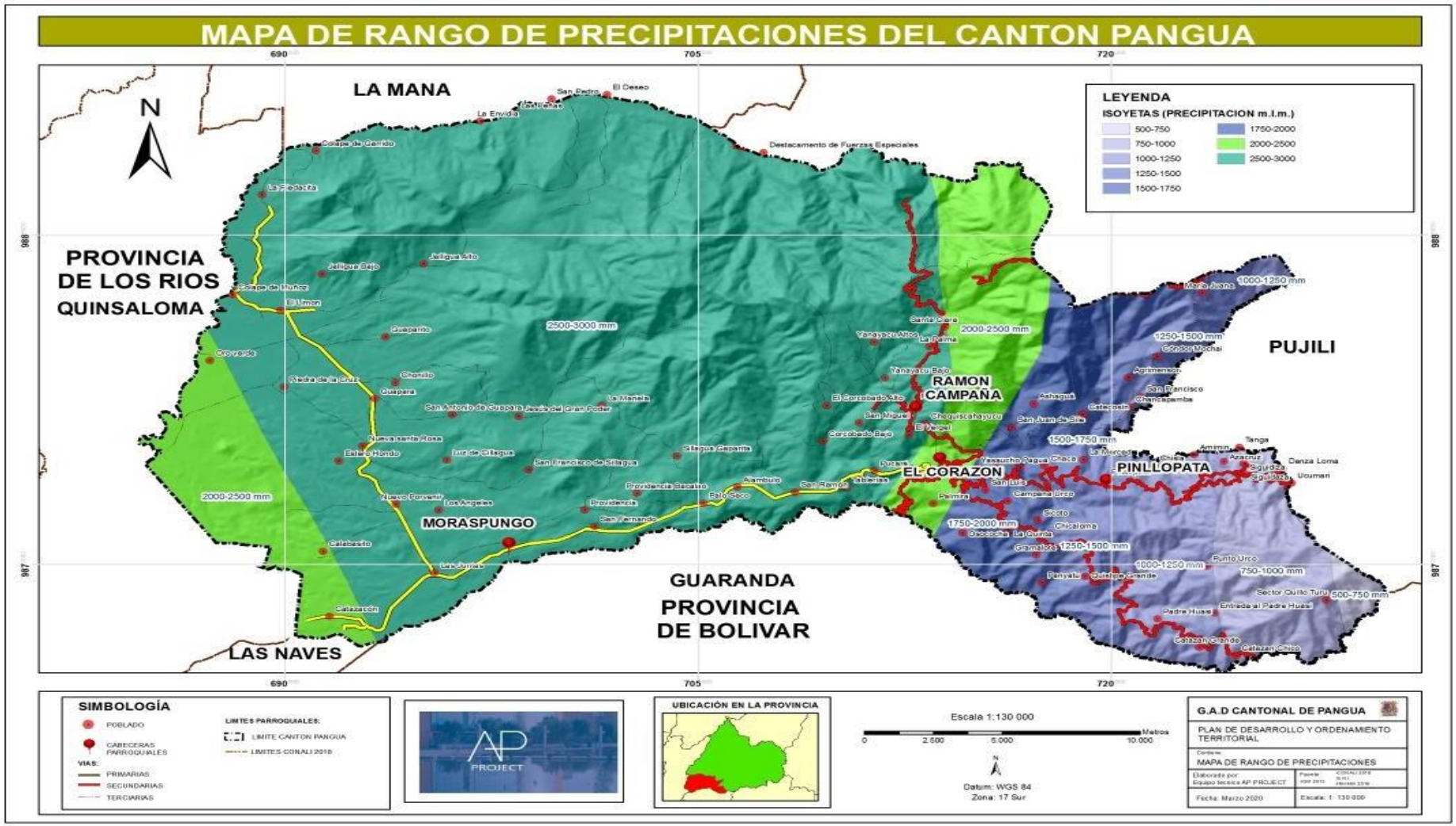


Ilustración 12. Precipitaciones del cantón Pangua.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

2.2.4. Temperatura

La temperatura promedio del cantón Pangua varia con una media anual de 17°C, esta depende de la altitud. A continuación, una tabla con los rangos de temperatura:

Descripción	Área (ha)	Porcentaje (%)
9-10 °C	1032.4	1,43
8-9 °C	557,45	0,77
7-8 °C	32,71	0,05
24-25 °C	6571,22	9,13
23-24 °C	19450,06	27,03
22-23 °C	6780,72	9,42
21-22 °C	5138,6	7,14
20-21 °C	3506,22	4,87
19-20 °C	4160,59	5,78
18-19 °C	4138,72	5,75
17-18 °C	3455,43	4,80
16-17 °C	3330,63	4,63
15-16 °C	3240,71	4,50
14-15 °C	2716,78	3,78
13-14 °C	2674,47	3,72
12-13 °C	2100,16	2,92
11-12 °C	1790,4	2,49
10-11 °C	1279,62	1,78
Total	**71956,89**	**100,00**

Tabla 10. Rango de temperaturas.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016- CONALI 2018 -IGM 2013 -INHAMI 2016

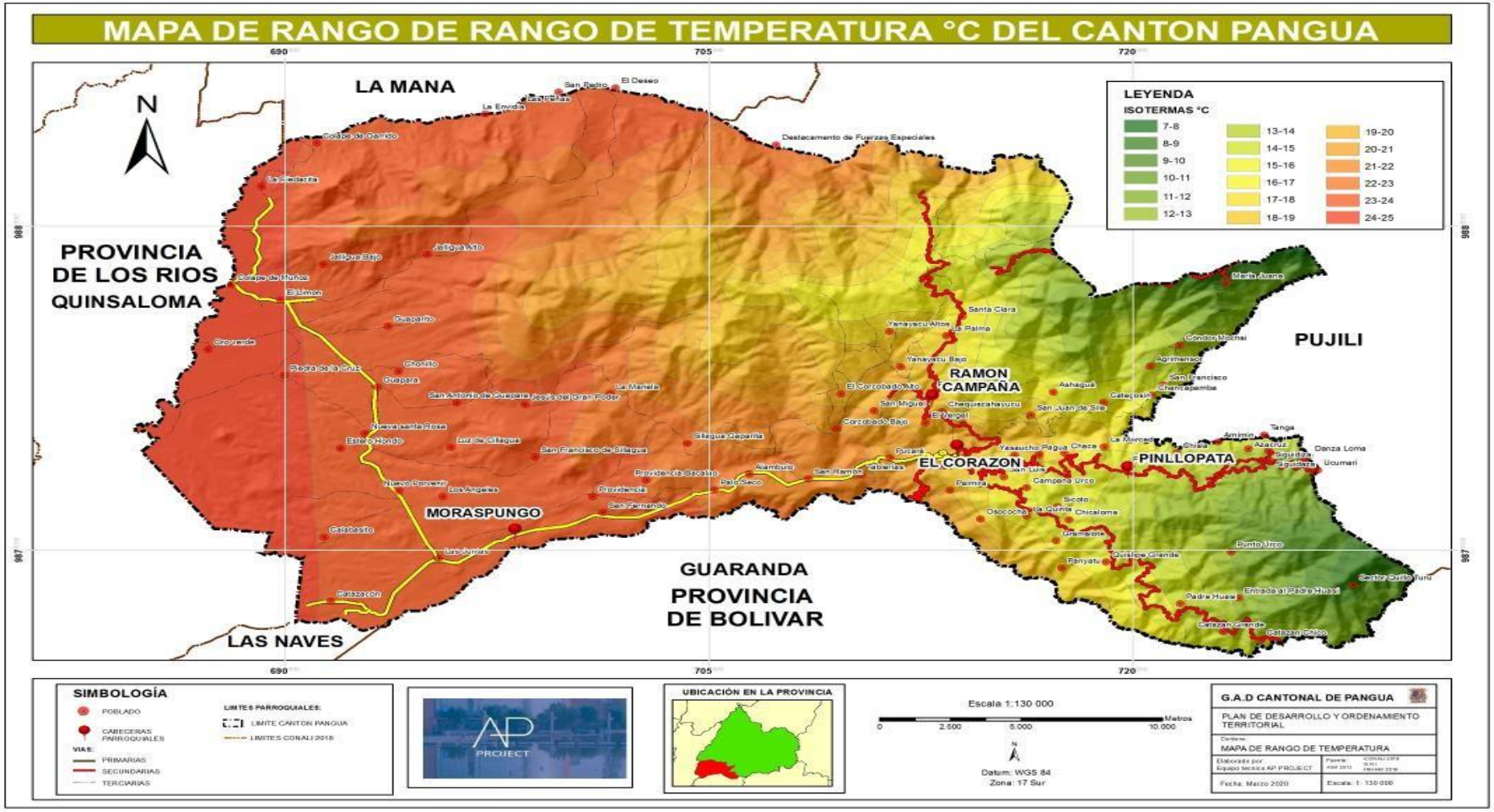


Ilustración 13. Rango de temperaturas del cantón Pangua.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

2.2.5. Relieve

Pangua posee dos unidades bien definidas por su materia parental y relieve. La geografía del cantón es irregular y definida ya que sus alturas varían desde los 355 hasta 3560 msnm. Los principales accidentes orográficos son: “Cordilleras de Pilancón y de Calope, los Cerros Caviloña, Corcovado, Mirador, El Quinche, Lomas Guarumal, Espejo, Sta. Teresita está conformada sobre un relieve ondulado”, como se muestra en la ilustración 14 (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018).

2.2.5.1. Geomorfología

Pangua se caracteriza por sus valles y terrazas aluviales, conos de deyección y esparcimiento; coluviones aluviales y relieves montañosos. La región andina comprende la mayor parte de la Cordillera de los Andes y se presenta a lo largo en sentido norte-sur.

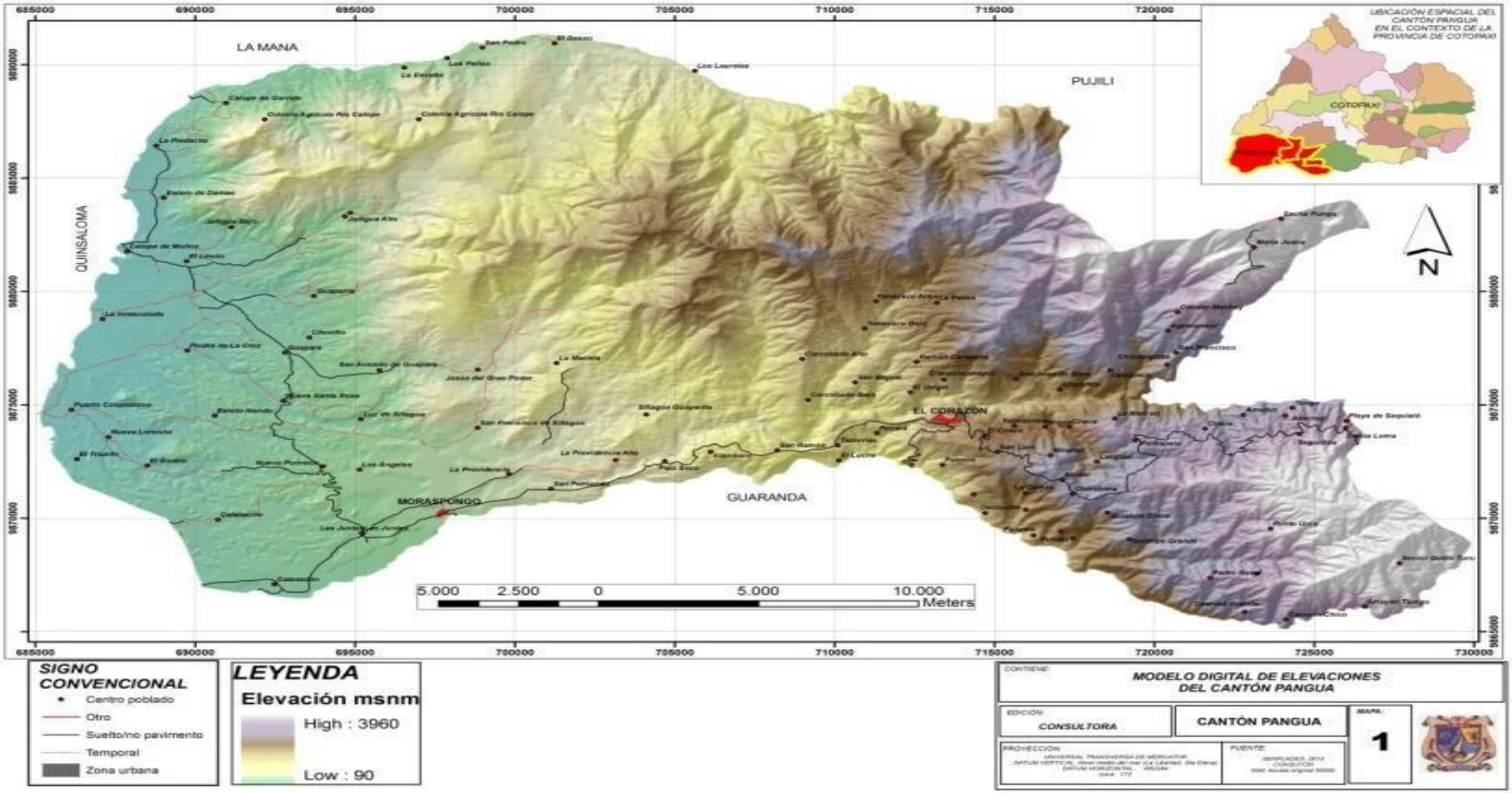


Ilustración 14. Relieve del cantón Pangua.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

2.2.6. Suelos

Las características del territorio se basan principalmente en la clasificación del suelo por categorías, tomando en cuenta la topografía o pendientes, precipitaciones y tipo o textura de suelo de la zona, son aspectos que nos ayudan a colocar limitaciones y aptitudes para desarrollar las actividades de área. (Consorcio de Gobiernos Autonomos Povinviales del Ecuador , 2018)

Una parte importante que debe ser considerado es el área disponible por ende el suelo soporta las actividades del ser humano dirigidas al aprovechamiento del potencial productivo. En parte el suelo posee ciertas características y propiedades que hacen que el suelo tenga mayor o menor capacidad agrícola como: textura, pH, etc.

El valor agrícola radica en su capacidad productiva(agrícola), ya que la capacidad es directamente proporcional al rendimiento de los cultivos que dependen de varias características, pero no hay que olvidar que el uso intensivo del suelo hará que se desgaste y perdida de ciertas propiedades (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón pangua, 2018)

Cuando existe un inapropiado uso del sistema de riego el nivel freático se elevará por ende se debe tomar en cuenta una buena distribución de agua en los cultivos, el suelo que predomina en la zona es suelo Franco que posee ciertas características como: alta producción agrícola, retención de líquido alta, suelo medio erosivo e infiltración del agua media. En ciertas zonas áridas donde las precipitaciones son bajas existe una menor evapotranspiración, pero gracias a la aplicación del riego se puede dar con normalidad la producción agrícola (Instituto de Estudis Ecuatorianos , 2010).

2.2.6.1. Pendiente del suelo

Las inclinaciones y ondulaciones geográficas nos ayudan a determinar si el suelo es apto o no para creación de un asentamiento urbano tomando en cuenta el aspecto topográfico por ende en el siguiente cuadro y mapa (ilustración15) se muestra los rangos de las diferentes pendientes:

Descripción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Fuerte (> 40 - 70 %)	22000,91	30,57
Muy fuerte (> 70 - 100 %)	21241,15	29,59
Media (> 12 - 25 %)	12632,00	17,55
Suave (> 5 - 12 %)	7991,30	11,1
Media a fuerte (> 25 - 40 %)	4514,27	6,27
Muy suave (> 2 - 5 %)	3528,59	4,9
Plana (0 - 2%)	48,69	0,067
Total	**71956,91**	**100**

Tabla 11. Rango de pendientes.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

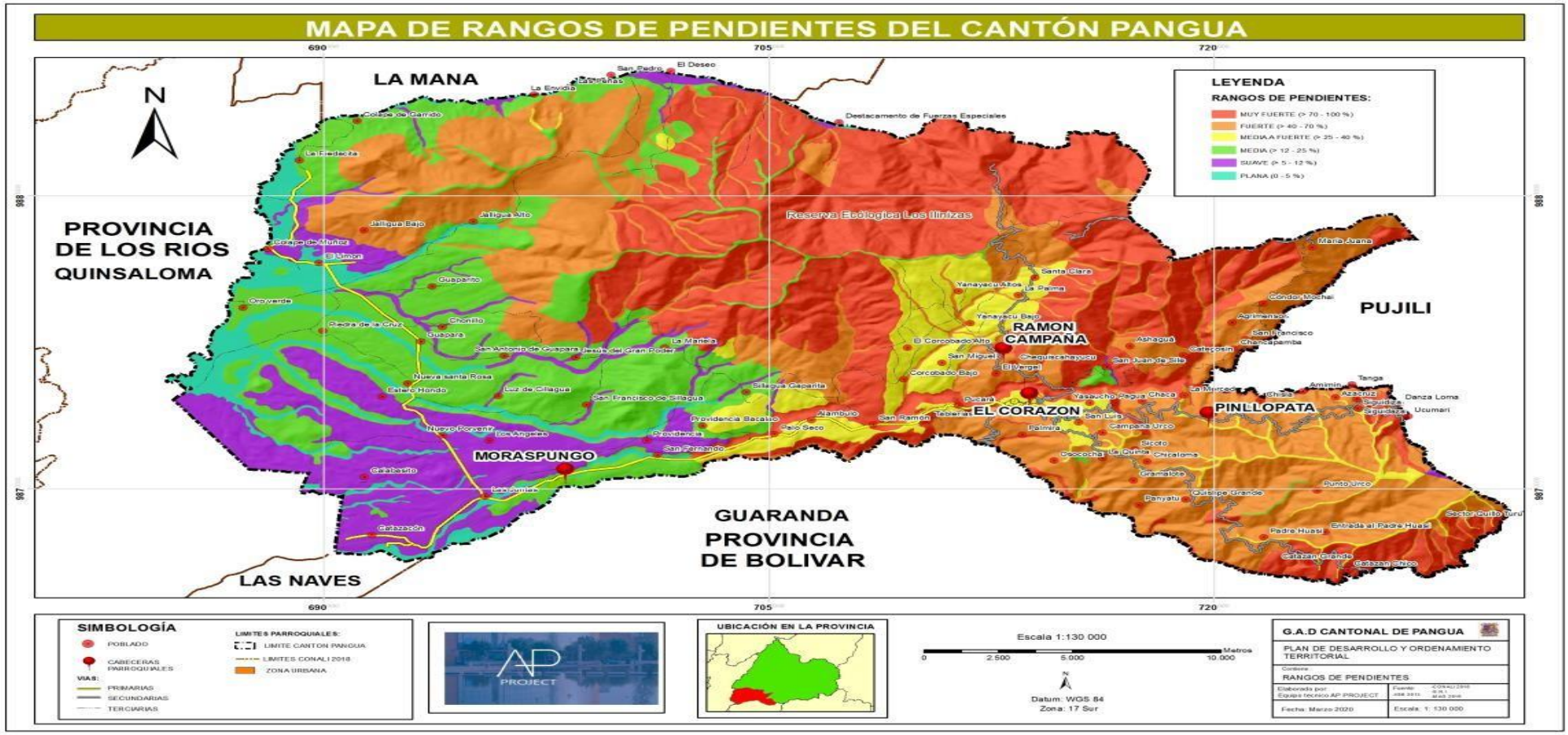


Ilustración 15. Rango de pendientes de cantón Pangua.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

2.2.6.2.Textura

Se refiere a la consistencia que posee el suelo y que se detallan, a continuación:

Ilustración 16. Textura del cantón Pangua.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

El cantón Pangua posee cuatro texturas: gruesa, media, moderadamente gruesa y zonas que no aplican.

2.2.7. Cultivos predominantes

Pangua al tener diversidad de características y poseer diferentes pisos climáticos como: frio, templado y cálido; este puede desarrollar variedad de actividades agrícolas. También el ser humano tiene con fin mejorar, tratar y transformar el suelo ya que es sustento y ayuda en la economía de las familias con la venta de los productos agrícolas. El cantón se distribuirá en tres zonas para facilitar el estudio y son: zona alta, media y baja.

El proyecto está establecido en la zona media donde su altitud varia de 700-1600msnm y el clima que predomina es templado haciendo que se den productos como: caña de azúcar (Saccharum officinarum), pastos (kikuyo, elefante, micay, gramalote, pasto miel, purucho, Saboya, bracharias) y naturales para alimentación de ganado bovino, frejol (Phaseolus vulgaris) y maíz suave (Zea mays). El producto que predomina en esta zona es la caña de azúcar ya que puede pueden sacarse varios derivados de esta como: alcohol o endulzante(panela) (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pangua, 2020).

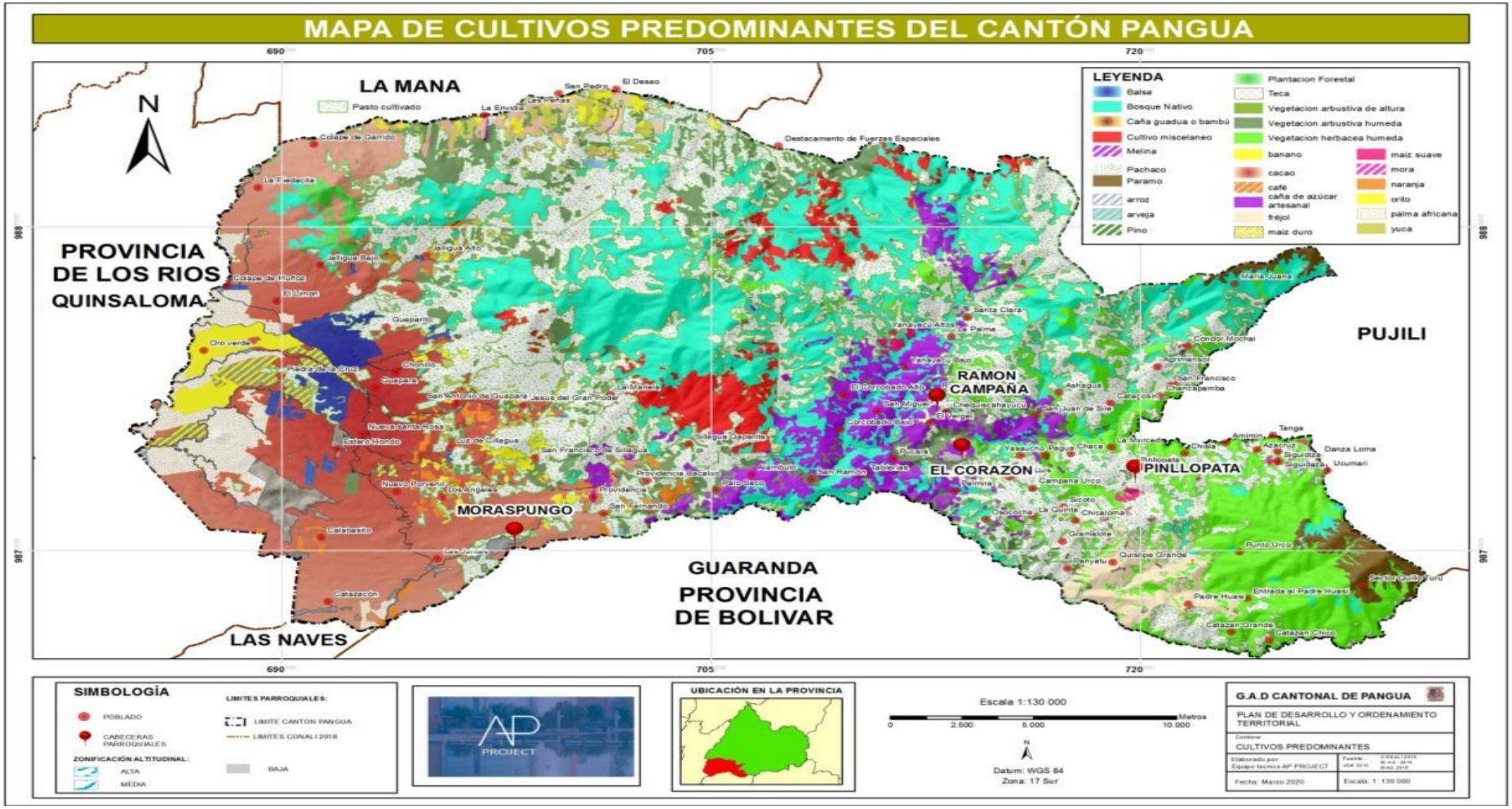


Ilustración 17. Cultivos predominantes del cantón Pangua.

Fuente: S.N.I M.A. G 2016 -IGM 2013 -INHAMI 2016

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Componentes Hidrológicos

3.1.1. Hidrología

Actualmente, la hidrología lleva un papel importante en los proyectos de ingeniería que tiene que ver con la operación y diseño de obras hidráulicas, abastecimiento y distribución de agua, disposición y tratamiento de aguas residuales, riego, drenaje, control de inundaciones y sedimentos, etc.

Con la ayuda de la hidrología se puede obtener parámetros para diseños relacionados con la ingeniería civil, sin olvidar que la hidrología posee dependencia de aspectos meteorológicos y ambientales que deberán ser estimados en ciertos casos y que es preciso complementar dichos datos desconocidos con métodos probabilísticos. Esto incluye las precipitaciones, escorrentía, humedad del suelo, evapotranspiración, etc. (Chow V. T., 1994).

> La hidrología es la ciencia que trata sobre las aguas de las tierras su existencia, distribución y circulación, sus propiedades físicas y químicas y su interacción con el medio ambiente y con los seres vivos, en particular con los seres humanos. El dominio de la hidrología abarca todas las ciencias relacionadas con el agua sobre la superficie terrestre (Villodas, 2008, pág. 58).

Para una zona la hidrología, es determinada por varios factores de clima como: geología, topografía, vegetación sin olvidar que la población con el pasar de los años aumenta y de esta forma irrumpen progresivamente el medio ambiente ya que alteran el ciclo hidrológico. (Chow V. T., 1994).

La hidrología posee un amplio campo como: hidrología forestal, hidrología ambiental, hidrología ambiental, entre otras. Para presente disertación nos centraremos directamente en la hidrología relacionada con la agricultura ya que nos ayudara analizar datos y determinar resultados para el diseño hidráulico.

3.1.1.1. Hidrología Agrícola

"Es el estudio de componentes del balance hídrico en los suelos y manejo de aguas de riego y drenaje subterráneo" (Chow V. T., 1994). El objetivo de la hidrología agrícola consiste en la explotación óptima de los recursos hídricos en la zona rural.

En los cultivos cuando se desarrollan sin la necesidad de aplicar riego están bajo las condiciones climáticas naturales, pero existen casos en que no hay buenas condiciones climáticas y se ve en la necesidad de instalar estructuras hidráulicas que solevanten la necesidad de los cultivos.

3.1.2. Clima

Según la Organización Meteorológica Mundial el "Clima es conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo y en un dominio espacial determinado" (Lines, 2010).

En obras de suministro de agua, el clima juega un papel importante ya que tendrán un efecto en el rendimiento y distribución de los cultivos, variación de precios, producción y consumo sin contar que puede afectar el bienestar de las familias productoras agrícolas.

También existe una relación entre la precipitación, formación de caudales, temperatura, presión, humedad, viento, heliofanía, etc., debido a que puede existir una reducción de productividad y rendimiento, es decir, una menor disponibilidad de agua, perdida de humedad del suelo, incremento de concentración de contaminantes, impactos directos sobre plantas por efecto de los fenómenos naturales estos producirían por ejemplo rotura de tallo, erosión y degradación de la tierra, sedimentación de cauces, desbordamientos e inundaciones que pueden afectar a los cultivos, debido a la humedad puede existir un incremento de plagas y enfermedades entre otras cosas (Donatti, 2017).

3.1.2.1. Agroclimatología

Es la ciencia que estudia la condiciones meteorológicas, climáticas e hidrológicas y su interrelación en los procesos de la producción agrícola. El clima no es el único factor que incluye en actividad agrícola ya que la agroclimatología busca la planificación entre los agricultores a corto y largo plazo (Hernandez L. , 1993).

3.1.3. Precipitación

Es toda agua meteórica que cae en la superficie terrestre, en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.), solida (nieve, granizo, etc.) y precipitación oculta (roció, helada, etc.). Estas son provocadas por el cambio de temperatura o presión. Para establecer las necesidades de agua en las plantas es necesario analizar:

- Distribución de la precipitación.
- Intensidad y frecuencia de las precipitaciones.
- Distribución de la precipitación en periodos críticos.
- Precipitaciones máximas y sequias. (Musy, 2001)

Existen diferentes tipos de precipitación como:

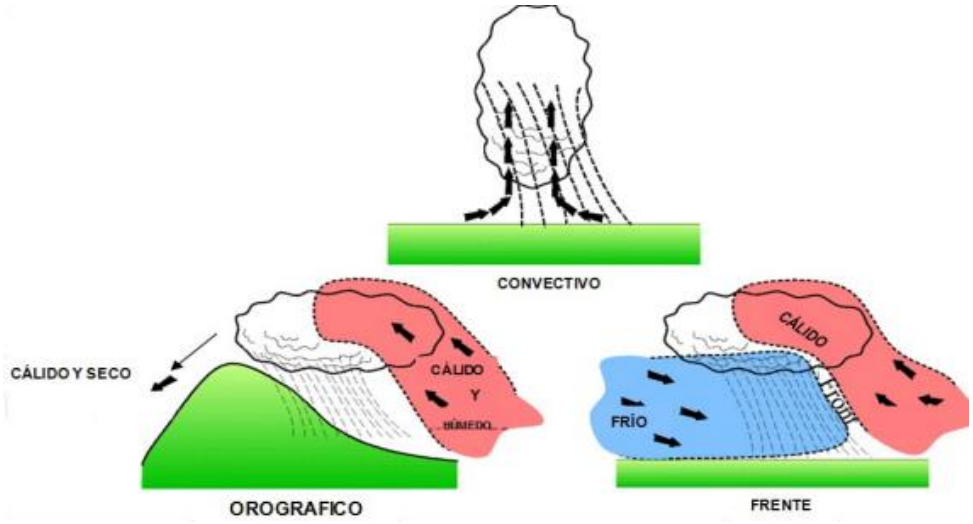


Ilustración 18. Principales tipos de precipitación: Convectiva, orográfica y frontales.

Fuente: (Musy, 2001)

- **Precipitación Convectiva:** Son generadas por el ascenso de masas de aire a la atmosfera debido a la radiación solar. Por lo general este proceso suele ir acompañado por descargas eléctricas de corta duración, pero de fuerte intensidad y se da en zonas ecuatoriales y templadas.

- **Precipitación Orográfica:** Es producida por una barrera topográfica (cadena montañosa). Esta va a depender de la altitud, pendiente, orientación y distancia entre el origen de la masa de aire caliente y lugar del levantamiento.

- **Precipitación Ciclónicas:** Son causadas por el choque de nubes a diferentes temperaturas es decir las nubes con mayor temperatura serán desplazadas a las partes más altas donde se precipitan (Ordoñez, 2012).

La precipitación puede ser medida por medio de: Pluviómetros o Pluviógrafos, pero estos no garantizan una correcta medición.

3.1.4. Temperatura

La temperatura refleja la cantidad de calor que posee un cuerpo, objeto o ambiente, el factor principal sobre la variación de temperatura es el ángulo de incidencia de los rayos solares que dependen de la latitud. Esta interviene en todas las etapas del ciclo hidrológico (Inzunza, 2019).

Los parámetros a lo largo del ciclo vegetativo de los cultivos son:

Periodo de actividad vegetativa:

- Necesidad de calor para los cultivos
- El efecto de la temperatura sobre las diferentes etapas de desarrollo vegetativo (maduración, germinación, etc.).
- Olas de calor (frecuencia y duración con la que se generan, etc.).

Periodo de frio:

- Requerimientos de frio-horas para las plantas.
- Los efectos que se pueden tener por causa de las altas temperaturas de invierno durante el periodo de reposo.
- Fechas promedio y extremas de la primera y última helada. Ciclo libre de heladas.
- Heladas de primavera e invierno. Probabilidad y frecuencia, en donde las temperaturas son inferiores a las que puede soportar el cultivo, en periodo de reposo y vegetativo, respectivamente(Hernandez L. , 1993).

3.1.4.1. Temperatura máxima

Es la máxima temperatura alcanzada en una zona en un día (máxima diaria), mes (máxima mensual) o año (máxima anual).

Las temperaturas máximas requerirán de ciertos insumos como: nutrientes, agua, radiación solar, etc. La gestión de los cultivos debe ser cada día más precisa de esta forma se obtendrá mejor rendimiento en los cultivos compensado el efecto de altas temperaturas con un uso adecuado de agua y nutrientes(Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion , 2011).

3.1.4.2. Temperatura mínima

Es la temperatura mínima alcanzada en el lugar determinada en el día (máxima diaria), mes (máxima mensual) o año (máxima anual). Si la temperatura desciende el desarrollo de los cultivos será más lento, pero si las temperaturas son demasiado bajas puede llegar al punto de helar y esto produciría un daño más severo(Hernandez M. , 1993).

3.1.5. Humedad

Según Mendoza la humedad la define como la cantidad de vapor de agua existente en la atmosfera a partir de la evaporación en un instante y logar especifico, se puede expresar de diferentes formas:

- Humedad absoluta
- Humedad especifica
- Humedad relativa
- Tensión de vapor de agua
- Punto de rocío (Mendoza, 1981).

La humedad del suelo dependerá de las precipitaciones, la intensidad de uso de agua por parte de las plantas o la temperatura del aire, entre otros factores.

Uno de los requisitos más significativos que están relacionados con la agricultura porque va a depender de la clase de cultivo, cambios de temporada y también si es necesario implementar un sistema de riego para que el sistema sea eficiente. También la humedad es de gran importancia para su rendimiento caso contrario las plantas no crecerán si la humedad del suelo no es suficiente.

3.1.5.1. Índices de humedad

- **Humedad relativa:** Es la relación entre la presión actual del vapor de agua comprendido en cierto volumen de aire y la cantidad que podría contener a la misma temperatura si estuviera saturado. La humedad relativa se incrementa cuando el aire se enfría o cuando se agrega vapor de agua al aire.

- **Humedad especifica:** Es la relación de masa de vapor contenida en una masa de aire húmedo(gramos/kg).

- **Humedad absoluta:** Es la cantidad de masa de vapor de agua contenida en una unidad de volumen de aire (Linacre, 1992).

3.1.6. Nubosidad

Las nubes no están distribuidas al azar, arbitrariamente por toda la atmósfera, sino que su formación se debe a diversas perturbaciones meteorológicas, dando lugar a una nubosidad característica para cada caso y están asociadas entre sí de un modo general. Las nubes se presentan en conjuntos denominados sistemas nubosos (Pazos & Mayorga, 2019).

Las nubes son un importante regulador para el clima debido a su intervención en el balance hídrico de la atmosfera y su interacción con la radiación solar e infrarroja (Mendoza, 1981).

La nubosidad despierta un gran interés en la comunidad científica, además de la enorme variabilidad temporal, la escala espacial también es relevante. En este sentido, los datos de las nubes pueden ser recopilados y análisis ya bien sea a escala global sin diferenciar superficies, o bien diferenciando zonas continentales de los océanos por separado, y/o a nivel regional y local (Enriquez, 2016).

También se puede decir que es la cantidad de nubes que hay en el cielo, está relacionada con las horas que tiene el sol, se denomina total si el cielo está totalmente cubierto, y parcial si sólo lo está una parte o fracción. Esa porción se expresa en octavos, de esta forma 0 corresponde a un cielo completamente despejado y 8 a uno totalmente cubierto. La nubosidad existente se determina visualmente, agrupando con la imaginación a las nubes existentes en una zona y calculando el espacio que ocuparían juntas. Este método se justifica por la rapidez con que suele cambiar la nubosidad (Pazos & Mayorga, 2019).

3.1.7. Viento

Según Mendoza (1981), el aire se mueve de altas presiones hacia la zona baja de la superficie terrestre. En meteorología, el viento se estudia como movimiento tanto horizontal(ascenso), como verticalmente(descenso). Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos atmosféricos locales, como la formación de nubes de tormenta.

La diferencia de presiones (fuerza de atracción de la tierra y e ejerce un peso) en la atmosfera hace que exista diversas temperaturas, al producirse un desigual calentamiento de las diferentes zonas de la Tierra y de la atmósfera. Tienden a ascender las masas de aire cuando son más calientes, y su lugar es ocupado entonces por las masas de aire circundante, más frío, por tanto, más denso. Se denomina viento, a la corriente de aire que se traslada en sentido horizontal, mientras que para el movimiento en sentido vertical se denomina corriente de convección (Vide, 1988).

Es un factor importante para la agricultura, es el responsable directo de algunas características climatológicas ya que, están enlazados algunos fenómenos meteorológicos tanto a favor como en contra para la agricultura, e incluso en la formación de suelos.

El viento a poseer varias características como: seco, húmedo, frio, etc. Influye en los cultivos de una zona determinada tanto de forma positiva como negativa, según sea el caso. Entre los beneficios agrícola del viento son:

- Reanudación del aire ya que ayuda a la transpiración de las plantas.
- Fecundación de las plantas y transporte del polen.
- El viento al remover las capas de aire frio que hay junto al suelo, evita las heladas nocturnas de irradiación.

Efectos negativos:

- Desecación y endurecimiento de los suelos, después de las lluvias o riego.
- Deformación de la copa de los árboles en zona de vientos muy fuertes en una dirección.
- Bruscos cambios térmicos asociados al viento.
- Arrancado de hojas, ramas, flores debido a los fuertes vientos
- Los vientos persistentes y fuertes roban la capa de suelo fértil produciendo la erosión (Garcia de Pedraza, 1963).

3.1.8. Heliofanía

Es la duración de brillo solar u horas de sol en una zona determinada y que es medida en horas mediante el heliofanógrafo que registra el tiempo en que recibe la radiación solar directa.

Para la agricultura, la cantidad de duración de luz solar incidente en la superficie de la tierra es un parámetro meteorológico importante debido a una determinada zona geográfica y en la determinación de la evapotranspiración. Según sea el caso se le puede acompañar de un mapa textual de suelo donde nos permitirá medir la potencialidad de un cultivo a instalar ya que la textura puede variar cada 50 metros, por ende, la duración de la luz solar es importante para los investigadores que trabajan en la agricultura, hidrología, etc. (Kandirmaz & Kaba, 2014).

3.1.9. Relieve

Es el conjunto de formas que se representa en la superficie terrestre, el relieve no es estable y es el resultado de la combinación de fuerzas que actúan en diferentes direcciones. Existen las fuerzas internas que son provocadas por la actividad en el manto que resultan en la litosfera, es decir el movimiento de las placas tectónicas y sus consecuencias. También se debe tomar en cuenta que existen fuerzas externas como los agentes meteorológicos (Villena, 2010). En Ecuador existen diferentes tipos de relieve como:

Colinas medianas	Son superficies planas o pendientes suaves menores al 12 %, que presentan crestas redondas con ejes en sentido del drenaje.
Conos de deyección y esparcimiento	Tienes forma de cono y contienen material volcánico como: lahares, aluviones, lava que provienen del volcán Cotopaxi.
	Es un relieve plano o con cierta inclinación que es formado por material acarreado por el agua producto de la gravedad.

Piedemonte coluvial	Presta buenas condiciones de fertilidad en el suelo, pero cuando presenta gran pendiente existe inestabilidad lo cual requiere de obras de infraestructura civil.
Relieve escarpado	Formados por elevaciones abruptas que están desniveladas y contienen rocas que hacen difícil el tránsito.
Relieve montañoso	Están conformados por elevaciones naturales de altura considerable que pueden ser cordilleras, volcanes, etc.
Terraza baja	Posee 2-4% de pendiente, que conforman el nivel no inundable del sistema de terrazas aluviales de la zona.
Terraza colgada	Cuando la erosión corta todo el espesor de la terraza anterior formada y no tiene contacto con otros niveles.
Terraza indiferenciada	Se conforma cuando el proceso de erosión no alcanza a eliminar todo el estrato aluvial.
Zonas urbanas	Posee un patrón no definido con una superficie variable superando pendientes de 70%.

Tabla 12 Tipos de relieve.

Fuente: PDOT Pangua.

3.2. Necesidad agua de los cultivos

3.2.1. Características del suelo

Determinar las características del suelo es algo primordial, ya que pretende determinar su aptitud para el crecimiento de los cultivos. También se debe considerar que dependerá de la zona donde se instale el proyecto para la siembra de cultivos, donde se establecerá las características físicas y químicas del suelo que ayudara a un desarrollo y crecimiento de los cultivos.

El suelo de por sí, ya es un sistema complejo y puede ser considerado como un conjunto de fases: solida, liquida y gaseosa. Entre una de las características más notables es la naturaleza particular y la agrupación de partículas minerales individuales ya que se forman agregados deformables, no rígidos(Losada Villasante, 2005).

Varias son las propiedades que posee el suelo y que están determinadas por diferentes fases del suelo, algunas de las propiedades son: textura, estructura, porosidad, etc. (Aguilar, 2018).

El suelo y sus características son componentes importantes porque ayuda a lograr una agricultura eficiente, ya que el suelo está compuesto por: materia orgánica, agua, aire, animales, minerales y pequeños organismos vegetales que ayudan a estimular la actividad de los microorganismos y de esta forma logran proporcionar una adecuada cantidad de materia orgánica que facilita el crecimiento de plantas (FAO, 2006).

3.2.1.1. Textura

Es una porción de partículas minerales de su fracción sólida, que se clasifica según su tamaño de partículas minerales. Para el suelo cada partícula es elemental y se clasifican en tres grupos: arcilla, limo y arena. Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA):

Partículas	**Tamaño(mm.)**
Arena	20-0.05
Limo	0.05-0.002
Arcilla	<0.002

Tabla 13. Clasificación de la textura según su tamaño.

Fuente: (Aguilar, 2018)

La textura del suelo se definirá por el porcentaje de arena, limo y arcilla que componen el suelo. A continuación, se muestra el triángulo de la textura del suelo:

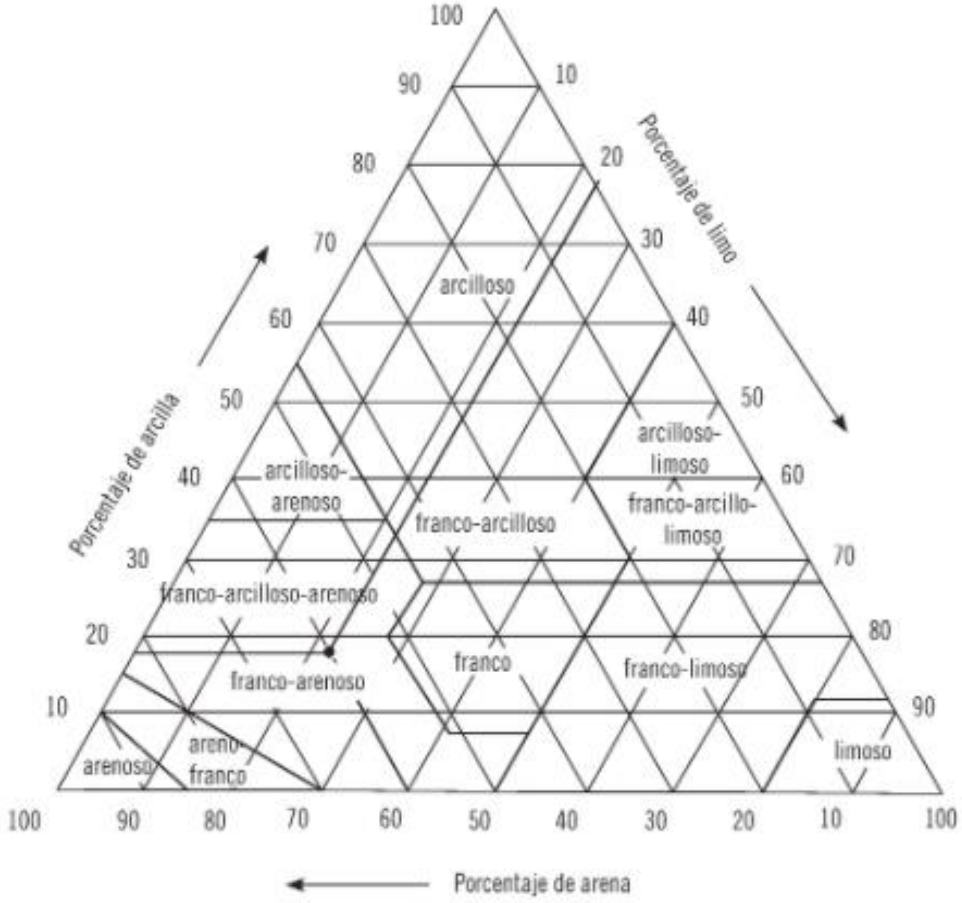


Ilustración 19. Triangulo de textura del suelo

Fuente: (Aguilar, 2018)

Los efectos de la textura sobre las propiedades del suelo son:

Arena	Bajo almacenamiento de nutrientes.
	Permeabilidad alta.
	Velocidad de infiltración alta.
Limo	Medio almacenamiento de nutrientes.
	Permeabilidad media-baja.
	Velocidad de infiltración baja.
Arcilla	Alto almacenamiento de nutrientes.
	Permeabilidad baja.

	Velocidad de infiltración baja.
Franco	Alta productividad agrícola
	Textura relativamente suelta
	Infiltración de agua es media
	Retención de agua alta
	Erosión media

Tabla 14. Efectos de la textura sobre las propiedades del suelo.

Fuente: (Aguilar, 2018)

La variación de la textura no puede ser vista a simple vista por parte de los agricultores ya que la labranza solo afecta a la estructura del suelo y no a la textura así que la única forma de obtener una variación de textura es añadiendo nuevos materiales al suelo, el método más rentable es aporte de materia orgánica al suelo(Aguilar, 2018).

3.2.1.2. Estructura

Es la ordenación de las partículas (arena, limo y arcilla) por tamaño, forma, disposición, grado de cohesión y compacidad de estos (Losada Villasante, 2005).

Según Martínez (2014), es la forma como se unen y relacionan entre si las partículas y que va a depender de su tamaño, se debe tomar en cuenta que hay macroporos y microporos y esto va a influir en la estructura del suelo. Cuando existen microporos existe gran retención de agua y por ende un mayor trabajo para las raíces de la vegetación mientras que si existe mayor número de macroporos existirá mayor paso de aire, pero poca cantidad de agua en el suelo.

3.2.1.3. Profundidad de enraizamiento

La profundidad de enraizamiento o profundidad de suelo se refiere al espacio que existe entre las raíces, se debe tomar en cuenta que desde que se desarrollan las raíces y estas se pueden dividir en diferentes partes según la distribución del consumo de agua.

La distribución del consumo de agua por planta (menor a mayor profundidad) para el diseño del riego de la profundidad máxima de enraizamiento, sino la profundidad efectiva (75-90% del total)

Cuando hablamos de profundidad de enraizamiento o profundidad del suelo nos referimos al espacio en que las raíces de las plantas puedan penetrar sin mayores impedimentos para conseguir agua y otros nutrientes. Para calcular el agua útil, es decir el agua disponible por planta, hay que tomar en cuenta una profundidad del suelo que corresponderá al enraizamiento de la planta que se va a cultivar (Martinez, 2014).

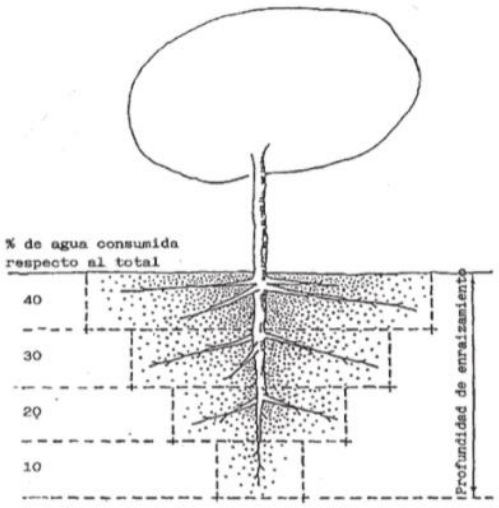


Ilustración 20. Relación consumo de agua y profundidad de las raíces.

Fuente: Pascual, 1996

La profundidad del sistema radicular depende de:

- Especie de la planta
- Fase del ciclo vegetativo
- Características físicas del suelo (textura, el sistema radicular es más profundo en los suelos de textura gruesa).

También se debe tomar en cuenta que las características del suelo influirán en el desarrollo de las raíces y de esta forma puedan profundizarse más. (Martinez, 2014)

Tipo	Símbolo	Profundidad
Muy superficial	Ms	0-10cm
Superficial	S	11-20cm
Poco profundo	Pp	21-50cm
Moderadamente profundo	M	51-100cm
Profundo	P	>100cm

Tabla 15. Tipos de profundidad.

Fuente: Instituto de estudios ecuatorianos, (2010)

3.2.1.4. Pendiente

Es el ángulo de inclinación del terreno es importante debido al drenaje, erosión y estabilidad del suelo. Se debe considerar que a mayor pendiente más rápido será el drenaje y existe mayor posibilidad que exista erosión y deslizamiento de tierras. A continuación, se muestra una tabla con la clasificación de las pendientes (Arteta, 2007):

Tipo	Símbolo	Descripción
Plana 0 -2%	(1)	Relieves completamente planos
Muy suave 2-5%	(2)	Relieves casi planos
Suave 5-12%	(3)	Relieves ligeramente ondulados
Media 12-25%	(4)	Relieves medianamente ondulados
Media fuerte 25-40%	(5)	Relieves mediana mente a fuertemente disectados
Fuerte 40-70%	(6)	Relieves fuertemente disectados
Muy fuerte >70%	(7)	Relieves muy fuertemente disectados

Tabla 16. Clases de pendientes.

Fuente: Instituto de estudios ecuatorianos, (2010)

La pendiente debe ser considerada por si efectos en la erosión y el uso de la maquinaria agrícola, ya que algunos predios pese a tener buenos suelos no resulta una buena idea cultivarlos. Una pendiente corta, el agua que transita por la superficie será pequeña haciendo de esta forma sea limitada la erosión mientras que una pendiente larga hace que el agua se acumule en pequeños surcos que se unen, formando zanjas grandes; en ciertos casos es necesario construir canales de desviación, sirve para reducir la velocidad y volumen de agua hasta que lleguen a causes protegidos donde causen menos impacto (Arteta, 2007).

Para elegir un sistema de riego se debe considerar que el predio no puede ser muy escarpada debido a que la relación entre la escorrentía y la infiltración es desproporcionada y favorece a la escorrentía. También en el caso que la pendiente sea elevada existirá perdida de agua, nutrientes y causara escorrentía en el suelo (Gange, 2010).

3.2.1.5. Erosión

Es el proceso ambiental que ocasiona un daño a la estructura del suelo, afectando la fertilidad y reducen la calidad del agua. Algunos de los elementos que aceleran la erosión son: agua, viento, gravedad entre otros.

Algunas de las causas que producen la degradación del suelo son: erosión, salinización y acidificación del suelo ya que las abrasivas prácticas como: labranza, uso de pesticidas y practicas d riego inadecuadas hacen que los niveles de salinidad y acidez del suelo aumenten hasta el punto de que el suelo pierda su fertilidad. También se debe considerar el exceso de deforestación, operaciones industriales como construcción de carreteras hacen irrevocable los efectos en el rendimiento del suelo (Earth Observing System, 2020).

El clima es una de las causas importantes de la erosión debido a que es producida por las abundantes precipitaciones, las fuertes lluvias en zonas con poca

vegetación o con vegetación poco arraigada son vulnerables a flujos de agua de las precipitaciones por lo que el agotamiento del suelo es algo inevitable.

La humedad es una característica importante del suelo ya que ayuda a determinar si un suelo es productivo o no, de esta forma “La erosión facilita el proceso de contaminación de las aguas subterráneas y la rigidez de la estructura del suelo impide el flujo de agua en las capas más profundas”. También la erosión aumenta los niveles de ácido en el suelo haciendo que la estructura biológica se deteriore y una vez que las masas orgánicas se disuelven en las capas superiores del suelo, el suelo ya no posee niveles aceptables de pH y los niveles por encima o por debajo socavan la capacidad de desarrollo de los cultivos(Earth Observing System, 2020).

3.2.1.6. Drenaje

Para suelos agrícolas, el drenaje es un método que permite eliminar cualquier exceso de agua o sales que se puede observar sobre la superficie del suelo o en la zona radicular de los cultivos, el suelo al poseer problemas de drenaje se debe considerar paralelamente el drenaje superficial y subterráneo.

Según el Boletín Agrologico del INAMHI (2010), en el callejón interandino existen periodos prolongados de sequía en donde la evapotranspiración sobrepasa la precipitación, es por eso por lo que los agricultores deben programar turnos de riego en forma periódica y con alta frecuencia para cubrir la demanda hídrica.

En las zonas áridas donde la precipitación es reducida, existe menor evapotranspiración y el desarrollo de los cultivos es posible gracias a la aplicación del riego. Pero una aplicación inapropiada de un sistema de riego incita a que el nivel freático se eleve, se debe considerar que el agua de riego posee sales que con el pasar del tiempo se acumulan en el terreno es por eso por lo que en estas zonas(Instituto de Estudis Ecuatorianos , 2010).

Tipo	Símbolo	Descripción
Excesivo	E	Eliminación rápida de agua con relación a la contribución de la precipitación. Suelos de textura gruesa.
Bueno	B	Eliminación fácil de agua y precipitación. Suelos de textura media a fina.
Moderado	M	Eliminación lenta de agua que posee un amplio intervalo de texturas.
Mal drenado	X	Eliminación de agua con relación al suministro. Suelo con amplio intervalo de texturas

Tabla 17. Clases de drenaje en los suelos.

Fuente: Instituto de estudios ecuatorianos, (2010)

3.2.1.7. Presencia de moteados

Son manchas que poseen diferentes colores donde el color del suelo predomina, se debe tomar en cuenta que el suelo este sujeto a ciertas condiciones es decir mojado (reducción) y secado(oxidación). La presencia de moteados se refiere como abundancia, contraste, limite y color, también se puede decir que se toma en cuenta la forma, posición o cualquier otro rasgo.

La abundancia de los moteados se refiere a al porcentaje de superficie expuesta que los moteados ocupan en el suelo es decir a los nódulos minerales, también el tamaño de los moteados indica el diámetro de cada uno de los moteados (Rojas, 2009).

3.2.1.8. Permeabilidad

Indica la velocidad de infiltración del agua en el suelo o la capacidad para retener agua de las lluvias o las aportadas por el agua de riego, la permeabilidad va a depender de la estructura y textura del suelo. La velocidad con la que el agua atraviesa el suelo va a depender de varios factores como: porosidad, densidad que dependerá de la temperatura y presión.

La dimensión de los poros tiene bastante importancia respecto a la tasa de filtración (movimiento de agua hacia dentro del suelo) y la tasa de percolación (movimiento de agua a través del suelo). También se debe considerar el tamaño y número de poros debido a la relación que tiene la textura y estructura, es decir, mientas que la textura del suelo es la proporción que existe de estos tres tipos de partículas (arena, limo y arcilla), la estructura del suelo nos indica como están arregladas las partículas en el espacio. No se puede cambiar la textura del suelo, pero si es posible manejar el suelo para mejorar su estructura. (PennState Extension, 2017)

Se debe tomar en cuenta que mientras más permeable sea el suelo mayor será la filtración, por lo general el suelo posee diferentes capas y la calidad del suelo varia de una capa a otras (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2011).

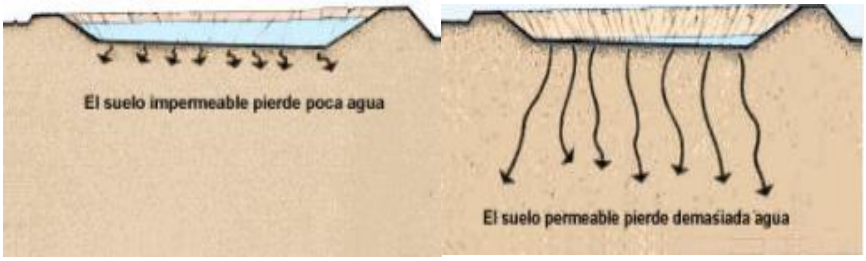


Ilustración 21. Permeabilidad del suelo.

Fuente: FAO

3.2.1.9. Carbonatos

Algunos suelos poseen carbonatos[2] y estos pueden disminuir el rendimiento de los cultivos, limitando la respuesta a la fertilización y en algunos casos el desarrollo de las plantas. (Arteta, 2007). Existe variedad de carbonatos

[2] **Carbonatos.** Son derivados de la combinación un ácido carbónico y un metal. Estos pueden disminuir el rendimiento de los cultivos, limitar la respuesta de fertilización y en ciertos casos pueden llegar a impedir el correcto crecimiento de los cultivos. (Rojas, 2009)

entre los más comunes están: calcita (CaCO3) y la dolomita [CaMg (CO3)2] y los menos comunes son: carbonato de sodio (Na2CO3) y siderita (FeCO3).

Para determinar carbonatos se utiliza la adición de ácido clorhídrico (HCl) ya que el grado de efervescencia se afectado por la naturaleza de los carbonatos tanto física como química, cantidad, distribución del tamaño de las partículas mineralogía de las partículas del suelo. En pocas palabras se puede decir que la efervescencia no es un indicador preciso tan solo un índice relativo de cantidad de carbonatos(Rojas, 2009).

3.2.1.10. Ph

Para un suelo optimo agrícola el pH varía entre 6,5 y 7,0 de esta forma se obtendrá mejores rendimientos y una mayor productividad. Cuando existe un suelo acido se puede mejorar la calidad mediante el uso apropiado de cal (Prasad and Power, 1997).

Cuando existe valores extremos de pH puede afectar la estructura del suelo, esto influye en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos y causar la presencia de deficiencia, toxicidad, etc. (Edward, 2000).

Al momento de utilizar fertilizantes que contienen amonio o urea estos aceleran la acidificación del suelo y la descomposición de la materia orgánica incrementa (Kluepfel, 2012).

3.2.2. Transpiración

Es un proceso que empieza desde las raíces hasta unos pequeños poros que se encuentran en las hojas, lugar donde se transforma en vapor de agua y esto se libera a la atmosfera. La transpiración es parte fundamental para la evaporación del agua desde las hojas de las plantas.

Para las plantas es fundamental la transpiración para realizar la fotosíntesis, se puede decir que gracias a la transpiración se origina la depresión y

con ella la succión que aspira el agua y sales minerales que van desde la raíz hasta las hojas de las plantas. Para que exista una mayor o menor transpiración dependerá el volumen de hojas, morfología, ubicación de los cultivos y factores ambientales como (Science for a changing world, 2019):

- **Temperatura.** A medida que aumenta la temperatura aumentara la tasa de transpiración en especial cuando el clima es cálido.

- **Humedad relativa.** La transpiración se reduce a medida que aumenta la humedad del aire, es decir es más difícil para el agua evaporarse hacia el aire saturado que al aire seco.

- **Viento.** Existe una mayor transpiración cuando aumenta el aire rodea a las plantas.

3.2.3. Evaporación

Es el desarrollo en el cual el agua en estado líquido se vaporiza, se transforma en gaseosa, esta se puede evaporar en una variedad de superficies (suelos, cuerpos de agua, etc.) y su intensidad dependerá de ciertos factores como:

- Diferencia de tensiones
- Velocidad de viento
- Presión atmosférica
- Estado de superficie evaporante
- Humedad de aire
- Radiación solar

Se puede decir que la precipitación y la temperatura son elementos característicos del clima y que influirán en la producción de cultivos. Se debe tomar en cuenta la rapidez con la que se produce la evaporación ya que es directamente proporcional a la temperatura, es decir, a mayor temperatura, mayor será la rapidez del cambio de estado(Mendoza, 1981).

Según la NASA, que realizó un estudio dice que el 90% de la humedad atmosférica es proporcionada por los océanos, mares, ríos, etc. y el 10% restantes se encuentra en la atmosfera que es liberada por las plantas por medio de la traspiración(NASA, 2010).

3.2.4. Evapotranspiración

El agua llega a la atmosfera por dos vías, es decir, por evaporación de las aguas superficiales de la corteza terrestre y la transpiración de las plantas. Entonces la evapotranspiración es la pedida de agua a la atmosfera y tiene dos componentes:

- Evaporación directa desde el suelo
- Transpiración a través de la planta

Se debe tomar en cuenta que la evaporación y transpiración ocurren al mismo tiempo y no hay manera sencilla para poder diferenciar estos dos procesos también la evapotranspiración es la relación entre el agua evaporada por el suelo y la transpirada por el sembrío.

Para el total de agua que es evapotranspirada representa consumo de agua en los cultivos y esta se divide en cuatro tipos de evapotranspiración (FAO, 1990):

- Evapotranspiración real (ETR)
- Evapotranspiración máxima (ETM)
- Evapotranspiración potencial (ETP)

- Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

$$ETP \geq ETM \geq ETR \geq 0$$

3.2.4.1. Evapotranspiración real

Es la cantidad de agua que es evaporada desde la superficie del suelo, es transpirada por la cubierta vegetal y esta puede ser medida en mm/día. También se puede decir que la evapotranspiración real es cuando existe un correcto suministro hídrico en las plantas entonces las estomas que se encuentran en las hojas se abren en su totalidad y por ende la transpiración es máxima(FAO, 1997).

3.2.4.2. Evapotranspiración potencial o de referencia (ETP)

Es la cantidad de agua que se puede evaporar en un determinado clima por una cubierta vegetal continuo que si está bien dotado por agua. Se puede decir que es un proceso compuesto que comprende la evaporación en toda clase de superficie como: agua, vegetación y suelo. La altura del agua se expresa en milímetros(mm), es decir, la traspiración de las plantas está dada en un determinado tiempo.

En la evapotranspiración potencial influyen ciertos factores meteorológicos como: radiación solar, temperatura, velocidad del viento, humedad y presión atmosférica. Los factores del suelo son: contenido de agua y propiedades físicas.

Esta variable es compleja medir, pero se puede calcular mediante ecuaciones calibradas con datos reales que están medidos bajo condiciones controladas(FAO, 1990).

3.2.4.3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto)

Es un dato importante para el diseño de sistemas de riego, ya que con este valor se determina el caudal de diseño y nos ayuda a definir el equipo más apropiado y económico que asegure el desarrollo de los cultivos.

La evapotranspiración del cultivo de referencia máxima varía dependiendo al periodo (diario, semanal, mensual) que se puede medir en campo, aunque puede ser dificultosa sin embargo se la puede cualificar con la ayuda de otros instrumentos(lisímetro) determinados para la medición correcta de los factores ambientales y que sirven para calcular el balance de agua en el suelo (FAO, 1990).

Para el cálculo de la evapotranspiración se puede utilizar diferentes métodos experimentales sobre el terreno como:

- **Blaney- Criddle**

La ecuación se basa en un modelo empírico que solo requiere las temperaturas medias diarias por cada mes del año y está definida por:

$$U = \frac{K * p * (45{,}7T + 813)}{100}$$

Donde:

U =Necesidad mensual de agua(mm)

K =Coeficiente de cultivo (se mide mediante lisímetros)

p =Porcentaje de horas diurnas medio diario (cada mes del total anual)

T =Temperatura media mensula(°C)

El coeficiente de cultivo varía dependiendo de la zona climática, ya que los rangos que posee son entre 0,5 a 0,85 pero este puede variar hasta 1,20 en

zonas árida. Pero se debe tomar en cuenta que la exigencia mínima es de 0,50 (Quereda Sala, 2005) .

– **Balance Hídrico del suelo**

Es el resultado entre la demanda y el aporte de agua que es contabilizada mediante la evapotranspiración potencial de cultivo. Con esto podemos conocer las necesidades de agua para los cultivos y de esta forma queden satisfechas también se debe considerar que puede existir déficit de agua en los cultivos por lo que se deberá implementar aportes de agua de riego que satisfaga la demanda(Hernandez L. , 1993).

Elementos del clima	Recursos	Riesgo
Temperatura	– Disponibilidad térmica. – Crecimiento cero. – Grados-día. – Horas-frio. – Factor de evapotranspiración.	– Adversidad térmica. – Heladas. – Golpes de calor. – Plagas.
Viento	– Fotosíntesis. – Factor de evapotranspiración. – Agente polinización.	– Adversidad eólica – Vientos fuertes.
Humedad	– Factor de evapotranspiración.	– Plagas
Precipitación	– Disponibilidad hídrica. – Factor de balance hídrico.	– Sequias. – Precipitaciones intensas. – Plagas – Asfixia radicular.

		– Factor del lavado de nutrientes.

Tabla 18. Elementos del clima, recursos y riego de la actividad agrícola.

Fuente: Hernández L, 1993.

Cuando el balance hídrico entre la evapotranspiración y la precipitación es positivo, existe un déficit hídrico es decir se debe aplicar riego(Consorcio de Gobierno Autonomo Provinciales del Ecuador, 2019).

La evapotranspiración puede ser medida mediante el balance de agua en el suelo que consiste en calcular el flujo de agua que entra y sale de la zona de la raíz de las plantas(cultivos) en un determinado periodo de tiempo, la siguiente ecuación se basa en la conservación de masa aplicada al suelo es:

$$ET = R + P - ES - D + C \pm \Delta FS \pm \Delta SW$$

Donde:

ET =Evapotraspiración

R =Riego

P =Precipitacion

ES =Escurrimiento superficial

D =Ppercolación profunda(drenaje)

C =Capilaridad

ΔFS = desde la capa freática subsuperficial hacia la zona de raíces de la zona radicular

ΔSW= Contenido de agua en el suelo

Se debe considerar que ciertos flujos como el subsuperficial, percolación profunda y capilaridad desde el nivel freático es difícil medir así que se deberán considerarse como tiempo corto(FAO, 2006).

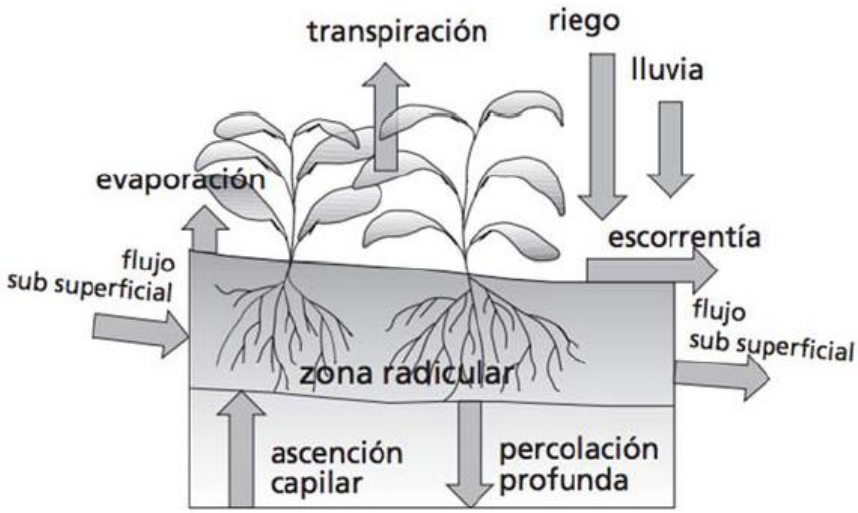


Ilustración 22.Balance hídrico en el suelo de la zona radicular.

Fuente: FAO,2006

– **Ecuación combinada de Penman-Monteith**

La siguiente ecuación se utiliza para el cálculo directo de la evapotranspiración de cualquier cultivo, gran parte de los parámetros son medidos o pueden calcularse con datos meteorológicos (FAO, 2006).

$$ET = \frac{\Delta(R_n - G) + p_a C_p \dfrac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma\left(1 + \dfrac{r_s}{r_a}\right)}$$

Donde:

R_n =Radiación neta

G =Flujo de calor en el suelo

$(e_s - e_a)$ =Deficit de presión de vapor de aire

p_a =Densidad media del aire a presion constante

C_p =Calor especifico del aire

Δ =Representa la pendiente de la curva de presión de vapor de saturación

γ =Constantepsicrometrica

rs = Resistencia superficial

ra = Resistencia aerodinámica

La ecuación mencionada con anterioridad se utiliza para calcular la evapotranspiración de un cultivo de una forma directa debido a que la resistencia aerodinámica y resistencia superficial son únicas para cada cultivo(FAO, 2006).

- **FAO Penman-Monteith**

El enfoque más utilizado y práctico para estimar las necesidades de agua para los cultivos es este método debido a que la evapotranspiración de los cultivos se evalúa mediante la combinación de la evapotranspiración de referencia (ETo) y coeficientes correctores que se obtienen de la evapotranspiración del cultivo. (ETc). (FAO, 1997).

$$ETc = Kc * Eto$$

Donde:

Etc =Evapotraspiracion del cultivo

Kc =Factor de cultivo

Eto =Evapotraspiracion potencial

Para el cálculo de la evapotranspiración se pueden usar métodos experimentales.

– **Thornthwaite**

Esta ecuación se fundamenta en la temperatura y depende de la cantidad de horas de luz diaria, la evapotranspiración potencial se calcula mensualmente y está definida por (Irmak, 2008):

$$ET_o = 16\left(\frac{10t}{l}\right)^a$$

$$l = \sum i$$

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

$$a = 0{,}00000675 * l^3 - 0{,}0000771 * l^2 + 0{,}0179 * l + 0{,}49$$

ET_o =Evapotraspiracion potencial mensual (mm)

T =Temperatura media mensula(°C)

l =Coeficiente de calor anual, en total 12 coeficientes debido a cada mes del año

a =Eexponente que depende del coeficiente de calor

3.2.5. Patrón de cultivos

Es un área que está definida por varios parámetros climáticos y del suelo que establecen el entorno agroecológico para un correcto cultivo o conjunto de cultivos. A pesar de la productividad potencial de la tierra y los beneficios socioeconómicos que actúan como principales rectores al preferir por un patrón específico de cultivo.

El patrón de cultivo es una secuencia anual y un ordenamiento espacial de siembra de un área determinada, que está determinado por varios factores como lluvia, clima, temperatura, tipo de suelo y la tecnología de la infraestructura de riego(Anwar, 2019).

3.2.5.1. Patrón múltiple

Los policultivos son sistemas de dos o más cultivos donde crecen juntos en la misma superficie de suelo durante el mismo ciclo. Intensificación de la diversidad específica, vertical, estructural y funcional del sistema de cultivo en el espacio y tiempo. Cabe destacar que los beneficios no se logran con el simple hecho de mezclar los cultivos uno con otro (FAO, 1997).

3.2.5.2. Patrón secuencial

Se desarrolla en dos o más cultivos seguidos en el mismo territorio y por un año., es decir en el siguiente cultivo se planta una vez que ya se ha cosechado con anterioridad. Por lo cual se maneja solamente un cultivo sobre el mismo suelo, en los lugares donde exista un periodo de crecimiento largo como es mayor a 210 días se asocia a un cultivo secuencial(FAO, 1997).

3.2.5.3. Patrón entre cultivos

En este patrón se desarrollan dos o más cultivos simultáneamente sobre el mismo suelo y tiempo, es decir, existe competencia entre cultivos durante todo o parte del ciclo de desarrollo y el periodo de crecimiento el cultivo es menor de 120 días, se considera como un sembrío individual de corta duración (FAO, 1997).

3.3. Análisis de la demanda de agua para riego

La demanda de agua para los cultivos se obtiene al realizar un balance entre las ganancias y pérdidas de agua, es decir, las perdidas corresponden la evapotranspiración mientras que las ganancias son las precipitaciones y se debe tomar en cuenta la precipitación efectiva del cultivo. En muchos casos las pérdidas son mayores que las ganancias entonces se deben compensar con un aporte complementario que es el riego.

Es fundamental determinar la cantidad de agua disponible en el suelo para obtener valores reales de humedad constante y otros parámetros. La precipitación

efectiva es el aprovechamiento solo de las plantas, es decir, es la cantidad de agua real que tiene disponible para su uso ya que parte de la precipitación disponible se pierde por escorrentía, evaporación e infiltración en el suelo(Cortijo J. , 2014).

Según el departamento de Agricultura de E.E.U.U en donde se relaciona cuanta de agua se consume en el cultivo mensualmente y el promedio de las precipitaciones mensuales, cuando se tiene un suelo con lamina neta igual a los 75mm, esta relación se observará en el siguiente cuadro continuación:

Lluvia media mensual m.m.	Consumo de agua mensual media mm.																	
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350				
Cuadro Nº 34: Precipitación efectiva mensual media mm																		
12.5	7.5	8.0	8.7	9.0	9.2	10.0	10.5	11.2	11.7	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5				
25.0	15.0	16.2	17.5	18.0	18.5	19.7	20.5	22.0	24.5	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0				
37.5	22.5	24.0	26.0	27.5	28.2	29.2	30.5	33.0	36.2	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5				
50.0	25	32.2	34.5	35.7	36.7	39.0	40.5	43.7	47.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0				
62.5	en 41.7	39.7	42.5	44.5	46.0	48.5	50.5	53.7	57.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5				
75.0		46.2	49.7	52.7	55.0	57.5	60.2	63.7	67.5	73.7	75.0	75.0	75.0	75.0				
87.5		50.0	56.7	60.2	63.7	66.0	69.7	73.7	77.7	84.5	87.5	87.5	87.5	87.5				
100.0		en 80.7	63.7	67.7	72.0	74.2	78.7	83.0	87.7	95.0	100	100	100	100				
112.5			70.5	75.0	80.2	82.5	87.2	92.7	98.0	105	111	112	112	112				
125.0			75.0	81.5	87.7	90.5	95.7	102	108	115	121	125	125	125				
137.5			en 122	88.7	95.2	98.7	104	111	118	126	132	137	137	137				
150.0				95.2	102	106	112	120	127	136	143	150	150	150				
162.5				100	109	113	120	123	135	145	153	160	162	162				
175.0				en 160	115	120	127	135	143	154	164	170	175	175				
187.5					121	126	134	142	151	161	170	179	186	187				
200.0					125	133	140	148	158	168	178	188	196	200				
225					en 197	144	151	160	171	182								
250						150	161	170	183	194								
275						en 240	171	181	194	205								
300							175	190	203	215								
325							en 287	198	213	224								
350								200	220	232								
375								en 331	225	240								
400									en 372	247								
425										250								
										en 412								
450	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250								

* Este cuadro elaborado por USDA – SCS se refiere a terrenos con altura neta de riego de 75 mm. Para casos de otras alturas, la precipitación efectiva aquí obtenida, hay que multiplicar por un coeficiente que se obtiene del Cuadro No.35

Ilustración 23.Consumo de agua mensual del cultivo y promedio de las lluvias mensuales.

Fuente: (FAO, 1933)

También existe una lámina de diferente a los 75mm, se deberá multiplicar los valores de la ilustración 23 por los factores proporcionados a continuación:

L(mm.)	Factor	L(mm.)	Factor	L(mm.)	Factor
0,00	0,620	31,25	0,818	70,00	0,990
12,50	0,650	32,50	0,826	75,00	1,000
15,00	0,676	35,00	0,842	80,00	1,004
17,50	0,703	37,00	0,860	85,00	1,008
18,75	0,720	40,00	0,876	90,00	1,012
20,00	0,728	45,00	0,905	95,00	1,016
22,50	0,749	50,00	0,930	100,0	1,020
25,00	0,770	55,00	0,947	125,0	1,040
27,00	0,790	60,00	0,963	150,0	1,060
30,00	0,808	65,00	0,977	175,0	1,070

Tabla 19. Factores de diferentes laminas netas.

Fuente: (FAO, 1997)

El conocer la precipitación efectiva es importante ya que la demanda de riego se define como la cantidad adicional de agua que debe ser proporcionada al cultivo aparte de la precipitación efectiva. Según Cortijo (2014), se define como la parte de la precipitación que es almacenada y retenida en la zona radicular a una profundidad que es aprovechada por los cultivos.

En otras palabras, resulta la precipitación efectiva restar la precipitación mensual:

- La precipitación cae y se evapora sin llegar a infiltrarse.
- La precipitación se pierde por la escorrentía sin llegar a infiltrarse.
- El agua se pierde por infiltración profunda sin ser retenida.

Existen dos clases de necesidades: neta y real, donde la necesidad neta, es la cantidad total de agua que un cultivo necesita para su desarrollo, mientras tanto la necesidad bruta, es la cantidad de agua de riego requerida y es igual a la evapotranspiración del cultivo menos la precipitación efectiva.

Necesidad neta:

$$Nn = E_{Tc} - Pe\ (mm/mes)$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo

Pe = Precipitación efectiva

Necesidad real:

$$Nr = \frac{N_n}{Ea * (a - FL)}$$

Donde:

Ea = Eficiencia de aplicación

FL =Fracción de lavado

3.3.1. Sistema de riego

Es importante definir que es el riego, es proporcionar una cantidad de agua adecuada para que las plantas puedan crecer y desarrollarse correctamente y garantizar una buena cosecha.

Para que los cultivos puedan crecer y desarrollarse necesitan absorber agua del suelo, es decir, cuando el contenido de humedad es bajo se dificulta la absorción entonces es necesario regar para compensar y que el agua quede disponible para los cultivos.

Existe gran variedad de métodos de riego, cada uno de ellos se ajusta a cada situación independientemente, aunque cada uno difiera la eficiencia de aplicación del agua. Para el riego, se debe tomar en cuenta la reducción de pérdidas de agua para obtener mayor eficiencia (Cortijo J. , 2014).

3.3.1.1. Riego por goteo

Utiliza caudales no superiores a los 16litros/hora por medio de emisores, aunque por lo general los caudales más comunes son de 2-4litros/hora. Este método de riego se lo aplica gota a gota mediante dispositivos que mantiene el flujo continuo. El goteo puede llevarse de diferentes formas como: intermitente, continua o a pulsos (Cortijo J. , 2014).

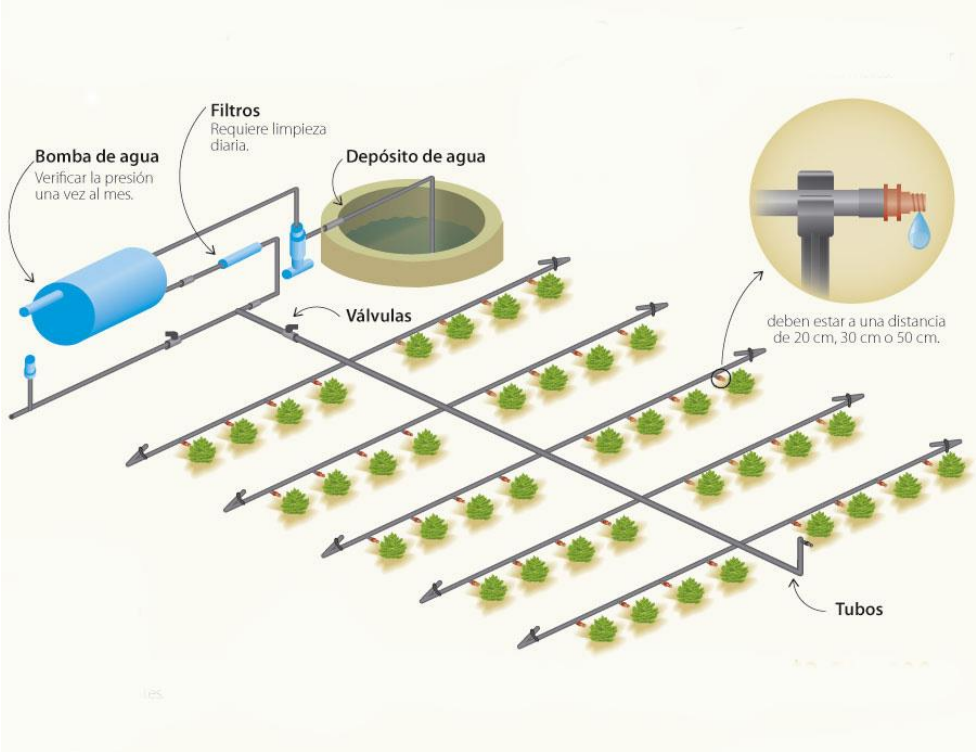


Ilustración 24. Riego por goteo.

Fuente: (Riegos del Peru S.A.C, 2000)

El riego por goteo es el método más eficiente para el suministro de agua y fertilizantes a los cultivos debido a que entrega de forma directa, correcta y adecuada a la zona radicular de la planta.

Se debe tomar en cuenta que el riego por goteo posee rendimientos altos y eso con lleva una mejor calidad, ahorro de agua es decir sin evaporación, escurrimiento y desperdicios de agua, riego de manera uniforme sin importar la condición topográfica del suelo, reduce la propagación de malas hiervas en las zonas no regadas, permite automatizar el sistema de riego entonces hay un ahorro de mano de obra, control de las dosis de agua son más fáciles y no depende del clima(NETAFIM, 2022).

3.3.1.2. Riego por aspersión

Es un método en el cual se aplica agua sobre todo el suelo en forma de lluvia, utilizando una red de riego que conduce el agua con una presión adecuada

hasta los aspersores con una gran velocidad, donde se infiltrara. Cuando se realiza un correcto sistema de riego por aspersión no debe producirse escorrentía es decir que cada gota debe infiltrarse en el mismo punto que cae y también se debe tomar en cuenta que al caer las gotas no produzcan erosión en el suelo (Fernandez, 2010).

Ilustración 25. Riego por Aspersión.

Fuente: (Fernandez, 2010)

Algunas de las ventajas de riego por aspersión son: permite regar terrenos ondulados o poco uniformes sin la preparación previa, se puede aprovechar más la superficie del terreno ya que no se destina parte del terreno a canales, se adapta a cualquier fase de desarrollo de las plantas y método ideal para lavado de sales.

Los aspersores son la forma más rentable para cubrir grandes extensiones de suelo ya que por goteo es difícil conservar grandes espacios abiertos, también el riego por surcos depende de la topografía del terreno mientras que los aspersores se pueden utilizar en cualquier lugar excepto en zona donde el viento sea considerable (CONGOPE, 2014).

3.3.1.3. Riego por gravedad

El agua es trasladada o aplicada por medio de zanjas, canales o surcos entre los cultivos, la cantidad de agua a los cultivos depende del tamaño del curco y de su control es recomendable para plantas que crecen al ras del suelo.

Algunas de las condiciones que necesita este tipo de riego son: la adecuación del terreno, programación del balance hídrico, tamaño, medición y control de los surcos, también algunas de las ventajas de este tipo de riego son: poca mano de obra, económico, solo actúa sobre las raíces de las plantas y en áreas pequeñas o campos irregulares (Piñeda, 2019).

Ilustración 26.Riego por gravedad.

Fuente: (Fernandez, 2010)

3.3.1.4. Riego por Inundación

También llamada riego de superficie, este tipo de riego se puede clasificar por: tipo de terreno, ubicación del terreno, pendiente o cobertura que posee el terreno de agua. (Soluciones Hidraulicas, 2022)

Consiste en la inundación del campo por un determinado tiempo y de esta forma el agua se infiltre por el suelo. Si el terreno posee surcos, el agua se va desplazando por la parte inferior de las plantas, cuando el caudal de agua no permite el riego de grandes superficies.

Estos sistemas son muchos más convenientes de instalar y usar, pero son inexactos y desiguales al momento de repartir el agua a cada planta. Igualmente, estos sistemas están vinculados con problemas de salinización ya que eleva las capas freáticas(Soluciones Hidraulicas, 2022).

Ilustración 27. Riego por inundación

Fuente: (Soluciones Hidraulicas, 2022)

3.3.2. Fuente de agua

Es el agua que se origina en: embalses, manantiales, ríos, arroyos, etc., que proporcionan agua a los suministros públicos de agua potable y a los pozos privados (FERTINNOWA, 2020).

Constituye un elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable ya que antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad.

Con el paso del tiempo y el crecimiento de la población, es necesario realizar obras cada día de mayor tamaño con la finalidad de abastecer de agua a las poblaciones que día a día solicitan una mayor cantidad y mejor calidad para las necesidades cotidianas. Un ingeniero civil debe tomar en cuenta una serie de consideraciones que le permitan mediante estudios, trabajos especializados satisfacer de manera efectiva y sustentable la necesidad de agua proporcionando de forma ininterrumpida en cantidad y calidad. (Castilla, 2017).

3.3.2.1. Superficiales

Es una fuente de agua que proviene de zonas naturales y artificiales puestas dentro de la explotación o puestas en el exterior de esta. Por lo general provienen de precipitaciones de cada una de las cuencas hidrográficas, siendo así aguas que fluyen por la superficie de la plataforma continental (Cortijo J. , 2014).

3.3.2.2. Subterráneas

Debajo de la superficie terrestre existe una fuente de agua dulce, esta es la mayor fuente de agua dulce en el planeta junto con los océanos, al igual que el agua salada de mar que no puede ser consumida por los seres vivos. No obstante, un porcentaje de agua subterránea puede ser desalinizada y refinada con el fin de proporcionar agua potable segura a la población. Estas pueden ser extraídas por medio de bombas de pozo o fuentes hídricas subterráneas (Castilla, 2017).

3.3.2.3. Aguas residuales

Son aguas recicladas que pueden ser tratadas o no, procedentes principalmente de vertidos diferentes orígenes, domésticos e industriales. De esta forma, tenemos que las aguas residuales pueden contener elementos contaminantes originados en desechos urbanos o industriales. También estas aguas permiten economizar los recursos hídricos y una reducción de contaminación, pero existe una restricción al usar estas aguas debido a que pueden ser perjudiciales para la salud(Castilla, 2017).

3.3.3. Componentes

Los componentes principales de un sistema de riego son:

3.3.3.1. Embalse de regulación

Embalse utilizado para descargar en un río, volúmenes de agua de forma controlada, en función de su demanda de aguas abajo (Cavero, 1992). Permiten la correcta administración de dotación de agua y su correcto almacenamiento de esta

forma el suministro será necesario cuando se tenga un riego por turnos. Se debe tomar en cuenta el correcto diseño tanto de entrada como salida de agua y sistema de aireación (Novaric, 2016).

3.3.3.2. Cabezal de riego

Es el conjunto de equipos que tienen como objetivo filtrar, tratar, medir y suministrar agua a la red de distribución de un sistema de riego. Se debe tomar en cuenta el mantenimiento del cabezal de riego para la duración de sus componentes se la mayor posible y de esta forma la uniformidad del agua no disminuya con el pasar del tiempo. Entre sus componentes están: bomba de riego, filtros, manómetros, válvulas entre otros (INTAGRI, 2001).

3.3.3.3. Red de riego

Son de gran ayuda para el cultivo de plantas ya que suministra el agua necesaria a través de tubería o canales donde se traslada desde el cabezal de riego hasta los emisores de riego. Para obtener un sistema de riego exitoso se debe cumplir con ciertos requisitos previos para que el cultivo tenga un buen rendimiento(Buch, 2017).

3.4. Diseño de obras de infraestructura

Las estructuras hidráulicas son obras de ingeniería necesaria para aprovechar los recursos hídricos, es decir tienen como objetivo captar, aprovechar, extraer, almacenar, etc., los recursos hídricos. Se debe tomar en cuenta que para su construcción se considerar varios parámetros hidráulicos e hidrológicos.

El objetivo de diseñar obras hidráulicas es la modificación del curso del agua para el beneficio del hombre, varias de estas obras son diseñadas y construidas con varios propósitos (Bejar, 2005).

Los proyectos que requieren de riego pueden clasificarse en: almacenamiento (disipadores de energía, presas o vertederos), conducción

(desvíos y canales) y desvió (obras de ingeniería en rio) de agua. Hoy en día los canales pueden ser reemplazados por tubería para la conducción de agua, ya que es un método más sencillo para distribuir el agua (Reddy, 2010).

3.4.1. Tipos de obras de captación

Para una obra de captación es imprescindible establecer la cantidad de agua para que funcione el sistema sin olvidar los numerosos componentes que posee este tipo de proyectos tomando que estos sistemas pueden operar por acción de la gravedad, lugar de la toma y cantidad de agua ya sea superficial, subterránea o meteórica.

Para nuestro proyecto se usará toma de aguas superficiales ya que se desviará el agua del rio. Se debe considerar que este tipo de proyectos de riego pueden ser: tomas laterales, es decir, con o sin presa y toma de fondo(Silvestre, 2021).

3.4.1.1. Captación sin barreras

Este tipo de obra pueden ser de tipo superficial o sumergido ya que su diferencia es que las captaciones sin barrera superficial captan el agua desde un punto superficial del rio mientras que las barreras sin barrera sumergido comprenden que es un conducto cerrado el cual se encuentra en la profundidad del cauce del rio(Chen, 2015).

3.4.1.2. Captación con barreras

Este tipo de captación es de tipo presa y algunos componentes de esta obra son:

- Barrera o presa
- Obras de control y sedimentadores

- Desarenadores
- Regulador de agua
- Dispositivos de eliminación de residuos

Según Novak, este tipo de presas son aquellas que ayudan a elevar el nivel de agua de modo que el agua se desvíe dependiendo el caso para nuestro proyecto se ocupara para irrigación. Se debe tomar en cuenta que el rio viene con sedimentos y esto en ciertos casos puede causar pérdidas en la capacidad de obra de captación(Novak, 2001).

3.4.2. Ubicación de la obra de infraestructura

Un factor importante es la ubicación de la obra de infraestructura ya que esta depende de la elevación que tiene la toma y se debe considerar algunas características como que sea angosta y tenga estabilidad, también se debe tomar en cuenta el almacenamiento, injerencia con otras estructuras, etc. Sin olvidar el desvió del rio que en algunos casos es necesario para la construcción de la obra. Es importante tomar en cuenta el costo de construcción de la obra ya que en algunos casos pueden ser excesivos y la obra requiera de túneles, muros de contención, etc. Algunos de los parámetros que se debe tomar en cuenta son:

- Flujo suave.
- No estar ubicado cerca de instalaciones de gestión y otras estructuras del rio.
- Calidad, nivel y estado de flujo.
- Extracción de agua en forma fiable.
- Estudio de cuenca hidrográfica.

- Geografía y geología del rio(Novak, 2001).

3.5. Diseño hidráulico

Consiste en el dimensionamiento de la red de agua para el cual es necesario calcular perdidas de carga, diámetros, longitudes y presiones que son producidos por el agua dentro de cualquier cause.

Un diseño hidráulico debe cumplir con ciertos criterios como:

- **Funcionalidad**

  La obra debe tener las dimensiones necesarias que regulen, capten, conduzcan y entreguen caudales en las condiciones diseñadas. Se debe considerar para cualquier proyecto la factibilidad, operación y mantenimiento de la obra.

- **Seguridad**

  La obra debe resistir los efectos de carga, velocidades y presiones de agua y estas no deben afectar en suelo donde la obra se haya establecido.

- **Economía**

  Una vez satisfecho los requisitos de funcionalidad y se seguridad se debe considerar lo económico y este debe ser el mínimo posible(Vera, 2016).

3.5.1. Vertederos y barreras

Son aquellos que ayudan a modificar el sentido del flujo con el objetivo de impedir el paso del agua, elevación del nivel de agua, por encima del máximo, control de flujo de salida de las estructuras hidráulicas, Existen una variedad de

aliviaderos y barreras cada uno de ellos cumple una diferente función dependiendo lo requerido.

Estos se clasifican dependiendo del espesor de la cresta de la estructura, es decir, la longitud que tenga estructura en el sentido del flujo estos pueden ser: vertederos de pared delgada o cresta afilada y cresta ancha.

Vertederos de pared delgada son placas en forma vertical que son apoyadas a la plantilla del canal, causando un cambio de dirección y en ciertos casos la contracción de la sección produciendo un cambio de velocidad. Una de las limitaciones de este tipo de vertederos es la carga hidráulica, si la carga hidráulica es pequeña la lámina vertiente no cae libremente y esta hará que la estructura no funcione de forma adecuada y si la carga hidráulica es excesiva requerirá protección en los tramos aguas abajo y su construcción resultara costosa.

Los vertederos de pared gruesa están formados por la elevación de un corto tramo en la plantilla del canal, también son conocidos como vertederos de base ancha por su forma en la estructura, longitud entre la lámina de flujo y el perfil de la estructura (Secretaría de Agricultura y recursos hidráulicos(subsecretaria de infraestructura hidráulica), 1988).

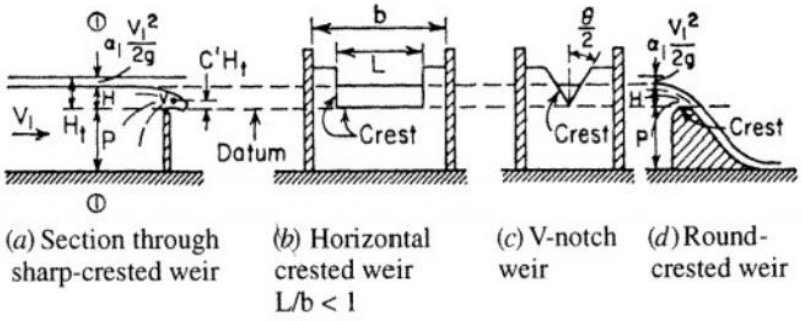


Ilustración 28. Tipos de barreras.

Fuente: Secretaria de Agricultura y recursos hidraulicos(subsecretaria de infraestructura hidraulica), 1988

3.5.1.1.Barreras con cresta no afilada

Para este tipo de barreras se debe considerar de una forma aproximada la cantidad flujo que cruzara la barrera debido a que la cantidad de agua que pase se relaciona con la extensión, forma y sección de la cresta.

Diseño de cresta

La cresta es la parte más alta de la pared sobre la cual se vierte el agua, consideramos el caso de un fluido ideal que pasa por la barrera de sección rectangular y asumiendo una presión hidrostática, deduciendo la ecuación de Bernoulli y ecuación de continuidad obtenemos:

$$q = C_D * \sqrt{g} * (\frac{2}{3}(H_1 - \Delta_z))^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

g: gravedad

H_1: Altura total del flujo

Δ_z: altura de la barrera o vertedero

C_D: Coeficiente de descarga

Se debe tomar en cuenta que la ecuación del fluido no se muestra el parámetro C_D ya que está incluido, también se debe tomar en cuenta la geometría de este, rugosidad y ciertas condiciones entrada que afectan en la descarga(Chanson, 2004).

3.5.1.2. Cresta tipo plana

Es una estructura alargada con relación al espesor de agua que circula que atraviesa esta, debemos considerar que la longitud de la cresta respecto a la altura de agua debe ser:

$$\frac{L_{\ cresta}}{H_1 - \Delta_z} > 1{,}5$$

Donde:

$L_{\ cresta}$: longitud de la cresta

H_1: Altura total del flujo

Δ_z: altura de la barrera o vertedero

Tomando en cuenta la ecuación anterior, se describe el comportamiento hidráulico, en condiciones ideales de flujo:

$$q = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{3} * (H_1 - \Delta_z)^{\frac{3}{2}}}$$

$$q = 1{,}704 * (H_1 - \Delta_z)^{\frac{3}{2}}$$

La ecuación está sujeta a ciertas condiciones el flujo, geometría por lo cual se modificará y será:

$$q = \frac{2}{3} * C_D * \sqrt{\frac{2}{3} * (H_1 - \Delta_z)^{\frac{3}{2}}}$$

A continuación, se presenta una tabla con diferentes coeficientes de descarga:

Tipo	Coeficiente (C_D)	Rango de uso	Procedencia
Esquina recta	$0{,}85 * \frac{9}{7} * (1 - \frac{\frac{2}{9}}{1 + (\frac{H_1 - \Delta_z}{L_{cresta}})^4}$	$0{,}1 < \frac{H_1 - \Delta_z}{L_{cresta}} < 1{,}5$	Experimento de laboratorio
Esquina redonda	$(1 - 0{,}01 * \frac{L_{cresta} - r}{W}) * (1 - 0{,}01 * \frac{L_{cresta} - r}{H_1 - \Delta_z})$	$\frac{H_1 - \Delta_z}{L_{cresta}} > 0{,}05$ $H_1 - \Delta_z > 0{,}06\ m.$ $\frac{H_1 - \Delta_z}{\Delta_z} < 1{,}5$ $\Delta_z > 0{,}15\ m$	Experimento de laboratorio y campo
De acuerdo con Ackers (1978)	0,95	$0{,}15 < \frac{H_1 - \Delta_z}{L_{cresta}} < 0{,}6$	Experimento de laboratorio y campo

Tabla 20. Fórmulas para el cálculo de C_D (aliviadero con cresta del tipo plana).

Fuente: (Chanson, 2004)

Nota: r: valor de radio de curvatura y se encuentra en la esquina de la cresta

Según Clemmens, el coeficiente de descarga fue desarrollado en función de $\frac{H_1}{L}$:

$$C_D = (\frac{H_1}{L} - 0{,}07)^{0{,}018} - (rango\ de\ 0{,}1 < \frac{H_1}{L} < 1{,}0$$

Donde:

H_1: altura de flujo que circula por el aliviadero y carga con una velocidad similar a la del flujo (Clemmens, 2001).

Para King, la define de una forma distinta a la anterior ecuación como:

$$q = C * L * H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

L: Longitud de la cresta (horizontal)

H: Altura del flujo aguas arriba del aliviadero(2,5H)

C: Coeficiente que incluye diferentes variables (King, 1956).

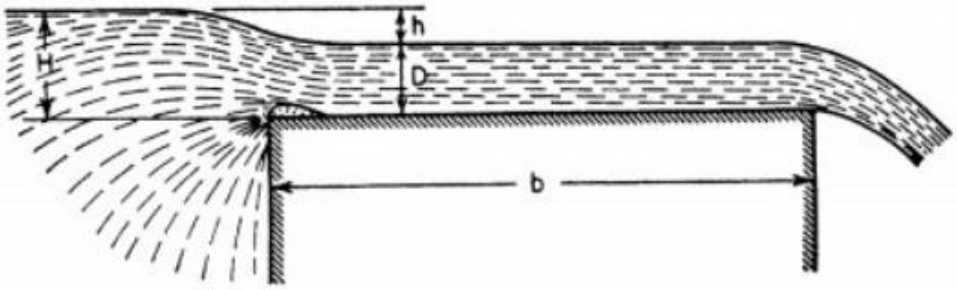


Ilustración 29. Aliviadero con cresta de tipo plana.

Fuente: King, 1956

A continuación, se definirá en función de:

$$C = f * (R, W, \frac{X_1}{Y_1}, \frac{X_2}{Y_2}, \ldots, \frac{X_n}{Y_n})$$

Donde:

R: Numero de Reynolds

W: Numero de Weber

$\frac{X_1}{Y_1}$: Relación entre altura de flujo y altura del aliviadero

Según King, sea cual sea la condición que tenga el mayor valor que puede tener $C = 1{,}70$, es decir la ecuación se vería de esta forma:

$$q = 1{,}70 * L * H^{\frac{3}{2}}$$

3.5.1.3.Crestas redondas

Son aquellas que tienen forma de S, donde se puede generalizar crestas como redondas por la forma que tienen. Son utilizadas para descargas de captaciones, presas, etc..

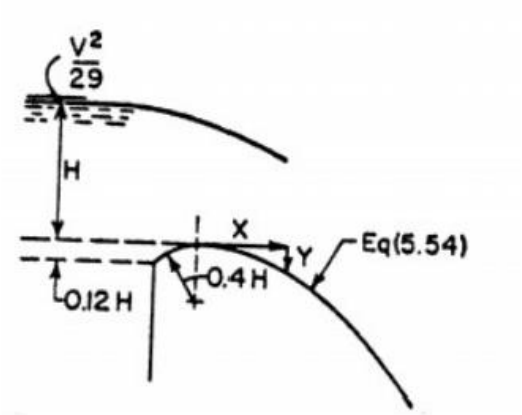


Ilustración 30.Cresta redonda.

Fuente: (King, 1956)

El flujo de salida de la cresta se obtiene en función de la napa inferior, que representa el flujo del vertedero rectangular de capa vertical delgada, teniendo en cuenta la velocidad de aproximación casi nula.

$$q = \frac{2}{3} * \sqrt{2 * g} * b * C_D * H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

g: gravedad

b: ancho del aliviadero

H : altura del flujo

C_D: coeficiente de descarga

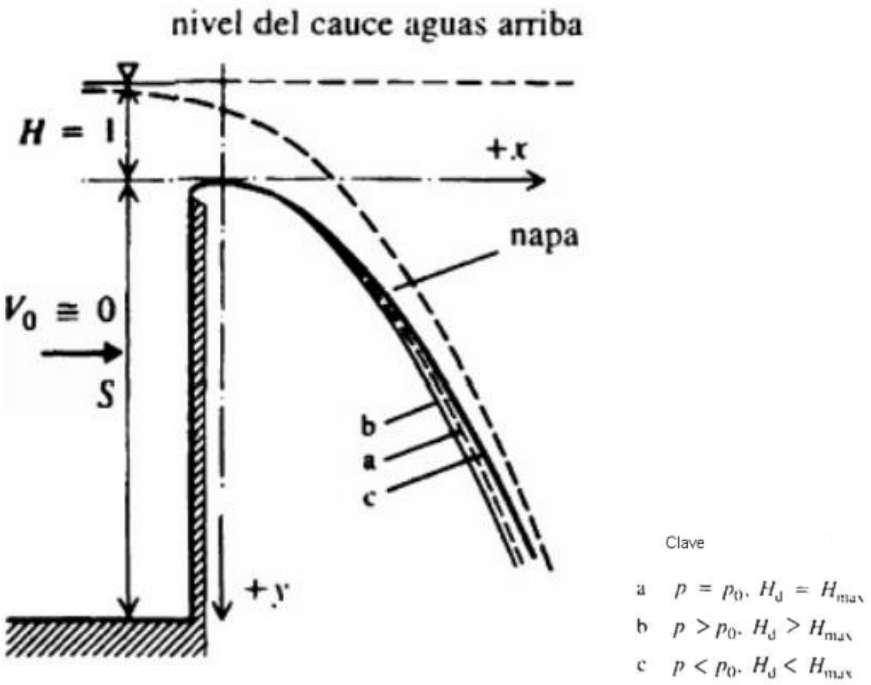


Ilustración 31. Aliviadero de cresta redondeada.

Fuente: (Novak, 2001)

La forma de la cresta por su forma puede proporcionar coeficientes de descarga y presiones las cuales deben ser lo suficientemente uniformes y predecibles con el fin de obtener un diseño eficiente, estable y de bajo mantenimiento.

La cresta muestra dos tramos uno aguas arriba y otras aguas abajo, definido de diferentes formas. Para aguas abajo se muestra como una parábola, que posee diferentes criterios y se muestran, a continuación:

$$(\frac{y}{H_o}) = -K * (\frac{x}{H_o})^n$$

Donde:

H_o: Altura de flujo del diseño

$K\ -\ n$: Factores (depende de la velocidad e inclinación del flujo)

$x - y$: Coordenadas (punto de origen de la cresta) (United States Departament of e Interior , 1987)

Cuando K=2, presión sobre la superficie del aliviadero es la presión atmosférica (P_o) es decir la curva "a". K>2, presiones positivas ($P > P_o$, curva "b". Sí K<2, presiones negativas, curva "c" (Zamora, 2004).

Según la USACE se puede expresar la siguiente ecuación (U.S. Army Corps of Enginers , 1992):

$$X^n = Y * K * {H_d}^{n-1}$$

Según Murphy (1973), no hay un método universal para el diseño de un aliviadero ya que las pruebas que se realizó trazando elipses, las cuales representan aguas arriba. Tomando en cuenta la variación entre la altura del aliviadero y la altura del flujo. A continuación, se muestra los dos tipos de crestas antes ya descritas en las ecuaciones:

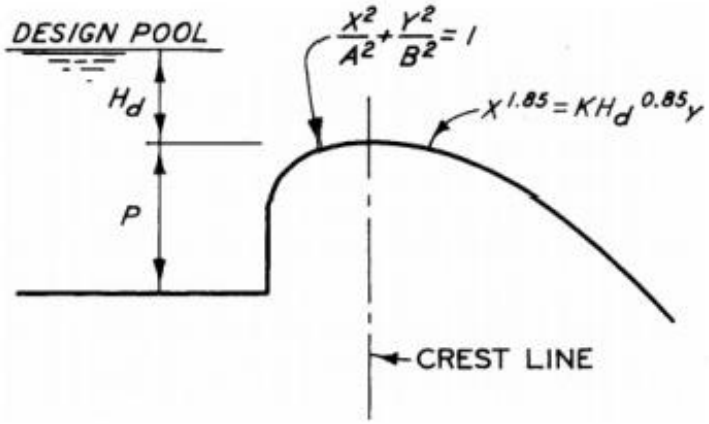


Ilustración 32. Cresta presentada por Murphy (USACE).

Fuente: Murphy, 1973

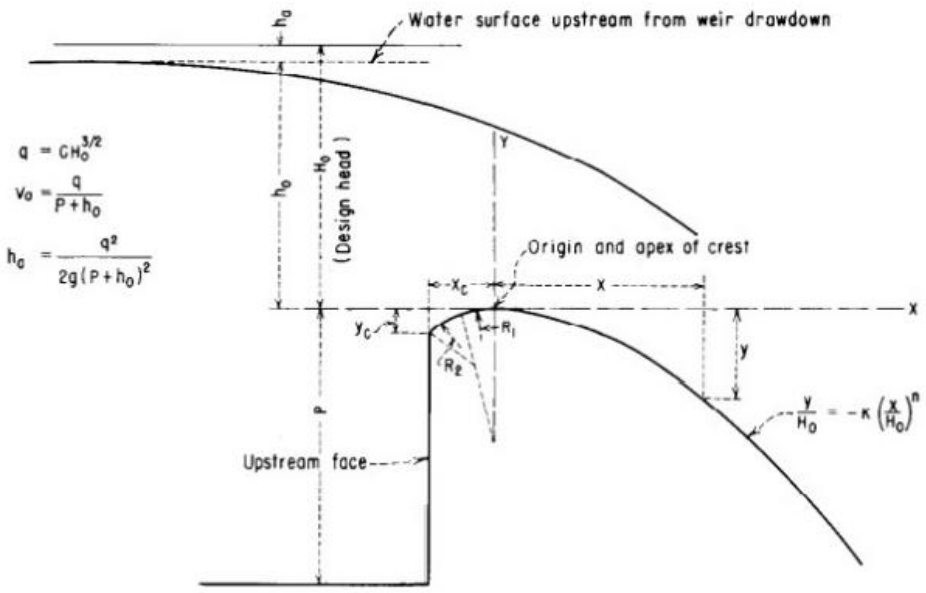


Ilustración 33. Cresta (USBR).

Fuente: U.S. Army Corps of Enginers , 1992

El coeficiente de descarga se puede decir que es el indicador de eficiencia de un aliviadero que depende de ciertas condiciones en la obra que va a depender de la altura que tenga el agua que se aproxima, relación entre la forma de la cresta y la napa, pendiente aguas arriba sin olvidar la subemergencia aguas abajo, etc. El coeficiente puede variar debido al criterio de cada uno que existe en los distintos ábacos para el cálculo respectivo, esto también va a depender del método de cálculo que ese escoja (United States Departament of e Interior , 1987).

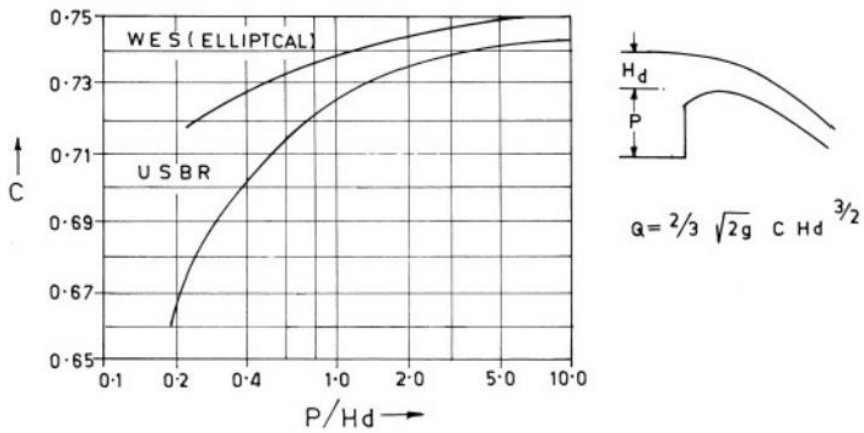


Ilustración 34. Altura del flujo con el coeficiente de descarga.

Fuente: Zamora, 2004

3.5.2. Compuerta

Son dispositivos hidráulicos-mecánicos que ayudan a regular el paso del fluido ya sea para un canal, tubería, presa, etc. Es una placa móvil, plana o curva que se eleva y de esta forma se puede medir el caudal que atraviesa hacia las obras hidráulicas también regula la descarga producida.

Las compuertas usualmente poseen una apertura entre el borde inferior de la compuerta y el piso del canal de esta forma coincide con el canal en ciertas condiciones el flujo podría denominarse bidimensional (Catro & Harris, 2018).

3.5.2.1. Tipos de compuerta y sus funciones

La forma de las compuertas varía dependiendo su aplicación, carga estática, mecanismo de apertura, tipo de compuerta dependerá del tamaño y forma, las compuertas pueden ser utilizadas para:

- Control de inundaciones y flujo de agua.
- Proyectos de irrigación.
- Reservas de agua.
- Sistemas de drenaje.
- Plantas de tratamiento.

Existen diferentes tipos de compuertas como:

- **Compuertas radiales**

Son las más económicas y usadas debido a que no necesita de un espacio para su soporte, por lo general es de acero y posee mejores factores de descarga que una compuerta plana deslizantes (Amaya, 2016).

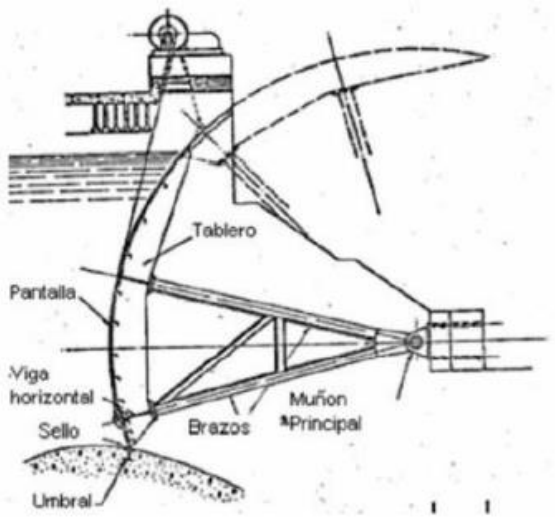


Ilustración 35. Partes de la compuerta radial.

Fuente: Amaya, 2016

- **Compuerta plana deslizante**

Este tipo de compuertas era utilizado antes de que salgan las compuertas tipo radiales, son compuertas que se deslizan por unos riele fijos. Por lo general son utilizadas para todo rango de presión al ser las más económicas, pero requieren de grandes fuerzas para ser movidas y son para luces pequeñas(Amaya, 2016).

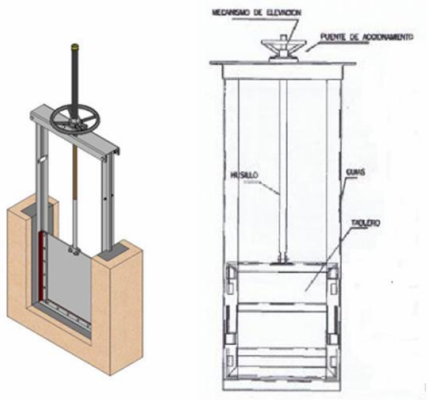


Ilustración 36. Esquema de compuerta plana deslizante

Fuente: Amaya, 2016

– **Compuerta tipo Flap o aleta**

Consiste en un tipo de compuerta con bisagra que gira sobre un eje exterior inferior, por lo general son utilizados cuando el nivel del embalse requiere mantenerse con precisión o sin residuos flotantes(Amaya, 2016).

Ilustración 37. Esquema de compuerta tipo Flap.

Fuente: Amaya, 2016

3.5.2.2. Comportamiento hidráulico

Las compuertas poseen características similares a las de un orificio por lo que el coeficiente de descarga en condiciones libres y como sugerida se puede describir con la siguiente ecuación:

$$q = C * a * \sqrt{2 * g * h}$$

donde:

C: Coeficiente de descarga

a: Apertura del orificio

g: gravedad

h: diferencia entre superficies (orificio de descarga libre, altura del centro del orificio y orificios sumergidos) (King, 1956)

3.5.3. Tipo de rejilla y toma

Existen una variedad de tipos de toma, cada una de ellas con diferentes características y comportamiento hidráulicos a continuación se revisará algunos conceptos.

3.5.3.1. Toma directa

Este depende del volumen de agua por captar y la fuente de agua es decir si el flujo es permanente o variable que el flujo sea el mismo durante época de estiaje o durante inundaciones, velocidad, pendiente topografía, geología del área de captación. El Institutito Ecuatoriano de Normalización presenta algunos lineamientos que se debe tomar en cuenta:

- **Velocidad de la rejilla (aproximado)**

  Toma no sumergida: -0,6 – 0,2 m/s

  Toma sumergida: -0,3 – 0,1 m/s

  Condiciones fáciles de captación: -0,6 – 0,8 m/s

- **Área del orificio**

$$A = 1{,}25 * \left(\frac{Q}{v}\right) * K * n$$

$$K = \frac{(a + c)}{a} \rightarrow rejillas$$

$$K = \frac{(a + b)^2}{a} \rightarrow mallas$$

Donde:

A: área bruta (área de la rejilla)

Q: Caudal de diseño de un vano

v: velocidad de aproximación al orificio

K: Coeficiente de estrechamiento del orificio

n: Número de vanos

a: Distancia entre barrotes

c: Espesor de los barrotes

b: Coeficiente de obstrucción (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion , 1992)

3.5.3.2.Toma lateral

Son estructuras solidas que pueden tener válvulas o compuertas que sirven para la eliminación de sedimentos. El objetivo principal que tiene una toma lateral

es de asegurar que exista constante flujo de agua y que se ajuste con facilidad a las condiciones locales.

En ciertos casos donde el nivel del agua sea más bajo del azud este debe ser tomado en cuenta ya que la implementación de este debe reducir el riego por los caudales superiores a los considerados en el diseño y funciones de otras estructuras como desarenador (Vaca, 2014).

- **Orificio no sumergido**

$$Q = C * L * H^{\frac{3}{2}} \rightarrow Para\ comportamiento\ tipo\ vertedero$$

Donde:

Q: Caudal de diseño

C: Coeficiente de descarga

H: Altura de vertedero

- **Orificio sumergido**

$$Q = C * A * (2 * g * (h_r - h_h))^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño

C: Coeficiente de descarga

A: Area del orificio

H: Altura de vertedero

g: gravedad

h_r: Altura del nivel de agua del rio

h_h: Altura del nivel de agua después del orificio

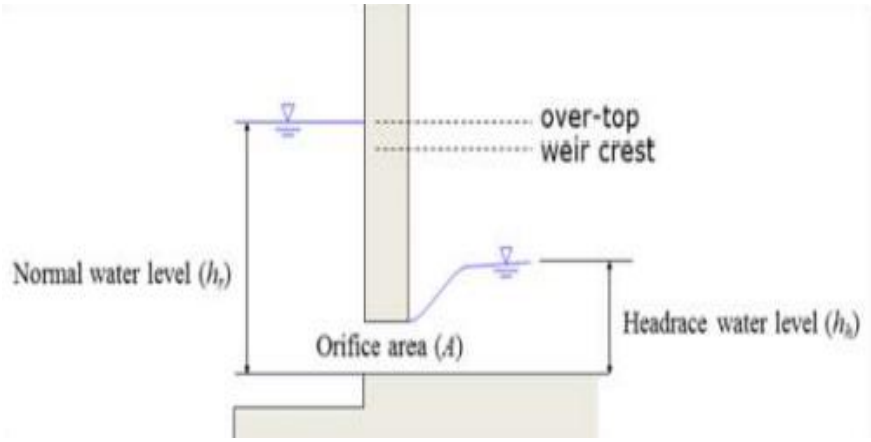


Ilustración 38. Esquema de Toma lateral.

Fuente: (Inciso, 2016)

- **Toma de fondo**

El agua es captada por medio de una rejilla que se encuentra en la parte superior de presa, canal, etc., que está ubicado en sentido transversal de la corriente del rio. Se debe tomar en cuenta que para este tipo de captaciones la inclinación de la rejilla ayuda de una forma favorable a que no entre los sedimentos (Molina, 1990).

$$Q = \frac{2}{3} * \ c * \mu * B * L * \sqrt{2 * g * h}$$

$$c = 0{,}6 * \frac{a}{b} * (cos\beta)^{\frac{3}{2}}$$

$$h = k_c * h_{cr}$$

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g * B^2}}$$

$$2^* \cos\beta^* {k_c}^3 - 3 * {k_c}^2 + 1 = 0 \rightarrow Valores\ de\ \beta(0° - 30°)$$

$$k_c = 0{,}88 * \cos\beta \rightarrow\ Valores\ \beta > 30°$$

Donde:

Q: Caudal de diseño

c: Coeficiente de descarga

μ: coeficiente de descarga de la rejilla

B: Ancho de la toma

L: Longitud de la toma

g: gravedad

h: Profundidad del agua en el borde superior

a: Espacio libre entre barrotes

b: Espacio entre eje de barrotes

β: Angulo de inclinación de a rejilla (°)

k_c: Factor de corrección

h_{cr}: Tirante critico

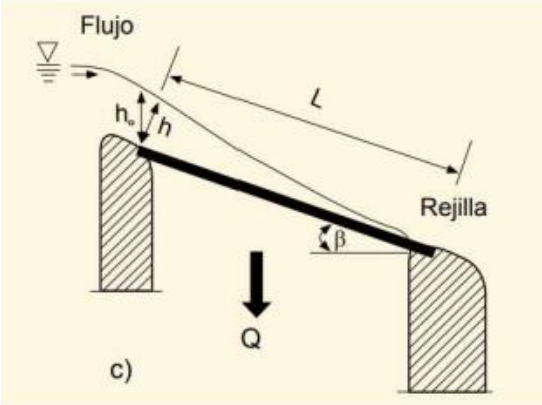


Ilustración 39. Rejilla de fondo.

Fuente: (Sanchez, 2010)

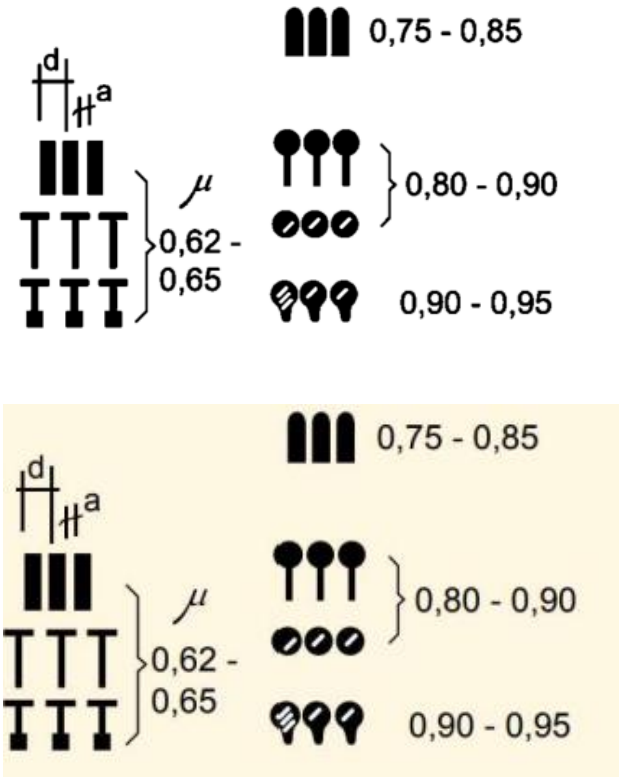


Ilustración 40. Factores μ de contracción de las rejillas

Fuente: (Sanchez, 2010)

Para ciertos casos hay que tomar en cuenta que la longitud recomendable de la rejilla puede incrementarse un 20% para anular cualquier obstrucción(Sanchez, 2010).

3.5.4. Desarenador

Es una estructura indispensable que se encuentra después de una captación de agua superficial y que permite remover las partículas, una de las funciones principales es que ayuda a la disminución de la velocidad de esta forma permite el desencanto de partículas más pesadas. Al acumularse partículas en la parte inferior puede producir reduccion de la sección por ende se debe realizar mantenimientos regulares y abrasión (Sanchez, 2010).

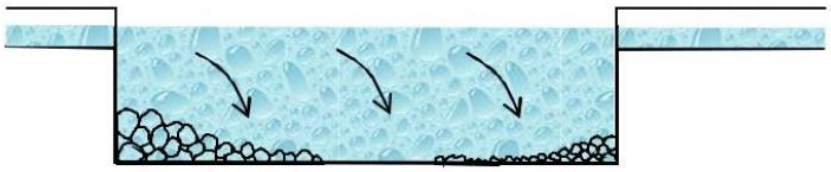


Ilustración 41.Desarenador.

Fuente: (Cajias, 2017)

3.5.4.1.Clasificación

Existe diferentes tipos de desarenadores y estos pueden clasificar por: velocidad de escurrimiento u operación de limpieza. A continuación, se describirá de forma breve cada uno de ellos:

Por velocidad de escurrimiento:

- **Alta velocidad**

  Velocidad entre 1,00 – 1,50 m/s

- **Baja velocidad**

  Velocidad entre 0,20 - 0,60 m/s

Por operación de limpieza:

- **Lavado continuo**

  La sedimentación y evacuación se lo realiza al mismo tiempo

- **Lavado discontinuo**

  El material sedimentado se guarda y luego es evacuado se debe tomar en cuenta que el lavado se lo debe realizar en el menor tiempo posible.

- **Lavado manual**

  El lavado es realizado por operadores se evacua los sedimentos (Sanchez, 2010).

3.5.4.2. Partes de un desarenador

Está diseñado para eliminar solidos suspendidos por la sedimentación, a continuación, se mencionarán algunas partes del sedimentador:

- **Transición de entrada**

  Minimiza las turbulencias que podrían afectar a la sedimentación de las partículas por lo cual el agua se dirige hacia la cámara de sedimentación.

- **Cámara de cementación**

  Se efectúa el proceso de almacenamiento de partículas por la acción de la gravedad.

- **Vertedero**

Se encuentra en la parte final de la cámara de sedimentación de esta forma puede captar el agua libre de sedimentos y de esta forma se dirigirá a la conducción

- **Compuerta de fondo**

  Sirve para la evacuación de material sedimentado

- **Vertedero de excedencias**

  Se encuentra al final de la cámara, es uno de los muros de la cámara de sedimentación, es un elemento importante ya que el desarenador no puede trabajar con exceso de flujo y turbulencias que son acusadas por elevados caudales (Sanchez, 2010).

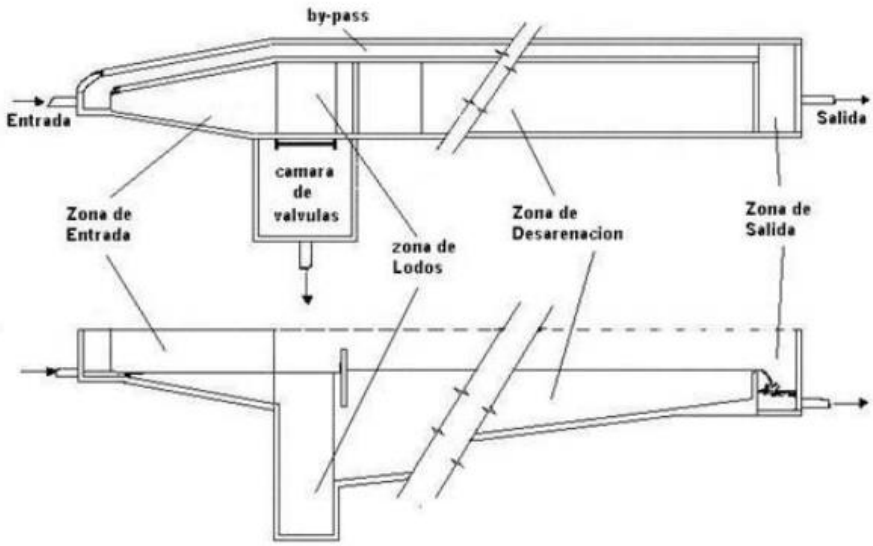


Ilustración 42. Partes de un desarenador.

Fuente: (Organizacion Panmericana de la salud, 2005)

3.5.4.3. Diseño hidráulico

Se debe consideras ciertos factores:

- Temperatura del agua

- Tamaño de partículas
- Velocidad de sedimentación y escurrimiento
- Viscosidad

A continuación, se describirá los cálculos necesarios:

- **Velocidad de escurrimiento**

$$V_d = a * \sqrt{D}$$

V_d:Velocidad de escurrimiento

a:Coeficiente que depende del diametro(D)

D:Diametro de las partículas a sedimentar

Diametro(D)	**Coeficiente(a)**
D$< 0{,}1mm.$	51
$0{,}01mm <$D$< 1mm.$	44
D$0, > 1mm.$	36

Tabla 21. Valores de coeficiente de sedimentación.

Fuente: (Sanchez, 2010)

- **Ancho de cámara**

  Para el ancho se debe considerar varios factores como lugar y posibilidades de implantación, este valor puede ser definido por el diseñador. Se debe considerar el mayor valor de ancho de esta forma la altura de la cámara será el menor (Sanchez, 2010).

- **Alto de cámara**

$$H = \frac{Q}{V_d * B} \rightarrow seccion\ rectangular$$

Donde:

H: Altura de cámara de sedimentación

Q: Caudal del sedimentador

V_s: Velocidad de escurrimiento

B: Ancho de la cámara

La altura máxima debe ser de 1,20, si se requiere limpiezas manuales y se debe considerar que el ancho y altura debe cumplir con lo siguiente:

$$0{,}8 < \frac{B}{H} < 1{,}0$$

- **Velocidad de sedimentación**

$$V_s = \sqrt{(\gamma_s - 1) * \frac{4 * g * D}{3 * c}}$$

Donde:

V_s:Velocidad de sedimentación

γ_s: Peso especifico de las partículas

g: gravedad

D: Diametro de partículas

c: Coeficiente de resistencia de partículas

- **Tiempo de retención**

$$t_s = \frac{H}{V_s}$$

Donde:

t_s: Tiempo de retención

V_s:Velocidad de sedimentación

H: Altura de cámara de sedimentación

- **Longitud de cámara**

$$L = K * V_d * t_s$$

Donde:

V_d:Velocidad de escurrimiento

t_s: Tiempo de retención

L: Longitud de cámara

K: Coeficiente de seguridad

Velocidad de escurrimiento (m/s)	K
0,20	1,25
0,30	1,50
0,50	2,00

Tabla 22. Coeficiente de seguridad K.

Fuente: (Sanchez, 2010)

- **Longitud de transición**

$$L_T = \frac{T_2 - T_1}{2 * tan(12{,}5°)}$$

Donde:

L_T; Longitud de transición

T_2: Espejo de agua en la cámara de sedimentación

T_1: Espejo de agua en el canal de entrada (Sanchez, 2010).

3.5.5. Obra de conducción

Se entiende como conducción al tramo de tubería que va desde la captación hasta un lugar de almacenamiento o distribución. La línea de conducción en lo posible deberá seguir el perfil del terreno sin olvidar que debe ubicarse de manera que se pueda inspeccionar de forma fácil. Una obra de conducción puede ser diseñada para trabajar por gravedad o bombeo y se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones (UDLAP, 2016):

- La línea de conducción debe seguir el perfil topográfico del terreno de esta forma se podrá controlar de una mejor forma el funcionamiento.

- Diseñar la línea de conducción debe tomarse encuentra que la máxima carga estática será 50m. y la carga dinámica mínima es 1m (Rodriguez, 2022).

- El diametro de diseño de la tubería mínima es de 0,3 m/s, pero la velocidad normalmente se encuentra en un rango desde 0,5-3 m/s.

- Al diseñar por gravedad se debe tener en cuenta la línea de gradiente hidráulico se debe encontrar arriba del eje de la tubería de esta forma se evitará las presiones negativas.

- Al momento de seleccionar la tubería se debe tomar en cuenta el tipo de material tomando en cuenta las condiciones de terreno, tipo de suelo, etc. (Balladares, 2012).

3.5.5.1. Tubería

Es una instalación diseñada para la conducción de agua a presión desde la captación hasta el área de riego. Por la fricción entre moléculas y la pared de la tubería se puede producir perdidas de presión por ende se han desarrollado ecuaciones como: Darcy-Weisbach, Colebrook-White y Hazen Williams, las perdidas dependen de la velocidad, densidad, diametro de tubería, etc. (Cortijo J. , 2014).

3.5.5.2. Sifón

Los sifones invertidos son aquellos ayudan a burlar un obstáculo topográfico, carreteras, vías de ferrocarril, cuerpos de agua, etc. de esta forma se puede conducir el fluido mediante una tubería a presión.

También están conformados por dos o más tuberías que dependerán del caudal de diseño que sea necesario para conducir el fluido, por lo general es recomendable evitar usar sifones invertido debido hay inconvenientes por su

conservación y mantenimiento. El sifón se puede utilizar también cuando la superficie libre de agua es mayor que la rasante del obstáculo (Barboza, 2014).

3.5.5.3.Reservorio

Un reservorio o tanque garantiza la disponibilidad de agua para riego, también ayuda a suministrar el aumento de presión y caudal de agua siempre y cuando se coloquen las tuberías correctas para su buen funcionamiento.

Es importante tomar en cuenta que los reservorios no deben considerarse como estructuras individuales más bien forman una cadena de suministro de agua, es decir: rio, reservorio, conducción, distribución hacia los cultivos(Soluciones Hidraulicas, 2022).

3.6. Marco legal

El marco legal respecto al tema de mi tesis contiene varios elementos, dentro de los cuales los podemos enlistar de la siguiente manera:

- Constitución de la Republica del Ecuador.
- Ley Orgánica de recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.
- Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.
- Plan Nacional de riego y drenaje.

Cada una de las normativas antes citadas engloba diferentes temas respecto a la gestión y uso adecuado del agua en cuestiones no solo de riego sino más bien reza derechos que goza el ser humano por el mero hecho de serlo como por ejemplo la soberanía alimentaria, consumo humano, caudal ecológico, además de las diversas actividades productivas. Por lo cual tomaremos como punto inicial a

la Constitución de la Republica del Ecuador en la cual se acogen diversos artículos referentes al agua.

3.6.1. Constitución de la República del Ecuador 2008

En la Constitución de la Republica del Ecuador podemos tomar como referentes los artículos 12, 313 y 318 ya que en los mismos se denota que el agua además de ser un derecho y elemento vital para la naturaleza, así como los seres que la conforman, además de considerarla como parte del patrimonio nacional estratégico por ende también se prohíbe la privatización de este recurso no renovable por lo que la captación, conducción y distribución de agua seria solo competencia estatal.

La soberanía alimentaria contemplada en la Constitución de la Republica del Ecuador dentro del capítulo II, Derechos del buen vivir en su sección primera de Agua y alimentación reconoce el derecho humano al agua además de promover características indispensables como lo son la inalienabilidad, imprescriptibilidad inembargabilidad y uso del líquido vital. Respecto a la competencia para la administración de este recurso el estado central ecuatoriano lo dispondrá (Constitucion de la Republica del Ecuador 2008, 2008).

3.6.2. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua

La ley Orgánica de recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA) dentro de sus objetivos plantea como uno de sus principales objetivos asegurar el derecho humano al agua además de controlar, regular, autorizar, gestionar y conservar; su principal finalidad es garantizar los derechos establecidos en el marco constitucional ecuatoriano como son el buen vivir, derechos de la naturaleza, etc.

La protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua pertenecen al estado ecuatoriano como lo establece la constitución, pero ya que la administración es un tema complejo debido a las competencias que se derivan del

mismo también la ley toma en cuenta a los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y riego, así como los consumidores y usuarios de estos sistemas de recursos hídrico, su gestión la realizarán las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades.

El riego es el medio para impulsar y alcanzar el buen vivir, pero para lograr ese fin se parte de captación, conducción y distribución de agua; las juntas de riego son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua (Ley orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014).

3.6.3. Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua

La Autoridad Única del Agua, es la Secretaría del Agua a la cual le corresponde la rectoría, planificación y gestión de los recursos hídricos, así como el establecimiento de los caudales como el ecológico que serán calculados mediante diversos criterios técnicos que aseguren el adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos.

La Gestión comunitaria del Agua, se establece en el Art. 39 que, los prestadores de agua potable, saneamiento y riego serán reconocidos como juntas administradoras de agua potable y juntas de riego (Reglamento Ley orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2015).

3.6.4. Plan nacional de riego y drenaje

El Plan Nacional de Desarrollo, así como el Plan Nacional de Riego y Drenaje son instrumentos que plantean y planifican un desarrollo dentro de la nación, al erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir" (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 3), priorizando a los pequeños y medianos productores, que son quienes garantizan la soberanía

alimentaria del país, sin que ello signifique el abandono de sectores agroexportadores que son fundamentales para la economía nacional.

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo se organizan tres ejes: Derechos para Todos Durante Toda la Vida, Economía al Servicio de la Sociedad y Más sociedad, mejor Estado; cada eje presenta tres objetivos nacionales de desarrollo, por ejemplo, dentro del eje de la Economía al servicio de la sociedad, se plantea buscar y garantizar la soberanía alimentaria y el desarrollo rural integral. Así, el apoyo al crecimiento de la productividad agrícola en el sector rural viene a ser una necesidad, al igual que los sistemas educativos, de salud y vivienda; así como los sistemas de riego es así como se decide incrementar el acceso a riego de 760 473 ha. a 826 695 ha. (Plan Naconal de Riego y Drenaje, 2019).

Bajo este sistema, el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) decidió promover el Plan Nacional de Riego y Drenaje (PNRD) que junto al Plan Nacional de Desarrollo plantean propuestas para garantizar el desarrollo y buen vivir rural, y respuestas a los problemas fundamentales del riego. Los objetivos del PNRD son:

1. Ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia social, económica y ambiental de todos los sistemas de riego y drenaje.

2. Fortalecer a los regantes y grupos de regantes para asumir la cogestión y gestión de los sistemas de riego y drenaje de manera sostenible y eficiente.

3. Fortalecer la institucionalidad y mejorar las capacidades del Estado para impulsar la política integral e integrada del riego y drenaje en el marco del proceso de desconcentración y descentralización.

4. Promover un proceso sostenible de reorganización y redistribución de caudales que aseguren un acceso equitativo al agua de riego.

5. Garantizar la calidad y cantidad de agua para riego, considerando a las presentes y futuras generaciones.

El PNRD propone un modelo de gestión que no solo se centre en la construcción de infraestructura de los sistemas de riego, sino que considere aspectos ambientales, sociales, culturales, organizativos, técnicos y productivos. Para ello se plantea los siguientes principios para la implementación del plan:

- Alianzas público-comunitarias como el eje central de la gestión territorial del riego: La gestión territorial del riego, al basarse en alianzas público-comunitarias se garantiza que sea democrática y potencialice la experiencia de las organizaciones, comunidades, productores o regantes que conocen la problemática que aqueja a la gestión local del agua para riego (Ministerio de Agricultura y Ganaderia, 2019).

- Acceso socialmente equitativo a los beneficios del riego: La equidad se refiere al reconocimiento de los derechos de los productores para acceder a los beneficios de la utilización del agua para sus actividades. “La equidad se orienta a la reducción de las desigualdades territoriales, en el reparto del agua y en el establecimiento de tarifas” (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2019, pág. 36).

Reconocimiento del riego como un elemento de garantía de una vida saludable: “En el ámbito del riego implica contribuir a que los espacios agrarios se vuelvan, al mismo tiempo, sustentables (ecológicamente), soberanos (alimentariamente), solidarios (social y territorialmente) y bioseguros” (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2019, pág. 36).

- Reconocimiento del derecho a la participación: “La gestión democrática del riego se debe garantizar mediante procesos de participación social de las organizaciones comunidades, de

productores y de regantes" (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2019, pág. 36).

- Planificación, concertación y articulación: "La Constitución de la República del Ecuador, establece que la planificación es un instrumento para la consecución de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo y la garantía de derechos, y tiene por objeto propiciar la equidad social y territorial" (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2019, pág. 37).

- Integralidad: El PNRD radica en el carácter integral de las intervenciones e inversiones en los diferentes sistemas de riego y drenaje que abarcan aspectos de infraestructura, socio-organizativos, productivos y ambientales (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2019).

Dentro del ámbito del riego y drenaje, a nivel nacional le corresponde al Gobierno Central realizar la gestión de los sistemas de riego (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2013).

CAPITULO IV: CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA RIEGO

4.1. Descripción de la cuenca hidrográfica

La captación será tomada de la subcuenca Angamarca de un área de 2166,95 ha, que posee una forma oval redonda a oval oblongada que continua por el rio Chaca con un área de 1226,33ha y que se desemboca en el rio Corazón.

4.2. Datos sobre las necesidades de agua de los cultivos

Para un sistema de riego es importante conocer las necesidades de los cultivos de esta forma se puedan desarrollar correctamente y obteniendo un diseño que pueda optimizar los recursos y también cumpla con los tiempos óptimos de riego. Es decir, hay que determinar tipo de cultivo, condiciones del terreno, etc.

No hay que olvidar que el objetivo del proyecto es suministrar agua a los cultivos de una manera eficiente tomando en cuenta que la necesidad del agua está relacionada con la evaporación y la transpiración (FAO, 2006).

Para obtener los parámetros necesarios para esta disertación se utilizará algunos programas como: Cropwat, Climwat, que nos permitirá simular los requerimientos hídricos de la zona utilizando el método de la FAO Penman-Monteith, que nos proporcionaran los programas como: tipo de cultivo, condiciones climáticas, tipo de suelo, etc.

4.2.1. Cálculo de la evapotranspiración

Ya una vez ingresado los datos en el programa Cropwat se obtendrá los datos de la evapotranspiración referencial (ETo), evapotranspiración de los cultivos (ETc) y demanda de riego de los cultivos.

4.2.1.1. Clima y Eto

Para obtener los datos climatológicos como: temperatura máxima y mínima (ºC), humedad relativa (%) velocidad de viento(m/s) y hora de sol

Haremos uso de datos climatológicos, temperatura máxima y mínima, horas de sol, velocidad de viento para calcular la evapotranspiración de la zona con la cual vamos a trabajar con la estación más cercana a la zona de estudio, la cual es SAN JUAN- LA MANA. En el programa Cropwat colocaremos las coordenadas de latitud y longitud y son:

Longitud: 79º 12’ 00” W

Latitud: 00º 55’ 48” S

Altitud: 223 m

La evapotranspiración referencial (ETo) es medida en mm/día la cual es calculada automáticamente por el programa una vez ingresados los datos en el Cropwat, en la tabla 23 se muestra los datos obtenidos de la estación:

Mes	Temperatura°C		Humedad	Viento	Insolacion	Radiacion	Eto
	Minima	Maximo	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	20,5	28,5	87	69	1,6	11,6	2,51
Febrero	20,7	29,0	86	69	1,8	12,2	2,67
Marzo	20,8	29,5	86	86	2,4	13,2	2,91
Abril	21,0	29,6	86	69	2,3	12,6	2,79
Mayo	20,5	28,4	88	69	1,6	10,9	2,41
Junio	19,9	26,9	89	69	1,3	10,1	2,18
Julio	18,9	26,3	87	69	1,4	10,4	2,20

Agosto	18,7	26,9	86	69	1,4	10,9	2,34
Septiembre	19,0	27,5	86	86	1,4	11,5	2,51
Octubre	19,2	27,1	86	69	1,3	11,4	2,46
Noviembre	19,2	27,2	85	78	1,3	11,1	2,43
Diciembre	19,9	28,1	85	69	1,4	11,1	2,43
Promedio	19,9	27,9	86	73	1,6	11,4	2,49

Tabla 23. Datos climatológicos (Estación SAN JUAN-LA MANA) y ETo.

Fuente: Programa CROPWAT

Con la información de la estación meteorológica y el software Cropwat se puede obtener la precipitación por medio del software Climwat que da como resultado la precipitación efectiva en mm., que determina la fracción de lluvia utilizada para solventar la demanda de los cultivos. La precipitación es calculada por el método de la FAO/AGLW, a continuación, la tabla 20 donde indica que la precipitación efectiva varia desde 1,4 a 426,4 mm.

Mes	**Precipitación**	**Precipitación efectiva**
	mm.	mm.
Enero	445,0	332,0
Febrero	470,0	352,0
Marzo	563,0	426,4
Abril	481,0	360,8
Mayo	264,0	187,2
Junio	126,0	76,8
Julio	19,0	1,4
Agosto	25,0	5,0

Septiembre	46,0	17,6
Octubre	48,0	18,8
Noviembre	38,0	12,8
Diciembre	174,0	115,2
Total	2699,0	1906,0

Tabla 24. Precipitación mensual y resultado de la precipitación efectiva.

Fuente: Software Cropwat

- **Porcentaje fijo**

$$P_{ef} = Porcentaje\ fijo * P_{mensual}$$

- **Precipitación confiable (FAO/ AGLW)**

$$P_{ef} = 0{,}6 * P_{mensual} - 10 \rightarrow P_{mensual} \leq 70mm$$

$$P_{ef} = 0{,}8 * P_{mensual} - 24 \rightarrow P_{mensual} > 70mm$$

- **Fórmula empírica**

$$P_{ef} = a * P_{mensual} - b \rightarrow P_{mensual} \leq z\ mm$$

$$P_{ef} = c * P_{mensual} - d \rightarrow P_{mensual} > z\ mm$$

- Método del USDA SOIL CONSERVATION SERVICE

$$P_{ef} = P * \frac{(125 - P_{mensual})}{125} \rightarrow P_{mensual} \leq 250\ mm$$

$$P_{ef} = 125 + P_{mensual} \rightarrow P_{mensual} > 250\ mm$$

4.2.2. Características de los cultivos

El principal requerimiento para poder utilizar el software Cropwat son las características del cultivo, ya que se debe ingresar las características de los cultivos que se encuentran en la zona para el cual se va a diseñar el sistema de riego. En la zona de estudio se dan los siguientes cultivos: caña de azúcar, papa, frejol, mora, lechuga(legumbres), pasto y plátano(frutales).

La tabla 24 muestra como están distribuidos los cultivos por área de la zona del proyecto y se puede observar que el cultivo que predomina el proyecto es la caña de azúcar con un área de 39 ha.

Distribución 1

Cultivo	Área (ha)	Porcentaje (%)	Porcentaje Redondeado (%)
Caña de azúcar	14	35,90	36,00
Papa	8	20,51	20,00
Lechuga	5	12,82	13,00
Pasto	7	17,95	18,00
Plátano	5	12,82	13,00
TOTAL	**39**	**100**	**100**

Tabla 25. Porcentaje relativo del área de cultivos de la conducción 1.

Fuente: Elaboración propia-datos obtenidos por los estudiantes de vinculación social.

Distribución 2-Ramal 1

Cultivo	Área (ha)	Porcentaje (%)	Porcentaje Redondeado (%)
Caña de azúcar	10	44,44	44,00
Pasto	8	55,56	56,00
TOTAL	**18**	**100**	**100**

Tabla 26.Porcentaje relativo del área de cultivos de la conducción 2-Ramal 1.

Fuente: Elaboración propia-datos obtenidos por los estudiantes de vinculación social.

Distribución 2-Ramal 2

Cultivo	Área (ha)	Porcentaje (%)	Porcentaje Redondeado (%)
Caña de azúcar	28	93,33	93,00
Pasto	2	6,67	7,00
TOTAL	**30**	**100**	**100**

Tabla 27.Porcentaje relativo del área de cultivos de la conducción 2-Ramal 2.

Fuente: Elaboración propia-datos obtenidos por los estudiantes de vinculación social.

Distribución total (1-2)

Cultivo	Área (ha)	Porcentaje (%)	Porcentaje Redondeado (%)
Caña de azúcar	52	59,77	60,00
Papa	8	9,20	9,00
Lechuga	5	5,75	6,00
Pasto	17	19,54	19,00
Plátano	15	5,75	6,00
TOTAL	**87**	**100**	**100**

Tabla 28. Porcentaje relativo del área de cultivos de la conducción

Fuente: Elaboración propia-datos obtenidos por los estudiantes de vinculación social.

NOTA: Se tomo en cuenta los cultivos predominantes ya que en los terrenos no se cultiva las mismas plantas a lo largo del año.

A continuación, se muestra un mapa de cultivos de la comunidad El Chaca en donde se puede observar la distribución de los cultivos que cuenta con 32 lotes.

4.2.2.1. Patrón de cultivos

El patrón de cultivos va a depender del tipo del cultivo, etapa de desarrollo, temperatura y disponibilidad del agua es por eso por lo que se emplea un

calendario agrícola para indicar el momento más favorable para la siembra y cosecha. A continuación, se muestra en la tabla 28, la duración de crecimiento de los cultivos ya que se determinó a partir de información local de los agricultores.

Cultivo	Ciclo (días)	Fecha de siembra	Fecha de cosecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caña de azúcar	320	01/May	16/Mar												
Papa	180	01/May	27/Oct												
Lechuga	140	01/Ene	20/May												
Pasto	365	01/Ene	31/Dic												
Plátano	365	01/Mar	28/Feb												

Tabla 29. Fecha de siembra y cosecha de los cultivos.

Fuente: Elaboración propia

Uno de los principales valores que se deben ingresar en el software es el coeficiente único de cultivo(kc), el cual es utilizado para el cálculo de la evapotranspiración ya que incorpora las características del cultivo y los efectos de la evaporación que posee el suelo, todo esto va a depender del tipo y la etapa de crecimiento en el que se encuentre el cultivo (FAO, 2006).

En la tabla 30, a continuación, se puede observar los valores del coeficiente kc en etapa: inicial, media y final, estos datos se obtuvieron de la publicación "Evapotranspiración del cultivo" de la FAO, paginas 110-112, cuadro 12.

Cultivo	**Coeficiente kc**		
	kc inicial	**Kc medio**	**Kc final**
Caña de azúcar	0,40	1,25	0,75
Papa	0,50	1,15	0,75

Lechuga	0,70	1,00	0,95
Pasto	0,85	0,95	0,85
Plátano	1,00	1,20	1,10

Tabla 30. Coeficientes de cultivos(kc).

Fuente: FAO, cuadro 12, págs. 110-112- CONGOPE,2014

A continuación, se ingresará el tiempo de crecimiento en día de cada uno de los cultivos y que va a depender de la etapa de crecimiento en la que se encuentre, así como se debe tomar en cuenta la duración total de la duración de crecimiento.

- **Cálculo para la variación de la profundidad radicular**

$$V_P = 1{,}8 * \left(\frac{t}{t_c}\right) * \left(1{,}5 - \frac{t}{t_c}\right) * z$$

Donde:

V_P: Variación de la profundidad radicular

t: Tiempo en el cual se desea conocer la profundidad de la raíz

t_c: Tiempo de duración del ciclo vegetativo

z: Profundidad total de las raíces del cultivo

Según CONGOPE, se debe tomar la profundidad tota del sistema radicular más bien la profundidad efectiva con los valores más altos que correspondes a diferentes suelos como: arenoso y arcilloso(Consorcio de Gobierno Autonomo Provinciales del Ecuador, 2019).

Cultivo	Profund (metros)	Cultivo	Profund (metros)	Cultivo	Profund (metros)
Aguacate	0.8 - 1.2	Col y Coliflor	0.6 - 0.7	Patata	0.4 - 0.8
Alcachofa	0-6 - 0.9	Esparrago	1.2 - 1.8	Pepino	0.5 - 0.8
Alfalfa	1.2 - 2.2	Espinaca	0.4 - 0.6	Peral	0.7 - 1.2
Algodón	0.8 - 1.8	Fresa	0.2 - 0.3	Pimiento	0.4 - 0.8
Almendro	0.8 - 1.2	Fréjol	0.5 - 0.9	Piña	0.4 - 0.6
Arveja(guisante)	0.5 - 0.9	Girasol	0.9 - 1.8	Plátano	0.9 - 1.2
Avena	0.6 - 1.1	Lechuga	0.2 - 0.4	Pastos	0.6 - 1.0
Berenjena	0.5 - 1.0	Leguminosas de grano	0.5 - 1.0	Remolacha	0.5 - 1.0
Camote	0.6 - 0.9	Maíz grano	0.8 - 1.2	Sandía	0.6 - 0.8
Café	0.9 - 1.2	Maíz tierno	0.6 - 1.0	Soya	0.6 - 1.0
Caña de azúcar	1.0 - 1.2	Maní	0.9 - 1.0	Sorgo	0.6 - 0.9
Cebada	0.6 - 1.0	Manzano	0.9 - 1.2	Tabaco	0.5 - 0.9
Cebolla	0.3 - 0.6	Melocotón	0.8 - 1.1	Tomate	0.5 - 1.1
Cerezo	0.8 - 1.2	Melón	0.7 - 1.0	Trébol	0.7 - 0.9
Ciruelo	0.9 - 1.0	Nogal	1.0 - 1.2	Trigo	0.6 - 1.1
Cítricos	1.2 - 1.5	Olivo	0.9 - 1.2	Uva	0.8 - 0.9
Clavel	0.3 - 0.4	Palmera	0.7 - 0.9	Zanahoria	0.4 - 0.5

Ilustración 43. Profundidad de los cultivos.

Fuente: (Consorcio de Gobierno Autonomo Provinciales del Ecuador, 2019)

Otros parámetros que se deben tomar en cuenta y que dependerá el volumen de agua almacenado será: el tipo de suelo, duración o tiempo de desarrollo del cultivo y la profundidad radicular que se muestra en la tabla 30, información tomada de la publicación “Evapotranspiración del cultivo” de la FAO, paginas 104-108, cuadro 11.

Cultivo	**Etapas de crecimiento (días)**					**Profundidad radicular (Zr)(m)**
	Inicial	**Intermedio**	**Final**	**Desarrollo**	**Total**	
Caña de azúcar	30	180	60	50	320	1,00-1,20
Papa	30	50	65	35	180	0,40-0,80
Lechuga	35	50	45	10	140	0,20-0,40
Pasto	140	60	120	45	365	0,6-1,0
Plátano	120	60	180	5	365	0,90-1,20

Tabla 31. Etapa de crecimiento(días) y Profundidad radicular de los cultivos.

Fuente: FAO, cuadros 11 y 22, págs. 104-108 y 163-165 y CONGOPE,2014

También se requiere ingresar en el software los datos de agotamiento crítico del cultivo en mm esto significa la fracción de agua que puede ser agotada por zona radicular de la planta antes de presentarse el estrés hídrico, es decir, cuando la cantidad de agua es escasa para cubrir la necesidad del cultivo (FAO, 1990).

Se necesita para el cálculo de agotamiento critico la siguiente formula:

$$p = p(cuadro\ 22)FAO + 0.04 * (5 - ETc)$$

Donde:

p= agotamiento crítico con estrés hídrico

$p(cuadro\ 22)FAO$= fracción de agotamiento sin estrés hídrico (tabla 31)

ETc = Evapotranspiración del cultivo en condición estándar.

Cultivo	Fracción de agotamiento (p)
Caña de azúcar	0,65
Papa	0,35
Frejol	0,45
Pasto	0,40
Plátano	0,35

Tabla 32. Fracción de agotamiento de la humedad en el suelo(p) para condiciones sin estrés hídrico.

Fuente: FAO, cuadros 22, págs. 163-165

Para calcular el ETc se debe calcular a través del coeficiente de cultivo ya que se toman en cuenta las condiciones climáticas e incorporadas al ETo mientras que las características del cultivo son incorporadas en kc ((FAO, 2006). A continuación, se muestra en la siguiente tabla los valores de la Eto promedio y que fue calculado por el software Cropwat, Eto=3,31 mm/día.

	ETc=Kc*ETo		
Cultivo	**Inicial**	**Intermedio**	**Final**
Caña de azúcar	0,996	3,113	1,868
Papa	1,245	2,864	1,868
Lechuga	1,743	2,490	2,366
Pasto	2,241	2,366	2,366
Plátano	2,490	2,988	2,739

Tabla 33. Valores calculados de Etc.

Fuente: Elaboración propia

Con los valores calculados de ETc se procede a calcular el agotamiento crítico con estrés(p) en la tabla 34.

Cultivos	**Agotamiento crítico (p) mm/día**		
	Inicial	**Intermedio**	**Final**
Caña de azúcar	0,81	0,73	0,78
Papa	0,50	0,44	0,48
Lechuga	0,43	0,40	0,41
Pasto	0,51	0,51	0,51
Plátano	0,45	0,43	0,44

Tabla 34. Agotamiento critico calculados.

Fuente: Elaboración propia

El factor de respuesta (ky), es proporcionado por la publicación "Evapotranspiración del cultivo" de la FAO, paginas 181, cuadro 24. A continuación se muestra en la tabla 35.

Cultivo	Ky
Caña de azúcar	1,2
Papa	1,1
Lechuga	1

Pasto	1
Plátano	1,2-1,35

Tabla 35. Coeficientes estacionales de respuesta de la productividad.

Fuente: FAO, cuadros 24, págs. 181

Para finalizar, se debe colocar la altura de los cultivos en metros, cuyos datos fueron sacados de la publicación "Evapotranspiración del cultivo" de la FAO, paginas 110-114, cuadro 12.

Cultivo	Altura de cultivo(m)
Caña de azúcar	3,00
Papa	0,60
Lechuga	0,30
Pasto	0,1
Plátano	3,00

Tabla 36.Altura del cultivo.

Fuente: FAO, cuadros 12, págs. 110-114

En las siguientes ilustraciones se muestra las características de cada cultivo que se da en la zona y definirán los requerimientos de agua. Cabe recalcar que las fechas se tomaron de acuerdo con la tabla 24 con información proporcionada por los agrícolas del sector.

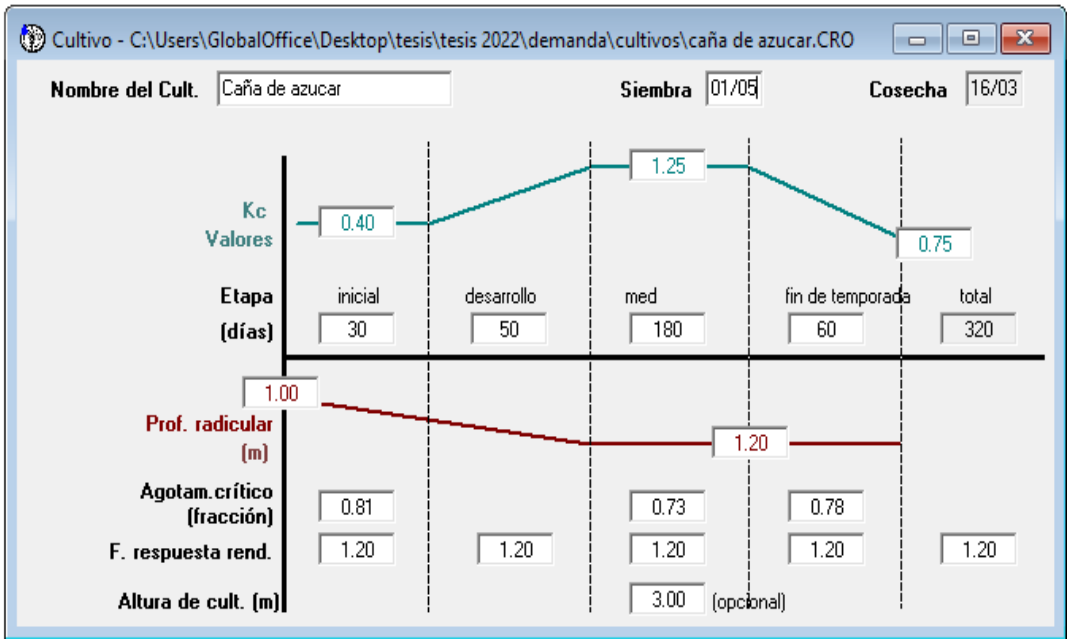


Ilustración 44. Cultivo de caña de azúcar.

Fuente: Cropwat

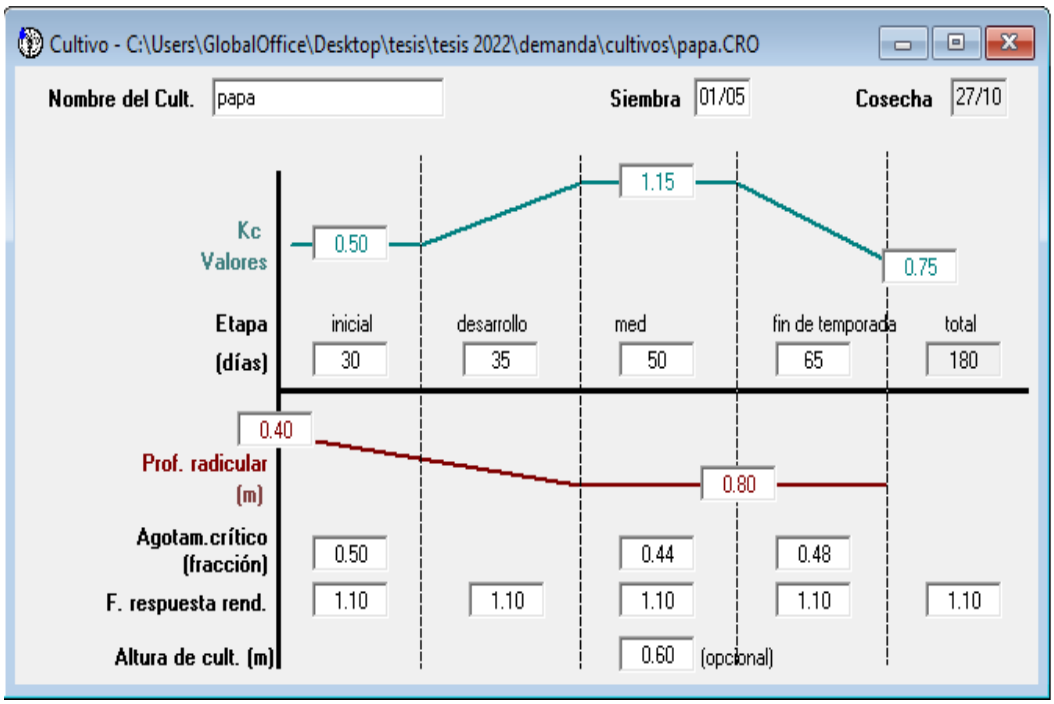


Ilustración 45.Cultivo de papa.

Fuente: Cropwat

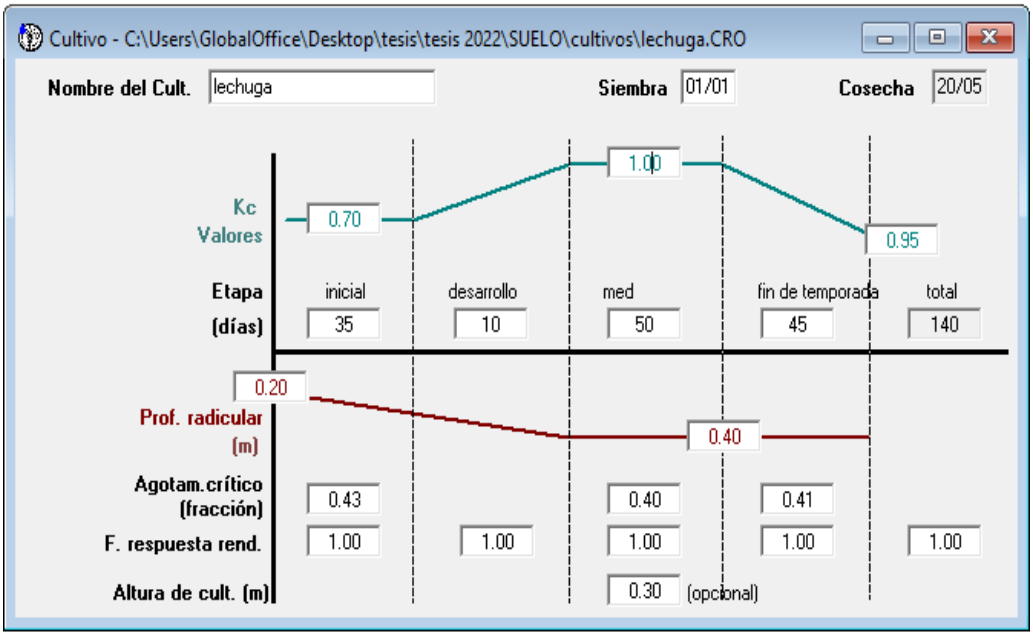


Ilustración 46. Cultivo de lechuga.

Fuente: Cropwat

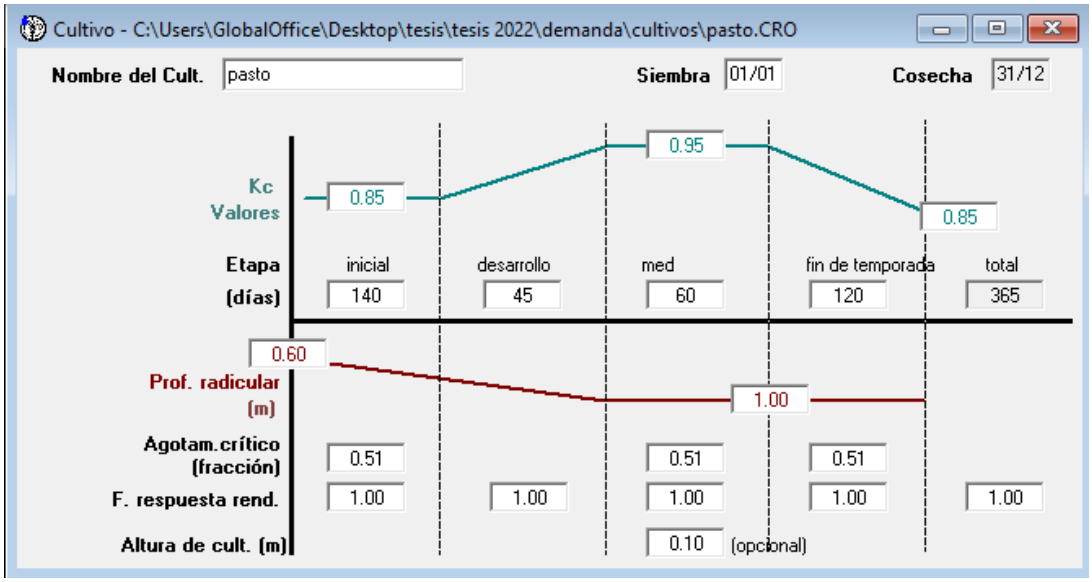


Ilustración 47. Cultivo de pasto

Fuente: Cropwat

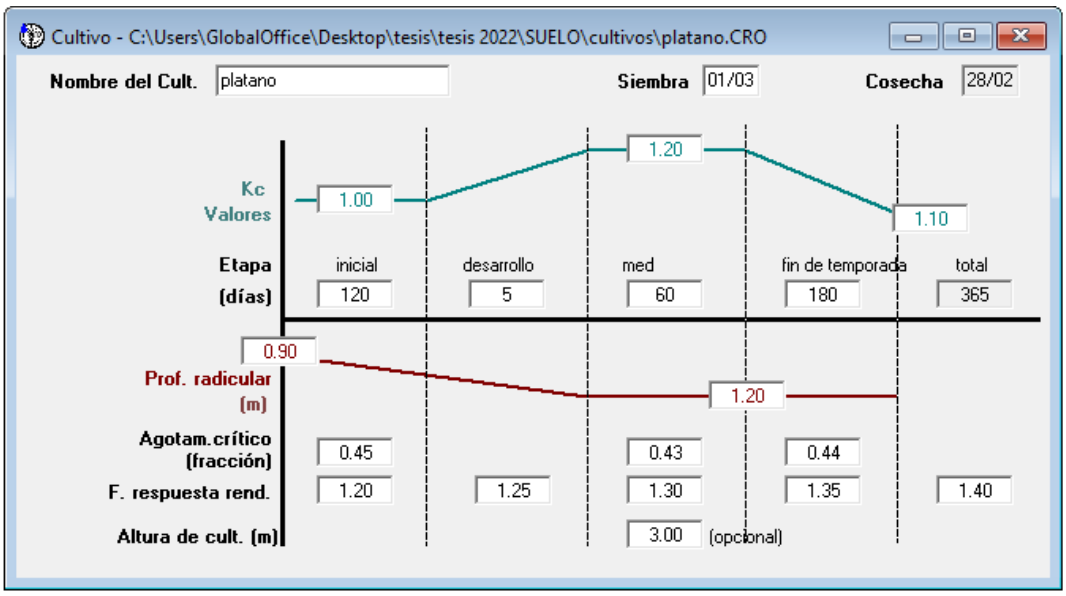


Ilustración 48. Cultivo de plátano

Fuente: Cropwat

4.2.2.2. Suelo

Las características que se deben tomar en cuenta para el requerimiento del agua para los cultivos son: textura del suelo, humedad total disponible/mm/m), tasa de infiltración de la precipitación(mm/día) y profundidad máxima de enraizamiento (cm)

Algunas de las características fueron obtenidas del documento “hablemos de Riego” del consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE, 2014) y los datos generales fueron precargados al software Cropwat para diferentes tipos de suelos. La siguiente tabla a continuación muestra los valores promedio de las propiedades físicas de los suelos según la textura.

Textura	Humedad total disponible(mm/m)
Arenoso	80(62-108)
Franco Arenoso	120(84-160)
Franco	170(135-210)
Franco Arcilloso	190(156-224)
Arcilloso Limoso	210(175-243)

Arcilloso	230(192-260)

Tabla 37. Valores promedios de las propiedades físicas de los suelos según la textura.

Fuente: CONGOPE,2014

Etiqueta	Símbolo	Descripción
No salino	NS	<2 dS/m. Nivel de sales que no limita el rendimiento
Ligeramente salino	LS	2-4 dS/m. Nivel de sales ligeramente toxico con algunas excepciones
Salino	S	>4-8 dS/m. Nivel de sales toxico para la mayoría de los cultivos
Muy salino	MS	>8-16 dS/m. Nivel de sales muy toxico para los cultivos
Extremadamente salino	ES	>4 dS/m Nivel de sales extremadamente toxico para los cultivos.
No Aplicable	N/A	Se toma en cuenta todas las áreas de los cultivos que no sean centros poblados, ríos, etc.

Tabla 38. Niveles de salinidad de suelo.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganaderia, 2019)

Etiqueta	Símbolo	descripción
Bajo(costa)	CoB	Suelo de la costa con un contenido orgánico de 0%
Medio(costa)	CoM	Suelo de la costa con un contenido orgánico entre 1-2%
Alto(costa)	CoA	Suelo de la costa con un contenido orgánico mayor a 2%
Bajo(sierra)	SiB	Suelo de la sierra con un contenido orgánico Menor a 3%
Medio(sierra)	SiM	Suelo de la sierra con un contenido orgánico entre a 3-5%

Alto(sierra)	SiA	Suelo de la sierra con un contenido orgánico mayor a 5%
Bajo(amazonia)	AmB	Suelo de la amazonia con un contenido orgánico Menor a 3%
Medio(amazonia)	AmM	Suelo de la amazonia con un contenido orgánico entre 3-6%
Alto(amazonia)	AmA	Suelo de la amazonia con un contenido orgánico menor a 6%
No aplicable	N/A	Se toma en cuenta todas las áreas de los cultivos que no sean centros poblados, ríos, etc.

Tabla 39. Niveles de contenido orgánico del suelo.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganaderia, 2019)

Etiqueta	**Símbolo**	**Descripción**
Nula	S	No existe fragmentos gruesos
Muy pocas	M	<10% de los fragmentos gruesos y no tienen interferencia en el cultivo.
Pocas	P	10-25% de fragmento grueso, posee interferencia en los cultivos y puede ser posible que los cultivos de plantas de eliminación de malas hierbas usando herramientas convencionales como: maíz, plantas con raíces útiles, tubérculos.
Frecuentes	F	>25-50% de fragmentos gruesos, existe un poco de dificultad para los cultivos y probablemente se puede producir pasto.
Abundantes	A	>50-75% de fragmentos gruesos, no se puede utilizar maquinaria agrícola
Pedregoso	R	>75% de fragmentos gruesos en la superficie y ya es excesivamente pedregoso como para utilizar para la siembra

No aplicable	N/A	Se toma en cuenta todas las áreas de los cultivos que no sean centros poblados, ríos, etc.

Tabla 40. Categorías de pedregosidad en los suelos.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganaderia, 2019)

Una vez obtenidos los parámetros que se requiere se introduce en el programa "Soil Water Characteristics", el cual se utilizó para un analisis hidrológico del suelo para los cultivos, infiltración, almacenaje y conductividad hidráulica. También se simplifica ciertas mediciones y ensayos en campo que pueden llegar a ser costosas, el programa trabaja mediante correlaciones sobre la textura del suelo (contenido de grava, arena y arcilla), retención y conducción hidráulica. En la siguiente tabla se muestra las características del suelo y en las ilustraciones 50- 51 se muestra los datos obtenidos:

Características	**Etiqueta**
Textura	Franco
Salinidad	No salino
Contenido Orgánico	Medio (Sierra)
Pedregosidad	Muy poca

Tabla 41. Características del suelo.

Fuente: Elaboración propia

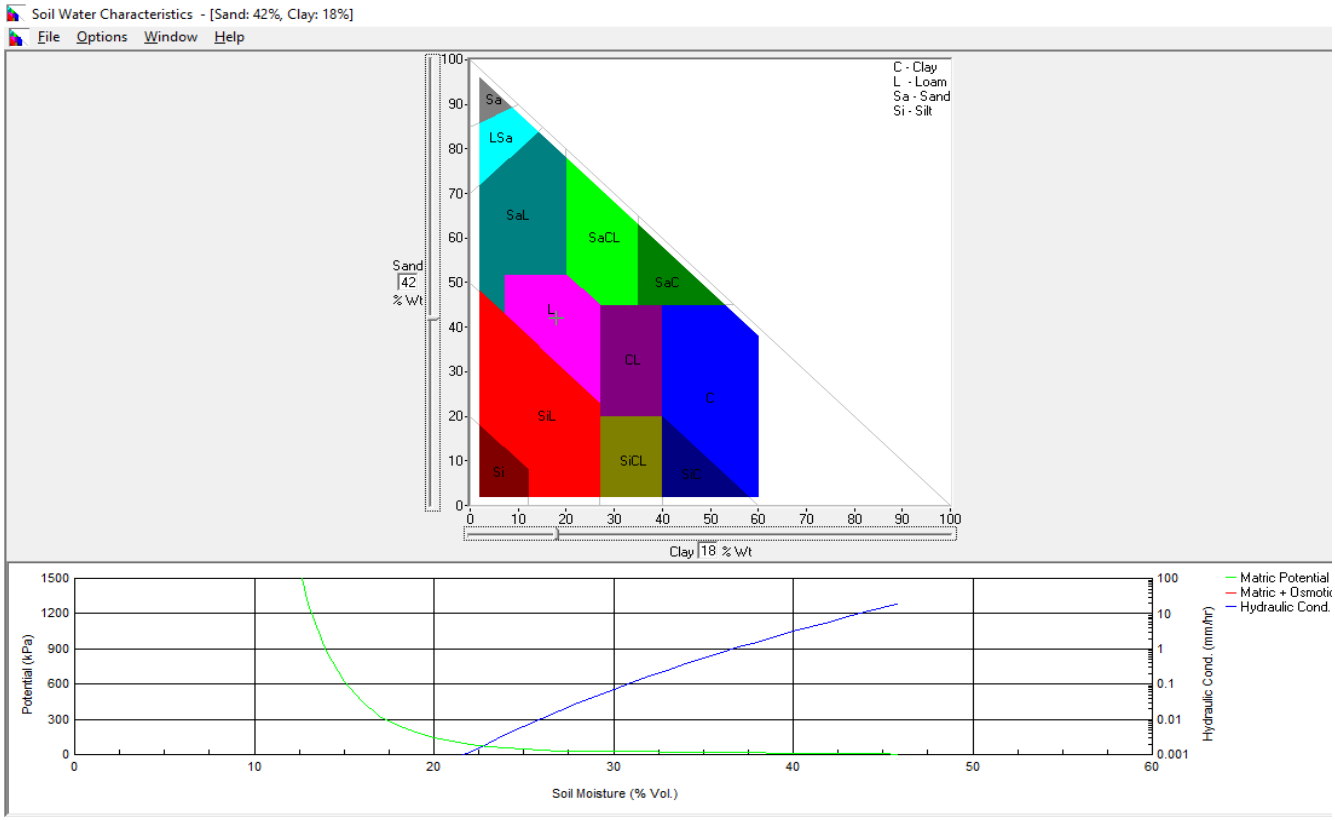


Ilustración 49. Características del suelo.

Fuente: Software Soil water Characteristics

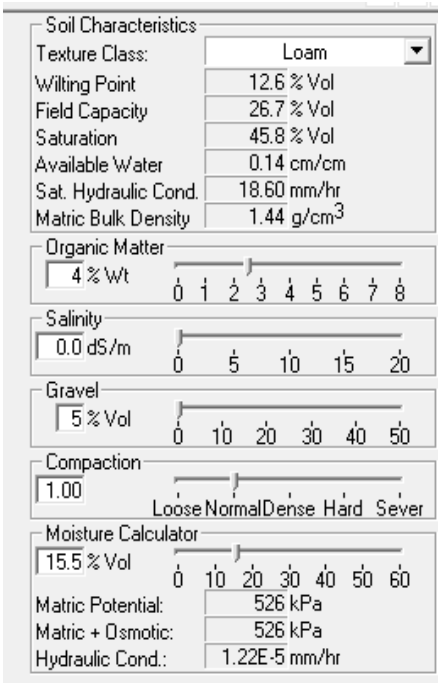


Ilustración 50. Datos obtenidos por el programa.

Fuente: Software Soil water Characteristics

Para este proyecto se determinó que la textura del suelo en la zona del proyecto es FRANCO la información sobre el suelo se obtuvo del SIG tierras (archivo tipo textura.shp). Los valores obtenidos por el programa que se van a utilizar por el programa Cropwat.

Soil Characteristics	**Características del suelo**	**Unidad**	**Descripción**
Textura Class	Textura	N/A	Nos indica el tipo de suelo de la zona en función de la cantidad de limo, arena y arcilla.
Wilting Point	Punto de marchites permanente	% vol.	Es el contenido de agua en el suelo que ha perdido toda su agua por motivo de los cultivos.
Field Capacity	Capacidad de campo	% vol.	Cantidad de agua en un suelo bien drenado, es decir, es la cantidad de agua restante cuando el drenaje ha disminuido notoriamente.
Saturation	Saturación	% vol.	Es el contenido de agua que posee el suelo cuando los espacios intersticiales se encuentran saturados de agua
Avalable Water	Cantidad disponible de agua	cm/cm	Es la disponibilidad de agua para el desarrollo de las plantas
Saturation hydraulic conduction	Conductividad hidráulica saturada	Mm/hr	Afecta la infiltración del suelo, tomando en cuenta el tiempo y cantidad en filtrarse
Matric Bulk Density	Densidad aparente	gr/cm^3	Es el peso seco del suelo por unidad de volumen del suelo inalterado en estado natural e incluyendo espacios porosos.
Organic Matter	Materia Orgánica	%Wt	Está conformada por materia orgánica que provienen de restos orgánicos (plantas, animales, etc.). El programa usa un contenido 0-8% ya que usa suelos que

			presentan un contenido de materia orgánica mayor a este.
Salinity	Salinidad	Ds/in	Los suelos afectados por la salinidad tienen mayor concentración de sales solubles que carbonatos de calcio y de esta forma afecta el crecimiento de las plantas.
Gravel	Grava	% Vol.	En algunos de los suelos que poseen grava, el diametro es mayor a los >2mm. Este ayuda a disminuir la matriz del suelo donde el agua puede ser almacenada.

Tabla 42. Descripción de las características del programa "Soil Water Characteristics"

Fuente: Software Soil Water Characteristics

A continuación, se muestra las características del suelo ingresadas en Cropwat.

Datos	**Valor**	**Unidad**
Cantidad disponible de agua	140	mm/m
Conducción hidráulica saturada	446,40-Se asume 300 ya que es el máximo que permite el programa	mm/día
Profundidad Radicular	1.1	m
Agotamiento inicial de humedad del suelo	26,7-12,6=14,1=14	%

Tabla 43. Datos que se introducirán en el software Cropwat.

Fuente: Elaboración propia

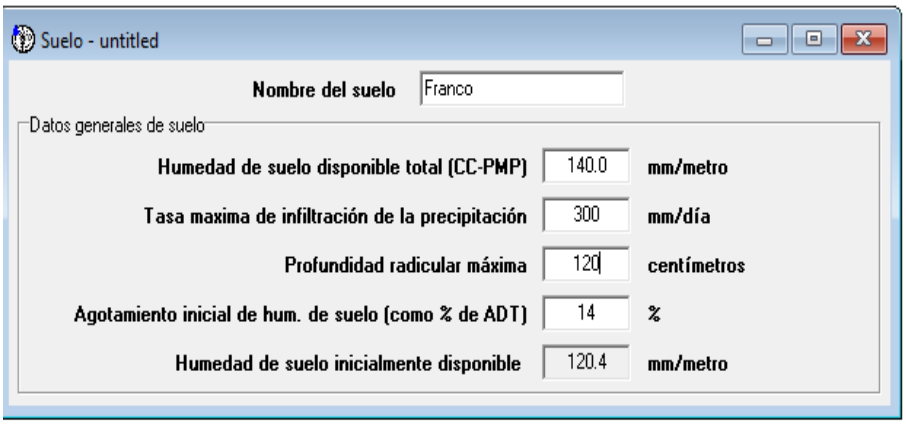


Ilustración 51. Características del suelo.

Fuente: Cropwat

4.2.2.3. Programación de riego de cultivos

Es la aplicación de agua en forma óptima a los cultivos en cada etapa de crecimiento para maximizar la productividad. La suma de agua de riego que requiera el cultivo debe satisfacer las necesidades y dependerá de la etapa que se encuentre la planta, así como otros factores como: clima, condiciones del suelo, etc. El criterio que se manejara para la programación de riego se define en un intervalo de 8 días. A continuación, se muestra los resultados obtenidos para los siete cultivos.

CULTIVO	**CAUDAL MÁXIMO(L/S/HA)**	**ÁREA (ha)**	**DEMANDA (L/S)**
CAÑA DE AZÚCAR	0,41	52	21,32
PAPA	0,34	8	2,72
LECHUGA	0,32	5	1,60
PASTO	0,30	17	5,10
PLÁTANO	0,39	5	1,95
TOTAL		**87**	**33,69**

Tabla 44. Demanda total.

Fuente: Elaboración propia

CULTIVO	CAUDAL MÁXIMO(L/S/HA)	ÁREA (HA)	DEMANDA (L/S)
CAÑA DE AZÚCAR	0,41	14	5,74
PAPA	0,34	8	2,72
LECHUGA	0,32	5	1,60
PASTO	0,30	7	2,10
PLÁTANO	0,39	5	1,95
TOTAL		39	**14,11**

Tabla 45. Distribución 1

Fuente: Elaboración propia

CULTIVO	CAUDAL MÁXIMO(L/S/HA)	ÁREA (HA)	DEMANDA (L/S)
CAÑA DE AZÚCAR	0,41	38	15,58
PASTO	0,30	10	3,00
TOTAL		48	**18,58**

Tabla 46. Distribución 2

Fuente: Elaboración propia

CULTIVO	CAUDAL MÁXIMO(L/S/HA)	ÁREA (HA)	DEMANDA (L/S)
CAÑA DE AZÚCAR	0,41	10	4,10
PASTO	0,30	8	2,40
TOTAL		18	**6,50**

Tabla 47. Distribución 2- ramal 1

Fuente: Elaboración propia

CULTIVO	CAUDAL MÁXIMO(L/S/HA)	ÁREA (HA)	DEMANDA (L/S)
CAÑA DE AZÚCAR	0,41	28	11,48
PASTO	0,30	2	0,60
TOTAL		30	**12,08**

Tabla 48. Distribución 2- ramal 2

Fuente: Elaboración propia

4.3. Cálculo de la demanda de agua del proyecto

Luego de colocar los datos en el patrón cultivos el software Cropwat calcula la demanda de agua requerida para cada cultivo. El programa permite optimizar el uso de agua tomando en cuenta el tiempo de siembra de cada cultivo en pocas palabras el tiempo que los cultivos no vayan a requerir agua y de esta forma permitir regar únicamente a los cultivos que así lo requieran es por ello por lo que se calcula la demanda individual y luego una demanda generalizada. Se debe tomar en cuenta que el software especifica que la eficiencia de riego sea del 70 %.

CULTIVO	**CAUDAL MÁXIMO(L/S/ha)**	**ÁREA (ha)**	**DEMANDA (L/S)**
CAÑA DE AZÚCAR	0,41	52	21,32
PAPA	0,34	8	2,72
LECHUGA	0,32	5	1,60
PASTO	0,30	17	5,10
PLÁTANO	0,39	5	1,95
TOTAL		**87**	**33,69**

Tabla 49. Aprovechamiento de agua del sistema.

Fuente: elaboración propia

En la tabla 49, se puede observar que el máximo calculado por el software es de 0.27 l/s/h el cual es multiplicado por el área total de los cultivos que es 87 hectáreas dando como resultado 23,49 l/s

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Déficit de Precipitación												
1.Caña de azúcar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	71.2	77.6	67.4	68.2	70.1	4.3
2. Lechuga	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3. Papa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	72.2	72.6	52.2	32.0	0.0	0.0
4. Plátano	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	73. 4	74.2	62.7	60.8	60.6	0.5
5. Pasto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	61.0	61.0	49.5	48.0	49.0	0.0
Red. Netos sistema												
En mm/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.8	1.9	1.7	1.6	1.6	0.1
En mm/mes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	56.8	60.2	50.8	49.2	47.9	2.2
En l/s/h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.21	0.22	0.20	0.18	0.18	0.1
Área Irrigada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	82.0	82.0	82.0	82	82.0	74	57
% del área total												
Red de riego área real	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.26	0.27	0.24	0.22	0.25	0.01
En l/s/h												

Tabla 50. Requerimiento de riego área real.

Fuente: Cropwat

Turnos de riego

El caudal anteriormente calculado debe ser modificado en base a la eficiencia del riego, horas de riego, frecuencia de riego y periodo de riego. Por lo tanto, se utilizará la siguiente formula:

$$Q_{rp} = \frac{q_{fc}}{E_{fa}} * \frac{24}{Trd} * \frac{FR}{PR}$$

Donde:

Q_{rp}: Caudal de riego en la parcela

q_{fc}: Caudal ficticio continuo

E_{fa}: Eficiencia de la aplicación del método de riego

Trd: Tiempo de riego diario

FR: Frecuencia de riego

PR: Periodo de riego

Para nuestro caso, se obtuvo 0,27 $s^{-1}ha^{-1}$ dato que fue calculado por el software CROPWAT. Tomando en cuenta que el riego semanal está dividido en 6 turnos de 8 horas con una eficiencia del 70% con el método de aspersión de 6 días obteniendo los siguientes resultados:

$$Q_{rp} = \frac{0{,}27}{0{,}70} * \frac{24}{8} * \frac{6}{6} = 1{,}16\ l/s$$

Al obtener el resultado del caudal de riego por parcela se dividió las áreas en secciones por igual demanda. A continuación, se muestra una tabla la cual indica la distribución de la superficie y caudal conveniente a cada turno tomando en cuenta que un turno es un día.

Turno	Día	Área(ha)	Caudal(L/s)
1	Lunes	13	4,93
2	Martes	13	4,49
3	Miércoles	13	4,69
4	Jueves	16(Reservorio)	5,90
5	Viernes	Reservorio	9,80
6	Sábado	17(Reservorio)	7,73
7	Domingo	15(Reservorio)	5,33

Tabla 51. Turnos de riego por días.

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el caudal adjudicado por SENAGUA a la comunidad de EL CHACA no debe ser mayor a 29,5 l/s ((Paredes & Peñafiel, 2019), la demanda obtenida no podría ser cubierta en un solo día por el caudal disponible por ende se realizó un diseño programado por sectores dividiendo en 6 días en el cual se regara cada sector por día y de esta forma obteniendo la demanda diaria disponible. En el ANEXO 1 se mostrará la distribución de los cultivos con sus respectivos horarios. En el siguiente capitulo se explicará porque se realizó de esta forma la distribución.

CAPÍTULO V: DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR TUBERIA

Un sistema de riego por tubería consiste en la instalación de una red de tuberías, accesorios entre otras obras hidráulicas que deben ser instaladas adecuadamente para administrar de forma correcta el agua desde la fuente hasta los cultivos.

El diseño del sistema de riego radica en la disposición de los distintos elementos del sistema como: características del suelo, agua y cultivos con el objetivo de asegurar la efectividad de este de la forma más económica y que cubra las necesidades de los cultivos, como seria para el caso de la comunidad El Chaca.

5.1. Captación

5.1.1. Descripción de la obra de captación

El diseño hidráulico de la captación para el sistema de riego de la comunidad El Chaca ya está construido el cual está ubicada en la cota 2141m.s.n.m. en la latitud 1°09’04,69’’S y en longitud 79°01’’43,60.24’’O.

La obra de captación construida es un reservorio, será reemplazado por una captación lateral que consta de dos estructuras: un azud vertedero y la toma. El azud debe ser perpendicular al ojo de agua y su función será elevar el nivel del agua para captar la demanda de 33,69 l/s con 32 cultivos.

Una toma consiste en la captación superficial y se puede utilizar para la captación de un rio cuya finalidad es desviar y regular el agua para alguna actividad en específico es decir riego de parcelas en este caso. Esta obra cuenta con un desarenador que está ubicado continuo a la captación el cual permite la retención de partículas que interfieran en la zona de captación (Fernandez, 2010).

Los archivos que se utilizaron y que contienen información acerca de la captación y que fueron proporcionados por la Responsabilidad Social de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y son:

- Acción social final.pdf
- Calculo captación la chaca. xlsx
- Plano captación chaca. dwg
- INFORME FINAL. doc

Debido a que el diseño posee algunas incongruencias se corregirá el diseño de la captación también, se debe tomar en cuenta que la concesión que dio SENAGUA a esta zona es de 29,5 l/s entonces adoptara un diseño donde cubra la demanda actual de 32,69 l/s con un área de 87 ha. (CAPITULO IV)

5.1.2. Criterios de diseño

5.1.2.1. Diseño de rejilla

Es una estructura que permite captar el caudal necesario para el proyecto una de las cualidades de esta estructura es que impide el paso de sedimentos que sean de mayor dimensión a la separación de los barrotes.

5.1.2.2. Parámetros de diseño

Se tomará en cuenta los siguientes parámetros para el diseño de la rejilla:

- H_r: Altura de la rejilla (dato dado por el diseñador)
- A_1: Altura del muro desde la rejilla hasta el fondo del rio esta debe estar entre los 0,60 – 0,80m.
- A_2: Altura desde la rejilla hasta el fondo del desripiador
- K: Coeficiente de contracción de los barrotes que van desde 0,70 - 0,95

- Q_c: Caudal deseado

- S: Espacio entre barrotes, mínimo 10cm.

- T: Espesor de barrotes, diametro mínimo de 1cm.

- Z: Perdidas (Krochin, 1986).

5.1.2.3. Diseño del azud

La toma de fondo no capta el agua del rio ya que se dispersó por encima del azud con el propósito de aumentar el coeficiente de descarga, el perfil de Creager es diseñado con coordenadas para proporcionar un perfil hidrodinámico.

Un factor importante que se debe considerar es que el azud debe poseer una rejilla formando una sola estructura y de esta forma las piedras atraviesan fácilmente por encima de la estructura evitando la construcción de obras adicionales para limpieza. A continuación, se muestra las siguientes ecuaciones:

Formula	Perfil Aguas arriba	Perfil Aguas abajo
USBR	$\left(\frac{y}{H_o}\right) = -K * \left(\frac{x}{H_o}\right)^n$	Está definido por: $x_c, y_c, R_1 y\ R_2$, al ser una curva circular compuesta
USACE	$x^n = K *\ {H_d}^{n-1} * y$	$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1$

Tabla 52. Trazado de la cresta de un azud (USBR) y (USACE).

Fuente: (United States Departament of e Interior , 1987)

Donde:

H_o-H_d: Altura del flujo

$K - n$: Factores que dependen de la inclinación y la velocidad de aproximación del flujo.

$x - y$: Coordenadas para el trazado de la cresta desde el origen

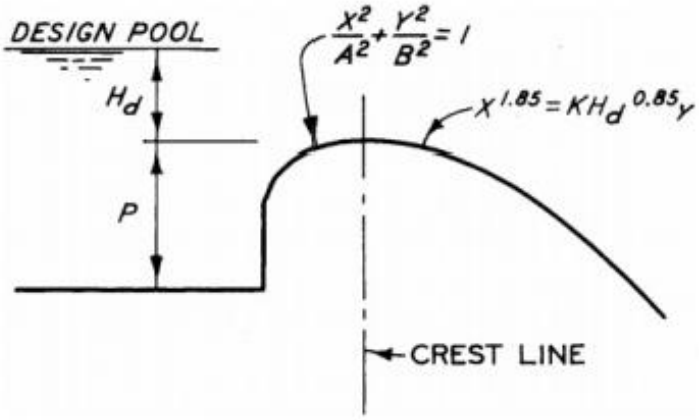


Ilustración 52. Esquema de la cresta.

Fuente: (Murphy, 1973)

–**Coeficiente de descarga**

Depende de las condiciones de cada estructura, pero no hay que olvidar que unos de los factores que se deben tomar en cuenta es la altura del agua que se aproxima, la forma real de la cresta y la napa entre otros factores.

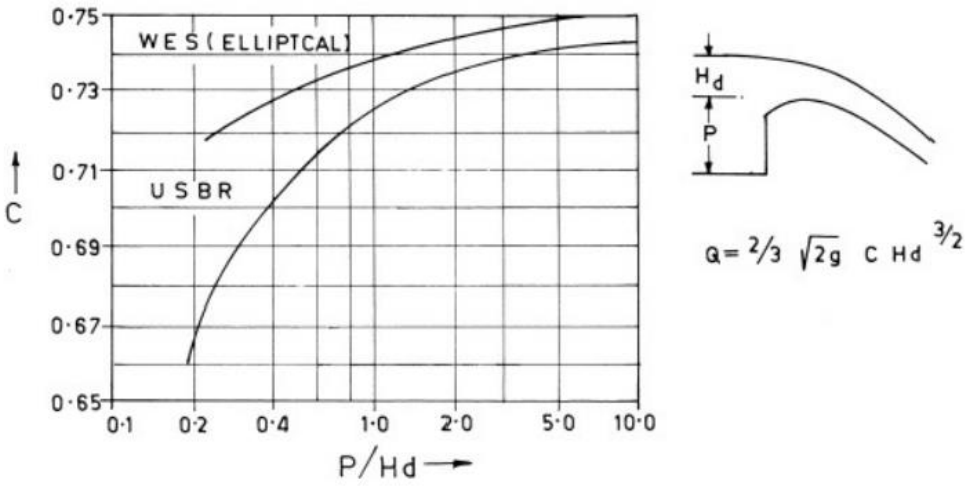


Ilustración 53. Altura de flujo con el coeficiente de descarga.

Fuente: (Sanchez, 2010)

5.2. Diseño de los elementos de la toma

5.2.1. Cálculo del caudal de diseño

Se calculará el valor de la creciente máxima que corresponde al caudal de diseño. A continuación, se muestra el cálculo para el caudal de crecidas:

Método racional

Consiste en la intensidad de lluvia constante sobre una determinada área donde el caudal de escorrentía superficial pasa a ser un caudal máximo en un periodo determinado es decir es el tiempo de concentración (Monsalve, 1995).

El tiempo de retorno se tomará como 50 años para el caudal de diseño utilizando la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * i * A}{3{,}6}$$

Donde:

Q: Caudal máximo para un tiempo de retorno

C: Coeficiente de escurrimiento

i: Intensidad de precipitación

A: Area de la cuenca hidrográfica (Saenz, 1995).

Características de la cuenca

Para poder utilizar el método racional es necesario conocer algunos parámetros de la cuenca los cuales se determinarán con la ayuda del software QGIS para determinar la máxima crecida de la cuenca.

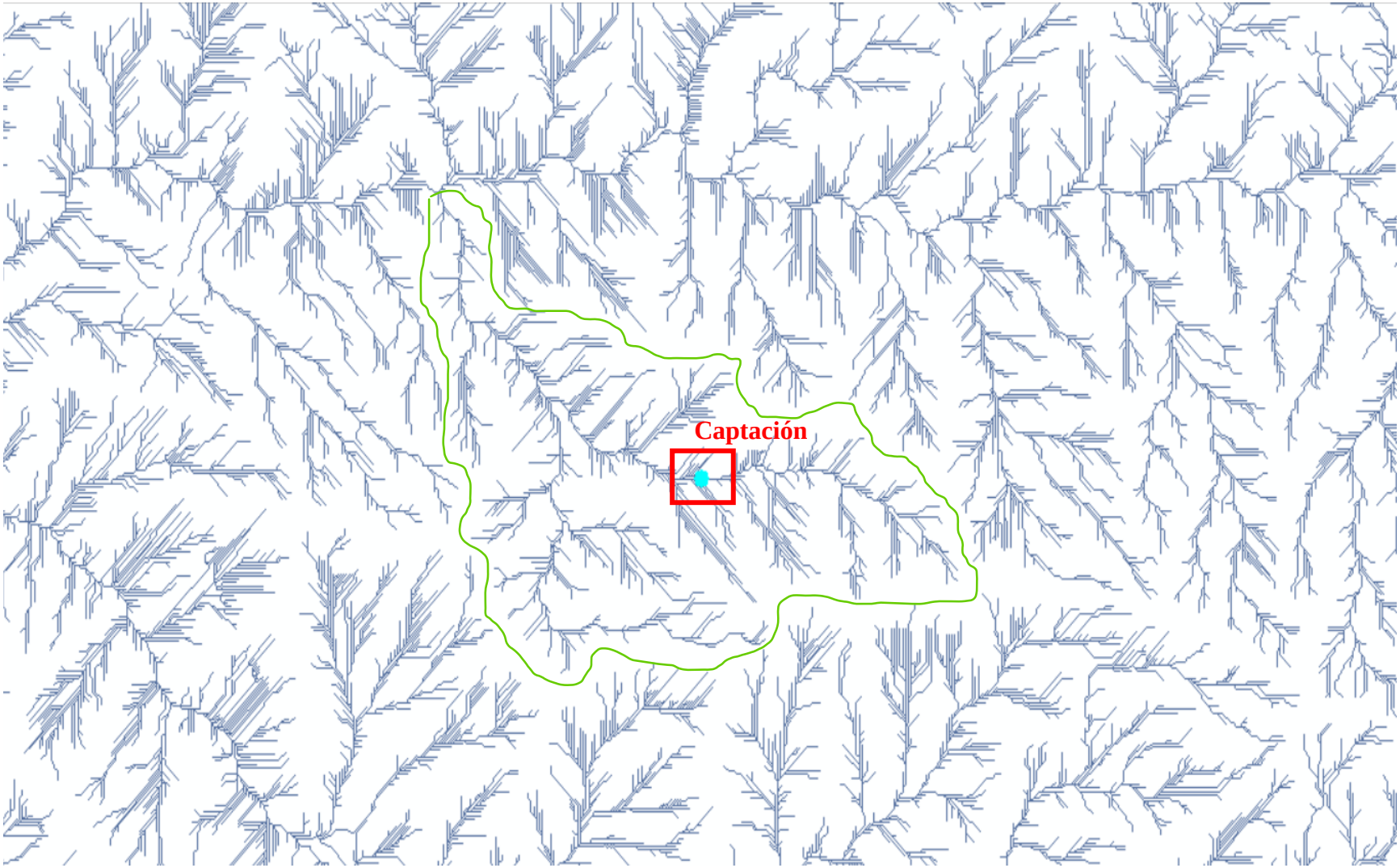


Ilustración 54. Área de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia

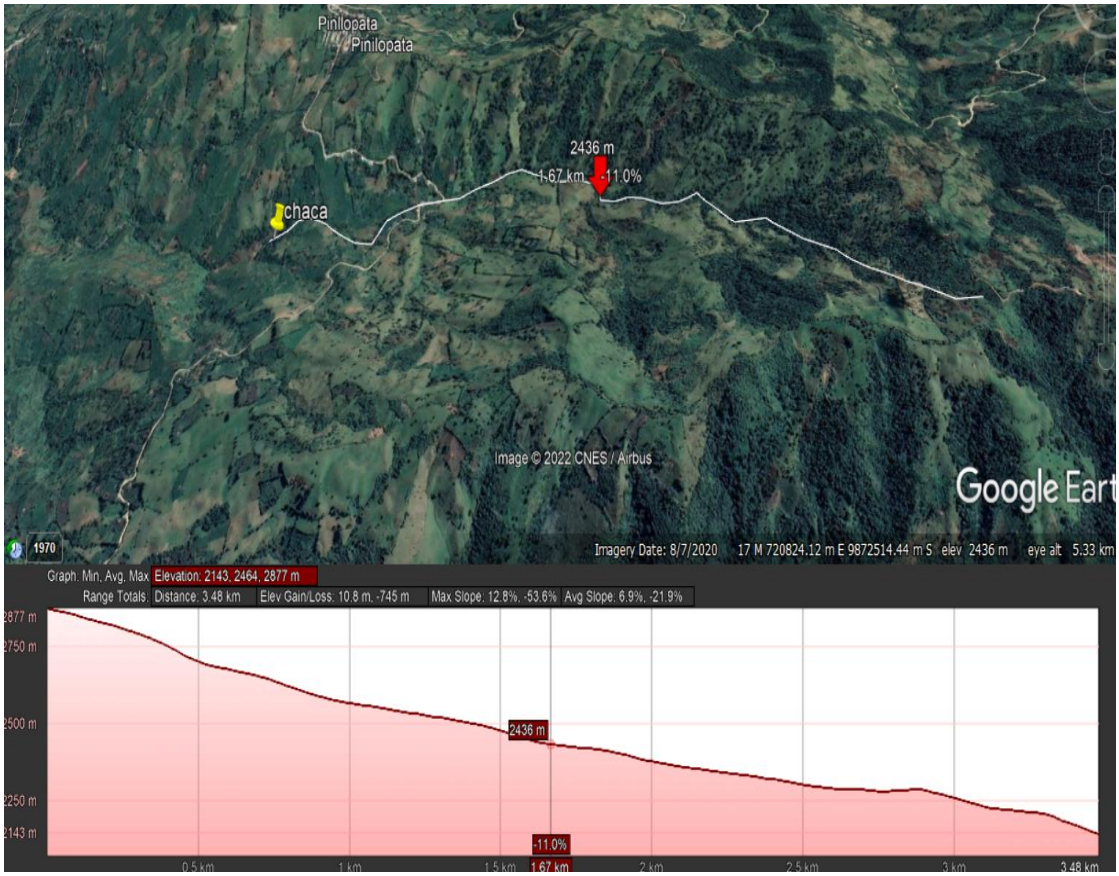


Ilustración 55. Recorrido de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia

Área de la cuenca $(km)^2$	2,82
Longitud del rio (km)	3,371
Cota más baja del rio (msnm)	2143
Cota más alta del rio (msnm)	2877
Diferencia de altitud del rio (m)	734
Pendiente del rio (m/m)	0,3839

Tabla 53. Parámetro de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el coeficiente de compacidad y factor forma se utilizaron las siguientes tablas y ecuaciones:

Rango	Forma
1,00 – 1,25	Redonda a oval redonda(compacta)
1,25 – 1,50	Oval redonda a oval oblongada
1,50 – 1,75	Oval oblongada a rectangular
$> 1{,}75$	Casi rectangular

Tabla 54. Forma de la cuenca.

Fuente: (King, 1956)

$$Kc = 0{,}28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
$< 0{,}22$	Muy alargada
0,22 – 0,30	Alargada
0,30 – 0,37	Ligeramente alargada
0,37 – 0,45	NI alargada ni ensanchada
0,45 – 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 – 0,80	Ensanchada
0,80 – 1,20	Muy ensanchada
$> 1{,}20$	Rodeada el desagüe

Tabla 55. Rangos aproximados del factor de forma.

Fuente: (King, 1956)

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Cálculo para el coeficiente de escorrentía(C)

Para Monsalve (1999. P 193) "Es la relación entre el volumen de agua de escorrentía superficial total y el volumen de agua precipitada, en un intervalo de tiempo determinado"

Si el coeficiente de escorrentía es menor, el suelo tendrá mayor capacidad de infiltración lo cual causara una disminución de escorrentía superficial, por el contrario, el coeficiente de escorrentía es mayor la capacidad de infiltración será menor en otras palabras la permeabilidad será alta y de esta forma aumentara la escorrentía superficial, este valor puede variar entre 0 hasta 1(Ordonez, 2018).

El coeficiente de escorrentía es relativo a la lluvia o a un intervalo de tiempo en donde acontecen varias lluvias. Si se conoce el coeficiente para cierta lluvia con una intensidad y duración definida en un área dada, se puede obtener la escorrentía superficial de otras precipitaciones de intensidad distinta, desde que la duración de la lluvia sea la misma (Monsalve, 1995).

$$C = \frac{Q}{P}$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía(adimensional)

Q: Volumen de agua de escorrentía superficial (mm.)

P: Volumen total de agua precipita Damm.)

Algunos de los factores que pueden inferir son: la intensidad de lluvia, contenido de humedad, tipo de suelo, permeabilidad, etc. Nos basaremos en tablas encontradas en la bibliografía donde se puedo observar diferentes coeficientes de escurrimiento con ciertas condiciones (Escuela de Camino UDC, 2020).

Uso de suelo	**C**
Bosque, Relieve ondulado	0,18
Bosque, Relieve quedado	0,21
Pasto, relieve ondulado	0,36
Pasto, relieve quebrado	0,42
Cultivos, relieve ondulado	0,60
Cultivos, relieve quebrado	0,72

Tabla 56. Coeficiente de escorrentía de Prevert (1986).

Fuente: (Escuela de Camino UDC, 2020)

Una vez calculada la pendiente de 0,68 podemos verificar en la tabla que el tipo de suelo se usara para la agricultura y como poseemos un suelo Franco tenemos un valor de coeficiente de escorrentía de 0,46.

Grupo Hidrológico del suelo	Infiltración cuando está húmedo	Características	Textura	Descripción
A	Rápida	Alta capacidad de infiltración > 76 mm/h	Arenoso Arenoso- Limoso Franco	Suelos que poseen altas tasas de infiltración (bajo potencial de escurrimiento) aunque están enteramente mojados y constituidos mayormente por arenas o gravas profundas, bien y hasta excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión
B	Moderada	Capacidad de infiltración de 76-38mm/h	Franco-arcillosa-arenosa Franco – limoso	Suelos que poseen infiltración moderadas cuando están cuidadosamente mojados u están constituidos mayormente por suelos profundos de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesa. Estos suelos tienen una tasa moderada de transmisión de agua.
C	Lenta	Capacidad de infiltración de 36-13mm/h	Franco-arcillosa Franco – arcillo-limosa Arcillo- arenosa	Suelos que tienen bajas tastas de infiltración cuando están completamente mojados y están constituidos mayormente por suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo, o suelos con una textura que va de moderadamente fina a fina. Estos suelos tienen una baja tasa de transmisión de agua
D	Muy lenta	Capacidad de infiltración <13mm/h	Arcillosa	Suelos de alto potencial de escurrimiento, de tasas de infiltración muy bajas cuando están complemente mojadas y están formados mayormente por suelos arcillosos con un alto potencial de esponjamiento, suelos con arcilla o capa de arcilla en la superficie o cerca de ella y suelos superficiales sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa muy baja de transmisión del agua

Tabla 57. Grupo hidrológico del suelo.

Fuente: (Villegas, 2017)

La pendiente que posee el terreno es 0,69, no existe una distinción entre los grupos que están en las tablas de coeficientes de descarga, por lo que a continuación se presente la siguiente tabla:

Cobertura	Grupo hidrológico	Área	Pendiente	Coeficiente de descarga	Coeficiente de escorrentía
Agricultura	A	2,82km2	0,69	0,195	0,38

Tabla 58. Coeficiente de descarga.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El coeficiente de descarga se sacó de la tabla 6.10 del libro "Introduccion a la hidrología urbana "de Daniel Campos (Campos, 2010)

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración de una cuenca está definido por el tiempo mínimo requerido para que todos los puntos de la cuenca estén aportando agua de escorrentía de manera simultánea al punto de salida es decir tiempo que tarda el agua a la cuenca que proviene del punto más lejano en llegar al punto de desembocadura. Para el cálculo de este parámetro a continuación se muestran las siguientes formulas:

- **Chow** (Lazaro, 2021)

$$T_c = 0{,}1602 * L^{0{,}64} * S^{-0{,}32}$$

- **Corps of Engineers** (Lazaro, 2021)

$$T_c = 0{,}191 * L^{0{,}76} * S^{-0{,}19}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración (h)

L: Longitud del cauce (km)

S: Pendiente del cauce principal (m/m)

A: Área del cauce(km^2)

H: Diferencia de contas del cauce(m)

A continuación, se muestra los resultados por cada ecuación que se menciona anteriormente:

Formula	**Horas**	**Minutos**
Chow	0,7336	44,01
Corps of Engineers	0,5769	34,61
Promedio	0,6552	39,31

Tabla 59. Tiempo de concentración (T_c).

Fuente: Elaboración propia

Se debe considera que mientras menor sea el tiempo de concentración mayor será la intensidad de lluvia o caudal alto esto haría que la obra de captación sea grande y tendrá un costo elevado. Por ende, se toma el valor de:

$$T_c = 39 \text{ minutos}$$

Intensidad máxima

Es aquella que expresa la mayor intensidad de precipitación que se puede registrar en un periodo de tiempo. Para poder utilizar la información del INAMHI debemos tener los datos de la estación más cercana a nuestro proyecto:

Nombre	Cota X	Cota Y	Altura
Estación SAN JUAN- LA MANA.	700301,90	9897155,90	223
Captación	719319,21	9872621,82	2185,67

Tabla 60. Datos de estación y captación.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se ocupará la ocupará la ecuación de la intensidad de lluvia en 24 horas, en un tiempo de concentración de 39 min

$$I_{TR} = \frac{615 * tr^{0,18}}{(tc + 5)^{0,685}} \rightarrow para\ 25\ años$$

Donde:

I_{TR}: Intensidad diaria máxima para un periodo de retorno especifico(mm/h)

tc: Tiempo de concentración (mm/h)

tr: Tiempo de retorno

Usando las tablas del INAMHI, se pudo observar las intensidades de lluvia para diferentes periodos de retorno y duración:

Datos:

$$I_{TR} = \frac{615 * 25^{0,18}}{(17 + 5)^{0,685}}$$

$$I_{TR} = 82{,}18\ mm/h$$

A continuación, con los datos obtenidos será remplazados en la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * i * A}{360}$$

$$Q = \frac{0{,}19 * 82{,}17 * 282}{360}$$

$$Q = 12{,}50\ m^3/s$$

Donde:

Q: Caudal máximo (m^3/s)

C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)

i: Intensidad de lluvia (mm/h)

A: Área del cauce(m)

5.2.2. Diseño del azud

Datos obtenidos para el diseño hidráulico:

$$Q_{cr} = 12{,}50 m^3/s \rightarrow\ Caudal\ de\ crecida$$

$$P = 1{,}5\ m \rightarrow\ Paramento(asumido)$$

$$L_v = 4{,}00\ m \rightarrow\ Longitud\ del\ azud$$

5.2.3. Perfil del azud tipo cimacio

Es un vertedero utilizado por lo general para obras hidráulicas de excedencia de flujo ya que su conformación es similar con un perfil inferior de lámina de flujo que es vertida sobre un vertedero rectangular hipotético de delgada

pared aireado. Este puede alcanzar un mejor rendimiento con el coeficiente de descargad obteniendo presiones nulas cuando la carga de vertido sea similar al del diseño (Sotelo G. , 2008).

$$\frac{y}{H_O} = -k * \left(\frac{x}{H_O}\right)^n$$

Donde:

H_O: Calado critico de máxima crecida

k, n: Constantes que dependerán de la inclinación y la inclinación

x, y: Coordenadas del perfil

para $0 \leq \frac{P}{H_O} < 0{,}5 \rightarrow \ si\ C_d \rightarrow -2{,}025 * \left(\frac{P}{H_O}\right)^2 + 1{,}8 * \frac{P}{H_O} + 1{,}704$

para $0{,}6 \leq \frac{P}{H_O} < 2{,}5 \rightarrow \ si\ C_d \rightarrow -0{,}034 * \left(\frac{P}{H_O}\right)^2 + 0{,}145 * \frac{P}{H_O} + 2{,}031$

$$\frac{1{,}5}{3{,}03} < 2{,}5 \rightarrow \ si\ C_d \rightarrow 2{,}09$$

Para obtener el valor teórico de H_O utilizaremos:

$$Q = C_o * L_v * H_O{}^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

P: Altura del paramento

H_O: Carga de diseño para el vertedero

Q: Caudal de diseño

C_O: Coeficiente de descarga

A continuación, realizaremos un proceso iterativo para obtener los valores de H_O y C y de esta forma verificar cual es máxima descarga para el vertedero.

P/Ho asumido	Co	Ho calculado	P/Ho calculado
0.45	2.103	1.302	1.15
0.5	2.095	1.305	1.15
0.55	2.100	1.303	1.15
0.6	2.106	1.301	1.15
0.65	2.111	1.299	1.15
0.7	2.116	1.297	1.16
0.75	2.121	1.295	1.16
0.8	2.125	1.293	1.16
0.85	2.130	1.291	1.16
0.9	2.134	1.289	1.16
0.95	2.138	1.288	1.16
1	2.142	1.286	1.17
1.05	2.146	1.285	1.17
1.1	2.150	1.283	1.17
1.15	2.153	1.282	1.17
1.16	2.153	1.282	1.17
1.17	2.154	1.281	1.17
1.18	2.155	1.281	1.17
1.19	2.155	1.281	1.17
1.2	2.156	1.281	1.17

Tabla 61. Calculo para el coeficiente de descarga.

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos se calculará la carga cinética en la máxima crecida

$$ha = \frac{Q_{max}}{2 * g * L * (P + H_O)^2}$$

Donde:

P: Altura del paramento

H_O: Energía especifica de ingreso al vertedero

Q_{max}: Caudal máximo

ha: Carga cinetica

g: gravedad

L: Longitud del vertedero

$$ha = \frac{12{,}50}{2 * 9{,}81 * 4{,}00 * (1{,}50 + 1.281)^2}$$

$$ha = 0{,}020$$

Perfil aguas abajo

Ya con el dato obtenido de H_O procedemos a calcular K y n con las tablas proporcionadas por: "Diseño de presas pequeñas Bereau of Reclamation". Ocuparemos los siguientes ábacos para realizar el siguiente calculo:

$$\frac{ha}{H_O} = \frac{0{,}020}{1.28} = 0{,}016$$

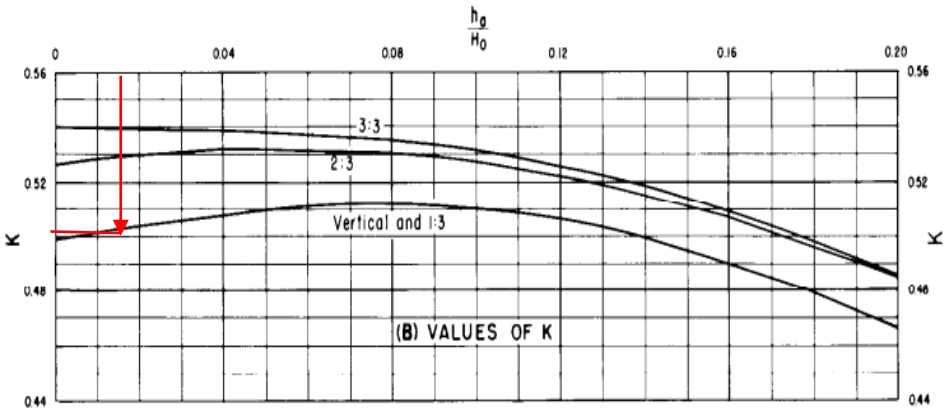


Ilustración 56. Abaco para k.

Fuente: (United States Departament of e Interior, 1987)

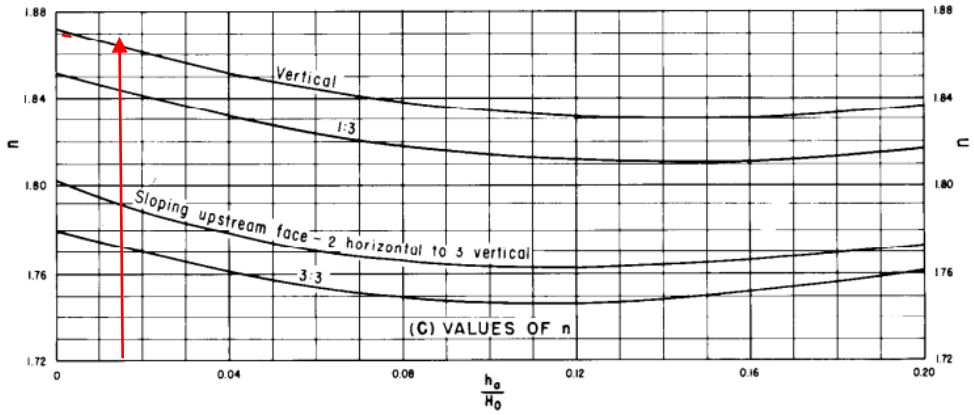


Ilustración 57. Abaco para k.

Fuente: (United States Departament of e Interior, 1987)

$$\frac{y}{H_O} = -k * \left(\frac{x}{H_O}\right)^n$$

Ho	*1.281*
k	*0,5*
n	*1,86*

Tabla 62. Datos obtenidos para el perfil Creager.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, de coordenadas para el perfil tipo Creager:

X	Y
0	0.0000
0.1	-0.0056
0.2	-0.0202
0.3	-0.0430
0.4	-0.0735
0.5	-0.1113
0.6	-0.1562
0.7	-0.2081
0.8	-0.2667
0.9	-0.3321
1	-0.4040
1.1	-0.4823
1.2	-0.5670
1.3	-0.6581
1.4	-0.7553
1.5	-0.8587
1.6	-0.9683
1.7	-1.0838
1.8	-1.2054
1.9	-1.3329
2	-1.4664
2.1	-1.6057
2.2	-1.7508
2.3	-1.9017
2.4	-2.0584
2.5	-2.2207
2.6	-2.3888
2.7	-2.5625
2.8	-2.7418
2.9	-2.9268
3	-3.1173

Tabla 63. Coordenadas para el perfil tipo Creager.

Fuente: Elaboración propia

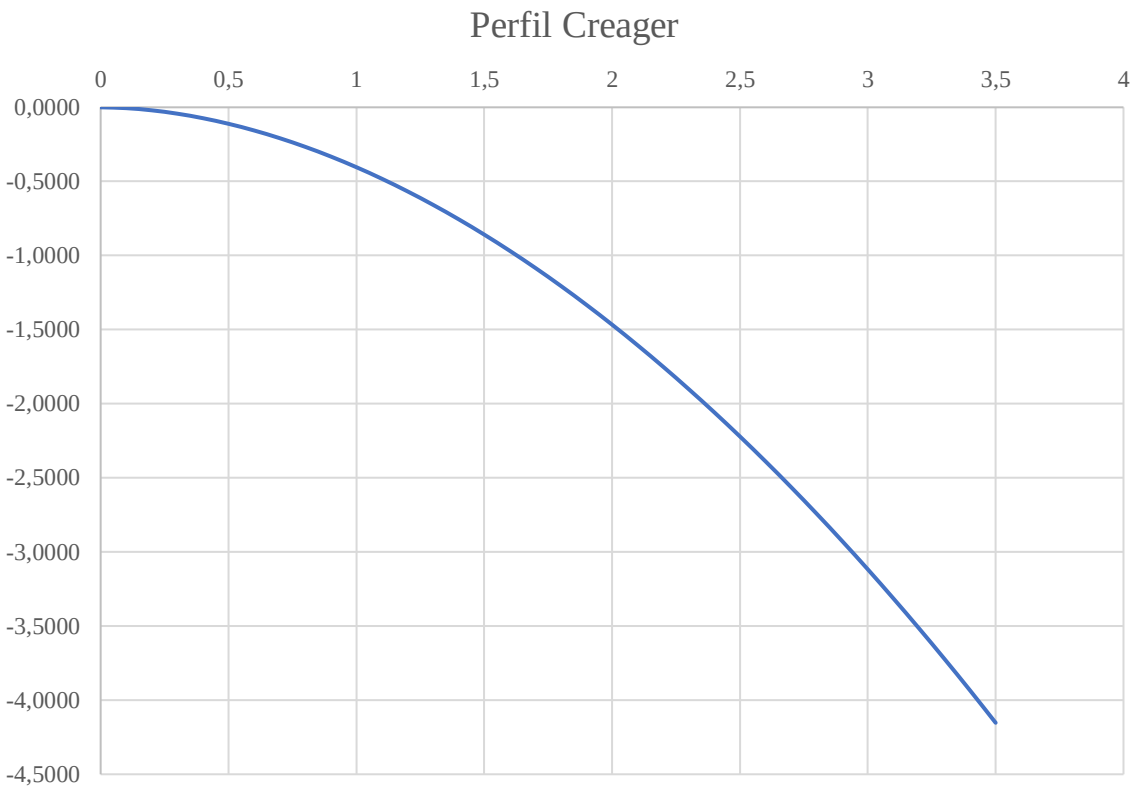


Gráfico 7. Perfil Creager.

Fuente: Elaboración propia

Perfil aguas arriba

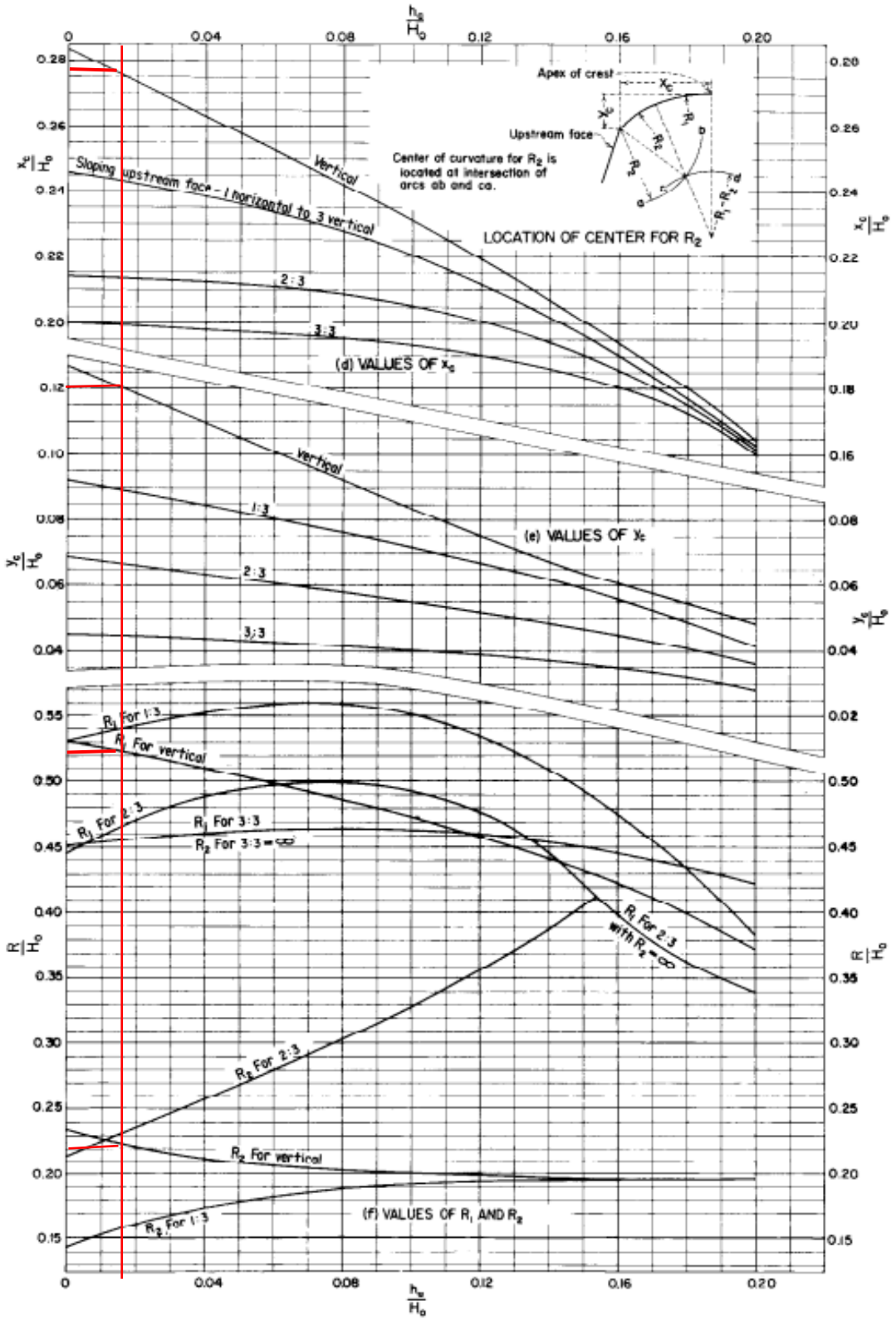


Ilustración 58. Graficas para el cálculo de aguas arriba.

Fuente: (United States Departament of e Interior , 1987)

Las ilustraciones utilizadas anteriormente nos ayudan a determinar las coordenadas de los puntos Xc, Yc y radios. Para nuestro caso se utilizarán valores de:

$$\frac{Xc}{H_O} = \frac{0{,}29}{1{,}28} \therefore Xc = 0{,}372 \text{ m}$$

$$\frac{Yc}{H_O} = \frac{0{,}12}{1{,}28} \therefore Yc = 0{,}154 \text{ m}$$

$$\frac{R1}{H_O} = \frac{0{,}53}{1{,}28} \therefore R1 = 0{,}679 \text{ m}$$

$$\frac{R2}{H_O} = \frac{0{,}23}{1{,}28} \therefore R2 = 0{,}295 \text{ m}$$

El centro de la circunferencia (R1):

$$(X_1, Y_1) = (37.2, -52.5)$$

El eje de referencia no se tomará desde el inicio del perfil aguas abajo más bien se tomará desde la parte superior del paramento por lo que la ecuación de la circunferencia quedaría como:

$$C_1 - (x - 37.2)^2 + (y + 52.5)^2 = 67.9^2$$

Para la circunferencia 2, se utilizará una circunferencia auxiliar que pasa por el centro de esta:

$$R_{aux} = R_1 - R_2 = 67.9 - 29.5 = 38.4\ cm$$

$$C_{aux} - (x - 37.2)^2 + (y + 52{,}5)^2 = 38.4^2$$

El radio de la circunferencia auxiliar se encuentra en el centro de la circunferencia 1 por lo que se puede observar que varía el radio. Por lo tanto, igualaremos la circunferencia auxiliar con una circunferencia provisional y de esta forma encontraremos el radio de la circunferencia 2:

$$C_{provicional\,2} - (x)^2 + (y)^2 = 29.5^2$$

Y se obtuvieron los siguientes valores:

$$Y_1 = -28.6\ X_1 = 7.07$$

$$Y_2 = -16.2\ \ X_2 = 24.6$$

Se escogerá el primero valor por lo que la ecuación de la circunferencia 2 resultaría de la siguiente forma:

$$C_2 - (x - 24.6)^2 + (y + 16.2)^2 = 29.5^2$$

A continuación, se muestran los valores para el trazado del perfil aguas arriba:

X	**Y**
0	0
0.005	0.0074
0.01	0.0143
0.015	0.0208
0.02	0.0269
0.025	0.0328
0.03	0.0383
0.035	0.0436
0.04	0.0486
0.045	0.0534
0.05	0.0579
0.055	0.0623
0.06	0.0665
0.065	0.0704
0.07	0.0743
0.075	0.0779
0.08	0.0814
0.085	0.0847
0.09	0.0879
0.095	0.0910
0.1	0.0939
0.105	0.0967
0.11	0.0994
0.115	0.1019
0.12	0.1044
0.125	0.1067
0.13	0.1089
0.135	0.1110
0.14	0.1129
0.145	0.1148
0.15	0.1166
0.1501	0.1166
0.150	0.117
0.155	0.118
0.160	0.120
0.165	0.122
0.170	0.123
0.175	0.125
0.180	0.126
0.185	0.128
0.190	0.129
0.195	0.130
0.200	0.132
0.205	0.133

0.210	0.134	0.265	0.145	0.320	0.152
0.215	0.135	0.270	0.146	0.325	0.152
0.220	0.137	0.275	0.147	0.330	0.153
0.225	0.138	0.280	0.148	0.335	0.153
0.230	0.139	0.285	0.148	0.340	0.153
0.235	0.140	0.290	0.149	0.345	0.153
0.240	0.141	0.295	0.149	0.350	0.153
0.245	0.142	0.300	0.150	0.355	0.154
0.250	0.143	0.305	0.151	0.360	0.154
0.255	0.144	0.310	0.151	0.365	0.154
0.260	0.145	0.315	0.151	0.370	0.154

Tabla 64. Datos del perfil aguas arriba.

Fuente: Elaboración propia

Ya una vez obtenidos los datos del perfil aguas arriba y del azud se procede a realizar la unión de los dos perfiles:

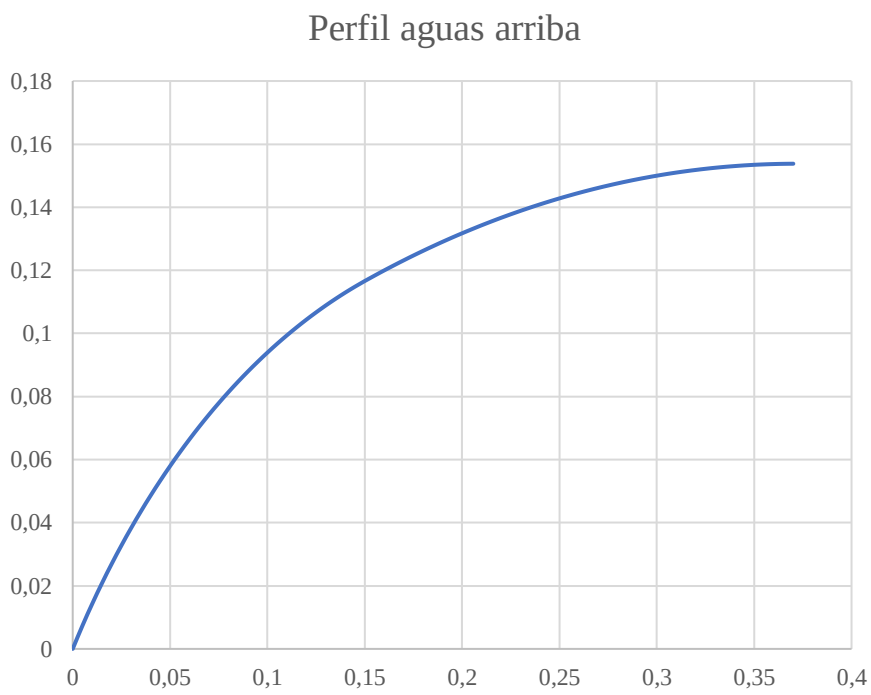


Gráfico 8. Unión de los perfiles (aguas arriba-azud).

Fuente: Elaboración propia

Tangente aguas abajo

Para el perfil Creager se complementará con una tangente la cual será determinada por la estabilidad de la estructura. Según Khatsuria, el rango de pendiente va desde 0,6:1 hasta 1,1:1 por lo que se tomará el valor de 1/1. A continuación, se utilizará la siguiente ecuación (Khatsuria, 2005):

Ho	1.28
k	0,50
n	1,86

Tabla 65. Datos para el cálculo de aguas abajo.

Fuente: Elaboración propia

$$\frac{y}{H_O} = -k * \left(\frac{x}{H_O}\right)^n$$

$$\frac{y}{1.28} = -0{,}50 * \left(\frac{x}{1.28}\right)^{1{,}86}$$

$$y = -0,404\ (x)^{1{,}86}$$

Derivación:

$$\frac{dy}{dx} = -\ 0{,}752\ (x)^{0{,}86}$$

Reemplazo de la pendiente escogida de:

$$-\frac{1}{1} = -\ 0{,}752\ (x)^{0{,}86}$$

$$x = 1.393$$

$$y = -0{,}75$$

Punto tangencial:

$$Puntotangencial = (1.394, -0{,}75)$$

$$y = -x + 0.644$$

A continuación, se obtendrá los puntos para la tangente:

X	Y
1.4	-0.755
1.5	-0.855
1.6	-0.955
1.7	-1.055
1.8	-1.155
1.9	-1.255
2	-1.355
2.1	-1.455
2.2	-1.555
2.3	-1.655
2.4	-1.755
2.5	-1.855
2.6	-1.955
2.7	-2.055
2.8	-2.155
2.9	-2.255
3	-2.355
3.1	-2.455
3.2	-2.555
3.3	-2.655
3.4	-2.755
3.5	-2.855
3.6	-2.955
3.7	-3.055
3.8	-3.155
3.9	-3.255
4	-3.355
4.1	-3.455

Tabla 66.Puntos para la tangente.

Fuente: Elaboración propia

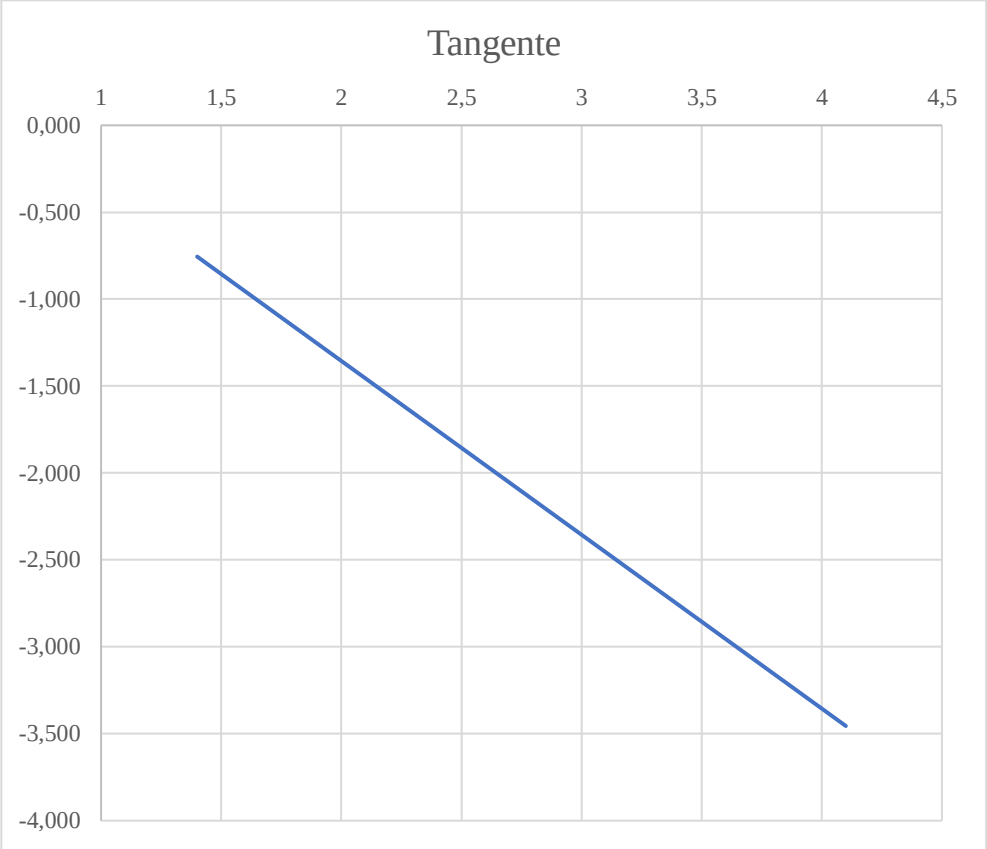


Gráfico 9. Tangente del perfil Creager.

Fuente: Elaboración propia

Pie del azud

Se denomina pie de azud ya que se encuentra al final del perfil aguas abajo, que nos sirve como unión para el colchón disipador y el azud, de esta forma el flujo se descarga de una forma correcta. Este hace un arco tangente al perfil del azud y continuo del colchón disipador. Para el diseño se recomienda un radio de 3 veces la profundidad del flujo al inicio del pie. Se utilizará la siguiente ecuación (Khatsuria, 2005):

$$d_{pie\ de\ azud} = \frac{q}{k * \sqrt{2 * g * \left(T_o - d_{pie\ de\ azud}\right)}}$$

Donde:

$d_{pie\ de\ azud}$: Calado en el pie del azud

G: Gravedad

k: Coeficiente de perdida (0,9-1)

q: Relación longitud y caudal del azud

T_o: Altura desde el nivel aguas arriba hasta la solera del zapeado (Krochin, 1986).

La ecuación descrita anteriormente se puede resolver mediante iteraciones y de esta forma así:

$$d_{pie\ de\ azud} = \frac{12{,}5/4}{0{,}95 * \sqrt{2 * 9{,}81 * \left(2.78 - d_{pie\ de\ azud}\right)}}$$

$$d_{pie\ de\ azud} = 0{,}34\ m$$

Para el cálculo del radio:

$$R = 3 * d_{pie\ de\ azud}$$

$$R = 3 * 0{,}34$$

$$R = 1{,}035\ m$$

Con la ayuda del radio se procede a calcular la tangente es decir donde inicia y termina el arco que forma el pie del azud)

$$T = R * tan\left(\frac{\emptyset}{2}\right)$$

Donde:

R: Rdio del pie del azud

∅: Angulo de la tangente del azud

T: Tangente del pie del azud

$$T = 1.035 * tan\left(\frac{45}{2}\right)$$

$$T = 0{,}43\ m$$

X	Y
4.45	-3.7346
4.46	-3.7397
4.47	-3.7446
4.48	-3.7494
4.49	-3.7540
4.5	-3.7586
4.51	-3.7630
4.52	-3.7672
4.53	-3.7714
4.54	-3.7754
4.55	-3.7793
4.56	-3.7831
4.57	-3.7868
4.58	-3.7903
4.59	-3.7938
4.6	-3.7971
4.61	-3.8003
4.62	-3.8034
4.63	-3.8064
4.64	-3.8093
4.65	-3.8121
4.66	-3.8147
4.67	-3.8173
4.68	-3.8197
4.69	-3.8221
4.7	-3.8243
4.71	-3.8265
4.72	-3.8285
4.73	-3.8305
4.74	-3.8323
4.75	-3.8340
4.76	-3.8357
4.77	-3.8372
4.78	-3.8386
4.79	-3.8399
4.8	-3.8412
4.81	-3.8423
4.82	-3.8434
4.83	-3.8443
4.84	-3.8451
4.85	-3.8459
4.86	-3.8465
4.87	-3.8471
4.88	-3.8475
4.89	-3.8479
4.9	-3.8481
4.91	-3.8483
4.92	-3.8484

Tabla 67. Datos del pie del azud.

Fuente: Elaboración propia

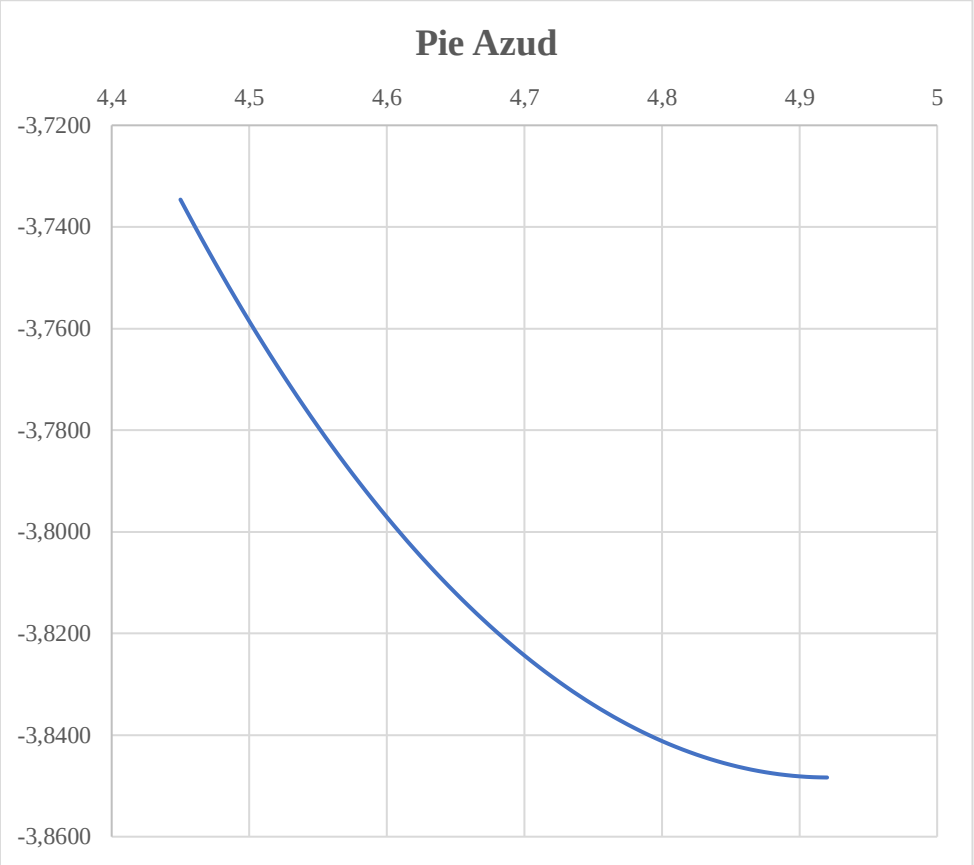


Gráfico 10.Pie del azud.

Fuente: Elaboración propia

5.2.4. Diseño de rejilla

Se tomará los siguientes datos para el diseño de la rejilla:

Descripción	Símbolo	Dato	Unidades
Altura de la rejilla	H	0,15	m
Coeficiente de contracción de los barrotes	K	0,8	-
Altura del muro desde el fondo del rio hasta la rejilla	Y_1	1,25	m
Altura del muro desde el fondo del desripiador hasta la rejilla	Y_2	1,25	m
Caudal deseado	Q_c	0,008	m^3/s

Espaciamiento entre barrotes	s	0,025	m
Espesor de barrotes	t	0,005	m
Perdidas	z	0,10	m

Tabla 68. Datos para el diseño de la rejilla.

Fuente: Elaboración propia

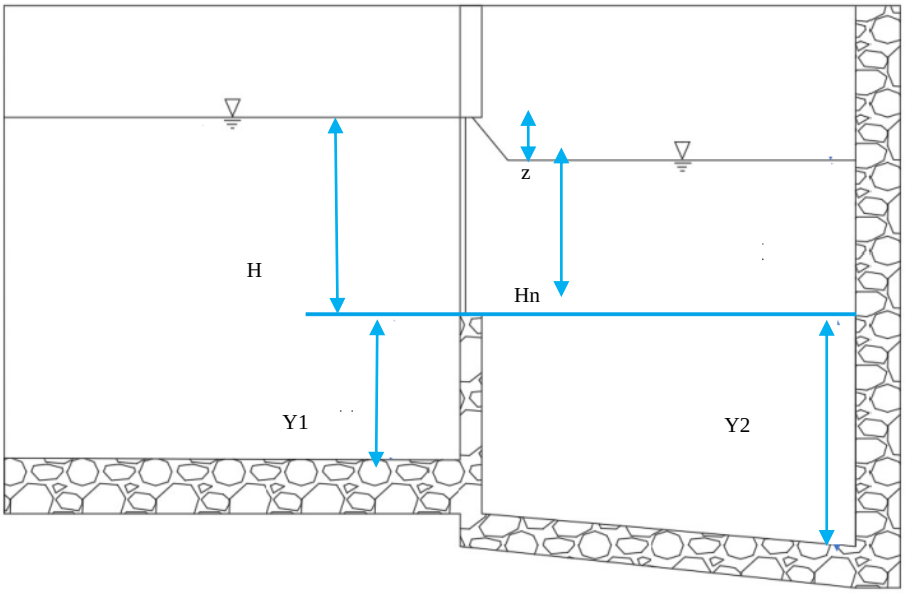


Ilustración 59. Esquema de rejilla.

Fuente: (Krochin, 1986)

Para comprobación de la rejilla se debe trabajar como si fuera un vertedero sumergió y cumplir las condiciones siguientes:

$$H_n + Y_2 > Y_2$$

$$\frac{z}{Y_2} < 0{,}7$$

Sea el caso que no cumple la segunda condición se debe diseñar como vertedero no sumergido de esta forma se producir un resalto hidráulico rechazado al pie

$$0{,}05 + 1{,}25 > 1{,}25 \rightarrow cumple$$

$$\frac{0{,}10}{1{,}25} < 0{,}7 \rightarrow cumple$$

Una vez verificado si cumple con las dos condiciones para un vertedero sumergido se procede a calcular el ancho de la rejilla:

$$Q_c = k * s * Mo * b * H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

k: Coeficiente de contracción en barrotes

s: Coeficiente de corecion por sumersión

Mo: Coeficiente

b: Ancho de rejilla

Calculo para el coeficiente Mo

Bazin, 1958

$$Mo = \left[1{,}794 + \frac{0{,}0133}{H}\right] * \left[1 + 0{,}55 * \left(\frac{H}{H + Y_1}\right)^2\right]$$

$$Mo = \left[1{,}794 + \frac{0{,}0133}{0{,}15}\right] * \left[1 + 0{,}55 * \left(\frac{0{,}15}{0{,}15 + 1{,}25}\right)^2\right]$$

$$Mo = 190$$

Coeficiente para el coeficiente de corrección por sumersión (S)

$$S = 1{,}05 * \left[1 + 0{,}2 * \left(\frac{Hn}{Y_2}\right)\right] * \sqrt{\frac{z}{H}}$$

$$S = 0{,}86$$

$$Q_c = k * s * Mo * b * H^{\frac{3}{2}}$$

$$0{,}008 = 0{,}8 * 0{,}86 * 1{,}90 * b * 0{,}15^{\frac{3}{2}}$$

$$b = 0{,}2\ m$$

Para el cálculo de barrotes utilizaremos las siguientes formulas:

$$ns = \frac{b}{s}$$

$$nb = ns - 1$$

Donde:

ns: Número de espacios entre barrotes

ns: Número de barrotes

$$ns = \frac{0{,}2}{0{,}025} = 8$$

$$nb = 8 - 1 = 7$$

Recálculo del ancho de la rejilla

$$B = 0{,}2 + (nb * \emptyset barrotes)$$

$$B = 0{,}2 + (3 * 0{,}005) = 0{,}215\ m$$

A continuación, se comprobará si el caudal que se capta es realmente el que requiere el proyecto sin olvidar el ancho de la rejilla sin los barrotes:

$$0{,}2 = b + (3 * 0{,}005)$$

$$b = 0{,}095\ m = 0{,}198 = 0{,}2$$

$$Q_c = k * s * Mo * b * H^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_c = 0{,}8 * 0{,}86 * 1{,}84 * 0{,}1 * 0{,}15^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_c = 0{,}008\ m3/s$$

Ancho de rejilla(B)	0,2 m
Altura de la rejilla(H)	0,15 m
Numero de barrotes(nb)	4
Numero de espaciamiento entre barrotes(ns)	3
Caudal de captación (Qc)	0,008 m3/s
Espacio entre barrotes(s)	0,86 m

Tabla 69. Resultados.

Fuente: Elaboración propia

5.2.5. Desripiador

Es un dispositivo en forma de cajón que ayuda a la recolección de sedimentos en el agua por medio de un vertedero que es dimensionado con el caudal requerido, también cuenta con vertedero de excesos y una compuerta de lavado de esta forma el agua entra nuevamente al sistema, pero ya limpia(Belduma, 2016).

Criterios de diseño

- Velocidad del desripiador debe ser baja de esta forma podrá decantar los sedimentos y cruce del flujo debe realizarse por un vertedero sumergido

- La longitud del desripiador se calcula como una transición que uniría el ancho del vertedero con la reja.

- Velocidad del canal de limpieza no debe ser mínima de 2 m/s, pero debe poseer pendiente grande de esta forma se permitirá el arreste de sedimentos gruesos (Krochin, 1986).

- El desripiador deberá asentar partículas menores a 2mm

Para el diseño del desripiador se usará los siguientes datos:

Gravedad	9,81 m2/s
Distancia Y_2 y espejo de agua del desripiador (Hn)	0,05 m
Altura de rejilla (H)	0,15m
Altura de muro desde el fondo del rio hasta la rejilla (Y1)	1,25m
Caudal deseado (Qc)	0,008m3/s
Perdidas(z)	0,10 m.

Tabla 70. Parámetros para el diseño.

Fuente: Elaboración propia

Con la longitud del resalto hidráulico se podrá calcular el ancho del desripiador, para que se forme el resalto hidráulico requiere de cierta longitud para que se del zampeado. (Krochin, 1986)

- **Safranetz**

$$L = 4{,}5 * x_2$$

$$L = 1{,}09m$$

- **Pavlovski**

$$L = 2{,}5 * (1{,}9 * x_2 - x_1)$$

$$L = 1{,}00m$$

- **Bakhmetev-Maztke**

$$L = 5 * (x_2 - x_1)$$

$$L = 0{,}98m$$

Para el cálculo de x_2 y x_1 se utilizarán las siguientes ecuaciones;

$$H + y_1 = x_1 + \frac{{Q_c}^2}{2 * g * B^2 * {x_1}^2}$$

$$0{,}15 + 1{,}25 = x_1 + \frac{0{,}008^2}{2 * 9{,}81 * 0{,}2^2 * {x_1}^2}$$

$$x_1 = 0{,}034$$

$$x_2 = \frac{x_1}{2} * \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8 * q^2}{g * {x_1}^2}}\right)$$

$$x_2 = \frac{1{,}4}{2} * \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8 * 0{,}08^2}{9{,}81 * 1{,}4^2}}\right)$$

$$x_2 = 0{,}229$$

$$q = \frac{Q_C}{B}$$

$$q = \frac{0{,}008}{0{,}1}$$

$$q = 0{,}08$$

Se utilizará para comprobar que el resalto esté sumergido la siguiente ecuación:

$$x_2 < y_2 + Hn$$

$$0{,}229 < 0{,}05 + 0{,}05$$

No se encuentra completamente sumergido. Se escogerá un ancho de desripiador de:

Db=1,10

Ahora se calculará la longitud:

- **Pavlovski**

$$L = 2{,}5 * (1{,}9 * x_2 - x_1)$$

$$L = 1{,}00m$$

Se obtuvieron los siguientes datos

Ancho del desripiador	1,10m
Largo del desripiador	1,00m

Tabla 71. resultados del desripiador.

Fuente: Elaboración propia

5.2.6. Vertedero de excesos

Tienen como objetivo controlar los excesos de flujo y también para eliminar excesos ya sea el caso que el rio crezca (Belduma, 2016). Para el diseño del vertedero se tomará los siguientes datos (mismo proceso que se realizó con la rejilla)

Descripción	Símbolo	Dato
Altura(m)	hn	0,05
Coeficiente de contracción de barrotes	K	0,85
Altura de muro desde el fondo del rio hasta la rejilla (m)	y_1	1,25
Altura de muro desde el fondo del desripiador hasta la rejilla (m)	y_2	1,25
Caudal desea(m3/s)	Qc	0,008
Perdidas(m)	z	0,10

Tabla 72. Datos para el cálculo del vertedero.

Fuente: Elaboración propia

Calculo para el coeficiente Mo

Bazin

$$Mo = \left[1{,}794 + \frac{0{,}0133}{H}\right] * \left[1 + 0{,}55 * \left(\frac{H}{H + Y_1}\right)^2\right]$$

$$Mo = \left[1{,}794 + \frac{0{,}0133}{0{,}15}\right] * \left[1 + 0{,}55 * \left(\frac{0{,}15}{0{,}15 + 1{,}25}\right)^2\right]$$

$$Mo = 1{,}90$$

Coeficiente para el coeficiente de corrección por sumersión(S)

$$S = 1{,}05 * \left[1 + 0{,}2 * \left(\frac{Hn}{Y_2}\right)\right] * \sqrt{\frac{z}{H}}$$

$$S = 1{,}05 * \left[1 + 0{,}2 * \left(\frac{0{,}05}{1{,}25}\right)\right] * \sqrt{\frac{0{,}10}{0{,}15}}$$

$$S = 0{,}86$$

$$Q_c = k * s * Mo * b * H^{\frac{3}{2}}$$

$$0{,}008 = 0{,}85 * 0{,}86 * 1{,}90 * Vb * 0{,}15^{\frac{3}{2}}$$

$$Vb = 0{,}6$$

5.2.7. Tanque de carga

Con la ayuda de la ecuación de Torricelli calcularemos la altura de carga del tanque que estará vinculada con la salida del flujo y entre orificio de salida y la lámina de agua.

Descripción	**Símbolo**	**Dato**
Altura de sedimentación	A	0,20
Borde libre mínimo	BL	0,40
Caudal de ingreso	Qi	0,008
Diametro	D	0,11
Gravedad	g	9,91
Coeficiente de descarga	Cd	0,19

Tabla 73. Datos para el cálculo del tanque de carga

Fuente; elaboración propia

$$Q = Cd * A * \sqrt{2 * g * ho}$$

$$ho = \frac{Q^2}{2 * g * Cd^2 * A^2}$$

Cálculo del área de la tubería

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} * 0{,}11^2$$

$$A = 0{,}0095 = 0{,}01m^2$$

Reemplazamos los datos obtenidos:

$$ho = \frac{0{,}008^2}{2 * 9{,}81 * 0{,}19^2 * 0{,}0095^2}$$

$$ho = 1{,}001m.$$

Tubería de rebose

Para el cálculo de la tubería se utilizará la ecuación de Hanzen William con material de PVC de C=140

$$D = 0{,}71 * \frac{Q^{0{,}38}}{Hf^{0{,}21}}$$

Con una pérdida de carga hf=0,01

$$D = 0{,}71 * \frac{8^{0{,}38}}{0{,}01^{0{,}21}}$$

$$D = 4{,}12m$$

Total, de altura del tanque

$$Ht = A + ho + BL + \frac{D}{2}$$

$$Ht = 0{,}01 + 1 + 0{,}40 + \frac{0{,}11}{2}$$

$$Ht = 1{,}47 = 1{,}50m$$

5.2.8. Tanque rompe presión

Son estructuras utilizadas en la conducción de flujo y son colocados en la mayoría de los casos cuando existe una diferencia de altura de más de 50metros, se los coloca para que la presión de agua no produzca golpe de ariete en la tubería y de esta forma evitar el desgaste o rompimiento en alguna sección.

Descripción	Símbolo	Dato
Altura de sedimentación	A	0,20
Borde libre mínimo	BL	0,40
Caudal de ingreso	Qi	0,008
Diametro	D	0,11
Gravedad	g	9,81
Coeficiente de descarga	Cd	0,19

Tabla 74. Datos para el cálculo del tanque rompe presión.

Fuente: Elaboración propia

$$Q = Cd * A * \sqrt{2 * g * ho}$$

$$ho = \frac{Q^2}{2 * g * Cd^2 * A^2}$$

Cálculo del área de la tubería

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} * 0{,}11^2$$

$$A = 0{,}0095 = 0{,}01m^2$$

Reemplazamos los datos obtenidos:

$$ho = \frac{Q^2}{2 * g * Cd^2 * A^2}$$

$$ho = \frac{0{,}008^2}{2 * 9{,}81 * 0{,}19^2 * 0{,}01^2}$$

$$ho = 0{,}90mm$$

Tubería de rebose

Para el cálculo de la tubería se utilizará la ecuación de Hanzen William con material de PVC de C=140

$$D = 0{,}71 * \frac{Q^{0{,}38}}{Hf^{0{,}21}}$$

Con una pérdida de carga hf=

$$D = 0{,}71 * \frac{8^{0{,}38}}{0{,}01^{0{,}21}}$$

$$D = 0{,}71 * \frac{8^{0{,}38}}{0{,}01^{0{,}21}}$$

$$D = 4{,}11\ in$$

$$D = 104{,}4\ = 100mm$$

Total, de altura del tanque

$$Ht = A + ho + BL + \frac{D}{2}$$

$$Ht = 0{,}2 + 0{,}90 + 0{,}40 + \frac{100}{2}$$

$$Ht = 0{,}2 + 0{,}90 + 0{,}40 + \frac{100}{2} = 2{,}00m$$

5.2.9. Compuertas

Son elementos hidromecánicos que ayudan a controlar el flujo de agua y manteamiento de la estructura hidráulica. Se utilizará una compuerta plana.

$$Q = Cd * a * b * \sqrt{2 * g * h}$$

Donde:

Q: Caudal

a: Abertura de compuerta

b: Ancho de compuerta

h: Tirante de compuerta aguas arriba

Cd: Coeficiente de descarga

Para el cálculo de Cd se utilizará las siguientes formulas:

$$Cd = \begin{cases} 0{,}5183 * \left(\frac{ho}{a}\right)^{0{,}0739} & con\ 1{,}5 < \frac{ho}{a} < 4{,}3 \\ 0{,}5455 * \left(\frac{ho}{a}\right)^{0{,}0395} & con\ 4{,}3 \leq \frac{ho}{a} \end{cases}$$

Descripción	**Símbolo**	**Dato**
Abertura de compuerta	a	0,40
Ancho de compuerta	b	0,80
Tirante aguas arriba	h	1,25

Tabla 75. Datos para el cálculo de la compuerta.

Fuente: elaboración propia

$$\frac{h}{a} = \frac{1{,}25}{0{,}40} = 3{,}12$$

$$Cd = 0{,}5183 * \left(\frac{h}{a}\right)^{0{,}0739}$$

$$Cd = 0{,}5183 * \left(\frac{1{,}25}{0{,}40}\right)^{0{,}0739}$$

$$Cd = 0{,}56383$$

$$Q = Cd * a * b * \sqrt{2 * g * h}$$

$$Q = 0{,}56383 * 0{,}40 * 0{,}80 * \sqrt{2 * 9{,}81 * 1{,}25}$$

$$Q = 0{,}89\ m3/s$$

Se presenta una tabla con la cual podemos visualizar el caudal de desfogue para diferentes alturas:

Compuerta	
b	0,80
h	1,25
a	**Q**
0,40	0,89
0,35	0,78
0,30	0,67
0,25	0,56
0,20	0,44
0,15	0,33
0,10	0,22
0,00	0,00

Tabla 76. Resultado para el caudal de desboque.

Fuente: Elaboración propia

5.2.9. Disipador de energía

El agua pude producir erosión al pasar por el azud por ende se propone implementar un desripiador de energía por medio de la formación de un resalto hidráulico. Al implementar muros verticales este funcionara como un canal rectangular

$$C_{con} = \frac{q}{k * \sqrt{2 * g * (T_o - C_{con})}}$$

Donde:

C_{con}: Calado contraído

q: Relación caudal longitud del azud

k: Coeficiente de perdidad que varia entre 0,9 – 1 cuando no hay compuertas

g: Gravedad

T_o: Altura desde el azud aguas arriba hasta la solera del zampeado

q	3,70
k	0,95
g	9,81
T_o	4,53

Tabla 77. Datos para diseño.

Fuente: Elaboración propia

$$C_{con} = \frac{q}{k * \sqrt{2 * g * (T_o - C_{con})}}$$

$$C_{con} = 0{,}10m$$

Para el cálculo de d_2 diremos que $C_{con} = d_1$

$$d_2 = \frac{C_{con}}{2} * \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8 * q^2}{g * {C_{con}}^3}} \right)$$

$$d_2 = 0{,}48m$$

Según Kroachin existen tres casos:

- "$d_1 > C_{con}$, el calado del rio es insuficiente para detener el agua y el resalto es rechazado hacia abajo".

- "$d_1 = C_{con}$, el resalto se forma independientemente continuo del calado contraído. (coincidencia)"

- "$d_1 < C_{con}$, el resalto se sumerge y el calado normal del rio se extiende hasta topar el azud (Krochin, 1986).

$d_1 = C_{con}$, se tomará la segunda condición por lo que se requerirá una longitud suficiente para que el gua pueda realizarlo, función que será desempeñado por el zampeado por lo cual ocuparemos las siguientes formulas

- **Safranetz**

$$L = 4{,}5 * d_2$$

$$L = 2{,}16m$$

- **Pavlovski**

$$L = 2{,}5 * (1{,}9 * d_2 - d_1)$$

$$L = 2{,}03m$$

- **Bakhmetev-Maztke**

$$L = 5 * (d_2 - d_1)$$

$$L = 1{,}90m$$

- **USACE**

$$L = 8 * d_1 * F_1 \rightarrow F_1 > 5$$

C_{con}	0,10m
d_2	0,48m
F_1	5,88

L_1	2,16m
L_2	2,03m
L_3	1,90m
L_4	4,70m

Tabla 78. Resultado para el disipador d energía.

Fuente: Elaboración propia

Pérdidas de energía en el resalto

Este es producido por la pérdida de energía por lo cual se ocupará una obra para la disipación de inercia:

$$F = \frac{(2 * K + 1)^2 - 1}{8}$$

Donde:

$$K = \frac{d_2}{d_1} = \frac{0{,}48}{0{,}10} = 4{,}8$$

El número de Froud es aquel que nos proporción de energía que se disipa en la estructura.

$$F = \frac{(2 * K + 1)^2 - 1}{8}$$

$$F = 13{,}92$$

"La disipación de energía es muy efectiva pero el resultado es my agitado por lo que se deberá subir el nivel de los muros para que estos no sobrepases" (Krochin, 1986).

5.2.10. Transición

Por medio de un vertedero de paso, está conectado con el desripiador, este vertedero evitará perdidas de energía por lo que el ancho de transición estará condicionado.

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 * tan\ \alpha}$$

Donde:

L: Longitud de transición

$T_1 - T_2$: Espejos de agua

α: angulo que se forma entre espejos

Según Bureau of Reclamation, $\alpha = 12°30´$ para cargas mínimas de transición mientras que $\alpha = 22°30´$ cuando el cambio de transición no sea brusco (Anwar, 2019).

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 * tan\ 12°30´}$$

Transición recta		
Ancho del desripiador	T_1	1
Ancho del tanque de carga	T_2	0,5
Angulo	α	12°30´

Tabla 79. Datos de entrada. Fuente:

Elaboración propia

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 * tan\ 12°30´}$$

$$L = \frac{1 - 0{,}5}{2 * tan\ 12°30´} = 1{,}12m$$

5.2.11. Detelleon

Son aquellos que pueden ser colocados en cualquier parte de la captación con el fin de implementar un colchón amortiguador para protección, para incremento de resistencia al desligamiento entre otras funciones

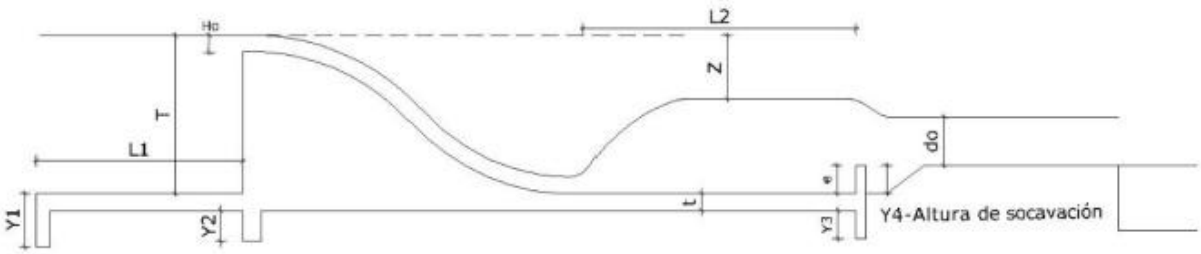


Ilustración 60. Esquema de dentellones, zampeado.

Fuente: Elaboración propia

$$Y_1 = (0{,}75\ hasta\ 0{,}80) * z$$

$$Y_2 = (1{,}0\ hasta\ 1{,}5) * z$$

$$Y_3 = 0{,}3 * z$$

$$L_1 = hasta\ 6 * z$$

$$L_2 = (2\ -\ 3\ ) * z$$

$$Y_4 + do = k * \sqrt{q * \sqrt{z}}$$

Donde:

k: Coeficiente en función de la longitud del zapeado después del resalto y el calado normal de do

q: Caudal

Z: Diferencia entre aguas abajo y aguas arriba (Krochin, 1986).

Ls/do	< 5	5	10	20
k	1,4	1,3	1,2	1

Tabla 80. Valores para K.

Fuente: Elaboración propia

Calculo para los Detelleon

To	4,53
d2	0,48
z	4,05

Tabla 81. Datos para el cálculo del Detelleon.

Fuente: Elaboración propia

Remplazando en las siguientes ecuaciones

$$Y_2 = 1{,}00 * Z = 4{,}05$$

$$Y_3 = 0{,}30 * Z = 1{,}21$$

$$L_1 = 1{,}00 * Z = 4{,}05$$

Los valores calculados recientemente son estimativos para un prediseño que podrán ser ajustados dependiendo sea el caso es decir que depende del lugar de cimentación, infiltración, etc. En los anexos se observar las medidas adoptas.

Espesor del zampeado

Para el cálculo del espesor del zampeado se utilizará la ecuación:

$$t = 0{,}2 * q^{0{,}5} * Z^{0{,}25}$$

Donde:

t: Espesor del zampeado

q: Caudal

Z: Diferencia entre aguas abajo y aguas arriba (Krochin, 1986).

$$t = 0{,}2 * 3{,}70^{0{,}5} * 4{,}05^{0{,}25}$$

$$t = 0{,}55m$$

Muro de ala

Este tipo de estructura nos ayuda a garantizar la estabilidad y protección de la obra para el cálculo utilizaremos el folleto "Rural Hydropower civil engineering"

$$H_{muro\ aguas\ arriba} = Altura\ del\ azud + H_o + 0{,}3(borde\ libre)$$

$$H_{muro\ aguas\ arriba} = 1{,}5 + 3{,}03 + 0{,}3(borde\ libre)$$

$$H_{muro\ aguas\ arriba} = 4{,}83 = 4{,}85m$$

Para el cálculo de borde libre se debe tomar en cuenta que la carga de la velocidad no debe ser menor, A continuación, se ocupara la siguiente ecuación:

$$H_f = \frac{v^2}{2 * g}$$

Con los datos obtenidos del flujo del calado (y_2) del resalto:

$$y_2 = 4{,}05$$

$$q = 3{,}70$$

$$v_2 = \frac{3{,}70}{4{,}05} = 0{,}91\ m/s$$

$$H_f = \frac{0{,}91^2}{2 * 9{,}81} = 0{,}04 = 5cm$$

Como se obtuvo un número de Froud de, se tomará un valor de borde libre que es igual a, por ende:

$$H_{muro\ aguas\ abajo} = y_2 + H_f$$

$$H_{muro\ aguas\ abajo} = 4{,}05 + 0{,}05 = 4{,}10m$$

5.3. Conducción y distribución principal

Una conducción es una instalación de tuberías y accesorios cuyo objetivo es transportar agua desde una fuente de suministro hasta un punto de distribución o sistema de riego con un caudal deseado.

La conducción y distribución principal para El Chaca transportara 5l/s (dato que se obtuvo al correr el archivo de WaterCAD), que va desde el azud hasta el reservorio con una longitud de 2.716,80 m. El archivo que se utilizó está compartido por la responsabilidad social de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador es:

- TODAS_DEMANDAS.wtg

- Carpeta "conducción 1"

5.3.1. Criterios de diseño

Se diseñó la conducción con PVC (policloruro de vinilo) tipo E/C ya que es reconocido por su alta durabilidad, con una presión de trabajo determinada por (0,50- 1,25 MPa) debido a la topografía realizada del terreno por donde está localizada la conducción.

Las consideraciones que se tomaran en cuenta en el diseño son: pérdidas por fricción, velocidad y capacidad de flujo. Para el trazado de la línea de condición se utilizó las mismas coordenadas de la obra existente para la conducción principal.

5.3.1.1. Velocidad

En el caso de la velocidad mínima afectan, la sedimentación y acarreo de partículas de materiales no deseados para la tubería, por otro lado, la velocidad

máxima previene el golpe de ariete (variación de velocidad en el fluido transportado, al no ser controlado se puede producir la rotura de la tubería por la sobrepresión o depresión) (FAO, 2006). A continuación, se muestra las velocidades permisibles según el tipo de tubería:

Material de la tubería	**Rango deseable(m/s)**	**Rangos en casos extremo(m/s)**
PVC, HG o PE normalizados	0,5-3,0	0,5-5,0
Polietileno no normalizado	0,5-0,7	0,3.0,7

Tabla 82. Límites de velocidad permisibles para tuberías.

Fuente: (FAO, 2006)

Debido a la baja velocidad de flujo en la red de tubería se puede producir sedimentación de los materiales, por lo tanto, se recomienda que la velocidad del fluido no sea menor a 0,30m/s.

5.3.1.2. Diámetro de la tubería

Para el cálculo del diámetro de la tubería se determinará por medio del caudal que está relacionado por la velocidad del flujo y el área interna de la tubería.

$$Q = A \times V \rightarrow 1$$

Donde:

Q: Caudal (m3 /s)

A: Área de sección transversal de la tubería (m2)

v: Velocidad de flujo a través de la tubería(m/s)

D: Diámetro de la tubería(m)

De la ecuación (1) se despejará A:

$$A = \frac{Q}{v} \rightarrow 2$$

Ahora sabemos que el área de una sección circular es:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \rightarrow 3$$

Entonces, igualaremos la ecuación 2 y 3 se obtiene:

$$A2 = A3$$

$$\frac{Q}{v} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}} \rightarrow 4$$

Para este proyecto el diametro de la tubería que se utilizará a lo largo de la línea de conducción será de:

		Diametro de la tubería (mm)
Conducción 1		110
Conducción 2	**Ramal 1**	75
	Ramal 2	75

Tabla 83. Resultado de los diámetros del proyecto.

Fuente: elaboración propia

5.3.1.3. Perdida de carga

En tuberías, la perdida de presión de un fluido se debe a la fricción que existe entre el fluido y las paredes de la tubería. Con el fin del diseño, la perdida de carga se utilizará la ecuación de Hanzen- Williams. Esta ecuación es utilizada por lo general para calcular la velocidad de flujo en tuberías circulares y caída de presión provocada por la fricción.

$$H = \frac{10{,}674 \times L \times Q^{1{,}852}}{D^{4{,}869} \times C^{1{,}852}}$$

Donde:

L: Longitud de la tubería(m)

Q: Caudal (m3/s)

D: Diámetro de la tubería(m)

C: Coeficiente de rugosidad relativa del material de la tubería

Por otro lado, las perdidas secundarias son producidas por accesorios colocados en el sistema como: codos, válvulas, etc. También en el caso de la distancia de la conducción es considerable las perdidas puede ser despreciables o quizás pueden ser calculadas como: 5%-10% de las perdidas primarias ((Uralita, 2019).

A continuación, la tabla 43 nos indica los coeficientes de rugosidad para la ecuación de Hanzen- Williams para los diferentes materiales:

Material	C
Acero corrugado	60
Acero con uniones	130
Acero galvanizado (tubos nuevos)	125
Acero remachado (tubos nuevos)	110
Acero remachado (tubos usados)	85
PVC	140
Polietileno	140
Cemento de asbesto	140
Hormigón (buena terminación)	130
Hormigón (terminación común)	120
Hierro forjado o fundido	100
Cobre, latón	130

Tabla 84. Valores del coeficiente C para Hanzen Williams

. Fuente: (Franquet, 2019)

Para este caso, el proyecto se construyó con tubería de PVC y la conducción 2 también se diseñará con tubería de PVC. También al saber que la distancia aproximada es de 1,73km las perdidas menores no se tomaran en cuenta.

5.3.1.4.Accesorios

Los elementos de medida, control, regulación y protección del sistema hidráulico son las válvulas. Las válvulas que se utilizaron en el proyecto son de: control de flujo, control de presión, limpieza y aire.

- **Válvula de compuerta.** Es dispositivo que ayuda a detener o reanudar el paso del agua, abriendo o cerrando el sistema mediante un disco que se cierra gradualmente en vertical. Las válvulas se utilizan cuando hay un caudal rectilíneo o una restricción mínima, algunas de las ventajas son: económico y baja resistencia a la circulación mientras que las desventajas son: cierre lento y puede producir cavitación con caída de presión(GRM, 2022).

- **Válvula de limpieza**

Son dispositivos que ayudan a un sistema ya sea una captación por ejemplo en la auto limpieza y control de drenaje del agua (Barboza, 2014).

5.3.2. Análisis hidráulico

5.3.2.1. Reservorio

El proyecto posee un tanque al final del primer tramo de la red de riego, se debe tomar en cuenta que tanto al ingreso como salida de agua del reservorio debe poseer tubería de entrada y salida, válvulas de control de flujo, válvula de cierre, válvula de limpieza, compuertas, accesorios que permitan al sistema el control y circulación de agua (Surve, 2015).

5.3.2.2. Criterios de diseño

El diseño de volumen del reservorio está determinado por la mayor demanda, es decir:

$$V = Q \times t$$

Donde:

t: Tiempo de riego(h)

V: Volumen del reservorio

Q: Caudal de demanda (l/s)

$$V = 14 \times 8h \times 3{,}6 \frac{m^3 \times s}{l \times h} = 403{,}20\ m^3$$

Se debe considerar un factor de 1,50 para proporcionar una mejor capacidad de almacenamiento:

$$V = 403{,}20\ m^3 \times 1{,}50$$

$$V = 604{,}80\ m^3$$

El tiempo de llenado depende del caudal de entrada que es: 8 l/s

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

Donde:

T: tiempo de llenado del reservorio(h)

V: Volumen de máxima demanda con factor de seguridad de (1,50)

Q: Caudal de entrada (l/s)

$$T = \frac{604{,}80\ m^3}{9{,}89\ \text{l/s} \times 3{,}60 \frac{m^3 \times s}{l \times h}} = 16{,}99h \approx 17 horas\ en\ tres\ dias$$

Para obtener el volumen del reservorio será determinado por la siguiente formula:

$$V = \frac{h}{3}\left(A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} * A_{Bm}}\right)$$

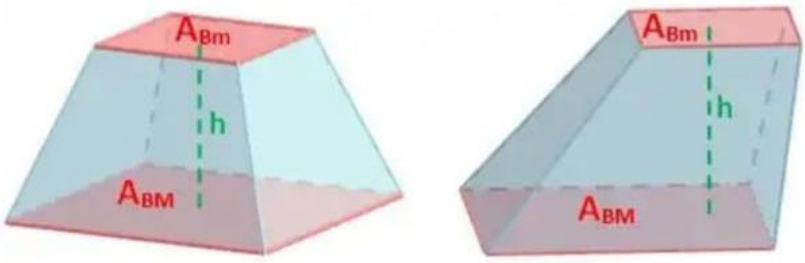


Ilustración 61.Volumen de un trapecio.

Fuente: (Surve, 2015)

Donde:

h: altura del tanque

A_{BM}: base menor del tanque

A_{Bm}: base mayor del tanque

Los datos fueron compartidos por la responsabilidad social de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y son:

h: 3,00m

A_{BM}: 400,00 m

A_{Bm}: 225,00 m

$$V = \frac{3}{3}\left(400{,}00 + 225{,}00 + \sqrt{400{,}00 * 225{,}00}\right)$$

$$V = 925{,}00\ m^3$$

El volumen útil debe ser mayor a l volumen requerido de la demanda

$$925\ ,00 m^3 > 604{,}80$$

5.4. Red primaria y secundaria

5.4.1. Criterios de diseño

Los requisitos básicos que se deben tomar en cuenta para el diseño del sistema de distribución de agua están relacionados con garantizar el flujo requerido para que cualquier punto del sistema, mantener la presión y velocidad dentro de los límites permisibles. Los parámetros de diseño de la red primaria y secundaria se detallan en la sección 5.2.1.

5.4.2. Análisis hidráulico

El análisis y diseño hidráulico se lo realizó con el programa WaterCAD, el cual se lo realizo de la misma forma como se realizó de la misma forma como la conducción principal es decir que el sistema funcione y cumpla con los parámetros permisibles. El análisis incluye la revisión de: presión, velocidad, perdida de carga, demanda diaria según el turno de riego y diámetros de tubería.

Los resultados del análisis hidráulico de la red primaria y secundaria se muestran en las tablas adjuntas y en los ANEXOS 2.

Distribución de la demanda

	Nombre de usuario	No. De ha	DEMANDA TOTAL (l/s/ha)	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Distribución 1										
1	Carmela Cevallos	2	0,60		0,6			RESERVORIO		
2	Laurino Falcón	2	0,64	0,64						
3	Aureliano Mera	3	1,23	1,23						
4	Abelardo Pérez	2	0,82			0,82				
5	José Esparza	3	1,23			1,23				
6	Guillermo Bonilla	3	1,02		1,02					
7	Nora Esparza	3	1,02		1,02					
8	Rosa Pacheco	2	0,60	0,6						
9	David Bonilla	2	0,78			0,78				
10	Carmen Cordonez	1	0,41	0,41						
11	Elsa Cordonez	2	0,78		0,78					
12	Luis Cordonez	1	0,39		0,39					
13	Rolando Cordonez	3	1,23	1,23						
14	Olmedo Cordonez	2	0,68		0,68					
15	Milton Cordonez	3	0,96			0,96				
16	Vinicio Hurtado	2	0,82	0,82						
17	Rosa Hurtado	3	0,90			0,90				
Total		39	14,11	4,93	4,49	4,69				
Área(ha)				13	13	13				
Distribución 2 – ramal 1										
1	Jorge Reyes	0,6	0,6						0,6	

2	Ángel Núñez	0,9	0,9				0,9	RE SER VO RIO		
3	Lourdes Orellana	0,3	0,3				0,3			
4	Wilfrido Reyes	0,6	0,6				0,6			
5	Carlos Núñez	4,1	4,1				4,1			
							Reservorio			
Total		18	6,50				5,90			
Área(ha)							16	0		
Distribución 2 – ramal 2										
1	Ramiro Reyes	4	1,64					R E S E R V O R I O	1,64	
2	Rebeca Cordonez	2	0,6						0,6	
3	Cesar Molina	2	0,82						0,82	
4	Néstor Molina	2	0,82						0,82	
5	Marcelo Baño	3	1,23						1,23	
6	Magda Pacheco	4	1,64						1,64	
7	Ángel Cordonez	4	1,64							1,64
8	Raúl Reyes	1	0,41							0,41
9	Rosa Yanchaliquin	4	1,64							1,64
10	Ángel Ronquillo	4	1,64							1,64
							Reservorio			
Total		30	12,08						7,64	3,31
Área(ha)								0	17	15

Tabla 85. Horario de distribución.

Fuente: Elaboración propia

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Capta	8	8	8	8	0	0	0
Distribuye	4,93	4,49	4,69	5,90	0	7,35	5,33
Reservorio	3,07	3,51	3,31	12,99	13,99	7,64	3,31(sobrante)
	9,89			1	1	1	1

Tabla 86. Distribución de agua.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La comunidad el Chaca - Corazón, no cuenta con un sistema de riego completo ya que dispone de la conducción 1, construida anteriormente sin estudios técnicos con varias inconsistencias en su sistema, por ejemplo: velocidad, perdidas por fricción y construcción de demasiados tanques rompe- presiones (Ver ANEXO 2).

- Con la ayuda del software Cropwat, Climwat de la FAO y datos compartidos por Responsabilidad Social de la Pontifica Universidad Católica del Ecuador, se pudo calcular la demanda total de (32,71) litros por segundo para luego realizar las correcciones y diseños de las distribuciones respectivas del sistema de riego.

- El sistema de agua de riego "El Chaca" tiene como objetivo: captar y distribuir diariamente 8 litros por segundo de lunes a jueves. El reservorio almacenara de viernes a domingo y satisficiera demandas adicionales solicitadas por los cultivos. Existe un sobrante de 3,31 litros/s que ayudará a solventar el riego en época de estiaje. No se consideró la captación de 7 litros por segundo porque teníamos velocidades y presiones negativas. Para aumentar el caudal de captación se debe rediseñar la conducción 1 ya construida, cambiando la tubería y eliminando varios tanques rompe-presión. Para el abastecimiento de la conducción dos se utilizará un reservorio ya construido el cual posee un volumen de 403,20m^3 que es suficiente para la demanda necesaria para los cultivos.

- Para el diseño hidráulico del azud, se consideró varios aspectos teóricos y factores para realizar dicho estudio como: clima, precipitación, caudal de crecida: 12.5 m3/s. Tomando estos

antecedentes se dimensiono los principales elementos de la captación como: longitud captación: 4.15m y ancho azud: 4m.

6.2.Recomendaciones

- En el mantenimiento y limpieza del sistema de riego se debe tomar en cuenta la revisión de válvulas y controlar que no exista sedimentos u otro tipo de materiales que interfieran en el correcto funcionamiento del sistema.

- Se debe capacitar a la población que vive en la zona y serán beneficiados por este sistema para que realice un buen uso, especialmente en el cierre y apertura de las válvulas de esta forma se garantizara un correcto funcionamiento del sistema y evitar daños futuros a accesorios y tuberías.

- Se debe realizar el análisis estructural del sistema de riego, ya que las dimensiones calculadas corresponden al diseño hidráulico.

6.3.Bibliografía

- Aguilar, B. (2018). El suelo de cultivo y las condiciones climaticas. Malaga: IC.

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Roma. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm

- Amaya, C. (2016). Diseño y simulacion de una compuerta plana deslizante para la empresa Armetco.

- Anwar, S. (2019). Cropping Patterns and Cropping Systems in India. Obtenido de

https://www.jagranjosh.com/generalknowledge/cropping-patterns-and-cropping-systems-in-india-1517395777-1

- Arteta, R. L. (2007). Permeabilidad y Pendiente: El Movimiento de Aire y de Agua en el suelo. Obtenido de https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/02/22/59780#:~:text=La%20longitud%20de%20una%20pendiente,poca%2C%20limitando%20as%C3%AD%20la%20erosi%C3%B3n.

- Balladares, A. (2012). Sistema integral de agua potable para las comunidades de Chulcotoro y Calquinde. Obtenido de https://docplayer.es/17872886-Universidad-politecnica-salesiana.html

- Barboza, A. (2014). Diseño de sifon invertido. Obtenido de https://es.slideshare.net/heberalexanderbarbozafustamante/diseo-de-sifn-invertido

- Bejar, M. V. (2005). Diseño de estructuras hidraulicas . Lima : Maxsoft.

- Belduma, D. (2016). http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7674/1/TCUAIC_2016_IC_CD0003.pdf. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7674/1/TCUAIC_2016_IC_CD0003.pdf

- Buch, W. (2017). AQUASISTEMAS. Obtenido de Sisemas de riego? como funcionan? ? cuales existen?: https://aquasistemas.com.gt/bombas-de-agua/sistemas-de-riego-como-funcionan-cuales-existen

- Cajias, E. (2017). Diseño de un desarenador para el pre-filtrado de agua de riego. Obtenido de https://agriculturers.com/diseno-de-un-desarendor-para-el-pre-filtrado-de-agua-de-riego/

- Campos, D. (2010). Introduccion a la hidrologia urbana. Potosi.

- Castilla, E. (2017). slideshare. Obtenido de Fuente de Abastecimiento: https://es.slideshare.net/erick_castilla/fuentes-de-agua-79271688

- Castillo Torres, R., & Edison, S. C. (Octubre de 2004). Centro de investigación de la caña de azúcar del ecuador. Recuperado el 15 de Abril de 2021, de https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/05/FISOLOGIA-Y-MEJORAMTO.pdf

- Catro, L., & Harris, W. (2018). Universidad del azuay. Obtenido de Elaboracion del modelo fisico y la guia metodologica para el ensayo de compuerta hidraulica : https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8337/1/14058.pdf

- Cavero, M. (1992). Gidahatari. Obtenido de Gestion sostenible del agua: https://gidahatari.com/wh-es/embalse-de-regulacion#:~:text=Embalse%20utilizado%20para%20descargar%20en,de%20su%20demanda%20aguas%20abajo.

- Chanson, H. (mayo de 2004). The Hydraulics of open channel flow. Butterworth-Heinemann. Obtenido de An Introduction .

- Chen, S.-H. (2015). Hydraulic Structures. New Tork: Springer.

- Chow, V. T. (1994). Hidrologia Aplicada. Bogota: McGraw-Hill.

- Chow, V. y. (2017). Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill Professional.

- Clemmens, A. (2001). Water Measurement with Flumes and Weirs. U.S.A.: ILRI.

- CONGOPE. (2014). Hablemos de Riego. El Telegrafo.

- Consorcio de Gobierno Autonomo Provinciales del Ecuador. (2019). CONGOPE. Obtenido de http://www.congope.gob.ec/?publicacion=plan-vial-integral-provincia-de-cotopaxi

- Consorcio de Gobiernos Autonomos Povinviales del Ecuador . (2018). Manual Tecnico para el Diseño de Sistemas de Drenaje en Suelos Agricolas del Ecuador .

- Constitucion de la Republica del Ecuador 2008. (20 de Octubre de 2008). LEXIS. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

- Cortijo, J. (2014). Introduccion al Riego. En J. Cortijo, Introduccion al Riego (págs. 20-21). Valencia: Universiat politecnica de Valencia.

- Cortijo, J. M. (2014). Introducción al riego. Valéncia: Universitat Politécnica De Valéncia.

- Donatti, C. (2017). CATIE. Obtenido de https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf

- Earth Observing System. (2020). Erosion del suelo: Factor crucial en la agricultura. Obtenido de https://eos.com/es/blog/erosion-del-suelo/#:~:text=Es%20un%20proceso%20que%20elimina,como%20resultado%20de%20la%20labranza.

- Enriquez, A. (2016). Evaluación de modelos climáticos: el comportamiento de la variable nubosidad. Obtenido de Universidad de Girona, departamento de Fisica: https://www.tesisenred.net/

- Escuela de Camino UDC. (2020). Hidrologia 1: Ciclo Hidrologico . Obtenido de capitulo 5: Escorrentia : http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf

- FAO. (1990). Evapotraspiracion del cultivo. Obtenido de Guias para la determinacion de los requerimientos de agua de los cultivos : https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm

- FAO. (1997). zonificación agro-ecológica. Roma. Obtenido de http://www.fao.org/3/W2962S/w2962s0g.htm

- FAO. (2006). Evapotranspiracion del cultivo. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Obtenido de http://www.fao.org/docrep/pdf/009/x0490s/x0490s.pdf

- Fernandez, R. (2010). Manual de Riego para agricultores. Obtenido de Modulo 3: Riego por aspersion: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160240Riego_por_aspersixn.pdf

- FERTINNOWA. (2020). Ficha tecnica: Fuente de agua . Obtenido de https://agroambient.gva.es/documents/163228750/167915616/Fuentes+de+agua+%28compat+Ecol%C3%B3gico%29.pdf/58e15310-e2e0-4dfe-ab44-75ed0634f14c

- Francisco Aparicio. (1997). Fundamentos de hidrologia de superficie. Mexico: Limusa.

- Franquet, J. (2019). Dimensionamiento y distribucion de las conducciones hidraulicas. España: UNED.

- GAD municipal del Pangua. (2018). Recuperado el 1 de Mayo de 2021, de https://pangua.gob.ec/wp-content/uploads/2021/04/PDYOT-canton-Pangua.pdf

- GAD municipal del Pangua. (2020). Recuperado el 1 de Mayo de 2021, de https://pangua.gob.ec/wp-content/uploads/2021/04/PDYOT-canton-Pangua.pdf

- Gange, J. (2010). como conservar el suelo? Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cmo_conservar_el_suelo.pdf

- Garcia de Pedraza, L. (1963). Ministerio de agricultura, direccion general de capacitacion agraria . Obtenido de Los vientos en agricultura: https://www.divulgameteo.es/uploads/Vientos-agricultura-LGP.pdf

- Garcia Naranjo, M. (2015). Universidad Continental. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de https://es.slideshare.net/niza483/semana-2-diseo-de-obras-de-captacin-u-continental

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pangua. (2020). GAD Municipal de Pangua. Obtenido de https://pangua.gob.ec/historia-de-pangua/

- GRM. (06 de 2022). Cuando deberia usar una valvula de compuerta? Obtenido de https://www.grm.com.es/es/project/cuando-deberia-usar-una-valvula-de-compuerta/

- Hernandez, L. (1993). La Agroclimatologia, Instrumento de Planificacion Agricola. Geographicalia, 213-228.

- Hernandez, M. (1993). La agroclimatología: instrumento de planificación agrícola. Geographicalia(30), 213-228. doi:https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.1993301819

- Inciso, C. (2016). Analisis comparativo de las descargas en orificios y boquillas en laboratorio de hidraulica de UPN Cajamarca. Obtenido de Universidad Privada del Norte : https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/9980/Inciso%20Pajares%2C%20Carlos%20Jonathan.pdf?sequence=5&isAllowed=y

- Instituto de Estudis Ecuatorianos . (2010). Análisis sobre conflictividad en torno al riego para el plan provincial de riego.

- Instituto Ecuatoriano de Normalizacion . (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposicion de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes . Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf

- Instituto Nacional de Estadisitica y Censos. (2010). INEC. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/

- Instituto Nacional de meteorologia e hidrologia. (2015). Determinacion de Ecuaciones para el calculo de intensidades maximas de precipitacio. Obtenido de https://www.academia.edu/27047715/DETERMINACI%C3%93N_DE_ECUACIONES_PARA_EL_C%C3%81LCULO_DE_INTENSIDADES_M%C3%81XIMAS_DE_PRECIPITACI%C3%93N_INSTITUTO_NACIONAL_DE_METEOROLOGIA_E_HIDROLOGIA

- INTAGRI. (2001). El mantenimiento de los cabezales de riego. Obtenido de https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/el-mantenimiento-de-los-cabezales-de-riego#:~:text=El%20cabezal%20de%20riego%20es,distribuci%C3%B3n%20del%20sistema%20de%20riego.

- Inzunza, J. (2019). Meteorologia descriptiva. Chile: Universitaria.

- Irmak, S. (2008). Evapotranspiration. Encyclopedia of Ecology,.

- Kandirmaz, M., & Kaba, K. (2014). Estimation of Daily Sunshine Duration from Terra and Aqua MODIS Data. Obtenido de Advances in Meteorology.

- Khatsuria, R. (2005). Hydraulics of Spillways and Energy dissipators. Marcel Dekker.

- King, W. (1956). Handbook of Hyfraulics. Estados Unidos : McGraw-Hill.

- Kluepfel, M. (2012). Clemson Cooperative Extension Home & Garden Infromation Center.

- Krochin, S. (1986). Diseño Hidraulico. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

- Lazaro, A. (2021). Evaluacion de distintas formulas emoiricas para el calculo del tiempo de concentracion en la cuenca urbana del Rio Belico y Cubanicay. Santa Clara : Enfoque UTE .

- Ley orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. (06 de Agosto de 2014). LEXIS. Obtenido de http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADdricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf

- Linacre, E. (1992). Datos y recursos climáticos: referencia y guía. Routledge. Obtenido de https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/859/9/7.%20Humedad%20aire.pdf

- Lines, A. (2010). Clima y cambio climático. Revista del Aficionado a la Meteorología, 01-02.

- Linsley, K. P. (1977). Hidrologia para Ingenieros . Bogota: McGraw-Hill.

- Linsley, R. K. (1967). Hidrología para ingenieros. Madrid: Ediciones del Castillo.

- Losada Villasante, A. (2005). El riego II. Fundamentos de su hidrologia y de su practica. Madrid, Barcelona, Mexico: Mundi-Prensa.

- Martinez, J. (2014). Introduccion al Riego. Universidad Politecnica de Valencia.

- Mendoza, C. (1981). La Agroclimatologia, su importancia en el desarrollo agricola. Caracas: Comunicaciones Agricolas.

- Ministerio de Agricultura y Ganaderia. (2019). Agricultura, la base de la economía y la alimentación. Obtenido de https://www.agricultura.gob.ec/agricultura-la-base-de-la-economia-y-la-alimentacion/#:~:text=En%20Ecuador%2C%20este%20sector%20aporta,la%20pobreza%20en%20el%20campo.

- Molina, J. (1990). Tomas de fondo convencional y kodificadas. La paz: Instituto de Hidraulica e Hidrologia .

- Monsalve, G. (1995). Hidrologia en la ingenieria . Colombia : Escuela colombiana de ingenieria .

- Musy, A. (2001). Cours "Hydrologie générale" . Laboratoire d´Hydrologie et Aménagement.

- NASA. (2010). Earthobservatory.nasa.gov. Obtenido de The Water Cycle: https://earthobservatory.nasa.gov/features/Water/page2.php

- NETAFIM. (2022). El riego por goteo revoluciona la agricultura. Obtenido de https://www.netafim.com/es-pe/drip-irrigation/

- Novak, P. (2001). Estructuras hidraulocas. Bogota: McGrawHill.

- Novaric. (2016). Instalacion de Riego-Diseño, frabricacion, instalacion. Obtenido de https://www.novagric.com/es/riego/servicios/instalaciones-de-riego

- Nuñez, E. (1999). “Módulo de Reacción del Terreno o Coeficiente de Balasto”.

- Ordoñez, J. (2012). Cartilla Tecnica: Ciclo Hidrologico . Peru: Sociedad Geografica de Lima.

- Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion . (2011). FAO en Ecuador. Obtenido de https://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/#:~:text=La%20Agricultura%20Familiar%20representa%20el,en%20manos%20de%20peque%C3%B1os%20productores.

- Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. (Junio de 2002). Obtenido de El agua y la agricultura: https://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/Y6899S.htm

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2011). FAO Ecuador. Obtenido de Permeabiliad del suelo: https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm#:~:text=Permeabilidad%20es%20la%20propiedad%20que,suelo%2C%20mayor%20sera%20la%20filtraci%C3%B3n.

- Organizacion Panmericana de la salud. (2005). Guia para el diseño de desarenadores y sedimenatdores . Lima.

- Paredes, E., & Peñafiel, B. (2019). Informe final. Quito.

- Pazos, M., & Mayorga, D. (2019). Hidrologia Agricola. Babahoyo: Centro de Investigacion y Desarrollo Profesional(CIDEPRO).

- PennState Extension. (17 de Octubre de 2017). Introduccion a los suelos: La calidad de los suelos . Obtenido de https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos#:~:text=Mientras%20que%20la%20textura%20del,manejarlos%20para%20mejorar%20su%20estructura.

- Piñeda, J. (2019). Encolombia. Obtenido de Riego por surcos: https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/riego-por-surcos/

- Plan Naconal de Riego y Drenaje. (2019). Secretaria del agua . Obtenido de https://prefecturadelatacunga.gob.ec/docs/8_plan_nacional_de_riego_y_drenaje.pdf

- Pourrut, P., Róvere, O., Romo, I., & Villacrés, H. (s.f.). Institut de Recherche pour le Développement. Recuperado el 1 de Mayo de 2021, de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014827.pdf

- Quereda Sala, J. (2005). Curso de climatologia general. Castelló de la Plana: Universitat: Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.

- Ramírez Gutiérrez, A. (2001). Riego por goteo simplificado. Mexico. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de https://elibro.puce.elogim.com/es/ereader/puce/74029

- Reddy, N. (2010). Irrigation Engeneering. Gene-Tech Books.

- Reglamento Ley orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. (20 de Abril de 2015). LEXIS. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ley-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf

- Riegos del Peru S.A.C. (2000). Riego del Peru. Obtenido de https://www.riegosdelperu.com/

- Rivera Zamarripa, J., López Cruz, I. L., Castillo Salazar, J. A., & Ramírez Arias, J. A. (2013). Scientific Electronic Library Online. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n1/2395-8030-tl-31-01-00009.pdf

- Rodriguez, J. A. (2022). Propuesta de diseño de un sistema de agua potable y alcantarrillado sanitario para el caserio el progreso, aplicando formulas matematicas y el uso del software watergems y sewergems. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12759/7385

- Rojas, R. V. (2009). Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. Obtenido de Guia para la descripcion de suelos : https://es.slideshare.net/oscarleoncueva/guia-para-la-descripcion-de-suelos

- Ruggeri, G. (2004). Working group on Uplift pressures under Concrete Dams.

- Saenz, G. M. (1995). Hidrologia en la Ingenieria . Colombia : 87.

- Salvador , I., Realp, E., Basteiro, L., Oliete, S., & Perez, A. (2005). Abastecimiento de agua y saneamiento. Recuperado el 7 de Abril de 2021

- Sanchez, L. (2010). Criterios de diseño y construccion de obras de captacion para riego de tomas Tirolesas. PROAGO .

- Science for a changing world. (2019). El ciclo del agua. Obtenido de https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish#14

- Scrib., F., & https://es.scribd.com/doc/61197379/Cropwat-8-0-manual-en-espanol, 2. [. (s.f.).

- Secretaría de Agricultura y recursos hidráulicos(subsecretaria de infraestructura hidráulica). (septiembre de 1988). Manuel de diseño de estructuras de afoto. Obtenido de http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/825/IMTA_013.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (13 de Marzo de 2015). Sistema Nacional de Información. Recuperado el 15 de Abril de 2021, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0560000460001_DIAGNOSTICO%20PDyOT%20PANGUA_13-03-2015_12-22-56.pdf

- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (13 de Marzo de 2015). Sistema Nacional de Información. Recuperado el 15 de Abril de 2021, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0560000460001_DIAGNOSTICO%20PDyOT%20PANGUA_13-03-2015_12-22-56.pdf

- Silvestre, P. (2021). Repositorio de la Universidad Estatal del Sur de Manabi . Obtenido de Comprobacion de diseños tipo para captaciones de agua superficial en rios de consumo humano : http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3001/1/PROYECTO%20DE%20TITULACI%C3%92N%20%28SILVESTRE%20PATRICIA%29%20.pdf

- Soluciones Hidraulicas. (2022). Gestion eficiente del agua. Obtenido de https://www.solucioneshidraulicas.es/el-riego-por-inundacion-o-de-superficie/

- Sotelo, G. (1999). Hidráulica General.

- Sotelo, G. (2008). Hidraulica de canales. Mexico : Universidad Nacional Autonoma de Mexico .

- Surve, B. (2015). Design Guide for Irrigation Reservoirs. European Regional Development Fund (ERDF). Obtenido de https://www.kent.gov.uk/__data/assets/pdf_file/0007/71656/design-guide-for-irrigation-reservoirs.pdf

- Tejda, A. (2018). La Humedad en la Atmosfera. Mexico: Universidad de Colima.

- U.S. Army Corps of Enginers . (1992).

- UDLAP. (2016). Diseño de linea de conduccion y red de distribuccion. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/deschamps_g_e/capitulo3.pdf

- United States Departament of e Interior . (1987).

- Universidad de Valencia. (2022). Azudes. Obtenido de https://www.uv.es/catedra-horta-valencia/es/catalogo-patrimonio/azudes/azudes.html

- Uralita. (2019). La cavitacion en sistemas de tuberias. Obtenido de https://www.agronoms.cat/media/upload/editora_24/Cavitacion%20espa%C3%B1ol%202_editora_241_90.pdf

- Vaca, L. (2014). Calculo y diseño de una toma lateral . Obtenido de Universidad Central del Ecuador : https://www.academia.edu/8118298/DISE%C3%91O_TOMA_LATERAL_L_V

- Vera, F. (2016). Universidad Tecnica de Mahala. Obtenido de Diseño hidrauico : https://issuu.com/jesusmotocheapolo/docs/dise__o_hidraulico_normado

- Vide, M. y. (1988). Metolodgía para la construcción de un calendario de nubosidad.

- Villegas, P. (2017). Metodo del numero de curvas del SCS. Obtenido de https://aguaysig.com/metodo-del-numero-de-curva-del-scs/

- Villena. (2010). El relieve: formacion. Obtenido de https://mestreacasa.gva.es/c/document_library/get_file?folderId=500009678923&name=DLFE-975270.pdf

- Villoadas, R. (2008). Guia de Estudio para la catedra de Hidrologia. En R. Villoadas, Guia de Estudio para la catedra de Hidrologia (pág. 58).

- Villodas, R. (2008). Guia de Estudio para la catedra de Hidrologia . Obtenido de https://www.academia.edu/29929493/61095308_LIBRO_HIDROLOGIA_pdf

- Zamora, J. (2004). Universidad Politecnica de Cartagena. Obtenido de Estudio Teorico esperimental de algunos tipos de estructuras de control : https://www.upct.es/hidrom/publicaciones/Tesis_pfc/PFC_Javier Zamora_2004.pdf

6.4.Anexos

6.4.1. ANEXO 1

	Nombre de usuario	No. De ha	Cultivo	X	Y	Z	Cultivo predominante	DEMANDA (l/s/ha)	DEMANDA TOTAL (l/s/ha)
	Toma			719321,09	9872617,28	2210,34			
	Tanque			719307,722	9872618,78	2185,67			
1	Carmela Cevallos	2	Frejol y Pastos	719119,391	9872677,09	2117,80	Pasto	0,30	0,60
2	Laurino Falcón	2	Frejol, Legumbres y Pastos	718943,382	9872843,47	2125,24	Lechuga	0,32	0,64
3	Aureliano Mera	3	Caña de azúcar, Frejol y Pastos	718715,817	9873092,16	2116,20	Caña de azúcar	0,41	1,23
4	Abelardo Pérez	2	Caña de azúcar, Legumbres, Mora y Pastos	718597,978	9873150,7	2109,91	Caña de azúcar	0,41	0,82
5	José Esparza	3	Mora, Caña de azúcar y Papas	718546,85	9873183,12	2108,00	Caña de azúcar	0,41	1,23
6	Guillermo Bonilla	3	Frejol, Mora y Pastos	718415,881	9873299,53	2106,78	Papa	0,34	1,02
7	Nora Esparza	3	Frejol, Mora y Pastos	718308,102	9873541,4	2105,00	Papa	0,34	1,02
8	Rosa Pacheco	2	Frejol y Pastos	718337,993	9873639,17	2105,56	Pasto	0,30	0,60
9	David Bonilla	2	Pastos y Frutales	718192,745	9873724,35	2105,95	Plátano	0,39	0,78
10	Carmen Cordonez	1	Caña de azúcar, granadilla y chamburo	718160,877	9873786,66	2105,20	Caña de azúcar	0,41	0,41
11	Elsa Cordonez	2	Frutales y mora	718015,362	9873955,38	2089,16	Plátano	0,39	0,78
12	Luis Cordonez	1	Frutales	718005,722	9873987,73	2082,75	Plátano	0,39	0,39
13	Rolando Cordonez	3	Caña de azúcar y pastos	718029,957	9874033,7	2066,79	Caña de azúcar	0,41	1,23
14	Olmedo Cordonez	2	Pastos, granadilla y papas	718041,913	9874074,42	2059,27	Papa	0,34	0,68
15	Milton Cordonez	3	Pastos y legumbres	718049,304	9874112,8	2049,00	Lechuga	0,32	0,96

16	Vinicio Hurtado	2	Caña de azúcar y legumbres	718020,823	9874128,98	2047,24	Caña de azúcar	0,41	0,82
17	Rosa Hurtado	3	Frejol y pastos	717939,941	9874122,56	2027,77	Pasto	0,30	0,90
	TOTAL								14,11

Tabla 87. Distribución 1.

Fuente. Elaboración propia

	Nombre de usuario	**No. De ha**	**Cultivo**	**X**	**Y**	**Z**	**Cultivo predominante**	**DEMANDA (l/s/ha)**	**DEMANDA TOTAL (l/s/ha)**
	Reservorio			717806.08	9874142.36	1990			
1	Jorge Reyes	2	Pastos	717734	9874163	1964.65	Pasto	0,3	0,6
2	Ángel Núñez	3	Frejol y Pastos	717844	9874273	1950.93	Lechuga	0,3	0,9
3	Lourdes Orellana	1	Frejol y Pastos	717901	9874321	1936.39	Caña de azúcar	0,3	0,3
4	Wilfrido Reyes	2	Pastos	718003	9874419	1928.73	Caña de azúcar	0,3	0,6
5	Carlos Núñez	10	Caña de azúcar	718128	9874583	1867.84	Caña de azúcar	0,41	4,1
TOTAL									6,50

Tabla 88. Distribución 2- ramal 1

Fuente. Elaboración propia

	Nombre de usuario	No. De ha	Cultivo	X	Y	Z	Cultivo predominante	DEMANDA (l/s/ha)	DEMANDA TOTAL (l/s/ha)
	Reservorio			717806.08	9874142.36	1990			
1	Ramiro Reyes	4	Caña de azúcar frutales frejol y Pastos	717536	9874192	1849.21	Caña de azúcar	0,41	1,64
2	Rebeca Cordonez	2	Pastos	717524	9874794	1847.71	Pasto	0,3	0,6
3	Cesar Molina	2	Frutales y caña de azúcar	717474	9874221	1830.11	Caña de azúcar	0,41	0,82
4	Néstor Molina	2	Caña de azúcar y Pastos	717444	9874272	1824.27	Caña de azúcar	0,41	0,82
5	Marcelo Baño	3	Pastos y frutales	717348	9874342	1788.53	Caña de azúcar	0,41	1,23
6	Magda Pacheco	4	Caña de azúcar café y cítricos	717228	9874557	1740	Caña de azúcar	0,41	1,64
7	Ángel Cordonez	4	Caña de azúcar pastos y frutales	717204	9874586	1731.26	Caña de azúcar	0,41	1,64
8	Raúl Reyes	1	Caña de azúcar	717031	9874879	1648.27	Caña de azúcar	0,41	0,41
9	Rosa Yanchaliquin	4	Caña de azúcar pastos y cítricos	717203	9874585	1731.26	Caña de azúcar	0,41	1,64
10	Ángel Ronquillo	4	Caña de azúcar pastos y cítricos	717030	9874879	1648.27	Caña de azúcar	0,41	1,64
TOTAL									12,08

Tabla 89.Distibucion 2- ramal 2.

Fuente. Elaboración propia

6.4.2. ANEXO 2. Distribución 1

En el sistema podemos observar que capta 10,73 l/s. Los archivos que se utilizó compartido por la responsabilidad social de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador es:

TODAS_DEMANDAS.wtg

Carpeta “conducción 1”

La distribución 1 tenía algunas incongruencias, a continuación, se muestra los resultados al correr en el software WaterCAD.

	ID	Label	Demand (Base) (L/s)
1	37	P7	0,70
2	47	P1	0,46
3	63	P13	0,87
4	69	P8	0,46
5	71	P17	0,69
6	81	P3	0,82
7	84	P6	0,70
8	31	P12	0,24
9	34	P10	0,28
10	44	P5	0,87
11	50	P16	0,58
12	52	P15	0,66
13	54	P11	0,48
14	57	P9	0,46
15	61	P14	0,49
16	65	P4	0,52
17	77	P2	0,45
18	118	RESERVORIO	1,00

Tabla 90. Demanda de los cultivos

Fuente: Responsabilidad de la Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

ID	Label	Length (Scaled) (m)		Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
30	0 (Polyline)-23	5		P12	PRV-2	110,0	PVC	140,0	False	0,000	4,29	0,45	0,002
33	0 (Polyline)-20	5		P10	PRV-3	110,0	PVC	140,0	False	0,000	5,01	0,53	0,003
36	0 (Polyline)-15	9		P7	PRV-5	110,0	PVC	140,0	False	0,000	6,21	0,65	0,004
42	0 (Polyline)-11	8		PRV-7	P5	110,0	PVC	140,0	False	0,000	8,48	0,89	0,008
45	0 (Polyline)-4	11		PRV-10	P1	110,0	PVC	140,0	False	0,000	10,73	1,13	0,012
48	0 (Polyline)-28	12		PRV-1	P16	110,0	PVC	140,0	False	0,000	2,27	0,24	0,001
51	0 (Polyline)-27	20		P15	PRV-1	110,0	PVC	140,0	False	0,000	2,27	0,24	0,001
53	0 (Polyline)-22	30		P11	P12	110,0	PVC	140,0	False	0,000	4,53	0,48	0,002
55	0 (Polyline)-18	34		PRV-4	P9	110,0	PVC	140,0	False	0,000	5,75	0,61	0,004
58	0 (Polyline)-2	37		R-2	PRV-11	110,0	PVC	140,0	False	0,000	10,73	1,13	0,012
60	0 (Polyline)-26	43		P14	P15	110,0	PVC	140,0	False	0,000	2,93	0,31	0,001
62	0 (Polyline)-25	44		P13	P14	110,0	PVC	140,0	False	0,000	3,42	0,36	0,001
64	0 (Polyline)-10	53		P4	PRV-7	110,0	PVC	140,0	False	0,000	8,48	0,89	0,008
66	0 (Polyline)-24	58		PRV-2	P13	110,0	PVC	140,0	False	0,000	4,29	0,45	0,002
67	0 (Polyline)-19	68		P9	P10	110,0	PVC	140,0	False	0,000	5,29	0,56	0,003
68	0 (Polyline)-17	71		P8	PRV-4	110,0	PVC	140,0	False	0,000	5,75	0,61	0,004
70	0 (Polyline)-29	83		P16	P17	110,0	PVC	140,0	False	0,000	1,69	0,18	0,000
72	0 (Polyline)-30	100		P17	RESERVORIO	110,0	PVC	140,0	False	0,000	1,00	0,11	0,000
74	0 (Polyline)-16	122		PRV-5	P8	110,0	PVC	140,0	False	0,000	6,21	0,65	0,004
75	0 (Polyline)-6	123		PRV-9	P2	110,0	PVC	140,0	False	0,000	10,27	1,08	0,011

78	0 (Polyline)-14	135		PRV-6	P7	110,0	PVC	140,0	False	0,000	6,91	0,73	0,005
80	0 (Polyline)-9	149		P3	P4	110,0	PVC	140,0	False	0,000	9,00	0,95	0,009
82	0 (Polyline)-5	162		P1	PRV-9	110,0	PVC	140,0	False	0,000	10,27	1,08	0,011
83	0 (Polyline)-12	192		P5	P6	110,0	PVC	140,0	False	0,000	7,61	0,80	0,006
85	0 (Polyline)-13	189		P6	PRV-6	110,0	PVC	140,0	False	0,000	6,91	0,73	0,005
86	0 (Polyline)-3	195		PRV-11	PRV-10	110,0	PVC	140,0	False	0,000	10,73	1,13	0,012
87	0 (Polyline)-8	223		PRV-8	P3	110,0	PVC	140,0	False	0,000	9,82	1,03	0,010
89	0 (Polyline)-7	236		P2	PRV-8	110,0	PVC	140,0	False	0,000	9,82	1,03	0,010
90	0 (Polyline)-21	243		PRV-3	P11	110,0	PVC	140,0	False	0,000	5,01	0,53	0,003

Tabla 91. Velocidad del sistema.

Fuente: Responsabilidad de la Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

Podemos observar que en ciertos tramos la velocidad del flujo no cumple con el mínimo de 0,3 m/s mientras que la presión está dentro de los parámetros establecidos.

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
31	J-1	2.082,75	0,24	2.098,79	16,0084
34	J-3	2.099,57	0,28	2.103,64	4,0649
37	J-5	2.104,85	0,70	2.104,89	0,0394

44	J-10	2.108,00	0,87	2.113,94	5,9293
47	J-12	2.127,49	0,46	2.128,35	0,8629
50	J-14	2.039,66	0,58	2.040,69	1,0309
52	J-15	2.049,00	0,66	2.081,42	32,3501
54	J-16	2.089,16	0,48	2.098,86	9,6839
57	J-18	2.102,95	0,46	2.103,86	0,9091
61	J-20	2.059,27	0,49	2.081,46	22,1468
63	J-21	2.066,79	0,87	2.081,52	14,7043
65	J-22	2.109,91	0,52	2.118,29	8,3624
69	J-23	2.104,00	0,46	2.104,28	0,2745
71	J-24	2.027,77	0,69	2.040,66	12,8639
77	J-27	2.125,00	0,45	2.125,20	0,1964
81	J-29	2.116,20	0,82	2.119,57	3,3596
84	J-30	2.106,78	0,70	2.112,73	5,9411
118	J-37	1.990,00	1,00	2.040,65	50,5432

Tabla 92Presión Hidrostática del sistema.

Fuente: Responsabilidad de la Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

Se muestra a continuación los tanques rompe presión del sistema:

ID	Label	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Hydraulic Grade Setting (Initial) (m)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
93	PRV-1	2.040,70	110,0	2.040,70	2,27	2.081,40	2.040,70	40,7020
94	PRV-2	2.081,65	110,0	2.081,65	4,29	2.098,78	2.081,65	17,1301
95	PRV-3	2.099,57	110,0	2.099,57	5,01	2.103,63	2.099,57	4,0585
96	PRV-4	2.103,99	110,0	2.103,99	5,75	2.104,01	2.103,99	0,0198
97	PRV-5	2.104,80	110,0	2.104,80	6,21	2.104,85	2.104,80	0,0509
98	PRV-6	2.105,60	110,0	2.105,60	6,91	2.111,74	2.105,60	6,1372
99	PRV-7	2.114,00	110,0	2.114,00	8,48	2.117,88	2.114,00	3,8828
100	PRV-8	2.121,82	110,0	2.121,82	9,82	2.122,81	2.121,82	0,9897
101	PRV-9	2.126,55	110,0	2.126,55	10,27	2.126,58	2.126,55	0,0301
102	PRV-10	2.128,49	110,0	2.128,49	10,73	2.131,22	2.128,49	2,7347
103	PRV-11	2.133,54	110,0	2.133,54	10,73	2.185,23	2.133,54	51,6876

Tabla 93. Tabla de tanques rompe presiones.

Fuente: Responsabilidad de la Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

Coordenadas de la distribución 1, aquí se muestra donde existen tanques rompe presiones y los marcados con color deben ser eliminados para que el sistema función correcta

#	X	Y	Z	Descripción
1	718597.562	9873141.37	2108.635	
2	718597.564	9873141.38	2108.627	
3	718602.661	9873150.43	2111.998	
4	718634.865	9873140.7	2112.512	
5	718656.848	9873139.1	2112.574	
6	718682.07	9873139.57	2112.556	
7	718695.899	9873122.04	2112.386	
8	718704.467	9873099.79	2112.631	
9	718725.529	9873088.11	2113.151	
10	718749.452	9873094.31	2113.533	
11	718769.607	9873102	2113.518	
12	718800.188	9873092.85	2113.882	
13	718819.263	9873065.58	2114.717	
14	718835.525	9873055.1	2114.76	
15	718847.996	9873064.04	2115.089	
16	718857.165	9873074.49	2115.977	
17	718904.056	9873051.41	2123.82	CAJA
18	718934.092	9873031.52	2124.62	
19	718939.425	9872996.51	2124.398	
20	718939.744	9872975.76	2124.38	
21	718940.032	9872960	2124.386	
22	718940.385	9872938.26	2124.716	
23	718932.291	9872910	2124.331	
24	718919.75	9872885.85	2124.818	
25	718924.551	9872864.5	2125.343	
26	718946.969	9872840.26	2125.435	
27	718967.697	9872825.31	2125.616	
28	718991.177	9872814.52	2125.941	
29	719018.208	9872816.05	2125.927	
30	719036.96	9872810.86	2125.773	
31	719057.545	9872809.6	2126.545	CAJA
32	719073.708	9872806.08	2126.458	
33	719074.715	9872783.92	2126.391	
34	719084.879	9872762.25	2126.315	
35	719089.095	9872742.23	2126.768	
36	719111.117	9872725.05	2126.941	
37	719123.054	9872696.84	2126.937	
38	719118.901	9872665.73	2127.49	CAJA
39	719146	9872653.99	2127.688	
40	719192.602	9872664.99	2128.28	
41	719267.285	9872677.01	2129.425	
42	719278.484	9872668.9	2129.338	
43	719309.274	9872642.82	2129.669	
44	718912.41	9873081.54	2125.2	CAJA
45	718910.71	9873072.32	2118.75	CAJA
46	718596.427	9873141.12	2108.6398	
47	718597.165	9873149.68	2112.0445	
48	718588.706	9873147.88	2112.0905	
49	718512.702	9873201.06	2110.7592	
50	718507.568	9873202.51	2110.4682	
51	718459.621	9873238.8	2108.8595	
52	718436.41	9873240.86	2108.6885	
53	718425.778	9873250.2	2108.2842	
54	718422.438	9873268.59	2108.0348	
55	718420.719	9873281.69	2107.9338	
56	718417.634	9873301.37	2107.9182	
57	718420.799	9873312.85	2107.9078	
58	718423.138	9873332.28	2107.9032	
59	718417.242	9873343.13	2107.6667	
60	718404.802	9873355.44	2107.7208	
61	718399.369	9873366.64	2107.5428	
62	718397.162	9873380.6	2107.3875	
63	718396.808	9873398.35	2107.3595	
64	718395.882	9873409.89	2107.3015	
65	718410.747	9873495.34	2106.5638	

66	718406.755	9873508.17	2106.7338	
67	718400.313	9873516.64	2106.5672	
68	718386.117	9873524.97	2106.5402	
69	718370.878	9873529.51	2106.2885	
70	718357.964	9873532.99	2106.1945	
71	718327.936	9873539.8	2105.9048	
72	718304.655	9873541.87	2105.5978	CAJA
73	718291.015	9873541.59	2105.5768	
74	718280.883	9873556	2105.4082	
75	718280.845	9873556.01	2105.3932	
76	718278.964	9873566.02	2105.2138	
77	718273.357	9873582.17	2105.2092	
78	718265.556	9873594.81	2105.2692	
79	718264.978	9873595.57	2105.2812	
80	718248.291	9873628.23	2105.1552	
81	718240.795	9873635.52	2105.4438	
82	718226.767	9873647.13	2105.3567	
83	718221.357	9873656.8	2105.2742	
84	718213.254	9873671.41	2105.4668	
85	718207.224	9873678.93	2105.0395	
86	718198.914	9873691.48	2103.9942	CAJA
87	718690.368	9873133.54	2112.6622	
88	718708.522	9873096.17	2112.6115	
89	718800.409	9873091.72	2113.8452	
90	718811.824	9873074.71	2114.1598	
91	718821.94	9873061.91	2114.7068	
92	718833.426	9873055.27	2114.7645	
93	718416.1	9873476.2	2105.6	CAJA

94	718554	9873180.6	2114	CAJA
95	719302.49	9872655.02	2133.54	CAJA
96	719319.21	9872621.82	2122.33	CAJA
97	718190.205	9873720.36	2103.486	
98	718184.33	9873738.49	2100.195	
99	718182.914	9873752.42	2100.533	
100	718168.145	9873773.49	2100.294	
101	718159.734	9873786.46	2100.094	
102	718164.468	9873800.1	2099.545	
103	718168.604	9873817.84	2098.231	
104	718166.719	9873826.53	2097.754	
105	718160.479	9873840.18	2096.962	
106	718155.449	9873849.66	2096.681	
107	718142.84	9873866.57	2096.013	
108	718063.764	9873925.12	2091.661	
109	718048.428	9873928.95	2090.751	
110	718038.368	9873934.57	2089.311	
111	718030.971	9873942.34	2087.674	
112	718017.896	9873952.91	2084.745	
113	718007.932	9873964.64	2082.382	
114	718004.439	9873978.17	2081.337	
115	718003.297	9873989.06	2080.812	
116	718006.106	9873994.26	2080.842	
117	718012.684	9874003.02	2079.271	
118	718022.132	9874011.52	2077.452	
119	718031.18	9874021	2074.88	
120	718036.83	9874035.55	2070.395	
121	718040.97	9874043.77	2068.28	

122	718046.256	9874055.79	2064.982	
123	718048.591	9874066.59	2063.253	
124	718051.726	9874075.64	2061.728	
125	718058.07	9874089.96	2058.824	
126	718050.758	9874096.12	2056.61	
127	718049.227	9874104.75	2053.149	
128	718032.704	9874125.99	2041.127	
129	718020.535	9874127.85	2039.523	
130	717995.711	9874125.14	2035.822	
131	717945.562	9874127.75	2028.022	
132	717937.971	9874128.06	2024.671	
133	717934.04	9874128.54	2022.887	
134	717921.341	9874130.13	2017.026	
135	717911.867	9874133.53	2013.176	
136	717892.118	9874136.71	2009.159	
137	717884.827	9874136.89	2006.406	
138	717872.732	9874136.67	2000.822	
139	717858.885	9874138.25	1997.95	
140	717851.261	9874139.8	1996.038	
141	717830.832	9874151.39	1989.761	
142	717819.16	9874151.18	1989.513	
143	717818.674	9874130.1	1989.849	
144	718191.337	9873710.22	2102.9348	
145	718184.397	9873734.98	2100.5788	
146	718179.606	9873759.89	2100.5655	
147	718161.078	9873788.41	2099.5728	CAJA
148	718169.574	9873815.8	2098.3425	
149	718156.487	9873849.19	2096.5238	

150	718136.371	9873871.01	2095.8535	
151	718062.89	9873925.42	2091.4898	
152	718046.985	9873930.07	2090.5862	
153	718033.996	9873939.49	2088.1475	
154	718005.071	9873974.76	2081.7585	
155	718003.789	9873987.4	2081.6465	CAJA
156	718010.032	9873999.67	2079.9282	
157	718027.263	9874015.91	2076.3965	
158	718035.118	9874029.28	2072.2828	
159	718038.778	9874040.2	2069.0985	
160	718049.968	9874068.87	2062.8888	
161	718056.743	9874087.79	2058.8872	
162	718049.759	9874099.19	2055.4622	
163	718048.197	9874106.57	2052.2908	
164	718041.545	9874119.17	2043.4142	
165	718033	9874127.38	2040.7002	CAJA
166	718020.776	9874126.35	2039.6588	
167	718010.058	9874123.56	2038.2365	
168	717993.392	9874127.31	2035.6295	
169	717983.934	9874129.17	2034.7092	
170	717965.342	9874130.18	2031.5475	
171	717947.592	9874129.16	2028.9608	
172	717936	9874128.41	2023.8232	
173	717923.814	9874129.02	2018.1505	
174	717901.17	9874135.95	2011.2952	
175	717872.797	9874139.41	2000.7465	
176	717841.524	9874141.08	1989.9312	
177	717829.293	9874151.57	1989.7832	
178	717819.305	9874142.37	1989.7662	
179	717841.588	9874150.8	1989.8282	RESERVORIO
180	717819.754	9874151.48	1989.5592	RESERVORIO
181	717818.906	9874129.67	1989.8702	RESERVORIO
182	717840.845	9874128.86	1991.6135	RESERVORIO
184	719321.09	9872617.28	2210.34	collarines
185	719307.722	9872618.78	2185.67	collarines
186	719119.391	9872677.09	2117.8	collarines
187	718943.382	9872843.47	2125.24	collarines
188	718715.817	9873092.16	2116.2	collarines
189	718597.978	9873150.7	2109.91	collarines
190	718546.85	9873183.12	2108	collarines
191	718415.881	9873299.53	2106.78	collarines
192	718308.102	9873541.4	2105	collarines
193	718337.993	9873639.17	2105.56	collarines
194	718192.745	9873724.35	2105.95	collarines
195	718160.877	9873786.66	2105.2	collarines
196	718015.362	9873955.38	2089.16	collarines
197	718005.722	9873987.73	2082.75	collarines
198	718029.957	9874033.7	2066.79	collarines
199	718041.913	9874074.42	2059.27	collarines
200	718049.304	9874112.8	2049	collarines
201	718020.823	9874128.98	2047.24	collarines
202	717939.941	9874122.56	2027.77	collarines

Tabla 94. Coordenadas de la distribución 1.

Fuente: Responsabilidad de la Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

El sistema no toma en cuenta que existe que hay una distribución 2 por ende se deberá correr el software sin demanda solo con lo que captará que los 10,73 l/s y se puede observar los siguientes resultados:

ID	Label	Demanda
37	J-5	0,00
47	J-12	0,00
63	J-21	0,00
69	J-23	0,00
71	J-24	0,00
81	J-29	0,00
84	J-30	0,00
31	J-1	0,00
34	J-3	0,00
44	J-10	0,00
50	J-14	0,00
52	J-15	0,00
54	J-16	0,00
57	J-18	0,00
61	J-20	0,00
65	J-22	0,00
77	J-27	0,00
118	J-37	10,73

Tabla 95. Demanda de los cultivos.

Fuente: Responsabilidad de la Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

Podemos observar que la velocidad cumple está dentro del rango:

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
30	0 (Polyline)-23	5	J-1	PRV-2	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
33	0 (Polyline)-20	5	J-3	PRV-3	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
36	0 (Polyline)-15	9	J-5	PRV-5	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
42	0 (Polyline)-11	8	PRV-7	J-10	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
45	0 (Polyline)-4	11	PRV-10	J-12	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
48	0 (Polyline)-28	12	PRV-1	J-14	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
51	0 (Polyline)-27	20	J-15	PRV-1	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
53	0 (Polyline)-22	30	J-16	J-1	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
55	0 (Polyline)-18	34	PRV-4	J-18	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
58	0 (Polyline)-2	37	R-2	PRV-11	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
60	0 (Polyline)-26	43	J-20	J-15	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
62	0 (Polyline)-25	44	J-21	J-20	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
64	0 (Polyline)-10	53	J-22	PRV-7	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
66	0 (Polyline)-24	58	PRV-2	J-21	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
67	0 (Polyline)-19	68	J-18	J-3	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
68	0 (Polyline)-17	71	J-23	PRV-4	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
70	0 (Polyline)-29	83	J-14	J-24	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
72	0 (Polyline)-30	100	J-24	J-37	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
74	0 (Polyline)-16	122	PRV-5	J-23	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
75	0 (Polyline)-6	123	PRV-9	J-27	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
78	0 (Polyline)-14	135	PRV-6	J-5	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
80	0 (Polyline)-9	149	J-29	J-22	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
82	0 (Polyline)-5	162	J-12	PRV-9	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
83	0 (Polyline)-12	192	J-10	J-30	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
85	0 (Polyline)-13	189	J-30	PRV-6	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
86	0 (Polyline)-3	195	PRV-11	PRV-10	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
87	0 (Polyline)-8	223	PRV-8	J-29	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
89	0 (Polyline)-7	236	J-27	PRV-8	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012
90	0 (Polyline)-21	243	PRV-3	J-16	110	PVC	140	10,73	1,13	0,012

Tabla 96.. Velocidad del sistema.

Fuente: Responsabilidad de la Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
31	J-1	2.082,75	0	2.096,32	13,5378
34	J-3	2.099,57	0	2.100,38	0,8125
37	J-5	2.104,85	0	2.103,99	-0,8537
44	J-10	2.108,00	0	2.113,91	5,8973
47	J-12	2.127,49	0	2.128,35	0,8629
50	J-14	2.039,66	0	2.040,56	0,8944
52	J-15	2.049,00	0	2.079,93	30,8686
54	J-16	2.089,16	0	2.096,67	7,499
57	J-18	2.102,95	0	2.101,19	-1,755
61	J-20	2.059,27	0	2.080,44	21,1293
63	J-21	2.066,79	0	2.080,96	14,1436
65	J-22	2.109,91	0	2.117,40	7,4705
69	J-23	2.104,00	0	2.102,44	-1,5541
71	J-24	2.027,77	0	2.039,57	11,7779
77	J-27	2.125,00	0	2.124,96	-0,0379
81	J-29	2.116,20	0	2.119,16	2,9582
84	J-30	2.106,78	0	2.111,63	4,8365
118	J-37	1.990,00	10,73	2.038,38	48,2872

Tabla 97. Presión Hidrostática del sistema.

Fuente: Responsabilidad de la Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

Podemos observar que tenemos valores negativos en la presión hidrostática esto se da por la diferencia de cotas que es muy grande:

ID	Label	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Hydraulic Grade Setting (Initial) (m)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
93	PRV-1	2.040,70	110	2.040,70	10,73	2.079,69	2.040,70	38,993
94	PRV-2	2.081,65	110	2.081,65	10,73	2.096,26	2.081,65	14,6066
95	PRV-3	2.099,57	110	2.099,57	10,73	2.100,33	2.099,57	0,7549
96	PRV-4	2.103,99	110	2.103,99	10,73	2.101,60	2.101,60	0
97	PRV-5	2.104,80	110	2.104,80	10,73	2.103,89	2.103,89	0
98	PRV-6	2.105,60	110	2.105,60	10,73	2.109,38	2.105,60	3,7762
99	PRV-7	2.114,00	110	2.114,00	10,73	2.116,77	2.114,00	2,7669
100	PRV-8	2.121,82	110	2.121,82	10,73	2.122,15	2.121,82	0,3291
101	PRV-9	2.126,55	110	2.126,55	10,73	2.126,43	2.126,43	0
102	PRV-10	2.128,49	110	2.128,49	10,73	2.131,22	2.128,49	2,7344
103	PRV-11	2.133,54	110	2.133,54	10,73	2.185,23	2.133,54	51,6876

Tabla 98. Tanques rompe presiones.

Fuente: Responsabilidad de la Pontificia Universidad Catolica del Ecuador

A continuación, se hace una corrección para que el sistema funcione de forma correcta tanto para la distribución 1 y distribución 2. Cabe recalcar que la distribución ya está construida mientras que la distribución 2 se diseñó.

El sistema captará 8 l/s de lunes a jueves y de jueves a domingo el reservorio recogerá 1 l/s diario de esta forma se satireará el sistema con un sobrante de 3,31 l/s que podrá ser utilizado en época de estiaje, como se muestra en el ANEXO 1. Tabla 86

Id	Label	Lunes	Martes	Miércoles	Viernes
		Demanda(L/s)			
31	P12	0	0,39	0	0
37	P7	0	1,02	0	0
44	P5	0	0	1,23	0
47	P1	0	0,6	0	0
52	P15	0	0	0,96	0
54	P11	0	0,78	0	0
57	P9	0	0	0,78	0
61	P14	0	0,68	0	0
65	P4	0	0	0,82	0
71	P17	0	0	0,9	0
84	P6	0	1,02	0	0
118	RESERVORIO	3,07	3,51	3,31	10,89
77	P2	0,64	0	0	0
81	P3	1,23	0	0	0
69	P8	0,6	0	0	0
34	P10	0,41	0	0	0
63	P13	1,23	0	0	0
50	P16	0,82	0	0	0

Tabla 99. Demanda de los cultivos de lunes a miércoles. Distribución 1

Fuente: Elaboración propia

Id	Label	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
		Demanda(L/s)			
55	P8	0	0	0	0,41
39	R1 5	4,1	0	0	0
37	R1 4	0,6	0	0	0
33	R1 2	0,9	0	0	0
41	R2 1	0	0	0	0
43	R 2 2	0	0	0	0
45	R 2 3	0	0	0,82	0
47	R 2 4	0	0	0,82	0

49	R2 5	0	0	1,23	0
51	R2 6	0	0	1,64	0
53	R2 7	0	0	0	1,64
35	R1 3	0,3	0	0	0
102	J-16	0	0	0,6	0
59	P10	0	0	1,64	1,64
57	P9	0	0	0	1,64

Tabla 100.Demanda de los cultivos de jueves a domingo. Distribución 2

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se mostrará que tiene el sistema por tramo:

Distribución 1

Lunes

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
30	0 (Polyline)-23	5	P12	J-49	110	PVC	140	0	5,12	0,54	0,003
33	0 (Polyline)-20	5	P10	J-48	110	PVC	140	0	5,12	0,54	0,003
36	0 (Polyline)-15	9	P7	J-42	110	PVC	140	0	6,13	0,65	0,004
42	0 (Polyline)-11	8	J-46	P5	110	PVC	140	0	6,13	0,65	0,004
45	0 (Polyline)-4	11	J-43	P1	110	PVC	140	0	8	0,84	0,007
48	0 (Polyline)-28	12	PRV-1	P16	110	PVC	140	0	3,89	0,41	0,002
51	0 (Polyline)-27	20	P15	PRV-1	110	PVC	140	0	3,89	0,41	0,002
53	0 (Polyline)-22	30	P11	P12	110	PVC	140	0	5,12	0,54	0,003
55	0 (Polyline)-18	34	J-47	P9	110	PVC	140	0	5,53	0,58	0,003
58	0 (Polyline)-2	37	R-2	PRV-11	110	PVC	140	0	8	0,84	0,007
60	0 (Polyline)-26	43	P14	P15	110	PVC	140	0	3,89	0,41	0,002
62	0 (Polyline)-25	44	P13	P14	110	PVC	140	0	3,89	0,41	0,002
64	0 (Polyline)-10	53	P4	J-46	110	PVC	140	0	6,13	0,65	0,004
66	0 (Polyline)-24	58	J-49	P13	110	PVC	140	0	5,12	0,54	0,003
67	0 (Polyline)-19	68	P9	P10	110	PVC	140	0	5,53	0,58	0,003
68	0 (Polyline)-17	71	P8	J-47	110	PVC	140	0	5,53	0,58	0,003
70	0 (Polyline)-29	83	P16	P17	110	PVC	140	0	3,07	0,32	0,001
72	0 (Polyline)-30	100	P17	RESERVORIO	110	PVC	140	0	3,07	0,32	0,001
74	0 (Polyline)-16	122	J-42	P8	110	PVC	140	0	6,13	0,65	0,004
75	0 (Polyline)-6	123	J-44	P2	110	PVC	140	0	8	0,84	0,007
78	0 (Polyline)-14	135	J-41	P7	110	PVC	140	0	6,13	0,65	0,004

80	0 (Polyline)-9	149	P3	P4	110	PVC	140	0	6,13	0,65	0,004
82	0 (Polyline)-5	162	P1	J-44	110	PVC	140	0	8	0,84	0,007
83	0 (Polyline)-12	192	P5	P6	110	PVC	140	0	6,13	0,65	0,004
85	0 (Polyline)-13	189	P6	J-41	110	PVC	140	0	6,13	0,65	0,004
86	0 (Polyline)-3	195	PRV-11	J-43	110	PVC	140	0	8	0,84	0,007
87	0 (Polyline)-8	223	J-45	P3	110	PVC	140	0	7,36	0,77	0,006
89	0 (Polyline)-7	236	P2	J-45	110	PVC	140	0	7,36	0,77	0,006
90	0 (Polyline)-21	243	J-48	P11	110	PVC	140	0	5,12	0,54	0,003

Tabla 101. Velocidad del sistema.

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
31	P12	2.082,75	0	2.122,37	39,5436
34	P10	2.099,57	0,41	2.123,22	23,5977
37	P7	2.104,85	0	2.124,37	19,4793
44	P5	2.108,00	0	2.126,55	18,5077
47	P1	2.127,49	0	2.132,12	4,6179
50	P16	2.039,66	0,82	2.040,68	1,017
52	P15	2.049,00	0	2.122,03	72,8793
54	P11	2.089,16	0	2.122,46	33,2377
57	P9	2.102,95	0	2.123,45	20,4607
61	P14	2.059,27	0	2.122,10	62,7078
63	P13	2.066,79	1,23	2.122,18	55,2822
65	P4	2.109,91	0	2.126,80	16,8562
69	P8	2.104,00	0,6	2.123,82	19,7786
71	P17	2.027,77	0	2.040,58	12,7853

77	P2	2.125,00	0,64	2.130,15	5,1374
81	P3	2.116,20	1,23	2.127,43	11,2047
84	P6	2.106,78	0	2.125,74	18,9175
118	RESERVORIO	1.990,00	3,07	2.040,46	50,3624
124	J-41	2.105,60	0	2.124,94	19,2989
125	J-42	2.104,80	0	2.124,33	19,4918
126	J-43	2.128,49	0	2.132,20	3,6984
127	J-44	2.126,55	0	2.131,00	4,4408
128	J-45	2.121,82	0	2.128,75	6,9146
129	J-46	2.114,00	0	2.126,58	12,552
130	J-47	2.103,99	0	2.123,57	19,5425
131	J-48	2.099,57	0	2.123,20	23,5827
132	J-49	2.081,65	0	2.122,36	40,6265

Tabla 102. Presión del sistema.

Fuente: Elaboración propia

En el sistema se tuvo que eliminar algunos tanques de presión para que funcione

ID	Label	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Hydraulic Grade Setting (Initial) (m)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
93	PRV-1	2.040,70	110	2.040,70	3,89	2.121,99	2.040,70	81,2901
103	PRV-11	2.133,54	110	2.133,54	8	2.185,41	2.133,54	51,8732

Tabla 103. Tanques rompe presiones.

Fuente: Elaboración propia

Martes

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
30	0 (Polyline)-23	5	P12	J-47	110	PVC	140	4,19	0,44	0,002
33	0 (Polyline)-20	5	P10	J-46	110	PVC	140	5,36	0,56	0,003
36	0 (Polyline)-15	9	P7	J-40	110	PVC	140	5,36	0,56	0,003
42	0 (Polyline)-11	8	J-44	P5	110	PVC	140	7,4	0,78	0,006
45	0 (Polyline)-4	11	J-41	P1	110	PVC	140	8	0,84	0,007
48	0 (Polyline)-28	12	PRV-1	P16	110	PVC	140	3,51	0,37	0,001
51	0 (Polyline)-27	20	P15	PRV-1	110	PVC	140	3,51	0,37	0,002
53	0 (Polyline)-22	30	P11	P12	110	PVC	140	4,58	0,48	0,002
55	0 (Polyline)-18	34	J-45	P9	110	PVC	140	5,36	0,56	0,003
58	0 (Polyline)-2	37	R-2	PRV-11	110	PVC	140	8	0,84	0,007
60	0 (Polyline)-26	43	P14	P15	110	PVC	140	3,51	0,37	0,002
62	0 (Polyline)-25	44	P13	P14	110	PVC	140	4,19	0,44	0,002
64	0 (Polyline)-10	53	P4	J-44	110	PVC	140	7,4	0,78	0,006
66	0 (Polyline)-24	58	J-47	P13	110	PVC	140	4,19	0,44	0,002
67	0 (Polyline)-19	68	P9	P10	110	PVC	140	5,36	0,56	0,003
68	0 (Polyline)-17	71	P8	J-45	110	PVC	140	5,36	0,56	0,003
70	0 (Polyline)-29	83	P16	P17	110	PVC	140	3,51	0,37	0,002
72	0 (Polyline)-30	100	P17	RESERVORIO	110	PVC	140	3,51	0,37	0,002
74	0 (Polyline)-16	122	J-40	P8	110	PVC	140	5,36	0,56	0,003
75	0 (Polyline)-6	123	J-42	P2	110	PVC	140	7,4	0,78	0,006
78	0 (Polyline)-14	135	J-39	P7	110	PVC	140	6,38	0,67	0,005
80	0 (Polyline)-9	149	P3	P4	110	PVC	140	7,4	0,78	0,006

82	0 (Polyline)-5	162	P1	J-42	110	PVC	140	7,4	0,78	0,006
83	0 (Polyline)-12	192	P5	P6	110	PVC	140	7,4	0,78	0,006
85	0 (Polyline)-13	189	P6	J-39	110	PVC	140	6,38	0,67	0,005
86	0 (Polyline)-3	195	PRV-11	J-41	110	PVC	140	8	0,84	0,007
87	0 (Polyline)-8	223	J-43	P3	110	PVC	140	7,4	0,78	0,006
89	0 (Polyline)-7	236	P2	J-43	110	PVC	140	7,4	0,78	0,006
90	0 (Polyline)-21	243	J-46	P11	110	PVC	140	5,36	0,56	0,003

Tabla 104. Velocidad del sistema.

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
31	P12	2.082,75	0,39	2.121,91	39,0766
34	P10	2.099,57	0	2.122,80	23,1801
37	P7	2.104,85	1,02	2.123,80	18,9071
44	P5	2.108,00	0	2.126,41	18,3773
47	P1	2.127,49	0,6	2.132,12	4,6179
50	P16	2.039,66	0	2.040,68	1,0208
52	P15	2.049,00	0	2.121,62	72,4728
54	P11	2.089,16	0,78	2.121,98	32,7536
57	P9	2.102,95	0	2.123,02	20,0296
61	P14	2.059,27	0,68	2.121,68	62,2879
63	P13	2.066,79	0	2.121,77	54,8739
65	P4	2.109,91	0	2.126,78	16,832
69	P8	2.104,00	0	2.123,37	19,3271
71	P17	2.027,77	0	2.040,56	12,7619
77	P2	2.125,00	0	2.130,41	5,4017
81	P3	2.116,20	0	2.127,66	11,4414

84	P6	2.106,78	1,02	2.125,27	18,45
118	RESERVORIO	1.990,00	3,51	2.040,41	50,3061
122	J-39	2.105,60	0	2.124,41	18,7703
123	J-40	2.104,80	0	2.123,77	18,9277
124	J-41	2.128,49	0	2.132,20	3,6984
125	J-42	2.126,55	0	2.131,15	4,5909
126	J-43	2.121,82	0	2.129,00	7,1647
127	J-44	2.114,00	0	2.126,46	12,4349
128	J-45	2.103,99	0	2.123,13	19,1048
129	J-46	2.099,57	0	2.122,78	23,1639
130	J-47	2.081,65	0	2.121,90	40,1641

Tabla 105 Presión del sistema.

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Hydraulic Grade Setting (Initial) (m)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
93	PRV-1	2.040,70	110	2.040,70	3,51	2.121,59	2.040,70	80,889
103	PRV-11	2.133,54	110	2.133,54	8	2.185,41	2.133,54	51,8732

Tabla 106Tanques rompe presiones.

Fuente: Elaboración propia

Miércoles

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
30	0 (Polyline)-23	5	P12	J-47	110	PVC	140	5,17	0,54	0,003
33	0 (Polyline)-20	5	P10	J-46	110	PVC	140	5,17	0,54	0,003
36	0 (Polyline)-15	9	P7	J-40	110	PVC	140	5,95	0,63	0,004
42	0 (Polyline)-11	8	J-44	P5	110	PVC	140	7,18	0,76	0,006
45	0 (Polyline)-4	11	J-41	P1	110	PVC	140	8	0,84	0,007
48	0 (Polyline)-28	12	PRV-1	P16	110	PVC	140	4,21	0,44	0,002
51	0 (Polyline)-27	20	P15	PRV-1	110	PVC	140	4,21	0,44	0,002
53	0 (Polyline)-22	30	P11	P12	110	PVC	140	5,17	0,54	0,003
55	0 (Polyline)-18	34	J-45	P9	110	PVC	140	5,95	0,63	0,004
58	0 (Polyline)-2	37	R-2	PRV-11	110	PVC	140	8	0,84	0,007
60	0 (Polyline)-26	43	P14	P15	110	PVC	140	5,17	0,54	0,003
62	0 (Polyline)-25	44	P13	P14	110	PVC	140	5,17	0,54	0,003
64	0 (Polyline)-10	53	P4	J-44	110	PVC	140	7,18	0,76	0,006
66	0 (Polyline)-24	58	J-47	P13	110	PVC	140	5,17	0,54	0,003
67	0 (Polyline)-19	68	P9	P10	110	PVC	140	5,17	0,54	0,003
68	0 (Polyline)-17	71	P8	J-45	110	PVC	140	5,95	0,63	0,004
70	0 (Polyline)-29	83	P16	P17	110	PVC	140	4,21	0,44	0,002
72	0 (Polyline)-30	100	P17	RESERVORIO	110	PVC	140	3,31	0,35	0,001
74	0 (Polyline)-16	122	J-40	P8	110	PVC	140	5,95	0,63	0,004
75	0 (Polyline)-6	123	J-42	P2	110	PVC	140	8	0,84	0,007
78	0 (Polyline)-14	135	J-39	P7	110	PVC	140	5,95	0,63	0,004
80	0 (Polyline)-9	149	P3	P4	110	PVC	140	8	0,84	0,007
82	0 (Polyline)-5	162	P1	J-42	110	PVC	140	8	0,84	0,007

83	0 (Polyline)-12	192	P5	P6	110	PVC	140	5,95	0,63	0,004
85	0 (Polyline)-13	189	P6	J-39	110	PVC	140	5,95	0,63	0,004
86	0 (Polyline)-3	195	PRV-11	J-41	110	PVC	140	8	0,84	0,007
87	0 (Polyline)-8	223	J-43	P3	110	PVC	140	8	0,84	0,007
89	0 (Polyline)-7	236	P2	J-43	110	PVC	140	8	0,84	0,007
90	0 (Polyline)-21	243	J-46	P11	110	PVC	140	5,17	0,54	0,003

Tabla 107. Velocidad del sistema.

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
31	P12	2.082,75	0,39	2.121,91	39,0766
34	P10	2.099,57	0	2.122,80	23,1801
37	P7	2.104,85	1,02	2.123,80	18,9071
44	P5	2.108,00	0	2.126,41	18,3773
47	P1	2.127,49	0,6	2.132,12	4,6179
50	P16	2.039,66	0	2.040,68	1,0208
52	P15	2.049,00	0	2.121,62	72,4728
54	P11	2.089,16	0,78	2.121,98	32,7536
57	P9	2.102,95	0	2.123,02	20,0296
61	P14	2.059,27	0,68	2.121,68	62,2879
63	P13	2.066,79	0	2.121,77	54,8739
65	P4	2.109,91	0	2.126,78	16,832
69	P8	2.104,00	0	2.123,37	19,3271
71	P17	2.027,77	0	2.040,56	12,7619
77	P2	2.125,00	0	2.130,41	5,4017
81	P3	2.116,20	0	2.127,66	11,4414
84	P6	2.106,78	1,02	2.125,27	18,45
118	RESERVORIO	1.990,00	3,51	2.040,41	50,3061
122	J-39	2.105,60	0	2.124,41	18,7703

123	J-40	2.104,80	0	2.123,77	18,9277
124	J-41	2.128,49	0	2.132,20	3,6984
125	J-42	2.126,55	0	2.131,15	4,5909
126	J-43	2.121,82	0	2.129,00	7,1647
127	J-44	2.114,00	0	2.126,46	12,4349
128	J-45	2.103,99	0	2.123,13	19,1048
129	J-46	2.099,57	0	2.122,78	23,1639
130	J-47	2.081,65	0	2.121,90	40,1641

Tabla 108. Presión del sistema.

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Hydraulic Grade Setting (Initial) (m)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
93	PRV-1	2.040,70	110	2.040,70	3,51	2.121,59	2.040,70	80,889
103	PRV-11	2.133,54	110	2.133,54	8	2.185,41	2.133,54	51,8732

Tabla 109. Tanques rompe presiones.

Fuente: Elaboración propia

Viernes

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
30	0 (Polyline)-23	5	P12	J-41	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
33	0 (Polyline)-20	5	P10	J-42	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
36	0 (Polyline)-15	9	P7	J-40	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
42	0 (Polyline)-11	8	J-43	P5	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
45	0 (Polyline)-4	11	J-46	P1	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
48	0 (Polyline)-28	12	PRV-1	P16	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
51	0 (Polyline)-27	20	P15	PRV-1	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
53	0 (Polyline)-22	30	P11	P12	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
55	0 (Polyline)-18	34	J-47	P9	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
58	0 (Polyline)-2	37	R-2	PRV-11	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
60	0 (Polyline)-26	43	P14	P15	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
62	0 (Polyline)-25	44	P13	P14	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
64	0 (Polyline)-10	53	P4	J-43	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
66	0 (Polyline)-24	58	J-41	P13	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
67	0 (Polyline)-19	68	P9	P10	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
68	0 (Polyline)-17	71	P8	J-47	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
70	0 (Polyline)-29	83	P16	P17	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
72	0 (Polyline)-30	100	P17	RESERVORIO	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
74	0 (Polyline)-16	122	J-40	P8	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
75	0 (Polyline)-6	123	J-45	P2	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
78	0 (Polyline)-14	135	J-39	P7	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
80	0 (Polyline)-9	149	P3	P4	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012

82	0 (Polyline)-5	162	P1	J-45	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
83	0 (Polyline)-12	192	P5	P6	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
85	0 (Polyline)-13	189	P6	J-39	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
86	0 (Polyline)-3	195	PRV-11	J-46	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
87	0 (Polyline)-8	223	J-44	P3	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
89	0 (Polyline)-7	236	P2	J-44	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012
90	0 (Polyline)-21	243	J-42	P11	110	PVC	140	10,89	1,15	0,012

Tabla 110. Velocidad del sistema

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
31	P12	2.082,75	0	2.105,93	23,1351
34	P10	2.099,57	0	2.109,34	9,7482
37	P7	2.104,85	0	2.113,05	8,182
44	P5	2.108,00	0	2.119,36	11,3343
47	P1	2.127,49	0	2.131,02	3,5241
50	P16	2.039,66	0	2.040,55	0,8904
52	P15	2.049,00	0	2.104,10	54,9937
54	P11	2.089,16	0	2.106,30	17,1065
57	P9	2.102,95	0	2.110,17	7,2032
61	P14	2.059,27	0	2.104,63	45,2686
63	P13	2.066,79	0	2.105,16	38,2974
65	P4	2.109,91	0	2.120,10	10,1662
69	P8	2.104,00	0	2.111,45	7,4387
71	P17	2.027,77	0	2.039,54	11,7465
77	P2	2.125,00	0	2.127,53	2,5296
81	P3	2.116,20	0	2.121,91	5,7027
84	P6	2.106,78	0	2.117,01	10,2103
118	RESERVORIO	1.990,00	10,89	2.038,32	48,223

122	J-39	2.105,60	0	2.114,70	9,0801
123	J-40	2.104,80	0	2.112,94	8,1232
124	J-41	2.081,65	0	2.105,87	24,1727
125	J-42	2.099,57	0	2.109,28	9,6876
126	J-43	2.114,00	0	2.119,45	5,4394
127	J-44	2.121,82	0	2.124,64	2,8182
128	J-45	2.126,55	0	2.129,04	2,4881
129	J-46	2.128,49	0	2.131,16	2,6649
130	J-47	2.103,99	0	2.110,59	6,5853

Tabla 111. Presión del sistema.

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Hydraulic Grade Setting (Initial) (m)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
93	PRV-1	2.040,70	110	2.040,70	10,89	2.103,86	2.040,70	63,1603
103	PRV-11	2.133,54	110	2.133,54	10,89	2.185,22	2.133,54	51,6752

Tabla 112. Tanques rompe presiones.

Fuente: Elaboración propia

Conducción 2

Jueves

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
38	P-4	141	R1 3	R1 4	75	PVC	140	4,7	1,06	0,017
48	P-9	59	R 2 3	R 2 4	75	PVC	140	0	0	0
52	P-11	124	R2 5	R2 6	75	PVC	140	0	0	0
56	P-13	38	R2 7	P8	75	PVC	140	0	0	0
68	P-19	11	PRV-1	R2 1	75	PVC	140	0	0	0
70	P-20	65	R2 1	PRV-2	75	PVC	140	0	0	0
71	P-21	65	PRV-2	R 2 2	75	PVC	140	0	0	0
73	P-22	40	R 2 2	PRV-3	75	PVC	140	0	0	0
74	P-23	29	PRV-3	R 2 3	75	PVC	140	0	0	0
76	P-24	93	R 2 4	PRV-4	75	PVC	140	0	0	0
77	P-25	25	PRV-4	R2 5	75	PVC	140	0	0	0
79	P-26	42	R2 6	PRV-5	75	PVC	140	0	0	0
80	P-27	80	PRV-5	R2 7	75	PVC	140	0	0	0
82	P-28	124	P8	J-24	75	PVC	140	0	0	0
83	P-29	46	J-24	P9	75	PVC	140	0	0	0
85	P-30	39	R1 2	PRV-7	75	PVC	140	5	1,13	0,019
86	P-31	35	PRV-7	R1 3	75	PVC	140	5	1,13	0,019
91	P-34	91	R1 4	PRV-9	75	PVC	140	4,1	0,93	0,013
92	P-35	115	PRV-9	R1 5	75	PVC	140	4,1	0,93	0,013
104	P-36(2)	57	J-16	R-2	75	PVC	140	5,9	1,34	0,025
105	P-37	154	R1 2	J-16	75	PVC	140	5,9	1,34	0,025

113	P-41	63	PRV-1	J-16	75	PVC	140	0	0	0
121	P-15(1)	12	P9	PRV-11	75	PVC	140	0	0	0
122	P-15(2)	158	PRV-11	P10	75	PVC	140	0	0	0

Tabla 113. Velocidad del sistema

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
33	R1 2	1.950,93	0,9	1.984,64	34
35	R1 3	1.936,39	0,3	1.942,65	6
37	R1 4	1.928,73	0,6	1.940,30	12
39	R1 5	1.867,84	4,1	1.900,45	33
41	R2 1	1.922,00	0	1.928,92	7
43	R 2 2	1.849,21	0	1.885,64	36
45	R 2 3	1.830,11	0	1.838,05	8
47	R 2 4	1.824,27	0	1.838,05	14
49	R2 5	1.788,53	0	1.796,21	8
51	R2 6	1.752,50	0	1.796,21	44
53	R2 7	1.740,00	0	1.746,25	6
55	P8	1.731,26	0	1.746,25	15
57	P9	1.679,00	0	1.746,25	67
59	P10	1.648,27	0	1.677,90	30
102	J-16	1.966,47	0	1.988,54	22
119	J-24	1.693,09	0	1.746,25	53

Tabla 114. Presión del sistema.

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
66	PRV-1	1.928,92	75	0	1.988,54	1.928,92	59,62
69	PRV-2	1.885,64	75	0	1.928,92	1.885,64	43,28
72	PRV-3	1.838,05	75	0	1.885,64	1.838,05	47,59
75	PRV-4	1.796,21	75	0	1.838,05	1.796,21	41,84
78	PRV-5	1.746,25	75	0	1.796,21	1.746,25	49,96
84	PRV-7	1.943,31	75	5	1.983,92	1.943,31	40,61
90	PRV-9	1.901,94	75	4,1	1.939,13	1.901,94	37,19
120	PRV-11	1.677,90	75	0	1.746,25	1.677,90	68,35

Tabla 115. Tanques rompe presiones.

Fuente: Elaboración propia

Viernes

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
38	P-4	141	R1 3	R1 4	75	PVC	140	0	0	0
48	P-9	59	R 2 3	R 2 4	75	PVC	140	0	0	0
52	P-11	124	R2 5	R2 6	75	PVC	140	0	0	0
56	P-13	38	R2 7	P8	75	PVC	140	0	0	0
68	P-19	11	PRV-1	R2 1	75	PVC	140	0	0	0
70	P-20	65	R2 1	PRV-2	75	PVC	140	0	0	0
71	P-21	65	PRV-2	R 2 2	75	PVC	140	0	0	0
73	P-22	40	R 2 2	PRV-3	75	PVC	140	0	0	0
74	P-23	29	PRV-3	R 2 3	75	PVC	140	0	0	0
76	P-24	93	R 2 4	PRV-4	75	PVC	140	0	0	0
77	P-25	25	PRV-4	R2 5	75	PVC	140	0	0	0
79	P-26	42	R2 6	PRV-5	75	PVC	140	0	0	0
80	P-27	80	PRV-5	R2 7	75	PVC	140	0	0	0
82	P-28	124	P8	J-24	75	PVC	140	0	0	0
83	P-29	46	J-24	P9	75	PVC	140	0	0	0
85	P-30	39	R1 2	PRV-7	75	PVC	140	0	0	0
86	P-31	35	PRV-7	R1 3	75	PVC	140	0	0	0
91	P-34	91	R1 4	PRV-9	75	PVC	140	0	0	0
92	P-35	115	PRV-9	R1 5	75	PVC	140	0	0	0
104	P-36(2)	57	J-16	R-2	75	PVC	140	0	0	0

105	P-37	154	R1 2	J-16	75	PVC	140	0	0	0
113	P-41	63	PRV-1	J-16	75	PVC	140	0	0	0
121	P-15(1)	12	P9	PRV-11	75	PVC	140	0	0	0
122	P-15(2)	158	PRV-11	P10	75	PVC	140	0	0	0

Tabla 116Velocidad del sistema

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
33	R1 2	1.950,93	0	1.990,00	39
35	R1 3	1.936,39	0	1.943,31	7
37	R1 4	1.928,73	0	1.943,31	15
39	R1 5	1.867,84	0	1.901,94	34
41	R2 1	1.922,00	0	1.928,92	7
43	R 2 2	1.849,21	0	1.885,64	36
45	R 2 3	1.830,11	0	1.838,05	8
47	R 2 4	1.824,27	0	1.838,05	14
49	R2 5	1.788,53	0	1.796,21	8
51	R2 6	1.752,50	0	1.796,21	44
53	R2 7	1.740,00	0	1.746,25	6
55	P8	1.731,26	0	1.746,25	15
57	P9	1.679,00	0	1.746,25	67
59	P10	1.648,27	0	1.677,90	30
102	J-16	1.966,47	0	1.990,00	23
119	J-24	1.693,09	0	1.746,25	53

Tabla 117. Presión del sistema.

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
66	PRV-1	1.928,92	75	0	1.990,00	1.928,92	61,08
69	PRV-2	1.885,64	75	0	1.928,92	1.885,64	43,28
72	PRV-3	1.838,05	75	0	1.885,64	1.838,05	47,59
75	PRV-4	1.796,21	75	0	1.838,05	1.796,21	41,84
78	PRV-5	1.746,25	75	0	1.796,21	1.746,25	49,96
84	PRV-7	1.943,31	75	0	1.990,00	1.943,31	46,69
90	PRV-9	1.901,94	75	0	1.943,31	1.901,94	41,37
120	PRV-11	1.677,90	75	0	1.746,25	1.677,90	68,35

Tabla 118. Tanques rompe presiones.

Fuente: Elaboración propia

Sábado

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Length (User Defined) (m)
38	P-4	141	R1 3	R1 4	75	PVC	140	0	0	0	141
48	P-9	59	R 2 3	R 2 4	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	59
52	P-11	124	R2 5	R2 6	75	PVC	140	3,28	0,74	0,009	124
56	P-13	38	R2 7	P8	75	PVC	140	1,64	0,37	0,002	38
68	P-19	11	PRV-1	R2 1	75	PVC	140	6,15	1,39	0,027	11
70	P-20	65	R2 1	PRV-2	75	PVC	140	6,15	1,39	0,027	65
71	P-21	65	PRV-2	R 2 2	75	PVC	140	6,15	1,39	0,027	65
73	P-22	40	R 2 2	PRV-3	75	PVC	140	6,15	1,39	0,027	40
74	P-23	29	PRV-3	R 2 3	75	PVC	140	6,15	1,39	0,027	29
76	P-24	93	R 2 4	PRV-4	75	PVC	140	4,51	1,02	0,015	93
77	P-25	25	PRV-4	R2 5	75	PVC	140	4,51	1,02	0,015	25
79	P-26	42	R2 6	PRV-5	75	PVC	140	1,64	0,37	0,002	62
80	P-27	80	PRV-5	R2 7	75	PVC	140	1,64	0,37	0,002	61
82	P-28	124	P8	J-24	75	PVC	140	1,64	0,37	0,002	124
83	P-29	46	J-24	P9	75	PVC	140	1,64	0,37	0,002	46

85	P-30	39	R1 2	PRV-7	75	PVC	140	0	0	0	39
86	P-31	35	PRV-7	R1 3	75	PVC	140	0	0	0	35
91	P-34	91	R1 4	PRV-9	75	PVC	140	0	0	0	91
92	P-35	115	PRV-9	R1 5	75	PVC	140	0	0	0	115
104	P-36(2)	57	J-16	R-2	75	PVC	140	-6,75	1,53	0,033	4
105	P-37	154	R1 2	J-16	75	PVC	140	0	0	0	0
113	P-41	63	PRV-1	J-16	75	PVC	140	-6,15	1,39	0,027	0
121	P-15(1)	12	P9	PRV-11	75	PVC	140	1,64	0,37	0,002	6
122	P-15(2)	158	PRV-11	P10	75	PVC	140	1,64	0,37	0,002	164

Tabla 119. Velocidad del sistema

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
33	R1 2	1.950,93	0	1.988,13	37
35	R1 3	1.936,39	0	1.943,31	7
37	R1 4	1.928,73	0	1.943,31	15
39	R1 5	1.867,84	0	1.901,94	34
41	R2 1	1.922,00	0	1.928,61	7
43	R 2 2	1.849,21	0	1.883,86	35
45	R 2 3	1.830,11	0,82	1.837,26	7
47	R 2 4	1.824,27	0,82	1.836,02	12

49	R2 5	1.788,53	1,23	1.795,81	7
51	R2 6	1.752,50	1,64	1.794,75	42
53	R2 7	1.740,00	0	1.746,10	6
55	P8	1.731,26	0	1.746,01	15
57	P9	1.679,00	0	1.745,61	66
59	P10	1.648,27	1,64	1.677,51	29
102	J-16	1.966,47	0,6	1.988,13	22
119	J-24	1.693,09	0	1.745,72	53

Tabla 120 Presión del sistema.

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
66	PRV-1	1.928,92	75	6,15	1.986,41	1.928,92	57,49
69	PRV-2	1.885,64	75	6,15	1.926,83	1.885,64	41,19
72	PRV-3	1.838,05	75	6,15	1.882,75	1.838,05	44,7
75	PRV-4	1.796,21	75	4,51	1.834,59	1.796,21	38,38
78	PRV-5	1.746,25	75	1,64	1.794,61	1.746,25	48,36
84	PRV-7	1.943,31	75	0	1.988,13	1.943,31	44,82
90	PRV-9	1.901,94	75	0	1.943,31	1.901,94	41,37
120	PRV-11	1.677,90	75	1,64	1.745,60	1.677,90	67,69

Tabla 121Tanques rompe presiones.

Fuente: Elaboración propia

Domingo

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Length (User Defined) (m)
38	P-4	141	R1 3	R1 4	75	PVC	140	0	0	0	141
48	P-9	59	R 2 3	R 2 4	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	59
52	P-11	124	R2 5	R2 6	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	124
56	P-13	38	R2 7	P8	75	PVC	140	3,69	0,84	0,011	38
68	P-19	11	PRV-1	R2 1	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	11
70	P-20	65	R2 1	PRV-2	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	65
71	P-21	65	PRV-2	R 2 2	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	65
73	P-22	40	R 2 2	PRV-3	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	40
74	P-23	29	PRV-3	R 2 3	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	29
76	P-24	93	R 2 4	PRV-4	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	93
77	P-25	25	PRV-4	R2 5	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	25
79	P-26	42	R2 6	PRV-5	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	62
80	P-27	80	PRV-5	R2 7	75	PVC	140	5,33	1,21	0,021	61
82	P-28	124	P8	J-24	75	PVC	140	3,28	0,74	0,009	124
83	P-29	46	J-24	P9	75	PVC	140	3,28	0,74	0,009	46
85	P-30	39	R1 2	PRV-7	75	PVC	140	0	0	0	39
86	P-31	35	PRV-7	R1 3	75	PVC	140	0	0	0	35

91	P-34	91	R1 4	PRV-9	75	PVC	140	0	0	0	91
92	P-35	115	PRV-9	R1 5	75	PVC	140	0	0	0	115
104	P-36(2)	57	J-16	R-2	75	PVC	140	-5,33	1,21	0,021	4
105	P-37	154	R1 2	J-16	75	PVC	140	0	0	0	0
113	P-41	63	PRV-1	J-16	75	PVC	140	-5,33	1,21	0,021	0
121	P-15(1)	12	P9	PRV-11	75	PVC	140	1,64	0,37	0,002	6
122	P-15(2)	158	PRV-11	P10	75	PVC	140	1,64	0,37	0,002	164

Tabla 122Velocidad del sistema

Fuente: Elaboración propia

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
33	R1 2	1.950,93	0	1.988,79	38
35	R1 3	1.936,39	0	1.943,31	7
37	R1 4	1.928,73	0	1.943,31	15
39	R1 5	1.867,84	0	1.901,94	34
41	R2 1	1.922,00	0	1.928,68	7
43	R 2 2	1.849,21	0	1.884,27	35
45	R 2 3	1.830,11	0	1.837,44	7

47	R 2 4	1.824,27	0	1.836,20	12
49	R2 5	1.788,53	0	1.795,67	7
51	R2 6	1.752,50	0	1.793,06	40
53	R2 7	1.740,00	1,64	1.744,96	5
55	P8	1.731,26	0,41	1.744,55	13
57	P9	1.679,00	1,64	1.743,10	64
59	P10	1.648,27	1,64	1.677,51	29
102	J-16	1.966,47	0	1.988,79	22
119	J-24	1.693,09	0	1.743,49	50

Tabla 123.Presión del sistema.

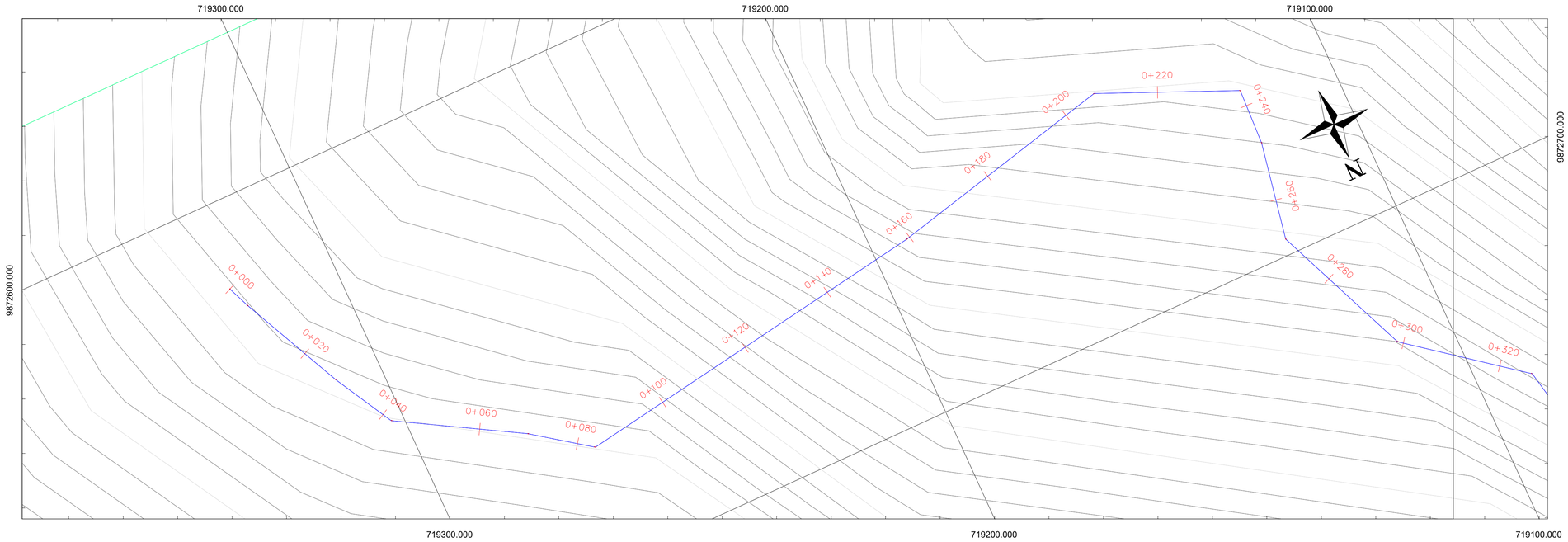
Fuente: Elaboración propia

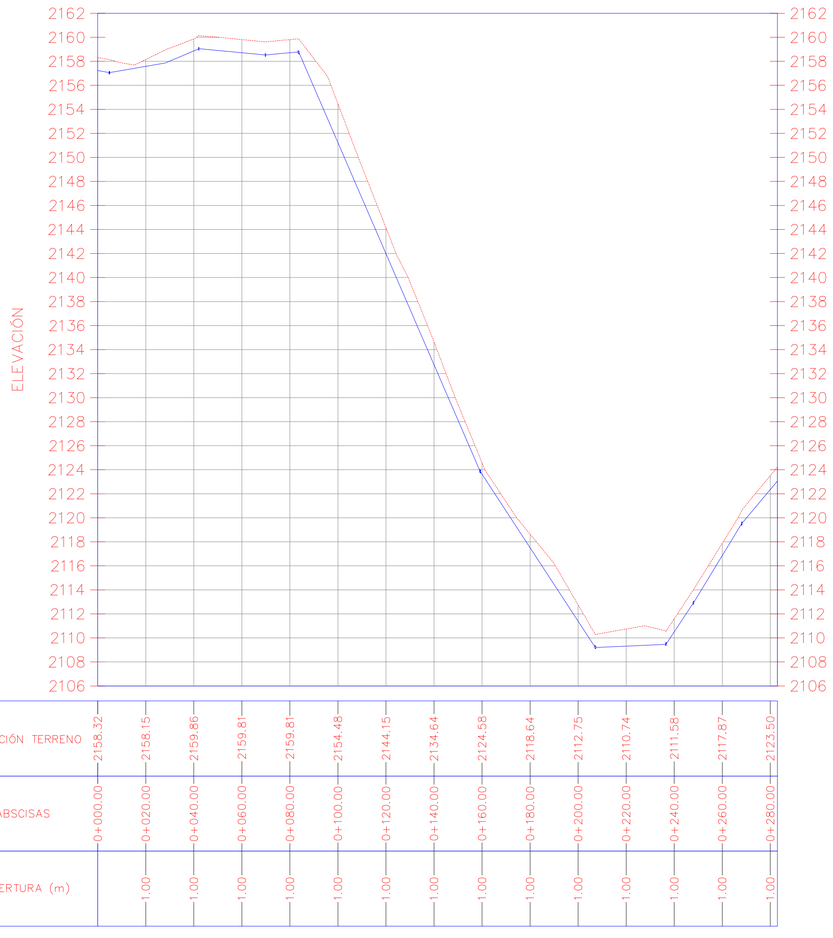
ID	Label	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
66	PRV-1	1.928,92	75	5,33	1.987,48	1.928,92	58,56

69	PRV-2	1.885,64	75	5,33	1.927,32	1.885,64	41,68
72	PRV-3	1.838,05	75	5,33	1.883,42	1.838,05	45,38
75	PRV-4	1.796,21	75	5,33	1.834,25	1.796,21	38,05
78	PRV-5	1.746,25	75	5,33	1.791,77	1.746,25	45,52
84	PRV-7	1.943,31	75	0	1.988,79	1.943,31	45,48
90	PRV-9	1.901,94	75	0	1.943,31	1.901,94	41,37
120	PRV-11	1.677,90	75	1,64	1.743,08	1.677,90	65,18

Tabla 124. Tanques rompe presiones.

Fuente: Elaboración propia





ABSCISAS	ELEVACIÓN TERRENO	COBERTURA (m)
0+000.00	2158.32	1.00
0+020.00	2158.15	1.00
0+040.00	2159.86	1.00
0+060.00	2159.81	1.00
0+080.00	2159.81	1.00
0+100.00	2154.48	1.00
0+120.00	2144.15	1.00
0+140.00	2134.64	1.00
0+160.00	2124.58	1.00
0+180.00	2118.64	1.00
0+200.00	2112.75	1.00
0+220.00	2110.74	1.00
0+240.00	2111.58	1.00
0+260.00	2117.87	1.00
0+280.00	2123.50	1.00

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

FORMATO:
A1

LÁMINA:
1/10

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:1250
3. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

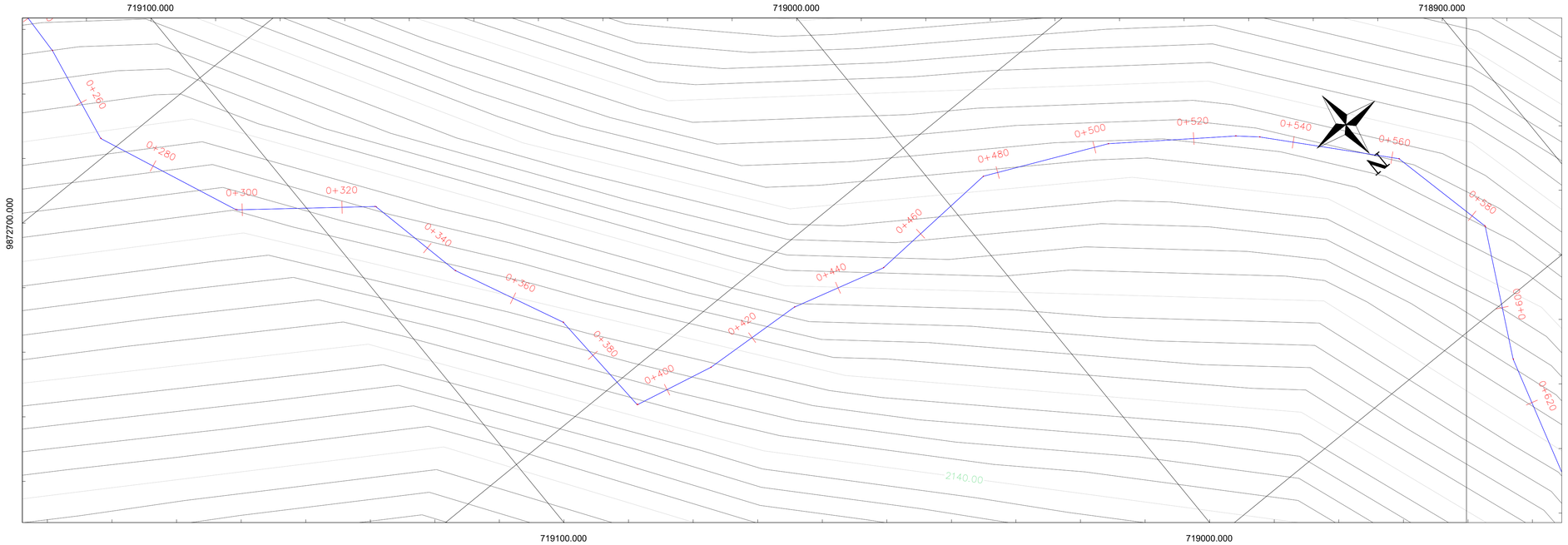
ORDEN LÁMINAS:

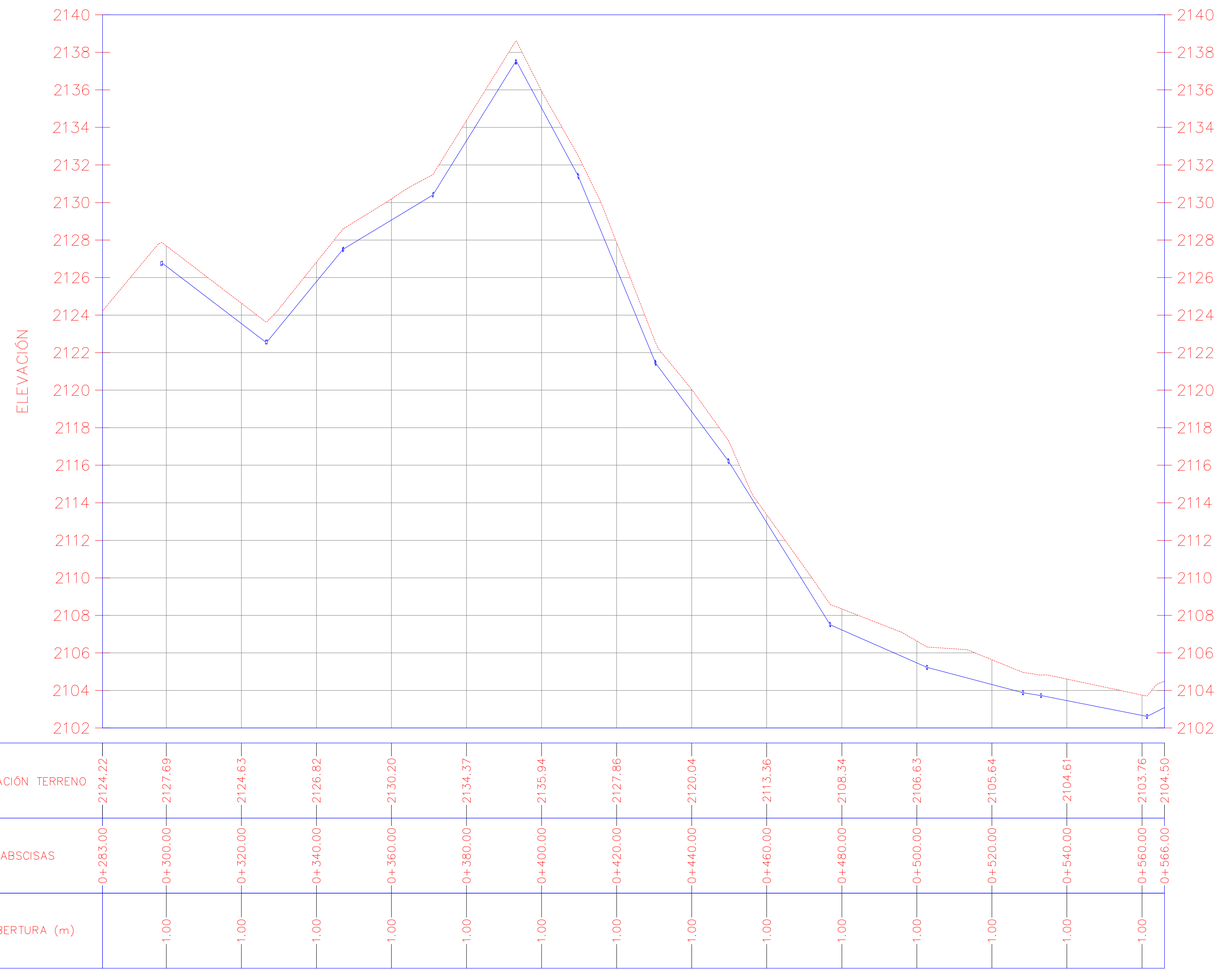
DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ





ELEVACIÓN TERRENO	2124.22	2127.69	2124.63	2126.82	2130.20	2134.37	2135.94	2127.86	2120.04	2113.36	2108.34	2106.63	2105.64	2104.61	2103.76	2104.50
ABSCISAS	0+283.00	0+300.00	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+480.00	0+500.00	0+520.00	0+540.00	0+560.00	0+566.00
COBERTURA (m)		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

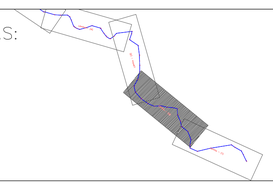
FORMATO: A1

LÁMINA: 2/10

NOTAS:

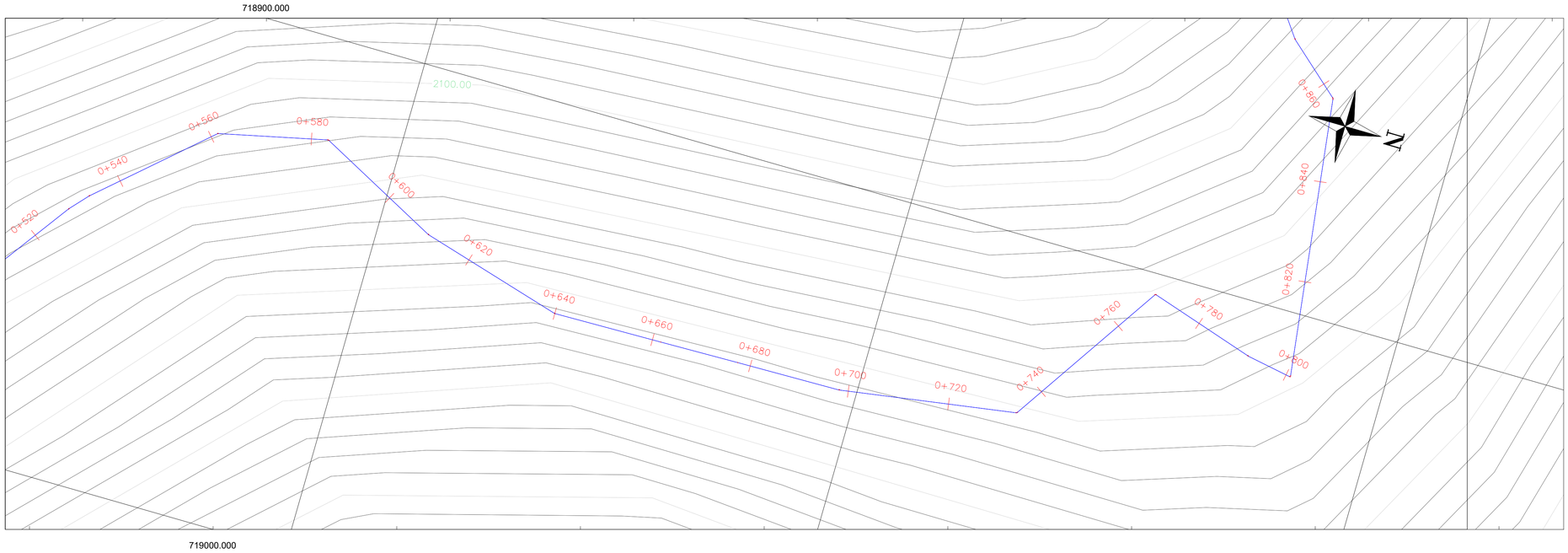
1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:800
3. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

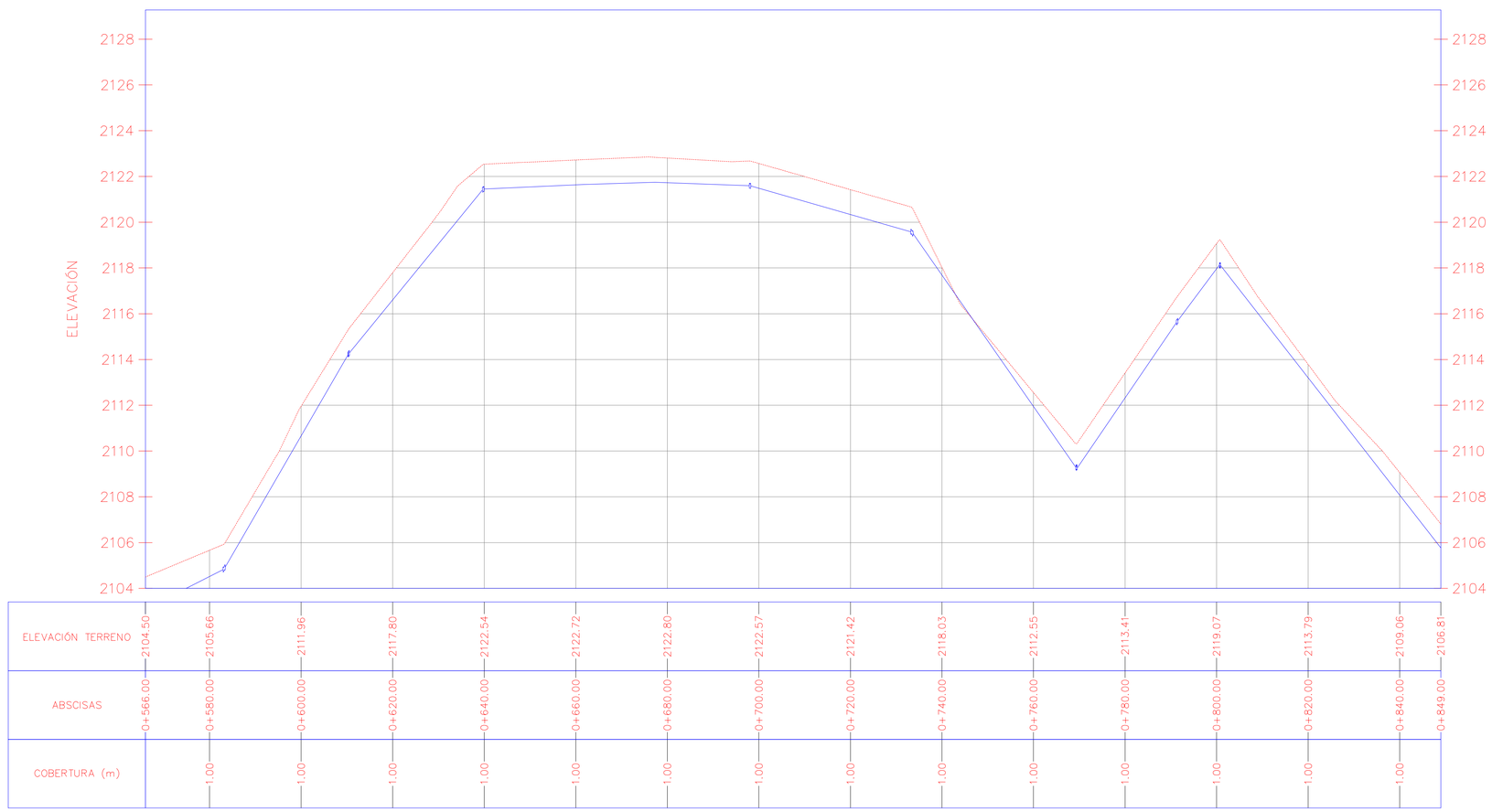
ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

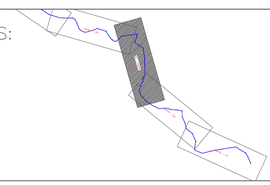
FORMATO:
A1

LÁMINA:
3/10

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:600
3. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

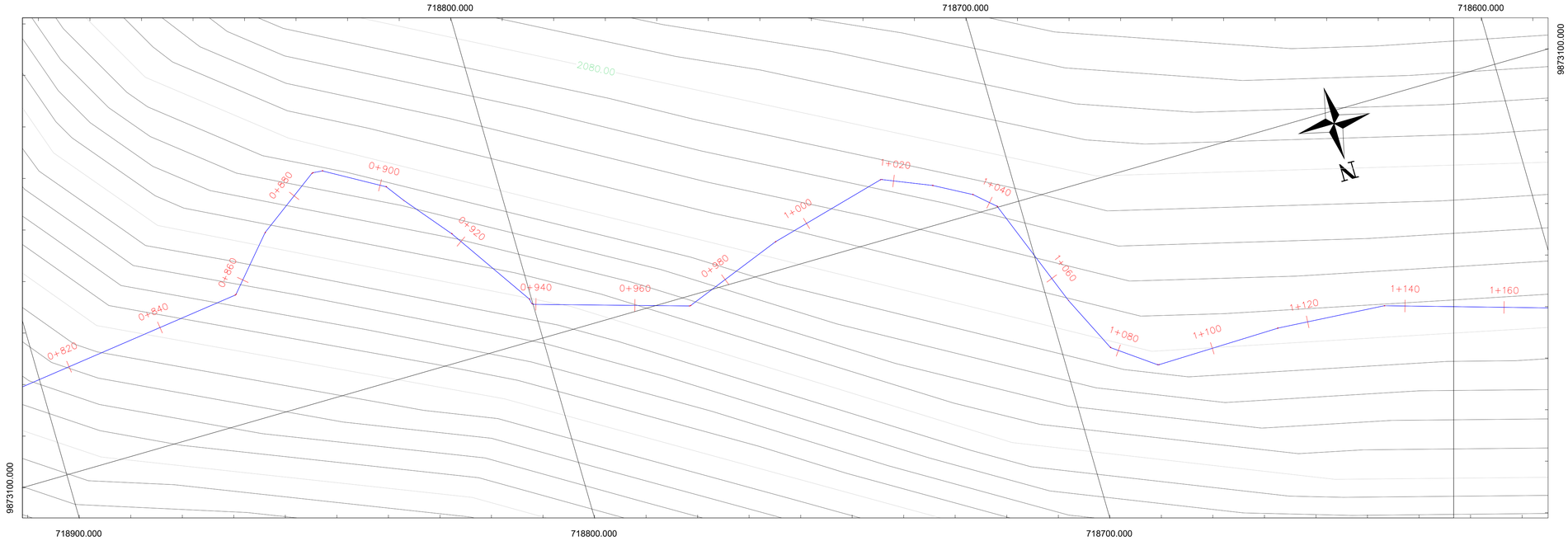


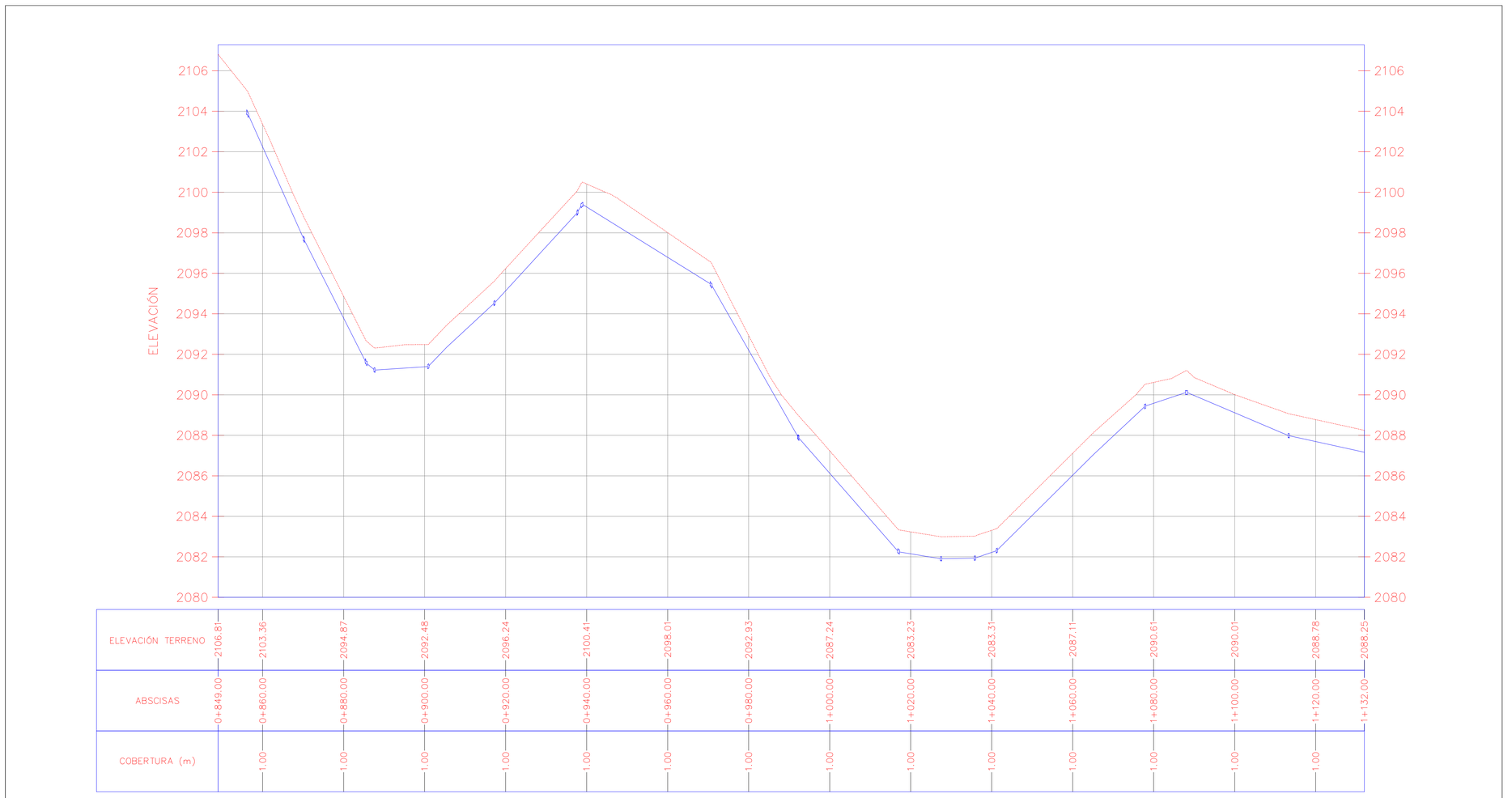
DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

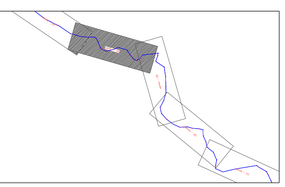
FORMATO:
A1

LÁMINA:
4/10

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:600
3. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

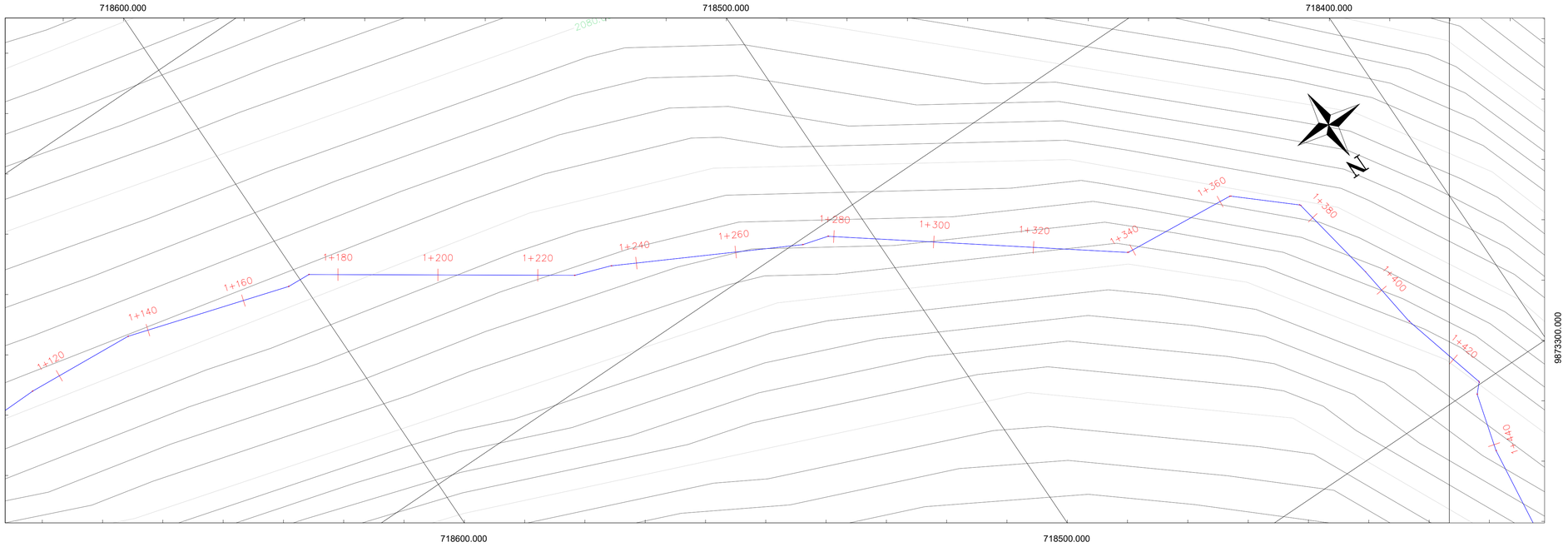


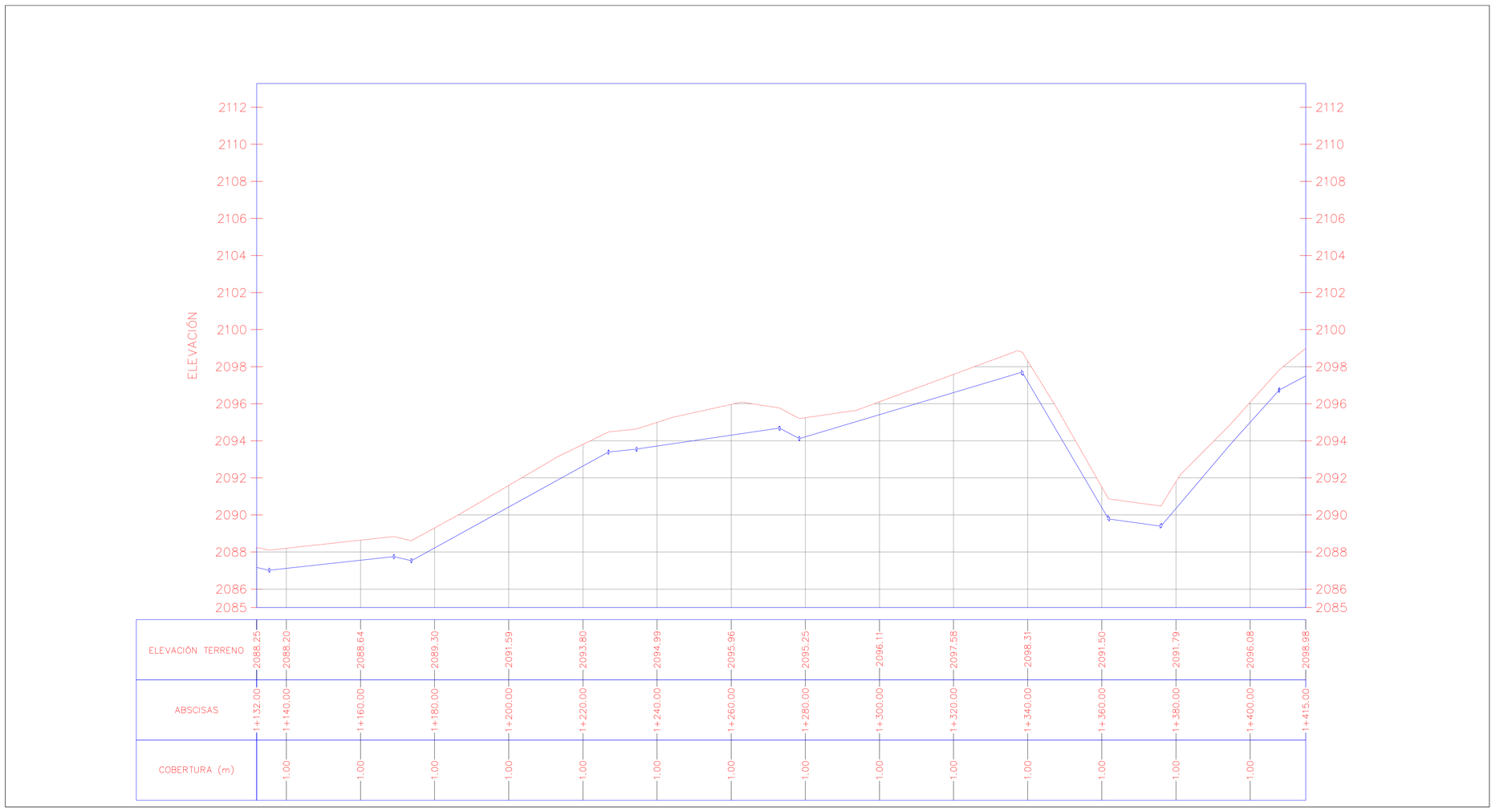
DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

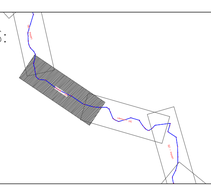
FORMATO:
A1

LÁMINA:
5/10

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:650
3. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

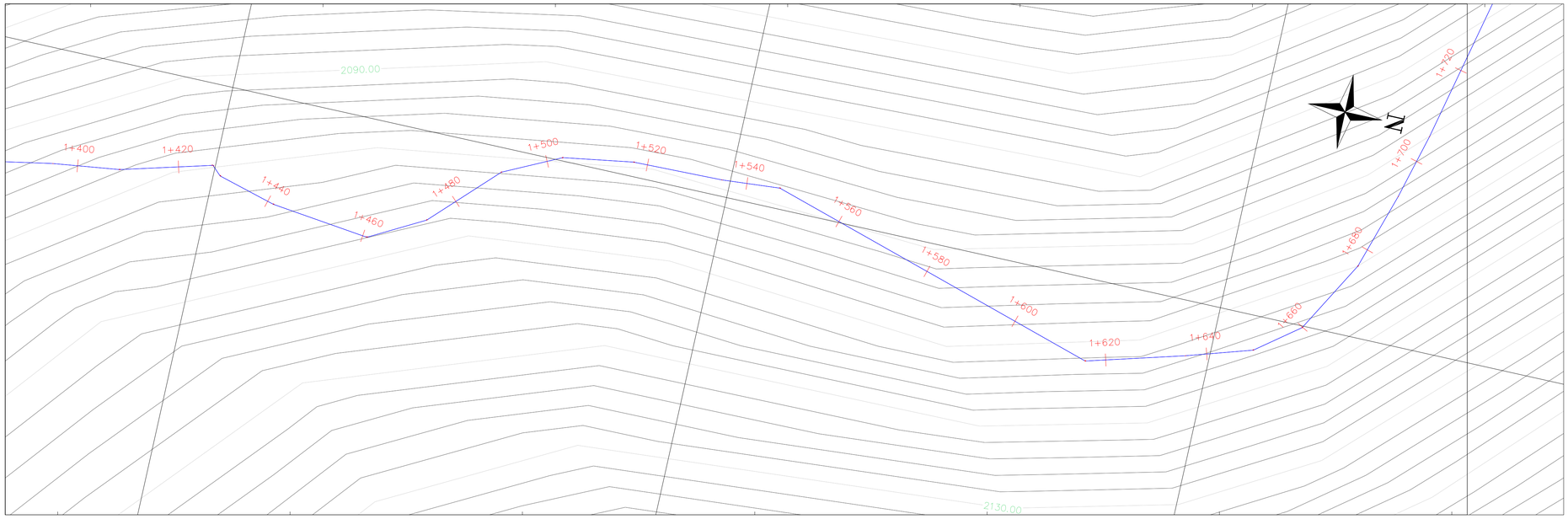


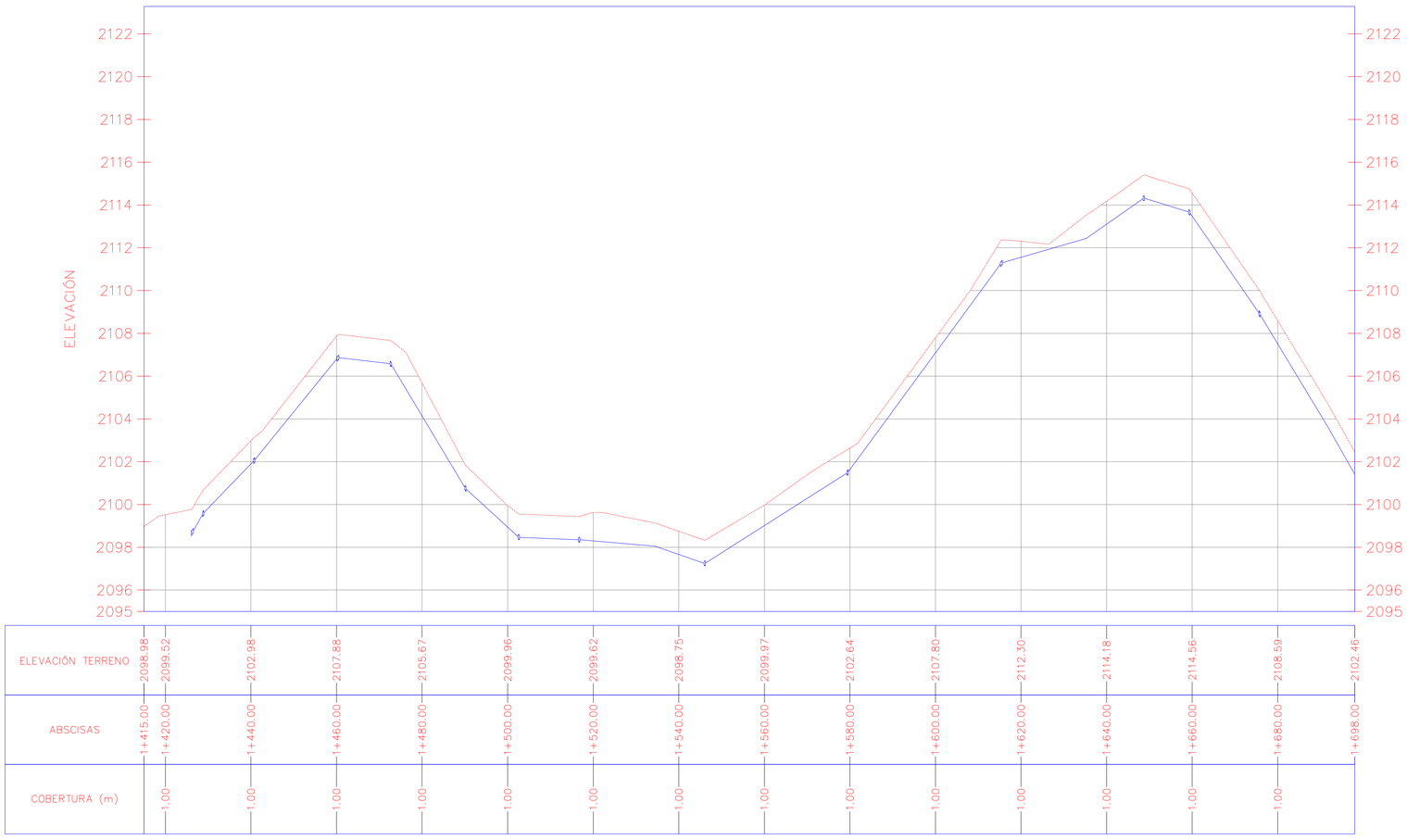
DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

FORMATO:
A1

LÁMINA:
6/10

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:650
3. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

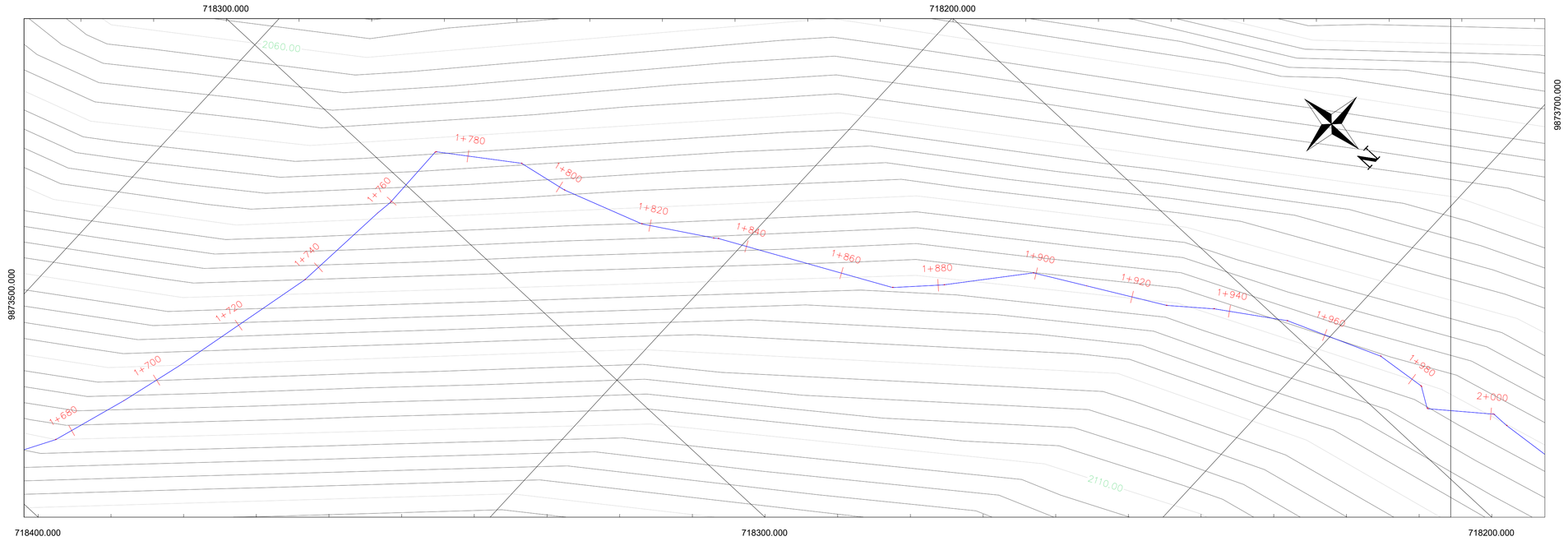
ORDEN LÁMINAS:

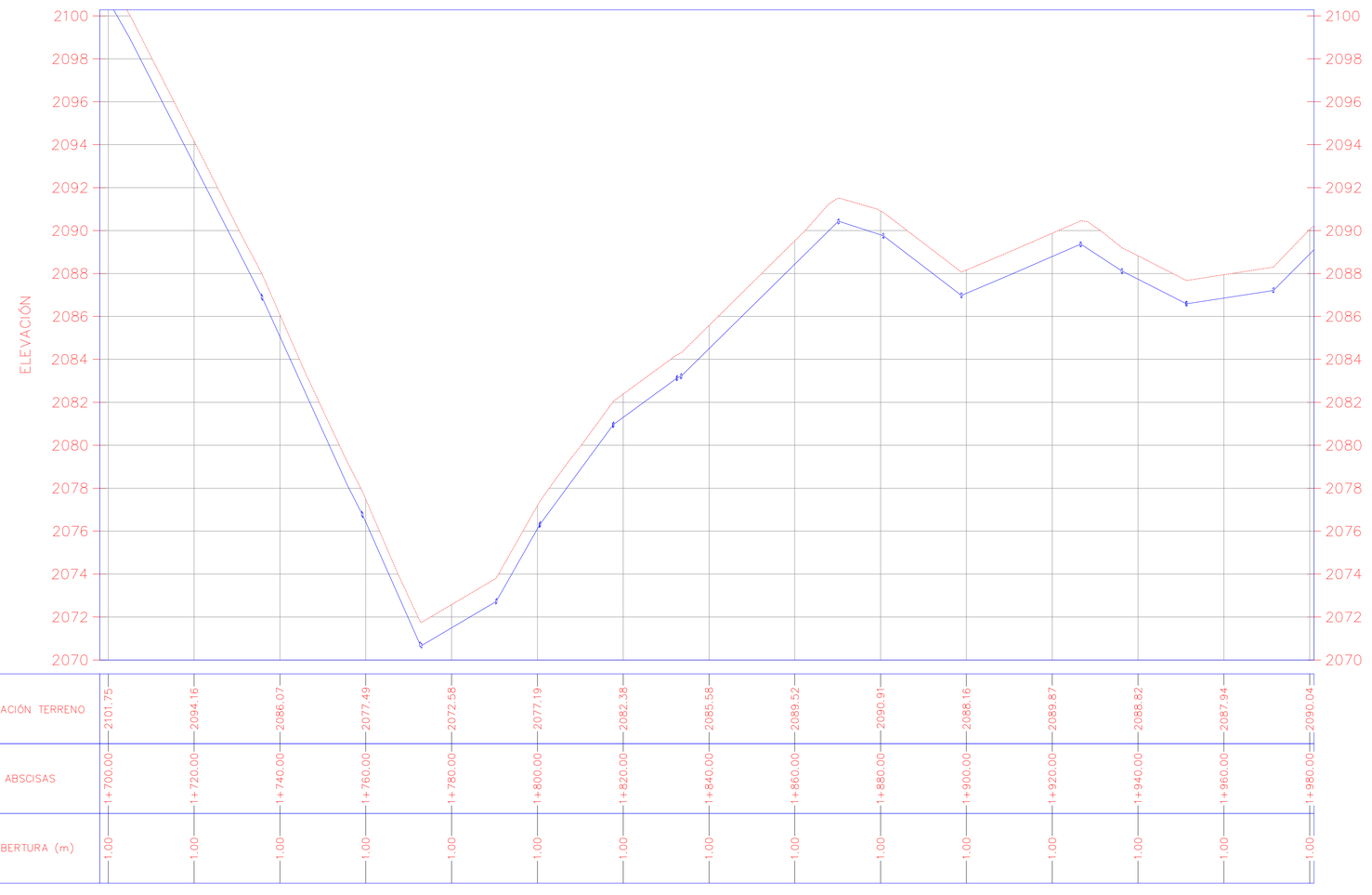
DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ





ELEVACIÓN TERRENO	2101.75	2094.16	2086.07	2077.49	2072.58	2077.19	2082.38	2085.58	2089.52	2090.91	2088.16	2089.87	2088.82	2087.94	2090.04			
ABSCISAS	1+700.00	1+720.00	1+740.00	1+760.00	1+780.00	1+800.00	1+820.00	1+840.00	1+860.00	1+880.00	1+900.00	1+920.00	1+940.00	1+960.00	1+980.00			
COBERTURA (m)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

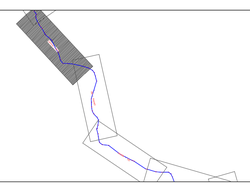
FORMATO:
A1

LÁMINA:
7/10

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:650
3. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

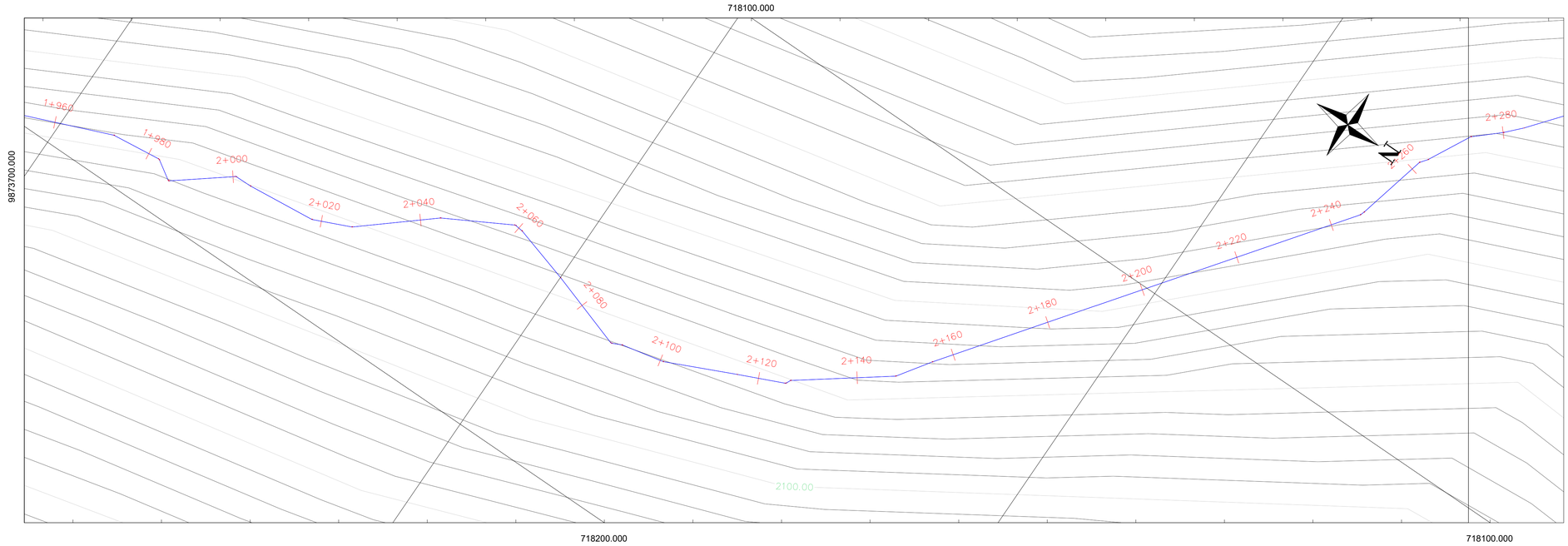


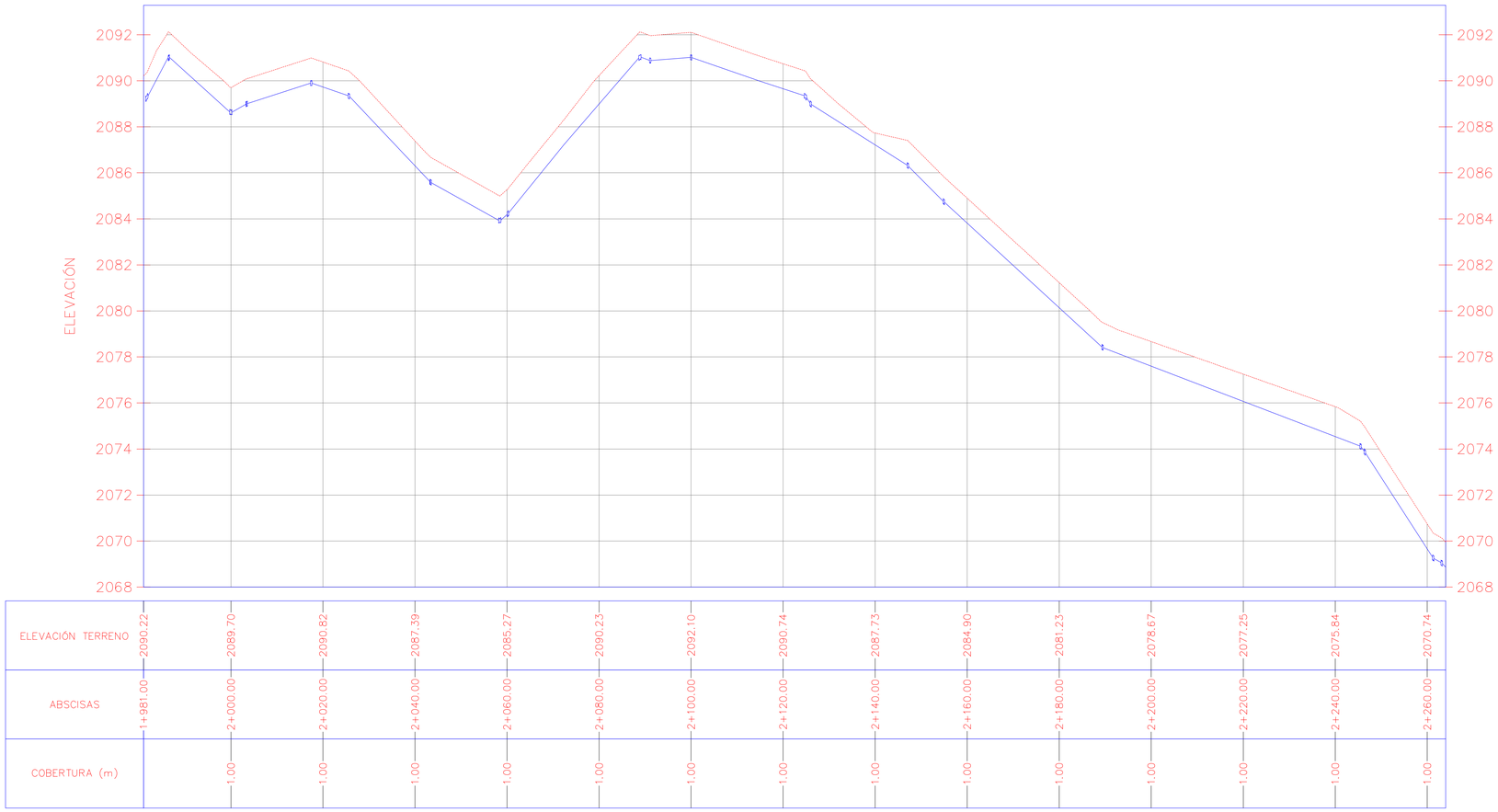
DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ





ELEVACIÓN TERRENO	2090.22	2089.70	2090.82	2087.39	2085.27	2090.23	2092.10	2090.74	2087.73	2084.90	2081.23	2078.67	2077.25	2075.84	2070.74	
ABSCISAS	1+981.00	2+000.00	2+020.00	2+040.00	2+060.00	2+080.00	2+100.00	2+120.00	2+140.00	2+160.00	2+180.00	2+200.00	2+220.00	2+240.00	2+260.00	
COBERTURA (m)		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

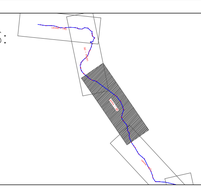
FORMATO:
A1

LÁMINA:
8/10

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:600
3. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

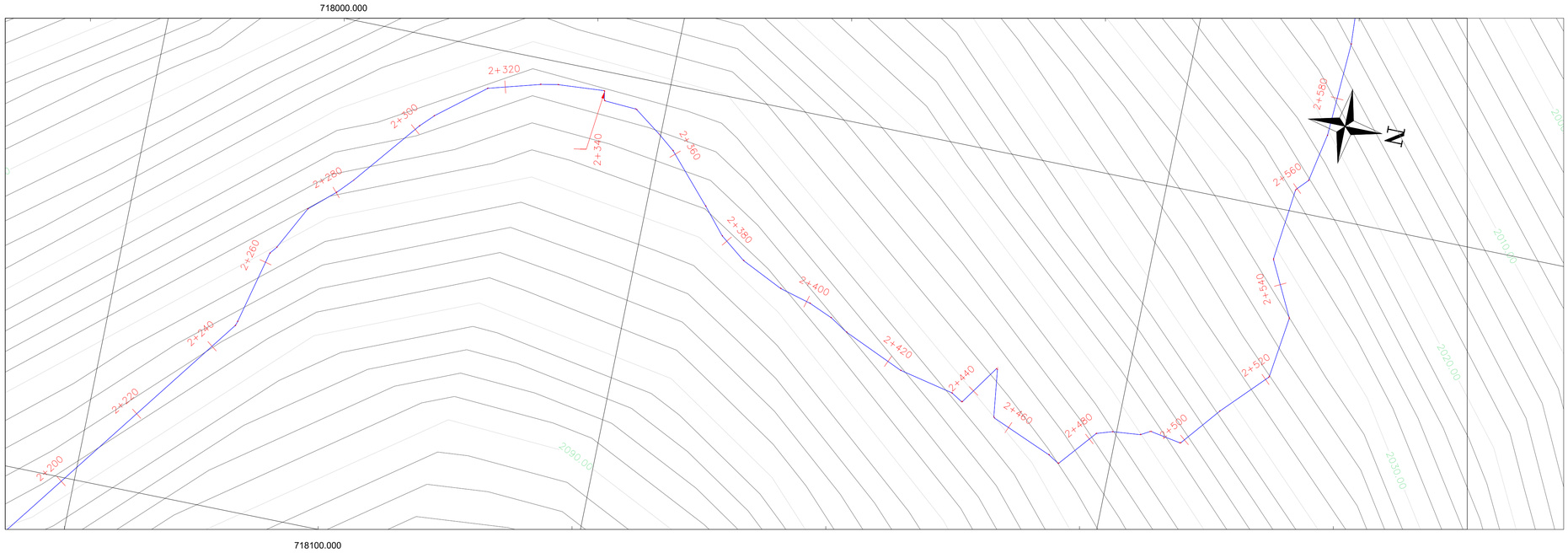


DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ



ELEVACIÓN TERRENO	2069.96	2067.65	2063.40	2062.72	2062.56	2065.30	2068.72	2066.95	2064.54	2059.57	2059.49	2053.64	2045.76	2035.90	2031.08	2029.60
ABSCISAS	2+264.00	2+280.00	2+300.00	2+320.00	2+340.00	2+360.00	2+380.00	2+400.00	2+420.00	2+440.00	2+460.00	2+480.00	2+500.00	2+520.00	2+540.00	2+547.00
COBERTURA (m)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

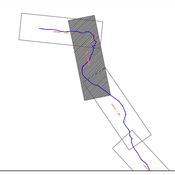
FORMATO:
A1

LÁMINA:
9/10

NOTAS:

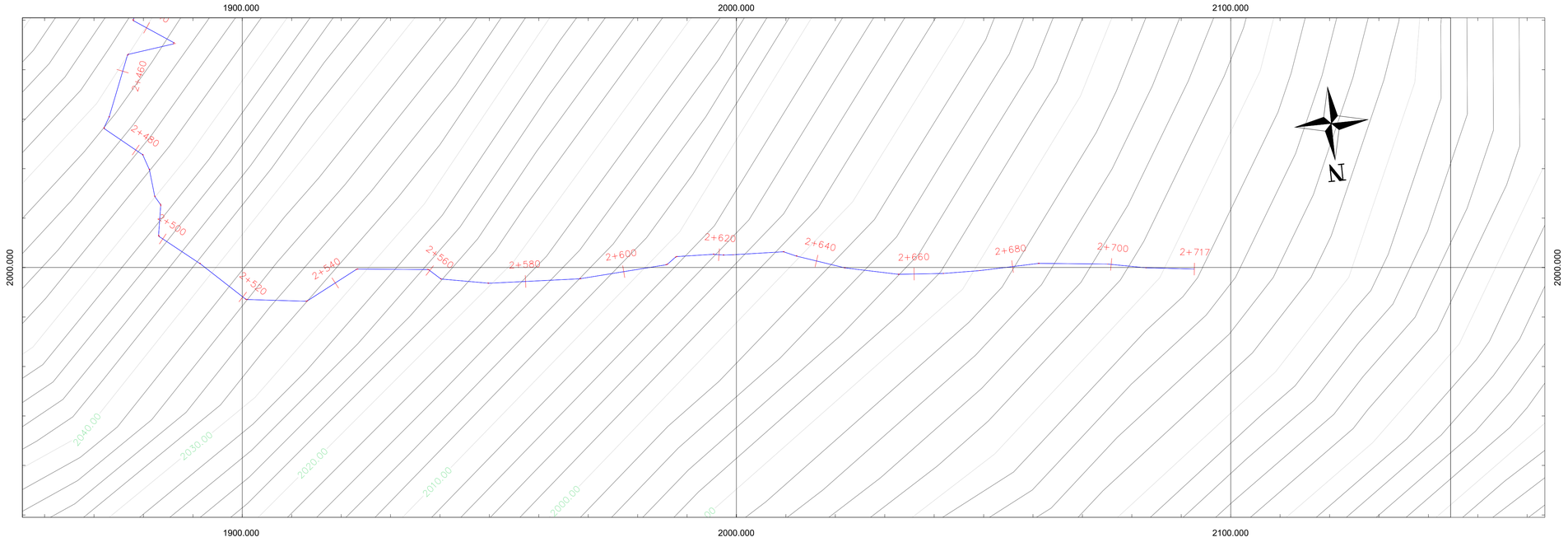
1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:1000
3. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

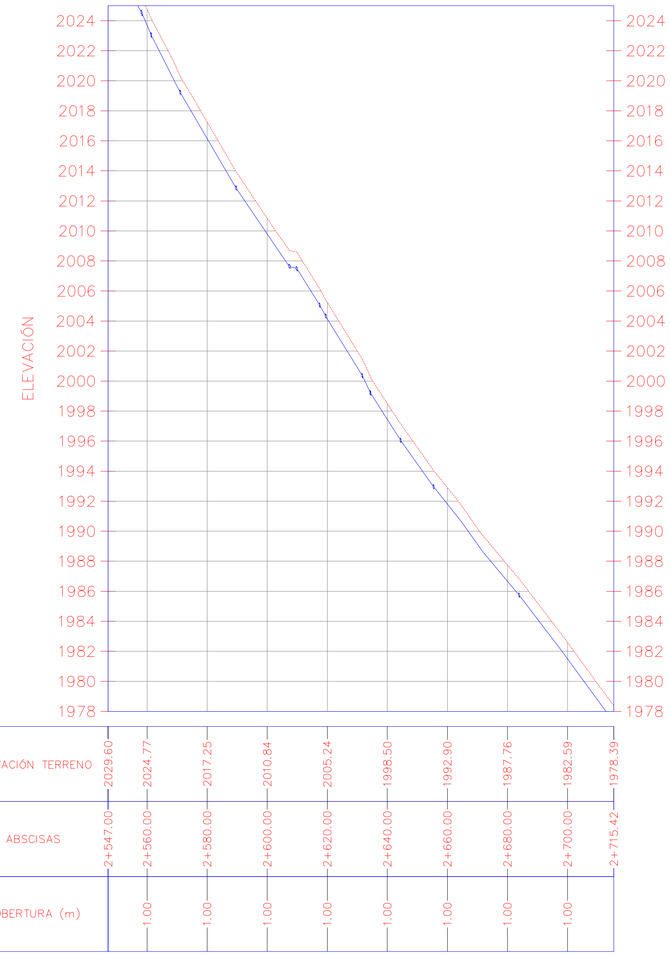
ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ





ELEVACIÓN TERRENO	2029.60	2024.77	2017.25	2010.84	2005.24	1998.50	1992.90	1987.76	1982.59	1978.39
ABSCISAS	2+547.00	2+560.00	2+580.00	2+600.00	2+620.00	2+640.00	2+660.00	2+680.00	2+700.00	2+715.42
COBERTURA (m)		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

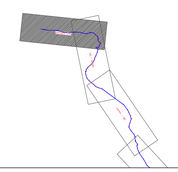
FORMATO:
A1

LÁMINA:
10/10

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:1000
3. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

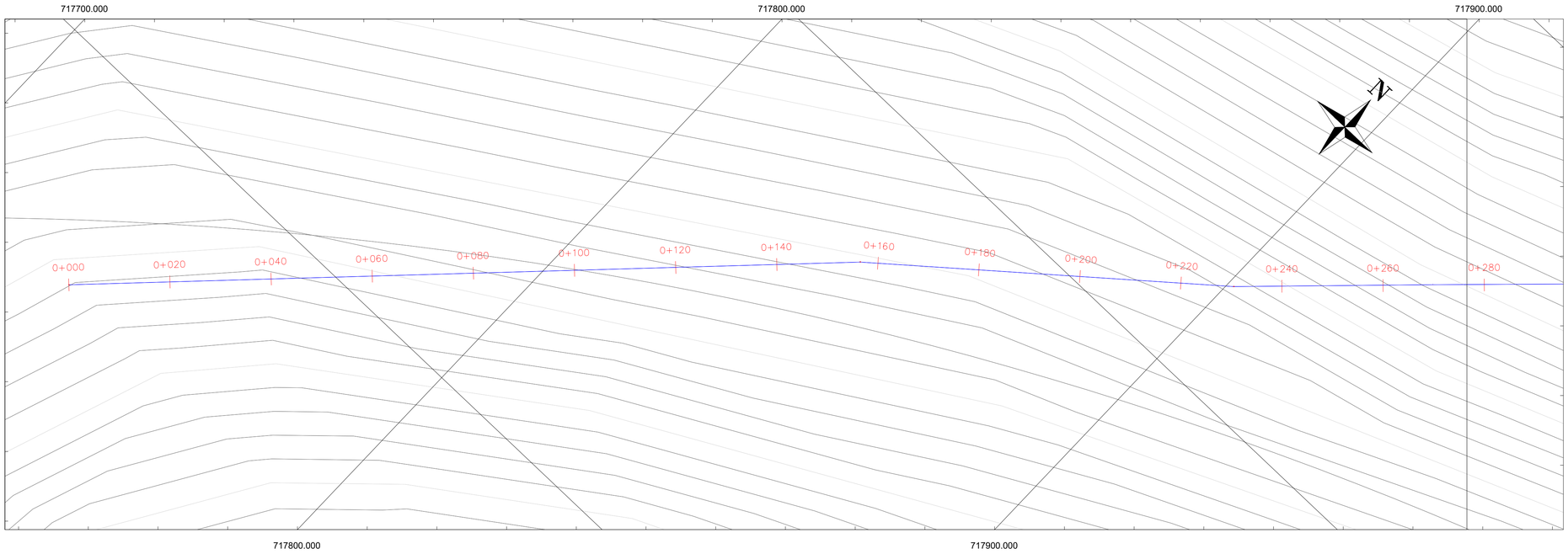


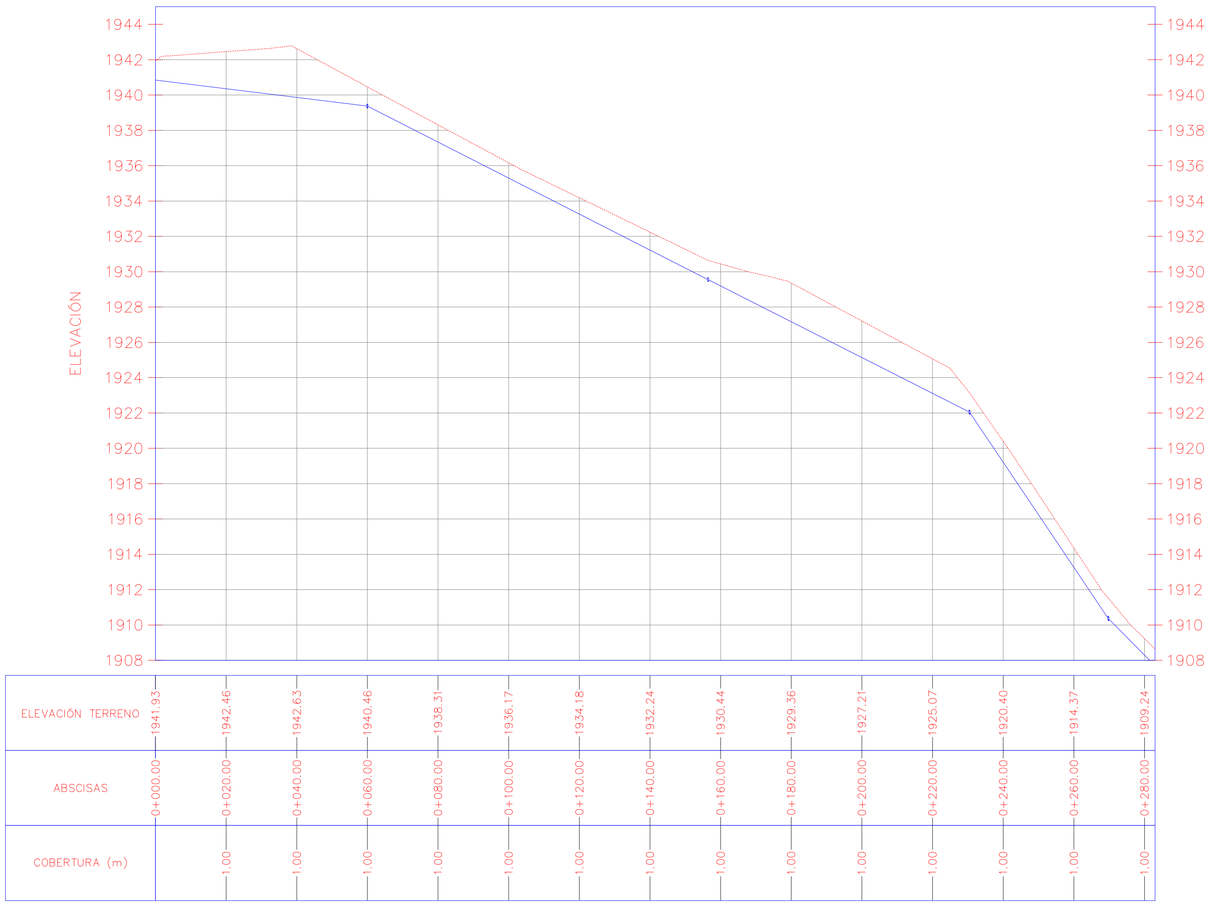
DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

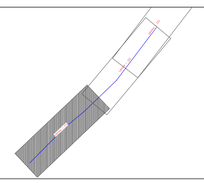
FORMATO: A1

LÁMINA: 1/3

NOTAS:

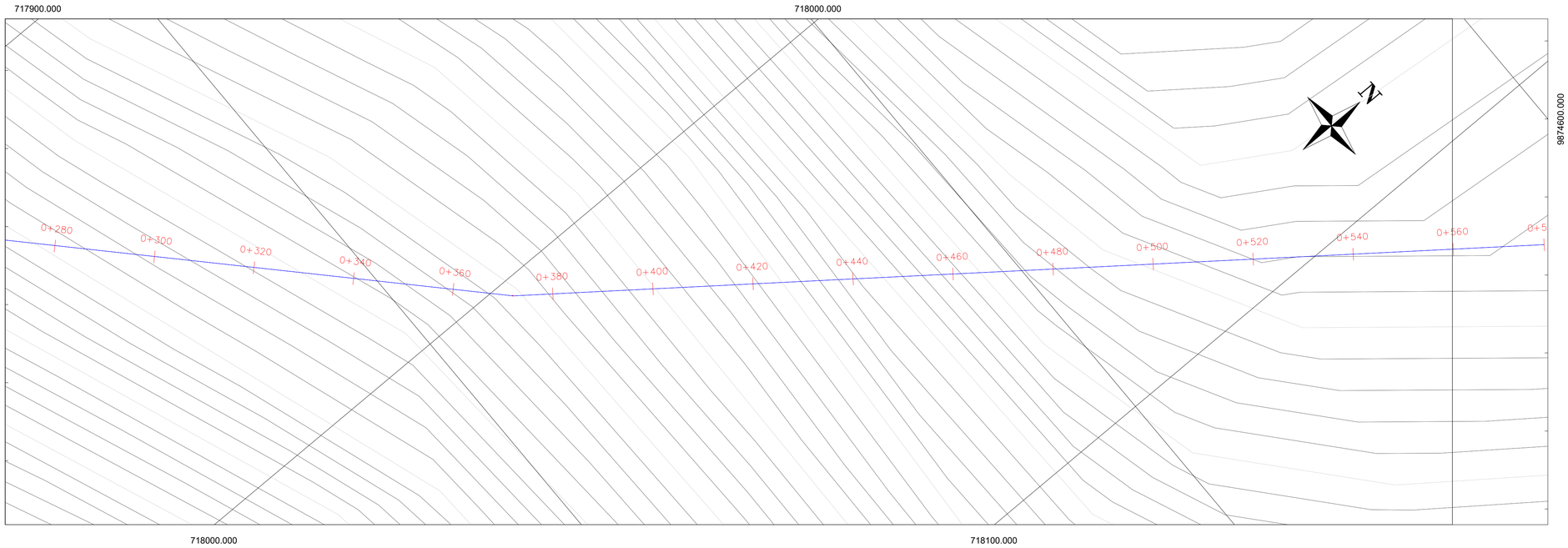
1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:850
3. SE OBSERVA EL RAMAL 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

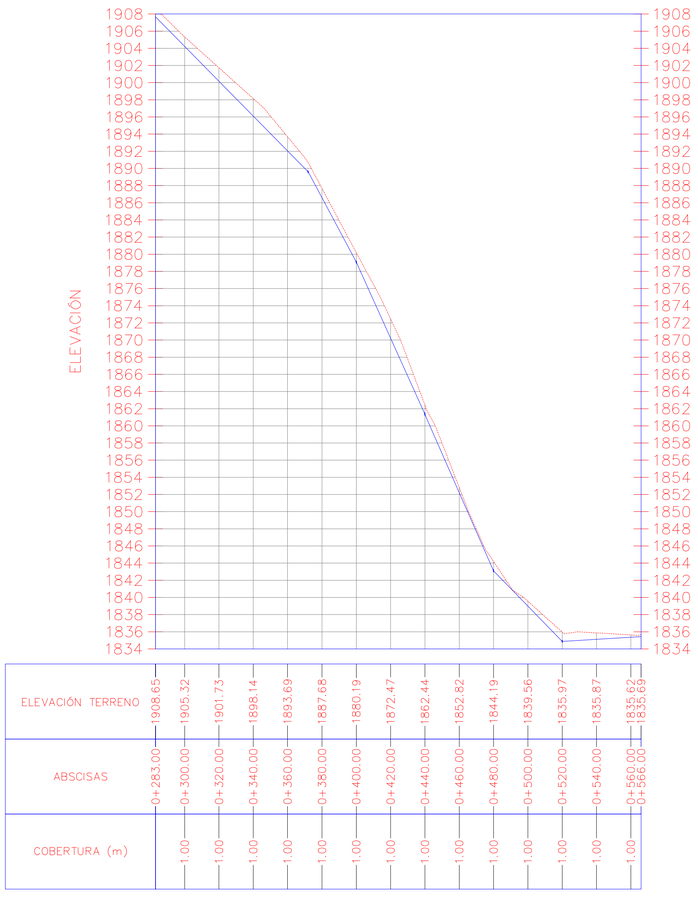
ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ





ELEVACIÓN TERRENO	1908.65	1905.32	1901.73	1898.14	1893.69	1887.68	1880.19	1872.47	1862.44	1852.82	1844.19	1839.56	1835.97	1835.87	1835.62	1835.69
ABSCISAS	0+283.00	0+300.00	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+480.00	0+500.00	0+520.00	0+540.00	0+560.00	0+566.00
COBERTURA (m)		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

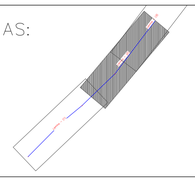
FORMATO:
A1

LÁMINA:
2/3

NOTAS:

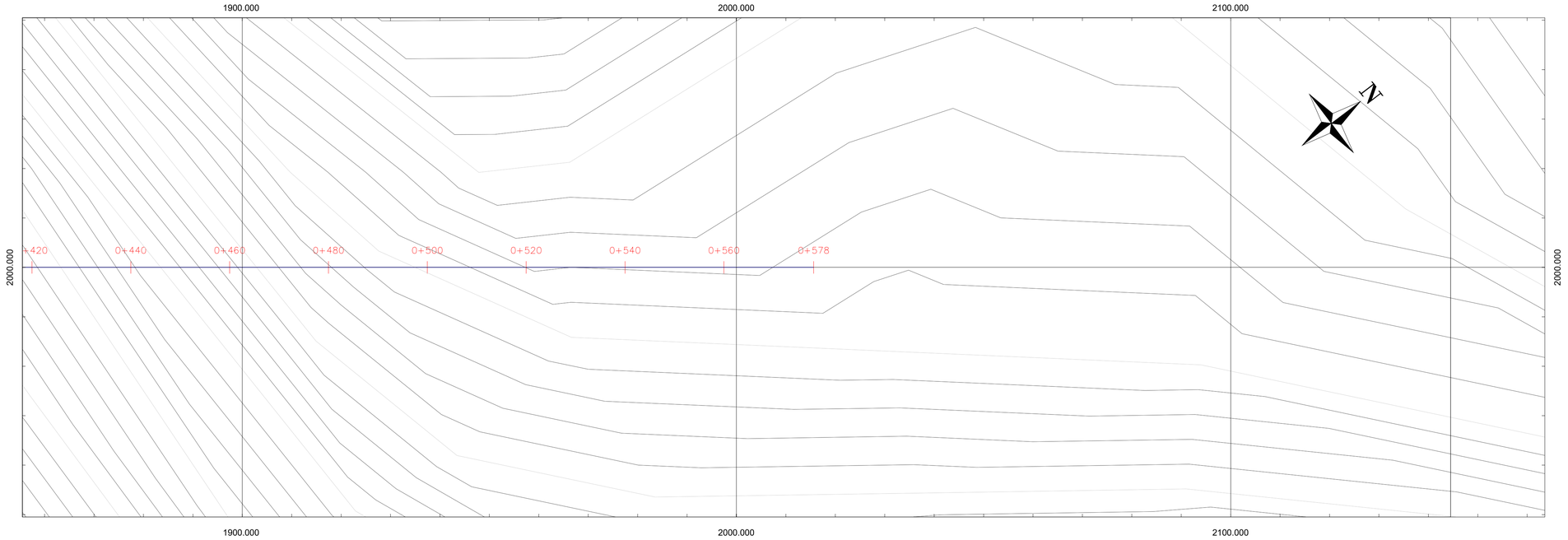
1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:1750
3. SE OBSERVA EL RAMAL 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

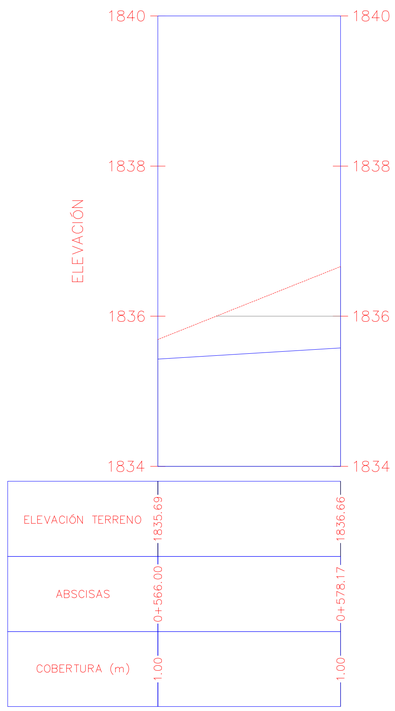
ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

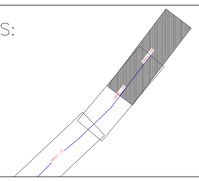
FORMATO:
A1

LÁMINA:
3/3

NOTAS:

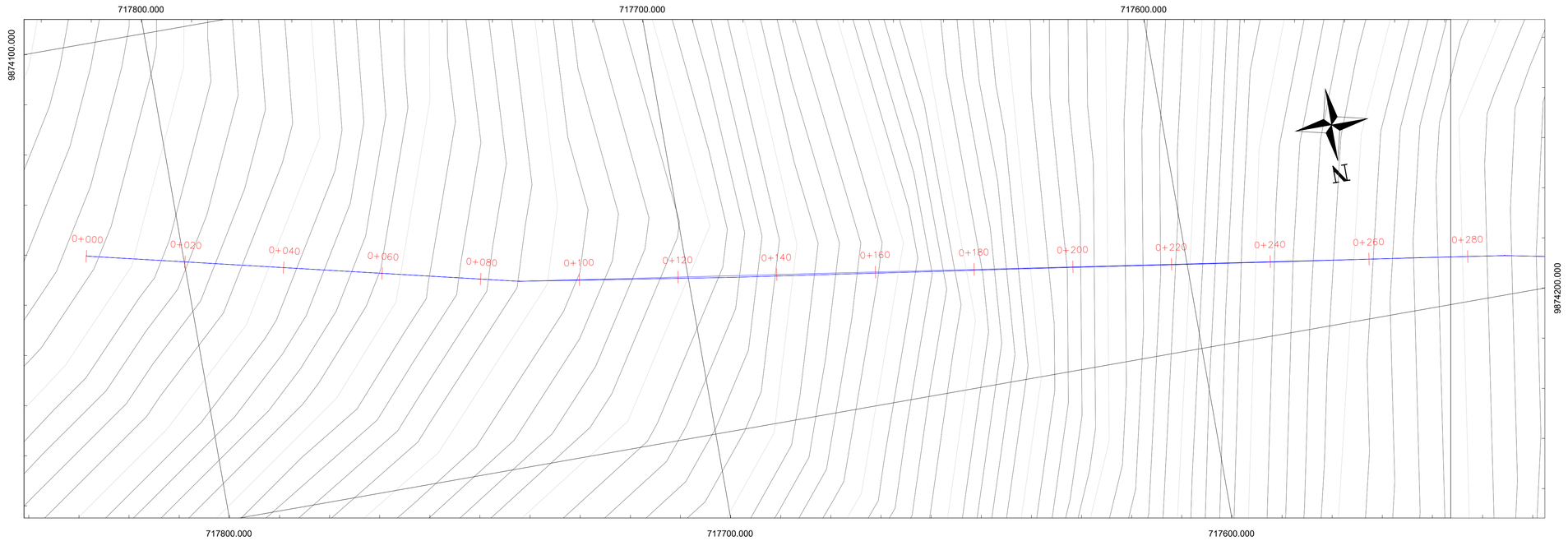
1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:200
3. SE OBSERVA EL RAMAL 1
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

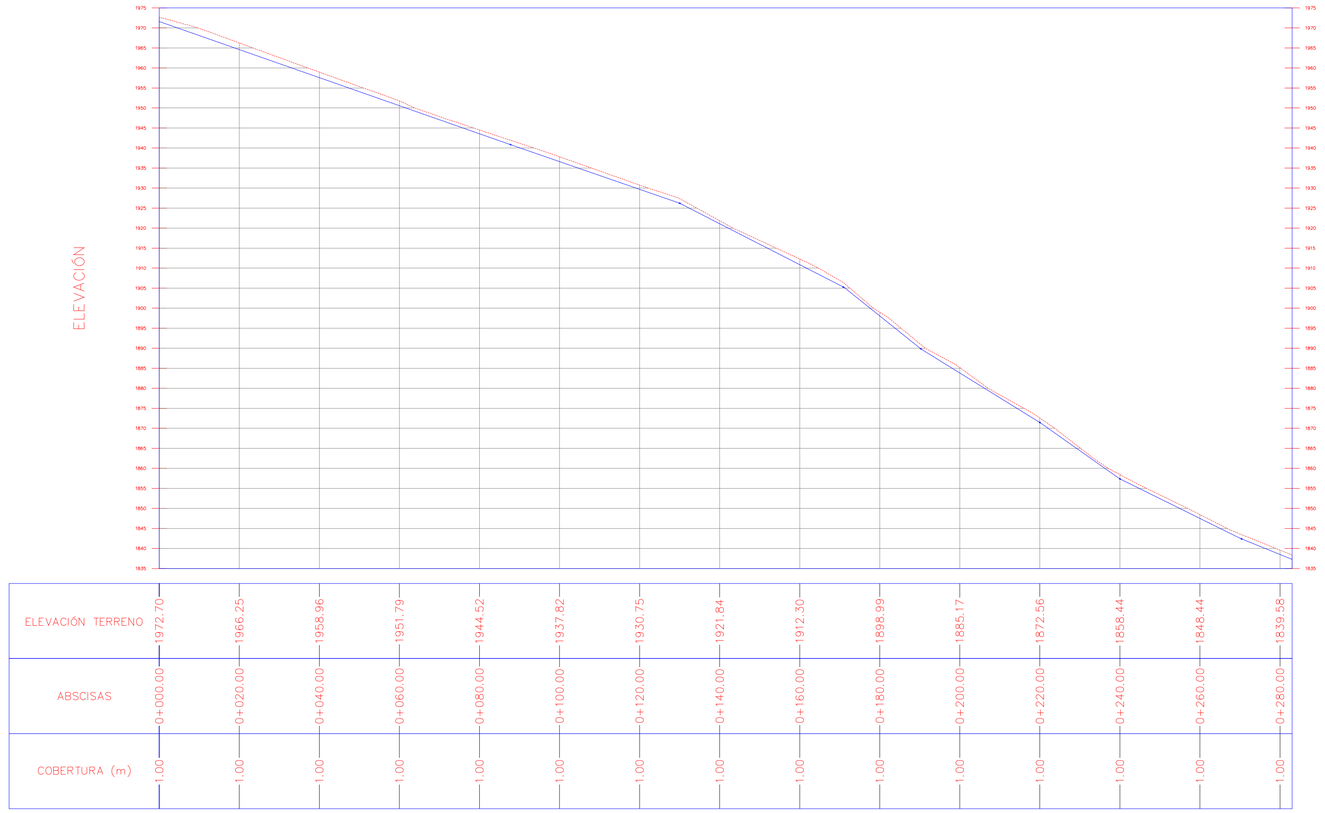
ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ





ELEVACIÓN TERRENO	1972.70	1966.25	1958.96	1951.79	1944.52	1937.82	1930.75	1921.84	1912.30	1898.99	1885.17	1872.56	1858.44	1848.44	1839.58
ABSCISAS	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+080.00	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+160.00	0+180.00	0+200.00	0+220.00	0+240.00	0+260.00	0+280.00
COBERTURA (m)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

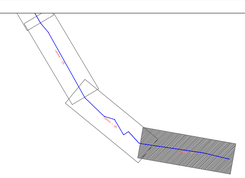
FORMATO:
A1

LÁMINA:
1/5

NOTAS:

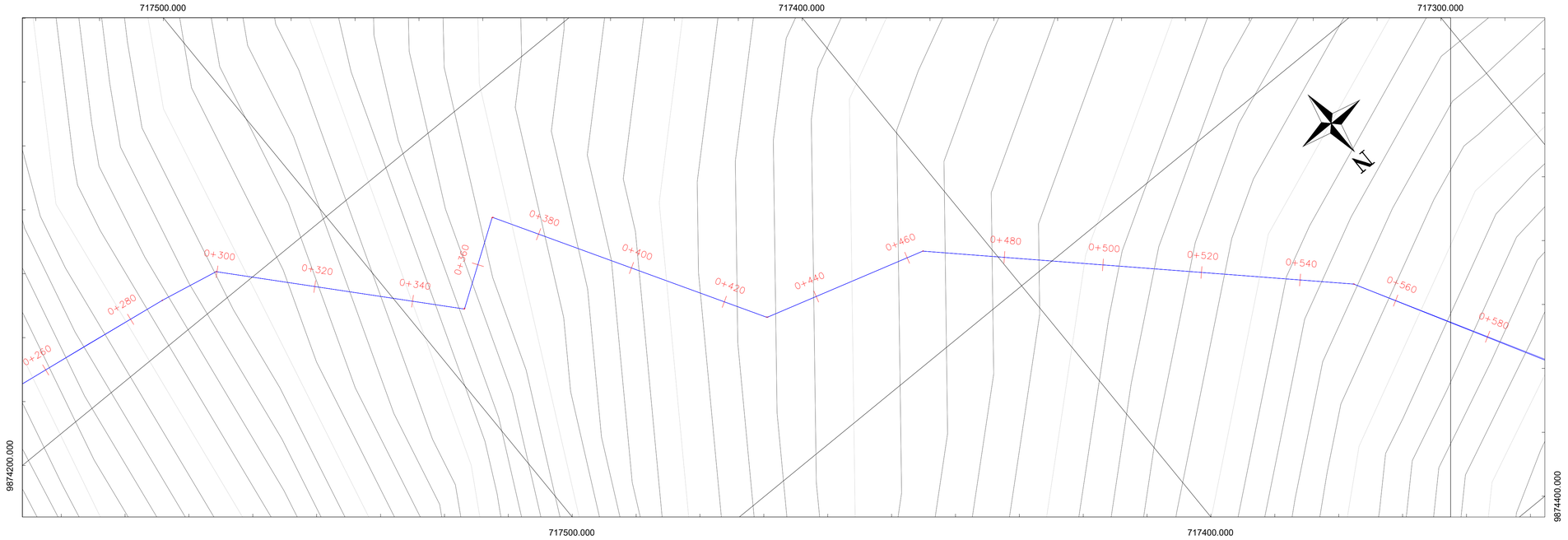
1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:750
3. SE OBSERVA EL RAMAL 2
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



ELEVACIÓN TERRENO	1838.37	1831.83	1826.25	1819.94	1812.89	1808.35	1802.51	1796.64	1791.84	1787.60	1783.45	1778.88	1773.27	1767.15	1761.55
ABSCISAS	0+283.00	0+300.00	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+480.00	0+500.00	0+520.00	0+540.00	0+560.00
COBERTURA (m)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

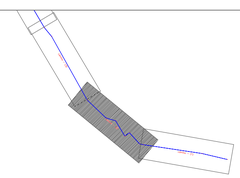
FORMATO:
A1

LÁMINA:
2/5

NOTAS:

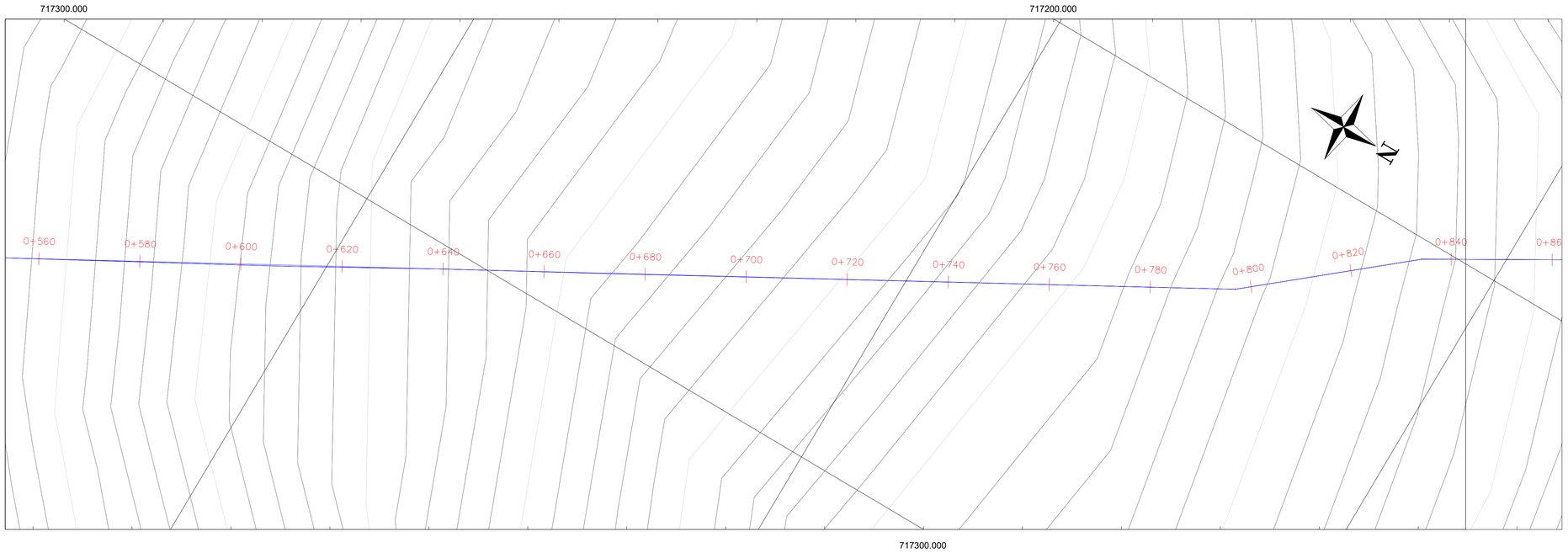
1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:650
3. SE OBSERVA EL RAMAL 2
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

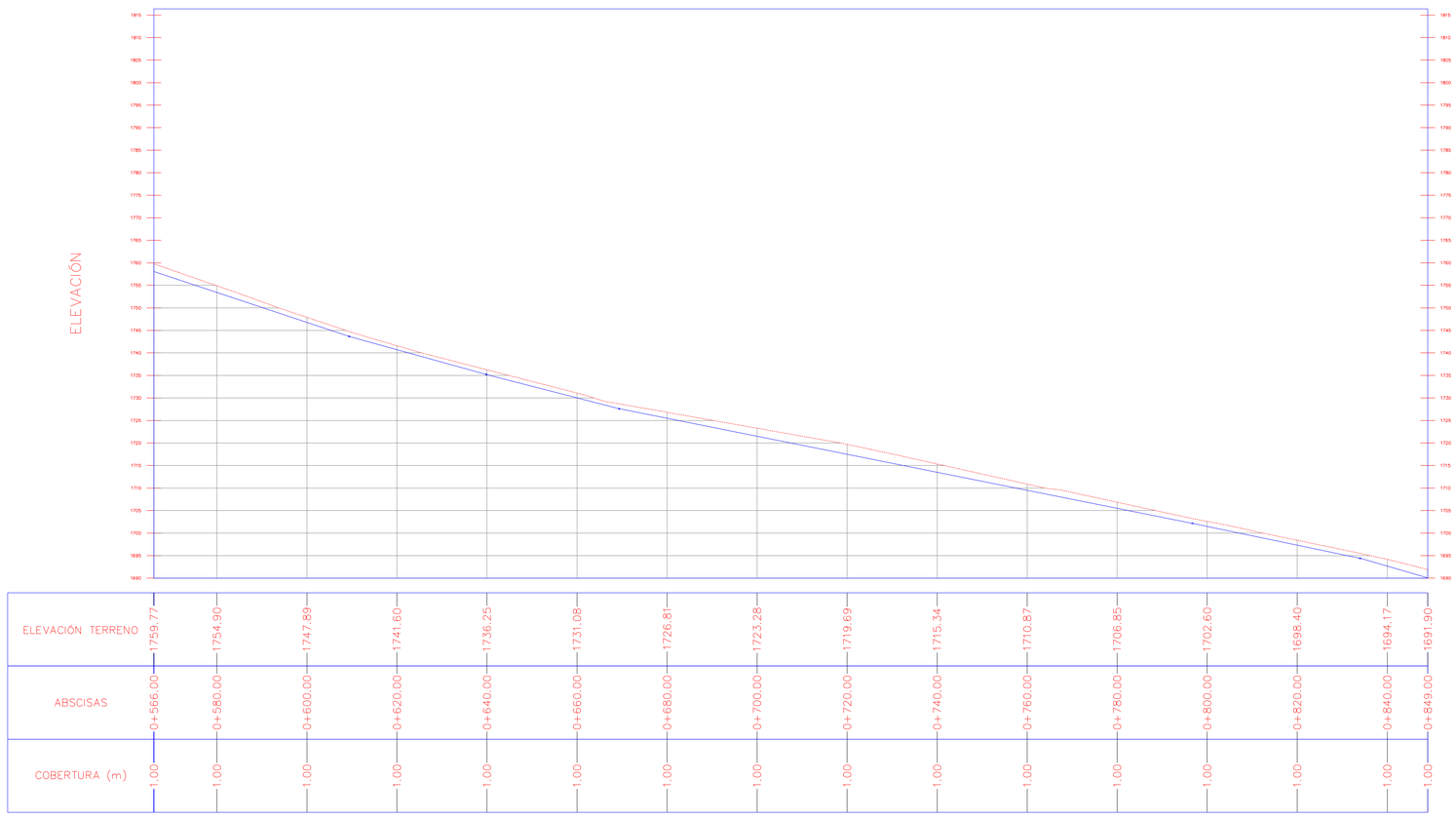
ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ





ELEVACIÓN TERRENO	1759.77	1754.90	1747.89	1741.60	1736.25	1731.08	1726.81	1723.28	1719.69	1715.34	1710.87	1706.85	1702.60	1698.40	1694.17	1691.90
ABSCISAS	0+566.00	0+580.00	0+600.00	0+620.00	0+640.00	0+660.00	0+680.00	0+700.00	0+720.00	0+740.00	0+760.00	0+780.00	0+800.00	0+820.00	0+840.00	0+849.00
COBERTURA (m)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

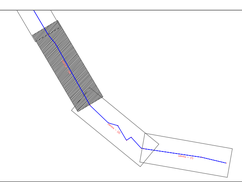
FORMATO:
A1

LÁMINA:
3/5

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:650
3. SE OBSERVA EL RAMAL 2
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

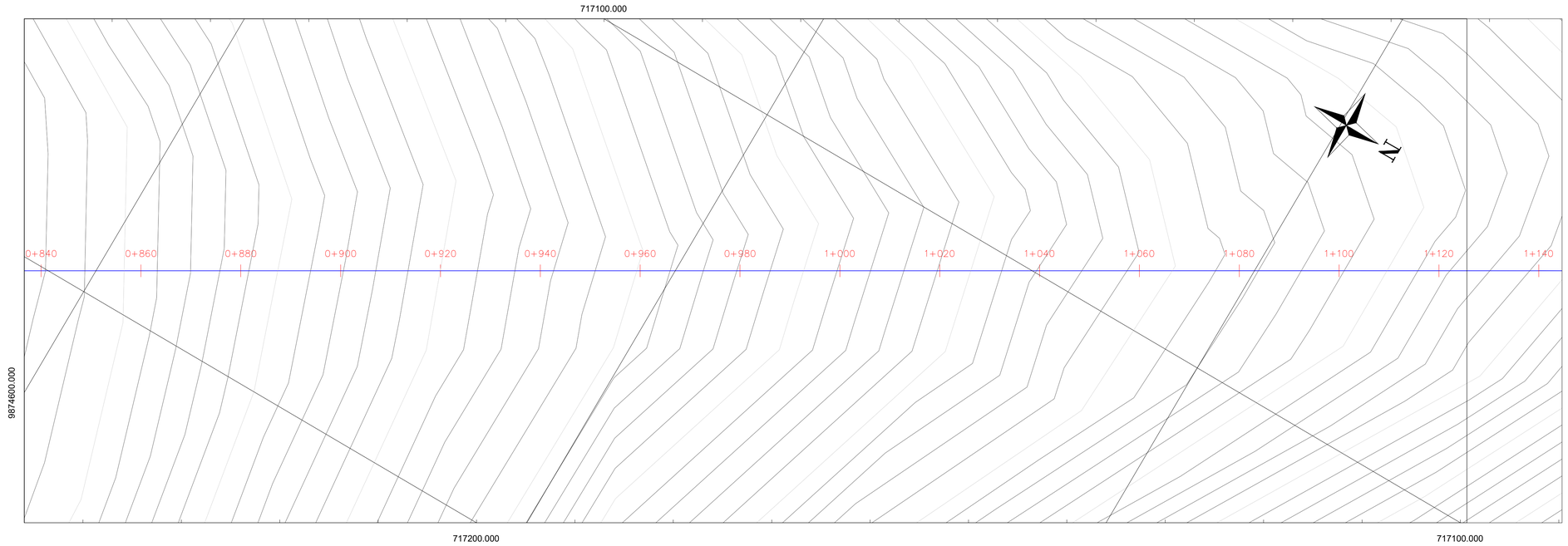


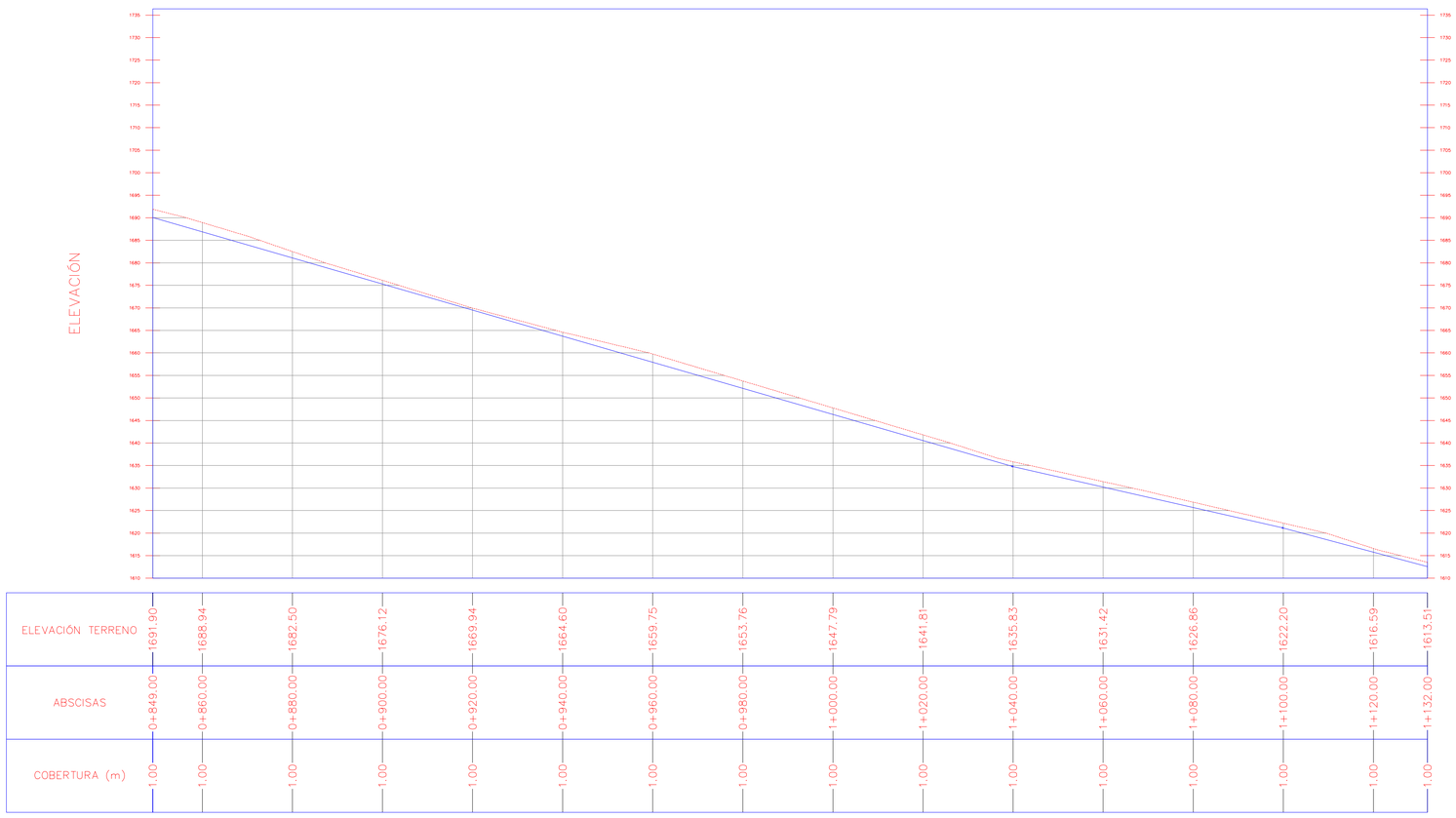
DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

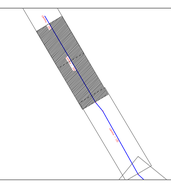
FORMATO:
A1

LÁMINA:
4/5

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:650
3. SE OBSERVA EL RAMAL 2
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

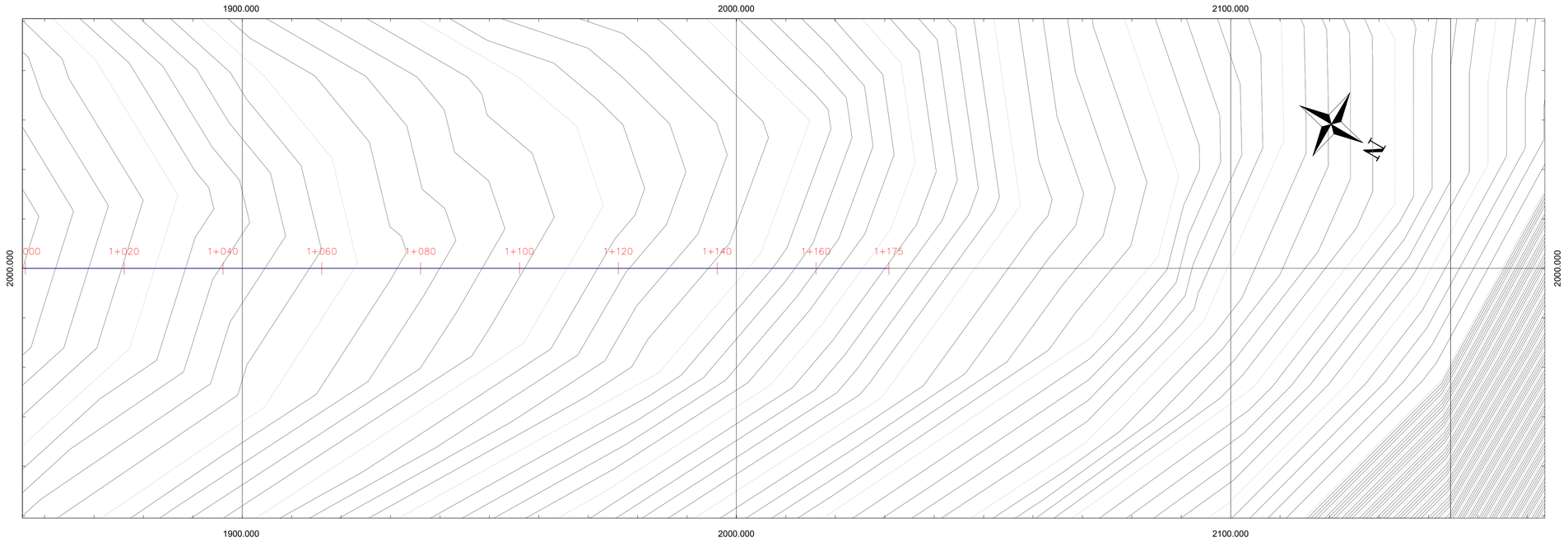


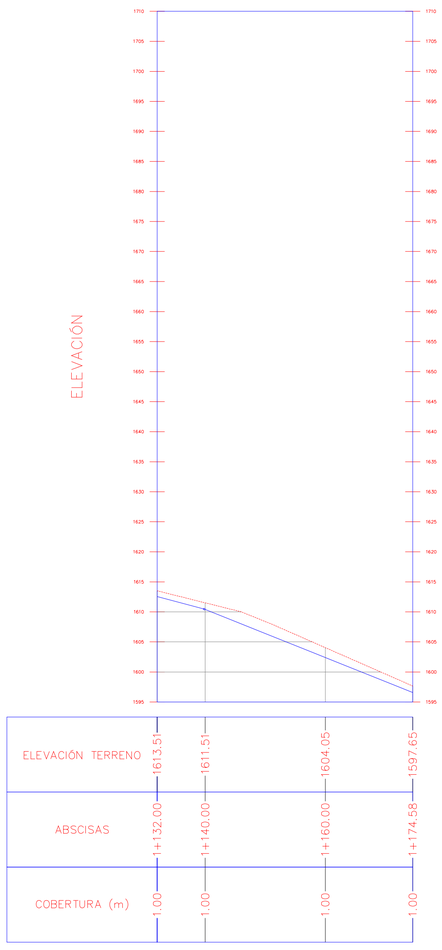
DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

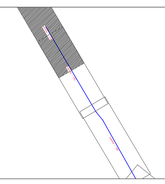
FORMATO:
A1

LÁMINA:
5/5

NOTAS:

1. ESCALA HORIZONTAL 1:500
2. ESCALA VERTICAL 1:500
3. SE OBSERVA EL RAMAL 2
4. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

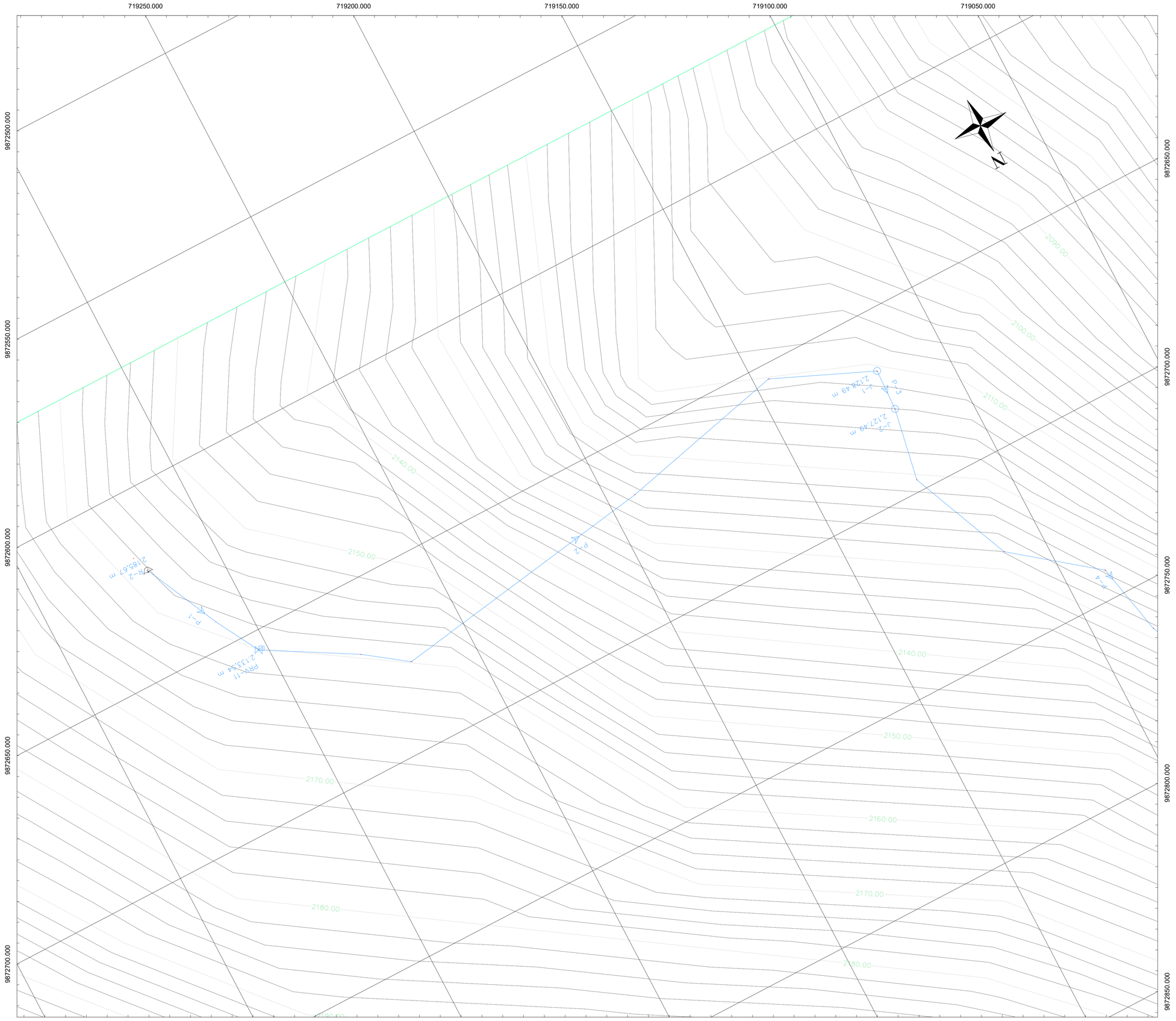


DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

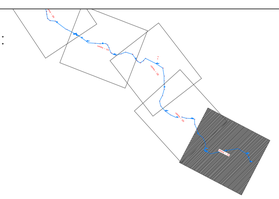
FORMATO:
A1

LÁMINA:
1/9

NOTAS:

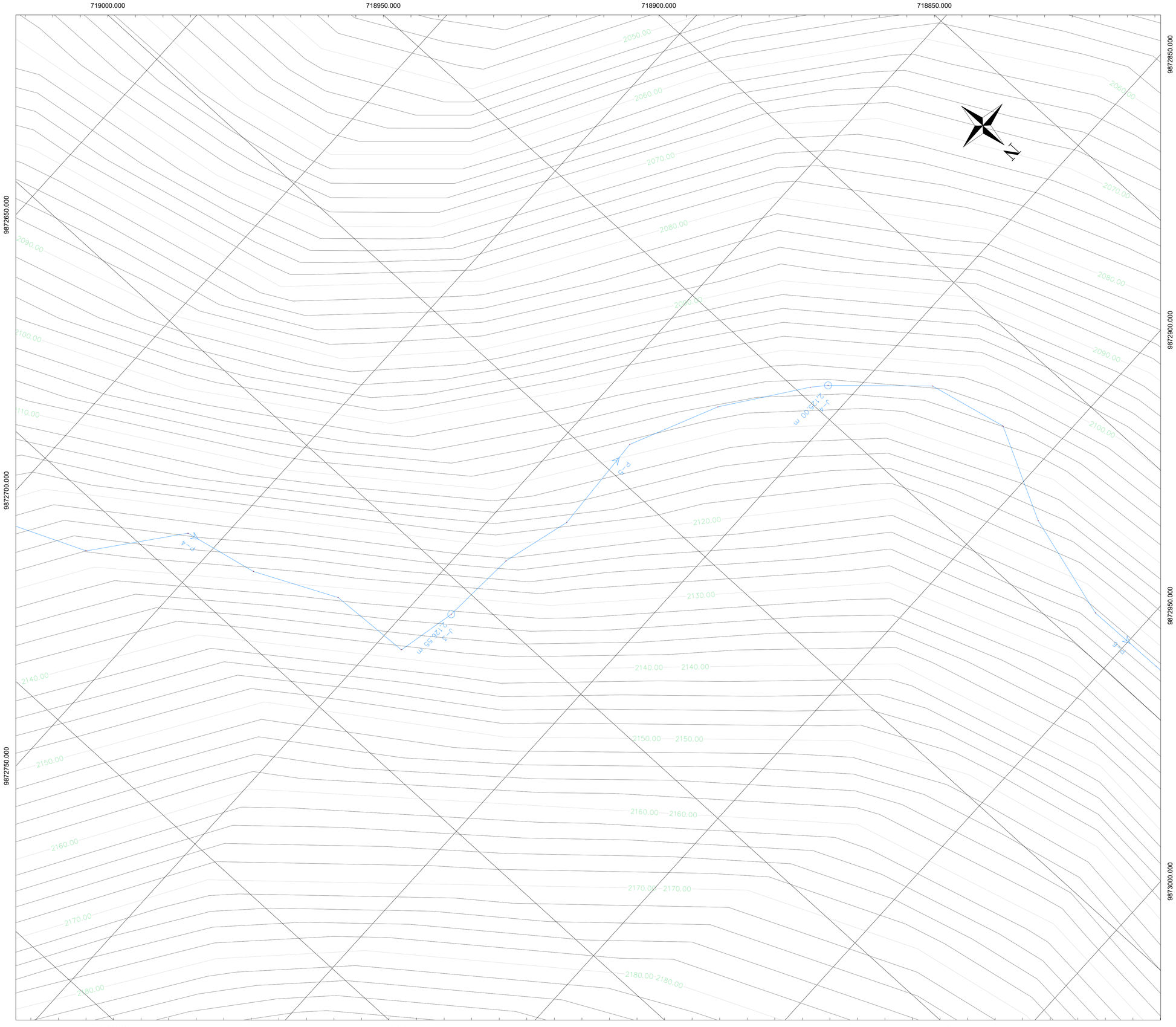
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

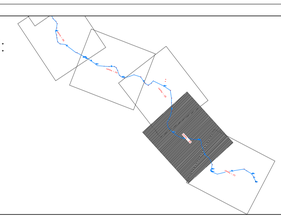
FORMATO:
A1

LÁMINA:
2/9

NOTAS:

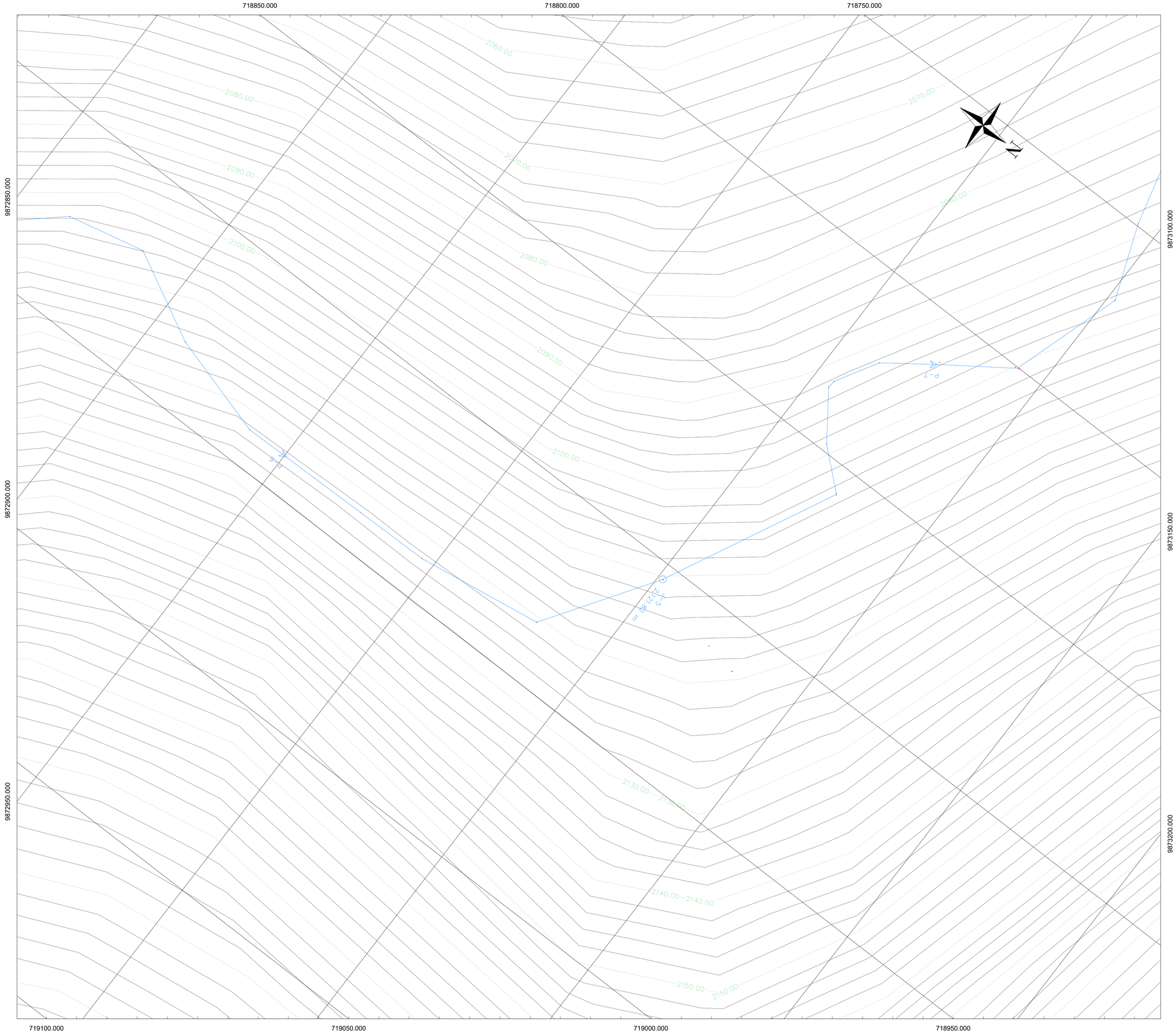
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

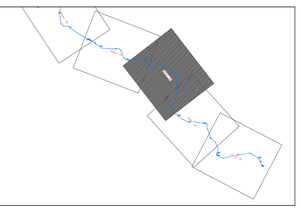
FORMATO:
A1

LÁMINA:
3/9

NOTAS:

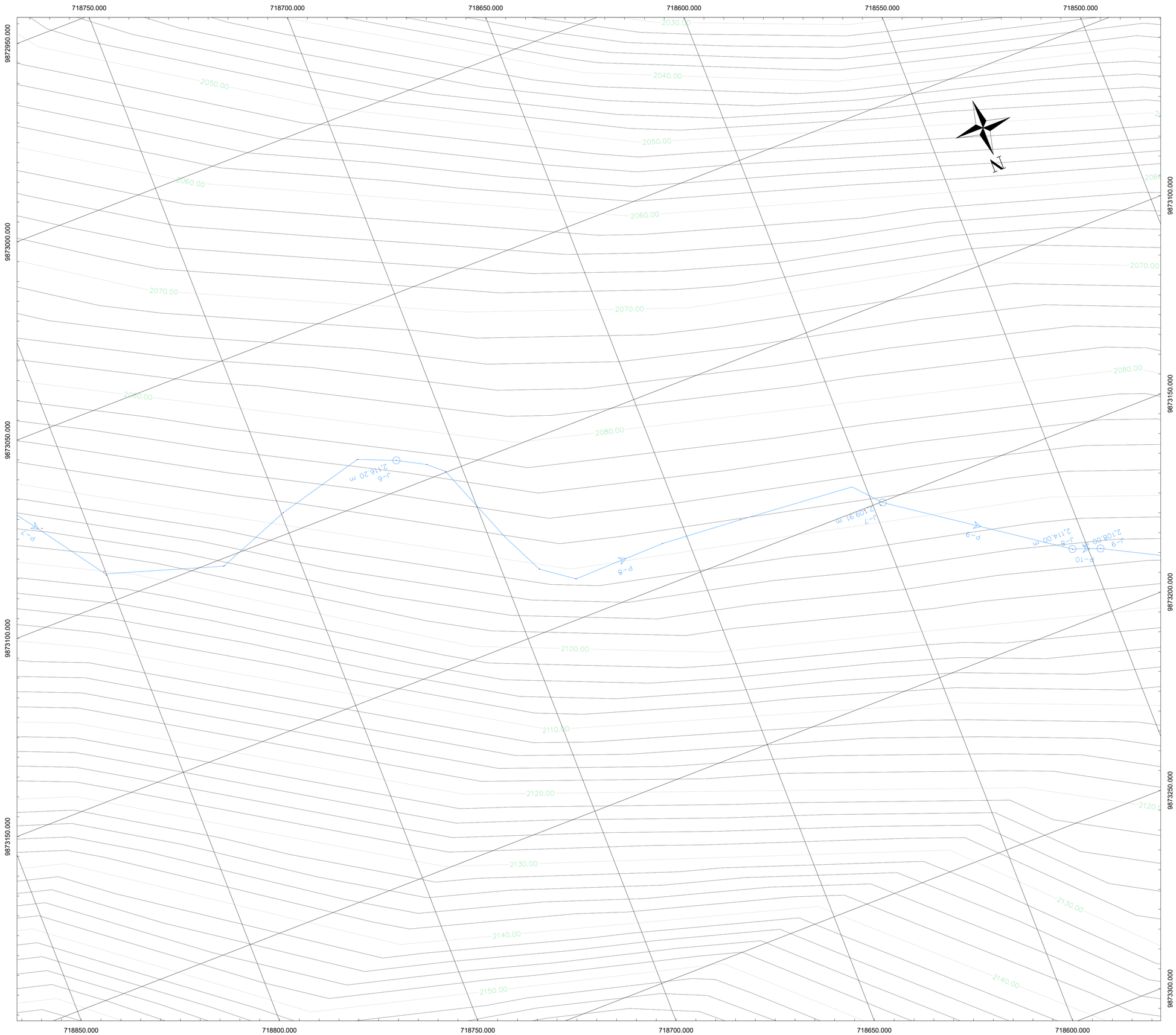
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

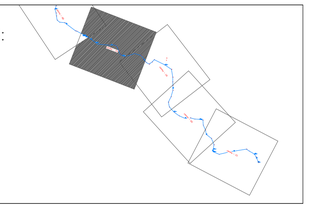
FORMATO:
A1

LÁMINA:
4/9

NOTAS:

1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

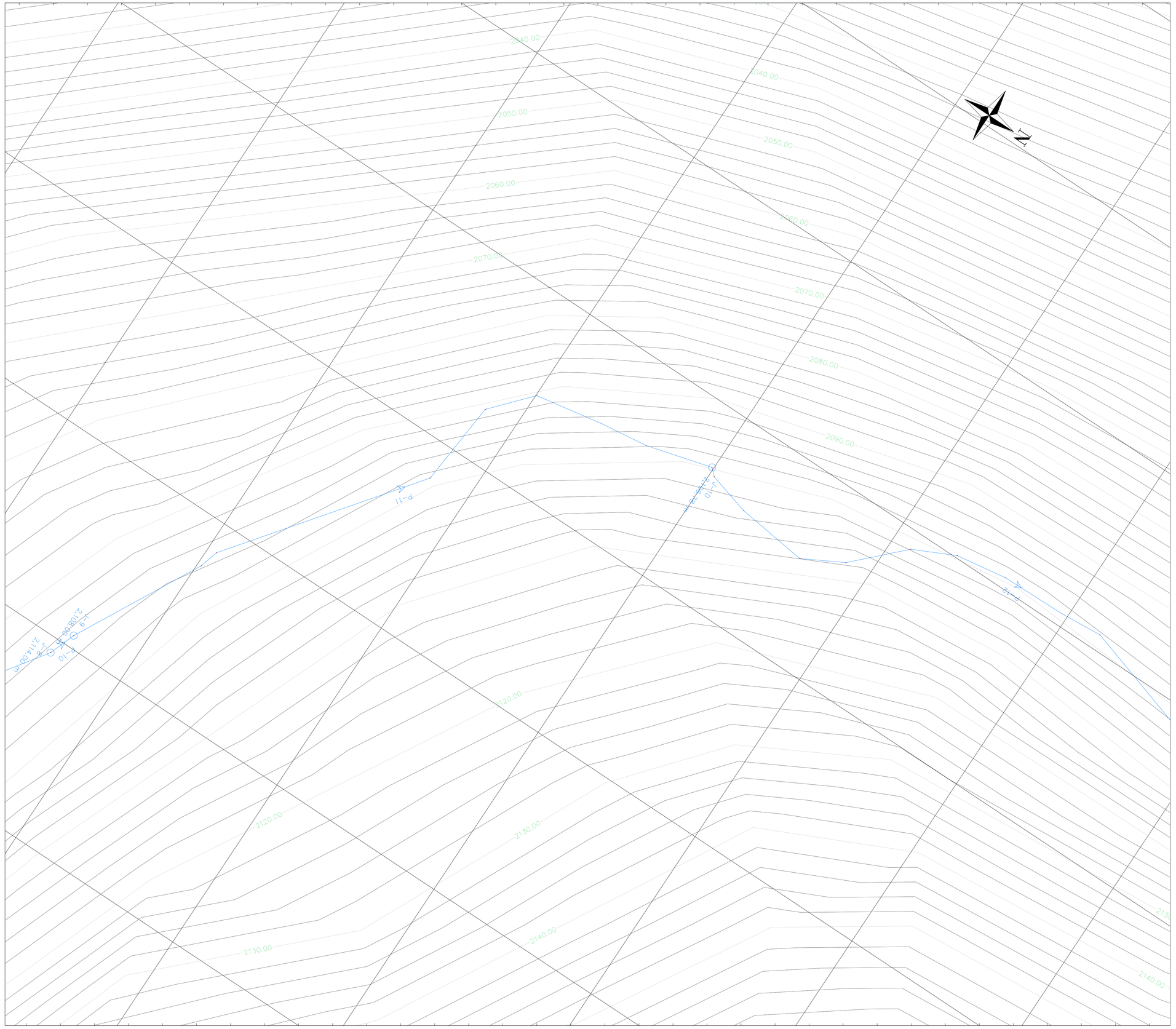
TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ

718400.000 718350.000 718300.000 718250.000

9873100.000 9873150.000 9873200.000 9873350.000 9873400.000 9873450.000

718600.000 718550.000 718500.000



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

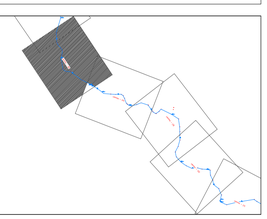
FORMATO:
A1

LÁMINA:
5/9

NOTAS:

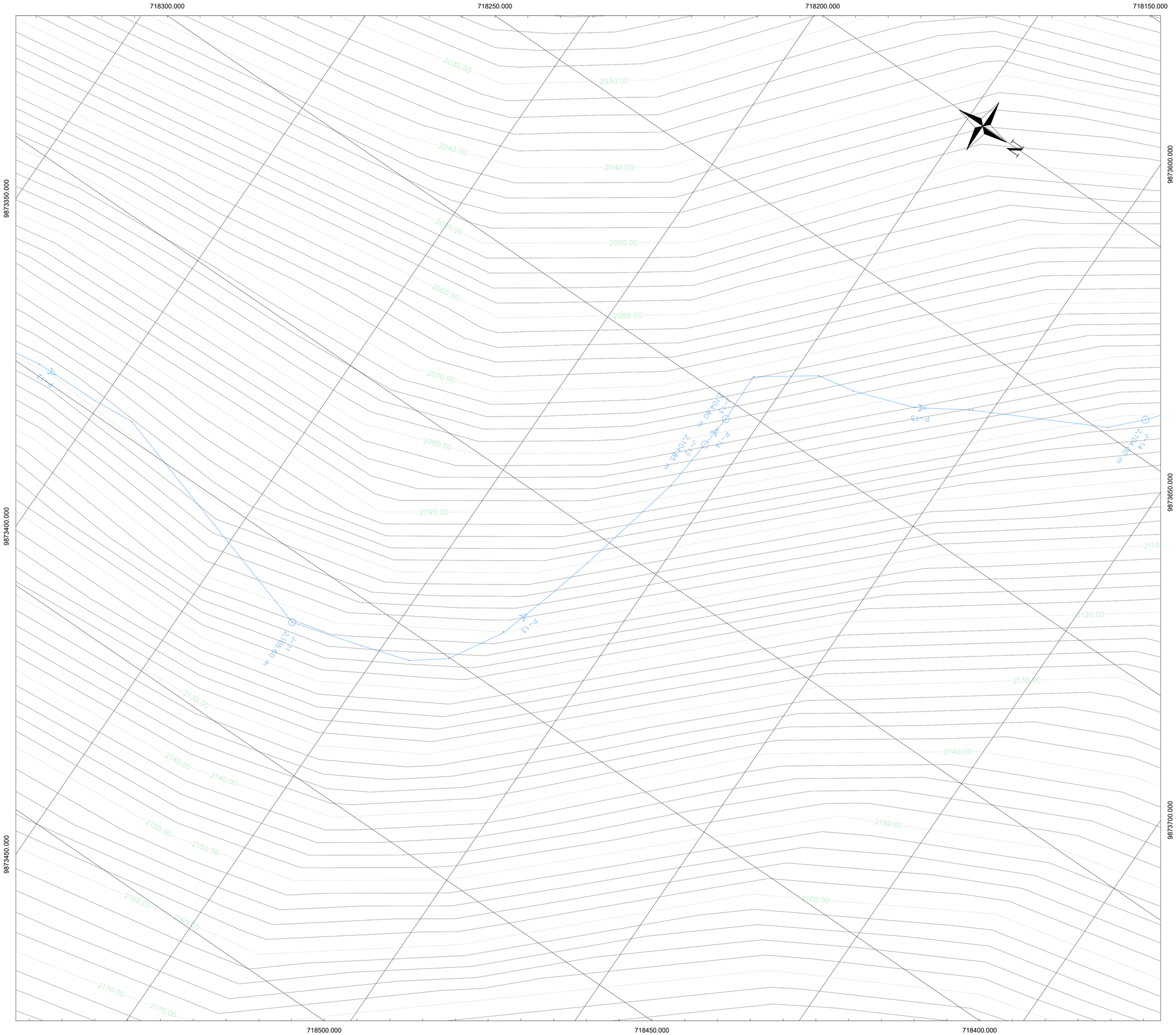
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

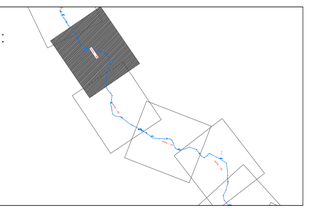
FORMATO:
A1

LÁMINA:
6/9

NOTAS:

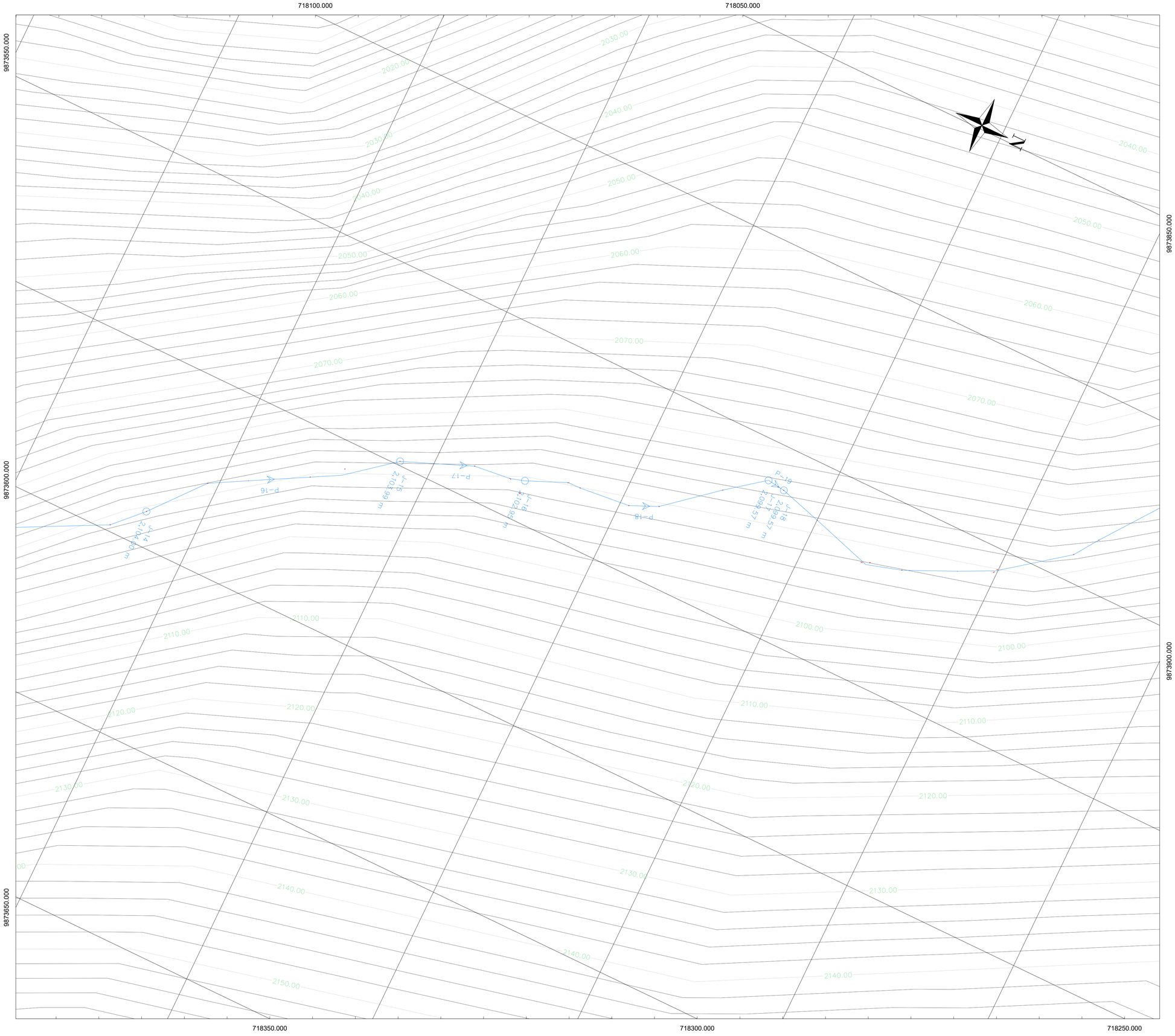
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

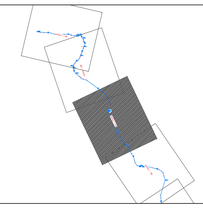
FORMATO:
A1

LÁMINA:
7/9

NOTAS:

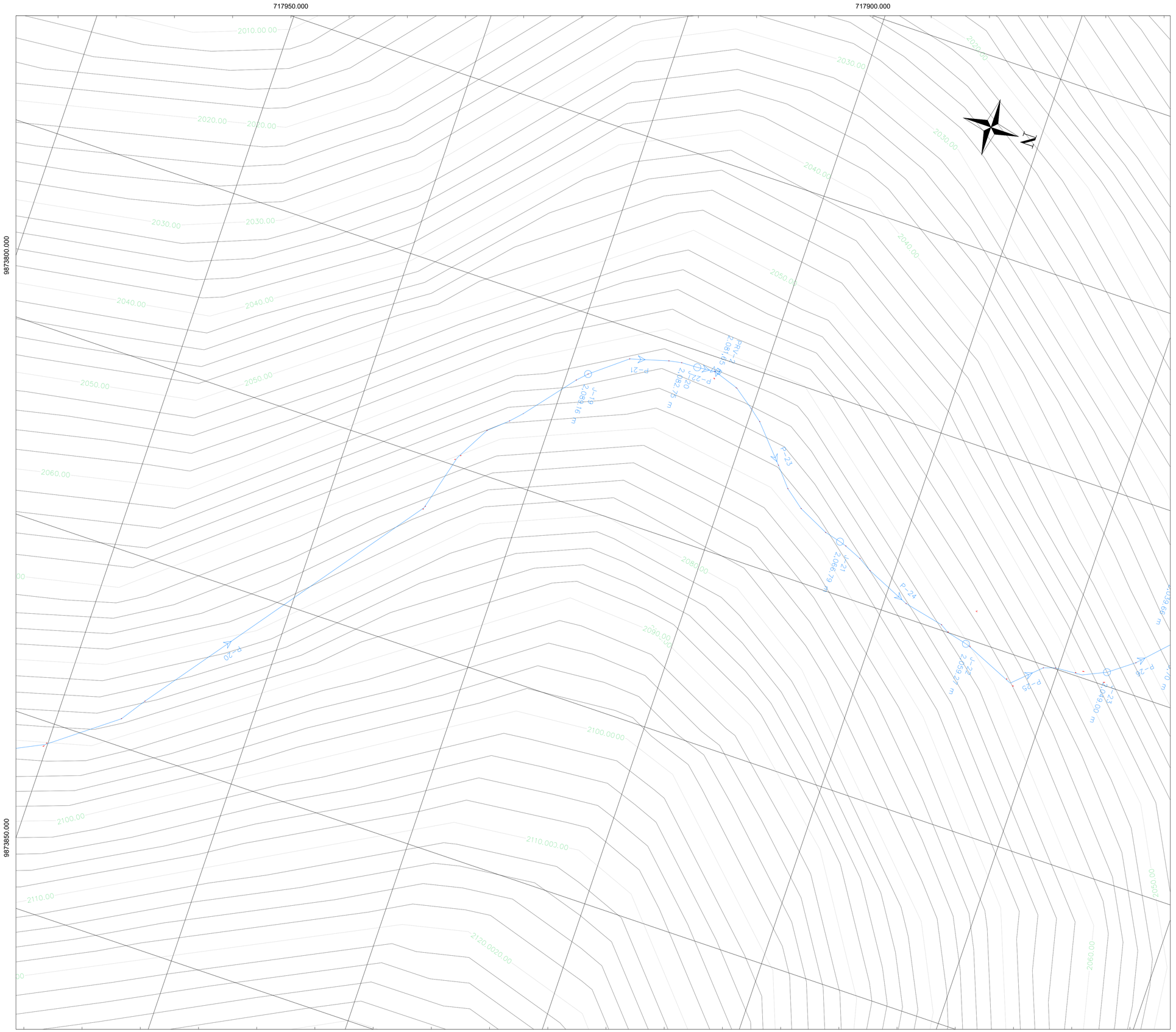
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

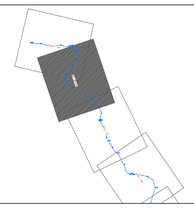
FORMATO:
A1

LÁMINA:
8/9

NOTAS:

1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

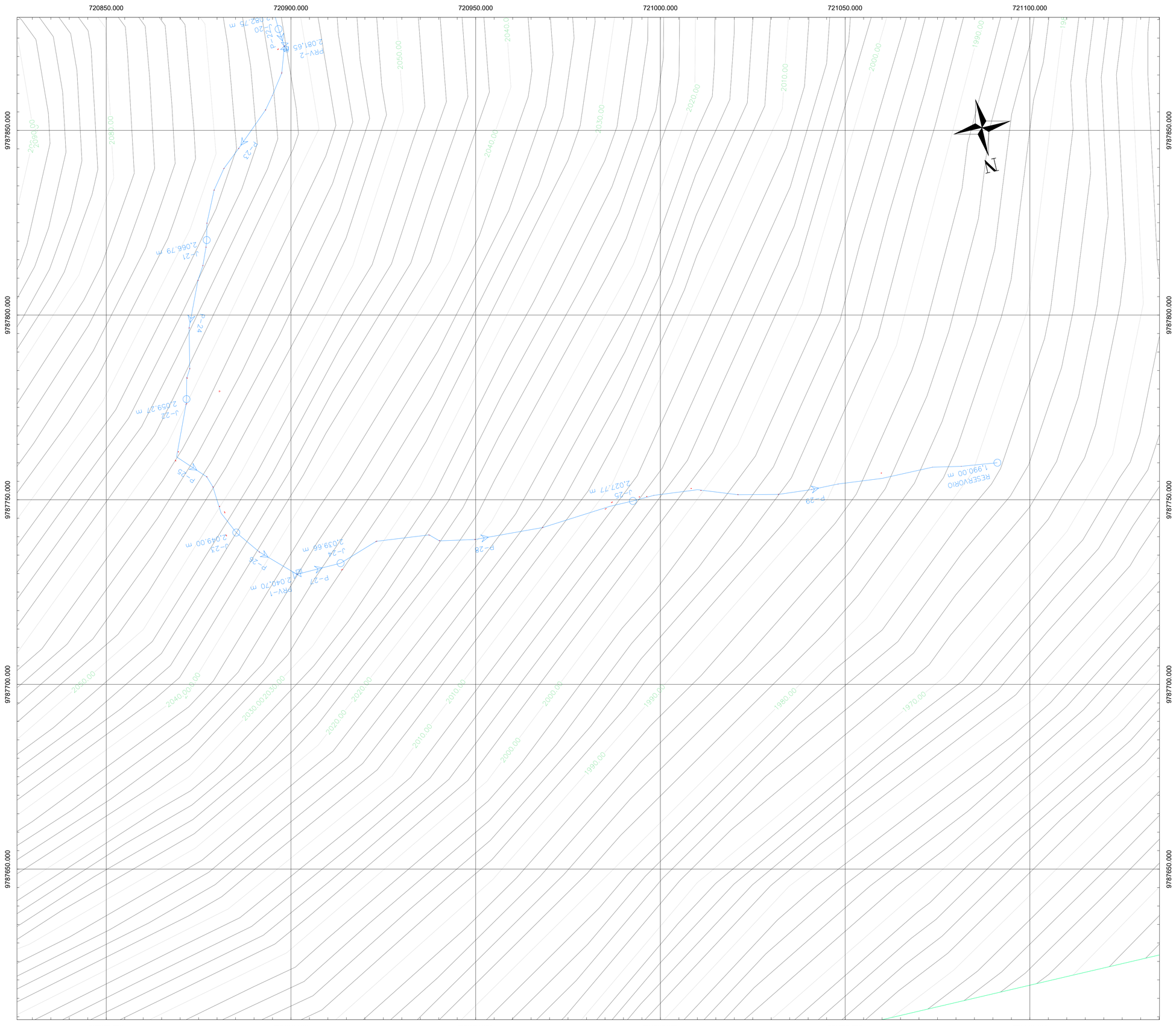


DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

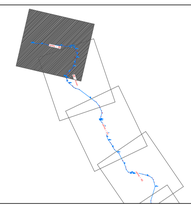
FORMATO:
A1

LÁMINA:
9/9

NOTAS:

1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA LA CONDUCCIÓN 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:

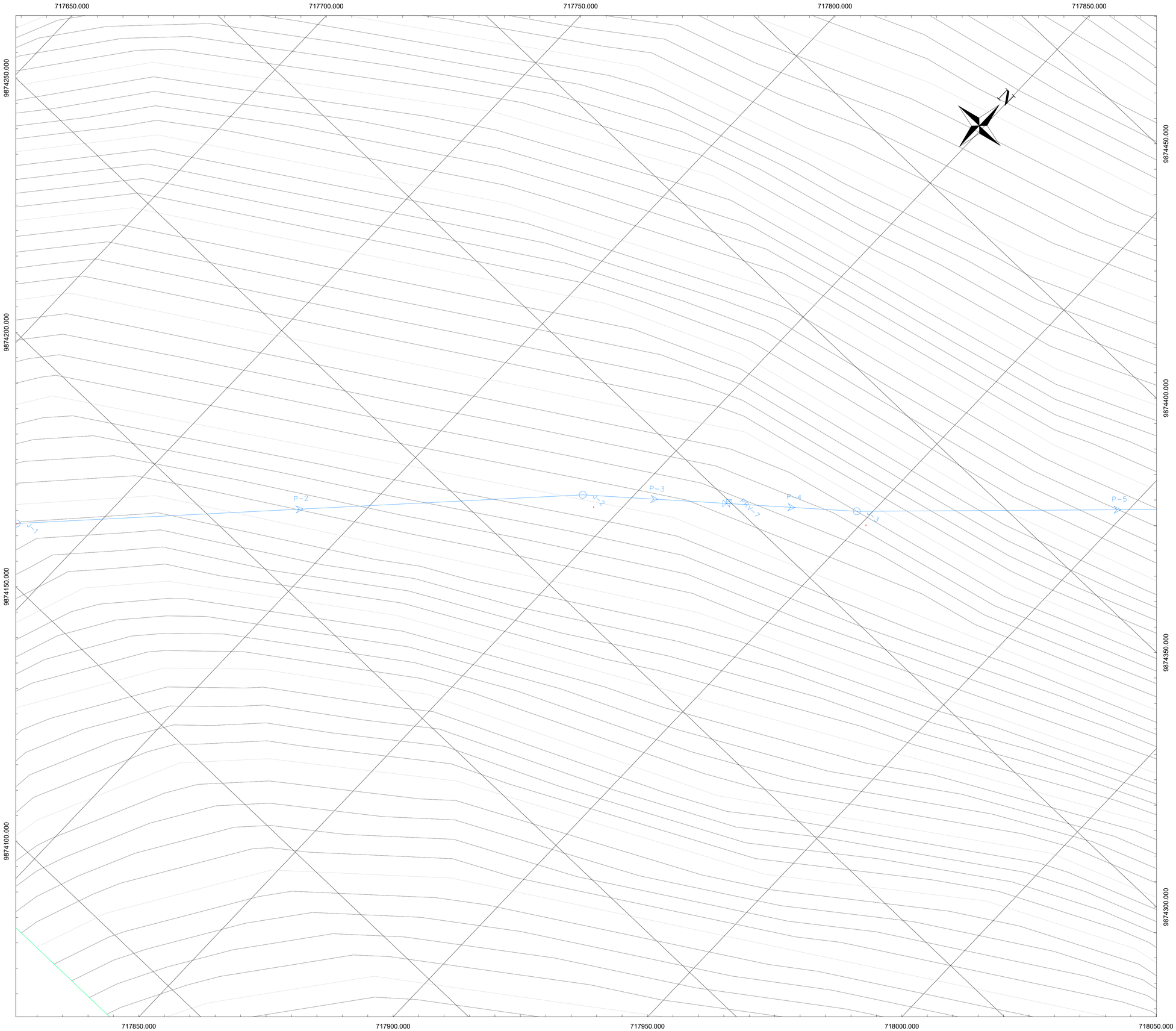


DISEÑO Y DIBUJO:

DANIA COSTALES

TUTOR:

ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

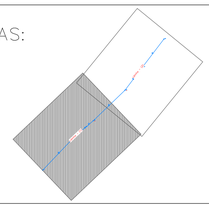
FORMATO:
A1

LÁMINA:
1/2

NOTAS:

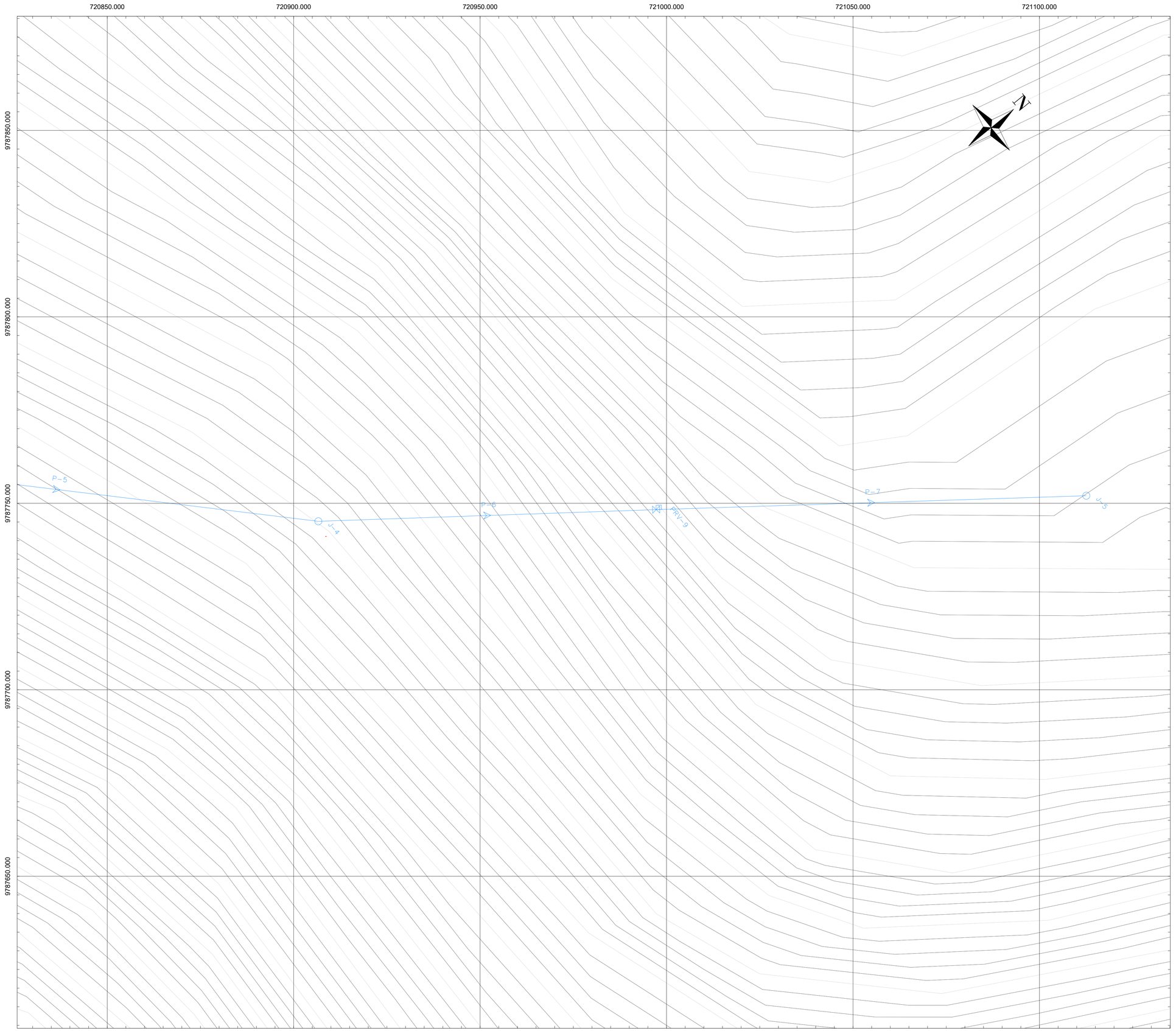
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA EL RAMAL 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

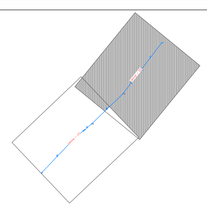
FORMATO:
A1

LÁMINA:
2/2

NOTAS:

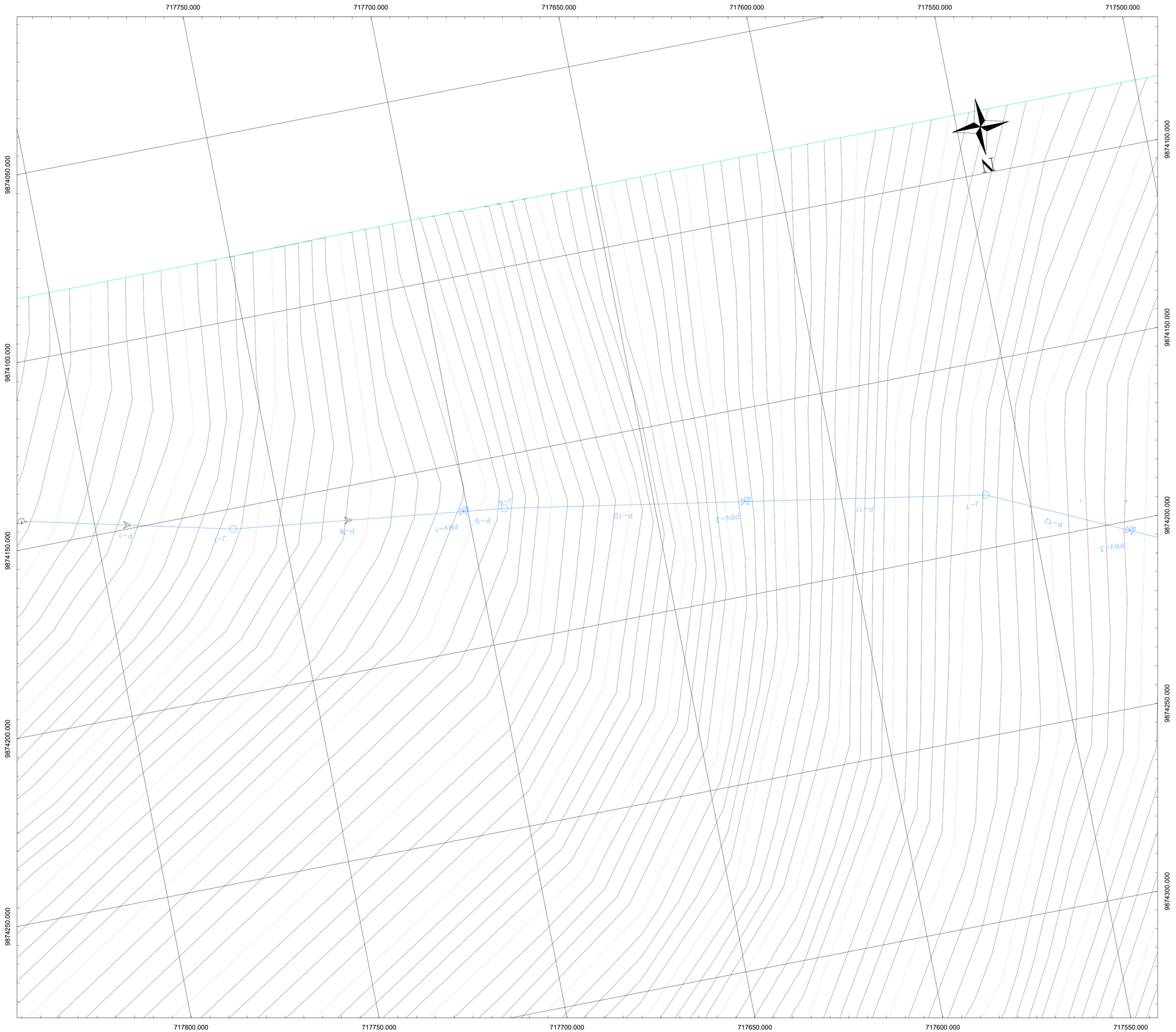
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA EL RAMAL 1
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

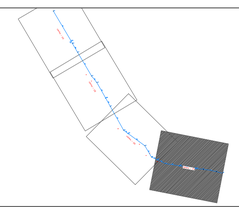
FORMATO:
A1

LÁMINA:
1/4

NOTAS:

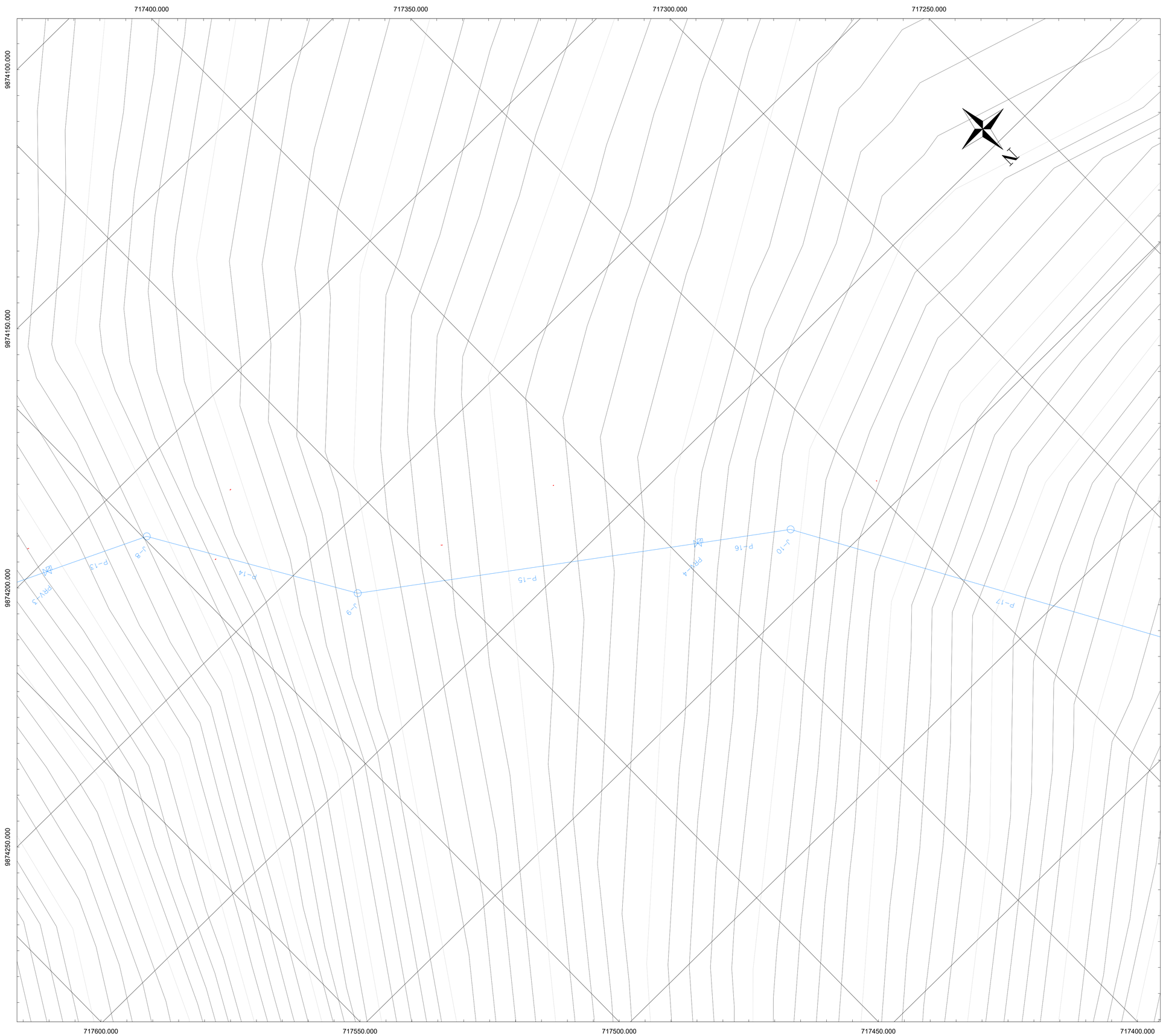
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA EL RAMAL 2
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

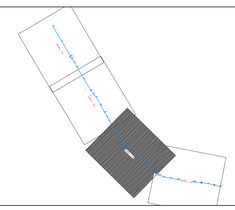
FORMATO:
A1

LÁMINA:
2/4

NOTAS:

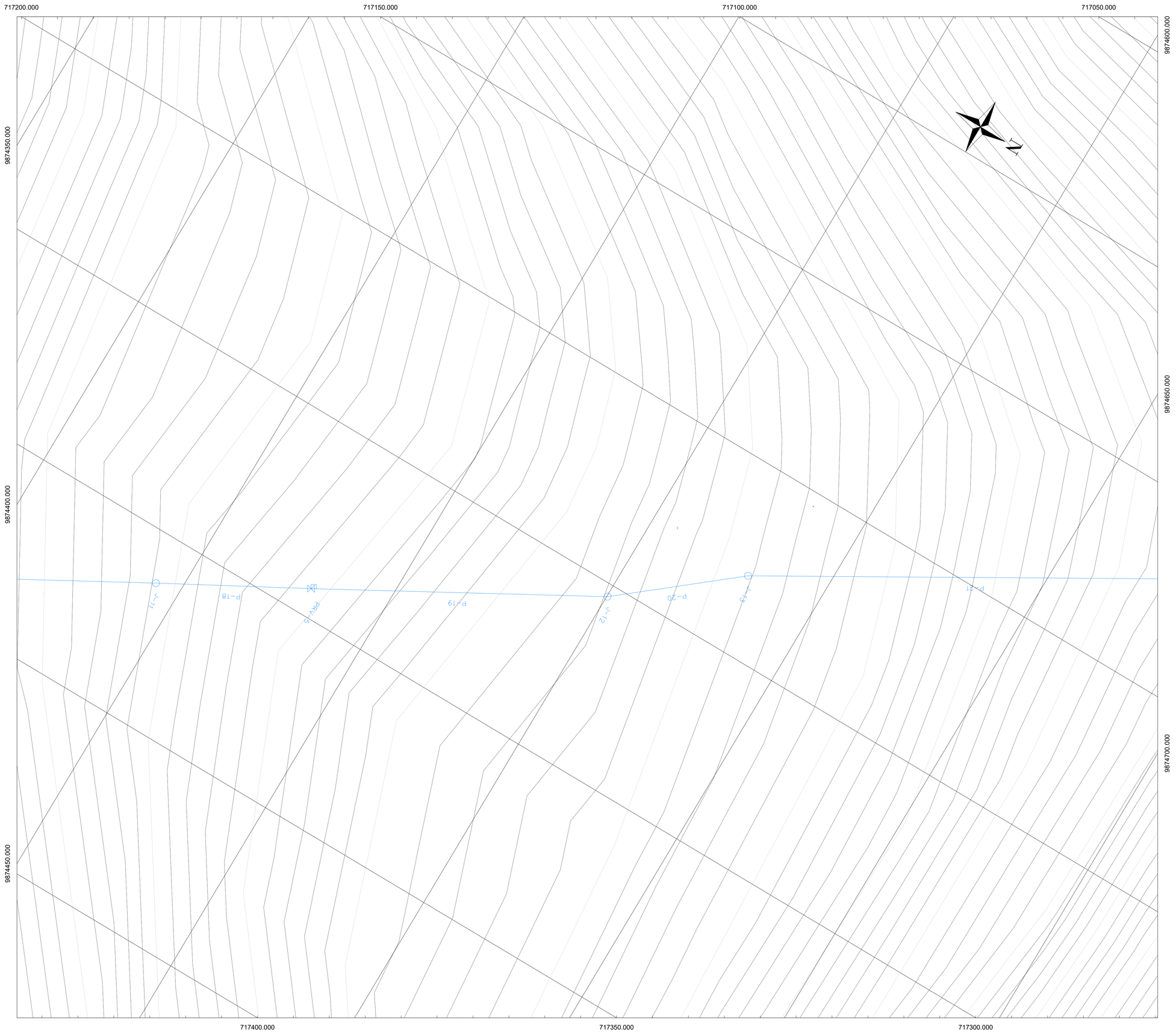
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA EL RAMAL 2
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

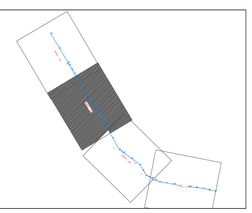
FORMATO:
A1

LÁMINA:
3/4

NOTAS:

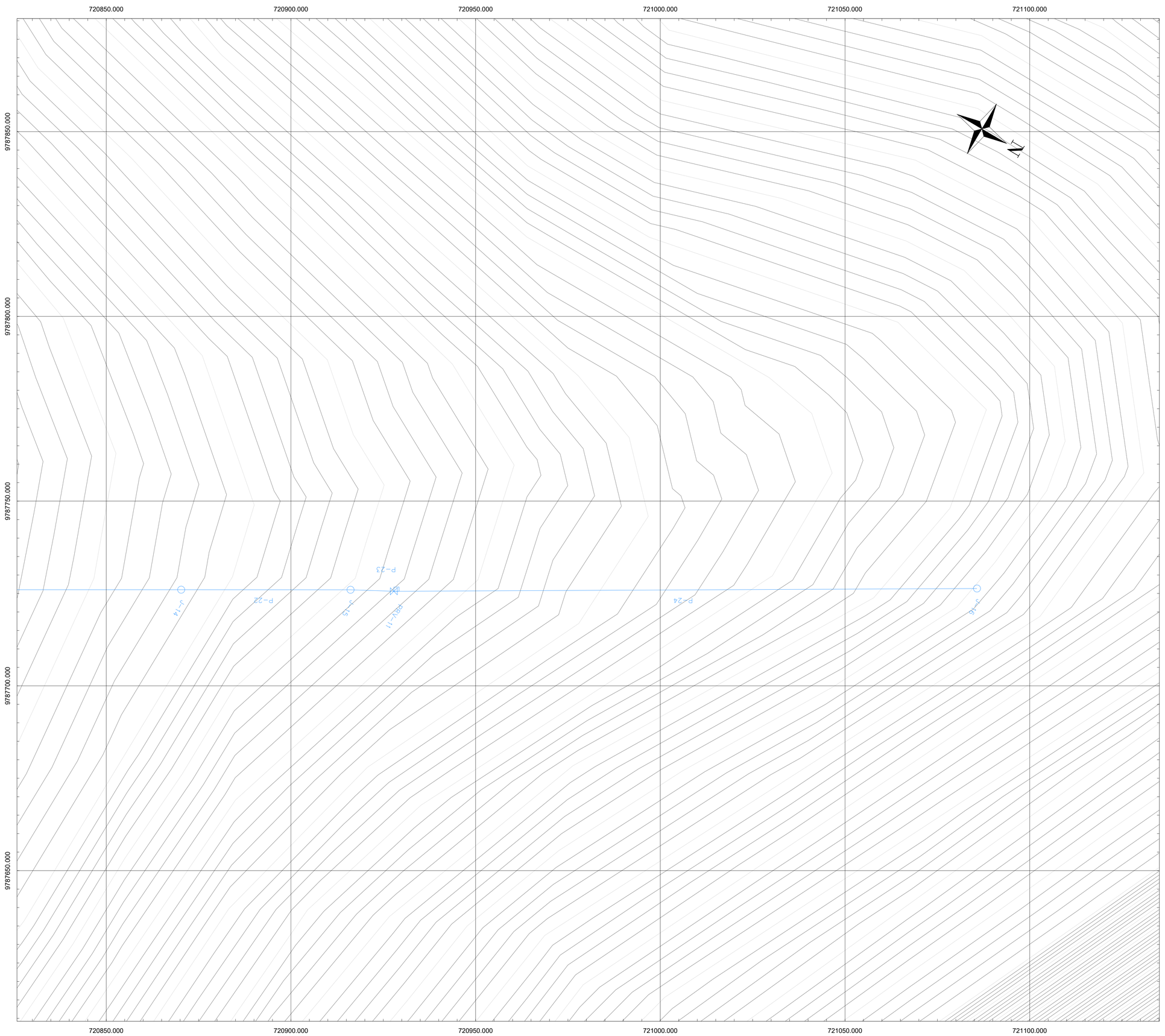
1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA EL RAMAL 2
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

ORDEN LÁMINAS:



DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

SIMBOLOGÍA

○	NODOS
	CAPTACIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	PERFIL DEL TERRENO
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	RESERVORIO
TRP	TANQUE ROMPE PRESIÓN
V	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE PURGA
	CONEXIÓN PARCELA – RED

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACA–EL CORAZÓN– PANGUA– COTOPAXI

FECHA:
AGOSTO 2022

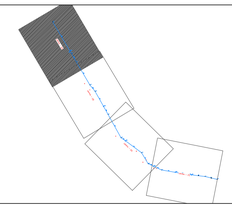
FORMATO:
A1

LÁMINA:
4/4

NOTAS:

1. ESCALA 1:500
2. SE OBSERVA EL RAMAL 2
3. LA TUBERÍA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ ENTERRADA A 1,00m.

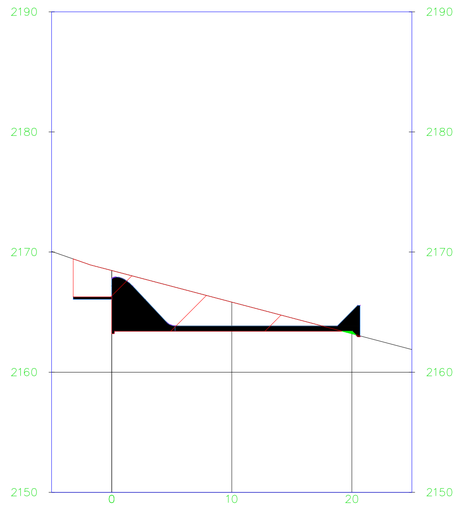
ORDEN LÁMINAS:



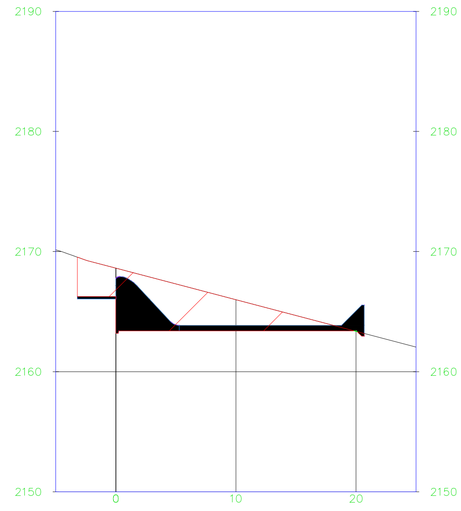
DISEÑO Y DIBUJO:
DANIA COSTALES

TUTOR:
ING. EDDY SÁNCHEZ

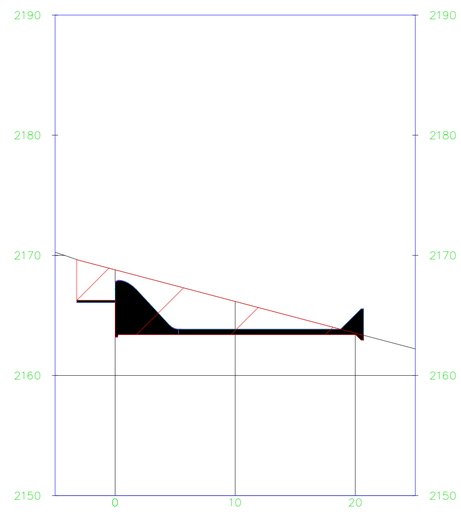
0+001.00



0+002.00



0+003.00



Material estación 0+001.00

Nombre material	Área	Volumen	Volumen acumulado
Corte	57.08	0.00	0.00
Relleno	0.12	0.00	0.00

Material estación 0+002.00

Nombre material	Área	Volumen	Volumen acumulado
Corte	60.95	59.01	59.01
Relleno	0.01	0.06	0.06

Material estación 0+003.00

Nombre material	Área	Volumen	Volumen acumulado
Corte	64.97	62.96	121.97
Relleno	0.00	0.00	0.07

Tabla de materiales

Estación	Área de relleno	Área de corte	Volumen de relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno acumulado	Voumen de corte acumulado
0+001.00	0.12	57.08	0.00	0.00	0.00	0.00
0+002.00	0.01	60.95	0.06	59.01	0.06	59.01
0+003.00	0.00	64.97	0.00	62.96	0.07	121.97

PUCE

DISEÑO Y DIBUJO POR: Dania Costales

FIRMA TUTOR: Ing. Eddy Sánchez

Facultad de Ingeniería

Escuela de Civil

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

PROYECTO: DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACHA - EL CORAZÓN - PANGUA - COTOPAXI

CONTENIDO: DETALLE DE LAS SECCIONES DE LA CAPTACIÓN

FECHA: AGOSTO 2022

ESCALA: 1:250

FORMATO: A1

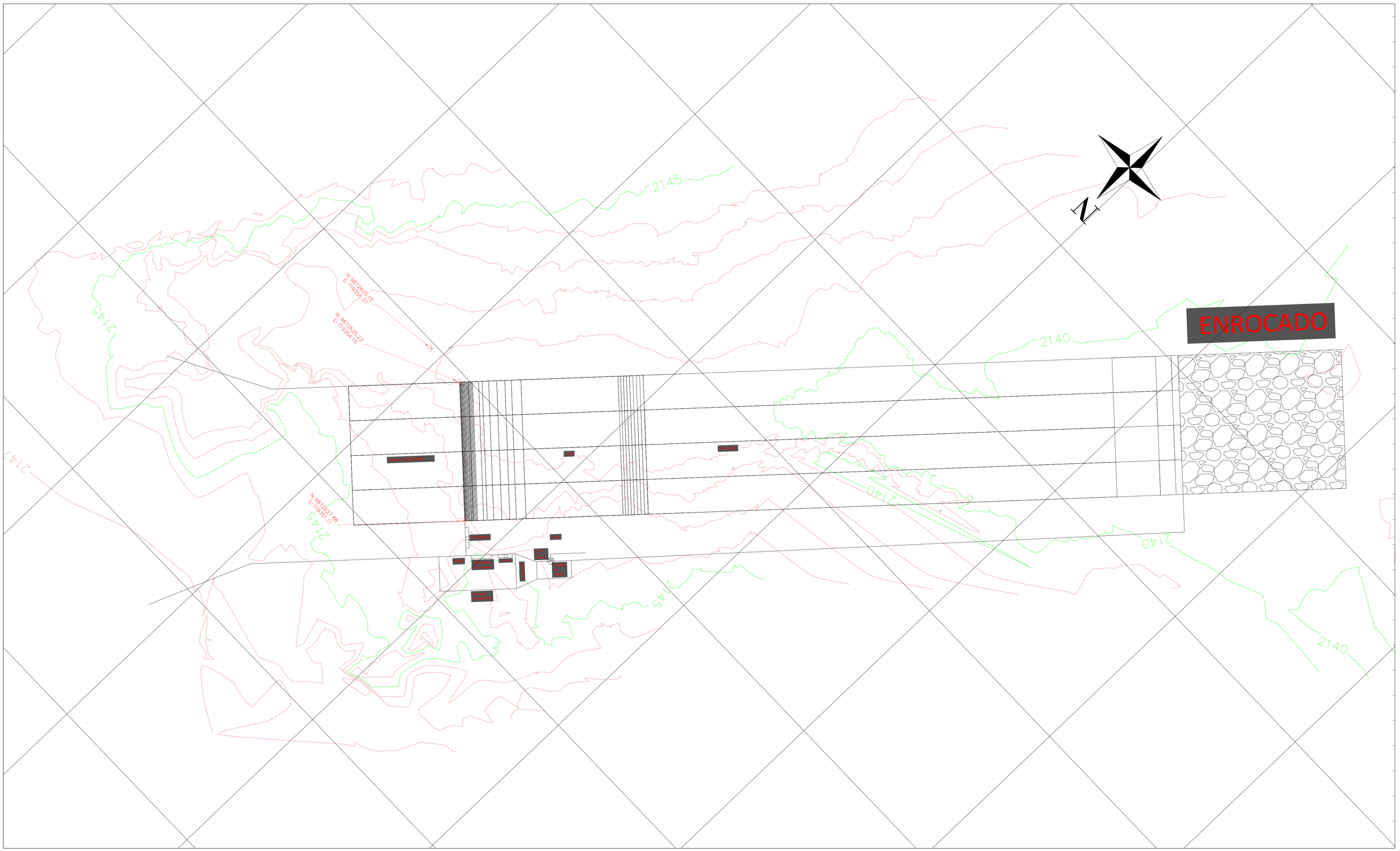
NÚMERO: 1 DE - 1

NOTAS:

719370.000 719365.000 719360.000 719355.000 719350.000 719345.000

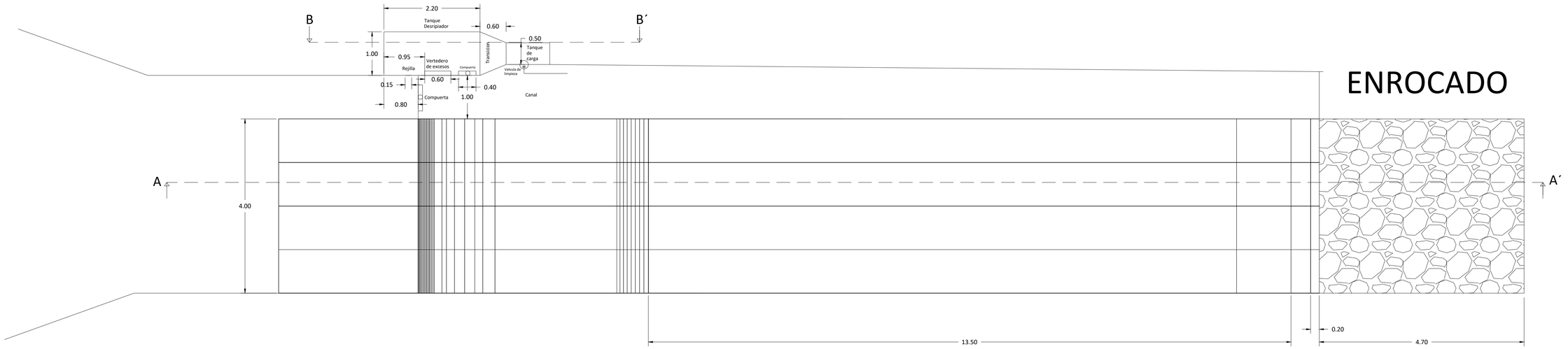
9872600.000 9872605.000 9872610.000 9872615.000

719340.000 719335.000 719330.000



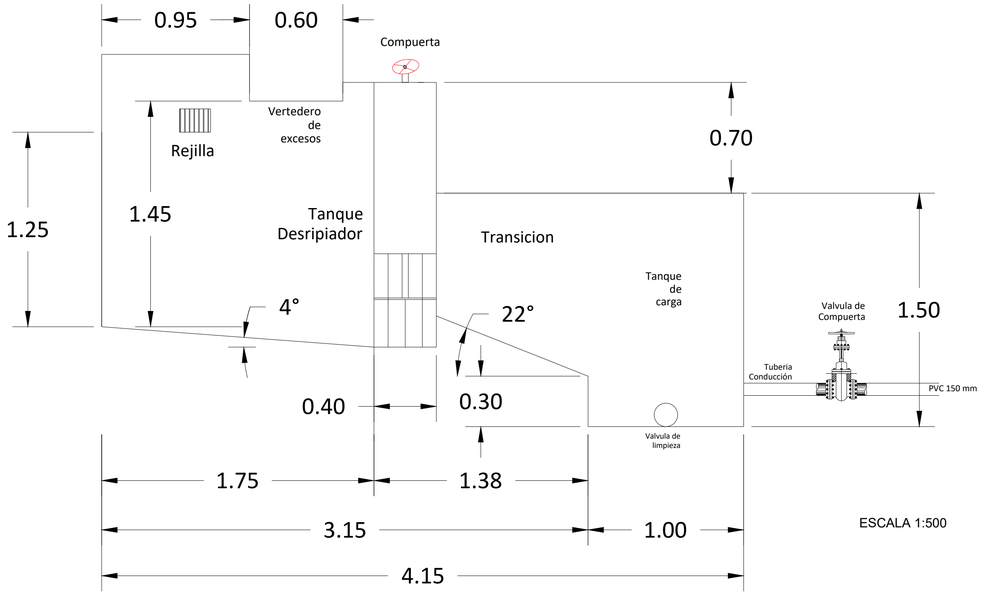
PUCE	DISEÑO Y DIBUJO POR: Dania Costales	FIRMA TUTOR: Ing. Eddy Sánchez	Facultad de Ingeniería Escuela de Civil Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil	PROYECTO: DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACHA - EL CORAZÓN - PANGUA - COTOPAXI CONTENIDO: IMPLANTACIÓN CAPTACIÓN	FECHA: AGOSTO 2022 ESCALA: 1:50 / FORMATO: A1 NÚMERO: 1 DE - 1

NOTAS:



CORTE B-B´

ESCALA 1:1250



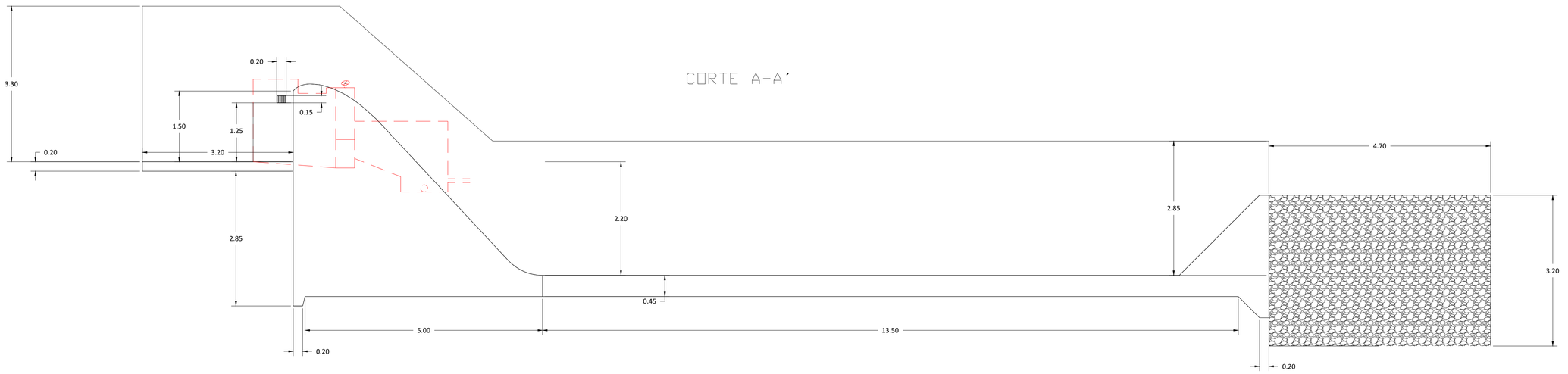
ESCALA 1:500

PUCE	DISEÑO Y DIBUJO POR: Dania Costales	FIRMA TUTOR: Ing. Eddy Sánchez	Facultad de Ingeniería Escuela de Civil Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil	PROYECTO: DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACHA - EL CORAZÓN - PANGUA - COTOPAXI CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO DE CAPTACIÓN DETALLE EN PLANTA Y CORTE EN B-B'	FECHA: AGOSTO 2022 ESCALA: / FORMATO: A1 NÚMERO: 1 DE - 2

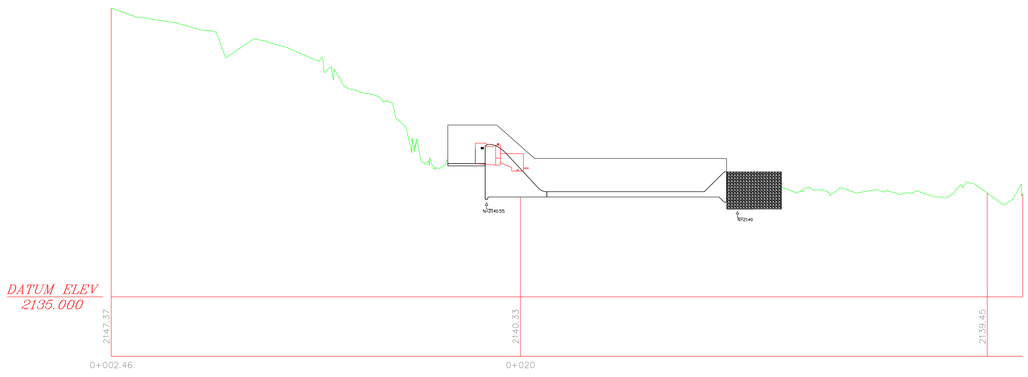
NOTAS:

1. ESCALAS LAS INDICADAS

CORTE A-A´

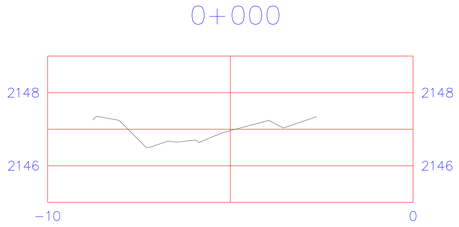


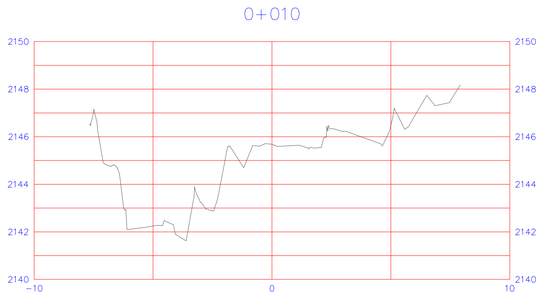
PERFIL LONGITUDINAL DE LA QUEBRADA

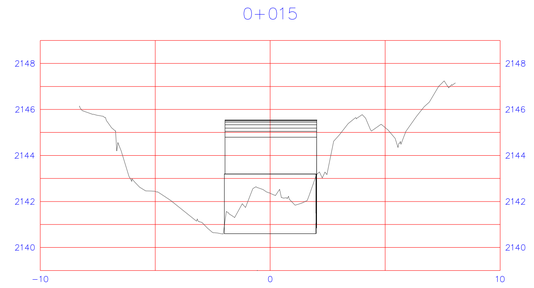


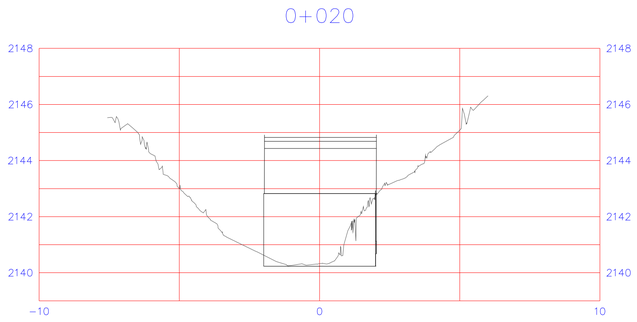
ESCALA 1:1250

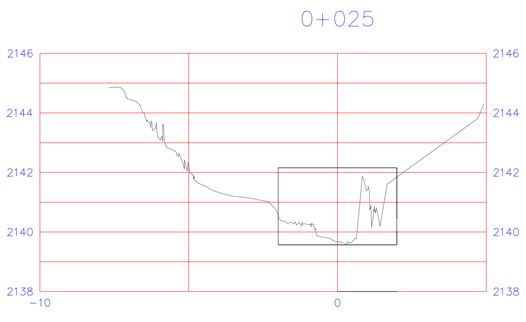
..\LOGO PUCE.png	DISEÑO Y DIBUJO POR: Dania Costales	FIRMA TUTOR: Ing. Eddy Sánchez	Facultad de Ingeniería Escuela de Civil Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil	PROYECTO: DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACHA - EL CORAZÓN - PANGUA - COTOPAXI CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO DE CAPTACIÓN DETALLE DE CORTE EN A-A' PERFIL LONGITUDINAL	FECHA: AGOSTO 2022 ESCALA: / FORMATO: A1 NÚMERO: 2 DE - 2	NOTAS: 1. ESCALAS LAS INDICADAS

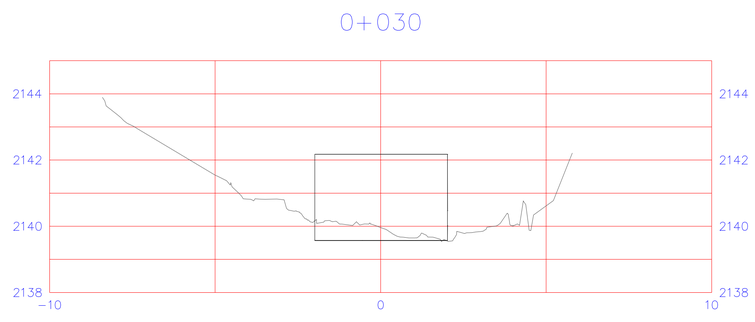


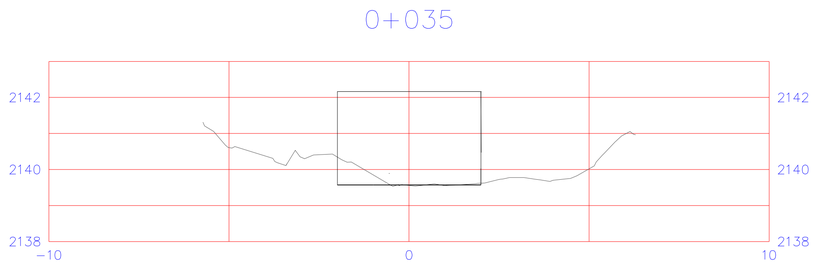












PUCE	DISEÑO Y DIBUJO POR: Dania Costales	FIRMA TUTOR: Ing. Eddy Sánchez	Facultad de Ingeniería Escuela de Civil Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil	PROYECTO: DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA EL CHACHA - EL CORAZÓN - PANGUA - COTOPAXI CONTENIDO: DETALLE DE LAS SECCIONES FRONTALES DE LA CAPTACIÓN	FECHA: AGOSTO 2022 ESCALA: 1:250 / FORMATO: A1 NÚMERO: 1 DE - 1

NOTAS: