



## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE METODOLOGÍA AASHTO 93  
PARA MEJORAMIENTO DE SERVICIABILIDAD DE CARRETERA VECINAL EN EL  
DEPARTAMENTO DE PUNO

**Línea de investigación:**

**Seguridad vial e infraestructura de transporte**

Trabajo de Suficiencia profesional para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

**Autor:**

Dionicio Ortega, Arquímedes Blas

**Asesor:**

Pumaricra Padilla, Raul Valentin  
(ORCID: 0000-0002-7037-4396)

**Jurado:**

Ramos Flores, Miguel Angel  
Romero Ríos, David  
Ayquipa Quispe, Evelyn Stefany

**Lima - Perú**

**2022**

**Referencia:**

Dionicio, A. (2022). *Diseño de pavimento flexible mediante metodología AASHTO 93 para mejoramiento de serviciabilidad de carretera vecinal en el departamento de Puno*. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5889>



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE  
METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA MEJORAMIENTO DE  
SERVICIABILIDAD DE CARRETERA VECINAL EN EL  
DEPARTAMENTO DE PUNO

Línea de Investigación:  
Seguridad Vial e Infraestructura de Transporte

Suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Ingeniería Civil

Autor:

Dionicio Ortega, Arquímedes Blas

Asesor:

Pumaricra Padilla, Raul Valentin  
(ORCID: 0000-0002-7037-4396)

Jurado:

Ramos Flores, Miguel Angel

Romero Ríos, David

Ayquipa Quispe, Evelyn Stefany

Lima – Perú  
2022

## **DEDICATORIA**

A mi madre Cirí Ortega Matos, por estar a mi lado a lo largo de mi vida, especialmente por su apoyo incondicional en cada etapa de mi formación profesional durante mi etapa universitaria.

### **AGRADECIMIENTO**

Dedico a mi madre por su constante apoyo y guiarme por buen camino de formación profesional. En este párrafo dedicaré a mi padre R.D.R. que me enseñó lecciones de vida y ser trabajador agradezco a mi hermana y a mi alma mater la Universidad Nacional Federico Villarreal, mis gracias eternas por todo lo aprendido en esta maravillosa profesión.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>12</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. Trayectoria del autor .....	13
1.1.1. Experiencia profesional .....	14
1.2. Descripción de la empresa.....	15
1.3. Organigrama de la empresa.....	15
1.4. Áreas y funciones desempeñadas .....	15
<b>II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA .....</b>	<b>20</b>
2.1. Generalidades .....	20
2.1.1. Alcance del Proyecto .....	20
2.2. Descripción del problema.....	20
2.3. Problema.....	23

2.3.1.	Problema principal.....	23
2.3.2.	Problemas secundarios .....	24
2.4.	Justificación.....	24
2.4.1.	Justificación del trabajo .....	24
2.5.	Objetivos .....	25
2.5.1.	Objetivo General.....	25
2.5.2.	Objetivos Específicos .....	25
2.6.	Marco teórico .....	25
2.6.1.	Antecedentes.....	25
2.6.2.	Bases Teóricas .....	27
2.6.2.1.	Definición de Pavimentos .....	27
2.6.2.2.	Pavimento Flexible.....	28
2.6.2.3.	Método AASHTO 93 .....	29
2.7.	Desarrollo del caso .....	30
2.7.1.	Análisis de trafico .....	30
2.7.2.	Determinación del C.B.R. y Módulo Resilencia de Diseño .....	33
2.7.3.	Diseño de Espesores .....	34
2.7.4.	Método AASHTO 93.....	34
<b>III.</b>	<b>APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA.....</b>	<b>43</b>
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>

<b>V.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>VI.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>46</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>50</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> IMD por estación (Tráfico Normal).....	30
<b>Tabla 2</b> Distribución por tipo de vehículos (tráfico normal) .....	31
<b>Tabla 3</b> Distribución por tipo de vehículos (tráfico normal) .....	31
<b>Tabla 4</b> IMD por sectores de la carretera proyectada a 2019.....	31
<b>Tabla 5</b> Tasa de crecimiento anual.....	31
<b>Tabla 6</b> Ejes equivalentes por vehículo.....	32
<b>Tabla 7</b> Número de ejes equivalentes acumulados .....	33
<b>Tabla 8</b> Cuadro de los Módulos Resilencia de diseño .....	34
<b>Tabla 9</b> Calificación de acuerdo a la serviciabilidad .....	35
<b>Tabla 10</b> Valores de los coeficientes estructurales de capa .....	38
<b>Tabla 11</b> Diseño AASHTO 93 para alternativa de 10 años .....	40
<b>Tabla 12</b> Diseño AASHTO 93 para alternativa de 15 años .....	41
<b>Tabla 13</b> Diseño AASHTO 93 para alternativa de 20 años .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura típica de un pavimento de tipo flexible.....	15
Figura 2: Estructura típica de un pavimento de tipo flexible.....	30
Figura 3: Foto 1.....	51
Figura 6: Análisis de regionalización de la precipitación – Hoja 1. ....	56
Figura 7: Análisis de regionalización de la precipitación – Hoja 2. ....	57
Figura 8: Análisis de regionalización de la precipitación – Hoja 3. ....	58
Figura 9: Cálculo de obras de drenaje – hoja 1.....	60
Figura 10: Cálculo de obras de drenaje – hoja 2.....	61
Figura 11: Cálculo de obras de drenaje – hoja 3.....	62
Figura 12: Cálculo de obras de drenaje – hoja 4.....	63
Figura 13: Cálculo de obras de drenaje – hoja 5.....	64
Figura 14: Cálculo de obras de drenaje – hoja 6.....	65
Figura 15: Estudio de impacto ambiental – hoja 1. ....	67
Figura 16: Estudio de impacto ambiental – hoja 2. ....	68
Figura 17: Estudio de impacto ambiental – hoja 3. ....	69
Figura 18: Estudio de impacto ambiental – hoja 4. ....	70
Figura 19: Estudio de impacto ambiental – hoja 5. ....	71
Figura 20: Estudio de impacto ambiental – hoja 6. ....	72
Figura 21: Estudio de impacto ambiental – hoja 7. ....	73

Figura 22: Estudio de impacto ambiental – hoja 8. ....	74
Figura 21: Estudio de impacto ambiental – hoja 9. ....	75
Figura 24: Plano de calicatas. ....	76
Figura 25: Esquema de ubicación de canteras. ....	76
Figura 26: Plano clave (km 0+000 – km 10+000).....	76
Figura 27: Plano de sección tipo.....	76
Figura 28: Plano de planta y perfil longitudinal (km 00+00-01+00).....	76
Figura 29: Plano de planta y perfil longitudinal (km 01+00-02+00).....	76
Figura 30: Plano de planta y perfil longitudinal (km 02+00-03+00).....	76
Figura 31: Plano de planta y perfil longitudinal (km 03+00-04+00).....	76
Figura 32: Plano de planta y perfil longitudinal (km 04+00-05+00).....	76
Figura 33: Plano de planta y perfil longitudinal (km 05+00-06+00).....	76
Figura 34: Plano de planta y perfil longitudinal (km 06+00-07+00).....	76
Figura 35: Plano de planta y perfil longitudinal (km 07+00-08+00).....	76
Figura 36: Plano de planta y perfil longitudinal (km 07+00-08+00).....	76
Figura 37: Plano de planta y perfil longitudinal (km 08+00-09+00).....	76
Figura 38: Plano de secciones trasnversales (km 00+00-km 01+00). ....	76
Figura 39: Plano de secciones trasnversales (km 01+00-km 02+00). ....	76
Figura 40: Plano de secciones trasnversales (km 02+00-km 03+00). ....	76
Figura 41: Plano de secciones trasnversales (km 03+00-km 04+00). ....	76

Figura 42: Plano de secciones trasnversales (km 04+00-km 05+00). .....	76
Figura 43: Plano de secciones trasnversales (km 05+00-km 06+00) .....	76
Figura 44: Plano de secciones trasnversales (km 06+00-km 07+00). .....	76
Figura 45: Plano de secciones trasnversales (km 07+00-km 08+00). .....	76
Figura 46: Plano de secciones trasnversales (km 08+00-km 09+00). .....	76
Figura 47: Plano de secciones trasnversales (km 09+00-km 10+00). .....	76
Figura 48: Plano de drenaje longitudinal. ....	76
Figura 49: Plano N°1 de drenaje transversal.....	76
Figura 50: Plano N°2 de drenaje transversal.....	76
Figura 51: Plano de diseño de drenaje (pontón – encofrado). ....	76
Figura 52: Plano de diseño de drenaje (pontón – armadura). ....	76
Figura 53: Señales restrictivas y preventivas.....	76
Figura 54: Plano de detalles de señalización. ....	76
Figura 55: Plano de detalles de señales informativas. ....	76

## RESUMEN

**Objetivo:** Realizar el diseño de pavimento flexible mediante el método AASHTO 93 para el mejoramiento de carretera vecinal en el departamento de Puno. **Método:** El tipo de investigación fue aplicada, se utilizó como instrumentos la revisión de documentos, guía de observación y los ensayos de laboratorio de suelos. La población estuvo conformada por todos los pavimentos flexibles existentes en el departamento de Puno y como muestra se consideró el pavimento flexible de la carretera Ilave – Santa Rosa (Mazocruz) de la provincia de El Collao - Puno. **Resultados:** Se ejecutaron un total de 136 calicatas con una profundidad que varía entre los 1.20 a 1.50 m, para la evaluación de la rasante actual y determinar las propiedades índices y geotécnicas del suelo. Además, para llevar a cabo el diseño del pavimento se consideró un periodo de 20 años, la tasa de crecimiento anual fue del 4%, además fue posible conseguir un pavimento que se caracterizó por estar conformada por una carpeta de asfalto de espesor 7.62 cm, la base y sub-base granular ambos de 20 cm de espesor, obteniendo al final un espesor total de 47.62 cm. **Conclusiones:** El método AASHTO 93 se basa fundamentalmente en la determinación del módulo de resiliencia (MR) de la sub-rasante, los ejes equivalentes acumulados de 18000 ib (W18), el índice de serviciabilidad (pt), las características físicas y mecánicas de los materiales de préstamo y los espesores mínimos de concreto asfáltico que especifica el método de acuerdo al EAL correspondiente.

*Palabras clave:* Diseño de pavimento flexible, método AASHTO 93, carretera.

## ABSTRACT

**Objective:** Carry out the flexible pavement design using the AASHTO 93 method for the improvement of the neighborhood road in the department of Puno. **Method:** The type of research was applied, it was used as instruments for document review, observation guide and laboratory tests of soils. The population was made up of all the flexible pavements existing in the department of Puno and as a sample, the flexible pavement of the Ilave - Santa Rosa (Mazocruz) highway in the province of El Collao - Puno was considered. **Results:** A total of 136 pits were executed with a depth that varies between 1.20 and 1.50 m, for the evaluation of the current slope and to determine the index and geotechnical properties of the soil. In addition, to carry out the design of the pavement, a period of 20 years was considered, the annual growth rate was 4%, it was also possible to achieve a pavement that was characterized by being made up of a 7.62 cm thick asphalt folder, the granular base and sub-base, both 20 cm thick, obtaining a total thickness of 47.62 cm at the end. **Conclusions:** The AASHTO 93 method is fundamentally based on the determination of the modulus of resistance (MR) of the subgrade, the cumulative equivalent axes of 18000 lb (W18), the serviceability index (pt), the physical and mechanical characteristics of the loan materials and the minimum asphalt concrete thicknesses specified by the method according to the corresponding EAL.

*Keywords:* Flexible pavement design, AASHTO 93 method, road.

## I. INTRODUCCIÓN

La carretera en estudio se ubica en el distrito de Ilave, provincia de El Collao, departamento de Puno, en la carretera que conduce a la localidad de Mazocruz, y surge de la necesidad de contar con una infraestructura vial adecuada que permita la integración y comunicación entre las diferentes comunidades.

En la presente tesis se ha adoptado la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento flexible de la carretera Ilave-Mazocruz de la provincia de El Collao - Puno. Este método se basa fundamentalmente en la determinación del módulo de resiliencia (MR) de la sub-rasante y una serie de parámetros viales que permitirán hallar el número estructural conocido por las siglas SN, con el cual se podrá hallar el espesor de las capas estructurales.

Es importante mencionar que para el diseño de la estructura del pavimento mediante la metodología AASHTO 93, fue imprescindible otorgar una gran importancia a la calidad de los materiales granulares de base y sub-base con la finalidad de cumplir eficientemente con las especificaciones generales indicadas de acuerdo a la zona en estudio.

Dentro de los logros alcanzados en la presente tesis podemos mencionar que mediante la construcción de pavimento flexible diseñado con la metodología AASHTO 93 se podrá optimizar la transitabilidad vehicular en la carretera vecinal Ilave – Mazocruz de la provincia de El Collao – Puno.

### 1.1. Trayectoria del autor

Bachiller en ingeniería civil, Técnico construcción civil actualmente cursando curso de gestión de municipal, con conocimientos en planificación, ejecución y control de proyectos, experiencia laboral control de presupuestos, valorizaciones, metrado de todas las especialidades, gestión de contratistas, seguimiento y control de obra, oficina técnica diseño

de planos todas las especialidades, así mismo cuento con experiencia en ejecución y supervisión de proyectos mineros, centros comerciales, edificaciones, municipios y oficina.

### *1.1.1. Experiencia profesional*

CJ CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L

- Proyecto - CONSTRUCCION EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR ALAMOS

S.A.C.

- Proyecto carretero ILAVE – MAZOCRUZ TRAMO II 10 KM

MUNICIPALIDAD DE ILAVE

- Proyecto – REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PATAHUASI – YAURI – SICUANI, TRAMO: NEGROMAYO – YUARI – SAN

GENARO CONSORCIO VIAL SICUANI II

- Proyecto – AMPLIACIÓN CONSTRUCCIÓN WONG CAMINO DEL INCA

SUB CONTRATA ABENGOA S.A.C.

- Proyecto – MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

ILUMINACIÓN TIENDAS SENCOSUD RETAIL PERU S.A.C.

- Proyecto - CONSTRUCCIÓN DE UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES

AMERICA LATINA S.A.C.

- Proyecto - EJECUCIÓN DE OBRA PARA INFRAESTRUCTURA BIT DT

ESTE HUANUCO ISA REP RED DE ENERGÍA DEL PERU S.A.

- Proyecto - REAL PLAZA CENTRO CIVICO SUB CONTRATA DE GRAÑA

MONTERO S.A.A.

- Proyecto – MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

MEDIA Y BAJA TENSIÓN SENCOSUD RETAIL PERU S.A.C.

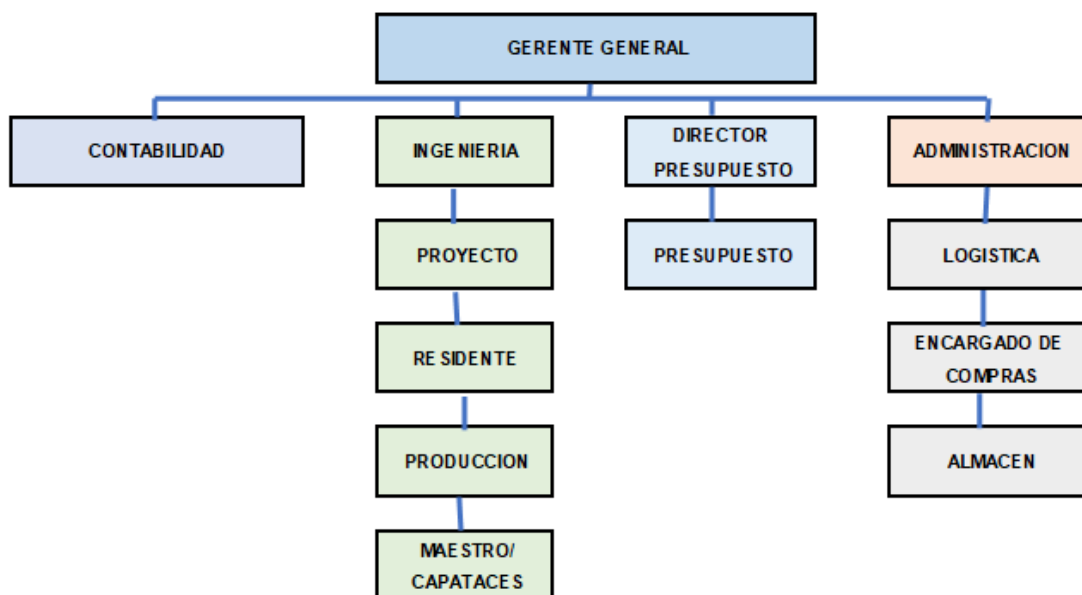
## 1.2. Descripción de la empresa

La empresa en la que cumpla mis funciones actual mente CJ CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L. dedicado a la construcción y supervisión de obras civiles, así mismo dedicado a la instalación eléctricas industriales media y baja tensión, construcción de edificaciones y rehabilitación mejoramiento de carretera.

## 1.3. Organigrama de la empresa

**Figura 1**

*Estructura típica de un pavimento de tipo flexible*



Fuente: MTC, 2013

## 1.4. Áreas y funciones desempeñadas

01/2019 – 11/2019

CJ CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L./ LIMA

Ingeniero de proyectos | ing. Campo | ing. De oficina técnica

- Elaboración de planos As Built
- Elaboración de presupuesto y adicionales de obra
- Elaboración de cronograma de obra
- Elaborar informes de obra
- Control de personal y actividades requeridas en obra
- Valorizaciones de obra

**04/2016 – 02/2018**

**VKN CONSULTORA & CONSTRUCTORA S.A COMERCIAL MEGA**

## **MUEBLES**

Ingeniero de proyectos | ing. Campo | ing. De oficina técnica

- Supervisión de obra
- Revisión de presupuesto y adicionales de obra
- Elaboración de cronograma de obra
- Revisiones informes de obra
- Supervisión actividades requeridas en obra
- Revisión Valorizaciones de obra

**02/2016 – 04/2016**

**CONSTRUCTORA INMOBILIARIA CHARAJMAYO SAC**

ing. Campo

- Elaboración de presupuesto y adicionales de obra
- Elaboración de cronograma de obra
- Elaborar informes de obra
- Control de personal y actividades requeridas en obra
- Valorizaciones de obra

**03/2014 – 12/2015**

**ABENGOA PERU SA. PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE SHOUGAN  
HIERRO PERÚ SAA**

Ingeniero de proyectos | ing. Campo | ing. De oficina técnica

- Elaboración de presupuesto y adicionales de obra
- Elaboración de cronograma de obra
- Elaborar informes de obra
- Control de personal y actividades requeridas en obra
- Valorizaciones de obra
- Cadista de planos estructurales.

**03/2014 – 12/2015**

**ACEROS Y CONCRETOS SAC - PROYECTO AMPLIACION DE  
OPERACIONES A 18000 TMPD – SOCIEDAD MIENRA EL BROCAL SAA**

ing. Campo | ing. De oficina técnica

- Elaboración de presupuesto y adicionales de obra

- Elaboración de cronograma de obra
- Elaborar informes de obra
- Control de personal y actividades requeridas en obra
- Control y monitoreo de avance de obra
- Valorizaciones de obra

**04/2011 – 01/2013**

**VKN CONSULTORA & CONSTRUCTORA S.A**

ing. De oficina técnica

- Análisis de costos y presupuestos para licitaciones de proyectos de edificaciones
- Metrado de todas las especialidades en edificaciones
- Pre dimensionamiento de estructuras civiles
- Cadista de estructura metálicas
- Elaboración de expedientes técnicos

**09/2010 – 03/2011**

**CJ CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L. PROYECTO EJECUCION DE OBRA PARA INFRAESTRUCTURA BIT DT ESTE HUANUCO**

ing. Campo | ing. De oficina técnica

- Elaboración de planos As Built
- Elaboración de presupuesto y adicionales de obra
- Elaboración de cronograma de obra

- Elaborar informes de obra
- Control de personal y actividades requeridas en obra
- Valorizaciones de obra

**04/2009 – 08/2010**

**CJ CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L. PROYECTO REAL PLAZA  
CENTRO CIVICO**

ing. Campo | ing. De oficina técnica

- Elaboración de planos As Built
- Levantamiento de información en campo
- Metrados de obras civiles y instalaciones eléctricas

**01/2007 – 03/2009**

**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUAURA**

Ingeniero de proyectos |ing. Campo | ing. De oficina técnica

- Elaboración de presupuesto y adicionales de obra
- Elaboración de cronograma de obra
- Elaborar informes de obra
- Control de personal y actividades requeridas en obra
- Control y monitoreo de avance de obra
- Valorizaciones de obra

## II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

### 2.1. Generalidades

#### 2.1.1. Alcance del Proyecto

La empresa CJ CONTRATISTAS GENERALES EIRL a realizado por encargo de su cliente La carretera en estudio que se ubica en el distrito de Ilave, provincia de El Collao, departamento de Puno, en la carretera que conduce a la localidad de Mazocruz, y surge de la necesidad de contar con una infraestructura vial adecuada que permita la integración y comunicación entre las diferentes comunidades.

En la presente tesis se ha adoptado la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento flexible de la carretera Ilave-Mazocruz de la provincia de El Collao - Puno. Este método se basa fundamentalmente en la determinación del módulo de resiliencia (MR) de la sub-rasante y una serie de parámetros viales que permitirán hallar el número estructural conocido por las siglas SN, con el cual se podrá hallar el espesor de las capas estructurales.

Es importante mencionar que para el diseño de la estructura del pavimento mediante la metodología AASHTO 93, fue imprescindible otorgar una gran importancia a la calidad de los materiales granulares de base y sub-base con la finalidad de cumplir eficientemente con las especificaciones generales indicadas de acuerdo a la zona en estudio.

Dentro de los logros alcanzados en la presente tesis podemos mencionar que mediante la construcción de pavimento flexible diseñado con la metodología AASHTO 93 se podrá optimizar la transitabilidad vehicular en la carretera vecinal Ilave – Mazocruz de la provincia de El Collao – Puno.

### 2.2. Descripción del problema

Actualmente, las construcciones bien hechas de pavimentos contribuyen a los países de todo el mundo tener accesibilidad y movilidad entre diversas zonas, además permite que el flujo de mercancías entre ciudades se incremente diariamente, que las actividades como el comercio y la de otros recursos económicos se expandan anualmente. Asimismo, hoy en día no se podría pensar en un país con una infraestructura vial que no contengan pavimentos, ya que ello sería imposible. Sin embargo, estos suelos por ser estar expuestos a diferentes tipos de carga, donde la más común es la vehicular, que es que muchas de estas carreteras presentan desniveles, fisuras, huecos y demás problemas, los cuales dificultan el tránsito libre de los vehículos y demás factores (Fñlintsch et al., 2021).

En el 2018, según la Confederación Nacional de Transportes (CNT), señaló que las condiciones en cuando a las infraestructuras viales de transporte en Latinoamérica presenta varias discapacidades (problemas) entre los principales esta: trincas , causando problemas en las estructuras de los suelos debido endurecimiento y contracción del asfalto, el envejecimiento de pavimentos, también presentan diversas fisuras, las mismas que se originan por las compactaciones inadecuadas o por errores en la dosificación. Estos pavimentos también presentan hundimientos, principalmente por problemas de drenaje y falas en las compactaciones, además de agujeros y exudaciones, los cuales son causados por los abundantes usos de materiales ligantes y bajos contenidos de básicos (Ayman, 2021).

Por otro lado, un estudio indicó que en Brasil solo el 13% de las carreteras se encuentran pavimentadas en buen estado. Además, según una la Universidad de las Américas de Puebla, mencionó que los principales deterioros que presentan los pavimentos de la ciudad de México D.F, son los desprendimientos de capas de suelo, las deformaciones de sus pistas por fallas superficiales de cimentación y degradaciones por fatiga. Asimismo, según la Infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), manifestó que, en los países de México, Brasil y Venezuela, presentan más de 170 puntos de conflictos, debido al estado de sus

pavimentos de sus carreteras, las mismas que requieren más de 200 millones para su reconstrucción (Ashwah, 2021).

En lo que respecta al ámbito nacional, Perú no es ajeno a los problemas de pavimentos en las carreteras, empezando desde la capital, la cual se cataloga como una de las urbes de América latina que presenta gran congestión vehicular, deduciendo e infiriendo que las vías, pistas y carreteras no han sido diseñadas para que soporten el peso de las grandes demandas de vehículos, siendo las principales causas según la Gerencia de Proyectos de Infraestructura vial, diseño estructurales inadecuados, falta de incorporación de métodos y criterios de viabilidad, uso de materiales de mala calidad entre otras causas (Castro y Pacsi, 2021).

Asimismo, en el país más del 70% de las carreteras pavimentadas que integran las redes viables, las cuales están a cargo de Provias, están construidas de pavimentos flexibles. Por otro lado, según la información de Provias Nacional señaló que el 2020, a consecuencia de las temporadas de lluvias, deslizamientos, huaicos, ha traído como consecuencia deterioros y daños en distintas carreteras del interior del país, además ha conllevado la presencia de muchos accidentes, incomunicación en los pueblos y demora en el transporte de alimentos. Del mismo modo, según Gremio de Construcción e Ingeniería de la Cámara de Comercio de Lima (CCL), indicó que se estima que aproximadamente el 80% de las carreteras del Perú están obstruidas (Castro y Medrano, 2021).

En lo que se refiere al ambiente regional, se identificó que el departamento de Puno es cual está ubicado al sur de Perú, el cual presenta varios problemas en sus pavimentos, lo que ha ocasionado que la población se vea perjudicada, siendo las causas más comunes que origina estos problemas son la carencia de una adecuada infraestructura y distribución en el país, las condiciones climáticas adversas, las malas acciones y culturas de los conductores a la hora de manejar, fatiga en los materiales, la excesiva presencia de vehículos pesados para la

transportación de vehículos. Además, entre los daños que se encontró fueron: fisuras longitudinales profundas, desgastes por roces, asentamientos, pérdidas de materiales, surcos y fisura transversales (Ibañez y Coaquira, 2021).

En cuando al ámbito local, en la carretera vecinal ubicada en el departamento de puno se observó que, la carretera Ilave – Santa Rosa (Mazocruz) de la provincia de El Collao – Puno, carece de una infraestructura vial, la cual limita la comunicación e integración entre las comunidades, dicha carretera tiene servicio restringido y en las temporadas de lluvias suele ser prácticamente abandonada, además, el mayor problema que presentan los suelos de la carretera se le atribuye al poco control del agua superficial y subsuperficial que discurre sobre la plataforma, infiltrándose a través del pavimento causando reducción en la vida útil de la vía, a ello se suma los graves problemas que sufre dicha carretera debido a las fuertes precipitaciones en temporada de lluvias. También es importante indicar que se apreciado que actualmente que la carretera en estudio presenta falta de drenaje longitudinal y transversal ya que los existentes resultan insuficientes para las condiciones de operación previstas, problemas de filtraciones debido a la presencia de manantiales (nivel freático variable) y problemas de erosión en los taludes de la carretera por acción erosiva del agua pluvial sobre el material suelto. Por ello, se plantea el diseño de un nuevo pavimento el cual se caracterizará por ser flexible, para poder obtener una mejoría en las condiciones de transporte de la población, la reactivación y modernización del sector agropecuario y la integración territorial de las localidades.

## **2.3. Problema**

### ***2.3.1. Problema principal***

¿Cuál es el diseño de pavimento flexible mediante la metodología AASHTO 93 para el mejoramiento de la serviciabilidad de la carretera vecinal Ilave – Mazocruz en el Departamento de Puno?

### **2.3.2. Problemas secundarios**

**P.E. 1:** ¿Cuál es el análisis de tráfico con fines de determinar el número de aplicaciones acumuladas de cargas equivalentes en la carretera vecinal Ilave – Mazocruz de la provincia de El Collao – Puno?

**P.E.2:** ¿Cuáles son los espesores estructurales del pavimento flexible a construirse, definiendo un periodo de diseño adecuado a las condiciones de la provincia del Collao – Puno?

**P.E.3:** ¿Cómo fue la mejora de la transitabilidad vehicular en la carretera vecinal Ilave – Mazocruz de la provincia de El Collao – Puno?

## **2.4. Justificación**

### **2.4.1. Justificación del trabajo**

En cuanto a la realidad social, el desarrollo de un proyecto de diseño de pavimento flexible, permitirá la mejora de la calidad de vida de aquellas personas que incurren en hacer uso de la carretera vecinal en el departamento de Puno, entendiendo que con ello se podrá generar un mejor nivel de transitabilidad y de forma consecuente, el hecho de que se podrá mantener la seguridad vial; así como, un menor deterioro del tiempo de vida útil de los vehículos que transitan por esa vía, generando de forma consecuente, un mejor comunicación y conectividad de la población beneficiaria.

Así mismo, desde la realidad práctica, se contará con la posibilidad de que demás investigadores puedan llegar a hacer uso del presente diseño como una medida de solución rápida ante la prevalencia de vías con características de diseño similares o de forma consecuente, el presente diseño puede llegar a ser considerado por la municipalidad responsable como un proyecto de inversión que pueda llegar a desarrollarse de forma íntegra en beneficio de la comunidad.

Desde el apartado metodológico, se tomará en consideración a la recolección de datos de campo, con la finalidad de que estos puedan ser empleados para el diseño del pavimento flexible por medio de la metodología AASHTO 93, en donde se pueda llegar a generar no solo un aporte significativo hacia las garantías de calidad del diseño, sino que se podrá aumentar la fiabilidad del mismo en miras de poder ser aplicado por demás investigadores o ser tomado como referencia por interesados en su aplicación.

## **2.5. Objetivos**

### **2.5.1. *Objetivo General***

Realizar el diseño de pavimento flexible mediante el método AASHTO 93 para el mejoramiento de carretera vecinal Ilave – Mazocruz en el departamento de Puno.

### **2.5.2. *Objetivos Específicos***

**O.E.1:** Realizar el análisis de tráfico con fines de determinar el número de aplicaciones acumuladas de cargas equivalentes en la carretera vecinal Ilave – Mazocruz de la provincia de El Collao – Puno

**O.E.2:** Determinar los espesores estructurales del pavimento flexible a construirse, definiendo un periodo de diseño adecuado a las condiciones de la provincia del Collao – Puno

**O.E.3:** Evaluar la mejora de la transitabilidad vehicular en la carretera vecinal Ilave – Mazocruz de la provincia de El Collao – Puno

## **2.6. Marco teórico**

### **2.6.1. *Antecedentes***

Para Salamanca y Zuluaga (2014) llevaron a cabo la investigación “Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos Invias, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el Departamento del César”, tesis que ha sido llevada a cabo para lograr la obtención del título de Ingeniero Civil por la Universidad Católica de Colombia – Colombia. Esta investigación estuvo caracterizada por presentar como objetivo, proponer la estructura por la cual estará conformada el nuevo pavimento para la vía mencionada anteriormente. Al final, se pudo concluir que, en todos los métodos se empleó para el diseño, un periodo caracterizado por ser de 10 años, resaltando que con el método de AASHTO 93 fue posible conseguir mejores resultados.

Por su parte, Cedeño (2014) realizó la investigación “Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según AASHTO 93”, la cual fue llevada a cabo para poder lograr la obtención del título de Ingeniero Civil por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil – Ecuador. Ésta se caracterizó por presentar como objetivo, realizar una evaluación de los criterios del Método AASHTO 93 para poder proponer algunas mejoras complementarias. Al final, se pudo conseguir llegar a la conclusión que, en la sierra los pavimentos lograron un comportamiento óptimo en lo referente a la fatiga debido a que las temperaturas fueron bajas (15°C).

Para Torres y Pérez (2017) llevaron a cabo la tesis “Diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en el AA. HH. Ampliación Túpac Amaru, distrito de Chiclayo, provincia Chiclayo, región Lambayeque 2017”, la cual fue realizada para poder lograr la obtención del título de Ingeniero Civil por la Universidad César Vallejo – Perú. Ésta se caracterizó por presentar como objetivo plantear la estructura del pavimento a emplearse en la zona en estudio mencionada. Al final, fue posible concluir que, los materiales

de la zona en estudio se caracterizan por poseer un CBR cuyos valores realzan una subrasante regular.

Para Escobar y Huincho (2017) llevaron a cabo la investigación “Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017”, la cual fue llevada a cabo para lograr la obtención del título de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú. Ésta se caracterizó por presentar por objetivo evaluar de manera los parámetros de diseño influyen en la estructura final del pavimento de la carretera mencionada. Al final fue posible concluir que, se obtuvo un espesor de carpeta asfáltica de 7 pulgadas para un ESAL de diseño de más de 7 millones de EE.

## **2.6.2. Bases Teóricas**

### **2.6.2.1. Definición de Pavimentos**

Calla (2015) señala que:

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una subbase. La losa, debido a su rigidez y al módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subbase y sub rasante. (p. 21)

Castro y Pacsi (2021) Indicaron que:

Los pavimentos vienen a ser la base horizontal de una construcción la cual permite ser apoyo para el paso de los individuos, animales o cualquier factor en movimiento. Estos pisos suelen ser aquellas capas o conjunto de estas, las cuales están constituidas por una carpeta de rodamiento, base y además de una subbase la misma que está apoyada sobre la subrasante.

Castro y Medrano (2021) manifestaron:

El pavimento puede ser resistente a las diferentes acciones de las cargas asignadas por el tránsito, estos pisos pueden presentar una textura superficial, la cual esta acta para la velocidad pronosticada en lo que respecta la circulación de vehículos, estos suelos pueden ser resistentes a los desgastes, los cuales son generados por el efecto áspero de las llantas de los diferentes tipos de vehículos. Asimismo, en cuanto al color, los pavimentos presentan un adecuado color, el mismo que evita que se muestren deslumbramientos o reflejos, brindando seguridad al tránsito.

#### **2.6.2.2. Pavimento Flexible**

Torres y Pérez (2017) comentaron los siguientes criterios:

Este tipo de pavimento se caracteriza por presentar en su superficie una capa de asfalto, la cual se encuentra apoyada en una base y esta a su vez en una subbase, ambas de material granular. Este es uno de los pavimentos más usados en todo el mundo. (p. 33)

Ibáñez y Coaquira (2021) determinaron que:

Este tipo de suelo presenta estructuras las cuales están formadas por tres estratos, donde se compactan y se extienden sobre la subrasante existente, la mismas que pueden tener subcapas. Además, la capa más superficial viene a ser el pavimento, este está constituido por un material granular es decir por arena y/o grava, también con material graso (asfalto), toda esta combinación puede ser diseñada y dosificada por distintas técnicas.

Salamanca y Zuluaga (2014) establecieron que:

La función principal de este tipo de suelo es aguantar las cargas, las mismas que pueden ser verticales u horizontales del tránsito. Además, si su espesor sobrepasa los 10 centímetros, se suele separar en dos capas, una intermedia y la otra de rodadura. Otra función que tiene es

la absorción de la mayor parte de los esfuerzos verticales, así como también absorber las cargas restantes la cual es producida por los esfuerzos verticales, donde estos superan las distintas capas empeladas.

Ashwah (2021) señaló que:

Dentro las características que determinan a este pavimento son: que está constituido por varias capas de material, cada una de estas capas recibe varias cargas, donde la capa inferior o la capa de más abajo recibe menos carga. Asimismo, estos tipos de pavimentos suelen dura un periodo de 10 a 20 años. Además, estos suelos se construyen principalmente en zonas con estacionamientos, aceras y con bastante tráfico vehicular.

### **2.6.2.3. Método AASHTO 93**

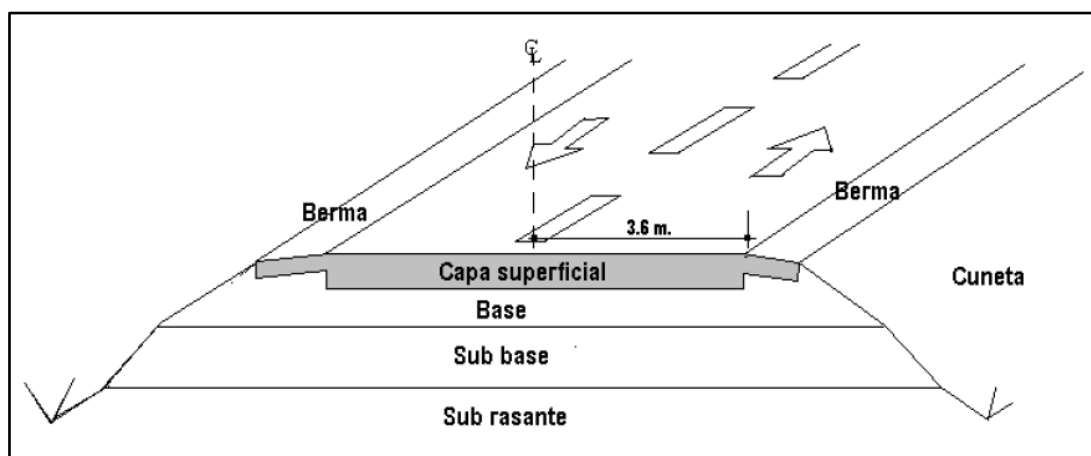
Torres y Pérez (2017) señalan que:

Este es un método que fue desarrollado por la asociación americana AASHTO, y consistencia en determinar el número estructural (SN) gracias al cual se podrá determinar cada uno de los espesores de las capas que conformarán el futuro pavimento. Este método considera como uno de sus parámetros fundamentales el CBR (p. 35).

Ayman (2021), indicó que:

Por otro lado, este tipo de método son proyectados para que los pavimentos resistan diferentes tipos de carga de vida útil, debido a que el transito está constituido por vehículos de pesos diferentes, los mismo que ocasionan deformaciones y tensiones en los suelos, originando fallas diversas.

**Figura 2**  
Estructura típica de un pavimento de tipo flexible



Fuente: MTC, 2013.

## 2.7. Desarrollo del caso

### 2.7.1. Análisis de tráfico

Este análisis es sumamente importante porque gracias a él se obtiene el ESAL de diseño, cuyo valor es absolutamente necesario para lograr obtener los espesores de las capas del pavimento. Se emplearon dos estaciones.

Es así que se obtuvo los siguientes valores de IMD después del conteo de vehículos de acuerdo a cada estación:

**Tabla 1**  
IMD por estación (Tráfico Normal)

Estación	Ubicación	Sector	IMD	(%)
E-1	Puente- Ilave	Ilave-Mazocruz	54	42.9
E-2	Checca	Checca-Ilave	126	100

**Tabla 2**  
*Distribución por tipo de vehículos (tráfico normal)*

Estación	Vehículos ligeros	Ómnibus	Vehículos pesados	
			2 ejes	3 ejes
E-1	23	13	13	5
E-2	91	7	22	6

**Tabla 3**  
*Distribución por tipo de vehículos (tráfico normal)*

Tramo	Vehículos ligeros	Ómnibus	Vehículos pesados		Total, de vehículos
			2 ejes	3 ejes	
Ilave-Mazocruz	88	20	26	11	147
Checca-Ilave	88	31	31	9	136

**Tabla 4**  
*IMD por sectores de la carretera proyectada a 2019*

Sector	IMD <sub>om</sub>		IMD <sub>2e</sub>		IMD <sub>3e</sub>	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Ilave-Mazocruz	22	24	26	28	11	12
Checca-Ilave	8	9	31	34	9	10

En la tabla siguiente se presentan los valores obtenidos de la tasa de crecimiento:

**Tabla 5**  
*Tasa de crecimiento anual*

Clase de vehículo	Tasa de Crecimiento (%)
Ligero	4.3
Ómnibus	3.7
Camiones	4.0

Considerando 4% como tasa de crecimiento anual única para el diseño.

Determinación de ejes equivalentes

Se empleó la fórmula siguiente:

$$E_x = \left[ \frac{P}{F} \right]^{4.5}$$

Siendo  $E_x$  la cantidad de ejes equivalentes, mientras que  $P$  viene a representar el peso y  $f$  es el valor del factor de eje:

En la tabla siguiente se presentan los valores obtenidos.

**Tabla 6**  
*Ejes equivalentes por vehículo*

Tipo de vehículo	Peso de ejes (t)		Factor (f)	Ejes equivalentes por vehículo
	Delantero	Posterior		
Ómnibus	3.6	8.4	8.2	1.14
Camiones de 2 Ejes	4.2	9.4	8.2	1.90
Camiones de 3 Ejes	8.4	21.6	15.3	5.82

El EAL se obtiene de:

$$EAL = ((365k)IMD_{om}FD_{om} + IMD_{2e}FD_{2e} + IMD_{3e} * FD_{3e} * \left[ \frac{(1+r) * n - 1}{r} \right]$$

Es importante mencionar que en la fórmula anterior el IMD expresa el índice medio de tipo diario, mientras que el parámetro  $F_d$  está conformado por los ejes equivalentes por tipo de vehículo, y, asimismo, el parámetro  $r$  viene a ser la tasa de crecimiento.

Es así que se obtuvo el EAL para 10, 15 y 20 años.

**Tabla 7**  
*Número de ejes equivalentes acumulados*

Tramos	Número de ejes equivalentes		
	10 años	15 años	20 años
Ilave-Mazocruz	$5.30 \times 10^5$	$8.80 \times 10^5$	$1.30 \times 10^6$
Checca-Ilave	$4.60 \times 10^5$	$7.60 \times 10^5$	$1.13 \times 10^6$

Se consideraron vehículos de 2 y 3 ejes, entre los cuales es posible mencionar a los camiones y ómnibus.

### **2.7.2. Determinación del C.B.R. y Módulo Resiliencia de Diseño**

El Módulo de Resiliencia es el módulo de elasticidad de un suelo basado en la recuperación de la deformación bajo cargas repetidas. Se sabe que la mayoría de los materiales para pavimentaciones no son elásticos, pero experimentan alguna deformación permanente después de la aplicación de cada carga. Sin embargo, si la carga es pequeña comparada con la resistencia del material y se repite muchas veces, la deformación bajo cada carga repetida puede ser completamente recuperable y proporcional a la carga, de tal manera que puede ser considerada elástica.

Es importante hacer notar que el módulo resiliencia no presenta experiencia en nuestro país, pero aproximando el valor del módulo de resiliencia (MR) en función al valor del C.B.R., y de acuerdo a las recomendaciones del Instituto de Aeronáutica de Brasil, publicado en el Recent Development in Soil and Pavement Mechanics, 1997 Balkena Róterdam, se establece que para valores de C.B.R. comprendido entre 4% y 48%, el Módulo de Resiliencia puede calcularse mediante la expresión siguiente:

$$CBR_{sr} = 0.0624 + (MR_{sr})^{1.178} \text{ (En MPa)}$$

Para definir el MR se llevó a cabo el ensayo que indica el método AASHTO (1986 y 1993) y por lo tanto el procedimiento para obtener el MR de diseño no es totalmente aplicable.

De acuerdo a los criterios del Método AASHTO 93 los C.B.R. se correlacionaron con el MR, con lo cual se obtuvo.

**Tabla 8**

*Cuadro de los Módulos Resilencia de diseño*

<b>Sub. tramo</b>	<b>Progresiva (Km.)</b>	<b>MR. (psi)</b>
Nº1	0 + 000 al 10 +400	10316

### **2.7.3. Diseño de Espesores**

Existen muchos métodos para determinar el diseño de espesores, es así que en los últimos 30 años han aparecido una infinidad de métodos. Algunos se basan en consideraciones puramente teóricas, estudiando las distribuciones de tensiones, asentamientos, cargas de hundimiento, etc. Unos son en parte teóricos otros son absolutamente empíricos.

La mayoría de los métodos de diseño tienen como base una prueba o un conjunto de pruebas de laboratorio, que se supone sirven como índice para representar el comportamiento real de los pavimentos por medio de alguna correlación o conjunto de correlaciones más o menos razonables y seguros que deben existir entre el comportamiento de los materiales en laboratorio y en la estructura.

### **2.7.4. Método AASHTO 93**

Es un método basado en pruebas a escala natural, utilizada para construir la carretera experimental AASHTO en el estado de Illinois, entre las ciudades de Ottawa y Útica, entre los años 1956 a 1960, cuya construcción consta de vías pavimentadas (flexibles y rígidos).

De acuerdo a las experiencias e investigaciones realizadas en la carretera construida por AASHTO, se estableció que la estabilidad y el comportamiento de un pavimento flexible depende de las siguientes variables:

- Del módulo de resiliencia de la sub-rasante
- De la resistencia de cada una de las capas del pavimento.
- Del número de aplicaciones equivalentes de carga
- De las condiciones climáticas de la región
- De la pérdida de serviciabilidad del proyecto

La carretera Ilave – San Antonio de Checca será construida con pavimento flexible, para un periodo de 20 años con un mantenimiento periódico y con un índice de serviciabilidad que se calculará usando el cuadro siguiente:

**Tabla 9**  
*Calificación de acuerdo a la serviciabilidad*

SERVICIABILIDAD	CALIFICACIÓN
0 – 1	Pésima
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy Buena

La pérdida de serviciabilidad toma en cuenta condiciones iniciales y finales de servicio de la carretera, y se calcula mediante la expresión:

$$\Delta PSI = P_i - P_f$$

Donde:

$\Delta PSI$  = Pérdida de serviciabilidad

$P_i$  = Serviciabilidad inicial

$P_f$  = Serviciabilidad final

Se trabajará con:  $\Delta PSI = 4 - 2 = 2$

Los valores del número estructural (SN) se hallan con la siguiente ecuación:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(MR) - 8.07$$

Donde  $W_{18}$  viene a ser la cantidad de EE, mientras que el MR viene a ser el Módulo resiliencia y el  $\Delta PS$  viene a ser la pérdida de serviciabilidad.

La fórmula se puede resolver realizando un proceso iterativo, del cual se despeja el valor de SN diseño que permite encontrar la situación de un pavimento nuevo. En una hoja de cálculo se ha considerado las siguientes partes:

$$K1 = \log_{10}(W_{18}) - Z_r * S_o + 0.20 + 8.07$$

$$K2 = \log \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}$$

$$K3 = 2.32 * \text{Log}_{10}(MR)$$

Luego de reemplazar y despejar, queda:

$$K1 - K3 = 9.36 * \text{Log}(SN + 1) + \frac{K2}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}$$

Considerando:

$$J1 = 9.36 * \text{Log}_{10}(SN + 1)$$

Y, además:

$$J2 = \frac{K2}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}$$

Se cumple que:

$$K1 - K3 = J1 + J2$$

o también:

$$(K1 - K3) - (J1 + J2) = 0$$

Esta última expresión permite cumplir la igualdad y por lo tanto encontrar en  $SN_{\text{diseño}}$ .

Los espesores finales de la estructura del pavimento se calculan con:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3$$

Se debe tomar en cuenta que:

$a_1, a_2, a_3$ : Vienen a ser los coeficientes estructurales o de capa

$m_2, m_3$ : Vienen a ser los coeficientes de drenaje

$D_1, D_2, D_3$ : Vienen a ser los espesores de capas

**Tabla 10**  
*Valores de los coeficientes estructurales de capa*

COMPONENTES DE UN PAVIMENTO	COEFICIENTES X CM		
	a1	a2	a3
<b>Capa de Rodamiento</b>			
Capa Superficial carpeta asfáltica			
Mezcla asfáltica en frío	0.17		
Tratamiento bituminoso doble o triple	0.08		
Sello asfáltico	0.25-0.40		
<b>Capa base</b>			
Base tipo concreto asfáltico		0.17	
Base granular CBR hasta 40%		0.04	
Base granular CBR hasta 60%		0.05	
Base granular CBR hasta 80%		0.06	
Base de CBR igual o mayor de 100%		0.07	
Base granular tratada con asfalto		0.135	
Base granular tratada con cemento		0.12	
Base granular tratada con cal		0.06-	
		0.12	
<b>Sub. base</b>			
Arena – arcilla arenosa CBR hasta 10%			0.03
Arena – arcilla arenosa CBR hasta 25%			0.04
Grava – arenosa CBR hasta 40%			0.045
Grava – arenosa CBR hasta 60%			0.05

Es así que se tiene:

$a_1$  = 0.17 (concreto asfáltico)

$a_2$  = 0.06 (base granular)

$$a_3 = 0.045 \text{ (sub-base granular)}$$

Se ha considerado:

$$\Delta \text{ PSI} = 2.2$$

$$\text{ZR} = 1.037$$

$$\text{SO} = 0.44$$

Es importante mencionar que fue considerado un drenaje bueno. Por ello es imprescindible señalar que se tomaron factores de drenaje entre 1.15 y 1.00. Asimismo, se debe mencionar que el valor adoptado para  $m_2$  y  $m_3$  es 1.10. De esta manera, se procedió a calcular los espesores de cada capa del pavimento.

Espesor de pavimento para el proyecto

Haciendo uso de la ecuación de Número Estructural se calculan los espesores finales del pavimento:

$$\text{SN} = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3$$

**Tabla 11***Diseño AASHTO 93 para alternativa de 10 años*

<b>Diseño AASHTO 93 para alternativa de 10 años</b>										
<b>Subtramo</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Número de ejes equivalentes	Wt <sub>18</sub>		5,30E+05	5,30E+05	5,30E+05	4,60E+05	4,60E+05	4,60E+05	4,60E+05	4,60E+05
Módulo resiliencia	Mr		10316	10685	11043	8963	9080	7843	11508	5956
Factor de confiabilidad	Zr		-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037
Desviación estándar	So		0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Índice de serviciabilidad	pt		2	2	2	2	2	2	2	2
Log. (Mr)			4,01	4,03	4,04	3,95	3,96	3,89	4,06	3,77
Gt			-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09
Log (Wt <sub>18</sub> )			5,72	5,72	5,72	5,66	5,66	5,66	5,66	5,66
<b>Número estructural requerido</b>	<b>SN</b>		<b>2,58</b>	<b>2,55</b>	<b>2,53</b>	<b>2,66</b>	<b>2,65</b>	<b>2,78</b>	<b>2,43</b>	<b>3,07</b>
Conc. Asfáltico	a <sub>1</sub> 0,170	D <sub>1</sub> (cm)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Base	m <sub>2</sub> a <sub>2</sub> 0,060	D <sub>2</sub> (cm)	15	15	15	15	15	15	15	15
Sub-base	m <sub>3</sub> 1,10 a <sub>3</sub> 0,045	D <sub>3</sub> (cm)	10	10	10	10	10	12,5	10	17,5
<b>Espesor Total del pavimento</b>		<b>(cm)</b>	<b>32,5</b>	<b>32,5</b>	<b>32,5</b>	<b>32,5</b>	<b>32,5</b>	<b>35</b>	<b>32,5</b>	<b>40</b>
<b>Número estructural obtenido</b>		<b>SN'</b>	<b>2,76</b>	<b>2,76</b>	<b>2,76</b>	<b>2,76</b>	<b>2,76</b>	<b>2,88</b>	<b>2,76</b>	<b>3,13</b>

**Tabla 12***Diseño AASHTO 93 para alternativa de 15 años*

<b>Diseño AASHTO 93 para alternativa de 15 años</b>									
<b>Subtramo</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Número de ejes equivalentes	Wt <sub>18</sub>	8,80E+05	8,80E+05	8,80E+05	7,60E+05	7,60E+05	7,60E+05	7,60E+05	7,60E+05
Módulo resiliencia	Mr	10316	10685	11043	8963	9080	7843	11508	5956
Factor de confiabilidad	Zr	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037
Desviación estándar	So	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Índice de serviciabilidad	pt	2	2	2	2	2	2	2	2
Log. (Mr)		4,01	4,03	4,04	3,95	3,96	3,89	4,06	3,77
Gt		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09
Log (Wt <sub>18</sub> )		5,94	5,94	5,94	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88
<b>Número estructural requerido</b>	<b>SN</b>	<b>2,79</b>	<b>2,75</b>	<b>2,73</b>	<b>2,87</b>	<b>2,85</b>	<b>3,01</b>	<b>2,63</b>	<b>3,32</b>
Conc. Asfáltico	a <sub>1</sub> 0,170 D <sub>1</sub> (cm)	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62
Base	m <sub>2</sub> a <sub>2</sub> 0,060 D <sub>2</sub> (cm)	15	15	15	15	15	15	15	20
Sub-base	m <sub>3</sub> 1,10 a <sub>3</sub> 0,045 D <sub>3</sub> (cm)	12,5	10	10	15	12,5	15	10	15
<b>Espesor Total del pavimento</b>	<b>(cm)</b>	<b>35</b>	<b>32.5</b>	<b>32.5</b>	<b>37.5</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>32,5</b>	<b>37,5</b>
<b>Número estructural obtenido</b>	<b>SN'</b>	<b>2,88</b>	<b>2,76</b>	<b>2,76</b>	<b>3,01</b>	<b>2,88</b>	<b>3,01</b>	<b>2,76</b>	<b>3,38</b>

**Tabla 13***Diseño AASHTO 93 para alternativa de 20 años*

<b>Diseño AASHTO 93 para alternativa de 20 años</b>									
<b>Subtramo</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Número de ejes equivalentes	Wt <sub>18</sub>	1,30E+06	1,30E+06	1,30E+06	1,13E+06	1,13E+06	1,13E+06	1,13E+06	1,13E+06
Módulo resiliencia	Mr	10316	10685	11043	8963	9080	7843	11508	5956
Factor de confiabilidad	Zr	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037
Desviación estándar	So	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Índice de serviciabilidad	pt	2	2	2	2	2	2	2	2
Log. (Mr)		4,01	4,03	4,04	3,95	3,96	3,89	4,06	3,77
Gt		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09
Log (Wt <sub>18</sub> )		6,11	6,11	6,11	6,05	6,05	6,05	6,05	6,05
<b>Número estructural requerido</b>	<b>SN</b>	<b>2,97</b>	<b>2,92</b>	<b>2,90</b>	<b>3,05</b>	<b>3,04</b>	<b>3,19</b>	<b>2,79</b>	<b>3,51</b>
Conc. Asfáltico	a <sub>1</sub> 0,170 D <sub>1</sub> (cm)	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62
Base	m <sub>2</sub> a <sub>2</sub> 15 15	15	15	15	15	15	15	15	20
Sub-base	m <sub>3</sub> 1,10 a <sub>3</sub> 15 15	15	15	15	17,5	17,5	20	35	20
<b>Espesor Total del pavimento</b>	<b>(cm)</b>	<b>37,5</b>	<b>37,5</b>	<b>37,5</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>42,5</b>	<b>35</b>	<b>47.62</b>
<b>Número estructural obtenido</b>	<b>SN'</b>	<b>3,01</b>	<b>3,01</b>	<b>3,01</b>	<b>3,13</b>	<b>3,13</b>	<b>3,26</b>	<b>2,88</b>	<b>3,59</b>

### **III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA**

En el transcurso de los años de trabajo en la empresa CJ CONTRATISTAS GENERALES EIRL he realizado algunos proyectos de la empresa, pudiendo aportar en la mejora de los procesos de las diferentes etapas del proyecto, logrando culminar los proyectos con el cumplimiento del cronograma contractual, obteniendo las utilidades proyectadas para la empresa y logrando un buen clima laboral entre todos los involucrados del proyecto. Así mismo, con la buena gestión realizada en cada proyecto se ha podido finalizar y lograr la confianza de los clientes, obteniendo así nuevos contratos y una buena relación. CJ CONTRATISTAS GENERALES EIRL he realizado los siguientes aportes:

- Elaboración de cronograma de avance de obra
- Coordinación mediante reuniones semanales con los subcontratistas para liberar interferencias y para coordinar los trabajos semanales.
- Elaboración y exposición de informes de obra semanales para reuniones con el cliente y la supervisión.
- Coordinación con el personal obrero para la ejecución del proyecto.
- Control de costos del proyecto y rendición al Gerente de proyectos.
- Elaboración de adicionales de obra.
- Revisión y compatibilización de los planos del proyecto.
- Entrega de Dossier final y entrega de obra

#### IV. CONCLUSIONES

1. En la investigación se hizo uso del Método AASHTO 93 para poder realizar el diseño del pavimento flexible de la carretera Ilave-Mazocruz de la provincia de El Collao - Puno. Este método se basa fundamentalmente en la determinación del módulo de resiliencia (MR) de la sub-rasante, los ejes equivalentes acumulados de 18000 ib ( $W_{18}$ ), el índice de serviciabilidad (pt), las características físicas y mecánicas de los materiales de préstamo y los espesores mínimos de concreto asfáltico que especifica el método de acuerdo al EAL correspondiente.
2. Con el eficiente análisis de tráfico realizado fue posible calcular el número de EE, el cual fue necesario para poder determinar el espesor de las capas del pavimento. Para este análisis y llevar a cabo el conteo vehicular se emplearon dos estaciones estratégicamente ubicadas.
3. Para llevar a cabo el diseño del pavimento se ha considerado un periodo de 20 años. En este contexto es necesario mencionar que se consideró una tasa de crecimiento anual de 4%. Finalmente, fue posible obtener una estructura de pavimento que se caracterizó por estar conformada por una carpeta de asfalto de espesor 7.62 cm., y una base y subbase granular ambos de 20 cm de espesor, con lo cual se obtuvo un espesor total de 47.62 cm.

## V. RECOMENDACIONES

1. Para el diseño de la estructura del pavimento mediante la metodología AASHTO 93 se deberá otorgar una gran importancia a la calidad que caracteriza a los materiales granulares que han de ser empleado para la conformación de la base y sub-base. Por ello es absolutamente necesario que se cumpla con las especificaciones generales indicadas de acuerdo a la zona.
2. Para el cálculo de los volúmenes y la clasificación de tráfico vehicular, se recomienda considerar encuestas de origen y destino mediante las cuales se obtendrá el tráfico normal, desviado, generado y el tráfico inicial. Dadas las características de la vía, es importante mencionar que solo se deben considerar los ómnibus y camiones de 2 y 3 ejes, mientras que los vehículos que son considerados ligeros deben despreciarse por no poseer un efecto destructivo.
3. Se debe llevar a cabo un mejoramiento del suelo con material granular de cantera realizando para ello una compactación por capas de 20 cm de espesor al 95% de la MDS del próctor modificado. Asimismo, es importante mencionar que los reemplazos deben llevarse a cabo considerando una profundidad mínima de 40 cm. También es necesario señalar que la capa de sub-rasante considerada como los primeros 30 cm debajo de la base deberá ser compactada al 95% de la MDS del próctor modificado.

## VI. REFERENCIAS

- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Editorial episteme.  
[https://www.researchgate.net/publication/301894369\\_EL\\_PROYECTO\\_DE\\_INVESTIGACION\\_6a\\_EDICION](https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION)
- Barrera, J. (2015). *Fallas en pavimentos flexibles: causas, efectos y soluciones*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Digital de la Universidad de San Carlos de Guatemala. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3838\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3838_C.pdf)
- Calla, E. (2015). *Pavimentación de los jirones Achaya, Manco Cápac, Conde de Lemus, Arica y Puno de la Municipalidad Distrital de Caminaca-Azángaro*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Digital de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1862>
- Castro, W. (2019). *Construcción de una infraestructura vial y transitabilidad en las vías Asociación de Vivienda “Las Américas” distrito de Vegueta – Huaura – Lima, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-cesar-vallejo/fisica/tesis-terminada-castro-jaimenes/17815769>
- Ccasani, M. y Ferro, Y. (2017). *Evaluación y Análisis de Pavimentos en la Ciudad de Abancay, para Proponer una Mejor Alternativa Estructural en el Diseño de Pavimentos*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica de los Andes. <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/107>

- Cedeño, J. (2014). *Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según AASHTO 93*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. <http://201.159.223.180/handle/3317/3131>
- Escobar, L. y Huincho, J. (2017). *Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1388>
- Espinoza, L. (2018). *Análisis de alternativas en el diseño de pavimentos flexibles y rígidos por el método AASHTO 93*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30348>
- García, A. Gutiérrez, F. y Hernández, J. (2014). *Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método Mecanicista Empírico, con el método AASHTO 93*. [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6344/>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw-Hill de México. [https://www.academia.edu/20792455/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_Investigaci%C3%B3n\\_5ta\\_edici%C3%B3n\\_Roberto\\_Hern%C3%A1ndez\\_Sampieri](https://www.academia.edu/20792455/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n_5ta_edici%C3%B3n_Roberto_Hern%C3%A1ndez_Sampieri)
- Humpiri, K. (2015). *Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la Región de Puno*. [Tesis de posgrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. Repositorio Digital UANCV. <https://core.ac.uk/download/pdf/249337494.pdf>

Llance, J., Mayta, M., Meza, D., y Paredes, M. (2019). *Propuesta de diseño de pavimento urbano para el tramo avenida Oxapampa en Quiparacra-Pasco-2019*. [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional de la Universidad San Ignacio de Loyola de Lima. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/5acd220e-1cec-4de1-8ea1-17b145e6318a/full>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2013). *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos*. [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)

Quiñones, K. (2017). *Diagnóstico y diseño vial del pavimento flexible: Avenida Alfonso Ugarte (tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana Los Andes. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/265>

Salamanca, M. y Zuluaga, S. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos Invias, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el Departamento del César*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/2569>

Torres, P. y Pérez, D. (2017). *Diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en el AA. HH. Ampliación Túpac Amaru, distrito de Chiclayo, provincia Chiclayo, región Lambayeque 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad César

Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/16554>

Vega, D. (2018). *Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (km 1+000 a 2+000)*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP.  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12088>

## **VII. ANEXOS**

**Anexo A**

## Panel fotográfico

*Figura 3: Foto 1.*

Fuente: Propia.

*Figura 5: Foto 2.*



Fuente: Propia.

*Figura 6: Foto 3.*



Fuente: Propia.

*Figura 7: Foto 4.*



Fuente: Propia.

*Figura 8: Foto 5.*



Fuente: Propia.

*Figura 9: Foto 6.*



Fuente: Propia.

*Figura 10: Foto 7.*



Fuente: Propia.

**Anexo B**

Análisis de regionalización de la precipitación

Figura 4: Análisis de regionalización de la precipitación – Hoja 1.

#### **ANÁLISIS DE REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN.**

##### **COMPLETACIÓN DE SERIES HIDROPLUVIOMETRICAS.**

Las cantidades de precipitación se estiman a partir de las observaciones realizadas de por lo menos tres estaciones, cercanas espaciadas en lo posible y situadas alrededor de la estación cuyo registro no existe.

Los cuadros de precipitaciones (Incompletos) de las estaciones que nos servirán para regionalizar se muestran en los *Cuadros adicionados en los anexos*.

Para completar los datos faltantes, se eligió el método de la Razón Normal (Ver *cuadro*), de la cual su expresión matemática se presenta como:

$$P_x = \frac{1}{2} \left( \frac{N_x}{N_a} P_a + \frac{N_x}{N_b} P_b \right)$$

Donde :

$N_x$  = Precipitación media de la estación problema.

$N_{a,b,c}$  = Precipitación media de las estaciones vecinas.

$P_x$  = Precipitación a ser estimada.

$P_{a,b,c}$  = Precipitación en el año problema en las estaciones vecinas.

##### **ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN**

El análisis de la consistencia de la precipitación de las precipitaciones se puede realizar mediante el análisis de doble masa, teniendo en cuenta la información de las estaciones vecinas para el caso de cuencas con escasa información.

**ANÁLISIS DE DOBLE MASA.-** El análisis de doble masa permite un control visual de los parámetros y es una herramienta muy conocida que se utiliza en la detección de inconsistencia y homogeneidad de datos hidrometeorológicos.

El procedimiento es el siguiente: Se dibuja en un plano cartesiano X, Y; los valores acumulados "Xa" (Serie correlacionada de dos o mas estaciones patrón, que consiste en el promedio de varias estaciones índice) y "Ya" (Serie a ser analizada), teniendo en cuenta su correspondencia para los mismos periodos.

Cuando la correlación de doble masa es suficiente, en el diagrama se obtiene en promedio una curva lineal, mostrando en su inclinación un factor de proporcionalidad entre las dos series.

Un desvío visible de esta proporcionalidad nos muestra una no homogeneidad de Ya.

En el gráfico de doble masa se demuestra que existe consistencia en los datos en las estaciones más cercanas a la zona donde esta ubicada el proyecto (Estación que no cuenta con datos), al no haber ningún quiebre considerable en las curvas doble masa, por

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 5: Análisis de regionalización de la precipitación – Hoja 2.

consiguiente se concluye que los datos de las estaciones de: Puno, Umayo, Cabanillas y Juli, son consistentes.

#### ECUACIONES DE REGIONALIZACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES.

##### DESCRIPCIÓN DEL MODELO.

En la cuenca del Lago Titicaca las precipitaciones muestran una relación estrecha con la elevación, para la regionalización de datos pluviométricos se utilizará las ecuaciones de regresión determinada sobre la base de los registros de las estaciones situadas en la misma cuenca.

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL Y ALTITUD EN m.s.n.m.		
Estación	Precip. Media (mm)	Altitud
- Puno	764.65	3812.00
- Cabanillas	655.76	3850.00
- Umayo	712.40	3850.00
-		

Se probaron varias series de ecuaciones de regresión linealizadas y aquella que obtuvo el coeficiente de correlación mas alto fue la de Tipo Hiperbólico.

##### METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS

Estación	Prec Anual Y	Altitud X	Y = Y	X1 = 1/ X	Y * Y	Y * X1	X1*X1
Puno	764.65	3,812.00	764.65	0.000262	584689.62	0.20059	0.000000069
Umayo	712.40	3,850.00	712.40	0.000260	507513.76	0.18504	0.000000067
Cabanillas	655.76	3,850.00	655.76	0.000260	430021.18	0.17033	0.000000067
Suma	2132.81	11512.00	2132.81	0.000782	1522224.6	0.55596	0.000000204
Promedio	710.94	3837.33	710.94	0.000261	507408.19	0.18532	0.000000068

La ecuación presenta la siguiente forma:

$$X_0 = b_0 + b_1 (X_1)$$

$$b_1 = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}$$

$$b_0 = \frac{\sum y_i - b_1 \sum x_i}{n}$$

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 6: Análisis de regionalización de la precipitación – Hoja 3.

Donde:

$X_0$  = Dato de precipitación.

$X_1$  = Dato de inversa de altitud.

$b_0, b_1$  = Incógnita.

$X$  = Dato de altitud

Reemplazando en las formulas correspondientes resulta los siguientes valores:

$b_1$  = 2 730 532.16

$b_0$  = - 0.49

$r$  = 0.993

Con las cuales podemos plantear nuestra ecuación de regresión hiperbólica de la siguiente manera:

$$Y = - 0.49 + 2\,730\,532.16 \left( 1 / X \right)$$

Luego procedemos a generar precipitaciones "Medias anuales" para las estaciones de Puno y Umayo.

Puno:

$$Y = 715.81 \text{ mm}$$

Umayo:

$$Y = 708.74 \text{ mm}$$

Generamos precipitación media anual para la zona donde esta ubicada el Proyecto con la ecuación de regionalización.

*Altitud Promedio* = 3 826.26 msnm

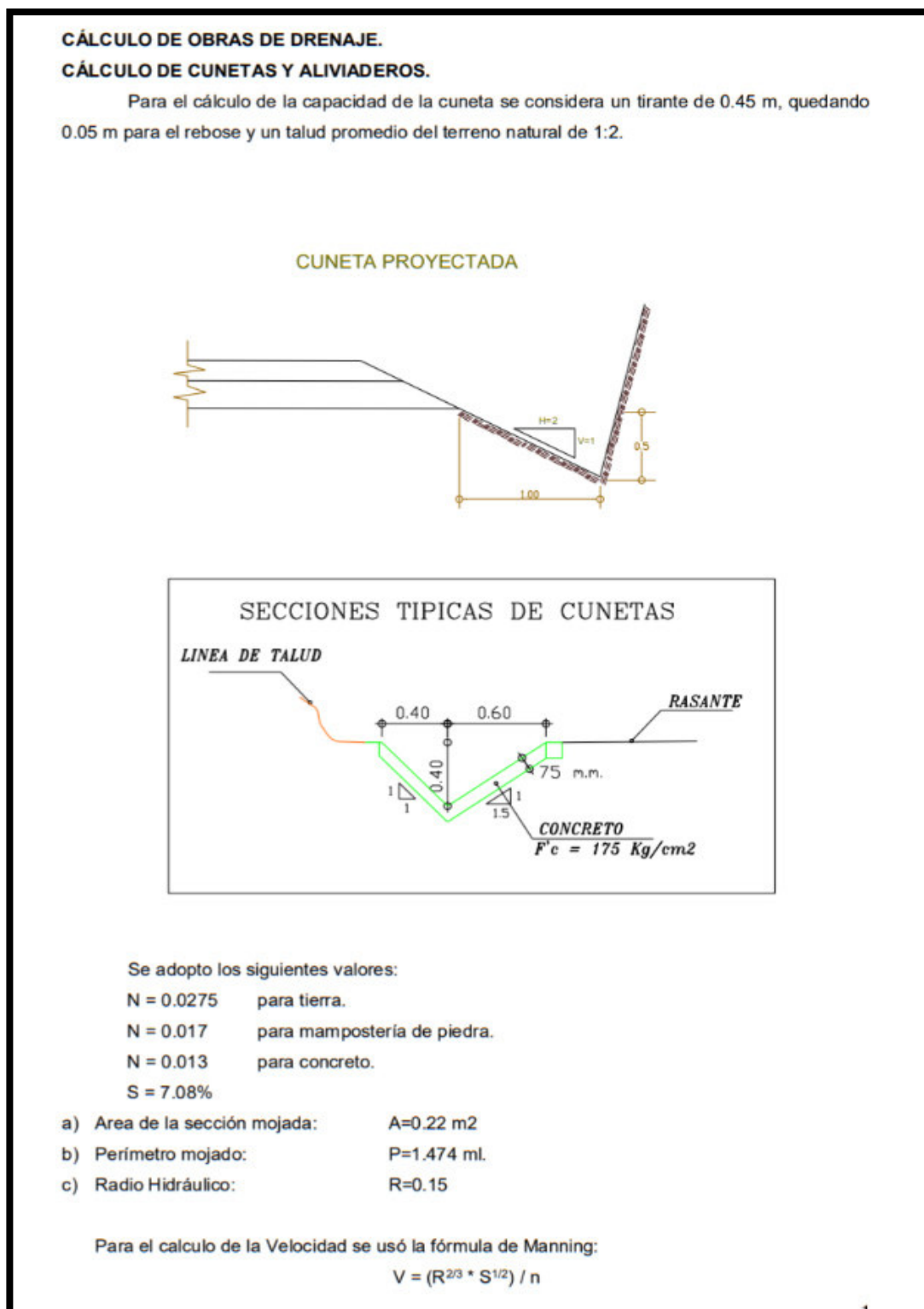
*Precipitación Media* = 713.14 mm

Fuente: Municipalidad de Ilave.

**Anexo C**

Cálculo de obras de drenaje.

Figura 7: Cálculo de obras de drenaje – hoja 1.



Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 8: Cálculo de obras de drenaje – hoja 2.

$V = 5.906 \text{ m/seg.}$

Donde:  $V =$  Velocidad promedio ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $A =$  Area Hidráulica ( $\text{m}^2$ )  
 $R =$  Radio Hidráulico (m)  
 $S =$  Pendiente del canal.  
 $n =$  Coeficiente de rugosidad de Manning.

La capacidad de la cuneta será:

$Q = V \times A$   
 $Q = 1.347 \text{ M}^3/\text{seg.}$

Para el caudal máximo se calculará el caudal producido por la máxima precipitación, aplicando la fórmula de Burkly-Ziegler:

$Q = 0.022 C \cdot A \cdot h \cdot (S/A)^{1/4}$   
 $Q = 0.296 \text{ m}^3/\text{seg}$

Donde:  $Q =$  Gasto ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $C =$  Coeficiente que depende del tipo de superficie drenada (0.25 para terrenos de cultivo y laderas montañosas)  
 $h =$  Intensidad de la precipitación pluvial, en  $\text{cm/hr}$  (valor obtenido en función del tiempo de concentración para una frecuencia de 25 años)  
 $A =$  Número de hectáreas tributarias ( $680\text{m} \cdot 50\text{m}$ )  
 $S =$  Pendiente promedio del terreno, en  $\text{m/km}$

La longitud máxima de la cuneta se puede determinar con la siguiente fórmula:

$L_{\text{max}} = A / b$

Donde:  $L_{\text{max}} =$  Longitud máxima (m)  
 $A =$  Area tributaria ( $\text{m}^2$ )  
 $b =$  Ancho del derecho de vía (m)

**CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CUNETAS**

KILOMETRO IZQ.	UBI CAC AL	ALC ANT.	KILOMETRO DER.		LONGITUD (M)		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS							Longitud Máx. (m).	
			DE	AL	L. IZQ.	L. DRE	S (m/m)	AREA (M2)	R (m)	n (Coef.)	V(m/s)	Q (m3/seg.)	Qmáx.(m3/S.)		A (Has)
0	320		220	320	320	100	0.058	0.228	0.155	0.013	5.332	1.216	0.282	22.4	2239.97
			390	400		10	0.05	0.228	0.15	0.013	5.01	1.143	0.021	20.63	2063.

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 9: Cálculo de obras de drenaje – hoja 3.

							1		5		3			03	
			880	910		30	0.1	0.228	0.15	0.013	7.01	1.600	0.048	32.31	3231.
									5		9			9	90
400	108	1080	1000	1080	680	80	0.07	0.228	0.15	0.013	5.90	1.347	0.497	25.67	2567.
									5		6			3	32
			1110	1140		30	0.02	0.228	0.15	0.027	1.62	0.371	0.048	4.596	459.6
									5		6			4	4
			1220	1280		60	0.02	0.228	0.15	0.027	1.62	0.371	0.080	4.596	459.6
									5		6			4	4
109	149		1410	1710	405	300	0.03	0.228	0.15	0.027	1.99	0.456	0.337	6.056	605.6
0	5								5		9			3	3
			1880	1920		40	0.03	0.228	0.15	0.027	1.80	0.412	0.059	5.286	528.6
									5		5			1	1
			2050	2060		10	0.03	0.228	0.15	0.027	1.80	0.412	0.021	5.286	528.6
									5		5			1	1
166	214	2141	2120	2141	481	21	0.04	0.228	0.15	0.013	4.52	1.032	0.383	18.01	1801.
0	1								5		7				03
			2210	2240		30	0.03	0.228	0.15	0.027	1.98	0.452	0.048	5.989	598.9
									5		3			4	4
			2360	2420		60	0.03	0.228	0.15	0.027	1.98	0.452	0.080	5.989	598.9
									5		3			4	4
214	273		2720	2730	589	10	0.03	0.228	0.15	0.027	1.98	0.452	0.446	5.989	598.9
1	0								5		3			4	4
			2730	2740		10	0.06	0.228	0.15	0.013	5.63	1.285	0.021	24.12	2412.
									5		7			7	67
			2820	3000		180	0.06	0.228	0.15	0.013	5.63	1.285	0.183	24.12	2412.
									5		7			7	67
273	327	3270	3020	3270	540	250	0.05	0.228	0.15	0.013	5.35	1.222	0.418	22.55	2255.
0	0								5		9			5	47
327	331	3314	3314	3460	43.5	146.	0.02	0.228	0.15	0.027	1.61	0.368	0.157	4.558	455.8
0	4					5	4		5		5				0
331	346		3640	3720	146.	80	0.02	0.228	0.15	0.027	1.61	0.368	0.157	4.558	455.8
4	0				5	4	4		5		5				0
346	402		3750	3940	560	190	0.03	0.228	0.15	0.027	2.08	0.474	0.430	6.385	638.5
0	0								5		5			6	6
402	476	4020	4140	4170	740	30	0.06	0.228	0.15	0.013	5.48	1.251	0.530	23.27	2327.
0	0								5		7			1	12
			4260	4280		20	0.06	0.228	0.15	0.013	5.78	1.319	0.035	24.96	2496.
									5		4			7	73
			4380	4420		40	0.06	0.228	0.15	0.013	5.78	1.319	0.059	24.96	2496.
									5		4			7	73
478	489	4895	4670	4894.	114.	224.	0.05	0.228	0.15	0.013	5.07	1.156	0.217	20.95	2095.
0	5			8	8	8	2		5		1			3	26
496	509	5090	4895	5090	130	195.	0.00	0.228	0.15	0.027	0.97	0.223	0.195	2.336	233.6
0	0					2	9		5		9			8	8
522	530	5305	5090	5304.	84.5	214.	0.00	0.228	0.15	0.027	0.97	0.223	0.209	2.336	233.6
0	5			5		5	9		5		9			8	8
532	535	5350	5305	5350	30	45.5	0.00	0.228	0.15	0.027	0.97	0.223	0.065	2.336	233.6
0	0								5		9			8	8
540	556	5400	5350	5400	160	50	0.02	0.228	0.15	0.027	1.62	0.371	0.168	4.596	459.6
0	0								5		6			4	4
584	587		5400	5890	30	490	0.02	0.228	0.15	0.027	1.62	0.371	0.389	4.596	459.6
0	0								5		6			4	4
594	595		5890	6000	10	110	0.03	0.228	0.15	0.027	1.88	0.429	0.127	5.579	557.9
0	0								5		5			7	7
598	602				40		0.03	0.228	0.15	0.027	1.88	0.429	0.059	5.579	557.9
0	0								5		5			7	7

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 10: Cálculo de obras de drenaje – hoja 4.

IZQUIERDA		UBI CAC	DERECHA		LONGITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS								LON G. MAX (m)
DE	AL	ALC ANT.	DE	AL	L.izq	L.der	S (m/m)	ARE A (m2)	R (m)	n	V (m/s)	Q (m3/s)	Qmax. (m3/s)	A (Has.)	
			6000	6140	0	140	0.032	0.2531	0.168	0.03	1.817	0.460	0.460	6.5874	1317.5
			6140	6170	0	30	0.032	0.2531	0.168	0.03	1.817	0.460	0.460	6.5874	1317.5
			6170	6400	0	230	0.068	0.2531	0.168	0.03	2.638	0.668	0.668	10.826	2165.6
		6650	6400	6650	0	250	0.068	0.2531	0.168	0.03	2.638	0.668	0.668	10.826	2165.6
			6650	6772	0	122	0.064	0.2531	0.168	0.03	2.557	0.647	0.647	10.387	2077.5
			6772	6830	0	57.98	0.064	0.2531	0.168	0.03	2.557	0.647	0.647	10.387	2077.5
			6830	6940	0	110	0.064	0.2531	0.168	0.03	2.557	0.647	0.647	10.387	2077.5
			6940	7260	0	320	0.064	0.2531	0.168	0.03	2.557	0.647	0.647	10.387	2077.5
			7260	7370	0	110	0.064	0.2531	0.185	0.03	2.729	0.691	0.691	11.339	2266
		7490	7370	7490	0	120	0.064	0.2531	0.185	0.03	2.729	0.691	0.691	11.339	2266
			7490	7540	0	50	0.056	0.2531	0.185	0.03	2.564	0.649	0.649	10.426	2085.2
			7540	7620	0	80	0.056	0.2531	0.185	0.03	2.564	0.649	0.649	10.426	2085.2
			7620	7760	0	140	0.056	0.2531	0.185	0.03	2.564	0.649	0.649	10.426	2085.2
		7820	7760	7820	0	60	0.056	0.2531	0.185	0.03	2.564	0.649	0.649	10.426	2085.2
			7820	7840	0	20	0.040	0.2531	0.185	0.03	2.163	0.547	0.547	8.3078	1661.6
			7840	7960	0	120	0.040	0.2531	0.185	0.03	2.163	0.547	0.547	8.3078	1661.6
			7960	8070	0	110	0.040	0.2531	0.185	0.03	2.163	0.547	0.547	8.3078	1661.6
			8070	8140	0	70	0.040	0.2531	0.185	0.03	2.163	0.547	0.547	8.3078	1661.6
		8230	8140	8230	0	90	0.064	0.2531	0.185	0.03	2.732	0.691	0.691	11.343	2268.6
			8230	8260	0	30	0.064	0.2531	0.185	0.03	2.732	0.691	0.691	11.343	2268.6
			8260	8320	0	60	0.039	0.2531	0.185	0.03	2.128	0.539	0.539	8.1308	1626.2
			8320	8450	0	130	0.039	0.2531	0.185	0.03	2.128	0.539	0.539	8.1308	1626.2
			8450	8640	0	190	0.039	0.2531	0.185	0.03	2.128	0.539	0.539	8.1308	1626.2
			8640	8780	0	140	0.041	0.2531	0.185	0.03	2.190	0.554	0.554	8.4485	1689.7
			8780	8920	0	140	0.041	0.2531	0.185	0.03	2.190	0.554	0.554	8.4485	1689.7
		8970	8920	8970	0	50	0.066	0.2531	0.185	0.03	2.780	0.704	0.704	11.610	2322.1
			8970	9080	0	110	0.066	0.2531	0.185	0.03	2.780	0.704	0.704	11.610	2322.1

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 11: Cálculo de obras de drenaje – hoja 5.

			9080	9140	0	60	0.06	0.253	0.18	0.03	2.78	0.704	0.704	11.61	2322.
							6	1	5		0				1
			9140	9260	0	120	0.06	0.253	0.18	0.03	2.66	0.675	0.675	10.99	2198.
							1	1	5		8			1	3
			9260	9430	0	170	0.06	0.253	0.18	0.03	2.66	0.675	0.675	10.99	2198.
							1	1	5		8			1	3
			9430	9440	0	10	0.05	0.253	0.18	0.03	2.60	0.658	0.658	10.61	2123.
							8	1	5		0			9	9
			9440	9515	0	75	0.05	0.253	0.18	0.03	2.60	0.658	0.658	10.61	2123.
							8	1	5		0			9	9
			9515	9578	0	63	0.05	0.253	0.18	0.03	2.60	0.658	0.658	10.61	2123.
							8	1	5		0			9	9
			9578	9657	0	79	0.05	0.253	0.18	0.03	2.60	0.658	0.658	10.61	2123.
							8	1	5		0			9	9
			9657	9980	0	323	0.05	0.253	0.18	0.03	2.60	0.658	0.658	10.61	2123.
							8	1	5		0			9	9
			9980	1038	0	400	0.05	0.253	0.16	0.03	2.43	0.617	0.617	9.736	1947.
				0			8	1	8		6			1	2

**CÁLCULO DE ALCANTARILLAS.**

Basándose en la información hidrológica se debe determinar el diámetro necesario para evacuar caudales probables con una recurrencia entre 10 a 25 años. El diámetro admisible de la tubería para dar paso al agua de las precipitaciones probables cada 10 años puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$d = (Q_{10}/1.425)^{0.4}$$

Donde: d = Diámetro en m.

Q<sub>10</sub>= Caudal de recurrencia probable para 10 años.

Para el cálculo del Área Hidráulica se puede hacer uso de la fórmula de Talbot con ciertas restricciones y esta es:

$$A = 0.183 * C * (M)^{3/4}$$

Donde: A = Área Hidráulica de la alcantarilla.

M = Área drenada (Ha).

C = Coeficiente que depende del tipo de topografía.

C	TIPO DE TERRENO
1	Terreno de suelo rocoso y pendientes abruptas.
2/3	Terrenos abruptos con pendiente moderada.
½	Valles irregulares, muy anchos en comparación con su largo.
1/3	Para terrenos agrícolas ondulados en el que el largo del valle es de 3 a 4

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 12: Cálculo de obras de drenaje – hoja 6.

1/5	veces su ancho. Para zonas a nivel, no afectadas por nieve ni inundaciones fuertes.								
Fuente: "Vías de Comunicación", Crespo V.									
<b>CALCULO DE ALCANTARILLAS</b>									
Nº	UBICACIÓN	A Ha	C	a m <sup>2</sup>	DIAMETRO CALCULADO		DIAM. AS UM pulg	LONGITU D m	CLASE T.M.C.
					m	Pulg			
1	km 01 + 08 + 00.0	9	0.67	0.634	0.899	35.379	36	12.00	ARMCO
2	km 02 + 14 + 01.0	15.5	0.67	0.954	1.102	43.379	48	12.00	ARMCO
3	km 03 + 27 + 00.0	5.4	0.67	0.432	0.742	29.212	36	9.00	ARMCO
4	km 03 + 31 + 03.5	6.2	0.67	0.480	0.781	30.765	36	18.00	ARMCO
5	km 04 + 02 + 00.0	9.4	0.67	0.655	0.913	35.961	36	9.00	ARMCO
6	km 04 + 89 + 04.8	12.3	0.67	0.802	1.010	39.776	48	11.00	ARMCO
7	km 05 + 09 + 00.0	2.2	0.67	0.220	0.530	20.860	24	8.10	ARMCO
8	km 05 + 30 + 04.5	5.3	0.67	0.426	0.737	29.008	36	8.10	ARMCO
9	km 05 + 35 + 00.0	0.5	0.67	0.073	0.304	11.968	24	8.00	ARMCO
10	km 05 + 40 + 00.0	6.9	0.67	0.520	0.813	32.024	36	14.00	ARMCO
11	km 06 + 14 + 00.0	2.76	0.67	0.261	0.577	22.712	24	11.00	ARMCO
12	km 06 + 77 + 2.02	4.98	0.67	0.407	0.720	28.338	36	12.20	ARMCO
13	km 07 + 49 + 00.0	4.87	0.67	0.400	0.714	28.102	36	10.50	ARMCO
14	km 08 + 14 + 00.0	4.35	0.67	0.368	0.684	26.937	36	9.60	ARMCO
15	km 08 + 26 + 00.0	2.78	0.67	0.263	0.578	22.773	24	10.50	ARMCO
16	km 08 + 64 + 00.0	4.93	0.67	0.404	0.717	28.231	36	12.00	ARMCO
17	km 08 + 92 + 00.0	3.65	0.67	0.322	0.641	25.221	36	10.50	ARMCO
18	km 09 + 14 + 00.0	4.57	0.67	0.382	0.697	27.440	36	11.00	ARMCO
19	km 09 + 43 + 00.0	4.73	0.67	0.391	0.706	27.796	36	12.00	ARMCO
20	km 10 + 38 + 00.0	4.8	0.67	0.396	0.710	27.950	36	10.00	ARMCO
21	km 10 + 62 + 00.0	4.86	0.67	0.400	0.713	28.080	36	9.00	ARMCO
22	km 10 + 71 + 00.0	4.77	0.67	0.394	0.708	27.884	36	9.00	ARMCO
23	km 10 + 92 + 00.0	5.01	0.67	0.409	0.721	28.402	36	9.00	ARMCO

Fuente: Municipalidad de Ilave

**Anexo D**

Estudio de impacto ambiental.

Figura 13: Estudio de impacto ambiental – hoja 1.

**MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL**

Para el ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA ILAVE SAN JUAN DE CHECCA se ha utilizado dos métodos: Sistema de Red y Gráficos Matriz de Leopold y Métodos Cuantitativos Sistema Batelle.

**MATRIZ DE LEOPOLD**

Matriz desarrollado en los años 70 por el Dr. Luna Leopold, fue el primer método que se estableció para las evaluaciones del impacto ambiental.

Este método consiste en un cuadro de doble entrada matriz, en el que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de los posibles impactos. La matriz que aplica sirve solo para identificar los impactos y su origen, sin proporcionarles un valor. Permite sin embargo, estimar la importancia y magnitud de los impactos.

La matriz de Leopold consiste en un listado de cien acciones que pueden causar impactos ambientales y 88 características ambientales, con lo que el número de interacciones posibles será de 8800, cabe destacar que para análisis del proyecto en estudio se construirá una matriz de reducción con las interacciones mas relevantes.

La matriz de Leopold opera de la siguiente manera:

1. Identifican en la matriz todas las acciones que forman parte del proyecto en estudio.
2. por cada acción del proyecto se debe colocar una línea diagonal en el casillero de intersección con cada característica ambiental donde es posible un impacto.  
Esta división del casillero en dos áreas tiene por objeto separar la **magnitud y la importancia** del impacto.
3. En el extremo superior izquierdo de cada casillero con diagonal se califica la **magnitud** del impacto en forma proporcional en una escala de 1 a 10. se antepone al valor un signo "+" si el impacto es positivo y "-" si el impacto es negativo.
4. En el extremo inferior derecho de cada casillero con diagonal se utiliza la misma escala para calificar la importancia del posible impacto en una escala de 1 a 10 (1 menor y 10 mayor).

Las principales limitaciones que se han identificado para esta matriz son:

1. Se caracteriza por sesgo físico-biológico, en detrimento de los aspectos socio-económicos.

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 14: Estudio de impacto ambiental – hoja 2.

2. no distingue entre impactos reversibles e irreversibles, ni entre impactos probabilísticos.
3. no es eficiente para identificar Inter.-acciones.
4. No identifica grupo afectado por los impactos.
5. No prevee criterios en valores numéricos si no solo apreciables mas o menos objetivas de impacto posibles.
6. No discrimina el ámbito espacial de los impactos.
7. No sintetiza las predicciones en un valor único.

Como quiera que esta matriz trabaja con magnitud e importancia a continuación damos valoraciones especulativas de estos dos parámetros.

<u>Magnitud</u>		<u>Importancia</u>	
Puntual	1-2	Ligero	1-3
Parcial	3-6	Moderado	4-6
Extenso	7-8	Significativo	7-8
Critico	9-10	Muy Significativo	9-10

#### Importancia de los factores finales

0-25	Compatibles
25-50	Moderados
50-75	Severos
75-100	Críticos.

FUENTE Guía metodologica para la evaluación del impacto ambiental,  
Vicente Conesa Fernández Vitora.

Con toda esta información se realizo la matriz de identificación de impactos., para luego desarrollar la matriz de importancia.

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 15: Estudio de impacto ambiental – hoja 3.

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES AMBIENTALES												
MATRIZ DE IMPORTANCIA (Factores Ambientales Afectados)		FASE DE CONSTRUCCIÓN						FASE DE FUNCIONAMIENTO				
		Obras provisionales	Trabajos Preliminares	Explanaciones	Eliminación de material	Rellenos	Explotación de canteras	Obras de arte y drenaje	Uso de explosivos	Acceso de Carretera	Reforestación	Inversiones
MEDIO FÍSICO	SUELO	Materiales de construcción			X			X				
		Recursos minerales			X			X	X	X		
		Calidad del suelo		X	X			X	X		X	X
	AGUA	Cantidad de aguas superficiales		X				X	X	X	X	
		Cantidad de aguas Subterráneas			X			X	X	X		
	AIRE	Cantidad de gases partículas, etc.			X			X		X	X	
		Clima						X	X			X
	PROCESOS	Erosión			X	X		X	X			
		Sedimentación			X		X	X	X			
		Estabilidad deslizamiento			X			X				
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	Árboles y arbustos	X	X	X			X	X		X	X
		Pastos y cultivos	X	X	X		X	X	X		X	X
	FAUNA	Aves		X	X			X	X			
		Animales terrestres		X	X			X	X		X	
		Insectos	X	X	X		X	X	X		X	
MEDIO SOCIAL ECONOMICO Y CULTURAL	INT. EST. Y HUM.	Parques y Reservas								X	X	X
		Monumentos			X						X	
		Áreas de Descanso									X	
	EST. CULTUR.	Modos de Vida									X	X
		Salud, educación y seguridad									X	
		Empleos									X	
		Densidad poblacional									X	
		INF.	Redes de Transporte									X

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 16: Estudio de impacto ambiental – hoja 4.

### SISTEMA NORMAL BATELLE

Consiste en evaluar la condición futura de la calidad ambiental tanto con el proyecto y sin el proyecto. La diferencia de las Unidades de Impacto Ambiental (U.I.A.) Bajo las condiciones de trabajo en la zona en estudio viene a constituir el resultado de un impacto beneficioso o adverso con respecto a la U.I.A., el cual es resultado mediante la fórmula siguiente:

$$E_1 = \sum_{i=1}^m (V_i)_1 \times W_i - \sum_{i=1}^m (V_i)_2 \times W_i$$

donde:

- E = Valor del impacto ambiental
- (V<sub>i</sub>)<sub>1</sub> = Valor De la calidad ambiental del parámetro "i" con el proyecto.
- (V<sub>i</sub>)<sub>2</sub> = Valor De la calidad ambiental del parámetro "i" sin el proyecto.
- W<sub>i</sub> = Peso relativo (de acuerdo a la importancia) (del parámetro i).
- M = numero total de parámetros.

La relación de los parámetros de calidad del medio ambiente deben cumplir las siguientes características:

- Identificación, que estos parámetros representen la calidad del medio ambiente y responda a las exigencias del proyecto a evaluar.
- Predicción, interpretación e inspección, que sean fácilmente medibles sobre el terreno.
- Interpretación, que sean evaluables a nivel del proyecto.

Un ambiente no alterado o ideal tiene un valor de mil unidades. El procedimiento seguido es el siguiente:

- a) Asignar a los parámetros de importancia el peso correspondiente "W<sub>i</sub>", considerando que el sistema total tiene mil unidades. Esto es relativo ya que este valor depende del juicio del equipo multidisciplinario que hace la EIA.
- b) Determinar los valores de la calidad ambiental con el proyecto "(V<sub>i</sub>)<sub>1</sub>" y sin el proyecto "(V<sub>i</sub>)<sub>2</sub>", en la escala de 0 a 1.

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 17: Estudio de impacto ambiental – hoja 5.

<p>0,0 = cambio muy significativo.  0,2 = cambio significativo.  0,4 = cambio moderado.  0,5 = cambio ligero.  0,8 = cambio muy ligero.  1,0 = ningún cambio.</p> <p>c) Determinar las unidades de impacto ambiental para cada parámetro con o sin el proyecto.  d) Determinar el cambio en las unidades de impacto ambiental. Los cambios negativos e impactos adversos.</p> <p><b>INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p> <p><b>IMPACTOS POSITIVOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permitirá la fluidez de la comunicación entre la ciudad del llave y Mazocruz.</li> <li>• Carretera contribuirá para mejorar las condiciones de vida de los pobladores de las comunidades adyacentes de la carretera, debido a que podrán acceder con mas facilidad a los servicios de salud, educación, y otros.</li> <li>• La economía de los beneficiarios mejorara debido a que tendrá un acceso mas fluido y a menor costo, incentivará a la mayor producción y poder comercializar sus productos a otros mercados.</li> </ul> <p><b>IMPACTOS NEGATIVOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante la construcción y durante el servicio se vera modificado el habitat natural de la fauna nativa, por que la carretera constituirá un obstáculo que tendrá que sortear con peligro.</li> <li>• La contaminación ambiental por residuos de la utilización del combustible y el polvo afectara el normal desarrollo de los pastos adyacente a la carretera..</li> <li>• Movimiento de tierra como son las excavaciones, peinado de taludes, construcción de terraplenes, rellenos, cortes, traslado de materiales de la cantera y el mismo movimiento de tierras para la construcción de la plataforma.</li> </ul> <p><b>EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL</b></p> <p>A continuación se muestra la lista de impactos ambientales y la evaluación propiamente dicha:</p>
--

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 18: Estudio de impacto ambiental – hoja 6.

LISTA DE EFECTOS AMBIENTALES			
EFECTO	DESCRIPCIÓN	COMENTARIO	PESO
<b>EFFECTOS FÍSICOS</b>			
1. Erosión de suelos.	Por construcción de terraplenes.	Puede ser controlado	90
2. Estabilidad de taludes.	Puede ser controlado.	Puede ser controlado	60
3. Vibraciones y ruidos.	Debido al transporte.	No afecta mayormente.	25
4. Contaminación.	Por combustión de hidrocarburos y polvo.	No afecta mayormente.	30
5. Mayor escorrentía.	Debido a la concentración de agua en alcanzar.	Con el tiempo disminuirá el efecto.	40
6. Pérdidas de pastos.	Por pérdida de área ocupada por la carretera.	Tiene una influencia negativa durante la ejecución.	20
<b>EFFECTOS BIOLÓGICOS.</b>			
7. Vegetación.	Por la construcción de la plataforma y taludes.	No influye demasiado.	25
8. Vida silvestre.	Será afectado por el ruido y el paso de vehículos.	Se podrían colocar señales y prevenir.	50
9. Ecosistema	Será afectado mínimamente.	Se estabiliza en un tiempo determinado.	40
<b>EFFECTOS SOCIO ECONÓMICOS</b>			
10. Mejores medios de Transporte.	El transporte será mas óptimo.	La comunicación es mas fluida.	140
11. Oportunidad de empleo.	Construcción de la carretera.	El trabajo eventual.	120
12. Salud, educación y otros.	Por el acceso a la zona de influencia.	Todos los servicios sociales se incrementan.	160
13. Mejores ingresos.	Aumento de producción.	El mercado será mejor.	200
TOTAL			1000

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 19: Estudio de impacto ambiental – hoja 7.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL						
EFFECTOS	PESO	(V i) <sub>1</sub>	(V i) <sub>2</sub>	UIA Con el Proyecto	UIA Sin el Proyecto	Cambio neto de UIA
<b>EFFECTOS FISICOS</b>						
1.Erosión de suelos.	90	0.50	0.95	45.00	85.50	-40.50
2.Estabilidad de taludes.	60	0.70	0.95	42.00	57.00	-15.00
3.Vibraciones y ruidos.	25	0.95	0.95	23.75	23.75	0.00
4.Contaminación.	30	0.95	1.00	28.50	30.00	-1.50
5.Mayor escorrentía.	40	0.60	1.00	24.00	40.00	-16.00
6.Pérdidas de pastos.	20	0.90	0.90	18.00	20.00	-2.00
<b>EFFECTOS BIOLÓGICOS.</b>						
7.Vegetación.	25	0.90	0.95	22.50	22.50	0.00
8.Vida silvestre.	50	0.85	0.95	42.50	47.50	-5.00
9.Ecosistema	40	0.80	0.95	32.00	38.00	-6.00
<b>EFFECTOS SOCIO ECONÓMICOS</b>						
10. Mejores medios de Transporte.	140	1.00	0.00	140.00	0.00	140.00
11. Oportunidad de empleo.	120	1.00	0.40	120.00	48.00	72.00
12. Salud, educación y otros.	160	9.00	0.40	1440.00	64.00	1376.00
13. Mejores ingresos.	200	0.85	0.20	170.00	40.00	130.00
	1000			2142.25	516.25	1626.00

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 20: Estudio de impacto ambiental – hoja 8.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

El propósito de esta sección del EIA es identificar acciones correctivas específicas para el proyecto que se diseña para reducir los impactos ambientales provocados por sus actividades.

Las medidas de mitigación que comúnmente se evalúa durante el diseño del proyecto incluyen lo siguiente:

- Evitar áreas sensibles de recursos (si fuera práctico); programar actividades del proyecto para evitar impactos (es decir, construcción durante periodos de baja precipitación);
- Reubicación de las instalaciones para evitar impactos innecesarios a los recursos;
- Control del desarrollo o expansión del proyecto para limitar los impactos socio – económicos recursos especiales o programas comunitarios para ayudar a la educación y toma de conciencia de la comunidad sobre el proyecto.
- Las medidas de mitigación que intentan controlar los impactos relacionados a las instalaciones específicas del proyecto deben ser identificadas e incluidas en el diseño del proyecto.
- Estas medidas deben ser implementadas durante las actividades de construcción para prevenir impactos esperados de efectos ambientales adversos. En algunos casos las medidas de mitigación se pueden derivar de los estándares ambientales existente aplicables a las actividades del proyecto incluyendo.

**IMPACTOS INEVITABLES**

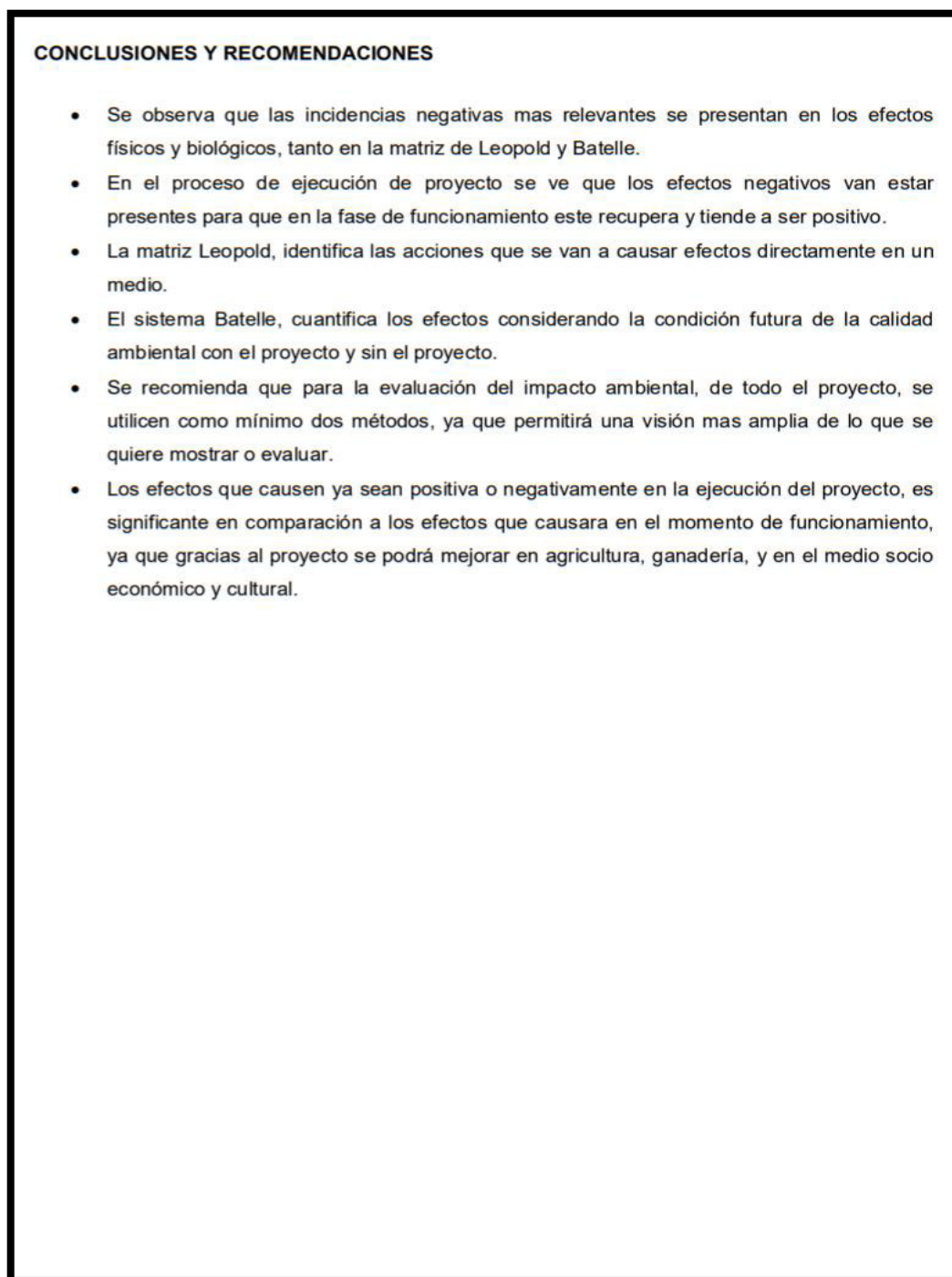
En algunos casos, ciertos impactos no pueden ser evitados durante la construcción u operación del proyecto. En esos casos, los impactos serán calculados lo mas objetivamente posible para predecir su verdadera magnitud. La interpretación de impactos se realiza principalmente para aquellas partes de los EIA que tratan impactos inevitables existentes a pesar de la implementación de medidas de mitigación.

La discusión de los impactos inevitables debe ser generalmente limitada a aquellos impactos asociados con la acción específica del proyecto.

Los impactos inevitables deben relacionarse con los estándares ambientales específicos, si fueran aplicables, para garantizar que a pesar de los impactos, se pueda cumplir con los estándares permisibles.

Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 21: Estudio de impacto ambiental – hoja 9.

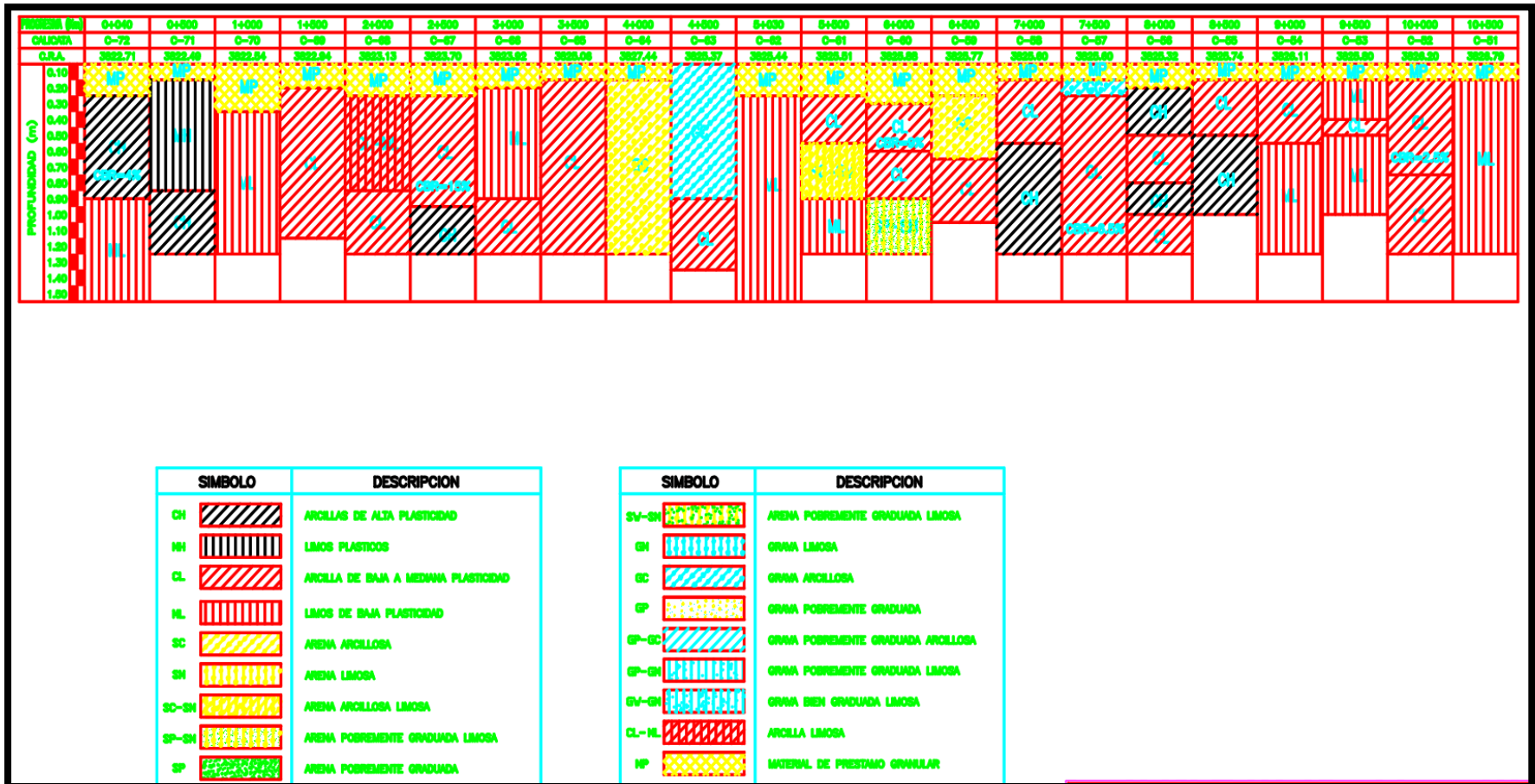


Fuente: Municipalidad de Ilave.

**Anexo E**

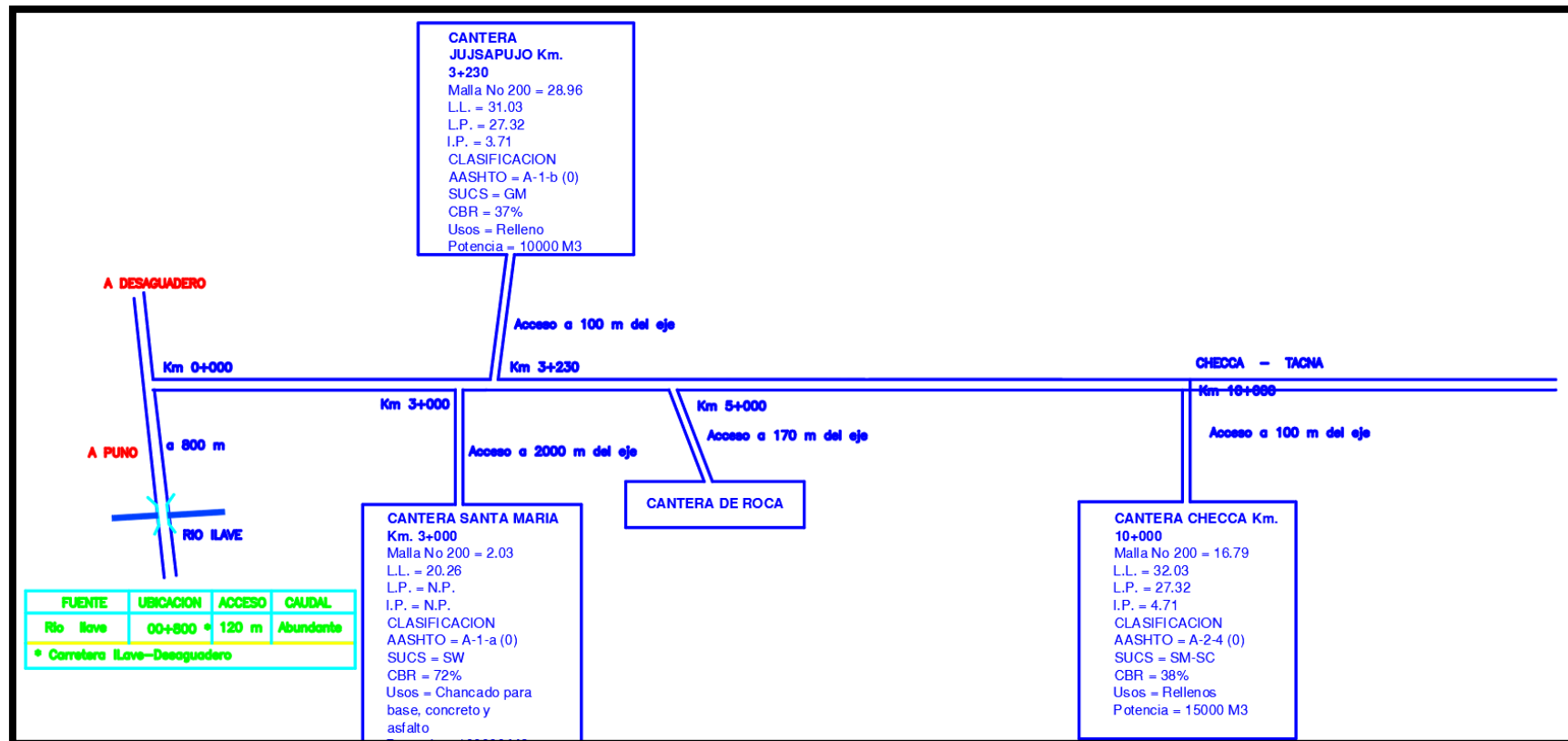
## Planos

Figura 22: Plano de calicatas.



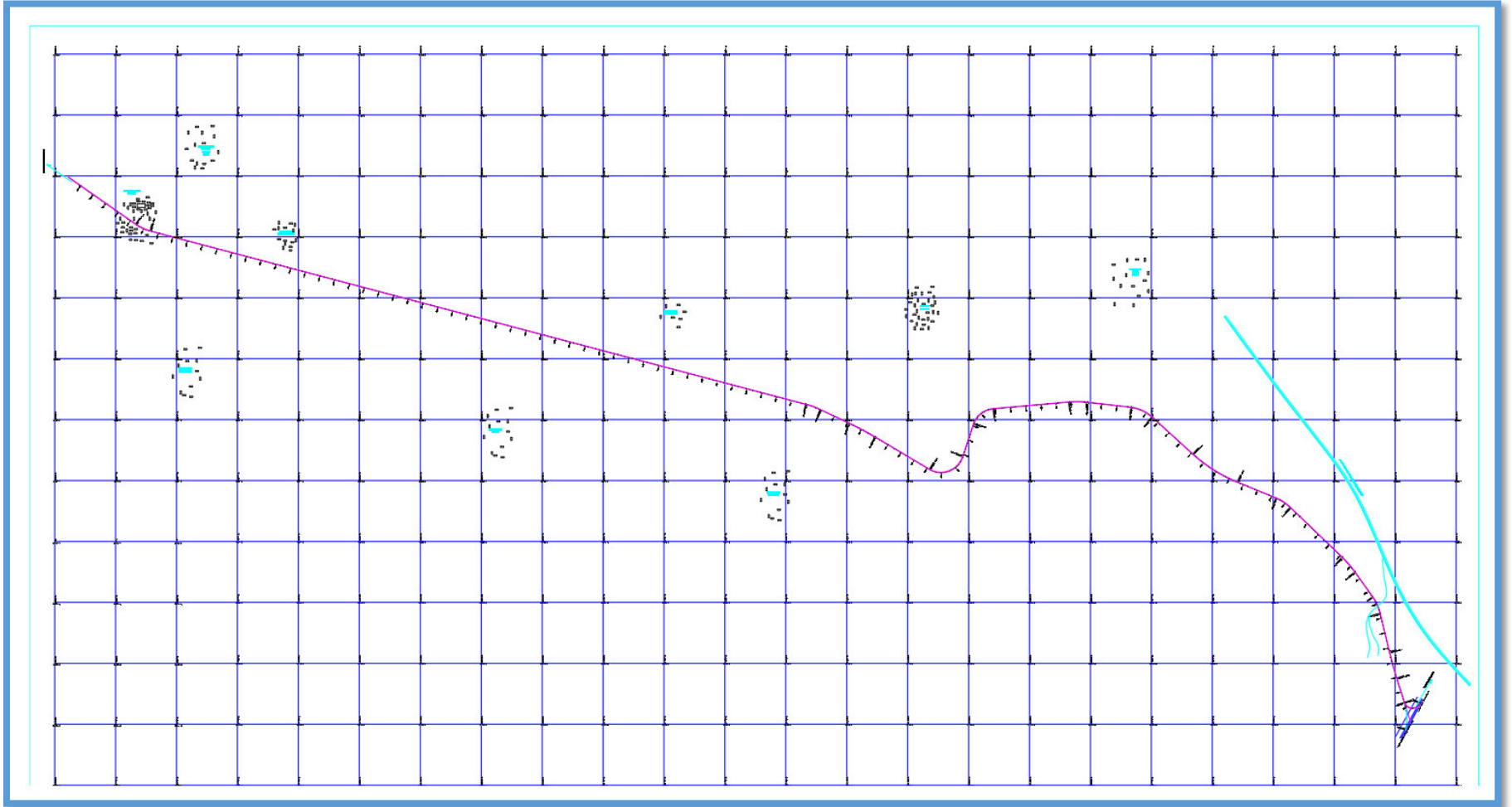
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 23: Esquema de ubicación de canteras.



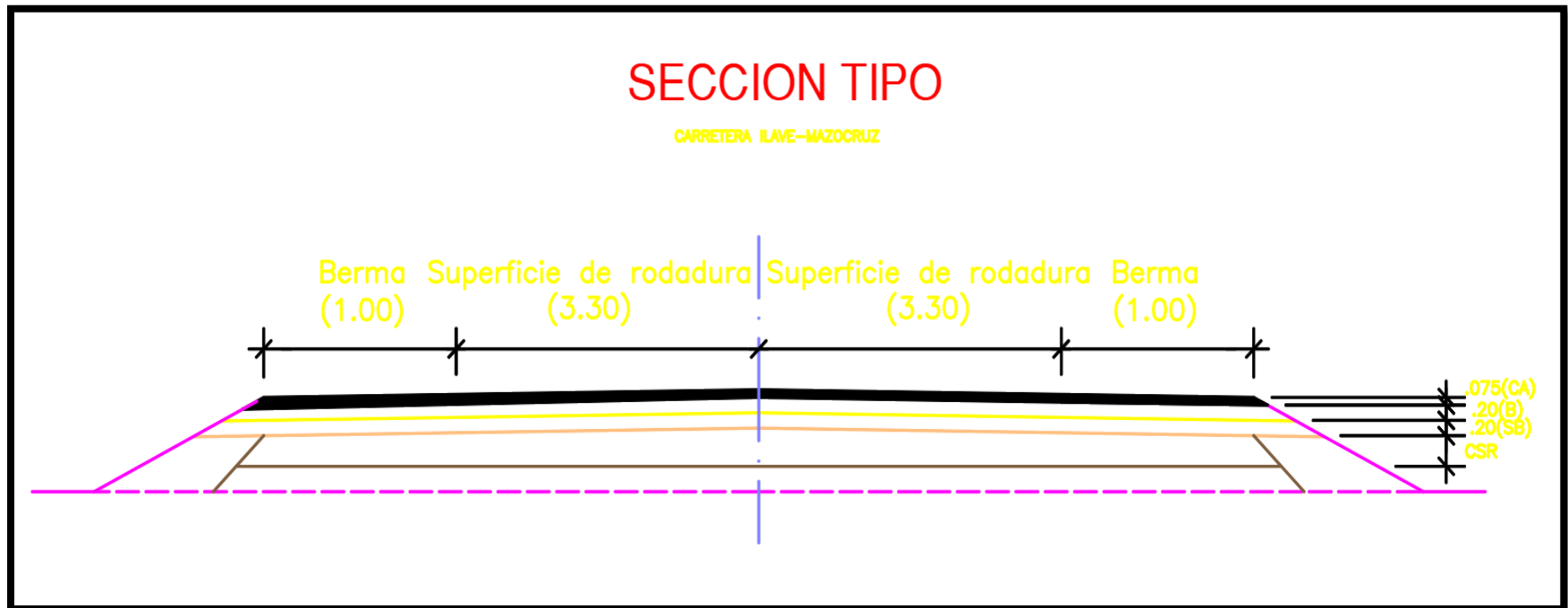
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 24: Plano clave (km 0+000 – km 10+000)



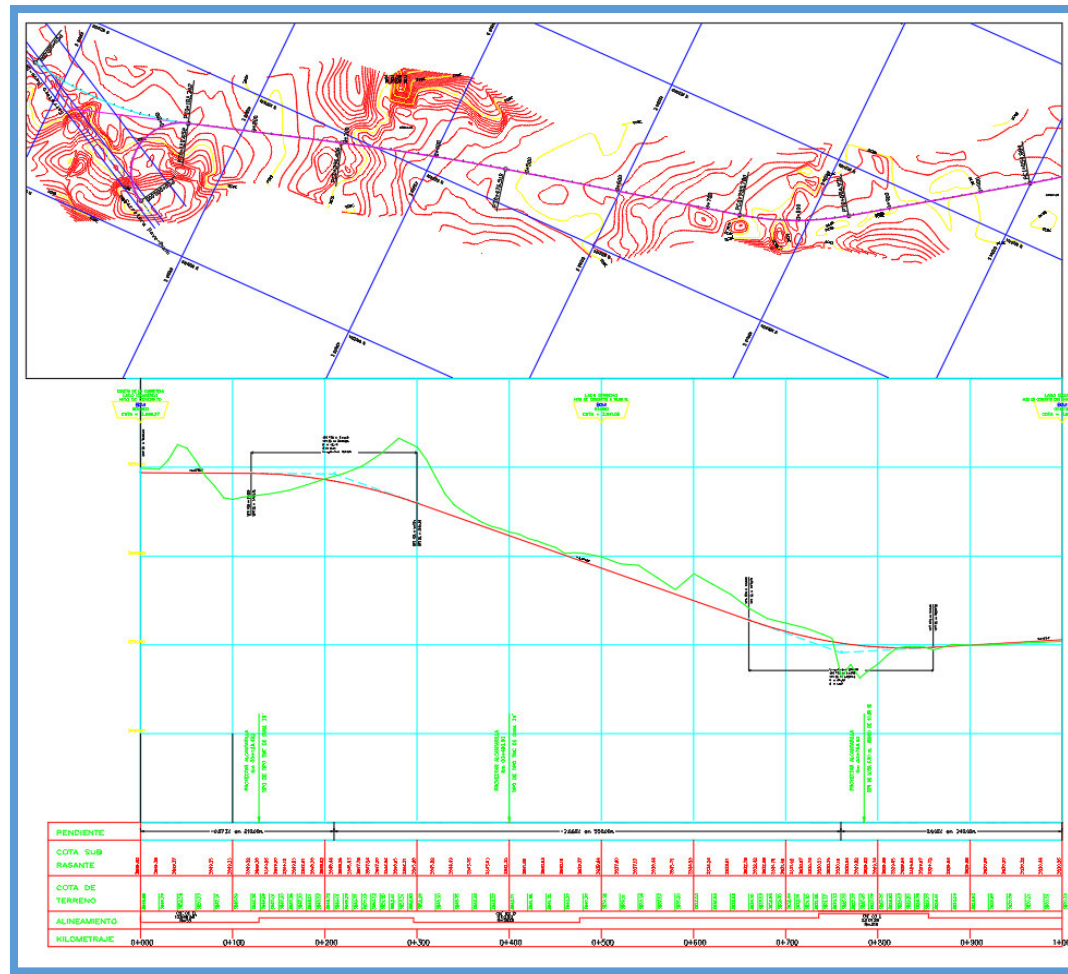
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 25: Plano de sección tipo.



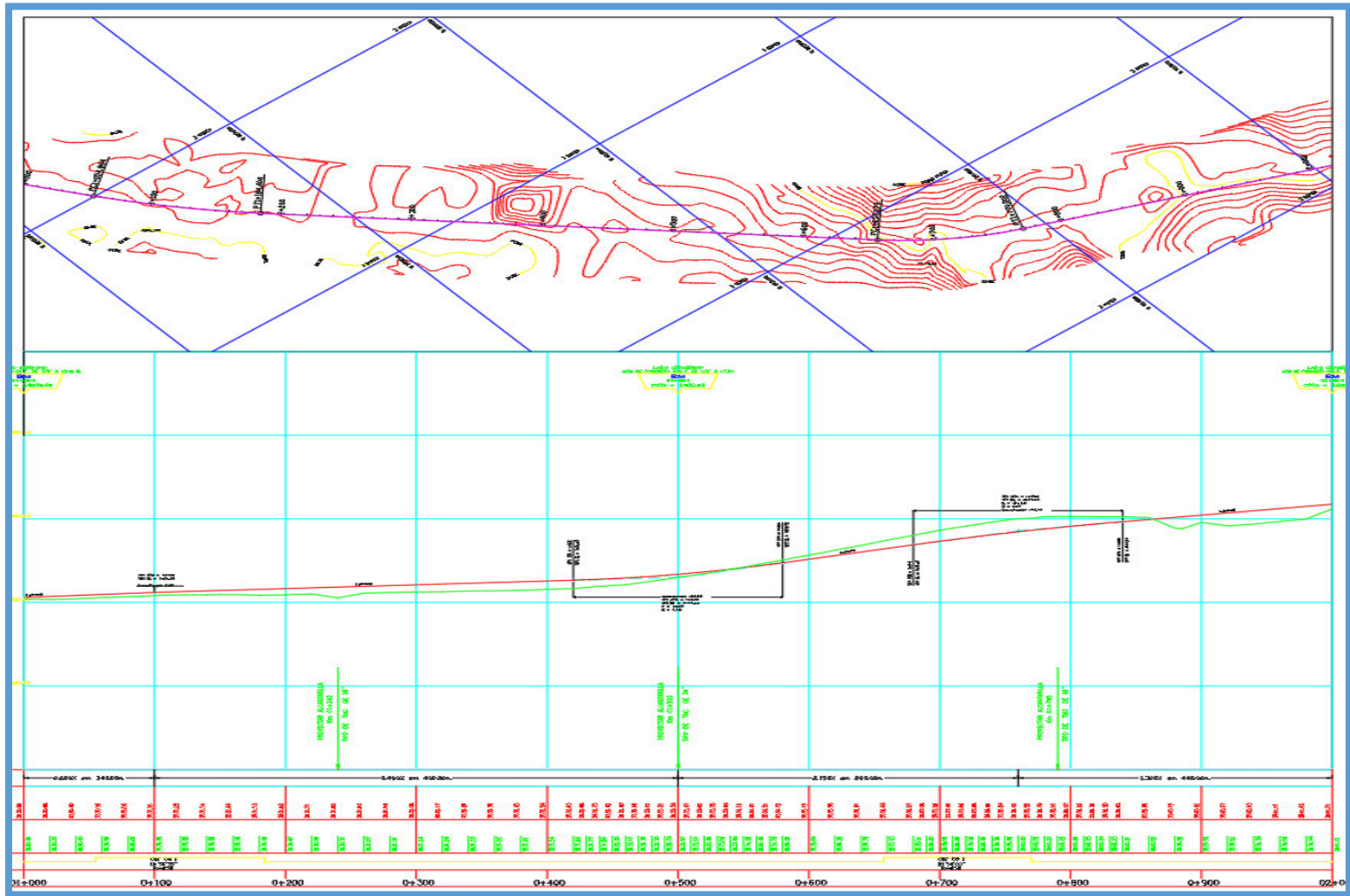
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 26: Plano de planta y perfil longitudinal (km 00+00-01+00)



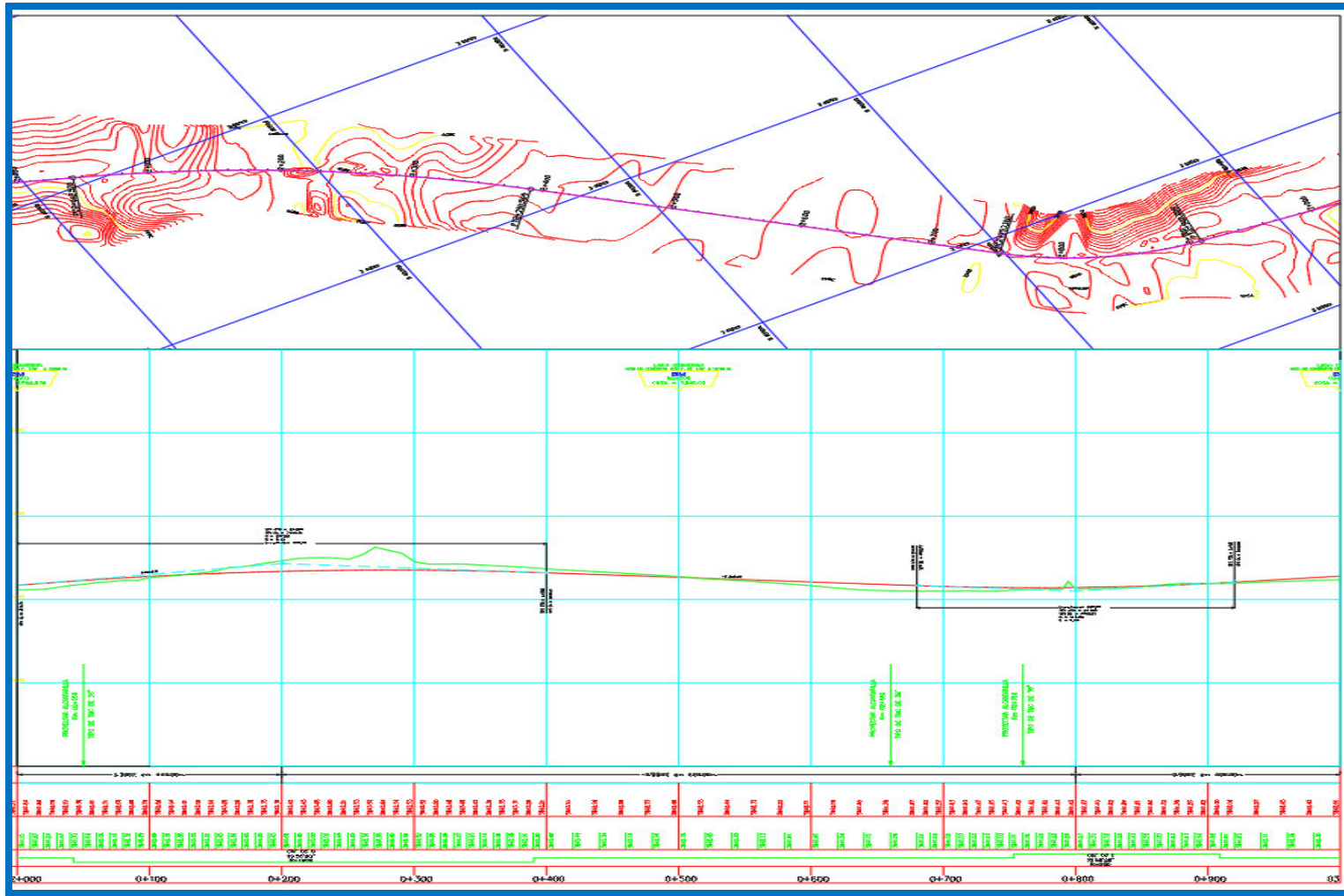
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 27: Plano de planta y perfil longitudinal (km 01+00-02+00)



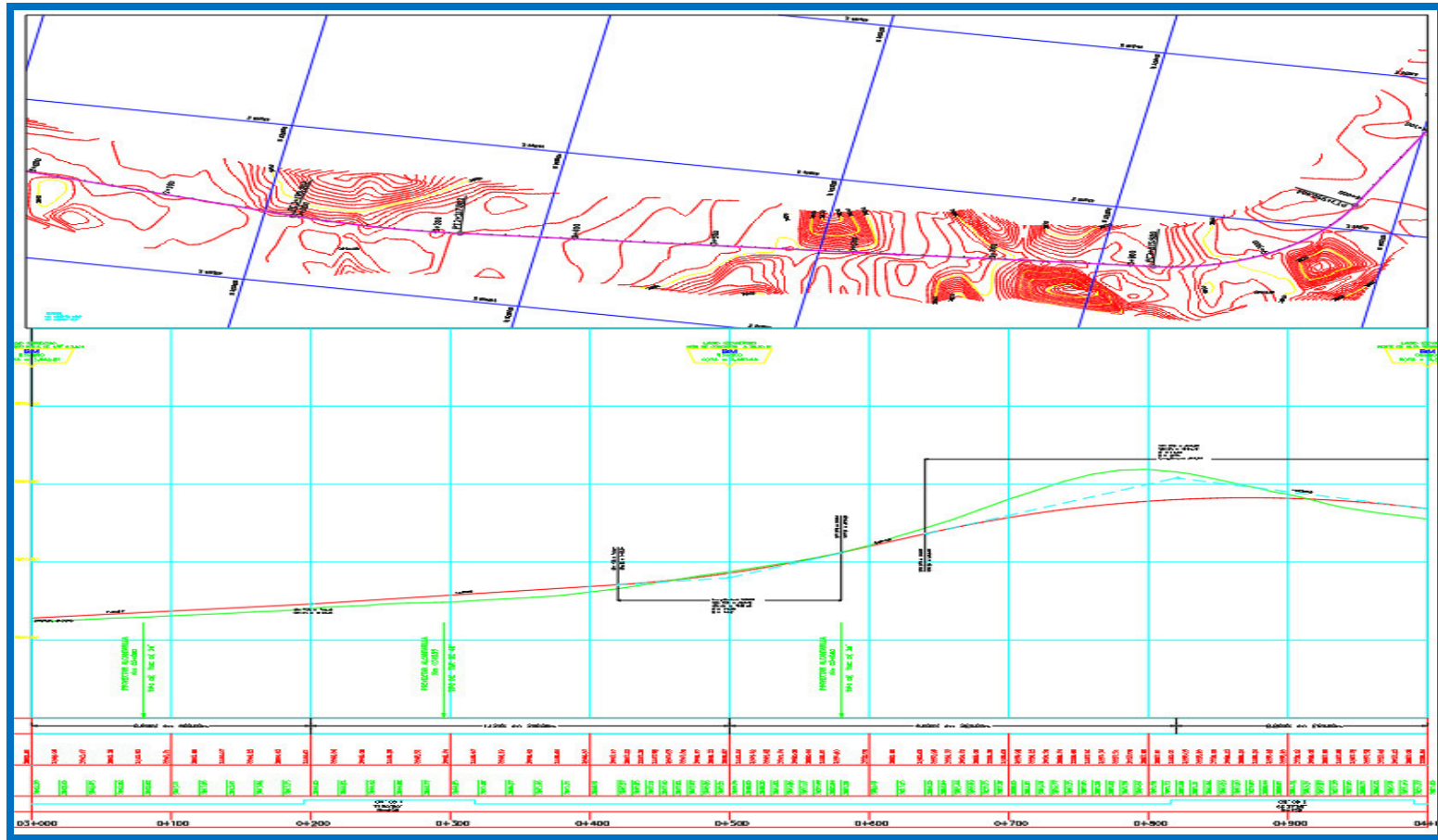
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 28: Plano de planta y perfil longitudinal (km 02+00-03+00)



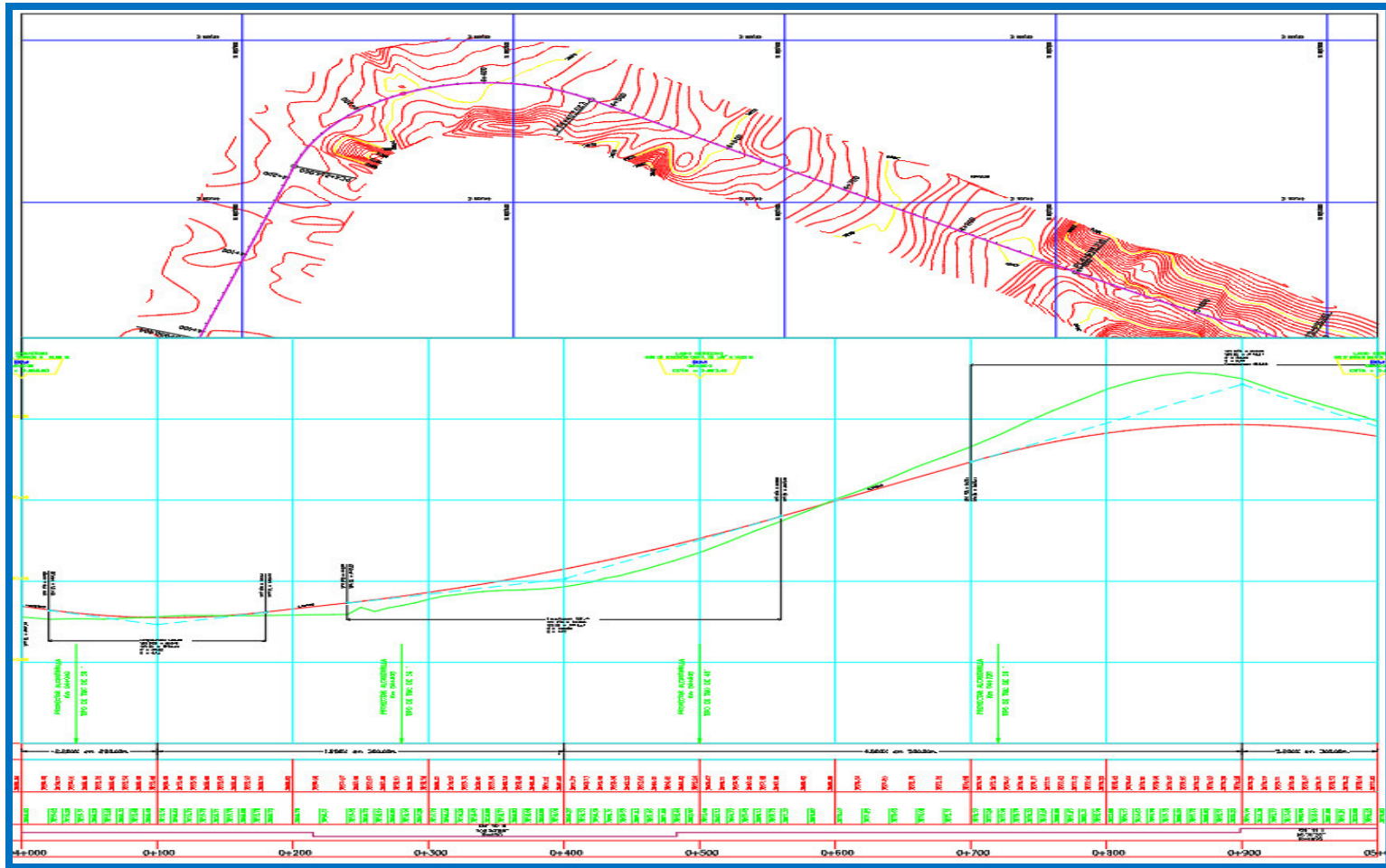
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 29: Plano de planta y perfil longitudinal (km 03+00-04+00)



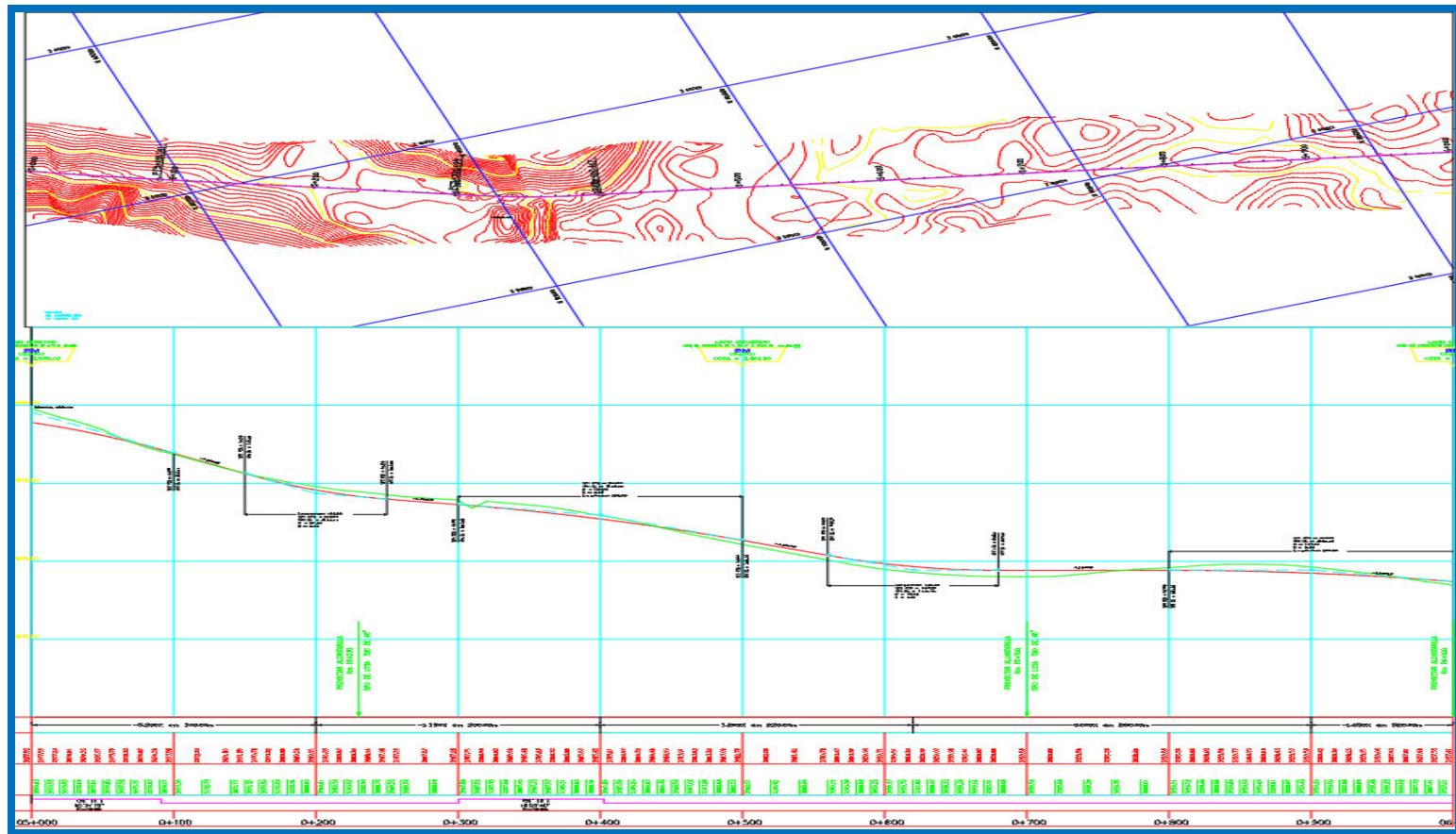
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 30: Plano de planta y perfil longitudinal (km 04+00-05+00)



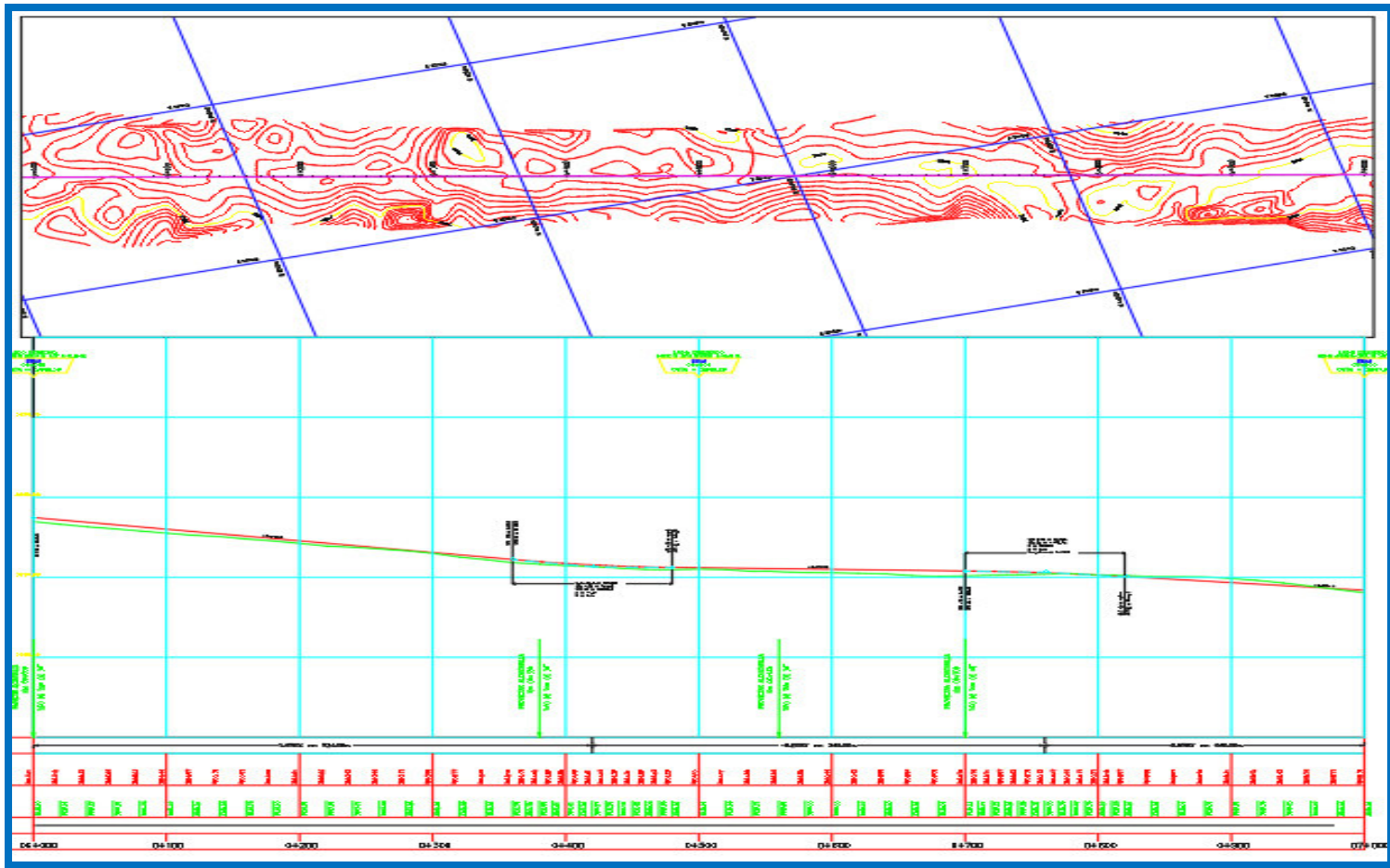
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 31: Plano de planta y perfil longitudinal (km 05+00-06+00)



Fuente: Municipalidad de Ilave.

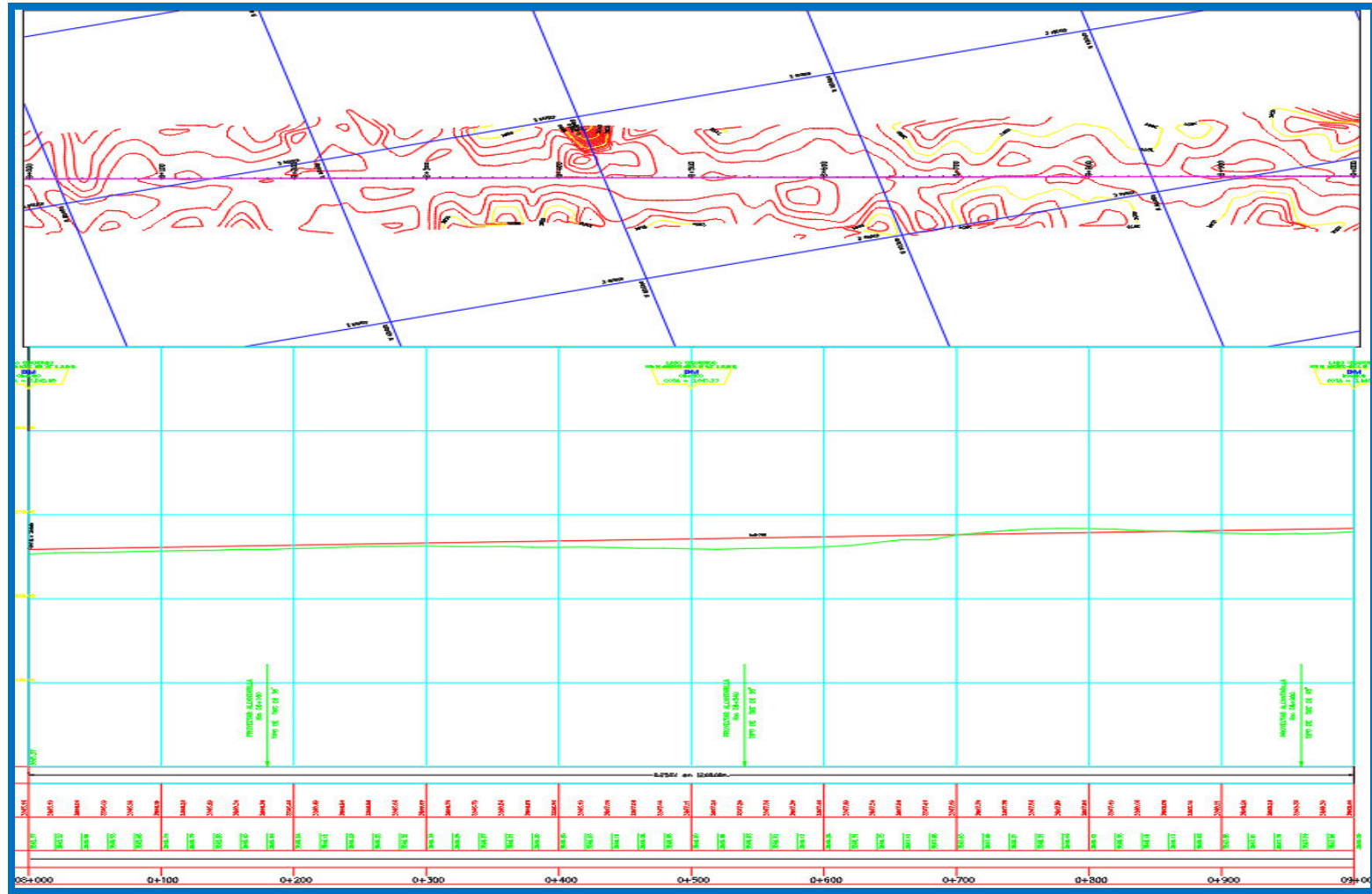
Figura 32: Plano de planta y perfil longitudinal (km 06+00-07+00)



Fuente: Municipalidad de Ilave.



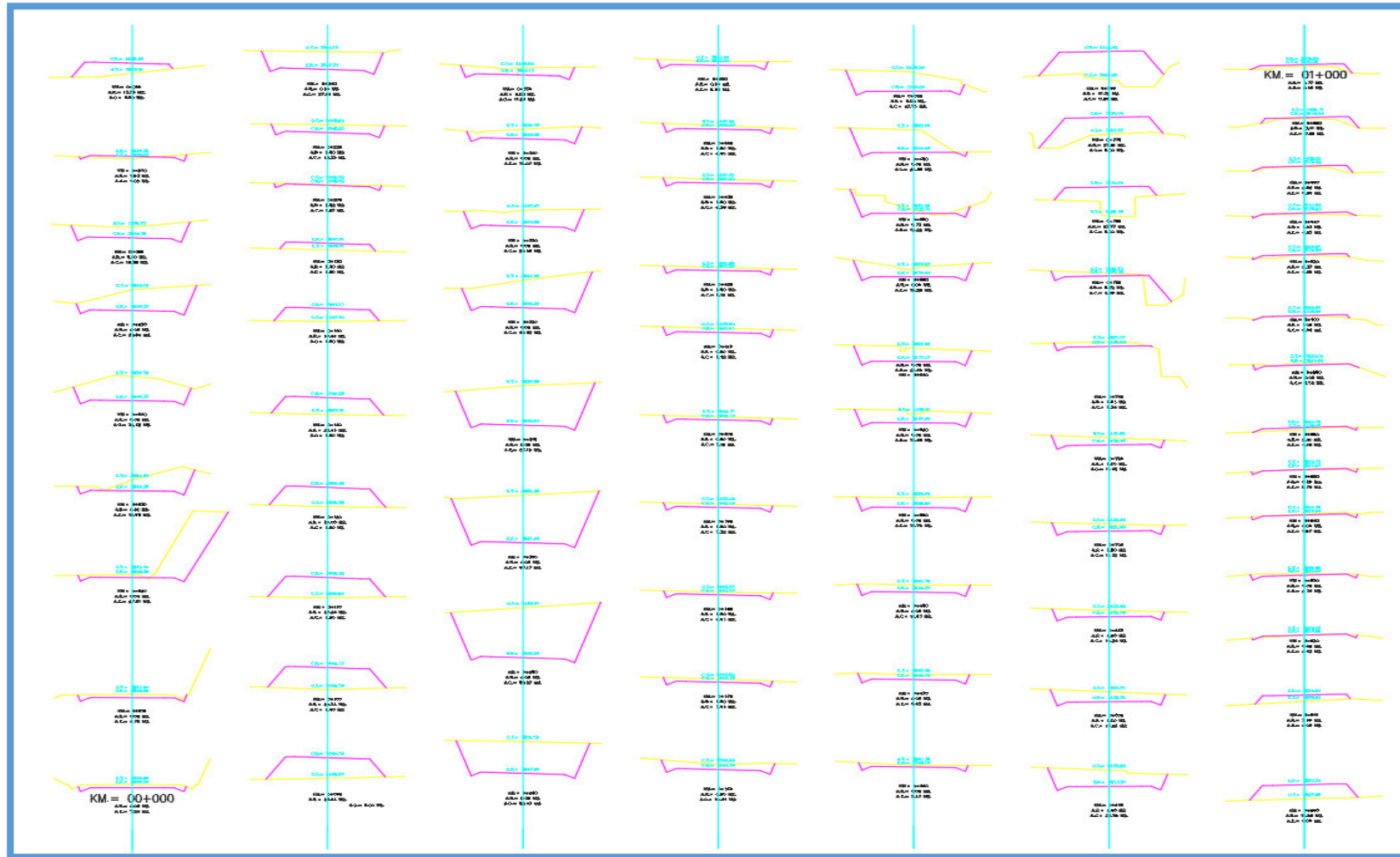
Figura 34: Plano de planta y perfil longitudinal (km 07+00-08+00).



Fuente: Municipalidad de Ilave.

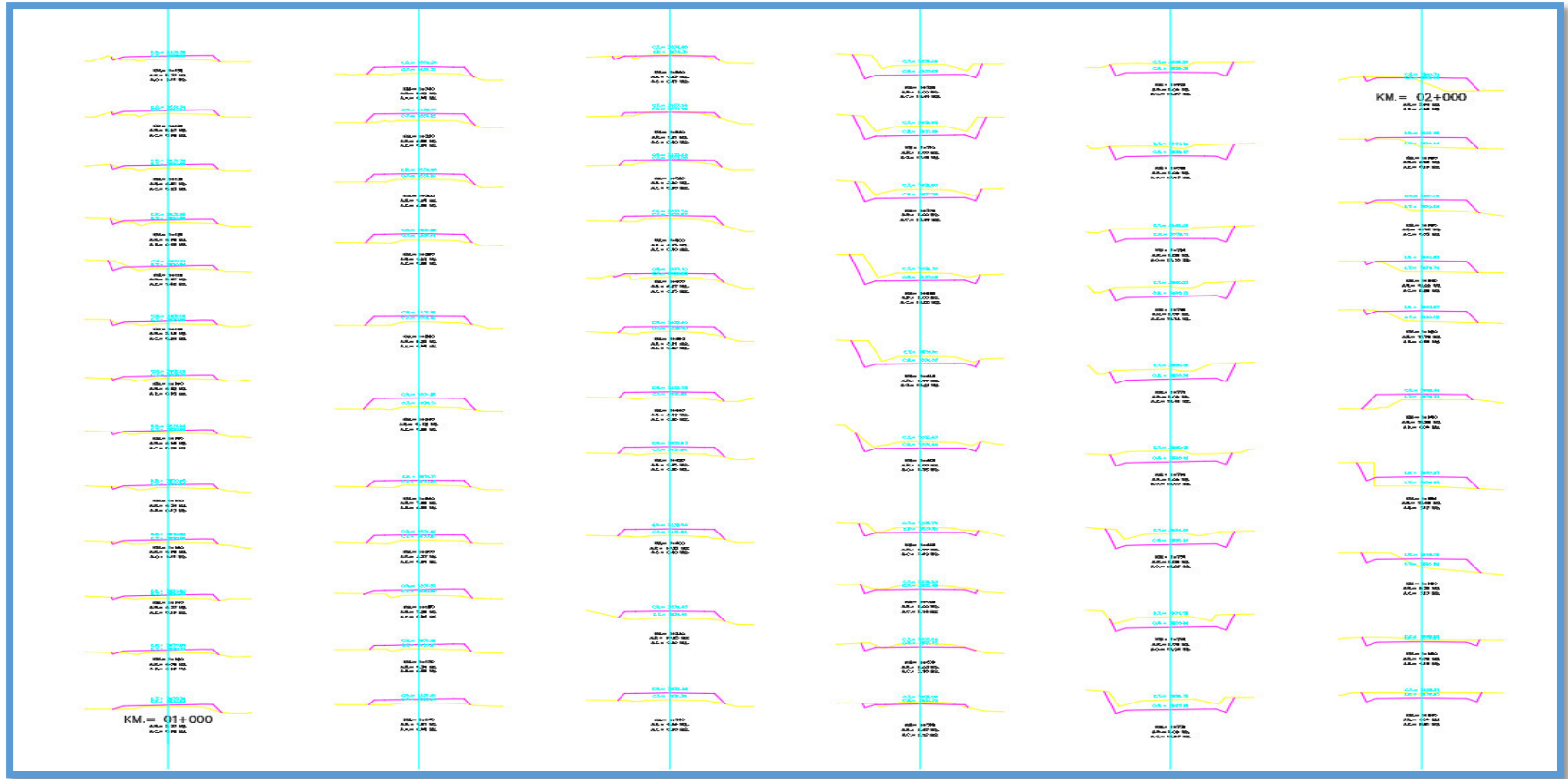


Figura 36: Plano de secciones trasnversales (km 00+00-km 01+00).



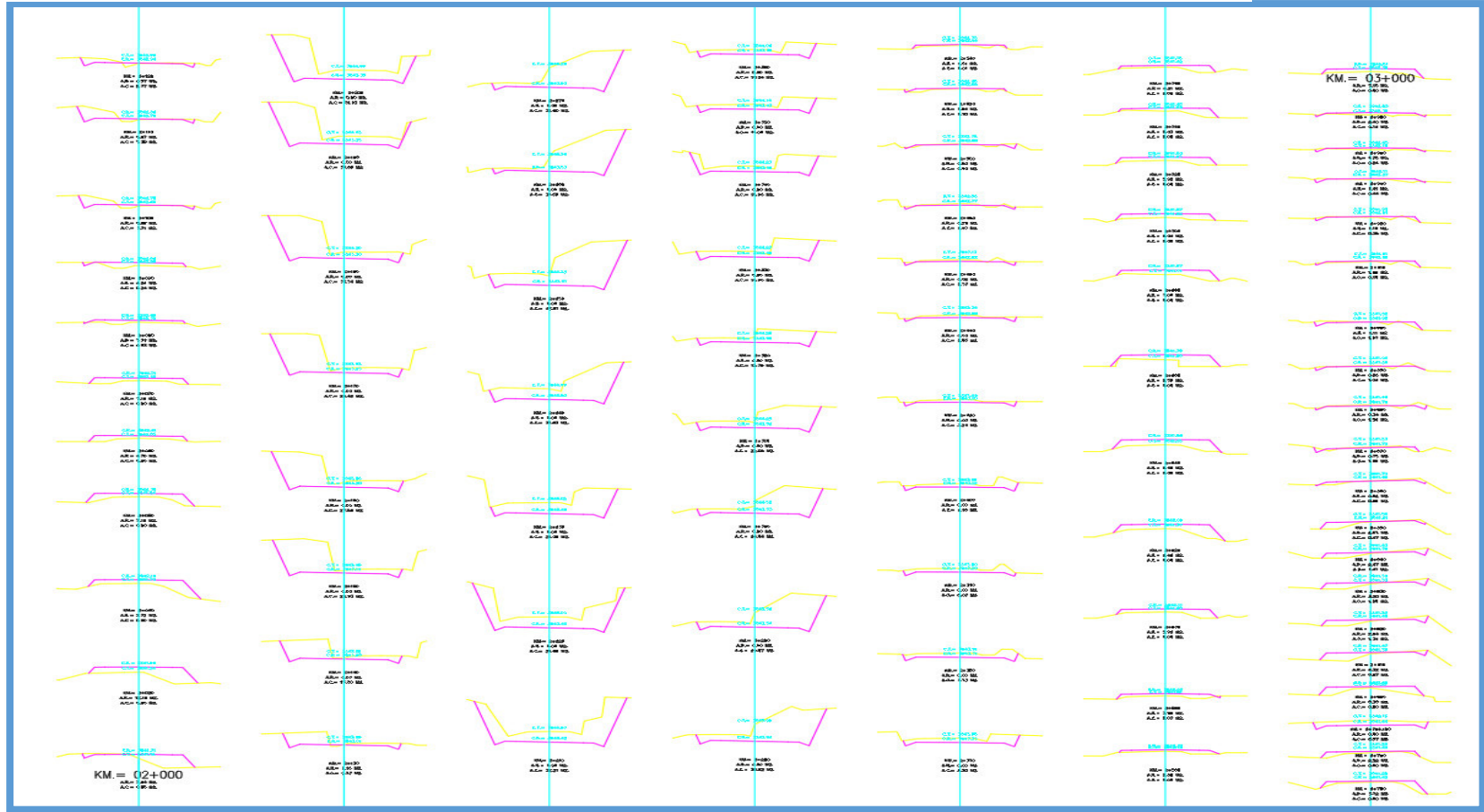
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 37: Plano de secciones trasnversales (km 01+00-km 02+00).



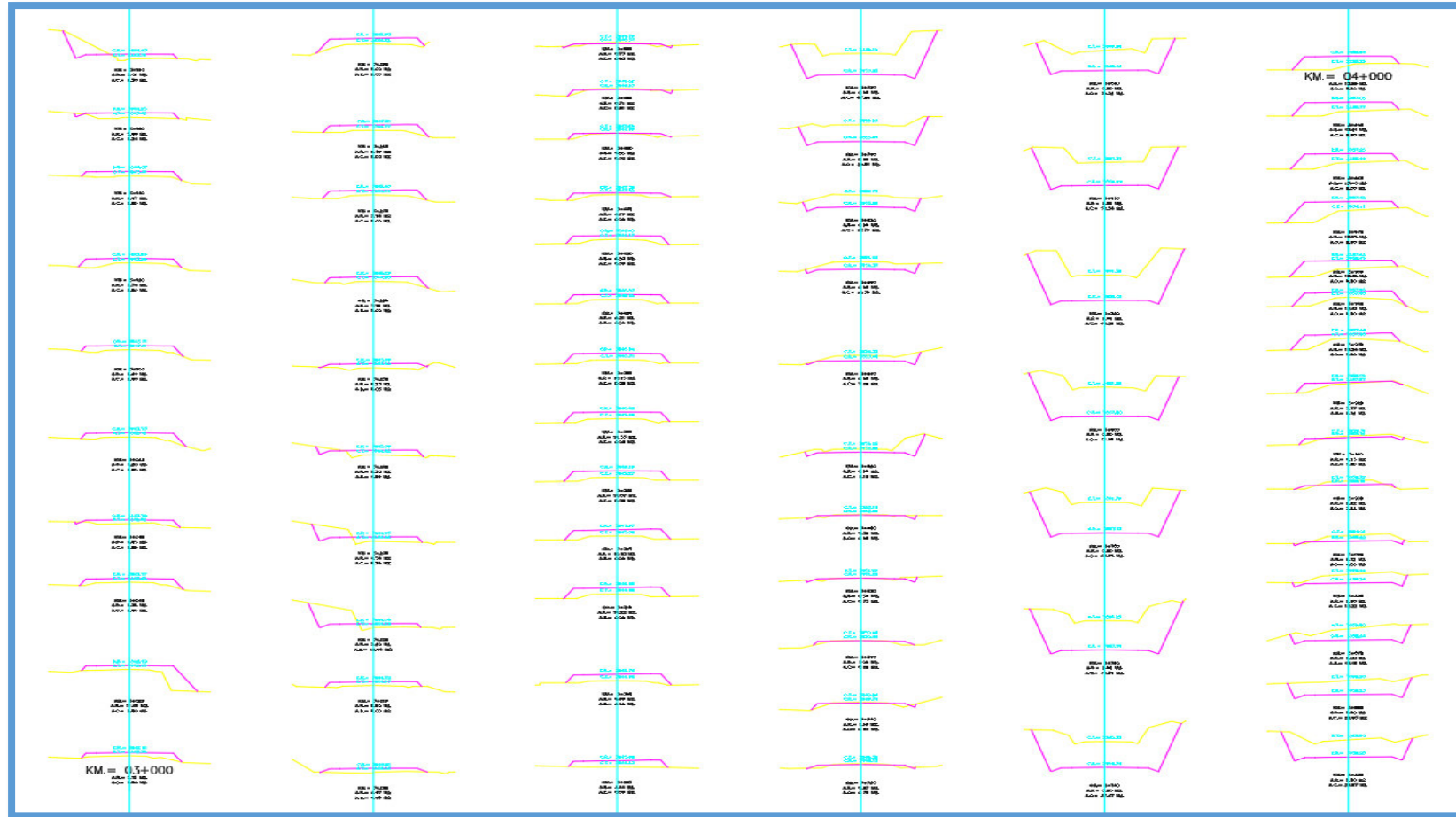
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 38: Plano de secciones trasnversales (km 02+00-km 03+00).



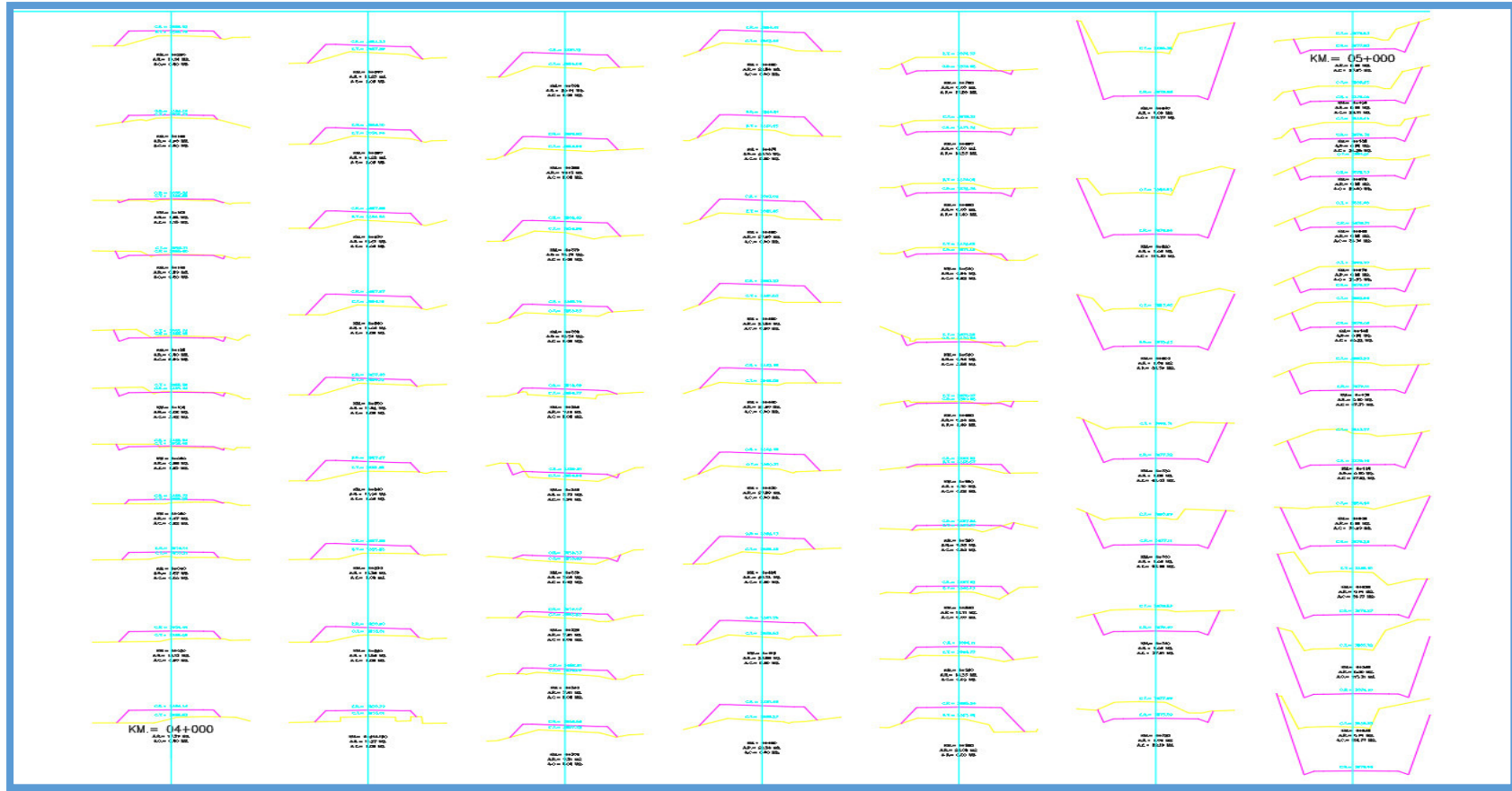
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 39: Plano de secciones trasnversales (km 03+00-km 04+00).



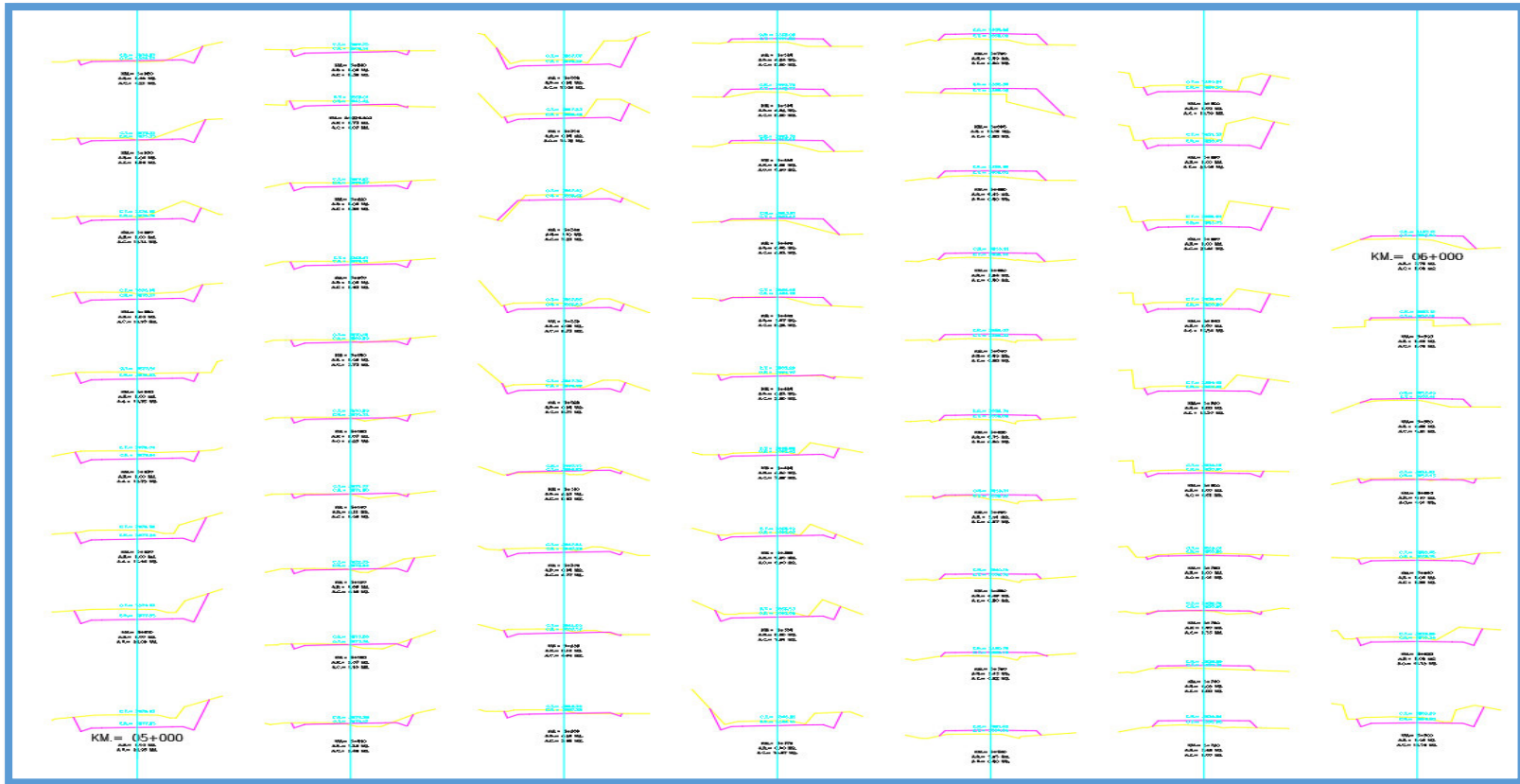
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 40: Plano de secciones trasnversales (km 04+00-km 05+00).



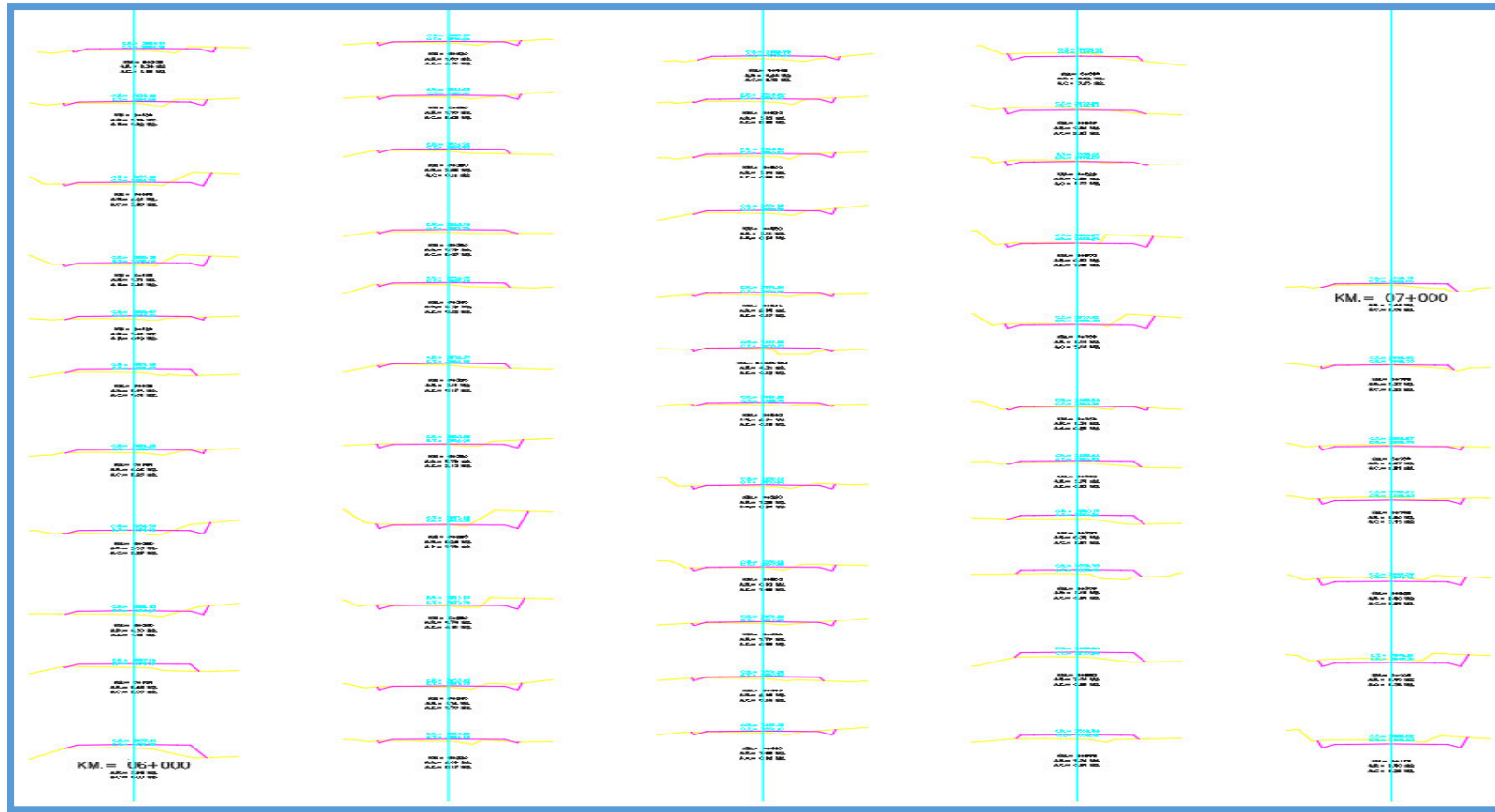
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 41: Plano de secciones trasnversales (km 05+00-km 06+00)



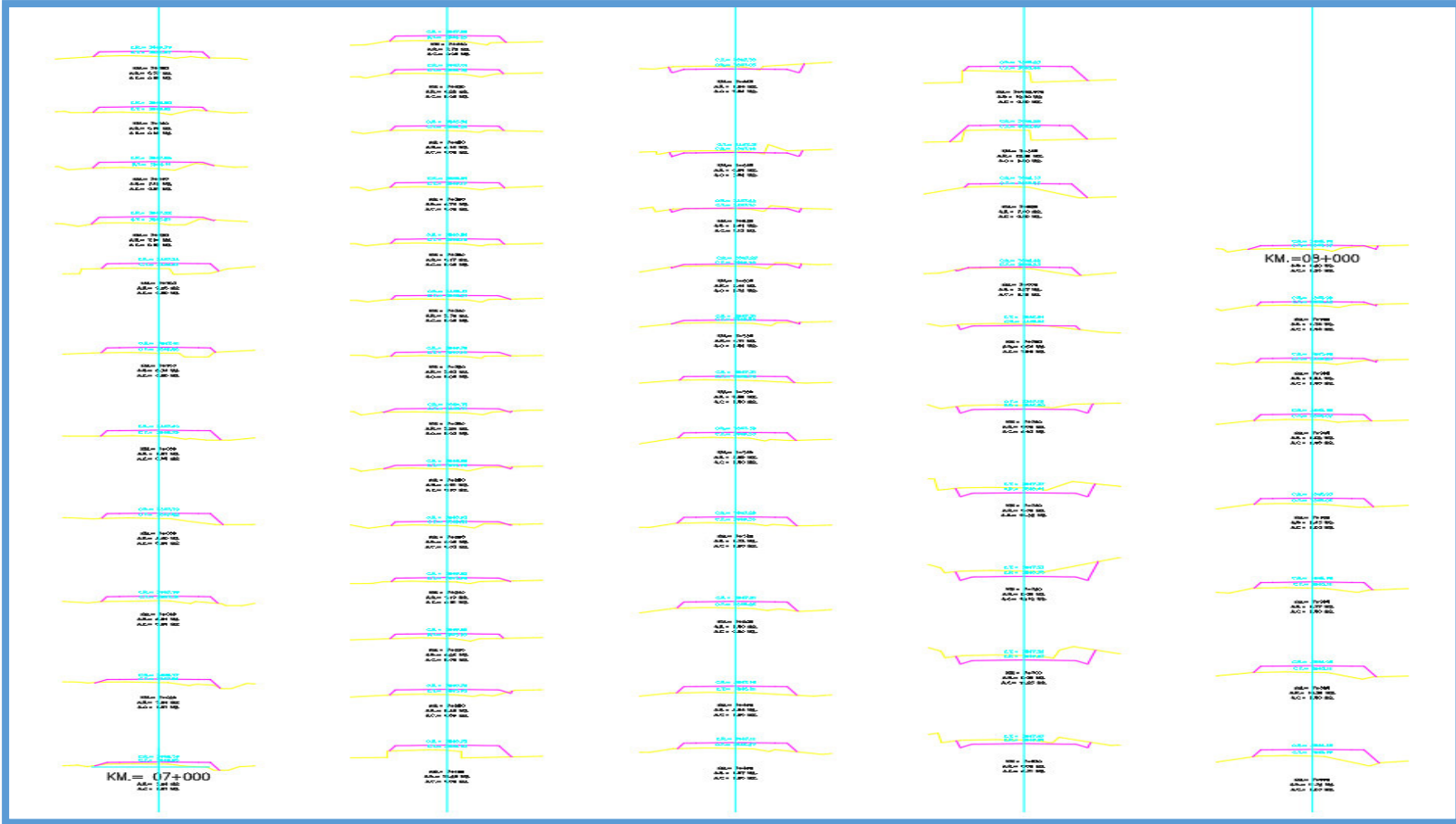
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 42: Plano de secciones trasnversales (km 06+00-km 07+00).



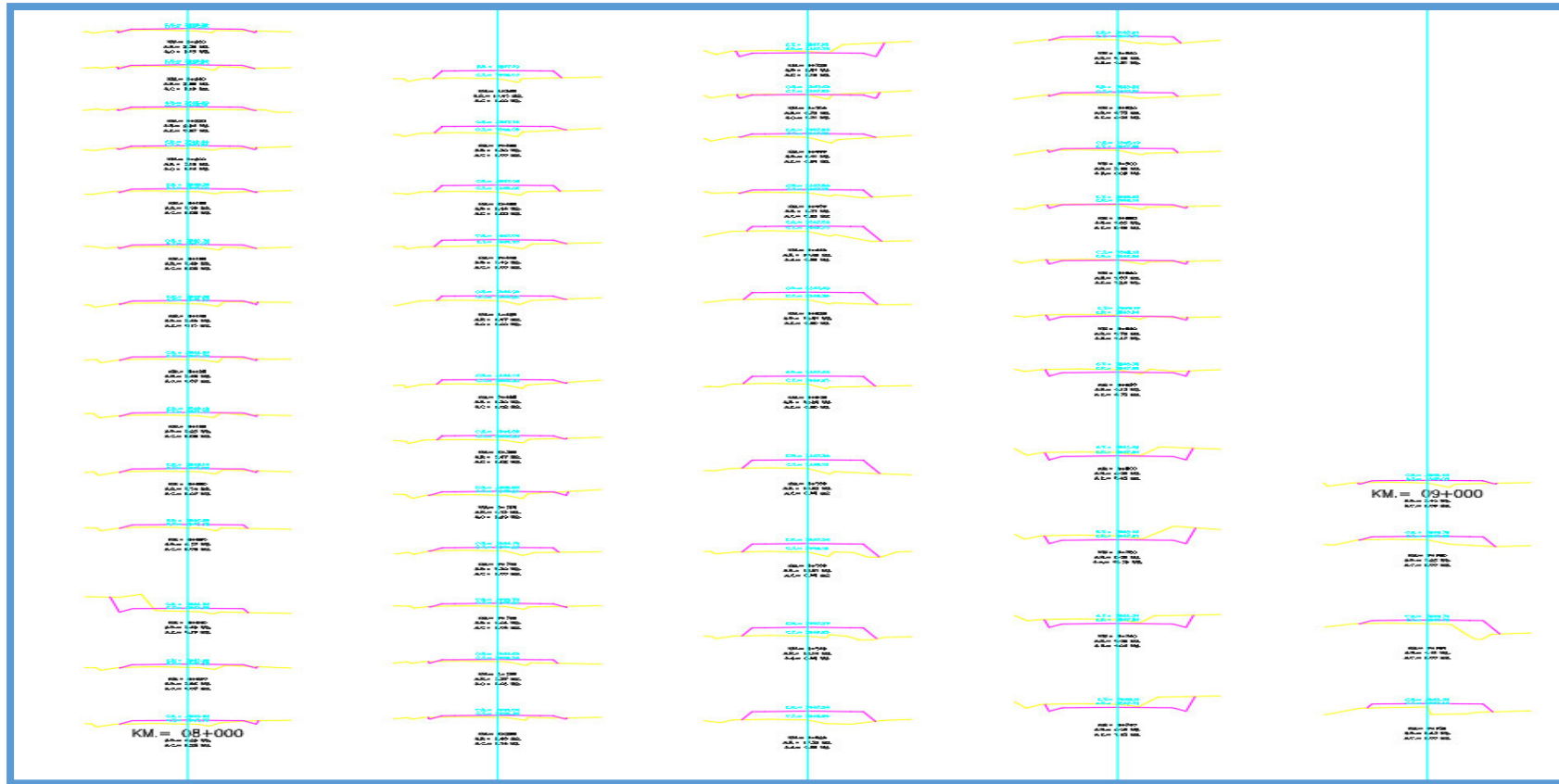
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 43: Plano de secciones trasversales (km 07+00-km 08+00).



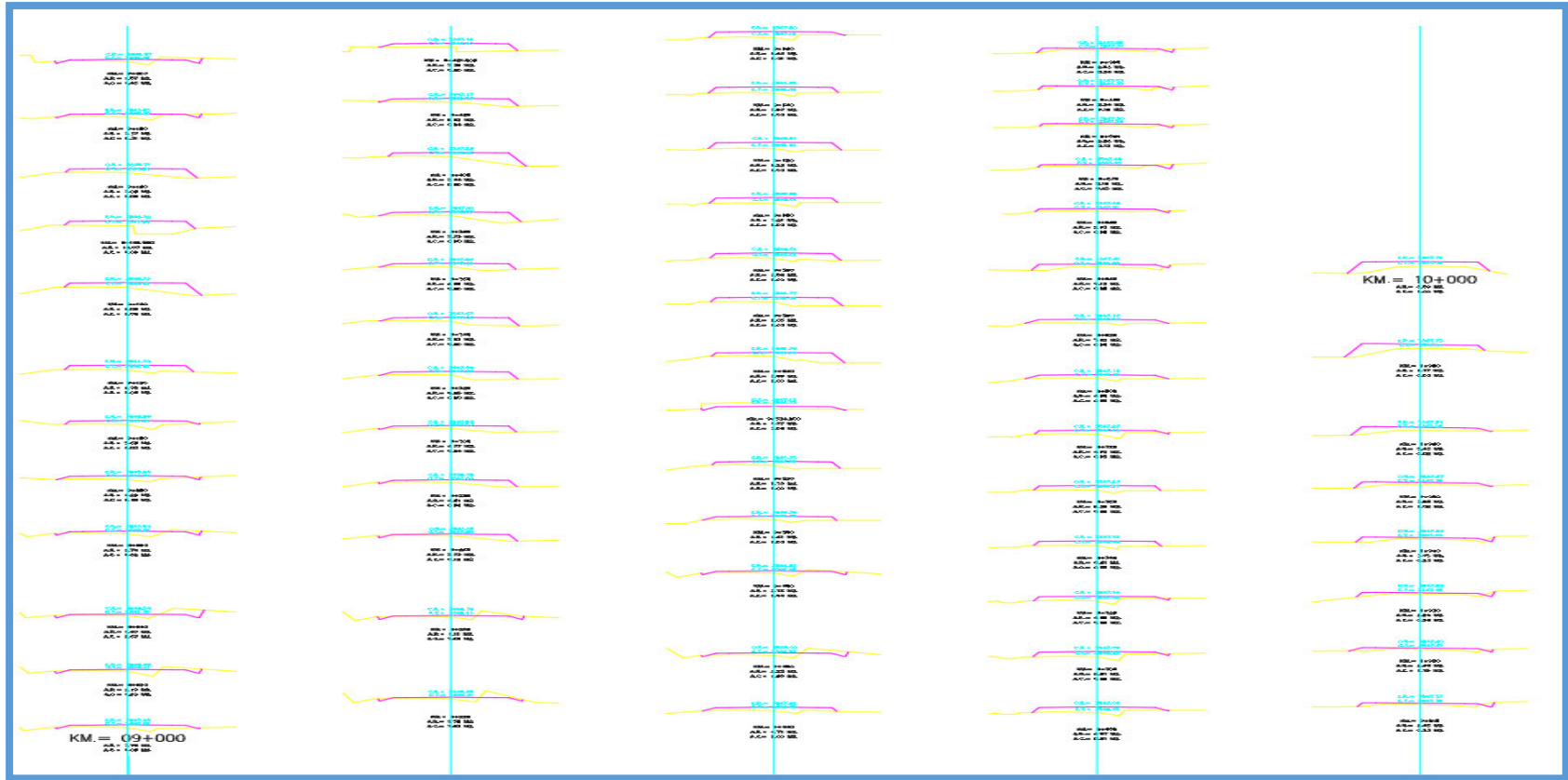
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 44: Plano de secciones trasnversales (km 08+00-km 09+00).



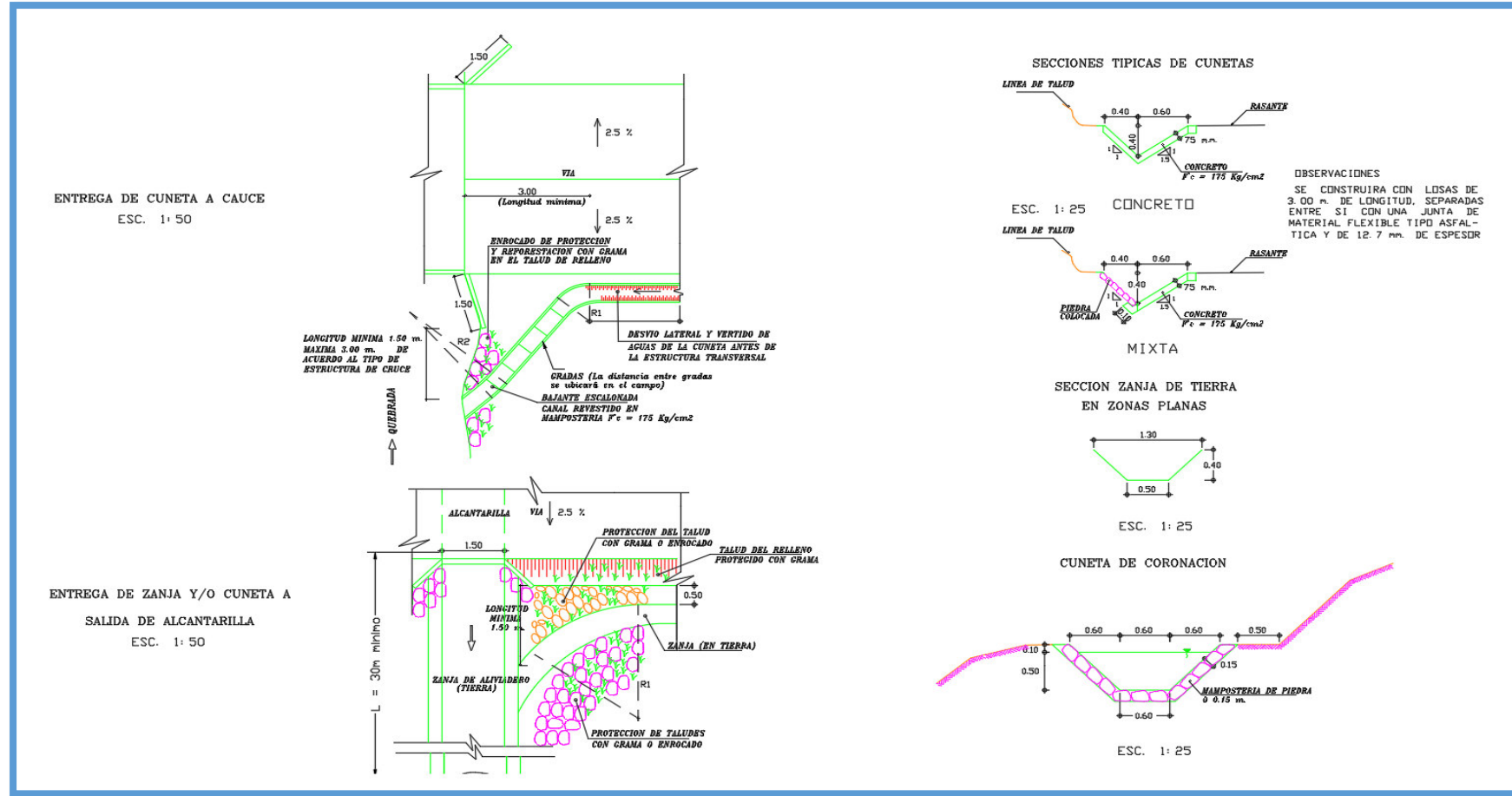
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 45: Plano de secciones trasnversales (km 09+00-km 10+00).



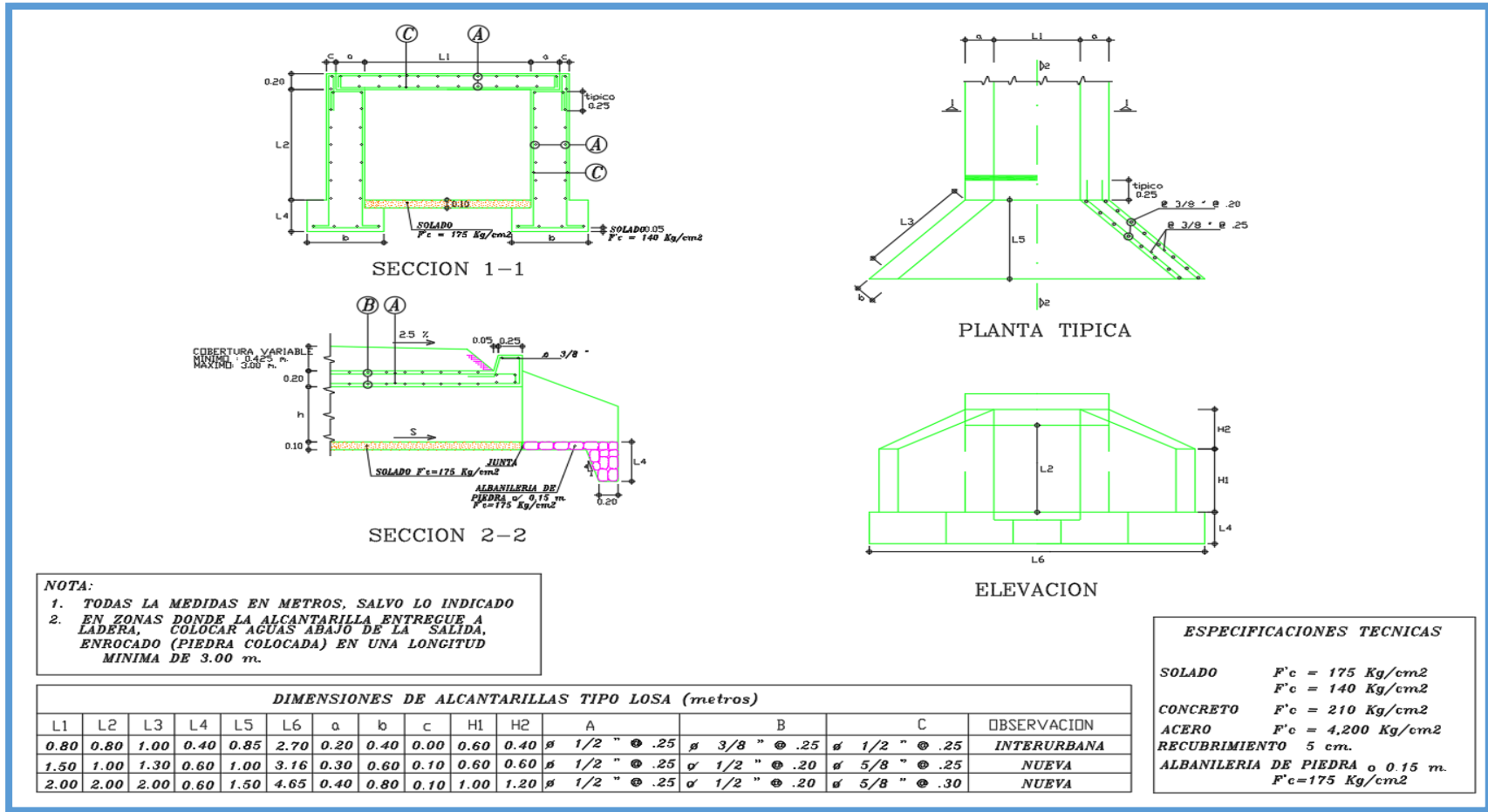
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 46: Plano de drenaje longitudinal.



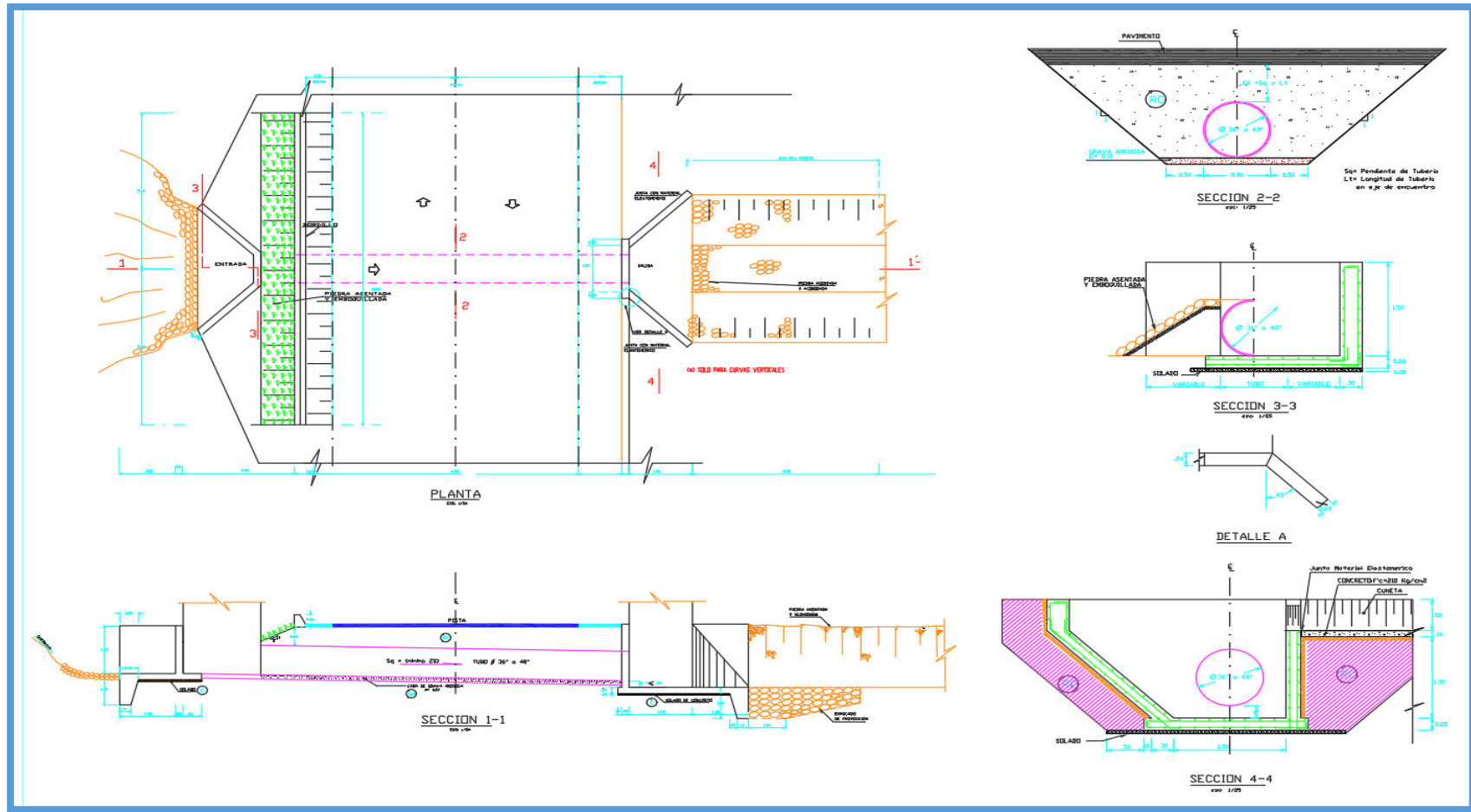
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 47: Plano N°1 de drenaje transversal.



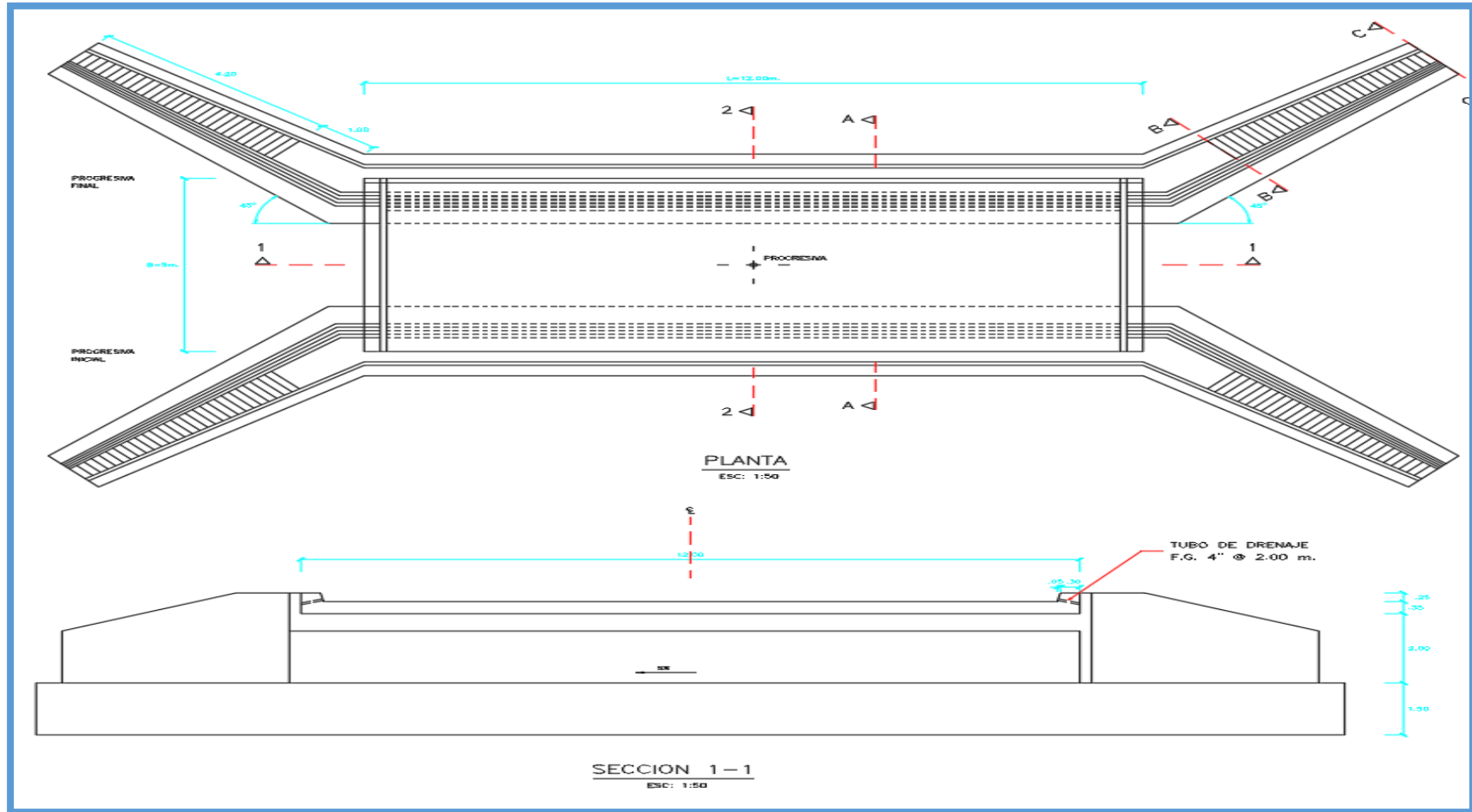
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 48: Plano N°2 de drenaje transversal.



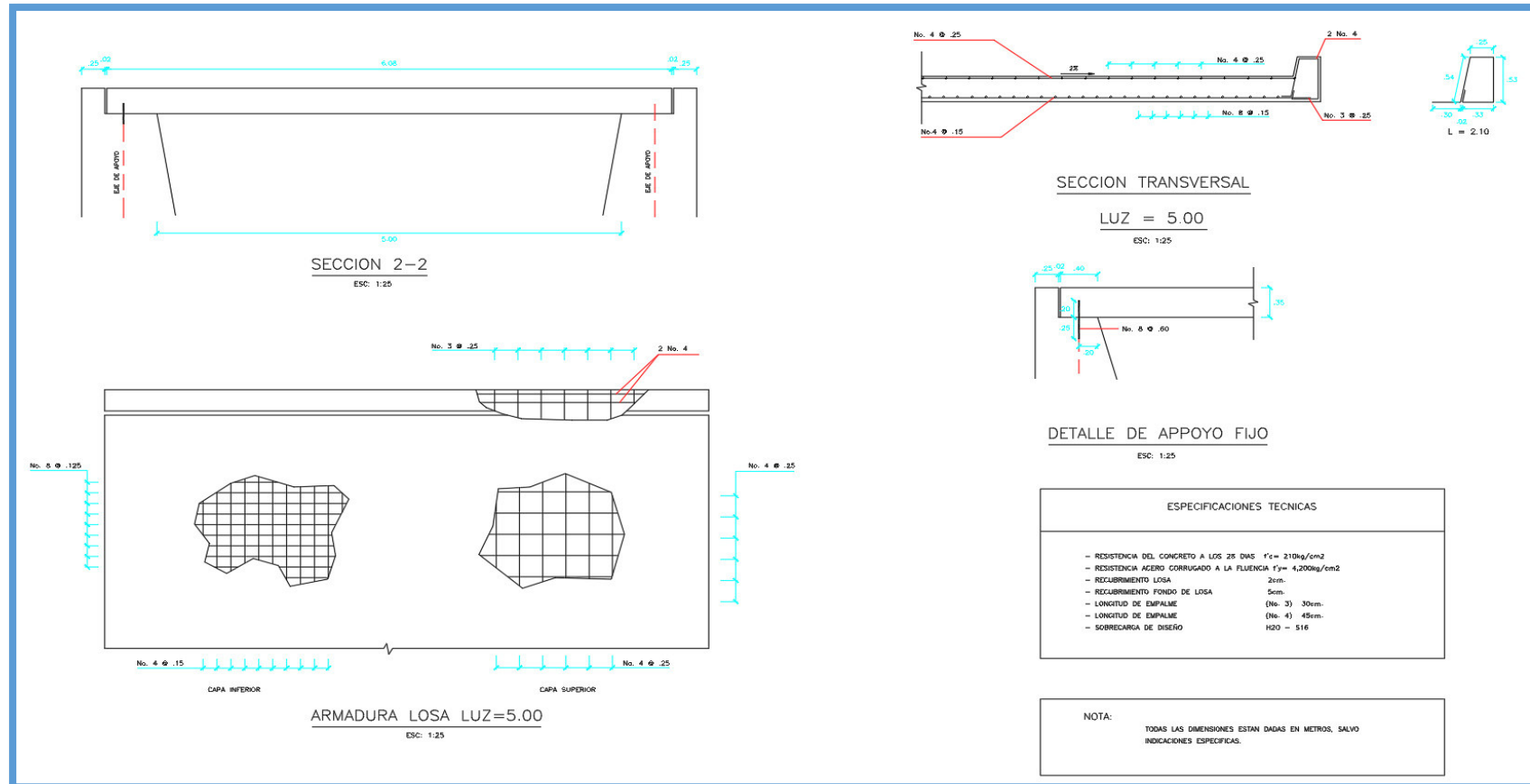
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 49: Plano de diseño de drenaje (pontón – encofrado).



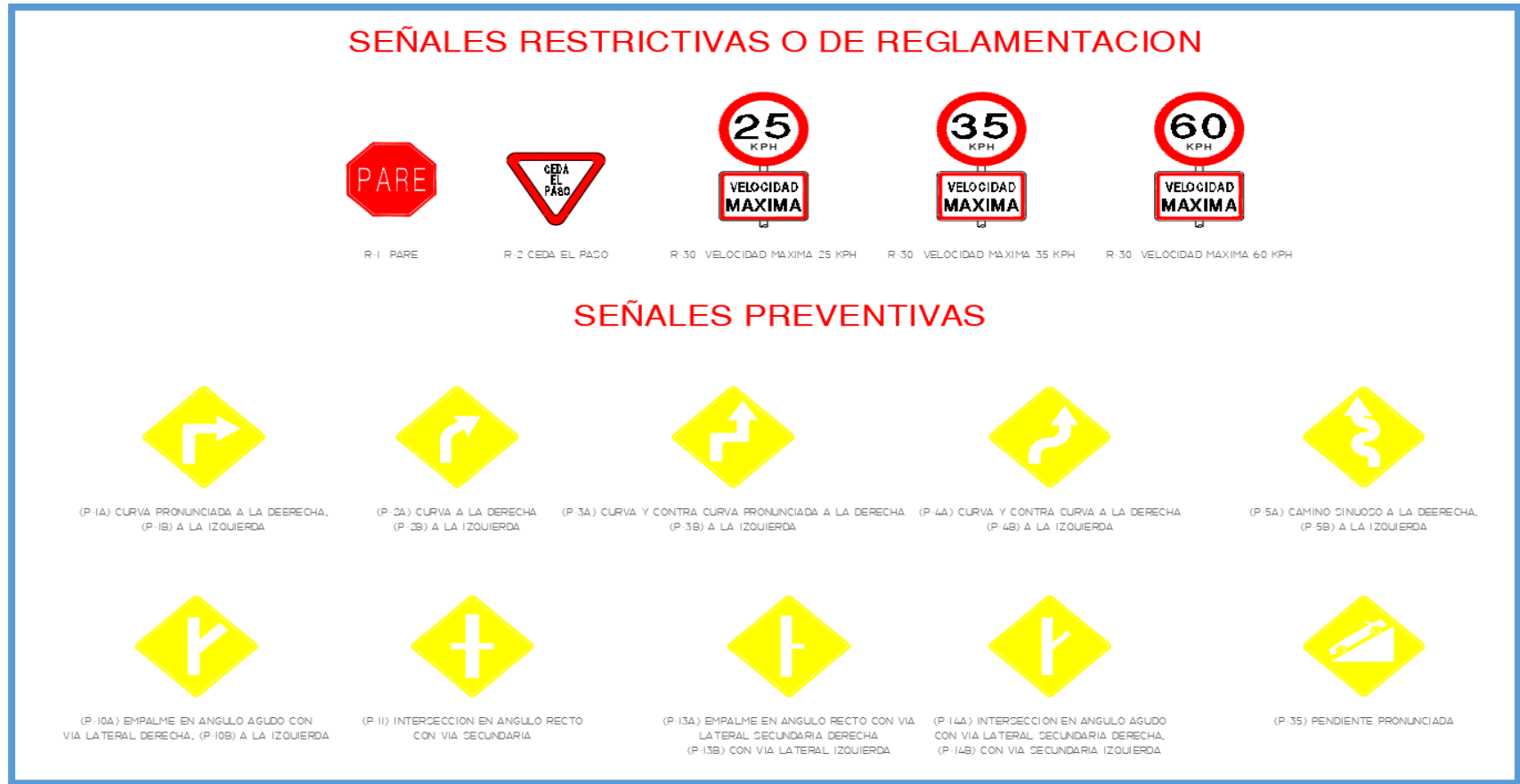
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 50: Plano de diseño de drenaje (pontón – armadura).



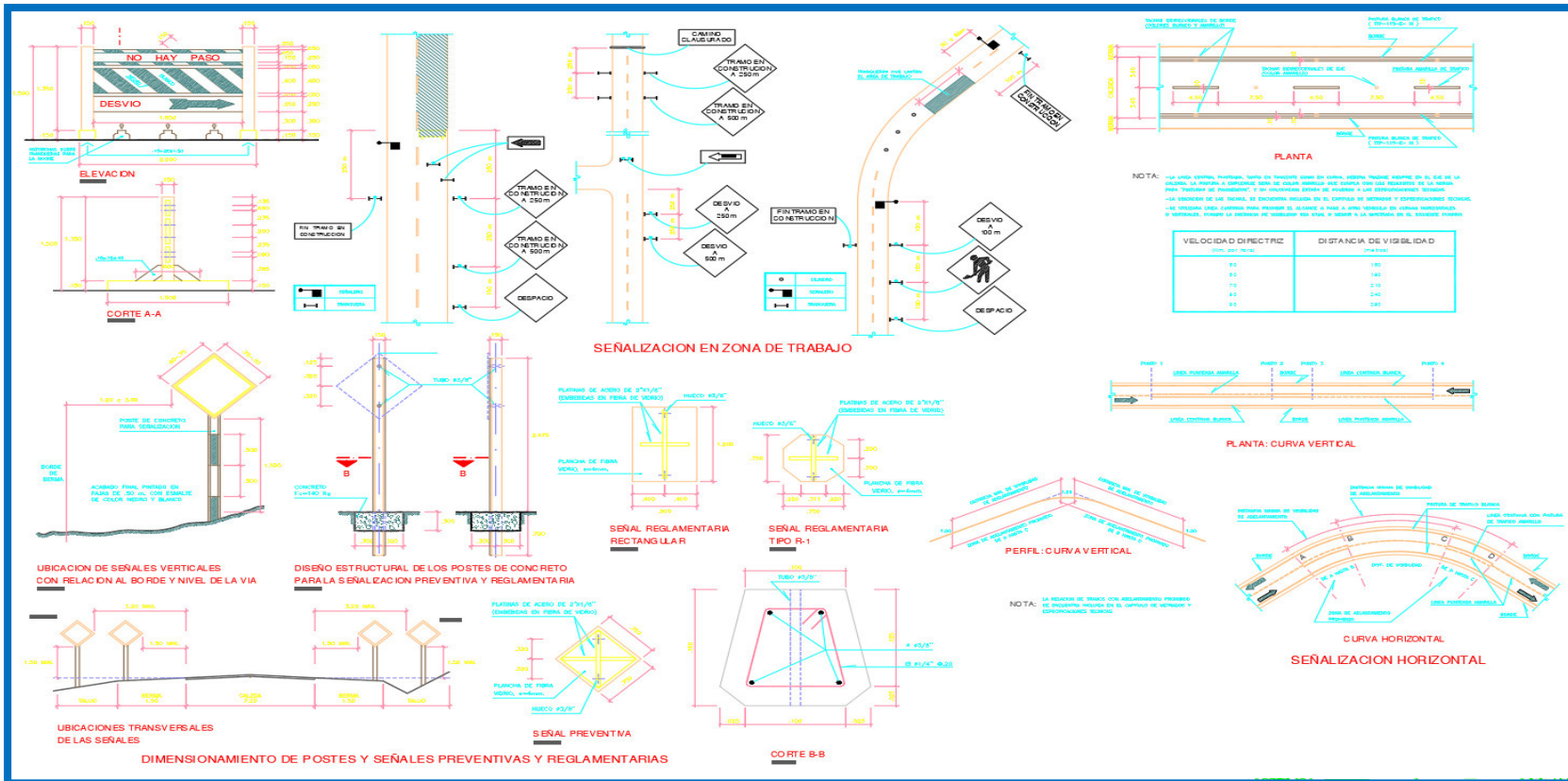
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 51: Señales restrictivas y preventivas.



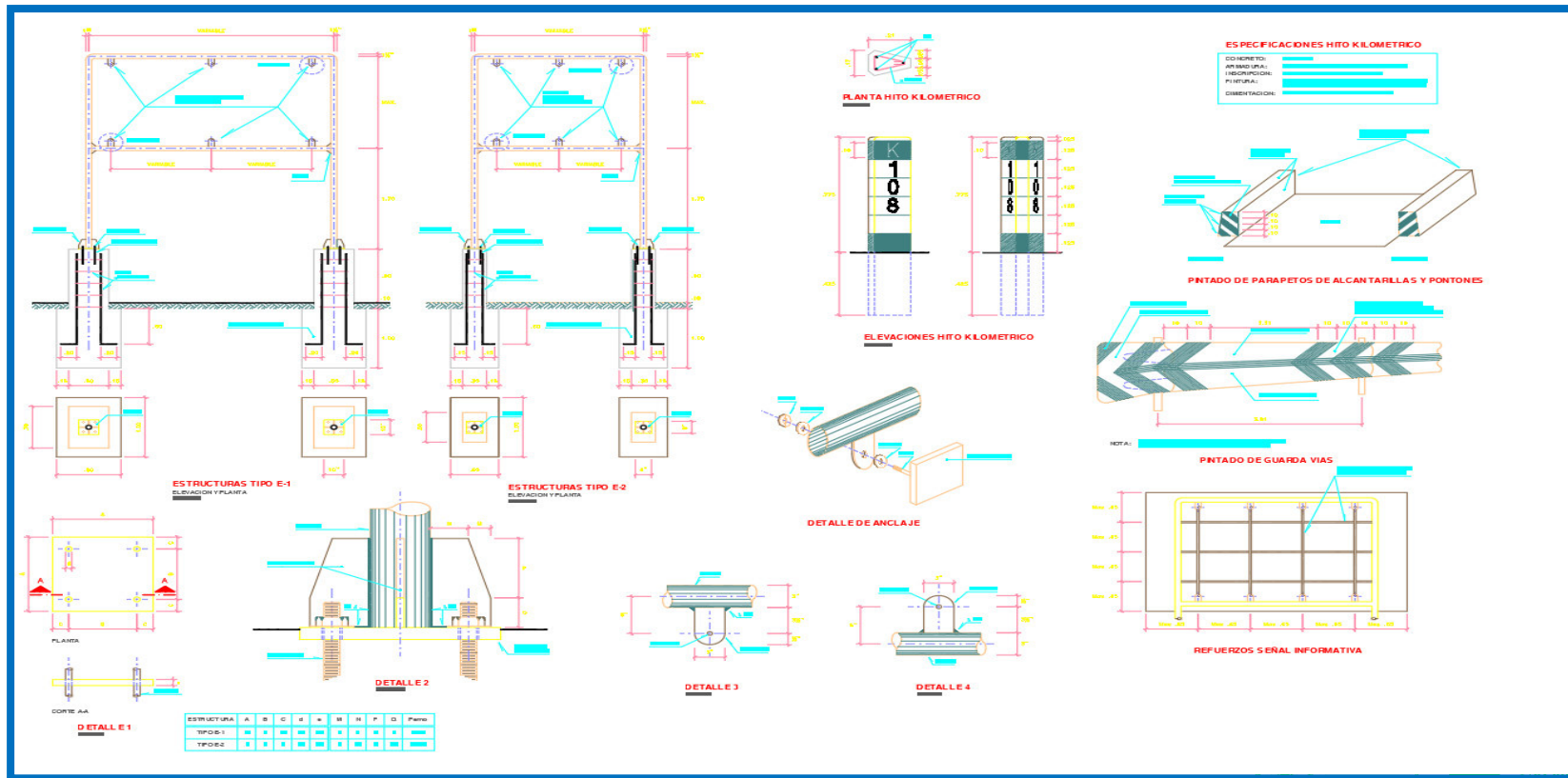
Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 52: Plano de detalles de señalización.



Fuente: Municipalidad de Ilave.

Figura 53: Plano de detalles de señales informativas.



Fuente: Municipalidad Ilave