



## **FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO  
PARA OPTIMIZAR SERVICIABILIDAD DE CARRETERA PANAMERICANA SUR  
EN SECTOR PUENTE DE OCOÑA-AREQUIPA

### **Línea de investigación:**

**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia**

Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

### **Autor:**

Martínez Alca, Luis Antonio

### **Asesor:**

Aybar Arriola, Gustavo Adolfo

ORCID: 0000-0002-7037-4396

### **Jurado:**

Tello Malpartida, Omar

García Urrutia Olavarría, Roque Jesús Leonardo

Bedia Guillen, Ciro Sergio

**Lima - Perú**

**2022**

**Referencia:**

Martínez, A. (2022). *Estudio geotécnico con fines de diseño de pavimento rígido para optimizar serviciabilidad de carretera panamericana sur en sector Puente de Ocoña-Arequipa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5983>



**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 INGENIERIA CIVIL

ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE DISEÑO DE PAVIMENTO  
RÍGIDO PARA OPTIMIZAR SERVICIABILIDAD DE CARRETERA  
PANAMERICANA SUR EN SECTOR PUENTE DE OCOÑA-AREQUIPA

Línea de Investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

MODALIDAD DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor

Martínez Alca, Luis Antonio

Asesor

Aybar Arriola, Gustavo Adolfo

(ORCID: 0000-0001-8625-3989)

Jurado

Tello Malpartida, Omar

García Urrutia Olavarría, Roque Jesús Leonardo

Bedia Guillen, Ciro Sergio

Lima – Perú

2022

## **Dedicatoria**

A Dios, por guiarme en cada instante de mi vida.

A mis padres, familiares y amigos, gracias por todo su apoyo.

## Índice

Dedicatoria.....	2
Resumen.....	6
Abstract.....	7
I. Introducción.....	8
1.1. Trayectoria del Autor.....	9
1.2. Descripción de la empresa.....	15
1.3. Organigrama de la empresa.....	16
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	17
II. Descripción de una actividad específica.....	18
2.1 Generalidades.....	18
2.2 Descripción y formulación del problema.....	18
2.3 Antecedentes.....	19
2.4 Objetivos.....	23
2.5 Justificación e importancia.....	23
2.6 Hipótesis.....	24
2.7 Marco teórico.....	24
2.7.1 <i>Definición de estudio geotécnico</i> .....	24

	4
2.7.2	<i>Características de los pavimentos</i> .....24
2.7.3	<i>Tipos de pavimentos</i> .....24
2.8	Método .....25
2.8.1	<i>Tipo de investigación</i> .....25
2.8.2	<i>Ámbito temporal y espacial</i> .....25
2.8.3	<i>Variables</i> .....25
2.8.4	<i>Población y muestra</i> .....26
2.8.5	<i>Instrumentos</i> .....26
2.9	Procedimientos .....27
2.10	Análisis de datos .....27
2.10.1	<i>Análisis del área de estudio</i> .....27
2.10.2	<i>Investigaciones efectuadas</i> .....27
2.10.3	<i>Trabajos de campo</i> .....30
2.10.4	<i>Ensayos de laboratorio</i> .....32
2.11	Resultados.....33
2.11.1	<i>Descripción geotécnica y resultados de los ensayos de laboratorio</i> .....33
2.11.2	<i>Diseño del pavimento rígido utilizando el método del Aashto 93</i> .....36
III.	Aportes destacados a la empresa.....48

IV. Conclusiones.....	49
V. Recomendaciones .....	50
VI. Referencias.....	51
VII. Anexos:.....	52

## Resumen

El presente trabajo de suficiencia profesional titulado “ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA OPTIMIZAR SERVICIABILIDAD DE CARRETERA PANAMERICANA SUR EN SECTOR PUENTE DE OCOÑA-AREQUIPA”, tiene por finalidad realizar un estudio geotécnico eficiente con el cual sea posible determinar la estratigrafía y las características geotécnicas del suelo del área en estudio. Ello con el objetivo de poder definir la estructura del pavimento rígido más apropiada a emplearse con fines de mejorar la transitabilidad vial. El tema elegido para el presente trabajo de suficiencia profesional se justifica y es sumamente importante debido a que en la actualidad la Municipalidad Distrital de Ocoña de Camaná como parte de sus actividades anuales, ha contemplado la realización del mejoramiento de la carretera Panamericana Sur correspondiente al Sector Puente de Ocoña, ello con fines de elevar la calidad de vida de la población aledaña, optimizando el comercio de productos agrícolas y el turismo, que son actividades importantes en la Región Arequipa y que generan ingresos económicos en gran parte de la población. Esta iniciativa parte de la inspección realizada en el sector de la carretera en estudio, el cual se encuentra con un estado de serviciabilidad lamentable (carece de una adecuada infraestructura vial). Para ello resulta sumamente importante comenzar con un eficiente estudio de suelos, que permita analizar y determinar los tipos de suelos presentes en la zona de estudio, afín de poder diseñar la estructura del pavimento más adecuada para dicho sector de la carretera.

*Palabras clave:* Estudio geotécnico, diseño de pavimento rígido.



## Abstract

The present work of professional sufficiency entitled "GEOTECHNICAL STUDY WITH DESIGN PURPOSES OF RIGID PAVEMENT TO OPTIMIZE SERVICE OF PANAMERICANA ROAD SOUTH IN THE BRIDGE SECTOR OF OCOÑA-AREQUIPA", aims to carry out an efficient geotechnical study with which it is possible to determine the stratigraphy and the geotechnical characteristics of the soil of the area under study. This with the objective of being able to define the structure of the most suitable rigid pavement to be used in order to improve road traffic. The theme chosen for this work of professional sufficiency is justified and is extremely important because at present the District Municipality of Ocoña de Camaná as part of its annual activities, has contemplated the improvement of the South Pan American Highway corresponding to the Sector Puente de Ocoña, with the purpose of raising the quality of life of the surrounding population, optimizing trade in agricultural products and tourism, which are important activities in the Arequipa Region and generate economic income in a large part of the population. This initiative is based on the inspection carried out in the road sector under study, which is in a state of unfortunate serviceability (it lacks an adequate road infrastructure). For this, it is extremely important to start with an efficient study of soils, which allows analyzing and determining the types of soils present in the study area, in order to design the most suitable pavement structure for said road sector.

*Keywords:* Geotechnical study, rigid pavement design.

## I. Introducción

Dentro del ámbito de la ingeniería de transportes resulta indispensable, antes de realizar el diseño de pavimentos (sean del tipo flexible, rígido o mixto), partir de un eficiente estudio geotécnico en base a exploraciones de campo y ensayos de mecánica de suelos in situ y en laboratorio.

Determinar la estratigrafía y la capacidad portante de suelo es imprescindible para poder definir las capas estructurales más apropiadas para el pavimento a diseñarse. En este contexto la Metodología Aashto 93 ha demostrado ser sumamente eficiente, tanto para el diseño de pavimentos flexibles (asfálticos) como pavimentos rígidos (de concreto).

Es así que en el presente trabajo se ha realizado el estudio geotécnico con fines de diseño de pavimento rígido en la carretera Panamericana Sur en el Sector Puente de Ocoña-Arequipa. De acuerdo con los perfiles estratigráficos de las calicatas se observan características adecuadas para el terreno natural donde se va a pavimentar, según el manual de carreteras se encontró valores de Subrasante S3 (Subrasante buena) y clasificación SUCS tipo GP (grava mal graduada) y GP-GM (grava pobremente graduada con Limo y arena). El diseño del pavimento rígido fue realizado mediante el Método Aashto 93.

Dentro de los logros más importantes alcanzados con el presente trabajo de suficiencia podemos mencionar que mediante el empleo de un eficiente estudio geotécnico se podrá optimizar la serviciabilidad de la Carretera Panamericana Sur en el sector Puente de Ocoña-Arequipa realizando el diseño estructural de pavimento rígido.

## 1.1. Trayectoria del Autor

Universidad Nacional Federico Villarreal

Facultad: Ingeniería Civil.

Periodo: septiembre de 2004- diciembre de 2012

Grado Académico: Bachiller en Ingeniería Civil.

- **Experiencia Laboral**

### **PRACTICANTE – GUIDO VALDIVIA CONSULTORIA E.I.R.L.**

Función: Elaboración del estudio de mercado e investigación de campo.

Periodo: setiembre 2010 - octubre 2010

Funciones:

- Investigación de mercado en el campo de la construcción zona san miguel
- Dibujo de plano de zona comercial san miguel
- Elaborar informe de zona comercial san miguel

### **ZETA INGENIEROS**

Periodo: 01 de marzo del 2011 – 15 de junio del 2011

Funciones:

- Diseño estructural, dibujo de planos, metrado y presupuestado de casa Pachacamac (la molina)
- Remodelación de casa para financiera Edificar av. Canadá.

## **JACCSA CONSTRUCCIONES**

Periodo: 01 de noviembre del 2011 – abril del 2012

Funciones:

- Evaluación de todo tipo de proyectos.
- Cotizar y presentar propuestas a los directivos de la empresa.

## **MANUEL SEGURA CONSULTORES.**

Periodo: 01 de mayo del 2012 – 30 marzo 2013

Funciones:

- Formulación de expedientes técnicos y levantamiento de observaciones remitidas por el ministerio de vivienda, obras irrigaciones.
- encargado de presupuestos rehabilitaciones de colegio ventanilla-callao.

## **PISOCRET S.A.C.**

Periodo: 01 de Mayo del 2013 – marzo 2014

- Ejecución y supervisión de obra: Maestro Home Center Barrios Altos (pisos y revestimientos)
- Ejecución y supervisión de obra: remodelación Maestro surquillo (remodelación de tienda)
- Ejecución y supervisión de obra: Ferreyros cusco (construcción de pisos para maquinaria pesada)

- Ejecución y supervisión de obra: MHC San Juan de Miraflores (construcción de losas)
- Ejecución y supervisión de obra: AJE Huachipa (construcción de losas)

### **ECATESA S.A.C.**

Periodo: 01 de mayo del 2014 – octubre 2014

Elaboración de expedientes técnicos:

- Parque: Construcción de parque n° 1 en la Urb. El rosedal V de Carabayllo
- Parque: Construcción de parque en el AAHH Sol Naciente de Carabayllo

Ejecución Muro de contención:

- 3 muros de contención Carabayllo.

### **CADUCEO CONSULTORES s.a.c.**

01 de octubre del 2014 – enero 2015

Elaboración de expedientes técnicos para Sedapal.

- Elaboración del expediente Técnico. Agua potable Pucusana, La molina, San Martin de Porres entre otros.

### **FASE DOS s.a.c.**

Ingeniero costos edificaciones, plantas industriales, centros comerciales entre otros

01 de febrero del 2015 – Febrero 2016

- Encargado de los presupuestos para licitación de: Multifamiliar Bertolotto, Oulted Lurin, planta ACV Pucallpa, edificio santa cruz, multifamiliar ovalo Gutierrez, entre otros.

### **PAVIKRET SAC.**

Ingeniero Residente, Almacén Química suiza Ate, Almacén Mavegsa ate obra civil.

Periodo: 01 de Mayo del 2016 – Setiembre 2016

Funciones:

- Encargado de la ejecución de obra civil Almacén Química suiza, ingeniero de campo almacén Mavegsa, Almacén Agribrands purina, Molino el triunfo, entre otros.

### **ARKHOS INGENIERIA Y COSTRUCCION.**

Ingeniero de costos y presupuestos proyectos: 10 agencias Banco de la Nación.

Periodo: 01 de octubre del 2016 – mayo 2017

Funciones:

- Encargado costos y presupuestos agencia El Tambo, agencia Azangaro, Agencia Contamana entre otros.

### **F Y AT INGENIERIA Y CONSTRUCCION.**

Ingeniero de costos y presupuestos proyectos: agua potable y saneamiento, pistas y veredas, muro de contención.

Periodo: 01 de junio del 2017 – agosto 2018

Funciones:

- Encargado costos y presupuestos expedientes pistas y veredas Bartolomé Herrera.
- Encargado costos y presupuestos expedientes pistas y veredas Distrito de Bella Huánuco.
- Encargado costos y presupuestos expedientes Remodelación de la facultad de ingeniería química UNMSM.

### **F Y AT INGENIERIA Y CONSTRUCCION.**

Ingeniero de costos y presupuestos proyectos: agua potable y saneamiento, pistas y veredas, muro de contención.

Periodo: 01 de junio del 2017 – Junio 2018

Funciones:

- Encargado costos y presupuestos expedientes pistas y veredas Bartolomé Herrera.
- Encargado costos y presupuestos expedientes pistas y veredas Distrito de Bella Huánuco.
- Encargado costos y presupuestos expedientes Remodelación de la facultad de ingeniería química UNMSM.

### **CONSORCIO ESMERALDA - UNMSM.**

Ingeniero asistente de supervisión: Servicio de supervisión proyecto Facultad de Ciencias Biológicas -UNMSM

Periodo: 01 de Julio del 2018 – octubre 2018

Funciones:

- Asistente de supervisión – revisión de valorizaciones, generar informes para la supervisión, supervisión del proyecto.

### **CG y A CONTRATISTAS GENERALES Y ACABADOS SAC**

Ingeniero de Operaciones:

Periodo: 01 de diciembre del 2019 – 01 Marzo 2020

Funciones:

- Proyecto construcción de losas Coliseo miguel Grau Panamericanos 2020 – Cliente Sacyr.
- Proyecto construcción de veredas y pavimento flexible villa deportiva del Callao - Panamericanos 2020 – Cliente Sacyr.
- Proyecto construcción de veredas y pavimento flexible, rígido, habilitación urbana Lurín – Cliente Sacyr.

### **MAVE CONSULTORES Y ASESORES SRL**

Ingeniero de Operaciones:

Periodo: 01 de Marzo del 2020 – Actual.

Funciones:

- Proyecto Mantenimiento Economax Zarate –cliente Seven contratistas.
- Proyecto Expediente técnico Ampliación canal de riego Turpay.



- Proyecto supervisión y dirección técnica Construcción de 05 colegios material superboard – ventanilla.
- Proyecto losas de techo multifamiliar Epique Surco.
- Proyecto Losa de techo multifamiliar 15 niveles Tomasal Surco – cliente Creativa.

## **1.2. Descripción de la empresa**

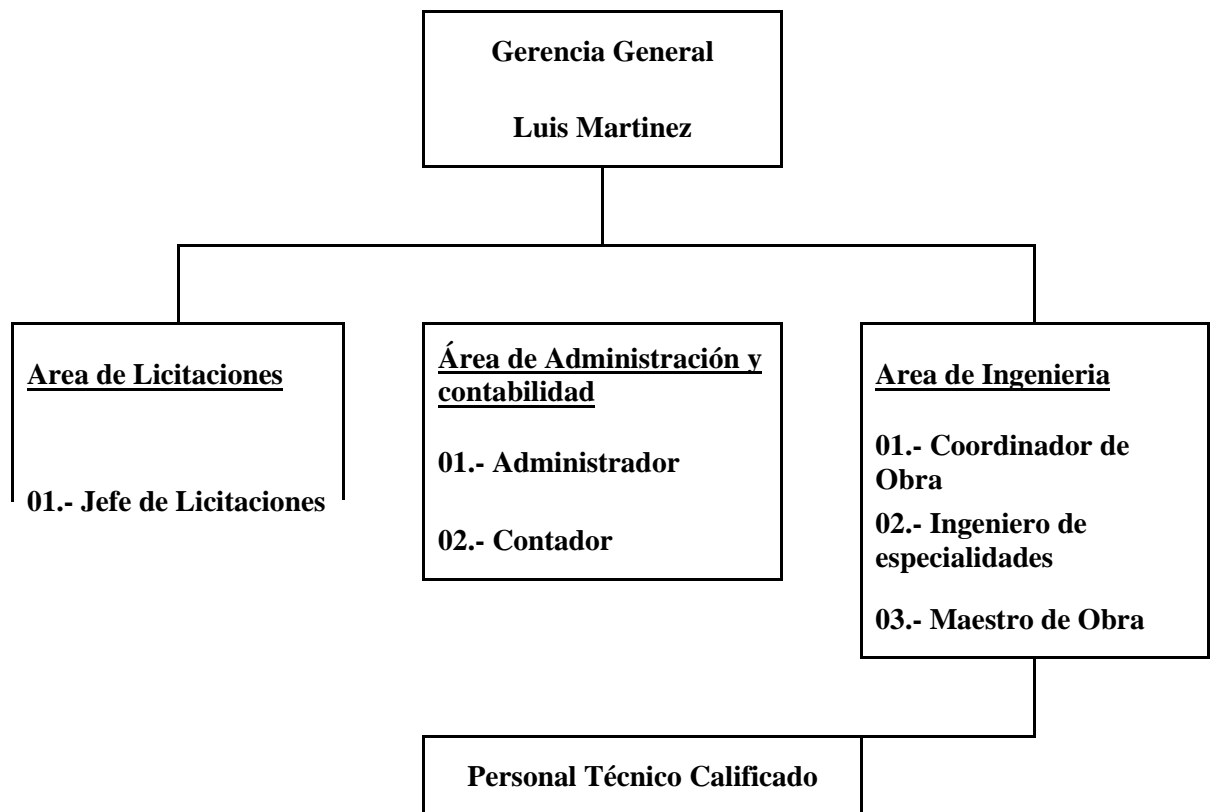
La empresa Mave consultores, es una empresa que opera desde el 2015, con la finalidad de proyectar, ejecutar, supervisar proyectos de ingeniería y construcción, tanto en el ámbito público como privado.

La empresa tiene una visión de ayudar en el crecimiento nacional aportando.

La empresa tiene proyectos de edificaciones de viviendas, elaboración de declaratorias de fábricas, remodelaciones y ampliaciones de viviendas.

En el ámbito de proyectos, viene elaborando diseños estructurales, elaboración de expedientes técnicos en Saneamiento, Pistas y veredas, Edificaciones.

### 1.3. Organigrama de la empresa



Fuente : Elaboración Propia

#### **1.4. Áreas y funciones desempeñadas**

El proyecto “ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA OPTIMIZAR SERVICIABILIDAD DE CARRETERA PANAMERICANA SUR EN SECTOR PUENTE DE OCOÑA-AREQUIPA”, se encuentra en la Panamericana Sur, sector Puente Ocoña.

Mis funciones realizadas fueron:

- Recopilación de información de campo del estudio geotécnico.
- Seguimiento y el armado de estructura del estudio geotécnico.
- Coordinación con el equipo de profesionales y técnicos especialistas.
- Seguimiento de los ensayos de laboratorio.
- Armado de entregables del estudio.
- Verificación de entregables de obra imprimibles y digitales.

## **II. Descripción de una actividad específica**

### **2.1 Generalidades**

El “ESTUDIO GEOTÉCNICO CON FINES DE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA OPTIMIZAR SERVICIABILIDAD DE CARRETERA PANAMERICANA SUR EN SECTOR PUENTE DE OCOÑA-AREQUIPA”, fue elaborado en conjunto con un grupo de profesionales y técnicos especialistas, a continuación, se detalla las actividades elaboradas en gabinete para el estudio geotécnico.

### **2.2 Descripción y formulación del problema**

En la actualidad La Municipalidad Distrital de Ocoña de Camaná como parte de sus actividades anuales, ha contemplado la realización del mejoramiento de la carretera Panamericana Sur correspondiente al Sector Puente de Ocoña.

Ello con fines de elevar la calidad de vida de la población aledaña, optimizando el comercio de productos agrícolas y el turismo, que son actividades importantes en la Región Arequipa y que generan ingresos económicos en gran parte de la población. Esta iniciativa parte de la inspección realizada en el sector de la carretera en estudio, el cual se encuentra con un estado de serviciabilidad lamentable (carece de una adecuada infraestructura vial).

Para ello resulta sumamente importante comenzar con un eficiente estudio de suelos, que permita analizar y determinar los tipos de suelos presentes en la zona de estudio, afín de poder diseñar la estructura del pavimento más adecuada para dicho sector de la carretera.

A su vez también es importante mencionar que la presente tesis se basa en el proyecto de Construcción de pistas y veredas en el Sector Puente Ocoña – Camaná – Arequipa, el cual también contempla la implementación de espacios públicos urbanos en la zona circundante del

puede, dotándola de una adecuada infraestructura, ante la carencia de espacios de esta naturaleza.

Así, el presente trabajo de suficiencia busca responder las siguientes preguntas:

¿De qué manera se puede optimizar la serviciabilidad de la Carretera Panamericana Sur en el sector Puente de Ocoña-Arequipa?

¿Realizando un eficiente estudio geotécnico se podrá diseñar correctamente el pavimento rígido?

¿Mediante el empleo de un eficiente estudio geotécnico se podrá optimizar la serviciabilidad de la Carretera Panamericana Sur en el sector Puente de Ocoña-Arequipa realizando el diseño estructural de pavimento rígido?

### **2.3 Antecedentes**

#### **a) En el ámbito internacional**

Vargas (2015) señala en la tesis titulada “Estudio geotécnico – vial para el diseño estructural de la vía que conduce desde San Luis de la Carbonería hacia la acequia de Peribuela y hacia los tanques de agua de abastecimiento del sector, ubicada en la parroquia Imantag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Internacional del Ecuador – Ecuador, tiene por objetivo principal, realizar un diseño vial completo para la vía que va desde San Luis de la Carbonería hasta la plataforma de la acequia de Peribuela y hasta los tanques de almacenamiento de agua del sector, mediante el estudio geotécnico-vial, con la finalidad de mejorar la accesibilidad a esta zona y facilitar la

realización del mantenimiento de estas obras, proporcionando dos alternativas de diseño para 20 años.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- De las visitas realizadas a la vía y de la topografía levantada se pudo determinar que la misma se encuentra a nivel de sub rasante actualmente, con un ancho promedio de 4.5 m, una extensión aproximada de 4.26 Km y está conformada por dos ramales.
- Producto de la investigación realizada en el sitio de estudio se estableció que la temperatura promedio anual de la zona mantiene un valor de 16 °C; y, la precipitación promedio anual puede ir de 1000 a 2000 mm aproximadamente, de acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).
- Con los ensayos realizados se pudo determinar que los suelos encontrados a nivel de sub rasante, a lo largo de toda la vía, resultan ser suelos naturales que no registran presencia de nivel freático hasta la profundidad inspeccionada.

Niño (2015) señala en la tesis titulada “Estudio de suelos y análisis geotécnico del sector ubicado en el k4+180 de la Vía Puente Reyes-Gameza”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Colombia, tiene por objetivo principal, diseñar las obras requeridas para la estabilización del sector k4+180 de la vía Puente Reyes- Gámeza, en función del tipo de proceso y las propiedades geotécnicas del subsuelo.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- La geología del sector indica que el sitio se encuentra enmarcado dentro de un depósito cuaternario de características coluvio-aluviales, conformado por material rocoso compuesto por arcillas limosas grisáceas que corresponden a materiales que constituyen

la formación Guaduas; el material de la masa deslizada lo constituyen arcillas limosa café-grisáceas.

- El componente sísmico y tectónico reflejan que el sitio se encuentra directamente relacionado con la falla de Gámeza, la cual según registros de la Red Sismológica Nacional no ha tenido repercusiones importantes sobre el sector.
- En cuanto a las condiciones topográficas y geomorfológicas, se puede decir que estas no representan interés importante para el proyecto ya que este se localiza en sobre un terreno montañoso, pero no de una importante pendiente.

**b) En el ámbito nacional**

Ramos (2019) señala en la tesis titulada “Mecánica de suelos aplicada al diseño de estructura de pavimento para el mejoramiento de la transitabilidad en vías urbanas”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional Federico Villarreal – Perú, tiene por objetivo principal, estudiar la aplicación de los estudios de mecánica de suelos en el cálculo de los espesores de la estructura de pavimentos para el mejoramiento de vías urbanas.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Para la pavimentación la subrasante deberá escarificarse en un espesor de 15 cm, eliminado todo material contaminante o restos de materiales no naturales que se indica en los registros estratigráficos, así como gravas de tamaños superiores a 1”, conformar y compactar al 95% de la máxima densidad seca del proctor modificado.

Los agregados de la base granular, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad establecidos por las Especificaciones Técnicas Generales EG-2000 MTC; el C.B.R. (Relación Soporte de California) deberá ser superior a 100%, para muestras

ensayadas a la Óptima Humedad y al 95% de Máxima Densidad Seca. El material de base deberá ser compactado hasta por lo menos el 100% de la densidad obtenida por el método de prueba Proctor Modificado AASHTO T180. El contenido de humedad verificado en campo no deberá escapar del rango de +/- 2% de la Optima Humedad de laboratorio.

Ochoa (2014) señala en la tesis titulada “Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave, Tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500)”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo-Geotécnico por la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Perú, tiene por objetivo principal, realizar el estudio geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la carretera Ticaco – Candarave, tramo Aricota–Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Para poder diseñar la estructura de un pavimento flexible se debe tener en cuenta cuatro factores fundamentales: estudio de tráfico, estudio de suelos, datos de precipitación y un método de diseño. El diseño del pavimento va depender directamente según el tránsito proyectado para un período de diseño.
- El tránsito proyectado en la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) para un período de 10 años es bajo ( $1,0 \times 10^5$ ) porque la mayoría de vehículos que transitan son de tipo A2 (autos y camionetas) y este tipo de vehículo es insignificante para obtener un tránsito alto.



## **2.4 Objetivos**

### **a) Objetivo general**

Realizar el estudio geotécnico con fines de diseño de pavimento rígido para optimizar la serviciabilidad de la carretera Panamericana Sur en el Sector Puente de Ocoña-Arequipa.

### **b) Objetivos específicos**

- Determinar la estratigrafía y las características geotécnicas del suelo del área en estudio.
- Definir la estructura del pavimento rígido a emplearse.

### **Justificación e importancia**

El tema elegido para el presente trabajo de suficiencia profesional se justifica debido a que en la actualidad la Municipalidad Distrital de Ocoña de Camaná como parte de sus actividades anuales, ha contemplado la realización del mejoramiento de la carretera Panamericana Sur correspondiente al Sector Puente de Ocoña, ello con fines de elevar la calidad de vida de la población aledaña, optimizando el comercio de productos agrícolas y el turismo, que son actividades importantes en la Región Arequipa y que generan ingresos económicos en gran parte de la población. Esta iniciativa parte de la inspección realizada en el sector de la carretera en estudio, el cual se encuentra con un estado de serviciabilidad lamentable (carece de una adecuada infraestructura vial). Para ello resulta sumamente importante comenzar con un eficiente estudio de suelos, que permita analizar y determinar los tipos de suelos presentes en la zona de estudio, afín de poder diseñar la estructura del pavimento más adecuada para dicho sector de la carretera.

## **2.6 Hipótesis**

Mediante el empleo de un eficiente estudio geotécnico se podrá optimizar la serviciabilidad de la Carretera Panamericana Sur en el sector Puente de Ocoña-Arequipa realizando el diseño estructural de pavimento rígido. Marco teórico

### ***2.6.1 Definición de estudio geotécnico***

Ramos (2019) señala que:

El Estudio de Suelos, también conocido como Estudio Geotécnico, es un conjunto de actividades que nos permiten obtener la información de un determinado terreno. Es una de las informaciones más importantes para la planificación, diseño y ejecución de todo proyecto de construcción. (p. 17)

### ***2.6.2 Características de los pavimentos***

Ramos (2019) señala que:

Estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como función el permitir el tránsito de vehículos: con seguridad, con comodidad, con el costo óptimo de operación, superficie uniforme, superficie impermeable, color y textura adecuados. (p.17)

### ***2.6.3 Tipos de pavimentos***

#### **Pavimento flexible**

Ramos (2019) señala que:

Son aquellos que tienen un revestimiento asfáltico sobre una capa base granular. La distribución de tensiones y deformaciones generadas en la estructura por las cargas de rueda del tráfico, se da de tal forma que las capas de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación por medio de la absorción de tensiones cizallantes. (p. 18)

### Pavimento rígido

Ramos (2019) señala que:

Son aquellos en los que la losa de concreto de cemento Portland (C.C.P.) es el principal componente estructural, que alivia las tensiones en las capas subyacentes por medio de su elevada resistencia a la flexión, cuando se generan tensiones y deformaciones de tracción de bajo la losa producen su fisuración por fatiga, después de un cierto número de repeticiones de carga. (p. 19)

## **2.7 Método**

### **2.7.1 *Tipo de investigación***

Aplicada.

### **2.7.2 *Ámbito temporal y espacial***

El presente trabajo de suficiencia está basado en el proyecto de Construcción de pistas y veredas en el Sector el Puente Ocoña, el cual se encuentra ubicado en la provincia de Camaná - Arequipa. El proyecto se encuentra en ejecución.

### **2.7.3 *Variables***

- **Variable independiente**

Estudio geotécnico.

- **Variable dependiente**

Optimización de la serviciabilidad de carretera.

#### **2.7.4 Población y muestra**

- **Población**

La población es un conjunto reducido o ilimitado con características similares para los cuales las conclusiones de la investigación serán extensas. Esta queda limitada por los objetivos y el problema de la investigación. Para la presente investigación, el universo poblacional está conformado por los pavimentos rígidos existentes en el departamento de Arequipa.

- **Muestra**

Un subconjunto específico y limitado que se separa de la población es definido como una muestra. En el presente trabajo de suficiencia se ha tomado como muestra el pavimento rígido ubicado en el Sector el Puente Ocoña de la provincia de Camaná - Arequipa.

#### **2.7.5 Instrumentos**

- Revisión de documentos: a través de esta técnica se han revisado normas, manuales, libros, tesis, etc., respecto al tema de diseño de puentes vehiculares y peatonales.
- Observación: Esta técnica ha permitido recolectar información vista en campo.
- Ensayos de laboratorio de suelos: Análisis granulométrico por tamizado; límites de Atterberg, contenido de humedad, clasificación SUCS.

## **2.8 Procedimientos**

- Se hizo el reconocimiento de campo.
- Se analizaron las muestras de suelo obtenidas.
- Se determinó la capacidad portante y la estratigrafía del suelo.
- Se determinó el espesor de las capas estructurales del pavimento rígido.
- Se diseñó el pavimento de concreto.

## **2.9 Análisis de datos**

### ***2.9.1 Análisis del área de estudio***

El estudio de suelo se desarrolló en la carretera Panamericana Sur en el sector puente Ocoña, es una zona residencial de densidad baja. La longitud de la vía a construir es 455 m aprox., a una altura aproximada de 12 m.s.n.m.

El proyecto en el que se basa el presente trabajo de suficiencia tiene la siguiente ubicación geográfica:

Región: Arequipa

Provincia: Camaná

Distrito: Ocoña

Sector: Puente de Ocoña

Carretera Panamericana Sur

### ***2.9.2 Investigaciones efectuadas***

#### **Geología**

Según el cuadrángulo Geológico de Ocoña de Ingemmet podemos afirmar que la fisiografía muestra tres zonas geomorfológicas; la Meseta Costanera, la Cordillera de la Costa y las Terrazas Marinas, cortadas por las Quebradas de Pescadores y de Ocoña.

Los afloramientos de la Meseta Costera muestran intemperismo diferencial sobre los conglomerados, areniscas y arcillas horizontales de la Formación Paracas, dando el aspecto de repisas alternantes y escalonadas. En la estratigrafía destacan rocas plutónicas y filonianas post-paleozoicas, emplazadas en la Formación Mitu y antes de la Formación Paracas. Sobre las rocas ígneas intrusivas destacan por la relación con la mineralización, el Granito y la Granodiorita, aflorando a lo largo de la Cordillera de la Costa, la Dacita y las Andesitas. (Instituto geofísica del Perú).

Litológicamente está compuesto por depósitos aluviales perteneciente al cuaternario Holoceno (Qh-al).

### **Geomorfología**

La geomorfología presente en el área de estudio son el resultado del modelado gravitacional, aluvial y fluvial, causado por eventos tectónicos y procesos de geodinámica superficial. El área de estudio tiene una altura aproximada 8 m.s.n.m. (INGEMMET)

Los cerros, entre ellos se tienen: Cabo El Alto, Ruana, La Corvina, Tinoyó, La Planchada, Mina, Las Ovejas, La Esperanza, Cerro de Arena, Calaveras, Pescadores y los más importantes Quichín y Pumacoto. Las quebradas, existen varias de ellas situadas a lo largo del río Ocoña y la quebrada de Pescadores.

Los únicos valles que existen en el distrito son Ocoña y Pescadores.

Tabla 1: Leyenda del mapa geológico del cuadrángulo de Ocoña.

CRONOESTATIGRAFÍA			LITOESTRATIGRAFÍA
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito aluviales (Qh-al)
		HOLOCENO	Depósito eólico (Q-eo)

Fuente: INGEMMET.

### Condiciones climáticas

En Ocoña el área de estudio es caliente, húmedo y nublados la mayor parte del año y con precipitaciones máximas es de 30>p>-30 mm (2016 – 2017) entre los meses de diciembre a marzo. La temperatura varía de 16 °C a 27 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube más de 28 °C.

Las altas temperatura provocan al pavimento rígido fisuras en la losa de concreto y el mal drenaje provocan escalonamiento de juntas y grietas, la ventaja del pavimento rígido es la vida de servicio estimada de 20 a 30 años y mantenimiento mínimo.

### Características estructurales del pavimento

El estudio de mecánica de suelos con fines de diseño de pavimento flexible y rígido tiene por funcionalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas para así transmitir las cargas a sus distintas capas adecuadamente compactadas, y de acuerdo con las condiciones climáticas de la zona de estudio.

Se aplicará una superficie de rodamiento en las distintas calles, pasajes y avenidas, la zona a construir presenta una orografía llana desde plana a semi plana con pendientes 0.50% a 2.00%.

### **2.9.3 Trabajos de campo**

Se desarrollan en el área de interés con la finalidad de obtener información precisa “in situ” referida a:

Ejecución de calicatas donde se emplazará la obra de pavimento de concreto rígido.

Verificación in situ del tipo de suelo y estratigrafía con la cual está conformado el subsuelo y subrasante.

Para determinar las características físico-mecánicas del suelo, se ha realizado una evaluación de las condiciones geológicas, así como de las condiciones in situ del terreno, excavándose dos (2) calicatas (Según RD 037-2008-MTC/14 y el manual de Ensayo de Materiales del MTC) a cielo abierto ubicadas estratégicamente, lo cual cubre razonablemente el área a investigar.

Estas calicatas fueron practicadas hasta una profundidad de 1.5 m respecto al nivel de subrasante del proyecto o computados a partir del terreno natural, lo que nos permitió visualizar la estratigrafía y clasificación de suelos.

#### **Prospecciones**

Con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico del área en estudio, se efectuaron dos perforaciones a cielo abierto –Calicatas– distribuidas convenientemente. Así mismo, no se detectó nivel de napa freática (Presencia agua) a una profundidad mínima prospectada 1.5 m.

Según el reglamento y manual, de Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, se recomienda una profundidad mínima de 1.50 m. de prospección a partir del nivel la Subrasante.

#### **Muestreo disturbado – no disturbado**



Se tomaron muestras de los diferentes estratos de suelos encontrados, las que fueron identificadas y etiquetadas para su posterior análisis en el laboratorio.

#### Registro de excavaciones

Las calicatas, alcanzaron profundidades aproximadas de 1.50 m. Los registros se han realizado de acuerdo con la Norma ASTM D-2488. Las muestras obtenidas, fueron etiquetadas para su identificación y colocadas en bolsas de polietileno para finalmente ser enviadas al laboratorio.

Tabla 2: Ubicación y profundidad de las calicatas.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	UBICACIÓN	NIVEL FREÁTICO
CA - 1	0.00 – 1.50	Latitud: 16°25'15.82" (S) Longitud: 73°6'47.77" (O)	No presenta
CA - 2	0.00 – 1.50	Latitud: 16°25'16.98" (S) Longitud: 73°6'55.50" (O)	

Fuente: Propia.

Paralelamente a la toma de muestras se realizó el registro visual de cada una de las prospecciones, anotándose las características de los tipos de suelos encontrados, tales como la humedad, textura, tamaño máximo de la bolonería encontrada, color, etc., así mismo, se efectuó el registro fotográfico de vistas en detalle de estratos encontrados y vistas panorámicas del terreno.

Tabla 3: Clasificación de las calicatas.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)
CA - 1	0.00 – 0.50	M-1	-	-
	0.50 – 1.00	M-2	GP	A-1-a (0)
	1.00 – 1.50	M-3	GP - GM	A-1-a (0)
CA - 2	0.00 – 0.50	M-1	GP	A-1-a (0)
	1.00 – 1.50	M-2	GP - GM	A-1-a (0)

Fuente: Propia.

#### **2.9.4 Ensayos de laboratorio**

Son aquellos trabajos que se desarrollaran en el laboratorio de Mecánica de Suelos y que tienen como objetivo principal determinar las propiedades físicas y geomecánicas del suelo encontradas en el área de interés.

Se realizaron los respectivos ensayos de Mecánica de Suelos de acuerdo con la American Society of Texting Materials (ASTM) y la Norma Técnica Peruana (NTP). Los que han permitido determinar la clasificación de acuerdo con el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS y AASHTO.

##### Ensayos Estándar

- Contenido de Humedad Natural NTP 339.127 (98)
- Análisis Mecánico por Tamizado NTP 339.128 (99)
- Límites de Consistencia NTP 339.128 (99)
- Límite Líquido NTP 339.129 (99)
- Límite Plástico NTP 339.129 (99)
- Clasificación AASHTO NTP 339.134 (99)
- Clasificación SUCS NTP 339.135 (99)

##### Ensayos Especiales

- Próctor Modificado ASTM D-1557
- California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883

## 2.10 Resultados

### 2.10.1 Descripción geotécnica y resultados de los ensayos de laboratorio

La estratigrafía del área donde se ubica el proyecto está constituida geológicamente por depósitos aluviales, también se observa presencia de canto rodado a una profundidad acuerdo a la ubicación de la calicata.

Tabla 4: Identificación de la calicata CA-1.

CALICATA CA - 1						
Muestra	AASHTO	SUCS	Profundidad	% Grava	% Arena	% Finos
M - 2	A-1-a (0)	GP	0.50- 1.00	75.46	22.59	1.95
M - 3	A-1-a (0)	GP - GM	1.00- 1.50	69.00	29.24	1.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Identificación de la calicata CA-2.

CALICATA CA - 2						
Muestra	AASHTO	SUCS	Profundidad	% Grava	% Arena	% Finos
M - 1	A-1-a (0)	GP	0.00- 0.50	59.98	37.33	2.69
M - 2	A-1-a (0)	GP - GM	0.50- 1.50	70.42	28.21	1.36

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra el resumen de los ensayos realizados en laboratorio y en los siguientes cuadros los resultados.

#### Contenido de humedad natural (Norma ASTM D 2216)

Es la determinación de la cantidad de agua presente en la muestra, comparada con respecto a su peso seco, nos sirve para obtener una idea general del momento en el cual se

realizaron las exploraciones geotécnicas, debido al efecto importante que tiene este contenido de agua en la influencia de la resistencia mecánica.

#### Análisis granulométrico por tamizado (Norma ASTM D 422)

Consiste en determinar el tamaño promedio de los granos del suelo que conforman la masa total del suelo obtenido, en el laboratorio se realiza este ensayo con el material desde 0.0745 mm (N°200) hasta de 3”.

Límites de consistencia Límite líquido y Límite plástico (Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 respectivamente)

El límite Líquido y Plástico, consiste en determinar el contenido de agua en la muestra que son los límites entre los estados líquido-plástico y plástico-no plástico. El ensayo se realiza con el material menor a la malla N° 40.

#### Descripción visual y manual de suelos (Norma ASTM D 2488)

Las muestras extraídas se clasificaron y describieron en forma manual y visual.

#### Ensayo de CBR (Norma ASTM D 1883)

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación del índice de resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad.

Próctor Modificado (Norma ASTM D 1557)

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación utilizando una energía modificada usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos.

Tabla 6: Resultados de los Ensayos C – 1, C – 2.

Proyecto	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTO RÍGIDO			
	CA - 1		CA - 2	
Calicata				
Muestra	M-2	M-3	M-1	M-2
Profundidad	0.50 – 1.00	1.00 – 1.50	0.00 – 0.50	0.50 – 1.50
Clasificación SUCS	GP	GP-GM	GP	GP-GM
Clasificación AASHTO	A-1-a (0)	A-1-a (0)	A-1-a (0)	A-1-a (0)
L. L. (%)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
L. P. (%)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Í. P. (%)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Contenido de Humedad (%)	0.57	0.62	1.98	1.81

Fuente: Propia.

Tabla 7: Resultados de ensayo del Próctor Modificado.

ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO				
Estructura	Exploración	Muestra	MDS	OCH
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	CA - 1	M - 3	2.104 g/cm <sup>3</sup>	6.2 %
	CA - 2	M - 2	1.743 g/cm <sup>3</sup>	11.2 %

Fuente: Propia.

Tabla 8: Resumen de ensayo del C.B.R.

<b>CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)</b>				
<b>Estructura</b>	<b>Exploración</b>	<b>Muestra</b>	<b>Ensayo CBR</b>	
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	CA - 1	M - 3	<b>C.B.R. a 2.5 mm de Penetración</b>	
			CBR al 100% de su MDS: 22.6 %	
			CBR al 95% de su MDS: 15.0 %	
			<b>C.B.R. a 5.0 mm de Penetración</b>	
				CBR al 100% de su MDS: 26.3 %
				CBR al 95% de su MDS: 17.4 %
	CA - 1	M - 2	<b>C.B.R. a 2.5 mm de Penetración</b>	
			CBR al 100% de su MDS: 18.3 %	
CBR al 95% de su MDS: 11.4 %				
<b>C.B.R. a 5.0 mm de Penetración</b>				
			CBR al 100% de su MDS: 25.0 %	
			CBR al 95% de su MDS: 15.8 %	

Fuente: Propia.

### **2.10.2 Diseño del pavimento rígido utilizando el método del Aashto 93**

Los pavimentos de concreto reciben el apelativo de rígidos debido a la naturaleza de la losa de concreto que la constituye.

#### **Metodología de diseño:**

Se diseñará el pavimento rígido con la metodología American Association of State Highway and transportation Officials (AASHTO), versión 1993; el diseño está realizado para soportar cargas de vehículos: T2S3, B2, C2, camioneta y autos.

Los pavimentos de concreto absorben casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la subrasante.

Los parámetros que intervienen son:

***Período de diseño:***

Variables: El tránsito (ESALs), serviciabilidad, confiabilidad (R), desviación estándar (So), el suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc), resistencia a flexo tracción del concreto (Mr), módulo elástico del concreto, drenaje (Cd) y transferencia de carga (J).

Se tomará todas las consideraciones, para garantizar la funcionalidad y serviciabilidad del pavimento.

Fórmula general para el diseño de pavimento rígido, basada en los resultados obtenidos de la prueba AASHTO.

***Suelo de subrasante***

De acuerdo con los perfiles estratigráficos de las calicatas se observan características adecuadas para el terreno natural donde se va a pavimentar, según el manual de carreteras se encontró valores de Subrasante S3 (Subrasante buena) y clasificación SUCS tipo GP (grava mal graduada) y GP-GM (grava pobremente gradada con Limo y arena).

Tabla 9: Clasificación Sub rasante en función del %CBR.

Clasificación	CBR
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%

S <sub>1</sub> : Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3 % A CBR < 6 %
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6 % A CBR < 10 %
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10 % A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: MTC.

El CBR<sub>prom.</sub> de la Sub rasante a utilizar para el diseño será 13.20% al 95% de su máxima densidad seca (M.D.S.)

Los CBR´s obtenidos son de la CA-1/M-2, CA-2/M-1 y CA-3/M-3, a profundidad 1.50 m del nivel actual de la vía.

Tabla 10: Valores del CBR de la subrasante.

Exploración	MDS	OCH	CBR 0.1” (95% MDS)
CA-01/M-3	2.104 g/cm <sup>3</sup>	6.2 %	15%
CA-02/M-2	1.743 g/cm <sup>3</sup>	11.2 %	11.4%

Fuente: Propia.

Tabla 11: Clasificación subrasante, CBR prom.

Ensayo	CBR 0.1” (95%)
Subrasante	13.20%

Fuente: Propia.



## **Parámetros de diseño**

### ***Serviciabilidad***

El Índice de Serviabilidad Presente (PSI), varía de 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera perfecta). En el ensayo AASHTO, según el tráfico proyectado podemos asumir una Serviabilidad inicial (Po) de 3.8 para pavimentos flexibles y el índice de Serviabilidad final (Pt) de 2.0.

Que puede tolerarse antes de que sea necesario un refuerzo o una rehabilitación para las carreteras.

$$\text{PSI inicial} = 3.8$$

$$\text{PSI Final} = 2.0$$

$$\Delta\text{PSI} = 1.8$$

### ***Periodo de diseño***

El período de diseño empleado para la obtención de las estructuras del pavimento es de 20 años.

Coefficiente de Drenaje ( $m_2= 1.00$  y  $m_3= 1.00$ )

Representa el porcentaje del tiempo durante el Período de Diseño, que las capas granulares, estarán expuestas a niveles de humedad cercanos a la saturación. En el cuadro siguiente “Valores de Coeficiente de Drenaje”, se muestra los valores recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y subbase granular, frente a condiciones de humedad.

Tabla 12: Valores de coeficientes de drenaje.

Calidad de Drenaje	Término Remoción de Agua	% de Tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación			
		<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	2 horas	1.40 -1.35	1.35 -1.30	1.30 -1.20	1.20
Buena	1 día	1.35 -1.25	1.25 -1.15	1.15 -1.00	1.00
Aceptable	1 semana	1.25 -1.15	1.15 -1.05	1.00 -0.80	0.80
Pobre	1 mes	1.15 -1.05	1.05 -0.80	0.80 -0.60	0.60
Muy Pobre	no drena	1.05 -0.95	0.95 -0.75	0.75 -0.40	0.40

Fuente: Aashto.

Para las condiciones de la zona, donde las precipitaciones se presentan en febrero, se estima que el tiempo de exposición de la estructura a nivel de humedad próxima a la saturación es P=25% (Tiempo que el pavimento está expuesto a la humedad).

En base a lo anterior y teniendo en cuenta que la vía tendrá un buen sistema de drenaje por corresponder a una construcción nueva, el coeficiente de drenaje para este caso  $m_2 = m_3 = 1.0$

Confiabilidad del diseño (Desviación Estándar Normal “Zr”)

Este parámetro, toma en cuenta las variaciones no esperadas que puede tener el tráfico y el comportamiento del pavimento, para lo cual la AASHTO ha desarrollado niveles de confiabilidad para diferentes tipos de carreteras, para garantizar que la sección del pavimento proyectado se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y medio ambiente durante el periodo de diseño.

El nivel de confianza tiene como función garantizar que las alternativas adoptadas perduren durante el periodo de diseño.

En el cuadro siguiente se muestra las características técnicas que se adoptaron, según el manual de Diseño Geométrico DG-2018.

Tabla 13: Características de vías.

Descripción	Características de la vía
Clasificación por demanda	Carretera de 3da. Clase (IMDA menos de 400 Veh. /día)
Clasificación por orográficas	Tipo 1 (Pendientes transversales menores 10% y pendientes longitudinales menores 3%)

Fuente: MTC.

En el cuadro siguiente se muestra el nivel de confiabilidad de acuerdo con el rango de tráfico.

Tabla 14: Niveles de confianza sugeridos para diferentes carreteras.

Tipos de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Niveles de Confiabilidad (R)		
				1era. Etapa	2da. Etapa	Total
Caminos de bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	81%	81%	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	84%	84%	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	87%	87%	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	89%	89%	80%

Fuente: AASHTO.

En el cuadro siguiente se muestran los valores de la Desviación Standard Normal, muestra los valores de Desviación Standard Normal que se adopta en base al Nivel de Confianza. Según la Guía de Diseño AASHTO, resulta un ZR de **-0.524**.

Tabla 15: Valores de desviación estándar normal.

Tipos de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Desviación Estándar Normal (Zr)
Caminos de bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842

Fuente: Aashto.

#### Desviación estándar combinada (So)

La desviación estándar es la desviación de la población de valores obtenidos por AASHTO que involucra la variabilidad inherente a los materiales y a su proceso constructivo. Según la guía de Diseño de Estructuras de pavimentos AASHTO (1993) la  $S_o=0.45$ .

#### Tránsito (ESALs)

Es el tránsito asociado al carril de diseño, el periodo de diseño será de 20 años.

Una característica propia del método AASHTO 93 es la simplificación del efecto del tránsito introduciendo el concepto de ejes equivalentes. Es decir, transforma las cargas de ejes de todo tipo de vehículos en ejes simples equivalentes de 8.2 Ton de peso, comúnmente llamadas ESALs (equivalent single axle load).

Se realizó el conteo de vehículos que utilizaban la vía a construir, se encuentra paralelo a la carretera Panamericana Sur, observando flujo de camiones, camionetas y autos.

Tabla 16: Determinación de los Ejes Equivalentes para un periodo de diseño de 20 años (pavimento rígido).

Tipo de vehículo	N° Veh/día (1 sentidos)	N° Veh/año (365)	F.C.	ESAL en el carril de diseño	Factor de Crecimiento	ESAL diseño a 20 años
C2	2	730	3.529	2576.17	34.13	87924.68
T2S3	1	365	4.6	1679	34.13	57304.27
Otros	20	7300	0.0001	0.73	34.13	24.91
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>8395</b>		<b>4255.9</b>		<b>0.145 E + 06</b>

Fuente: MTC.

Empleamos la fórmula:

$$r = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

r= Tasa anual de crecimiento

n= Periodo de diseño

Tabla 17: Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 t.

Tipo tráfico expresado en EE	Tráfico expresado en EE
T <sub>P2</sub>	0.145 E+06

Fuente: Propia.

Resistencia a flexo tracción del concreto (Mr)

Es una variable obtenida por la tensión máxima que un espécimen puede soportar en una prueba de flexión, para obtener el concreto ideal para las condiciones de carga.

Para pavimentos rígidos el módulo de ruptura (Mr) es 40 Kg/cm<sup>2</sup>=569 psi.

## Coefficiente de Transmisión de Carga (J)

Es la capacidad que tiene una losa del pavimento para transmitir las fuerzas cortantes con sus losas adyacentes.

Permite considerar el apoyo lateral provisto en las esquinas de la losa, dispositivo de transferencia, interacción de agregado y la presencia de bermas de hormigón vinculadas. El cuadro siguiente muestra los elementos de transmisión de carga.

Tabla 18: Elementos de transmisión de carga.

Tipo de berma	J			
	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
Valores J	SI (con pasadores)	SI (sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Fuente: Elaboración Propia.

Coefficiente de transmisión de carga,  $J=2.8$ .

## Módulo de Elástico del Concreto (E)

Es la rigidez del concreto ante una carga impuesta sobre el mismo. El módulo de elasticidad del concreto es un parámetro particularmente importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado:

$$Ec = 57000f^{\wedge}c^{1/2} = 57000 * 3982.54^{\frac{1}{2}} = 3.6 \times 10^6 \text{psi}$$

## Módulo de reacción de la subrasante (K)

Es la propiedad elástica de los suelos que muestran ciertas características no lineales. En los pavimentos rígidos es necesario transformar este valor al módulo de reacción de la subrasante “K”, su unidad de medida Kg/cm<sup>3</sup>.

Según el Manual de carreteras sección suelos y pavimentos; el módulo de reacción de la subrasante cuando el CBR=13.20% es K= 5.122 Kg/cm<sup>3</sup> y el módulo de reacción de la subbase cuando el CBR=40% es K=12 Kg/cm<sup>3</sup>.

Utilizando los ábacos del método PCA (Portland Cement Association), el espesor de la subbase es 15 cm.

$$K_c = \left[ 1 + \left(\frac{h}{38}\right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_0}\right)^{2/3} \right]^{0.5} \times K_0$$

K<sub>1</sub>(Kg/cm<sup>3</sup>) = Coeficiente de reacción de la subbase granular

K<sub>c</sub>(Kg/cm<sup>3</sup>) = Coeficiente de reacción combinado

K<sub>0</sub>(Kg/cm<sup>3</sup>) = Coeficiente de reacción de la subrasante

H (cm) = Espesor de la subbase granular

Calculando el módulo de reacción combinado:

$$K_c = \left[ 1 + \left(\frac{15}{38}\right)^2 \times \left(\frac{12}{5.122}\right)^{2/3} \right]^{0.5} \times 5.122 = 5.78 \text{ Kg/cm}^3$$

Los resultados de las variables para pavimento rígido, se pueden apreciar en el cuadro siguiente:

Tabla 19: Resultado de las variables de diseño.

Periodo de diseño	Años	20
Número de ejes equivalentes	$W_{8.2}$	0.145 E+06
Diferencia entre los índices de servicio inicial y final	$\Delta PSI$	2.10
Índice de serviciabilidad inicial	$P_i$	4.10
Índice de serviciabilidad o servicio final	$P_t$	2.00
Factor de confiabilidad	R	75%
Desviación normal estándar	$Z_r$	-0.674
Error estándar	$S_o$	0.35
Resistencia media del concreto (Mpa)	$M_r$	3.923
Coefficiente de transmisión de carga	J	2.8
Módulo de Elasticidad del Concreto (Mpa)	$E_c$	24821.126
Módulo de Reacción de la Subrasante (Mpa/m)	K	57.8
Coefficiente de drenaje	$C_d$	1
Espesor de pavimento de concreto (mm)	D	150

Fuente: Propia.

El espesor de la losa de concreto es de 15 cm.

Pavimento rígido - subbase y losa de concreto hidráulico

EL material del lugar no satisface los requerimientos de soporte (CBR) mínimos para ser considerado como una subbase.

De acuerdo con los análisis se requiere un afirmado con un CBR al 100% de su M.D.S.  $\geq 40\%$  (MTC E 132), el mismo que será colocado en una (01) capa de 15 cm de espesor.



Las losas de concreto serán de 15 cm de espesor, las cuales tendrán juntas longitudinales y transversales (barras de traspaso de carga) de diámetro 3/4 pulg. y longitud de 36 cm., colocadas transversalmente y Resistencia mínima  $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ .

Tabla 20: Características del pavimento rígido.

PAVIMENTO RÍGIDO	Vías	Losa de concreto	Subbase
		Espesor (cm)	Espesor (cm)
	Todas	15	15
Características	Resistencia $M_r = 40 \text{ Kg/cm}^2$ $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	Base granular CBR 40%, compactada al 100% de la máxima densidad Seca y una penetración de carga de 0.1''.	

Fuente: Propia.

Longitud de la losa:

$$1.25 \cdot A < \text{Longitud de la losa} < 4.50 \text{ m}$$

A= ancho de la losa.

Juntas longitudinales y juntas transversales

Tabla 21: Características de las juntas longitudinales y transversales.

DIÁMETROS Y LONGITUDINALES EN PASADORES				
ESPESOR DE LA LOSA (MM)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELLS (MM)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (MM)
	MM	Pulg.		
150	191	3/4''	410	300

DIÁMETROS Y LONGITUDES PARA BARRAS DE AMARRE			
ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM). DIAM. X LONG	DISTANCIA DE LA JUNTA EN BARRAS DE AMARRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 X 66	@ 76 CM	@76 CM

Fuente: Propia.

### **III. Aportes destacados a la empresa**

Durante mis actividades realizadas en la empresa, se realizaron el estudio geotécnico el cual fui parte de la elaboración.

- Tuve participación con la recopilación de la información de campo.
- Con la información de campo, elaboré la estructura del informe.
- Hice un seguimiento del armado del estudio, a los demás especialistas y laboratoristas.

#### IV. Conclusiones

- 4.1 En el presente trabajo se ha realizado el estudio geotécnico con fines de diseño de pavimento rígido. De acuerdo con los perfiles estratigráficos de las calicatas se observan características adecuadas para el terreno natural donde se va a pavimentar, según el manual de carreteras se encontró valores de Subrasante S3 (Subrasante buena) y clasificación SUCS tipo GP (grava mal graduada) y GP-GM (grava pobremente graduada con Limo y arena). El diseño del pavimento rígido fue realizado mediante el Método Aashto 93.
- 4.2 La estratigrafía del área en estudio está constituida geológicamente por depósitos aluviales, también se observa presencia de canto rodado a una profundidad acuerdo a la ubicación de la calicata. De acuerdo con la exploración y los estudios realizados al terreno de fundación se encontró grava pobremente graduada con limo y arena de clasificación SUCS GP-GM y grava mal graduada SUCS GP, de donde se determinó una capacidad de soporte CBR's de 13.20%.
- 4.3 El diseño del pavimento realizado contempla un espesor de la subrasante de 0.20 cm (CBR al 100% de MDS  $\geq$  15% Proctor modificado), una subbase granular de 0.15 cm. de espesor (CBR al 100% de MDS  $\geq$  40% Proctor modificado). y una losa de concreto de 15cm empleando un concreto de  $f'c$  de 280kg/cm<sup>2</sup>.

## V. Recomendaciones

- 5.1 De acuerdo al estudio geotécnico realizado, se recomienda que para la construcción del pavimento necesariamente en algunos tramos se tiene que eliminar la tierra con impurezas, materia orgánica y desmonte (ladrillo, concreto, basura plástica, etc.) hasta llegar al terreno de fundación.
- 5.2 Se recomienda que se nivele el terreno de fundación hasta el nivel de la subrasante con material de préstamo con  $CBR's \geq 13.20\%$ . (compactado al 100% de su máxima densidad seca). Según el reglamento y manual, de Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, se recomienda para esta clase de proyectos emplear una profundidad mínima de 1.50 m. de prospección a partir del nivel la subrasante del proyecto.
- 5.3 Para complementar las losas de concreto de 15 cm de espesor del pavimento, se recomienda emplear juntas longitudinales y transversales (barras de traspaso de carga) de diámetro 3/4 pulg. y longitud de 36 cm., colocadas transversalmente y resistencia mínima  $f_c=280 \text{ Kg/cm}^2$ .

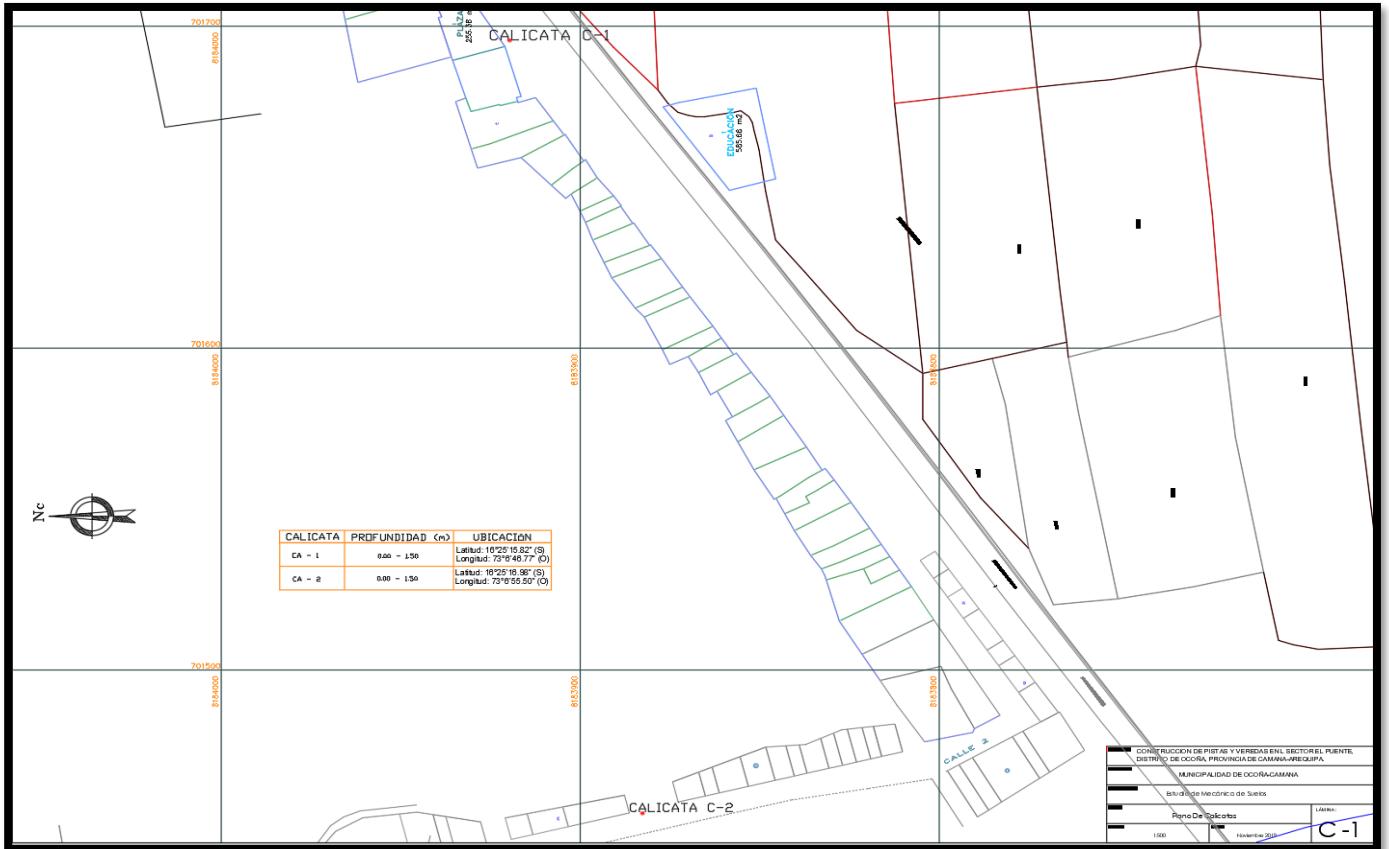
## VI. Referencias

- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: Episteme – Sexta Edición.
- Niño, J. (2015). *Estudio de suelos y análisis geotécnico del sector ubicado en el k4+180 de la Vía Puente Reyes-Gameza* (Tesis de Pregrado), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, Colombia.
- Ochoa, M. (2014). *Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave, Tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500)* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Ramos, J. (2019). *Mecánica de suelos aplicada al diseño de estructura de pavimento para el mejoramiento de la transitabilidad en vías urbanas* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
- Vargas, M. (2015). *Estudio geotécnico – vial para el diseño estructural de la vía que conduce desde San Luis de la Carbonería hacia la acequia de Peribuela y hacia los tanques de agua de abastecimiento del sector, ubicada en la parroquia Imantag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura* (Tesis de Pregrado), Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

**VII. Anexos:**

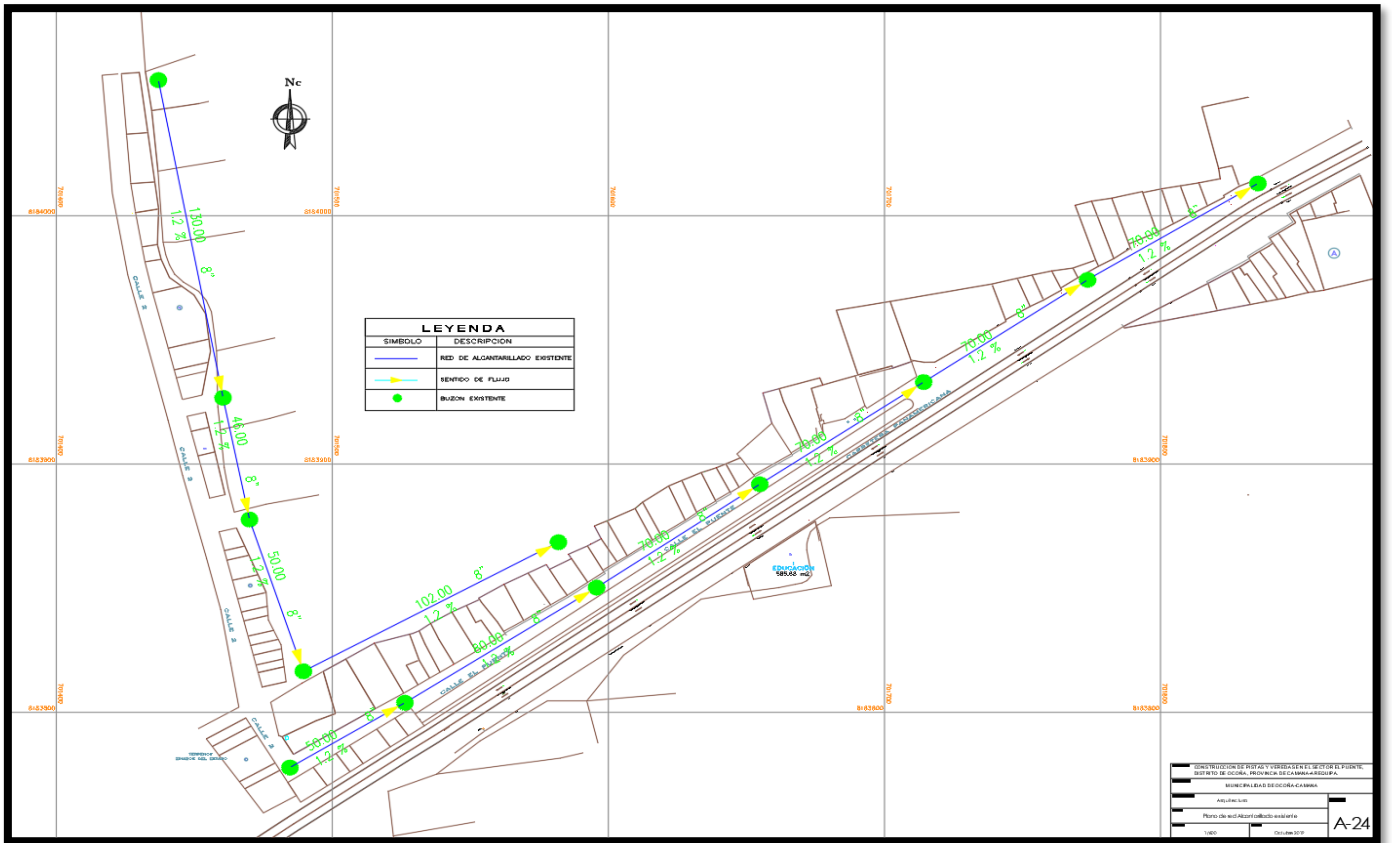
**A. Planos.**

**Anexo A: Plano de calicatas.**



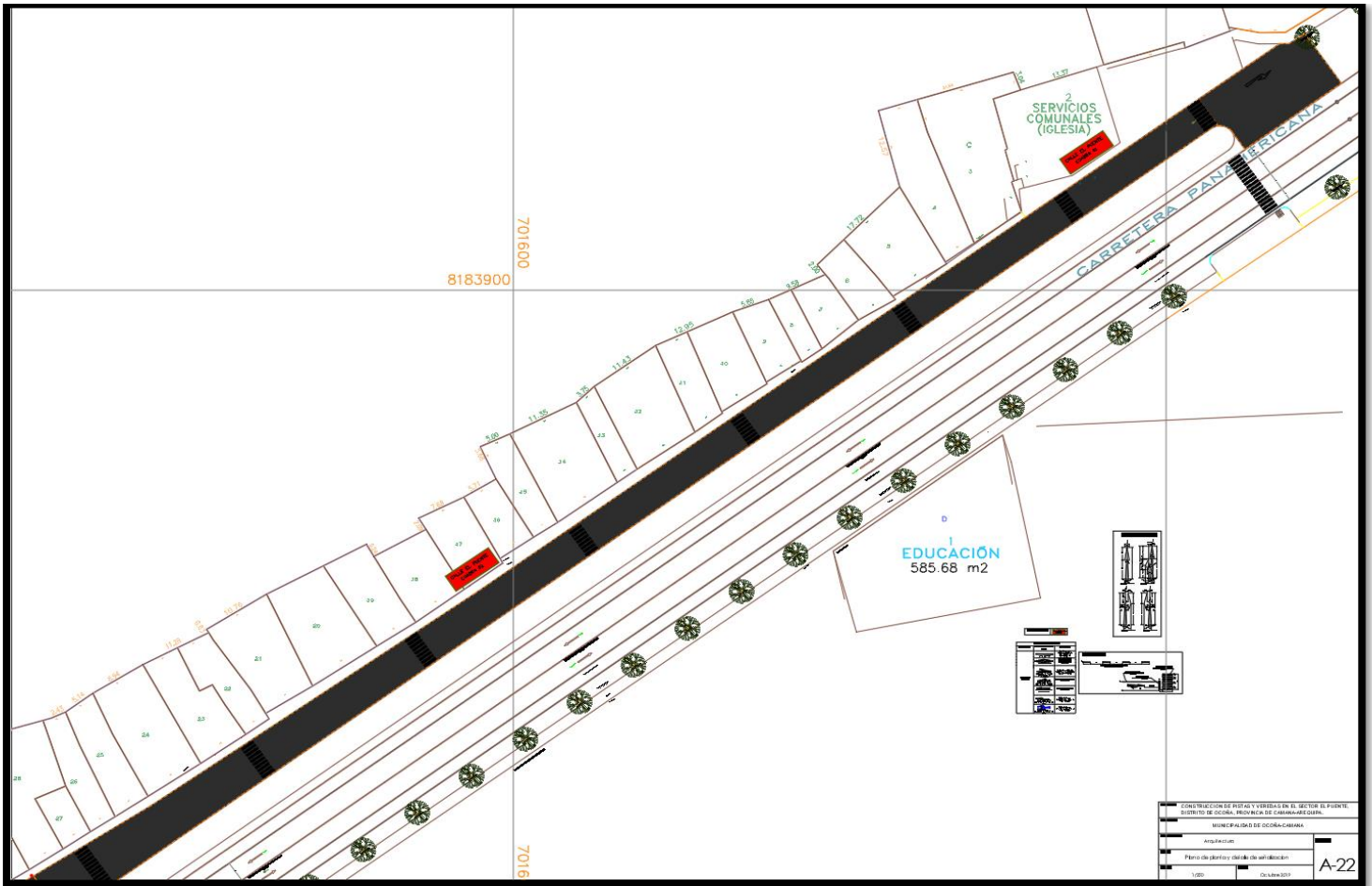
Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo B: Plano de red de alcantarillado existente.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

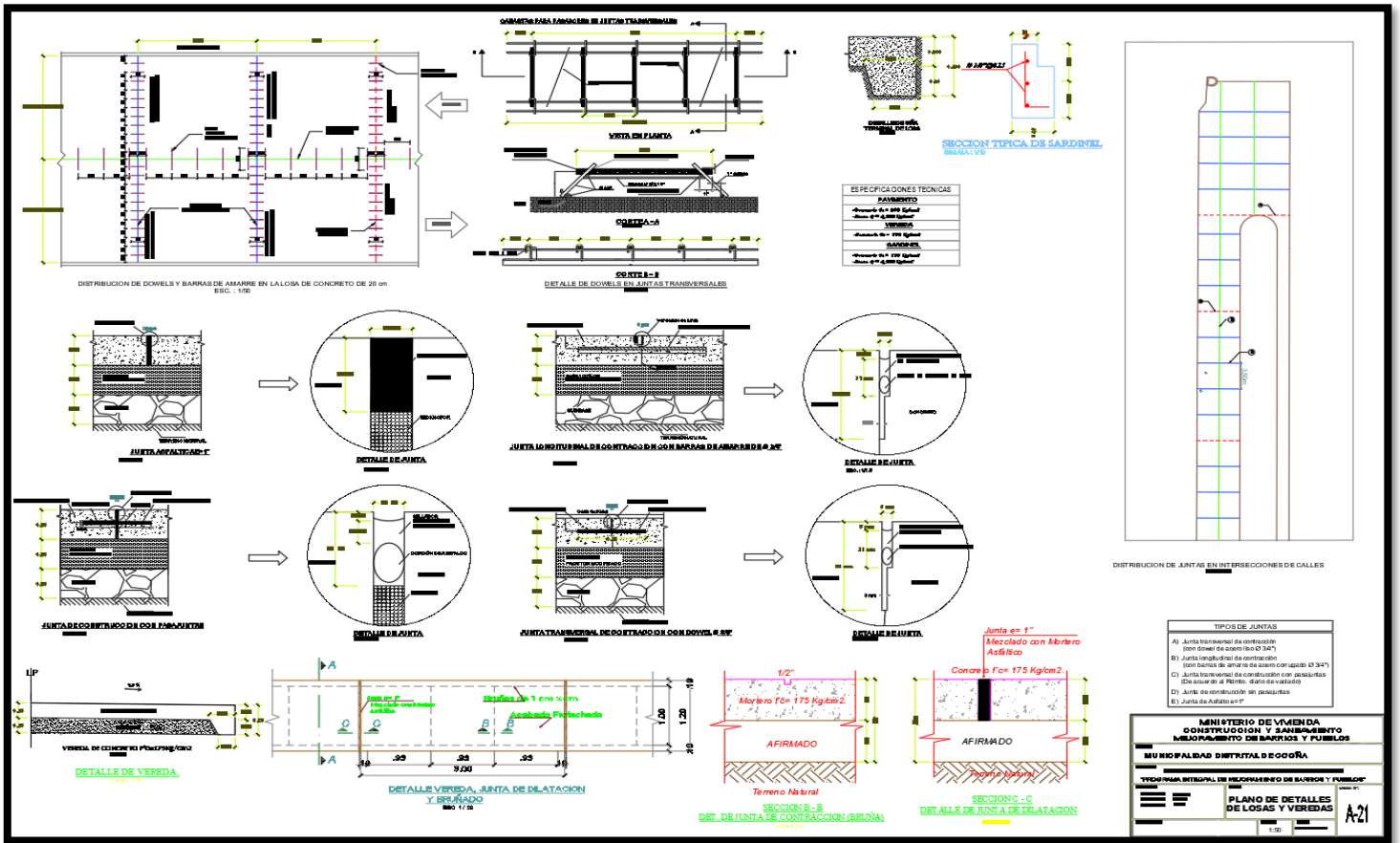
Anexo C: Plano de planta y detalle de señalización.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.



Anexo D: Plano de detalle de losas y veredas.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo E: Plano N°1 general de áreas verdes y arbolización.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo F: Plano N°2 general de áreas verdes y arbolización.



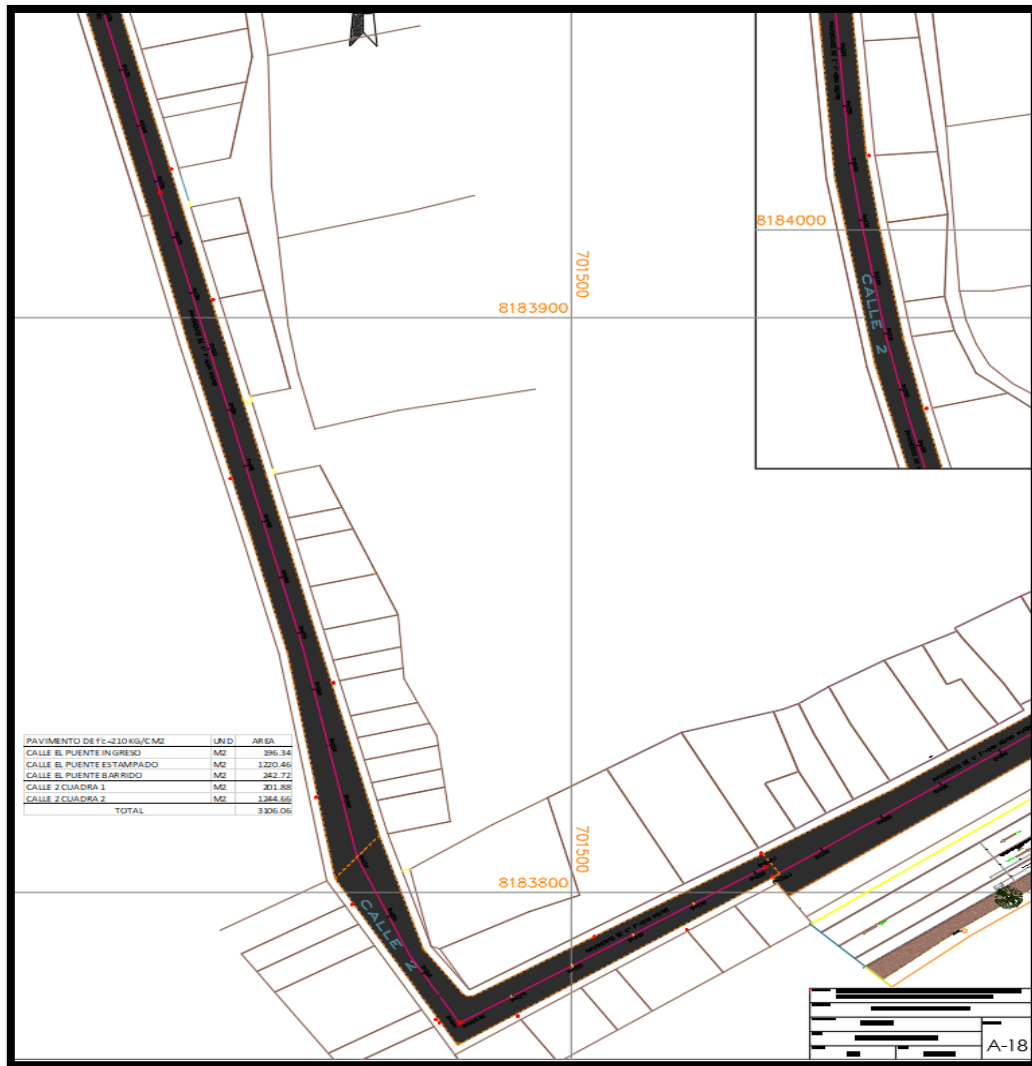
Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo G: Plano general N°1 de pavimentos.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo H: Plano general N°2 de pavimentos.



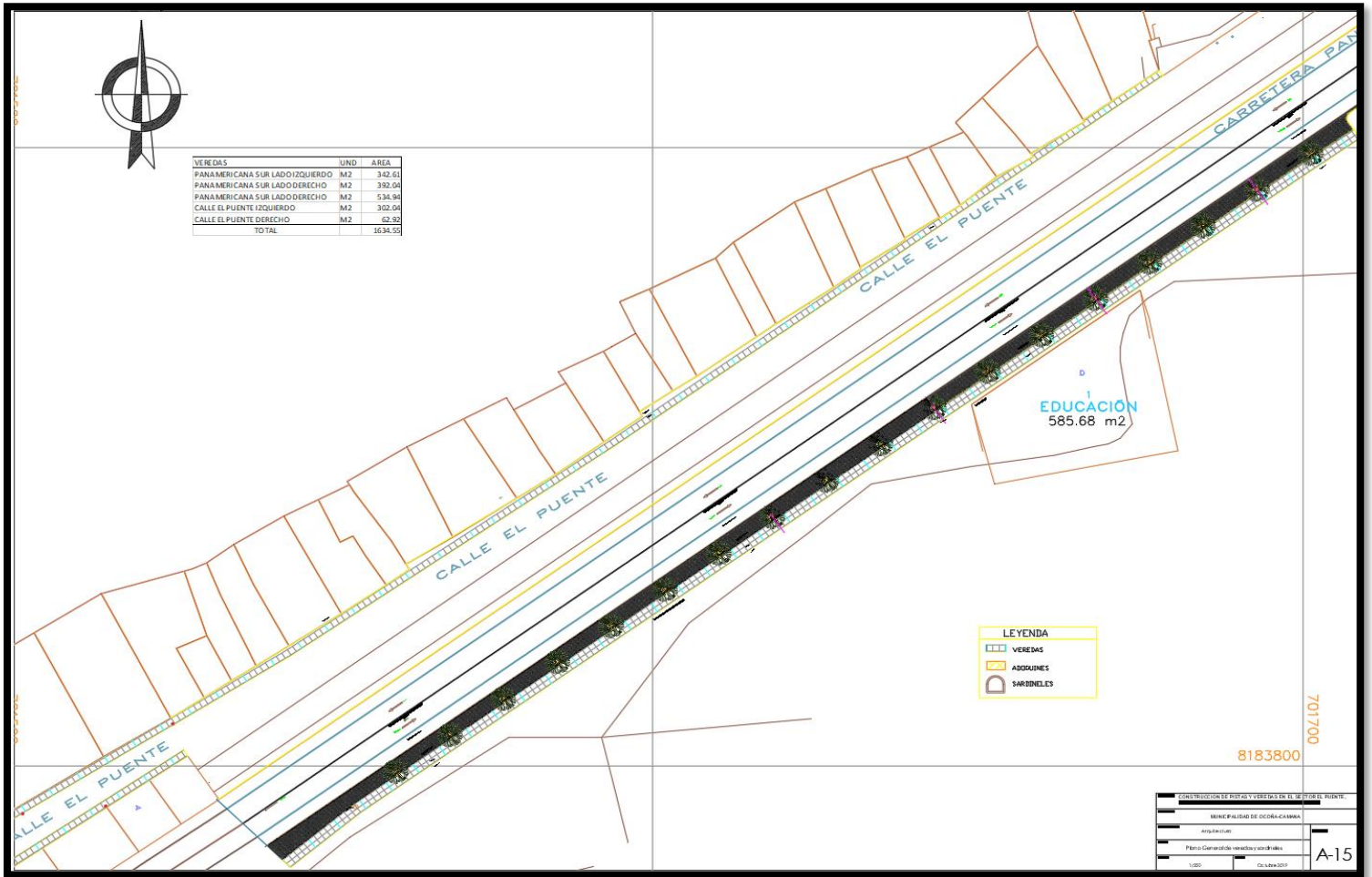
Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo I: Plano general N°1 de veredas y sardineles.



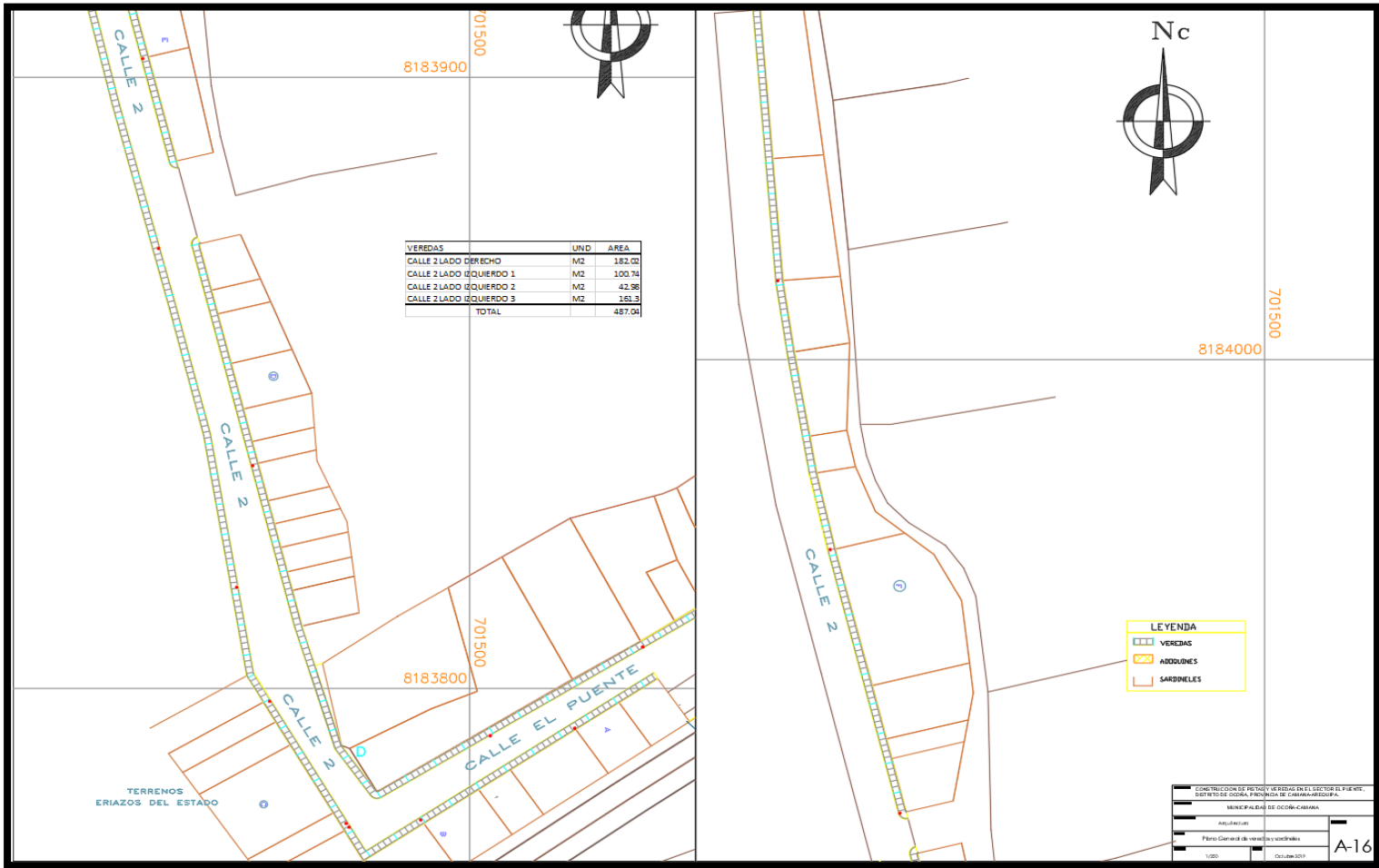
Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo J: Plano general N°2 de veredas y sardineles.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

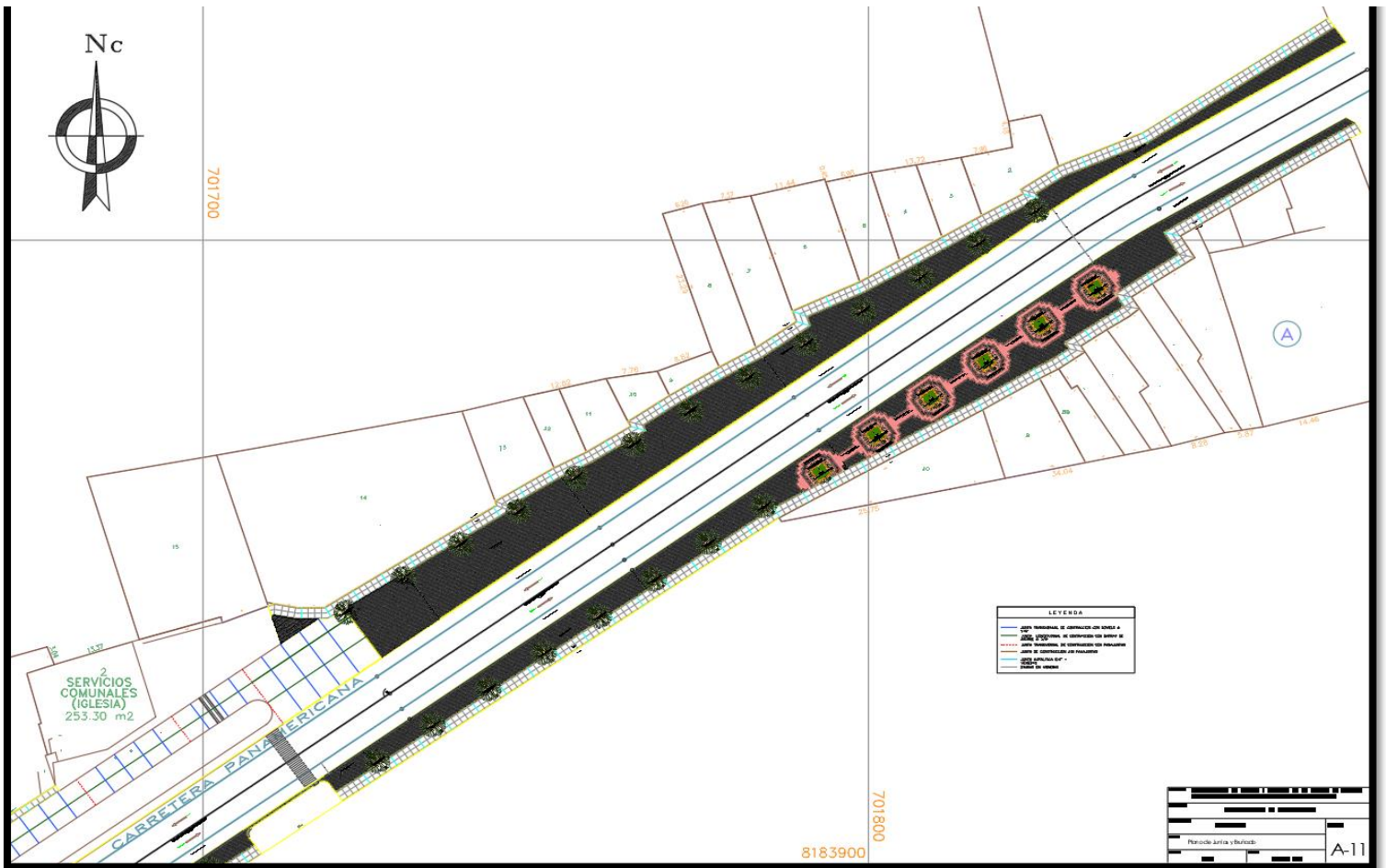
Anexo K: Plano general N°3 de veredas y sardineles.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

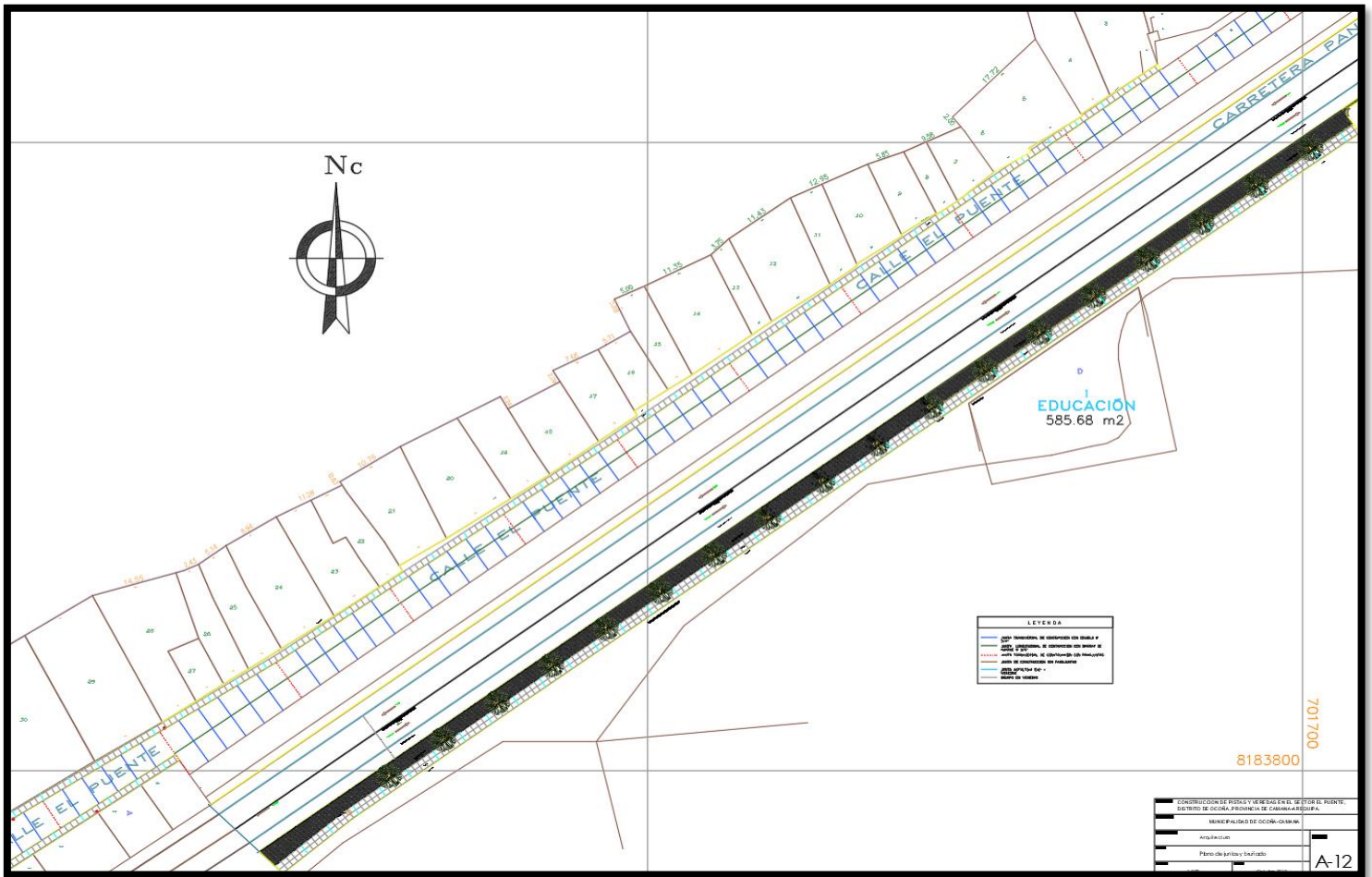


Anexo L: Plano N°1 de juntas y bruñado.



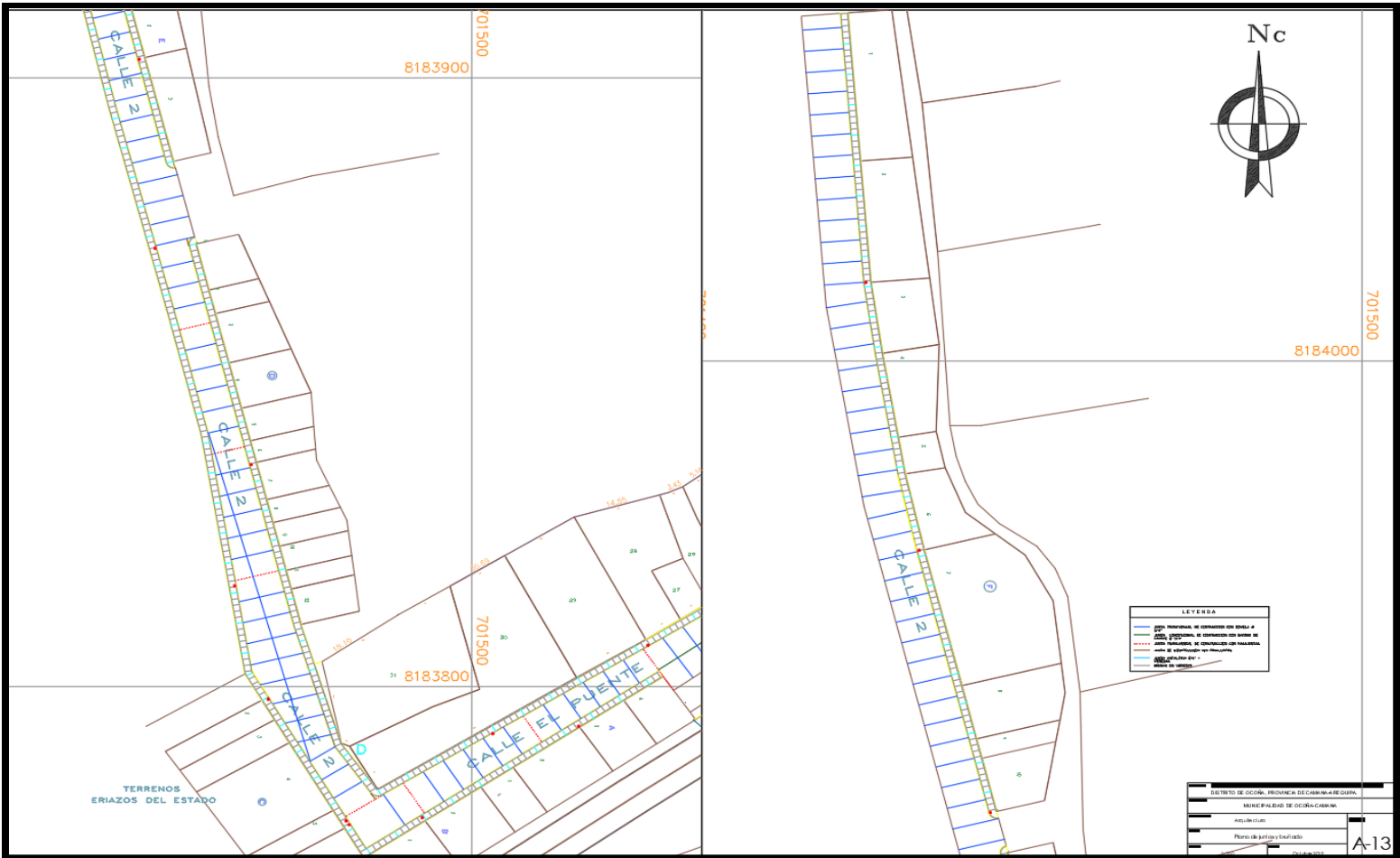
Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo M: Plano N°2 de juntas y bruñado.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

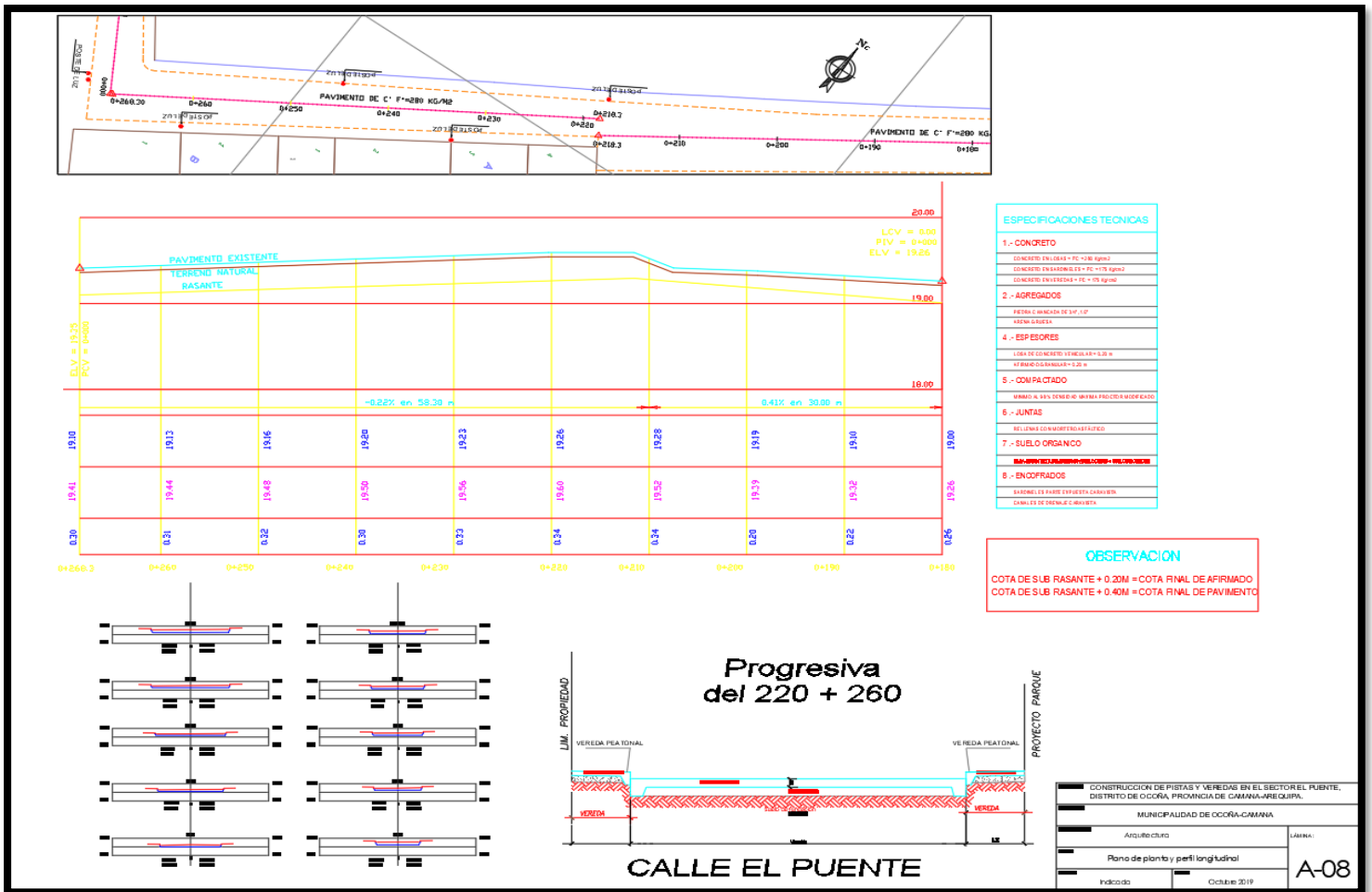
Anexo N: Plano N°3 de juntas y bruñado.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

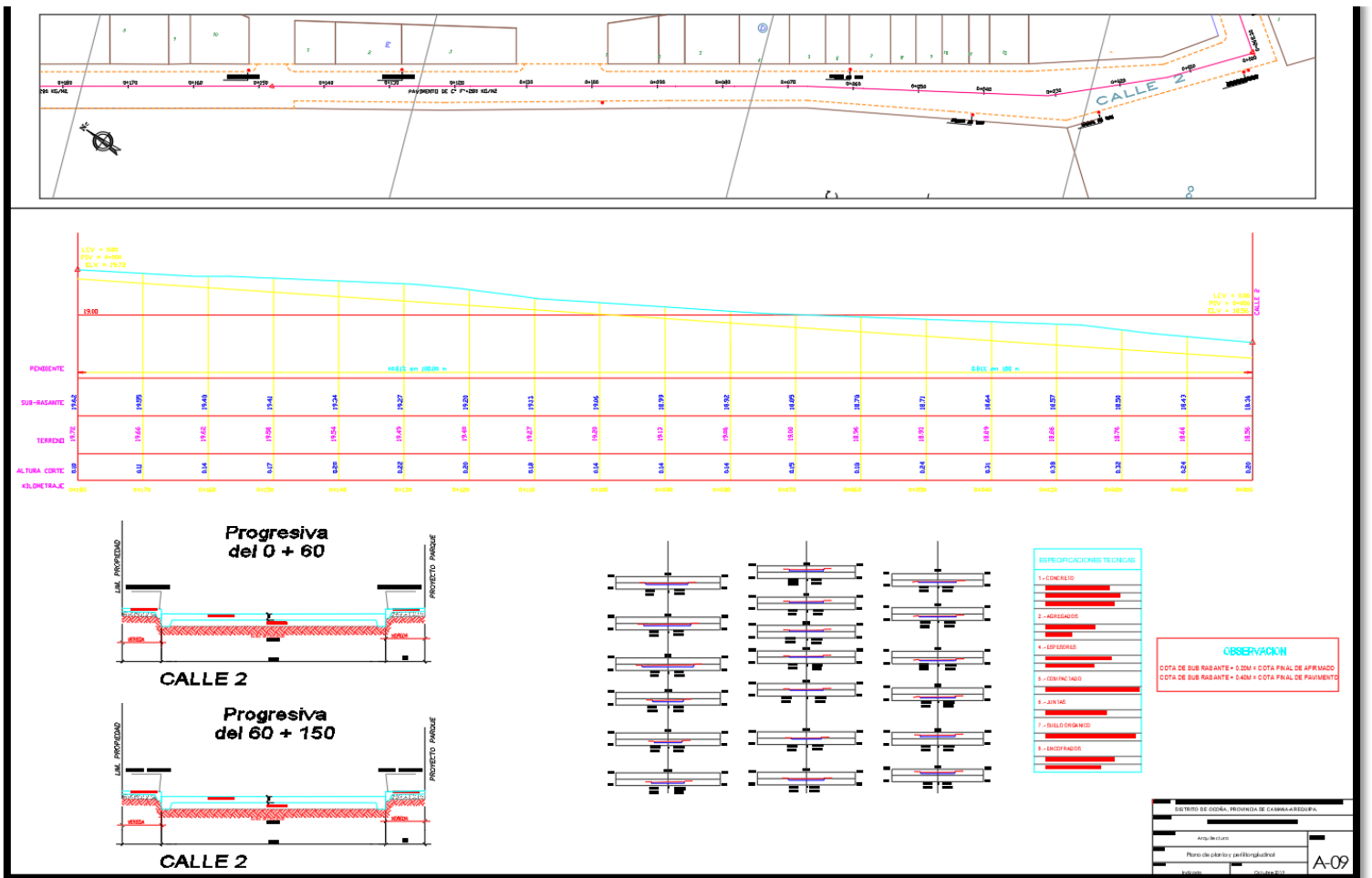


Anexo P: Plano N°2 de planta y perfil longitudinal.



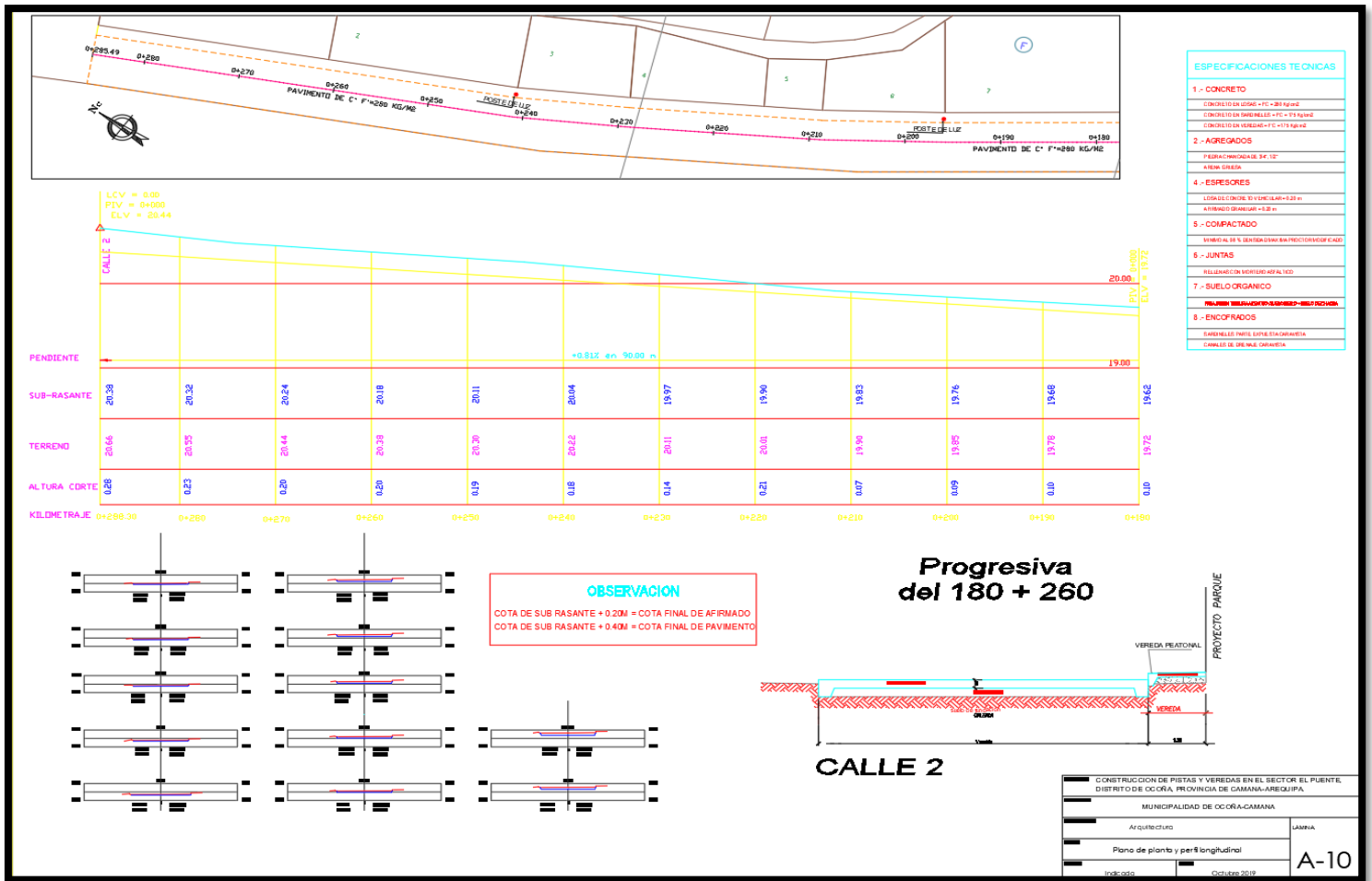
Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo Q: Plano N°3 de planta y perfil longitudinal.



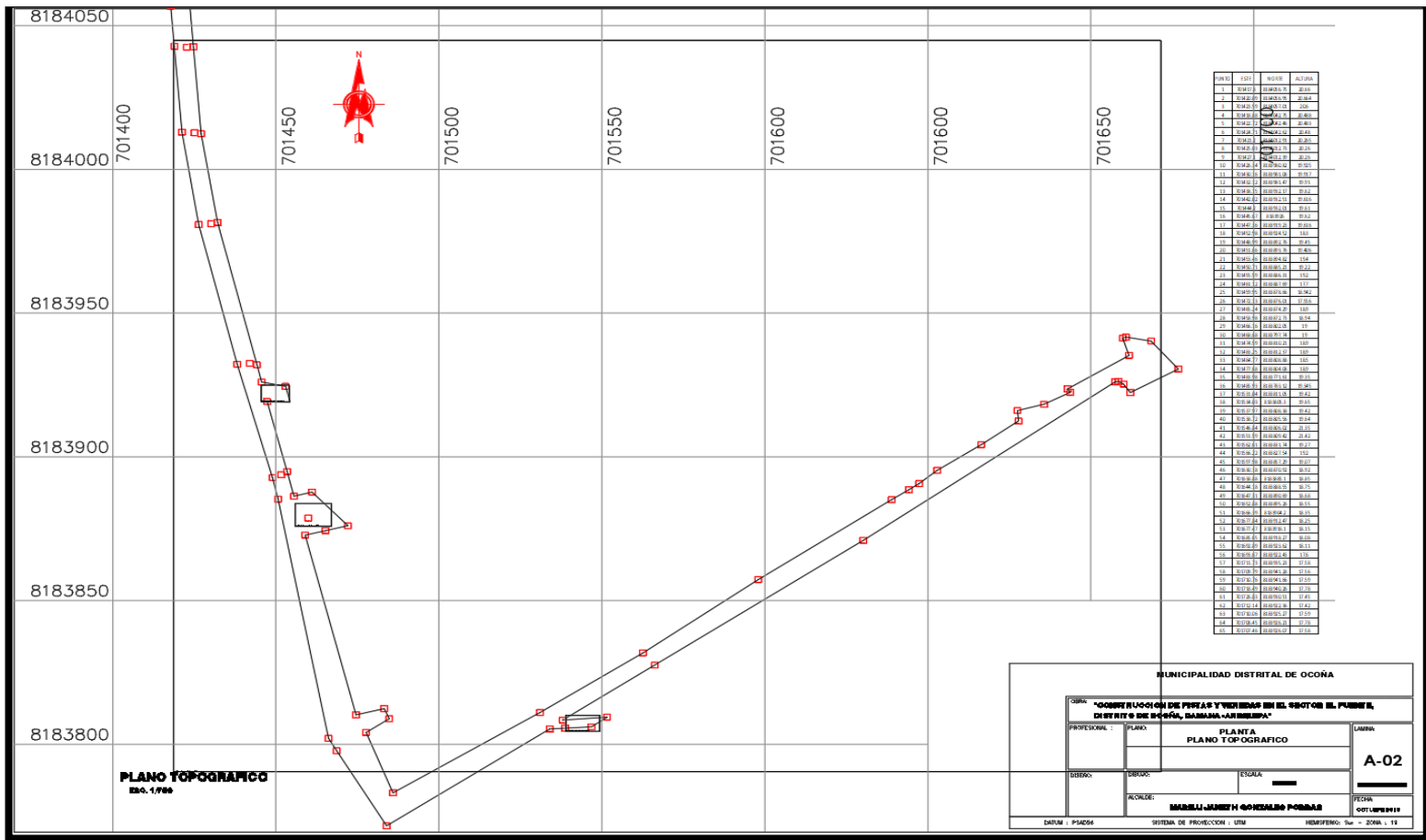
Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo R: Plano N°4 de planta y perfil longitudinal.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.

Anexo S: Plano topográfico.



Fuente: Municipalidad de Ocoña-Camaná.