

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Diseño estructural de pavimento rígido de la avenida principal Julián Arce,
distrito Laredo, La Libertad**

Línea de investigación:

Ingeniería De Transportes

Sub línea de investigación:

Transportes

AUTORES:

Bailon Magan, Thatiana Jackeline.

Velásquez Baca, Robinson Yuri.

JURADO EVALUADOR:

Presidente : Hurtado Zamora, Oswaldo
Secretario : Henriquez Ulloa, Juan Paul Edward
Vocal : Vargas López, Segundo Alfredo

ASESOR:

Burgos Sarmiento, Tito Alfredo.

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de sustentación:

2023/ 10/ 18

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño estructural de pavimento rígido de la avenida principal Julián Arce, distrito Laredo, La Libertad

Línea de investigación:

Ingeniería De Transportes

Sub línea de investigación:

Transportes

AUTORES:

Bailon Magan, Thatiana Jackeline.

Velásquez Baca, Robinson Yuri.

JURADO EVALUADOR:

Presidente : Hurtado Zamora, Oswaldo
Secretario : Henriquez Ulloa, Juan Paul Edward
Vocal : Vargas López, Segundo Alfredo

ASESOR:

Burgos Sarmiento, Tito Alfredo.

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de sustentación: _____
2023/ 10/ 18

Diseño estructural de pavimento rígido de la avenida principal Julián Arce, distrito Laredo, La Libertad

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	12 %	1 %	9 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3 %
2	www.mtc.gob.pe Fuente de Internet	2 %
3	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
6	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	1 %
7	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	1 %
8	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1 %

9

Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

1%

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%



Declaración de originalidad

Yo, Tito Alfredo Burgos Sarmiento, docente del programa de estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada.

“Diseño estructural de pavimento rígido de la avenida principal Julián Arce, distrito de Laredo - La Libertad”, autores Bailon Magan Thatiana Jackeline y Velásquez Baca Robinson Yuri, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 11%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (11, octubre del 2023)
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Lugar y fecha: Trujillo 12/10/2023



BAILON MAGAN THATIANA JACKELINE

DNI:74071957



VELASQUEZ BACA ROBINSON
YURI

DNI:46191584



BURGOS SARMIENTO TITO ALFREDO

DNI:42141206

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

PRESIDENTE

Ing. Hurtado Zamora Oswaldo.

CIP 63712

SECRETARIO

Ing. Henriquez Ulloa Juan Paul E.

CIP 118101

VOCAL

Ing. Vargas Lopez Segundo Alfredo.

CIP 18687

ASESOR

Ing. Burgos Sarmiento Tito Alfredo.

CIP 82596

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres Armando y Silvana, por darme la oportunidad de ser profesional y por todo su amor y motivación para no decaer durante el camino, también a mis hermanos, por todo su apoyo incondicional y pueda ser de ejemplo que todo se puede lograr. Finalmente, se la dedico a mi abuela Corina, que desde el cielo es esa luz que me da fuerzas para continuar.

Bailon Magan Thatiana Jackeline.

Agradezco a Dios por todas las bendiciones y oportunidades que ha colocado en mi camino. También quiero expresar mi gratitud a mis padres, César e Isabel, por brindarme la oportunidad de estudiar y convertirme en un profesional, así como por haberme ayudado a forjar la persona que soy hoy en día. Siempre han estado ahí para apoyarme y aconsejarme, impulsándome a ser una mejor persona. Agradezco también a mi hermano, Yolving, y a mi enamorada, Patty, por su constante motivación en mi crecimiento personal.

Velásquez Baca Robinson Yuri.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios y a nuestros padres por habernos forjado en nuestra vida y ser las personas que somos en la actualidad; muchos de nuestros logros se los debemos a ellos. Nos han formado con reglas y motivación constante para alcanzar nuestros sueños.

A la Universidad Privada Antenor Orrego que nos brindó la guía hacia el camino de la superación en nuestra formación profesional.

Y un agradecimiento especial al Ingeniero Tito Burgos Sarmiento, por su amabilidad al brindarnos su apoyo y tener la confianza en nosotros para la realización del presente proyecto.

Los Autores

RESUMEN

En este trabajo de investigación se planteó la realización del DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA PRINCIPAL JULIAN ARCE, DISTRITO DE LAREDO, LA LIBERTAD; para poder lograr una mejor accesibilidad y transitabilidad de la población de Laredo y como consecuencia dotarles de mejores beneficios sociales.

La situación actual del tramo con pavimento flexible de la Av Julian Arce, se encuentra totalmente en mal estado, esto es debido al poco o casi nada mantenimiento que se le da a la avenida; y al ser justamente la Av principal del distrito de Laredo está debería de tener un mejor composición y tipo de estructura; debido a esto es sumamente importante y necesario contribuir con el diseño propuesto en la presente investigación para esta avenida.

En este proyecto, se desarrolló el diseño del pavimento rígido, teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en el Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. Estas recomendaciones fueron utilizadas para determinar los espesores de cada una de las capas que componen el pavimento rígido.

Se han realizado diversos estudios de ingeniería, como el análisis de mecánica de suelos, el cual reveló que el suelo consiste en una arena mal graduada sin plasticidad. Además, se identificó que la subrasante tiene un índice CBR de 8.00%. Asimismo, se llevó a cabo un estudio de tráfico que arrojó un número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas con un valor de 2,810,000 EE (Equivalentes de Ejes).

El diseño estructural del pavimento rígido arrojó los siguientes resultados: se recomienda utilizar una losa de concreto con un espesor de 8 pulgadas o 20.32 centímetros, junto con una subbase de 15 centímetros.

Planteamos como objetivo la elaboración del diseño estructural del pavimento rígido para la accesibilidad y transitabilidad de la av. Julián Arce del distrito de Laredo, logrando una mejor calidad de vida y tranquilidad para los pobladores del distrito.

Palabras clave: Diseño estructural, diseño de bermas laterales, pavimento rígido, transitabilidad.

ABSTRACT

In this research work, the realization of the STRUCTURAL DESIGN OF RIGID PAVEMENT OF THE MAIN AVENUE JULIAN ARCE, DISTRICT OF LAREDO, LA LIBERTAD; in order to achieve better accessibility and walkability for the population of Laredo and as a consequence provide them with better social benefits.

The current situation of the section with flexible pavement of Av Julian Arce, is totally in poor condition, this is due to the little or almost no maintenance that is given to the avenue; and being precisely the main avenue of the Laredo district, it should have a better composition and type of structure; Due to this, it is extremely important and necessary to contribute to the design proposed in the present investigation for this avenue.

In this project, the design of the rigid pavement was developed, taking into account the recommendations established in the Highway Manual: Soils Geology, Geotechnics and Pavements. These recommendations were used to determine the thicknesses of each of the layers that make up the rigid pavement.

Various engineering studies have been carried out, such as soil mechanics analysis, which revealed that the soil consists of poorly graded sand with no plasticity. In addition, it was identified that the subgrade has a CBR index of 8.00%. Likewise, a traffic study was carried out that showed a number of repetitions of equivalent axles of 8.2 tons with a value of 2,810,000 EE (Axle Equivalents).

The structural design of the rigid pavement yielded the following results: it is recommended to use a concrete slab with a thickness of 8 inches or 20.32 centimeters, together with a subbase of 15 centimeters.

We propose as objective the elaboration of the structural design of the rigid pavement for the accessibility and passability of the av. Julián Arce from the district of Laredo, achieving a better quality of life and tranquility for the inhabitants of the district.

Keywords: Structural design, design of side shoulders, rigid pavement, trafficability.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conformidad a los requisitos establecidos en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el reglamento interno de la Facultad de ingeniería para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, ponemos a su disposición la presente tesis titulada:

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA PRINCIPAL JULIAN ARCE, DISTRITO LAREDO, LA LIBERTAD

El contenido del presente trabajo ha sido desarrollado tomándose en cuenta los conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional, apoyándonos en la información de otras investigaciones, y además contando con el asesoramiento del Ing. Tito Burgos Sarmiento.

Atentamente,

Br. Bailón Magan, Thatiana Jackeline

Br. Velásquez Baca, Robinson Yuri

Trujillo, octubre del 2023

INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
PRESENTACIÓN.....	v
INDICE.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Problema De Investigación.....	1
1.1.1 Formulación del problema.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación del estudio.....	4
II. MARCO DE REFERENCIA.....	6
2.1 Antecedentes Del Estudio.....	6
2.2 Marco Teórico.....	10
2.2.1 Pavimento Rígido.....	10
2.2.2 Estudio De Suelo:.....	11
2.2.2.1 Suelos:.....	11
2.2.2.2 Granulometría.....	14
2.2.2.3 La plasticidad de un suelo.....	15
2.2.2.4 Equivalente de arena.....	16
2.2.2.5 Humedad natural.....	16
2.2.2.6 Clasificación de los suelos:.....	16

2.2.2.7 Ensayos CBR.....	17
2.2.3 Tránsito.	19
2.2.4 Método De Diseño De Pavimento Mediante AASHTO 93:.....	23
2.2.5 Periodo De Diseño.	23
2.2.6 Variables.	23
2.2.7 Serviciabilidad	26
2.2.8 Confiabilidad O Nivel De Confianza.....	28
2.2.9 La Confiabilidad “R” Y La Desviación Estándar (So)	28
2.2.10 Desviación Estándar Y Factor De Desviación Normal.	29
2.2.11 Resistencia a Flexotracción del concreto (Mr)	29
2.2.12 Módulo de Elasticidad del Concreto (Ec).....	30
2.2.13 Coeficiente de Transmisión de carga en las Juntas (J)	30
2.2.14 Espesor De Losa	31
2.3 Marco Conceptual.	31
2.3.1 Pavimento Rígido:	31
2.3.2 Base.....	31
2.3.3 Subrasante	32
2.3.4 Índice De Serviciabilidad.....	32
2.3.5 Coeficiente de Drenaje (Cd)	32
2.3.6 Diseño De Juntas.	32
2.3.7 Espaciamiento Entre Juntas.	33
2.3.8 Dowells o varillas de transferencia de carga:	33
2.3.9 Diseño de Bermas:	33
2.4 Sistema De Hipótesis	34
2.4.1 Variables e Indicadores.....	34
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	36
3.1 Tipo y nivel de investigación	36

3.1.1 Nivel de investigación	36
3.1.2 Diseño de investigación	36
3.2 Población y Muestra De Estudio	36
3.2.1 Población	36
3.2.2 Muestra	36
3.3 Diseño de investigación	36
3.4 Técnicas e Instrumentos De Investigación.....	36
3.4.1 Técnicas de recolección de datos	36
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos	37
3.5 Procesamiento y Análisis De Datos	37
IV. PRESENTACION DE RESULTADOS.....	38
4.1 Análisis e Interpretación de Resultados:	38
4.1.1 Estudio de caracterización del suelo.	38
4.1.1.1 Exploración de campo	38
4.1.1.2 Ensayos De Laboratorio:	40
4.1.2 Estudio de tráfico.	43
4.1.3 Diseño de pavimento Rígido, Según metodología AASHTO 93	50
4.1.3.1 Periodo de diseño.	50
4.1.3.2 Variables	50
4.1.3.3 Cálculo de Espesor de Losa (D)	55
4.1.3.4 Dimensionamiento de Losas (Juntas longitudinales y Transversales)	57
4.1.4 Diseño de Bermas Laterales.....	57
V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS	58
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	63
ANEXOS.....	66

A-1 PLANO DE UBICACIÓN.....	67
A-2 FOTOGRAFÍAS DE LA AVENIDA JULIAN ARCE EN EL ESTADO EN QUE SE ENCUENTRA.....	69
A-3 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.....	71
A-4 CONTEO VEHICULAR.....	115
A-5 ESTUDIO DE TRÁFICO.....	132
A-6 PLANOS.....	142

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	35
TABLA 2 UBICACIÓN DE CALICATAS.....	39
TABLA 3 CONTENIDO DE HUMEDAD.....	40
TABLA 4 ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA.....	41
TABLA 5 ENSAYO DE SUELO.....	42
TABLA 6 TRÁFICO VEHICULAR SEMANAL	44
TABLA 7 FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL	45
TABLA 8 TRAFICO PROYECTADO 2022-2024	46
TABLA 9 FACTOR DIRECCIONAL (FD) Y FACTOR CARRIL (Fc).....	47
TABLA 10 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES EN EL PERIODO DE DISEÑO	48

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 SIMBOLOGÍA PARA PERFIL DE CALICATAS - CLASIFICACIÓN AASHTO	12
FIGURA 2 CLASIFICACIÓN SUCS	13
FIGURA 3 PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS DE ACUERDO CON EL SUELO	14
FIGURA 4 CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD.....	15
FIGURA 5 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIVALENTE DE ARENA	16
FIGURA 6 CLASIFICACIÓN ASSHTO Y CLASIFICAIÓN ASTM (SUCS)	17
FIGURA 7 CLASIFICACIÓN DE CATEGORÍA DE SUB RASANTE SEGÚN EL VALOR CBR	18
FIGURA 8 TIPO DE EJE Y EJE EQUIVALENTE	20
FIGURA 9 FACTOR EQUIVALENTE.....	21
FIGURA 10 CÁLCULO DE NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES (EE)	22
FIGURA 11 CAMINOS DE BAJO VOLUMEN.....	24
FIGURA 12 CAMINOS DE ALTO VOLUMEN.....	25
FIGURA 13 CAMINOS MAYORES A 30´000,000 EE.....	25
FIGURA 14 ÍNDICE Y DIFERENCIA DE SERVICIABILIDAD	27
FIGURA 15 VIDA DEL PAVIMENTO (MILES DE EJE EQUIVALENTE O AÑOS)	28
FIGURA 16 CONFIABILIDAD “R” Y LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR (SO).....	29
FIGURA 17 VALOR RECOMENDADO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO SEGÚN RANGO DE TRÁFICO	30
FIGURA 18 VALORES DE COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CARGA (J).....	31
FIGURA 19 PLANO DE UBICACIÓN D CALICATAS DE LA AV. JULIAN ARCE.....	39
FIGURA 20 UBICACIÓN DE ESTACIÓN DE CONTEO VEHICULAR	43
FIGURA 21 TOTAL, DE VEHÍCULOS POR DÍA.....	45
FIGURA 22 TIPO Y RANGOS DE TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE	49
FIGURA 23 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD	51
FIGURA 24 NIVEL DE CONFIABILIDAD (%R) Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR).....	52
FIGURA 25 CORRELACIÓN CBR Y MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE.....	53
FIGURA 26 VALORES RECOMENDADOS DE RESISTENCIA DE CONCRETO SEGÚN EL RANGO DE TRAFICO....	54
FIGURA 27 VALORES DE COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CARGA (J).....	55
FIGURA 28 ESPESOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN DISEÑO	56
FIGURA 29 DIMENSIONES DE LOSA	57
FIGURA 30 ESPESO DEL PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN DISEÑO	60

I. INTRODUCCION

1.1 Problema De Investigación

En diferentes lugares y países del planeta, se enfrentan diversos desafíos en cuanto al diseño de pavimentos debido a las características únicas de cada ubicación, como el tipo de suelo y las circunstancias específicas. En América Latina y el Caribe, la mala calidad de las vías se suma al problema. Según la evaluación del World Economic Forum sobre la disponibilidad y calidad de la infraestructura de transporte en la región, en 2016 América Latina fue la segunda región que registró la caída más significativa en comparación con los resultados alcanzados el año 2014. Según el informe, la mala calidad de las carreteras es uno de los factores que impide que la región aproveche oportunidades que podrían aumentar la competitividad económica, ya que las carreteras envejecidas dificultan el transporte de productos y reducen la productividad del país.

A pesar de la importancia económica de las carreteras, ha habido poca investigación sobre el impacto del cambio climático en los pavimentos de hormigón. En algunos casos, los resultados fueron contradictorios. Según los expertos, la principal razón de la falta de datos es que "las carreteras de hormigón son mucho menos que las de asfalto"; otro motivo es que "el impacto sobre el asfalto es bastante evidente: se calienta y se reblandece". Según el experto, esta observación coincide con los hallazgos sobre el cambio climático: "Hace diez o quince años la gente creía que el planeta se estaba calentando. Ahora entendemos que no sólo hace más calor sino también más frío. Los extremos se están separando". Este experto dijo que los países en desarrollo también son más vulnerables por la falta de capacidad de recuperación por falta de recursos. (González, 2022)

Los pavimentos son una infraestructura vital que conecta a las comunidades, por lo que una carretera en mal estado impedirá el acceso a la zona, dificultando el acceso a servicios esenciales como la atención sanitaria y la educación, así como la adhesión regional. También aumenta el consumo de combustible del vehículo hasta un 34% y acorta la vida útil del vehículo hasta un -25%. Las malas condiciones de la superficie de las carreteras también aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero hasta en un 34%, provocando problemas ambientales y riesgos para la salud.

Muchas voces han denunciado lo que consideran una inversión insuficiente en el mantenimiento de carreteras en España. Destacan la inevitable conexión entre las condiciones de la carretera y la seguridad vial y la prevención de accidentes. La mayor parte del presupuesto asignado por el Ministerio de Fomento a este tramo se destina a la construcción en lugar del mantenimiento de carreteras. Según diversos estudios, el problema de la falta de mantenimiento de las carreteras, que afecta directamente a los conductores y a la seguridad vial, cuesta a los conductores españoles cerca de 2.000 millones de euros en costes adicionales al año. (Ecoasfalt, 2023)

Mientras el Perú ha sufrido de grandes cambios climáticos en el transcurso de los años; debido a estas circunstancias el impacto ambiental que se genera durante la construcción, operación y mantenimiento de las infraestructuras de pavimento flexible no han sido muy eficaz y duraderas. Nuestro país se encuentra formado por tres regiones cada una de estas con climas diferentes, donde el diseño de un pavimento flexible no sería del todo una buena alternativa, sobre todo en regiones lluviosas o de intenso calor, ya que ocasionan un gran daño y deterioro de estas rápidamente, de tal manera que su ciclo de vida no es duradero. Al sufrir daños, el pavimento puede llegar a presentar alteraciones en la superficie de rodamiento, tales como; deformaciones, asentamiento, baches profundos, fisuras y grietas, entre otros, afectando así la seguridad, comodidad y velocidad con que debe circular el tránsito vehicular. Sin embargo existe algunas dificultades en la realización del diseño del pavimento, si mencionamos una de ellas, nos enfocaremos en el inicio del proyecto y para todo inicio se necesitará de un expediente técnico, cuando se finaliza los trabajos y se entrega la obra para el provecho de la población de las distintas regiones, empiezan a producirse fallas en la vía dando a lugar diversos tipos problemas que no fueron observados en el expediente técnico, sin darle la debida importancia; como por ejemplo en este caso, se puede observar un inadecuado diseño vial de la Av. Julian Arce.

Por otro lado, tener un buen proyecto de transporte y mantener las pistas pavimentadas en un estado adecuado es cada vez un problema serio e inevitable para los municipios, sobre todo cuando se trata de trabajar con un proyecto vial de

pavimento flexible. En ellos se puede observar la ausencia y el mal manejo del sistema de gestión vial, la falta de un análisis de la infraestructura disponible y de los proyectos de inversiones a realizar, al ejecutarse un proyecto vial. La municipalidad local comete el error de no realizar los mantenimientos adecuados en cada ruta, calle o avenidas, observándose con el pasar del tiempo, daños y desgaste en la superficie de rodamiento.

Mientras tanto en la ciudad de Laredo su principal vía de acceso es mediante la prolongación Av. Pumacahua que se empalma con el ovalo de Laredo, dando lugar a la Av. Julian Arce, una de las avenidas principales de la ciudad. Actualmente la Avenida presenta deformaciones, ahuellamiento, asentamiento, baches profundos, y ondulaciones durante su recorrido. Asimismo se encuentra expuesto el afirmado por el deterioro de la carpeta asfáltica , debido a los efectos del fenómeno “El Niño” y mala ejecución de obras de saneamiento , teniendo en cuenta también el gran número de vehículos que circulan dentro de ella; al igual que algunos vehículos pesados, podemos deducir que esto contribuye a agravar el ciclo de vida del pavimento, generando así el desgaste total de este, dificultando el tránsito de vehículos particulares y de transporte público, ocasionando daños materiales y accidentes irremediables para la comunidad.

Debido a los malos manejos de gestión, la Av. Julian Arce, presenta un alto grado de deterioro, como se explicó en el párrafo anterior, evitando una adecuada transitabilidad. De igual forma el mal estado de la vía produce a su vez otros problemas relacionados con la salud pública de los ciudadanos que viven y frecuentan por dicha avenida. El problema no es de ahora ya se viene generando accidentes desde hace muchos años y no se ha observado mejora o un buen mantenimiento del pavimento, en la actualidad después de muchos años solo se ha podido observar el mantenimiento superficial de la carpeta asfáltica. Para tal efecto la ciudad de Laredo ha proporcionado el permiso de paradero en la misma plaza de armas a los buses de empresas agroindustriales, estos concurridamente transitan por la avenida Julian Arce, al igual que el transporte público y privado, que forma parte del tránsito del día a día, por lo tanto al no poseer un buen diseño estructural de pavimento y la falta de mantenimiento, como bien se mencionó desde un principio, ocasionará que en época de lluvias agrave más la situación, deteriorando de esta forma con mucha más rapidez la superficie de rodadura,

dando a lugar a diferentes daños como; fisuras, grietas, ahuellamiento, piel de cocodrilo, entre otros, evitando que resista cargas pesadas de manera eficiente y duradera. (Anexo.1 y 2).

1.1.1 Formulación del problema.

¿Cuál es el diseño estructural del pavimento rígido para la avenida principal Julián Arce, distrito Laredo, La Libertad?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

Diseñar la estructura del pavimento rígido de la avenida principal Julián Arce, distrito Laredo, La Libertad, 2023.

1.2.2 Objetivos específicos

O.E.01. Realizar los estudios geotécnicos de la avenida principal Julián Arce.

O.E.02. Calcular el estudio de tráfico de la avenida principal Julián Arce.

O.E.03. Determinar los parámetros de diseño del pavimento.

O.E.04. Realizar el diseño estructural del pavimento rígido.

O.E.05. Realizar el diseño de bermas laterales.

1.3 Justificación del estudio.

Técnico

Por motivo de las grandes fallas en la avenida Julián Arce, se posee la necesidad de recurrir al empleo de un método para reducir dichas fallas, ofreciendo resistencia y durabilidad al pavimento, con la finalidad de obtener una mejor calidad de la Avenida. Es preciso recalcar que, mediante este proyecto de investigación estaríamos ayudando al desarrollo de tránsito de la zona, mejorando la durabilidad del pavimento, beneficiando el comercio y la conexión entre el distrito de Laredo y la ciudad de Trujillo, en consecuencia, podemos afirmar que con este proyecto estaríamos beneficiando a muchas personas.

Práctico

Asimismo, buscamos mejorar su seguridad vial y reduciendo las dificultades al movilizarse de ciudad en ciudad. Por lo tanto, es indispensable incluir en un mismo documento los aspectos y parámetros que se deben tomar en cuenta para el diseño estructural del pavimento rígido.

Como tal, en los últimos tiempos el crecimiento del tráfico ha sobre pasado las condiciones de los pavimentos flexibles para lo que fueron diseñados, principalmente para aquellos que ya tienen años de utilidad. se han presentado cambios climáticos muy variados, por ejemplo: lluvias en temporada de verano, excesivo aumento y disminución de temperaturas en verano e invierno respectivamente y la acción conjunta del tráfico y el medio ambiente tienen como consecuencia el grave incremento del deterioro del pavimento flexible.

También es necesario mencionar que, la falta de mantenimiento de los pavimentos flexibles a su debido tiempo tiene como consecuencia que estos se deterioren de manera acelerada, Esto no es solo responsabilidad de la municipalidad competente sino también de nosotros mismos como ciudadanos y usuarios finales de estos tipos de proyectos viales.

Académico

Por lo tanto, en este presente informe de proyecto se plantea el diseño estructural del pavimento rígido para la Av. Julián Arce de la comunidad de Laredo, el cual tiene como una de sus ventajas principales el ahorro de dinero en los presupuestos públicos del estado ya que el mantenimiento de este tipo de pavimentos es a largo plazo. Cabe mencionar que, es de conocimiento público que lamentablemente los burgomaestres que han ido pasando a lo largo del tiempo en sus respectivos cargos públicos, siempre han optado por aprobar proyectos viales orientados a los pavimentos flexibles, no afirmamos que sea equivocada la idea de implementarlos, sin embargo los años nos han demostrado que al largo plazo estos tipos de pavimentos generan más gasto público, sobre todo si se trata de pequeños kilómetros y en donde existe mayor transitabilidad. Por lo tanto, nuestro proyecto se va a orientar a formular la propuesta de diseño estructural de pavimento rígido para nuestro tramo de estudio, logrando los beneficios ya mencionados.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes Del Estudio

Internacional

“Diseño En Pavimento Rígido De La Carrera 22 Entre Calles 15 Y 18 Del Distrito Turístico Y Cultural De Riohacha - La Guajira-Venezuela”

(Lopez, 2020) El objetivo planteado fue diseñar la estructura de pavimento rígido utilizando la metodología de la Portland Cement Association PCA-84, con el fin de lograr una modelación óptima. Para este proyecto, se determinó un ancho de 3.5 metros, lo que resulta en una relación de 1.06, un valor aceptable dentro del rango establecido. La estructura óptima de diseño para el pavimento rígido, que cumple con los criterios de falla, consiste en una losa de 18 centímetros de espesor con una longitud de 3.3 x 3.5 metros. La longitud total por pavimentar es de 276 metros y la losa debe estar soportada sobre un material granular tipo subbase que cumpla con la especificación 330-13 del INVIAS. La recopilación documental, las normativas y los métodos de diseño mencionados en este proyecto son los vigentes durante el período de elaboración. Entre ellos, destaca la metodología de diseño de la Portland Cement Association PCA-84. Los análisis de los parámetros de diseño (tráfico, suelo) fueron proporcionados por el Distrito Turístico y Cultural de Riohacha y se procesaron mediante análisis estadísticos y métodos de proyección de acuerdo con el manual de diseño de pavimentos del INVIAS, para seleccionar los valores representativos para el diseño. Después de realizar los análisis de sensibilidad utilizando el software de diseño BS-PCAA, se determinó que una losa de 18 centímetros cumple con los criterios de falla para el período de diseño y satisface el consumo de la vida útil.

“Diseño De Un Pavimento Rígido Por El Método Aashto 93 Y Portland Cement Association (Pca), Aplicado En La Calle 6 Entre Carrera 8 Y 7 Del Municipio De San Luis Tolima-Colombia”

(Castro, 2022) Tiene como objetivo diseñar un pavimento rígido que dé solución a los requisitos precisos que se muestran en el sitio de investigación para lo cual se plantea efectuar los diseños aplicando dos diferentes métodos de diseño de pavimentos rígidos los cuales son el método AASTHO 93 y el método Portland cement association (PCA) empleado en una vía urbana del municipio de san Luis

(Tolima). Se plantea utilizar un material tipo Subbase Granular de 15 cm de espesor con la finalidad de que actué como plataforma homogénea de apoyo y que reduzca la diferencia de capacidad portante del tramo, Estableciendo finalmente el apoyo sobre la cual se determinara la losa del pavimento. Las placas de concreto hidráulico serán elaboradas como mínimo cuadradas o en una relación tal que el largo sea mayor hasta 1.45 veces el ancho. El ancho de la ranura de la junta será como mínimo de 3.0 milímetros. La profundidad de las juntas transversales será como mínimo de 3.5 cm. Las juntas serán selladas con un Sika Rod y un Sika Flex u otro sellante semejante. Las barras de transferencia se instalarán en la mitad del espesor de la placa de concreto. Las barras de transferencia solo se instalarán entre placas de concreto hidráulico. Durante los primeros 3 días las placas de concreto hidráulico deberán ser humectadas. Las barras de transferencia deberán ser de acero de refuerzo liso y una de las esquinas cubierto con grasa. Emplear concretos hidráulicos premezclados y certificados si es factible.

Nacional

“Diseño Estructural De Pavimento Rígido Para Infraestructura Vial - Comunidad Pomacocha -Junin”

(ROSSMERY, 2023) Se propuso el diseño de pavimento rígido para la infraestructura vial - comunidad Pomacocha – Junín , dando como propósito general, calcular el diseño estructural de pavimento rígido para la infraestructura vial-comunidad Pomacocha-Junín. El método general de investigación fue el científico, de tipo aplicada, de nivel descriptivo correlacional de diseño cuasi experimental; esta población está constituida por el anexo de Pomacocha y la muestra no probabilística formado por el anexo de Pomacocha. La investigación dio como conclusión que el diseño estructural del pavimento rígido estará formado por la una sub base=0.20m de espesor, losa de concreto=0.20m de altura, las juntas transversales cada 4.20m con un diámetro de acero 5/8"@0.30 y las juntas longitudinales cada 3.5m con un diámetro de acero 5/8"@0.60.

“Diseño Estructural Del Pavimento Rígido En La Avenida “D” Del AA. HH Los Algarrobos, Piura 2021”

(Chapoñan Adanaque & Damian Ayala, 2021) El objetivo principal de este proyecto de tesis fue determinar la estructura del pavimento rígido utilizando la

metodología AASHTO 93 para pavimentos rígidos y el Manual de Carreteras en la sección de Suelos y Pavimentos del MTC. Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó una metodología descriptiva con enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y con un diseño no experimental. Se realizaron los estudios básicos de ingeniería necesarios de acuerdo a los objetivos específicos del proyecto. Según el estudio de tráfico, se calculó un Índice Medio Diario de Tráfico (IMDA) de 354 vehículos/día y una carga de ejes equivalentes ESAL de 1,327,682.32 EE tipo TP5. En cuanto al estudio de suelos, se determinó que el tipo de suelo era de arenas limosas (SM), y mediante los ensayos se obtuvieron valores de CBR de 10.60% y 12.50% para la subrasante. La topografía del área era plana, con pendientes bajas y altitudes que oscilaban entre los 30 y 35 metros sobre el nivel del mar. Toda esta información fue procesada utilizando programas especializados. En el diseño del pavimento rígido, se determinó una estructura de losa de concreto de 24 cm de espesor y una capa de subbase de 20 cm. Este diseño propuesto fue validado de acuerdo al manual de suelos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). En conclusión, se puede afirmar que la investigación del diseño del pavimento rígido propuesto cumplió con los procedimientos técnicos establecidos, lo que permitirá obtener un diseño adecuado que cumpla con la vida útil proyectada y mejore la avenida "D" del AA. HH Los Algarrobos, la cual actualmente no cuenta con pavimento.

Local

“Diseño estructural del pavimento para mejorar su transitabilidad en la Av. El Sol del AA.HH. Víctor Raúl Haya de la Torre - La Esperanza - Trujillo - La Libertad”

(Sánchez Bravo, 2022) El presente trabajo se llevó a cabo en la Av. El Sol, ubicada en el A.H. Víctor Raúl, utilizando una investigación de tipo aplicada. El objetivo principal fue desarrollar el diseño estructural del pavimento utilizando la metodología AASHTO con el fin de mejorar la transitabilidad, considerando también el análisis y la observación de todas las condiciones de la zona en estudio. En el proyecto se diseñaron tanto pavimentos flexibles como rígidos, teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, el Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma CE.010, Pavimentos urbanos, y la Norma GH.020 Componentes de Diseño Urbano. Estos documentos fueron de gran utilidad para determinar la sección de la vía y los

espesores de las capas de los pavimentos. A partir de los estudios básicos de mecánica de suelos, se determinó que el suelo era de tipo arena pobremente graduada con grava, y presentaba un valor de CBR de 16.88%. Mediante el estudio de tráfico, se obtuvieron para el pavimento flexible un valor de ESSAL de 2,025,341.03 y para el pavimento rígido fue de 2,076,314.57. El resultado final del diseño del pavimento flexible consistió en una carpeta asfáltica de 6.00 cm de espesor, una base de 20.00 cm y una subbase de 20.00 cm, con un costo de S/.166.25 por m². Para el pavimento rígido, se propuso una losa de concreto de 21.00 cm de espesor con una resistencia a la compresión de $f'c=280\text{kg/cm}^2$, y una subbase de 15.00 cm. Considerando la durabilidad y resistencia frente al pavimento flexible, se recomienda la estructura del pavimento rígido para una posible ejecución. Al tomar la decisión de elegir la mejor alternativa, se tiene en cuenta el costo total de la construcción, incluyendo la inversión inicial y el costo de mantenimiento. Además, el pavimento rígido es más resistente a los efectos de erosión del fenómeno del niño costero y los caudales.

“Diseño estructural de pavimento rígido en la Avenida Larco desde Avenida Fátima hasta litoral de Buenos Aires, distrito de Víctor Larco Trujillo – la Libertad”

(Neri Diaz & Solorzano Avila, 2022) Esta investigación se llevó a cabo en la avenida Víctor Larco Herrera, en el tramo que abarca desde la avenida Fátima hasta el litoral de Buenos Aires, en el Distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo. Se utilizó una metodología descriptiva-aplicada. El objetivo principal fue realizar el diseño estructural del pavimento rígido en dicho tramo, para lo cual se llevaron a cabo los estudios básicos necesarios. En el diseño estructural de pavimentos, se empleó el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos 2014, basado en la metodología AASHTO 93, que permitió establecer la sección de diseño para el tramo en estudio. Se realizaron estudios básicos de ingeniería, como el estudio de mecánica de suelos, que determinó que el suelo consiste en una arena pobremente graduada y arena arcillosa en las calicatas C4 y C5. El valor promedio de CBR de todas las muestras obtenidas fue de 12.758%. A partir del estudio de tráfico, se determinó que el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el pavimento rígido es de 3,321,027. Los resultados del diseño estructural del pavimento rígido

indican que se requiere una losa de concreto de 20 cm de espesor y una base de 15 cm. Los paños tienen dimensiones de 3.5 m de ancho por 4.0 m de longitud, y se incluyen dowells de 1" de diámetro cada 30 cm a lo largo de las juntas longitudinales y transversales del pavimento. En conclusión, se espera que el pavimento rígido mejore la transitabilidad y tenga una vida útil más prolongada debido a las características que ofrece el concreto, lo que implica menores necesidades de mantenimiento durante su tiempo de servicio.

2.2 Marco Teórico.

2.2.1 Pavimento Rígido.

Este pavimento consiste en una losa de concreto simple o armado, la cual se apoya sobre el terreno (base o subbase). Esta losa tiene la característica de ser muy rígida y de alto módulo de elasticidad, por lo tanto, absorbe gran parte de los esfuerzos que son ejercidos sobre el pavimento, llevando a una excelente distribución de las cargas de rueda, y por consecuencia tensiones muy bajas en la subrasante. Este tipo de pavimento tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo. (Orozco, 2020) asimismo, Los pavimentos rígidos en su mayoría están compuestos de una capa de Concreto Portland vaciada sobre una subrasante con o sin una capa intermedia de base. (Zambrano, 2016)

Diseño De Pavimento Rígido:

Metodología de diseño AASHTO 93

A través de un proceso iterativo, se proponen diferentes espesores para la losa de concreto hasta que se alcance un equilibrio según la ecuación AASHTO 93 (Ecuación 3). El espesor finalmente calculado para el concreto debe ser capaz de resistir un número específico de cargas sin que se produzca un deterioro en el nivel de servicio por debajo de lo estimado. (MTC, 2014)

$$\log_{10}(W_{R2}) = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{0.46}}} + (4.22 - 0.32P) \log_{10}\left(\frac{(M_r C_{dr})(0.09D)^{0.75} - 1.132}{1.51 \times \left(0.09D)^{0.75} \cdot \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}}\right)\right) \quad (3)$$

Donde:

W8.2 = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas

métricas, a lo largo del periodo de diseño.

ZR = Desviación estándar normal.

S0 = Error estándar combinado con la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros.

Δ PSI = Diferencia entre el índice de servicio inicial (po) y el final (pt).

Pt = Índice de Serviciabilidad o servicio final.

Mr = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz).

Cd = Coeficiente de drenaje.

J = Coeficiente de trasmisión de carga en las juntas.

EC = Módulo de elasticidad de concreto, en Mpa.

K = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

Para determinar el espesor "D", se utiliza la Ecuación 3, la cual también puede calcularse utilizando nomogramas o programas informáticos. (MTC, 2014)

2.2.2 Estudio De Suelo:

2.2.2.1 Suelos:

La capa de suelo ubicada debajo de la estructura del pavimento, que se prepara y compacta como base para el pavimento, se conoce como suelo de fundación. Se refiere al terreno natural o la capa superior del relleno en la plataforma sobre la cual se apoya el pavimento. (MTC, 2014)

(Informe Final Estudio de Suelos, Cantera Diseño De Pavimentos Tramo I, 2016) La finalidad del estudio de suelos es definir las características tanto físicas y mecánicas de los materiales que conforman nuestro terreno donde irá el pavimento,

así mismo determinar la capacidad portante del suelo para cuantificar el aporte del suelo en el diseño estructural de pavimento rígido.

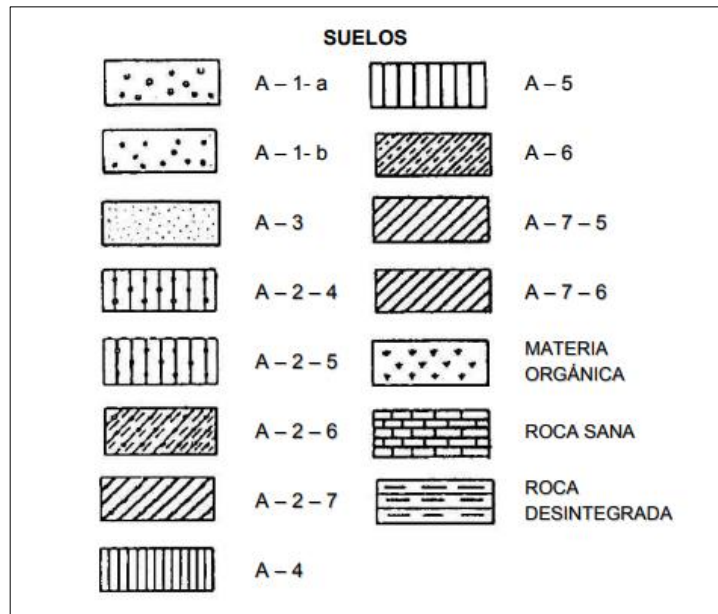
El estudio de suelos tiene tres etapas:

- Investigación de campo (calicatas)
- Ejecución de los ensayos en laboratorio
- Análisis de los resultados laboratorio.

1ro. Investigación De Campo: Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo con la metodología para construcción de vías, las mismas que deben corresponder al siguiente cuadro (Fig 1. y Fig 2.) . (MTC, 2014).

Figura 1

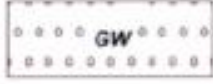







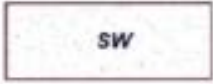

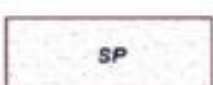


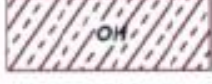
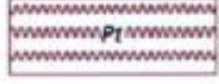
Simbología para perfil de calicatas - Clasificación AASHTO



Fuente: (Manual Para El Diseño De Carreteras Pavimentadas De Bajo Volumen De Transito, 2014)

Figura 2

Clasificación SUCS

	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja
	Grava mal graduada, mezcla de arena - grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena - arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava - arena - arcilla, grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limo inorgánico, suelo fino gravoso e limoso, micéa o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		Arcilla orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico
	Turba, suelo considerablemente orgánica		

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

2do. Ejecución de los ensayos en laboratorio: Se requiere realizar los siguientes ensayos en todas las muestras representativas obtenidas de los estratos del suelo de fundación de las calicatas:

- Análisis granulométrico por tamizado.
- Límites de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.
- Humedad Natural.
- Clasificación SUCS.
- Clasificación AASHTO.
- Proctor Modificado. *
- C.B.R.*

3ro. Análisis de los resultados laboratorio: A partir de los datos recopilados en las actividades de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se llevará a cabo la clasificación de suelos utilizando los sistemas SUCS y AASHTO. Este proceso se realizará en el ámbito de análisis y estudio basado en la información recabada. (MTC, 2014).

2.2.2.2 Granulometría.

A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar. El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño. De acuerdo con el tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos: (MTC, 2014)

Figura 3

Proporción de partículas de acuerdo con el suelo

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm – 0.2 mm
	Arena fina: 0.2 mm – 0.05 mm
Limo	0.05 mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

2.2.2.3 La plasticidad de un suelo.

(Manual Para El Diseño De Carreteras Pavimentadas De Bajo Volumen De Transito, 2014) La determinación de la composición fina de los suelos es fundamental para comprender sus propiedades, ya que estas propiedades no dependen de los elementos gruesos presentes en ellos. El análisis granulométrico no es suficiente para identificar esta característica, por lo que es necesario llevar a cabo pruebas para determinar los límites de Atterberg. Estos límites definen los tres estados posibles de los suelos: líquido, plástico y sólido. Los límites de Atterberg incluyen el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC). Además de estos límites, otro parámetro importante a obtener es el índice de plasticidad (IP), que se calcula como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad es un indicador efectivo para clasificar los suelos. Un valor alto de IP indica la presencia de una gran cantidad de arcilla en el suelo, mientras que un valor bajo de IP es característico de suelos con baja proporción de arcilla. A continuación, se presenta la siguiente clasificación basada en esto. (Fig. 4.):

Figura 4

Clasificación del índice de plasticidad

Índice de plasticidad	Característica
IP > 20	Suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	Suelos arcillosos
10 > IP > 4	Suelos poco arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcilla

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua. (MTC, 2014).

2.2.2.4 Equivalente de arena.

Es una prueba que produce resultados similares a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque con menos precisión. Sin embargo, tiene la ventaja de ser rápida y fácil de realizar. El valor de EA es un indicador de la plasticidad del suelo. (Fig. 5.): (MTC, 2014)

Figura 5

Características del equivalente de arena

Equivalente de arena	Característica
sí $EA > 40$	El suelo no es plástico, es de arena
Sí $40 > EA > 20$	El suelo es poco plástico y no
sí $EA < 20$	El suelo es plástico y arcilloso

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

2.2.2.5 Humedad natural.

Otra característica importante de los suelos es su contenido de humedad natural, ya que la resistencia de los suelos de subrasante, especialmente los suelos finos, está directamente relacionada con las condiciones de humedad y densidad presentes en dichos suelos. Determinar la humedad natural permite realizar una comparación con la humedad óptima obtenida en los ensayos Proctor para determinar el CBR del suelo. Si la humedad natural es igual o inferior a la humedad óptima, el diseñador propondrá la compactación normal del suelo y la adición de la cantidad adecuada de agua. En caso de que la humedad natural sea superior a la humedad óptima y al 115% de saturación del suelo, se propondrá aumentar la energía de compactación, ventilar el suelo o reemplazar el material saturado. (MTC, 2014)

2.2.2.6 Clasificación de los suelos:

Una vez determinadas las características de los suelos según los puntos anteriores, es posible estimar con una aproximación suficiente su comportamiento, especialmente al considerar la granulometría, plasticidad e índice de grupo. A partir

de esta información, se procederá a clasificar los suelos utilizando el sistema mostrado en el cuadro correspondiente. Esta clasificación permite predecir de manera aproximada el comportamiento de los suelos, lo cual es útil para identificar sectores homogéneos desde un punto de vista geotécnico.

A continuación, se presenta una correlación entre los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS), como se muestra en la Figura 6. (MTC, 2014).

Figura 6

Clasificación AASHTO y Clasificación ASTM (SUCS)

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos ASTM (SUCS)
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

2.2.2.7 Ensayos CBR.

Una vez que se haya realizado la clasificación de los suelos utilizando el sistema AASHTO para carreteras según lo establecido en este manual, se procederá a crear un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo objeto de estudio. A partir de este perfil, se determinarán los suelos que tendrán un control en el diseño y se establecerá un programa de ensayos y/o correlaciones con el fin de determinar el CBR (California Bearing Ratio), que representa la capacidad de soporte o resistencia del suelo. Este valor se referirá al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR diseño, se debe considerar lo siguiente:

1. En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la subrasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.

2. En caso de que haya menos de 6 valores de CBR para un tipo de suelo representativo o para una sección con características homogéneas de suelos, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
- Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de subrasante, según la (Fig 7.)

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará para qué categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo. (MTC, 2014)

Figura 7

Clasificación de categoría de Sub rasante según el valor CBR

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

2.2.3 Tránsito.

Este valor de tránsito se determina contabilizando la cantidad de pasadas o recorridos de ejes de vehículos, nombrado ESALs (carga axial simple equivalente), mediante los factores de carga LEFs (factor de carga equivalente), propuestos por AASHTO, donde el valor se encuentra en función del espesor de losa estimado al inicio. (Universidad Mayor De San Simon, 2004)

El desempeño estructural de las capas del pavimento está influenciado por varios factores, como el tipo de suelo en la subrasante, el número total de vehículos pesados por día o durante el periodo de diseño, incluyendo las cargas por eje y la presión de los neumáticos. La demanda de tráfico, expresada como el Índice de Movimiento Diario Anual (IMDA), debe ser calculada en términos de ejes equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) representa el efecto de deterioro causado en el pavimento por un eje simple de dos ruedas con una carga de 8.2 toneladas y neumáticos con una presión de 80 libras por pulgada cuadrada. El tráfico para el diseño de pavimentos se ha clasificado en rangos según el número de repeticiones de ejes equivalentes, como se indica en el apartado correspondiente. El volumen existente en el tramo, IMDA, representa el promedio diario anual de todos los vehículos (ligeros y pesados) en ambos sentidos. Este volumen de tráfico está compuesto por diferentes tipos de vehículos, según las características de los diversos tramos de la vía. Para el diseño del carril del pavimento en una carretera de dos carriles, se considerará solo el 50% del IMDA. Para obtener la demanda de tráfico que circula en cada subtramo estudiado, se requiere como mínimo la siguiente información: (MTC, 2014)

Identificación de "subtramos homogéneos" de la demanda en la ruta del estudio. Se realizarán conteos de tráfico en cada subtramo, incluyendo al menos un sábado o domingo, durante un período consecutivo de 7 días (5 días de la semana más sábado y domingo). Estos conteos se llevarán a cabo en una semana de circulación normal. Los conteos serán volumétricos y clasificados según el tipo de vehículo. En caso de no contar con información oficial sobre los pesos por eje aplicables a la zona, se llevará a cabo un censo de carga vehicular durante 2 días consecutivos. Este censo tiene como objetivo obtener datos precisos sobre los pesos por eje de los vehículos que transitan por la zona y que son relevantes para el estudio. (MTC, 2014)

El estudio puede beneficiarse de información adicional sobre las variaciones mensuales proporcionada por estaciones de conteo permanente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) ubicadas cerca del tramo en estudio. Esta información permitirá calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA). Utilizando los datos recopilados, se determinará el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para el periodo de diseño del pavimento. Para simplificar el cálculo de los EE, se puede aplicar el enfoque simplificado de la metodología AASHTO, utilizando las relaciones establecidas para vehículos pesados, buses y camiones (consultar Figura 8): (MTC, 2014)

Figura 8

Tipo de eje y eje equivalente

Tipo de eje	Eje equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje simple de ruedas simples	$EE_{S1} = [P / 6.6]^4$
Eje simple de ruedas dobles	$EE_{S2} = [P / 8.2]^4$
Eje tandem de ruedas dobles	$EE_{TA} = [P / 15.1]^4$
Ejes tridem de ruedas dobles	$EE_{TR} = [P / 22.9]^4$
P = Peso real por eje en toneladas	

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

Además, se tomará en cuenta un factor de ajuste para la presión de los neumáticos, con el fin de tener en cuenta el efecto adicional de deterioro causado por altas presiones en los neumáticos sobre el pavimento. El cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para vehículos pesados, camiones y buses se obtendrá sumando los EE por tipo de eje correspondientes a cada vehículo específico. Un ejemplo ilustrativo se presenta en la Figura 9. (MTC, 2014)

Figura 9

Factor equivalente

FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA LEGAL POR EJE Y VEHICULO								
SÍMBOLO	DIAGRAMA	DESCRIPCIÓN	EJE DELANTERO	EJE POSTERIOR				TOTAL
				1er EJE	2° EJE	3er EJE	4° EJE	
C2		Carga (tn)	7	11				18
		F.EE.	1.265	3.238				4.504
C3		Carga (tn)	7	18				25
		F.EE.	1.265	2.019				3.285
2S1		Carga (tn)	7	11	11			29
		F.EE.	1.265	3.238	3.238			7.742
B2		Carga (tn)	7	11				18
		F.EE.	1.265	3.238				4.504
B3		Carga (tn)	7	18				25
		F.EE.	1.265	2.019				3.285

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

Si no se dispone de información censal sobre pesos por eje o si la muestra no incluye los vehículos pesados proyectados, se sugiere utilizar la siguiente relación de Números de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) por tipo de vehículo pesado. Estos valores son promedios estadísticos obtenidos de registros en la Carretera Panamericana Norte y pueden utilizarse como referencia para el cálculo del EE. La Figura 10 ilustra esta relación de manera visual. (MTC, 2014)

Figura 10

Cálculo de número de repeticiones de ejes equivalentes (EE)

Clase de vehículo	Eje equivalente (EE _{8.2 tn})
Bus (de 2 o 3 ejes)	1.850
Camión ligero (2 ejes)	1.150
Camión mediano (2 ejes)	2.750
Camión pesado (3 ejes)	2.000
Camión articulado (> 3 ejes)	4.350
Auto o vehículo ligero	0.0001

Fuente: (Manual Para El Diseño De Carreteras Pavimentadas De Bajo Volumen De Transito, 2014)

Para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 tn, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo. El resultado final será la sumatoria de los tipos de vehículos considerados:

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = \sum [\text{EE}_{\text{día-carril}} \times \text{Fca} \times 365]$$

Donde:

Nrep de EE 8.2t = Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 tn

EE día-carril = EE x factor direccional x factor carril

EE = N.º de vehículos según tipo x Factor vehículo x factor de presión de llantas

365 = Número de días del año

t = Tasa de proyección del tráfico, en centésimas

EE = Ejes equivalentes

Factor direccional = 0.5, corresponde a carreteras de dos direcciones por calzada (recomendable).

Factor carril = 1, dado a un carril por dirección o sentido

Factor de presión de llantas = En relación al censo. (MTC, 2014)

2.2.4 Método De Diseño De Pavimento Mediante AASHTO 93:

$$\begin{aligned} \log_{10} W_{8.2} = & Z_R S_O + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} \\ & + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{M_r \times C_d \times (0.09 \times D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J (0.09 \times D^{0.75} - \frac{7.38}{(\frac{E_c}{k})^{0.25}})} \right) \end{aligned}$$

Este método inicia con suponer un espesor de pavimento y posteriormente realizar tanteos, con este espesor elegido se debe determinar los ejes equivalentes y luego inspeccionar todos los factores adicionales de diseño, si la ecuación nos da como resultado un equilibrio entonces este valor supuesto es el resultado del problema; en caso contrario se deberá seguir con los tanteos. Las variables de diseño de un pavimento rígido son: Espesor, Serviciabilidad, Tránsito, Transferencia de carga, Propiedades del concreto, Resistencia a la subrasante, Drenaje, Confiabilidad. (Oliveros, 2020)

2.2.5 Periodo De Diseño.

Es el tiempo que elegimos para iniciar nuestros cálculos y diseño. Al elegir este tiempo nosotros consideramos y determinamos las características del pavimento, a menudo este tiempo es mayor que la vida útil del pavimento, dado que incluimos al menos una rehabilitación. (Universidad Mayor De San Simon, 2004)

2.2.6 Variables.

El tránsito (ESALs) El periodo está ligado a la cantidad de tránsito asociada en ese periodo para el carril de diseño. El periodo de diseño mínimo recomendado es 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 vehículo en ejes simples equivalentes de 8.2 Ton de peso, comúnmente llamados ESALs (equivalent single axle load, por sus siglas en inglés). El cálculo de las EE de diseño estará de acuerdo con lo establecido: Tráfico Vial.

Para el caso del tráfico y del diseño de pavimentos rígidos, en este manual, se definen tres categorías: (MTC, 2014)

- a) Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150,001 hasta 1'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño, como se aprecia en la (Fig. 11).

Figura 11

Caminos de bajo volumen

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

- b) Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño. (Fig 12.) . (MTC, 2014)

Figura 12

Caminos de alto volumen

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

- c) Los caminos con un tránsito que supera los 30'000,000 de Ejes Equivalentes (EE) en el carril y el periodo de diseño caen en una categoría distinta que no se encuentra contemplada en el manual actual. En estos casos, el diseño de pavimentos requerirá un Estudio Especial llevado a cabo por el Ingeniero Proyectista. Este estudio implicará analizar diversas alternativas de pavimento equivalentes y justificar la solución adoptada. A continuación, se muestra la (Fig.13) el tipo de tráfico pesado expresado en EE para caminos mayor a 30'000,000 EE (MTC, 2014).

Figura 13

Caminos mayores a 30'000,000 EE

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P15}	> 30'000,000 EE

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

2.2.7 Serviciabilidad

Este parámetro resume el criterio de diseño AASHTO denominado Servicio o Serviciabilidad. Según AASHTO 93, se caracteriza el servicio utilizando dos parámetros: el índice de servicio inicial (P_i) y el índice de servicio final o Terminal (P_t). La ecuación toma en cuenta la diferencia entre los valores de Serviciabilidad inicial y final, lo que determina una variación o diferencia entre ambos índices (Δ PSI). La Serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento para satisfacer las necesidades del tránsito que circula por la vía, y se califica en una escala de 0 a 5. Un valor de 0 indica una condición intransitable, mientras que un valor de 5 representa una calificación excelente, aunque este último caso ideal rara vez se alcanza en la práctica. El valor de 0 se considera muy pesimista, ya que AASHTO 93 utiliza el valor de 1.5 como índice de Serviciabilidad terminal del pavimento. El valor de Δ PSI depende de la calidad de la construcción. En el AASHO Road Test, se logró un valor de $P_i = 4.5$ en el caso de pavimentos de concreto. En este Manual se recomiendan los siguientes valores (Figura 14). (MTC, 2014)

Figura 14*Índice y diferencia de Serviciabilidad*

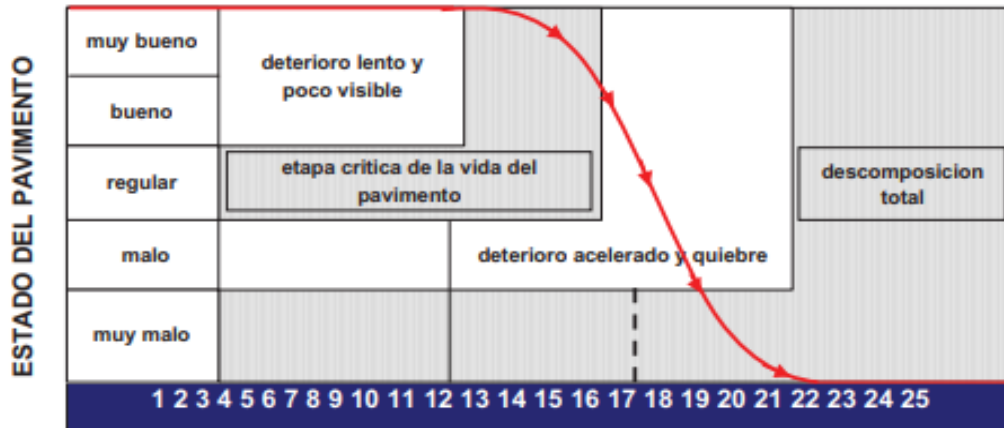
TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

El índice de Serviciabilidad de un pavimento es un parámetro que se utiliza para evaluar las condiciones de deterioro o comodidad de la superficie de rodadura de un pavimento. (Figura 15). (MTC, 2014)

Figura 15

Vida del pavimento (miles de eje equivalente o años)



Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

2.2.8 Confiabilidad O Nivel De Confianza.

Este concepto define que tan posible es que el diseño y sistema estructural del pavimento logre cumplir su función durante su vida útil, sometido a condiciones de carga e intemperie. (Universidad Mayor De San Simon, 2004)

2.2.9 La Confiabilidad “R” Y La Desviación Estándar (So)

El concepto de confiabilidad se ha introducido con el objetivo de cuantificar la variabilidad inherente a los materiales, procesos de construcción y supervisión que resultan en diferentes comportamientos de deterioro para pavimentos contruidos de la misma manera. La confiabilidad se puede entender como un factor de seguridad que implica aumentar el tráfico previsto a lo largo del período de diseño en una proporción determinada, utilizando conceptos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas. AASHTO sugiere un rango típico de confiabilidad entre $0.30 < So < 0.40$, mientras que en este manual se recomienda un valor de $So = 0.35$. Los valores de confiabilidad relacionados con el número de repeticiones de ejes equivalentes (EE) se utilizarán para el diseño, y se indican en la Figura 16. (MTC, 2014)

Figura 16

Confiabilidad “r” y la desviación estándar (so)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T _{P15}		>30'000,000	95%	-1.645

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

2.2.10 Desviación Estándar Y Factor De Desviación Normal.

Cuando obtenemos los resultados del diseño para un nivel de confianza elegido, estos resultados deberán ser precisados utilizando un factor de corrección. A este factor de corrección se le llama desviación estándar y deberá oscilar entre los siguientes valores: 0.30 y 0.40. (Universidad Mayor De San Simon, 2004)

2.2.11 Resistencia a Flexotracción del concreto (Mr)

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AAHTO 93. El módulo de rotura (MR) esta normalizado por astm c-78. En el ensayo de concreto es mostrado en vigas. A los 28 días las vigas deberán ser ensayadas aplicando carga en los tercios y forzando la falla en el tercio central de la viga.

Para pavimentos los valores varían según los valores del cuadro de la figura 17: (MTC, 2014)

Figura 17

Valor recomendado de resistencia del concreto según rango de tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

2.2.12 Módulo de Elasticidad del Concreto (Ec)

El módulo de elasticidad del concreto es un parámetro particularmente importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado. La predicción del mismo se puede efectuar a partir de la resistencia a compresión o flexotracción, a través de correlaciones establecidas.

En el caso de concretos de alto desempeño, resistencia a compresión superior a 40 Mpa, la estimación utilizando las fórmulas propuestas por distintos códigos puede ser incierta puesto que existen variables que no han sido contempladas, lo que las hace objeto de continuo estudio y ajuste.

AASHTO 93 indica que el módulo elástico puede ser estimado usando una correlación, precisando la correlación recomendada por el ACI: (MTC, 2014)

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

2.2.13 Coeficiente de Transmisión de carga en las Juntas (J)

El parámetro "J" se utiliza en el diseño de pavimentos de concreto para representar la capacidad de la estructura para transmitir cargas entre juntas y fisuras. Los valores de "J" dependen del tipo de pavimento de concreto que se va a construir, la presencia o ausencia de una berma lateral y su tipo, así como la existencia o ausencia de dispositivos de transmisión de cargas. El valor de "J" es directamente proporcional al espesor final de la losa de concreto, lo que significa que a medida que el valor de "J" disminuye, el espesor de concreto necesario también disminuye. (MTC, 2014)

Figura 18

Valores de coeficiente de transmisión de carga (J)

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)
		3.2	3.8 – 4.4	2.8

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

2.2.14 Espesor De Losa

El espesor de losa es el grosor que va a tener el pavimento en la capa de concreto de cemento portland, este espesor se determina mediante una fórmula con ciertas condiciones de diseño, se puede calcular resolviendo la ecuación planteada por el método. (Universidad Mayor De San Simon, 2004)

2.3 Marco Conceptual.

Las definiciones dadas a continuación se realizan con el objetivo de desagregar cada uno de los términos básicos de la investigación y son de gran importancia para lograr un certero entendimiento o comprensión de las diversas características que componen esta investigación.

2.3.1 Pavimento Rígido:

Este tipo de pavimento lleva su nombre debido a que el componente que predomina principalmente es una losa de concreto de cemento portland.

La capa inmediata inferior a esta losa de concreto es la denominada subbase, esta puede estar constituida por materiales donde la capacidad de soporte sea inferior a la que necesita los materiales de la capa base de los pavimentos flexibles. (Universidad Mayor De San Simon, 2004).

2.3.2 Base

Capa generalmente granular, aunque también podría ser de suelo estabilizado, de concreto asfáltico o de concreto hidráulico. Su función es servir como elemento estructural de los pavimentos, aunque en algunos casos puede servir también como capas drenantes. (Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010, Pavimentos, 2010)

2.3.3 Subrasante

La subrasante es la capa finalizada de la carretera que se encuentra a nivel después de realizar los trabajos de excavación y relleno de tierras. Es sobre esta superficie donde se coloca la estructura del pavimento o afirmado. La subrasante constituye el soporte directo para la construcción del pavimento y forma parte del conjunto integral de la carretera, que se extiende desde el terreno natural nivelado o explanada hasta la estructura del pavimento. (Ministerio De Economía y Finanzas, Febrero de 2015)

2.3.4 Índice De Serviciabilidad.

Este parámetro de análisis se establece como la idoneidad o suficiencia de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. Oscila en valores de 1 a 5. Por ejemplo: 2 para caminos de menor tránsito, 2.5 para caminos muy importantes y 4.5 para pavimentos rígidos (Universidad Mayor De San Simon, 2004)

2.3.5 Coeficiente de Drenaje (Cd)

Estos coeficientes son mayores, iguales o menores que 1, dependiendo de la bondad de las capas de drenaje estructurales de menor espesor. Si el drenaje no es bueno, el coeficiente será menor que 1 y obligará a hacer un paquete estructural de mayor espesor para resistir iguales condiciones de tránsito. Es necesario aclarar que ese paquete de mayor espesor no es un sustituto de un buen drenaje.

2.3.6 Diseño De Juntas.

En esta fase del diseño estructural de un pavimento de concreto, se busca determinar la distancia entre las juntas longitudinales y transversales, así como definir cómo se transferirán las cargas y qué materiales se utilizarán para sellar las juntas. En el diseño de pavimentos rígidos se emplean estos tipos de juntas: (Universidad Mayor De San Simon, 2004)

- Juntas longitudinales.
- Juntas transversales de dilatación.
- Juntas transversales de contracción.
- Juntas transversales de construcción

2.3.7 Espaciamiento Entre Juntas.

Según las recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association), la distancia entre las juntas no debe superar los 6,10 metros (20 pies).

Debemos tener en consideración que, para pavimentos de hormigón armado con juntas, el espaciamiento máximo es de 9,10 [m] (30 pies).

Las juntas longitudinales que en la gran mayoría de casos coinciden con las marcas de carril, deben ser diseñadas con separaciones de 2,50 a 4,00 metros (8 a 13 pies). (Universidad Mayor De San Simon, 2004)

2.3.8 Dowells o varillas de transferencia de carga:

Estos elementos incrementan la transferencia de carga de manera mecánica al proporcionar una conexión adicional a través de la interacción de los agregados. Su uso es recomendado en pavimentos con un número de repeticiones de ejes equivalentes mayor a 4 millones durante el periodo de diseño. Los pasadores son barras de acero lisas, con un diámetro aproximado de 1/8 del espesor de la losa, que se colocan en la mitad de las juntas. Su función principal es transferir cargas sin restringir el movimiento de las losas y permitir un alineamiento adecuado tanto horizontal como vertical. La incorporación de pasadores contribuye a reducir las deflexiones y los esfuerzos en el concreto, disminuyendo así los problemas de escalonamiento, bombeo y fallas en las esquinas. (MTC, 2014)

2.3.9 Diseño de Bermas:

A continuación, se presentan las distintas opciones de berma de concreto disponibles para su utilización:

- Espesor total (berma ancho igual o menor a 1.20)

Principalmente utilizado en pavimentos urbanos con restricciones de acceso, esta opción es adecuada cuando se prevé realizar futuros trabajos de mantenimiento o cuando se desea llevar a cabo una ampliación. En este caso, se utilizan barras de amarre en las juntas longitudinales y pasadores en las juntas transversales. (MTC, 2014)

- **Espesor parcial (bermas ancho mayor a 1.20m)**

El espesor de la berma puede determinarse como el 5% de los ejes Equivalentes del carril de diseño. Sin embargo, si la berma se utilizará para soportar una parte significativa del tráfico como parte de una estrategia de mantenimiento, el diseñador debe seguir el mismo procedimiento que para el pavimento de la calzada, considerando la cantidad estimada de tráfico que pasará por la berma durante los períodos de mantenimiento. El espesor mínimo requerido es de 15 cm. Las juntas de la berma deben seguir el mismo patrón que las juntas principales y deben utilizarse pasadores. Además, se deben emplear barras de amarre. (MTC, 2014)

2.4 Sistema De Hipótesis

Un correcto diseño y modelamiento estructural del pavimento rígido, mejorará significativamente toda la avenida principal Julián Arce del distrito de Laredo, La Libertad.

2.4.1 Variables e Indicadores.

Variable Independiente.

Diseño estructural de pavimento rígido.

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Escala de medición
Diseño estructural de pavimento rígido.	El diseño de pavimentos consiste en la determinación de los espesores de cada capa que constituye la sección estructural del pavimento, la cual permitirá soportar las cargas durante un periodo de tiempo determinado. El diseño estructural de pavimento rígido es una estructura cuya superficie de rodadura está formada por una capa de concreto hidráulico con o sin pasa juntas. La principal característica de un pavimento rígido es que los esfuerzos y deformaciones dentro de su estructura se transmiten de forma horizontal, por lo que las losas se transmiten la carga entre sí, afectando en menor medida a las capas subyacentes. Los pavimentos rígidos se componen de dos capas primordialmente, losa y subbase. (PROCCSA, s.f.)	Estudio Geotécnico	Contenido de Humedad	%	Razón
			Análisis granulométrico	Adimensional	
			Límites de Atterbergg	Adimensional	
			Peso específico	kg/cm3	
		Estudio de tráfico	CBR	%	Razón
			IMDA	veh/año	
			Tasa de crecimiento	%	
			Número repeticiones ejes equivalentes	Adimensional	
		Parámetros de diseño	Período de diseño	años	Razón
			Confiability	%	
			Serviciabilidad	Adimensional	
			Desviación estándar total So	Adimensional	
		Diseño estructural	Número estructural	Adimensional	Razón
			Resistencia media flexo tracción	Mpa	
Coefficiente de drenaje de capa	Adimensional				
Coefficiente de transmisión de cargas	Adimensional				
			Espesor de capa	cm	

Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Nivel de investigación

Investigación descriptiva

3.1.2 Diseño de investigación

Investigación aplicada

3.2 Población y Muestra De Estudio

3.2.1 Población

Avenida principal Julián Arce del distrito de Laredo, cuya longitud es de 2 Km

3.2.2 Muestra

Avenida principal Julián Arce del distrito de Laredo, cuya longitud es de 2 Km

3.3 Diseño de investigación

Se propone realizar un diseño que involucra estudios para determinar la clasificación física-mecánica del suelo subrasante, así como evaluar las cargas generadas por el tráfico vehicular, la capacidad de Serviciabilidad y la confiabilidad. Este diseño se basará en una metodología descriptiva, lo que implica recopilar información detallada para determinar el diseño adecuado del pavimento utilizando la metodología ASSHTO 93.

- Análisis de tráfico vehicular (W18)
- Tomar criterios de confiabilidad (R) y Serviciabilidad (So).
- Consideraciones de pérdida de Serviciabilidad.

3.4 Técnicas e Instrumentos De Investigación

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

En la presente investigación se hará uso de la técnica de la observación y exploración para llevar a cabo los estudios de suelos y tráfico y determinación de características del pavimento. Además, se hará uso de la técnica del análisis de datos ya que se recurrirá a manuales y normas para del diseño de pavimento rígido.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Se hará uso de instrumentos como la guía de observación, cuyos formatos servirán para determinar los parámetros que son necesarios para un diseño estructural; como conteo vehicular, coeficiente de drenaje, etc.; también se empleará las fichas de resumen como son el manual de carreteras, año 2008 y 2014 :suelo,geologia,geotecnia y pavimentos, la guía AASHTO 93 para sobrellevar el procedimiento que nos brinda y poder realizar el correcto diseño del pavimento rígido, y entre otros.

3.5 Procesamiento y Análisis De Datos

El procesamiento y análisis de datos del diseño de pavimento rígido se a iniciado realizando la toma de muestras del suelo donde irá el pavimento, esta toma de muestras se ha desarrollado mediante pozos de exploración o calicatas con una profundidad de 1.50 m. Con estas muestras se realiza un estudio de mecánica de suelos para hallar la resistencia del terreno en la zona de estudio; principalmente el valor que necesitamos es el CBR del suelo.

Posteriormente se realiza el estudio de tráfico para determinar la intensidad de tráfico o el nivel de volumen de vehículos que pasa por la vía de estudio, para esto se hace un conteo vehicular en un punto fijo ubicado a lo largo de la vía donde tendremos que contar uno a uno todos los tipos de vehículos que pasan tanto de ida como de vuelta, durante 24 horas y 7 días de la semana; todo esto con la finalidad de hallar el valor o la cantidad de ejes equivalentes o también llamados ESALs.

Con los valores obtenidos de los 2 estudios anteriormente mencionados se va a hallar los espesores de las capas del pavimento incluido la losa de concreto, para ello se hará uso de una formula iterativa proporcionada por el método AASHTO 93.

Toda esta información se tendrá que registrar y trabajar en los siguientes programas:

- Microsoft Word: Se utilizará en la redacción final del informe.
- Microsoft Excel: Procesador de datos para el estudio de suelos y tráfico
- Google Earth: Para la determinación de imágenes satelitales de los distintos puntos de la avenida Julián Arce.
- AutoCAD 2D 2020: Diseño de planta y cortes.

IV. PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 *Análisis e Interpretación de Resultados:*

El inicio de este proyecto, de Diseño Estructural De Pavimento Rígido de la Av. Principal Julián Arce, es identificar y conocer los diferentes aspectos del lugar o zona donde se realizará el diseño, con el objetivo de obtener los resultados adecuados.

IDENTIFICACION DE LA ZONA:

La avenida Julián Arce, tiene una trayectoria de 2.10 kilómetros a lo largo, originándose desde el ovalo Laredo y finalizando perpendicularmente con la Avenida El Ángel y el jirón San Ignacio.

CLIMA DE LA ZONA.

La zona en donde se encuentra ubicado la Av. Julián Arce (Laredo) le corresponde el clima árido de tipo desértico, semi cálido, con lluvia deficiente. La temperatura varía de acuerdo con las estaciones, pero la temperatura media anual es de 20 °C, en invierno 11 °C - verano 30 °C. La humedad relativa se mantiene entre 70 y 90 %, registrándose en la temporada de invierno neblina por la mañana. Lo vientos predominantemente tienen la dirección sur- oeste. Su velocidad máxima es 42 Km/h aprox. La nubosidad es parcial, es decir el cielo no está totalmente cubierto por nubes.

4.1.1 Estudio de caracterización del suelo.

Para un debido diseño de pavimento se efectuó los estudios de mecánica de suelos para poder obtener resultados precisos durante el desarrollo. Ejecutando los estudios correspondientes, se llegó a conseguir los datos precisos para el diseño del pavimento rígido.

4.1.1.1 Exploración de campo

Se realizaron 3 excavaciones en el terreno de la Avenida Julián Arce, con una profundidad de 1.50 metros a partir de la superficie existente. Estas excavaciones se llevaron a cabo a lo largo de un tramo de 2 kilómetros. Además, se tomaron 3 muestras durante este proceso. A continuación, mostramos la siguiente información en la Tabla 2. y (Fig. 19.):

Tabla 2

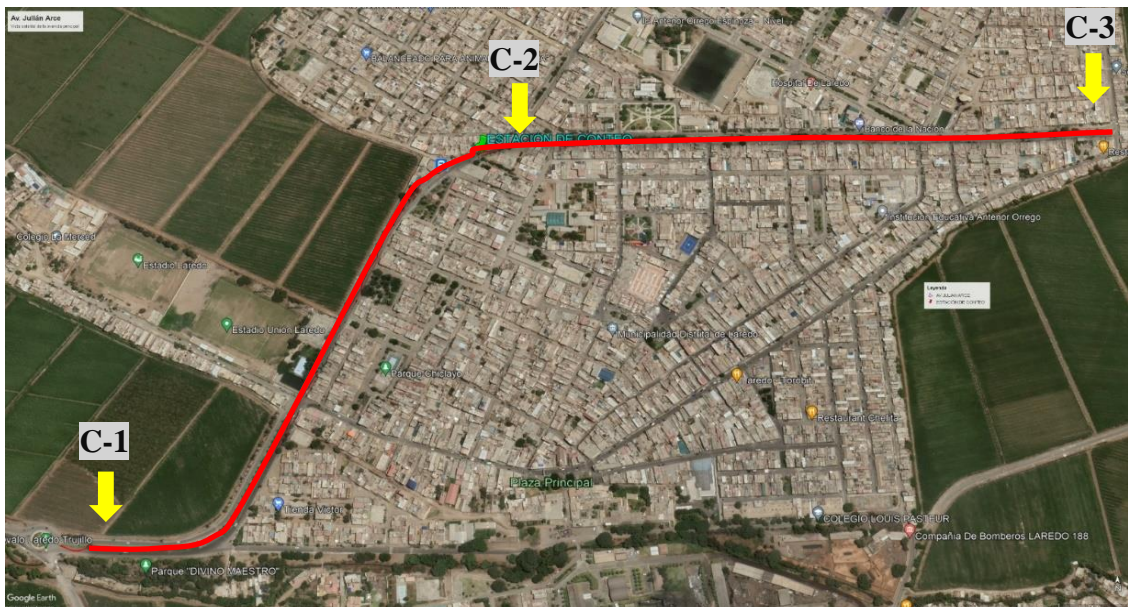
Ubicación de calicatas

N° DE CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	UBICACIÓN
C-1	M-1	1.50	Ovalo De Laredo- Inicio De La Av. Julian Arce
C-2	M-2	1.50	Cerca de la intersección de Av.Julian Arce y Alfonso Ugarte
C-3	M-3	1.50	Cerca de la intersección de Av.Julin Arce y Avenida Angel

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19

Plano de ubicación d calicatas de la Av. Julian Arce.



Fuente: google maps

4.1.1.2 Ensayos De Laboratorio:

Las muestras de ensayo fueron analizadas por el laboratorio CECAPED mediante contratación personal. Las cuales se llevaron a cabo un total de 3 calicatas, donde se tomó 1 muestra por calicata. (Anexo 3).

Contenido de humedad

Es un parámetro que cuantifica la proporción de agua presente en una muestra de suelo en relación con el peso del sólido seco en el horno. A continuación, se presenta la Tabla 3 que contiene los valores obtenidos para este indicador.

Tabla 3

Contenido de humedad

Nº DE CALICATA	MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD
C-1	M-1	1.15%
C-2	M-2	1.01%
C-3	M-3	1.27%

Fuente: Elaboración propia.

Análisis granulométrico por tamizado

La granulometría se refiere a la distribución de los diferentes tamaños de partículas y sedimentos presentes en una muestra de suelo. A continuación, se presenta la Tabla 4 que muestra la distribución de tamaños de partículas en la muestra.

Tabla 4

Análisis de granulometría

N° DE CALICATA	MUESTRA	% GRAVA	% ARENA	% FINO
C-1	M-1	0.00%	98.30%	1.70%
C-2	M-2	0.00%	98.90%	1.10%
C-3	M-3	0.00%	98.60%	1.40%

Fuente: Elaboración propia.

Se elaboró un cuadro con el objetivo de recopilar los datos precisos de cada ensayo realizado para determinar la granulometría, clasificaciones según los métodos AASHTO y SUCS, así como los datos de Proctor y CBR. Se incluyeron los ensayos planificados, los cuales se detallan en la Tabla 5 a continuación.

Tabla 5

Ensayo de suelo

CALICATA	COORDENADAS UTM (WGS84)		MUESTR.	PROF. (m)	PROF. DE MUESTREO (m)	HUMEDAD NATURAL (%)	GRANULOMETRIA % QUE PASA			LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACIÓN		PROCTOR		CBR 0.1"		
	COORD. X	COORD. Y					N°4	N° 40	N° 200	LL	LP	IP	AASHTO	SUCS	DESCRIPCIÓN	M.D.S (g/cc)	O.C.H (%)	100%	95%
CALICATA 1	2,375,343.86	29,871,771.64	M1-C1	1.50	1.50	1.15%	100	96.9	1.7	N.P	N.P	-	A-3(0)	SP	Arena mal graduada de color gris, con presencia de humedad 1.15%, de compactación media, textura aspera y sin plasticidad.	1.68	8.03	13%	8%
CALICATA 2	2,377,354.06	29,873,776.59	M1-C2	1.50	1.50	1.01%	100	96.8	1.1	N.P	N.P	-	A-3(0)	SP	Arena mal graduada de color gris, con presencia de humedad 1.01%, de compactación media, textura aspera y sin plasticidad.	1.67	8.15	15%	8%
CALICATA 3	2,380,584.27	29,873,821.00	M1-C3	1.50	1.50	1.27%	100	96.8	1.4	N.P	N.P	-	A-3(0)	SP	Arena mal graduada de color gris, con presencia de humedad 1.27%, de compactación media, textura aspera y sin plasticidad.	1.68	8.08	18%	9%

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Estudio de tráfico.

Con el propósito de realizar una evaluación cuantitativa y clasificación por tipo de vehículo, así como determinar el volumen de tráfico de la Av. Julián Arce, se llevó a cabo un conteo vehicular. Este análisis se realiza con el objetivo de respaldar el diseño vial propuesto.

El conteo vehicular se realizó por un periodo de 24 horas durante los 7 días de la semana, empezando el Domingo 11/12/2022 al sábado 17/12/2022. La ubicación del punto o estación de conteo fue la siguiente: Cerca a la intersección de Av. Julián Arce y Alfonso Ugarte. En el (Anexo. 4) se detalla el conteo vehicular que se realizó para la investigación.

En la (Fig. 20) se puede visualizar la ubicación del punto o estación de conteo.

Figura 20

Ubicación de estación de conteo vehicular



Fuente: Google Maps

Tráfico vehicular semanal

Se realizó el análisis vehicular semanal en la Av. Julián Arce y se obtuvieron los resultados a mostrar en la siguiente Tabla .6 y en el (Anexo. 5) se podrá visualizar de manera más detallada.

Tabla 6*Tráfico vehicular semanal*

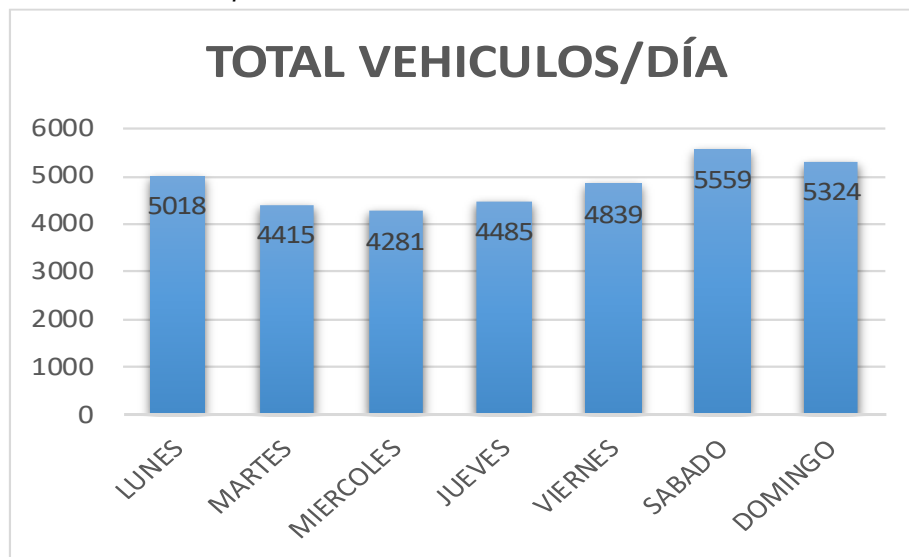
TIPO DE VEHICULO	DÍAS DE LA SEMANA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
Automóvil	2643	2280	2217	2319	2616	3235	3554
Station Wagon	392	355	329	349	316	383	340
Pick Up	691	625	574	620	821	863	710
Panel	25	10	10	11	6	5	9
Combi Rural	951	917	930	958	860	830	594
Micro Bus	26	28	28	31	44	82	5
B2	19	12	13	15	23	24	18
B3	1	0	0	0	1	3	0
B4	0	0	0	0	0	0	0
C2	217	160	130	152	120	103	68
C3	38	16	33	16	18	19	16
C4	3	3	1	4	2	1	1
2S1	0	0	0	0	0	0	0
2S2	1	1	0	0	1	0	1
2S3	0	0	1	1	4	3	1
3S1	0	1	0	0	0	0	0
3S2	0	0	1	1	0	0	0
>=3S3	6	4	7	6	6	4	6
2T2	0	0	2	0	0	0	0
2T3	0	0	0	0	0	0	0
3T2	0	1	1	0	1	0	0
>=3T3	5	2	4	2	0	4	1
TOTAL DE VEHICULOS	5018	4415	4281	4485	4839	5559	5324

Fuente: Elaboración propia.

A través de los gráficos de barras representados en la Figura 21, se puede observar la variación del número total de vehículos a lo largo de la semana

Figura 21

Total, de vehículos por día



Fuente: Elaboración propia.

Tráfico proyectado

Con el objetivo de estimar el tráfico previsto en la Av. Julián Arce en los próximos 20 años, se llevó a cabo un análisis que incluye la evaluación del tráfico actual, el índice de crecimiento poblacional anual y el índice de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) anual. Todo esto se realiza con el fin de obtener la proyección del tráfico futuro.

Para obtener los valores necesarios de las tasas de crecimiento, se consideraron los factores indicados en la ficha técnica estándar para carreteras interurbanas del sector transporte, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Factor de crecimiento anual

DEPARTAMENTO	TASA DE CRECIMIENTO DE VEHICULOS LIGEROS	TASA DE CRECIMIENTO DE VEHICULOS PESADOS
LA LIBERTAD	1.26%	2.83%

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando las tasas de crecimiento mencionadas anteriormente, se llevó a cabo un análisis para proyectar el tráfico hasta el año 2024. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 8, donde se presentan los datos correspondientes al tráfico proyectado para cada año.

Tabla 8

Trafico proyectado 2022-2024

TIPO DE VEHÍCULO	AÑO BASE	AÑO 1	AÑO 2
	2022	2023	2024
Automóvil	1404	1404	1422
Station Wagon	183	183	185
Pick Up	365	365	370
Panel	6	6	6
Combi Rural	449	449	455
Micro Bus	18	18	18
B2	11	11	11
B3	0	0	0
B4	0	0	0
C2	85	85	87
C3	14	14	14
C4	1	1	1
2S1	0	0	0
2S2	0	0	0
2S3	1	1	1
3S1	0	0	0
3S2	0	0	0
>=3S3	3	3	3
2T2	0	0	0
2T3	0	0	0
3T2	0	0	0
>=3T3	2	2	2
TRAFICO NORMAL	2542	2542	2575

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

Análisis de ejes equivalentes

Para obtener el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn, en el periodo de diseño, en la Av. Julián Arce, se hará uso de la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados.

$$N_{rep\ de\ EE_{8.2\ tn.}} = \sum [EE_{día-carril} * F_{ca} * 365]$$

Sabiendo que:

$$EE_{día-carril} = IMD_{pi} * F_d * F_c * F_{vpi} * F_{pi}$$

Considerando las pautas que nos ofrece el MTC y tomando en cuenta el pavimento a proyectar en la ruta estudiada se obtiene el factor Direccional (Fd) y el Factor Carril (Fc), estos datos se visualizan en la Tabla 9.

Tabla 9

Factor direccional (Fd) y Factor carril (Fc)

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)
1 calzada	2 sentidos	1	0.50	1.00

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

Utilizando un criterio de evaluación anual durante un período de 365 días y considerando el tráfico proyectado para 20 años, se calcularon los datos de Equivalent Single Axle Load (ESAL) para cada tipo de vehículo. Estos datos se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10

Numero de ejes equivalentes en el periodo de diseño

TIPO DE VEHICULO	IMDA	Factor Direccional Fd	Factor Carril Fc	factor Camión Fvp	Factor Presión Neumaticos Fp	EE día-Carril	Fca	Días del año	ESAL
Automóvil	1422	0.50	1.00	0.001	1.00	0.621	22.585	365	5115
Station W.	185	0.50	1.00	0.001	1.00	0.081	22.585	365	666
Pick Up	370	0.50	1.00	0.001	1.00	0.161	22.585	365	1331
Panel	6	0.50	1.00	0.001	1.00	0.003	22.585	365	22
Combi Rural	455	0.50	1.00	0.001	1.00	0.199	22.585	365	1637
Micro Bus	18	0.50	1.00	0.001	1.00	0.008	22.585	365	65
B2	11	0.50	1.00	4.608	1.00	25.342	26.411	365	244294
B3	0	0.50	1.00	3.616	1.00	0.000	26.411	365	0
B4	0	0.50	1.00	4.583	1.00	0.000	26.411	365	0
C2	87	0.50	1.00	4.608	1.00	200.433	26.411	365	1932144
C3	14	0.50	1.00	4.731	1.00	33.116	26.411	365	319232
C4	1	0.50	1.00	4.958	1.00	2.479	26.411	365	23898
2S1	0	0.50	1.00	7.942	1.00	0.000	26.411	365	0
2S2	0	0.50	1.00	8.066	1.00	0.000	26.411	365	0
2S3	1	0.50	1.00	8.773	1.00	4.386	26.411	365	42283
3S1	0	0.50	1.00	8.066	1.00	0.000	26.411	365	0
3S2	0	0.50	1.00	8.189	1.00	0.000	26.411	365	0
>=3S3	3	0.50	1.00	8.896	1.00	13.344	26.411	365	128631
2T2	0	0.50	1.00	11.277	1.00	0.000	26.411	365	0
2T3	0	0.50	1.00	11.400	1.00	0.000	26.411	365	0
3T2	0	0.50	1.00	11.400	1.00	0.000	26.411	365	0
>=3T3	2	0.50	1.00	11.524	1.00	11.524	26.411	365	111086
TOTAL	2575								2,810,403

Fuente: Elaboración propia.

Según nuestro dato obtenido de Número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL), se ubica a la Av. Julián Arce con un tráfico pesado del tipo TP_6 ; cuyos rangos se observan en la (Fig. 22)

Figura 22

Tipo y rangos de tráfico pesado expresado en EE

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T_{P0}	$> 75,000 \text{ EE} \leq 150,000 \text{ EE}$
T_{P1}	$> 150,000 \text{ EE} \leq 300,000 \text{ EE}$
T_{P2}	$> 300,000 \text{ EE} \leq 500,000 \text{ EE}$
T_{P3}	$> 500,000 \text{ EE} \leq 750,000 \text{ EE}$
T_{P4}	$> 750,000 \text{ EE} \leq 1'000,000 \text{ EE}$
T_{P5}	$> 1'000,000 \text{ EE} \leq 1'500,000 \text{ EE}$
T_{P6}	$> 1'500,000 \text{ EE} \leq 3'000,000 \text{ EE}$
T_{P7}	$> 3'000,000 \text{ EE} \leq 5'000,000 \text{ EE}$
T_{P8}	$> 5'000,000 \text{ EE} \leq 7'500,000 \text{ EE}$
T_{P9}	$> 7'500,000 \text{ EE} \leq 10'000,000 \text{ EE}$
T_{P10}	$> 10'000,000 \text{ EE} \leq 12'500,000 \text{ EE}$
T_{P11}	$> 12'500,000 \text{ EE} \leq 15'000,000 \text{ EE}$
T_{P12}	$> 15'000,000 \text{ EE} \leq 20'000,000 \text{ EE}$
T_{P13}	$> 20'000,000 \text{ EE} \leq 25'000,000 \text{ EE}$
T_{P14}	$> 25'000,000 \text{ EE} \leq 30'000,000 \text{ EE}$
T_{P15}	$> 30'000,000 \text{ EE}$

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

De la (Fig. 22) es necesario precisar que se considera caminos con bajo volumen de tráfico a los ubicados entre el tipo TP_0 y TP_4 y se le define como caminos de alto volumen de tráfico a los superiores al tipo TP_5 .

Para fines prácticos de desarrollo de la presente tesis se ha optado por utilizar un valor redondeado de 2,810,000 EE.

4.1.3 Diseño de pavimento Rígido, Según metodología AASHTO 93

En este diseño, se emplea un enfoque iterativo en el que se asumen diferentes espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 1993 alcance el equilibrio.

$$\log_{10}(W_{8.2}) = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_1) \log_{10}\left(\frac{(M_r C_{dx})(0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right)$$

Los parámetros que intervienen son:

4.1.3.1 Período de diseño.

El período de diseño a ser empleado en el presente trabajo de diseño de pavimento rígido será de 20 años.

4.1.3.2 Variables

A. Número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn ($W_{8.2}$)

De los datos obtenidos en la tabla ... se tiene

$$W_{8.2} = 2,810,000 \text{ EE}$$

B. Índice de Serviciabilidad (P_0 , P_t , ΔPSI)

Se define como la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía. El valor que se ingresará a la ecuación será la diferencia entre la Serviciabilidad inicial y final (ΔPSI). El manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTC) plantea estos valores en función del rango de tráfico. Para el presente informe con datos del estudio de tráfico se obtuvo un tráfico TP_6 ; a cuyo tipo le corresponde los siguientes valores: $P_0=4.30$, $P_t=2.50$, $\Delta PSI=1.80$, como muestra la siguiente (Fig. 23).

Figura 23

Índice de Serviciabilidad

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15		>30'000,000	4.50	3.00	1.50

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

C. Nivel de Confiabilidad (%R) y Desviación Estándar Normal (Zr)

Este concepto se incorpora con la finalidad de cuantificar las variaciones propias de los materiales, procesos constructivos y de supervisión que hacen que pavimentos construidos de la “misma forma” presentan comportamientos de deterioro diferente.

El manual de carreteras del MTC establece un cuadro (Fig. 24) para estos valores en función del tipo de tráfico. Los valores obtenidos según el cuadro son:

$$R= 85\%$$

$$Zr= -1.036$$

Figura 24

Nivel de confiabilidad (%R) y Desviación estándar normal (Zr)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T _{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

D. Desviación Estándar (So)

Este valor considera la incertidumbre asociada a la predicción del tráfico y otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. El rango recomendado por AASHTO 93 para este valor está entre 0.30 y 0.40. Para este informe en particular, se ha establecido un valor de $S_o = 0.35$.

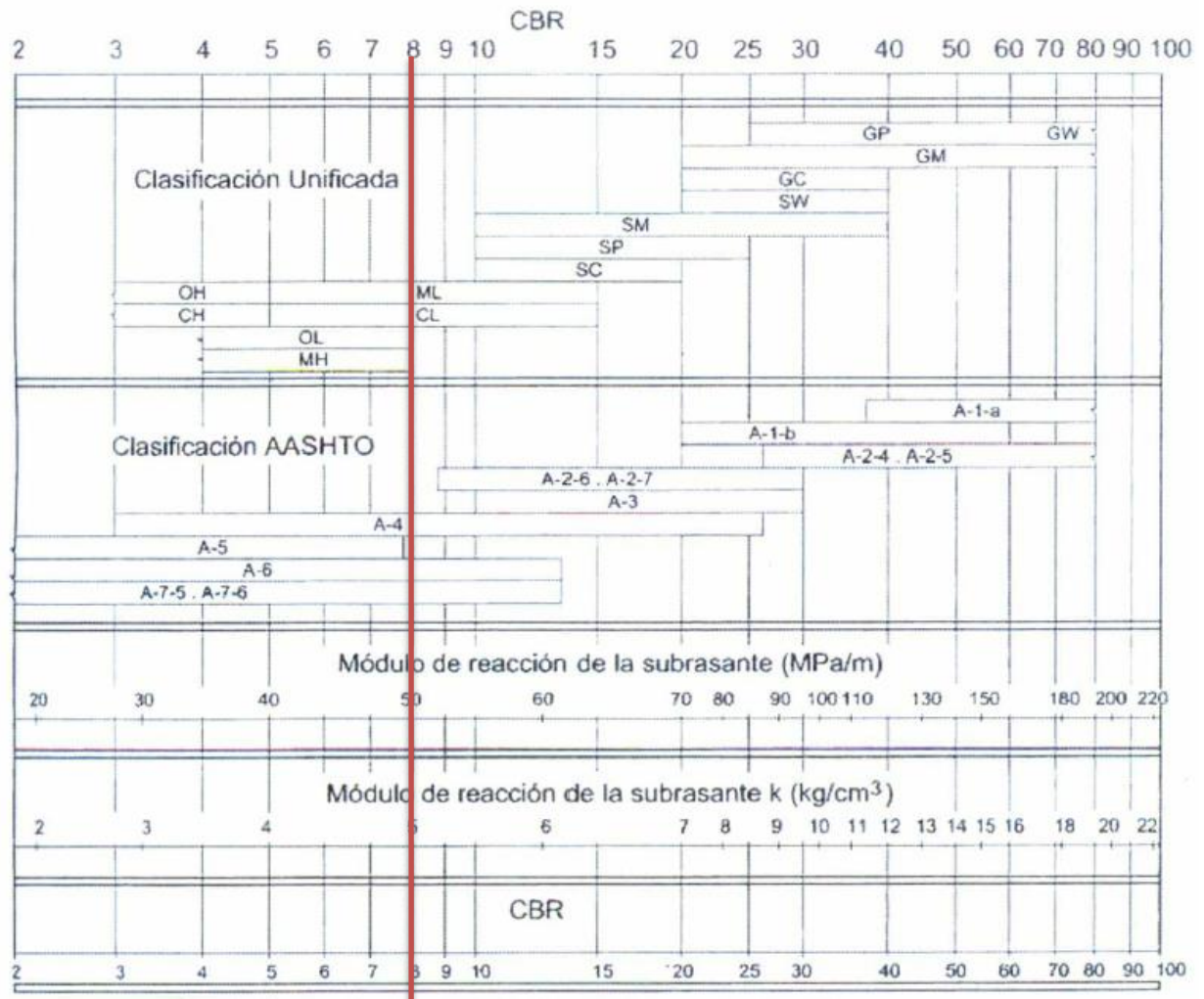
E. Módulo de Reacción de la Subrasante (K)

Para hallar el valor de reacción de la subrasante tomaremos el valor óptimo de nuestro CBR obtenido en el estudio de suelos. Este valor es 8.00%, que al ingresar a la (Fig. 25) se obtiene un valor de:

$$K = 50 \text{ Mpa/m}$$

Figura 25

Correlación CBR y módulo de reacción de la subrasante



Fuente: Por (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014), para uso propio.

F. Resistencia a Flexotracción del concreto (M_r)

Dado que los pavimentos de concreto están sujetos principalmente a fuerzas de flexión, se incorpora este valor en la ecuación AASHTO 93. El módulo de rotura (M_r) está directamente relacionado con el módulo de compresión del concreto mediante la siguiente relación proporcional:

$$M_r = a\sqrt{f'c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$1.99 < a < 3.18$$

Figura 26

Valores recomendados de resistencia de concreto según el rango de tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

Para nuestro tráfico expresado en EE tenemos los siguientes valores:

$$M_r = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3.92266 \text{ MPA}$$

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

G. Módulo de Elasticidad del Concreto (Ec)

AASHTO 93 nos indica que el módulo elástico puede ser estimado usando la siguiente relación:

$$E = 57000 \times (f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

La resistencia a la compresión de la losa de concreto es $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 = 3982.54 \text{ PSI}$. Al reemplazar este valor de la ecuación, obtenemos:

$$E = 3,597,120.02 \text{ PSI} = 24,801.27 \text{ Mpa}$$

H. Coeficiente de Drenaje (Cd)

Este coeficiente representa la probabilidad de que la estructura debajo de la losa de concreto retenga agua libre o humedad durante un cierto período de tiempo. Su valor puede variar entre 0.70 y 1.25, siendo un valor alto indicativo de un buen drenaje. Para este proyecto, se va a asumir un valor de:

$$C_d = 1.00$$

I. Coeficiente de Transmisión de carga en las Juntas (J)

Este valor indica la capacidad de la estructura para transferir cargas entre juntas y fisuras, y está directamente relacionado con el espesor final de la losa de concreto. Su valor depende de factores como la presencia o ausencia de una berma lateral y su tipo, así como la presencia o ausencia de dispositivos de transmisión de cargas, como pasadores.

Para el presente proyecto se considera como soporte lateral un tipo de berma de concreto hidráulico con dispositivos de transmisión de carga (pasadores). Es decir, un valor de:

$$J = 2.8$$

Figura 27

Valores de coeficiente de transmisión de carga (J)

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

4.1.3.3 Cálculo de Espesor de Losa (D)

Mediante un proceso iterativo, se asumen espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 93 llegue al equilibrio. El espesor de concreto calculado finalmente debe soportar el paso de un número determinado de cargas sin que se produzca un deterioro del nivel de servicio inferior al estimado. Se utiliza la siguiente ecuación para determinar el espesor de la losa de concreto:

$$\log_{10}(W_{8.2}) = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) * \log_{10}\left(\frac{M_r * C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 * J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right)$$

Donde:

$$W_{8.2} = 2,810,000$$

$$Z_r = -1.036$$

$$S_o = 0.35$$

$$\Delta PSI = 1.80$$

$$P_t = 2.5$$

$$M_r = 3.92266 \text{ Mpa}$$

$$C_d = 1.00$$

$$J = 2.8$$

$$E_c = 24,801.27 \text{ Mpa}$$

$$K = 50 \text{ Mpa/m}$$

Resolviendo la iteración:

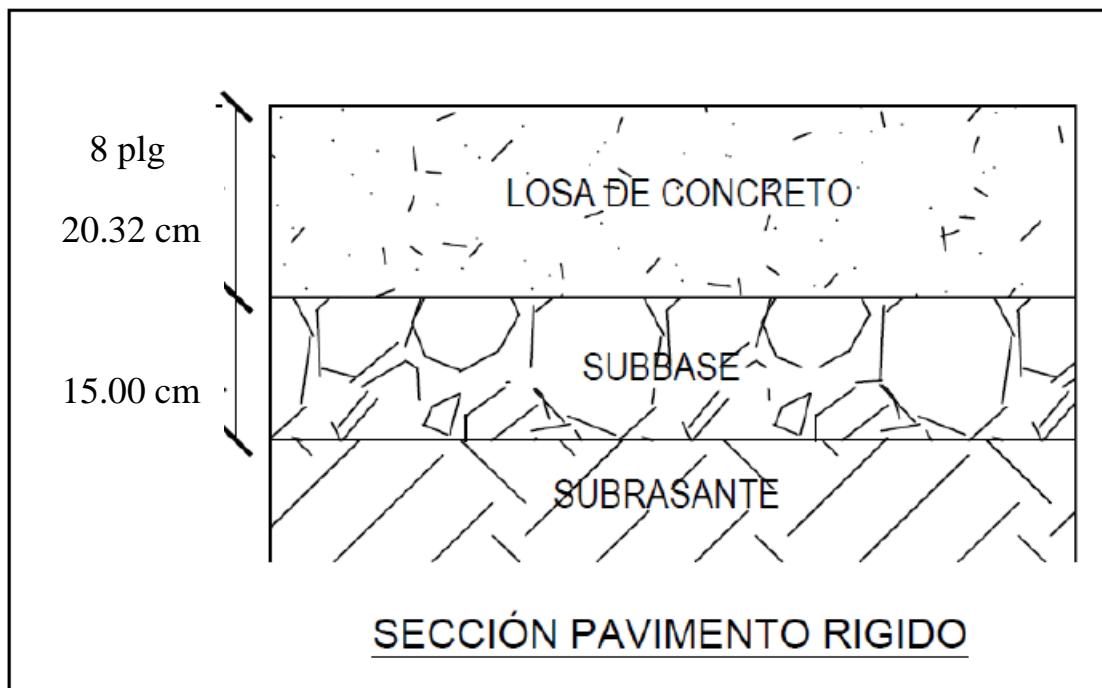
$$6.48515335 = 6.48518051$$

$$D = 201.944 \text{ mm}$$

Para este proyecto en particular, se decidió utilizar una losa de concreto con una resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y un espesor de 8 pulgadas o 20.32 cm. Además, se incluyó una capa de subbase granular con un espesor de 15.00 cm, de acuerdo con los parámetros establecidos por AASHTO 93. El diseño resultante del pavimento rígido se muestra en la Figura 28.

Figura 28

Espesos del pavimento rígido según diseño



Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

4.1.3.4 Dimensionamiento de Losas (Juntas longitudinales y Transversales)

Según las recomendaciones de la guía AASHTO 93, el tamaño de las losas tiene un impacto en la disposición de las juntas transversales y longitudinales. Se sugiere que la longitud de la losa no supere 1.25 veces su ancho y no sea mayor a 4.50 metros. En consecuencia, utilizaremos lo proporcionado en la Figura 29 para tomar en cuenta estas consideraciones.

Figura 29

Dimensiones de losa

ANCHO DE CARRIL (m) = ANCHO DE LOSA (m)	LONGITUD DE LOSA (m)
3.00	3.70
3.60	4.50
3.30	4.10

Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

De la figura anterior y conforme a las dimensiones que tiene la av. Julián Arce nuestras medidas serán:

Ancho de carril = Ancho de losa = 3.00 m

Longitud de losa = 3.70 m

4.1.4 Diseño de Bermas Laterales

Para el proyecto actual, se propone que la calzada de pavimento rígido cuente con bermas de concreto como soporte lateral o de borde. Se seleccionará el tipo de espesor total para estas bermas, que serán una extensión de la estructura del pavimento de la calzada. Estas bermas tendrán un ancho igual o inferior a 1.20 metros y se utilizarán principalmente en pavimentos urbanos, con la posibilidad de emplearlas para futuros trabajos de mantenimiento. Además, se utilizarán barras de amarre en las juntas longitudinales y pasadores en las juntas transversales.

V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Del estudio de tráfico.

Nuestros antecedentes para estudio del presente tema nos plantean que la toma de datos para el estudio de tráfico se obtiene de manera representativa apoyándose de la información brindada por instituciones del estado; tal es el caso del “Diseño de Pavimento Rígido de La carrera número 22 Entre las Calles 15 Y 18 Del Distrito Turístico Y la Cultural De Riohacha - La Guajira-Venezuela” (Lopez, 2020).

Así mismo, en el “Diseño Estructural Del Pavimento Rígido En La Avenida “D” Del AA. HH Los Algarrobos, Piura 2021” (Chapoñan Adanaque & Damian Ayala, 2021). Encontramos que la toma de datos fue realizada de la misma manera, en esta última se encontró un valor de 354 veh/día dando un total de 1,327,682 EE del tipo TP5.

En contraste con nuestro proyecto, llevamos a cabo un conteo de vehículos en un punto específico que experimenta una alta afluencia de tráfico. Este punto se encuentra entre la Av. Julián Arce y Alfonso Ugarte y nos permitió obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDA) y, posteriormente, calcular la carga vehicular de diseño $W_{8.2}$. Para recopilar datos precisos, utilizamos tecnología avanzada, colocando una cámara de video en el mencionado punto y registrando el paso de vehículos de manera continua durante 24 horas al día, durante 7 días consecutivos. Los días seleccionados para el estudio fueron del domingo 11/12/2022 al sábado 17/12/2022. Los resultados obtenidos, proyectados para un periodo de 20 años, indican que el tipo de tráfico es TP6, ya que se obtuvo un valor de $W_{8.2} = 2,810,000$ Equivalentes de Ejes (EE).

Del estudio de mecánica de suelos.

En el estudio denominado “Diseño del pavimento rígido para el Tramo El Empalme (abscisa 0+000) – Celica (abscisa 20+300) de la vía El Empalme – Celica – Amor-Ecuador”. (Castro, 2022). Se encontró suelos con CBR de 7.68% y CBR de 4.28%, este último no pasa el mínimo recomendado de 6% de CBR. Así mismo

en el estudio llamado “Estudio Definitivo De La Pavimentación De La Avenida Túpac Amaru De La Municipalidad Distrital De Llalli-Melgar-Puno”. (ROSSMERY, 2023). Se encontró suelos con un CBR de 11% por lo que la vía en estudio cumplió con los criterios técnicos establecidos.

Para el diseño estructural del pavimento rígido de la Avenida Julián Arce en este proyecto, se llevó a cabo un estudio de mecánica de suelos mediante la realización de 3 calicatas que se distribuyeron a lo largo del tramo de la avenida. Estas calicatas tuvieron una profundidad de 1.50 metros y revelaron la presencia de arena mal graduada y sin plasticidad como material predominante. Los datos y resultados obtenidos de las calicatas, relevantes para el diseño del pavimento, se presentan en la Tabla N° 11.

Tabla 1.

Resultados de estudio de mecánica de suelos para el diseño de pavimentos

CALICATA	Contenido de humedad (%)	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Indice de plasticidad	Humedad óptima (%)	Clasif. AASHTO	Clasif. SUCS	CBR (%)
C-1	1.15%	1.68	-	8.03%	A-3(0)	SP	8%
C-2	1.01%	1.67	-	8.15%	A-3(0)	SP	8%
C-3	1.27%	1.68	-	8.08%	A-3(0)	SP	9%

Fuente: Elaboración propia

Del diseño estructural

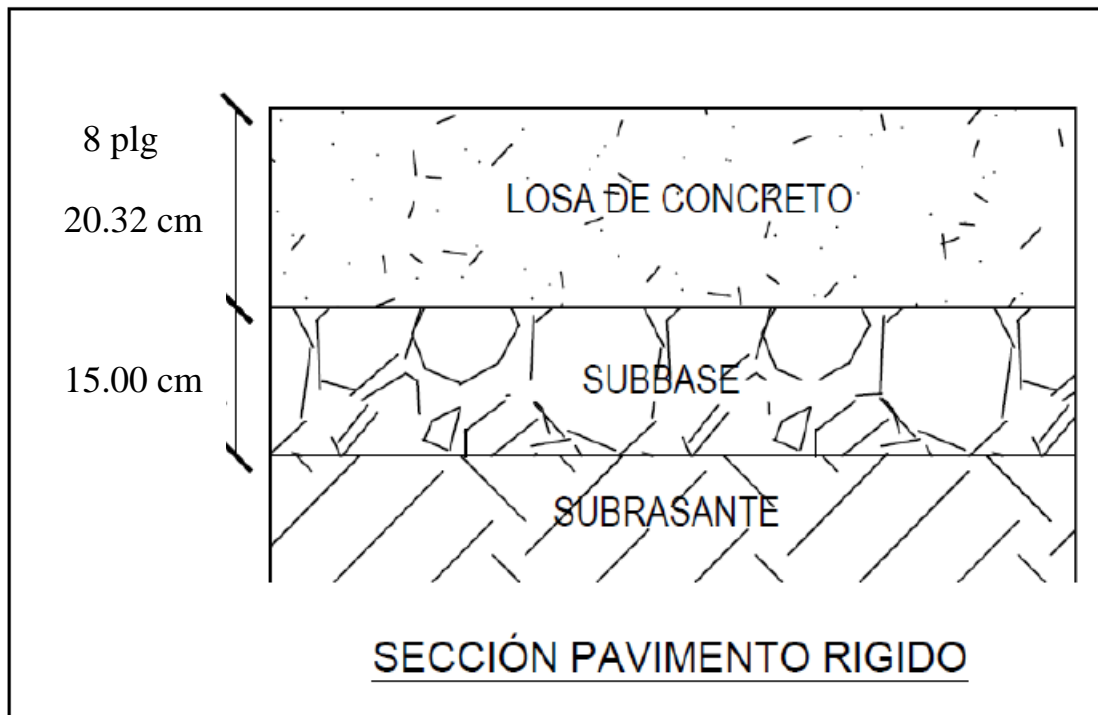
En el estudio titulado "El diseño de Pavimento Rígido De La Carrera 22 Entre Calles 15 Y 18 Del Distrito Turístico Y Cultural De Riohacha - La Guajira-Venezuela" (Lopez, 2020), se determinó que el diseño óptimo para el pavimento rígido consiste en una losa con un espesor de 18 cm. De manera similar, en el estudio denominado "Diseño del pavimento rígido para el Tramo El Empalme (abscisa 0+000) – Celica (abscisa 20+300) de la vía El Empalme – Celica – Alamor-Ecuador" (P. Padilla, 2011)", se encontró que un espesor de losa de 20 cm era adecuado. Además, en el estudio titulado "Diseño Estructural Del Pavimento Rígido En La Avenida 'D' Del AA. HH Los Algarrobos, Piura 2021" (Chapoñan Adanaque & Damian Ayala, 2021), se determinó que la estructura de la losa de concreto requería un espesor de 24

cm. En este proyecto actual, también se ha realizado el cálculo del espesor de todas las capas del pavimento rígido.

El diseño estructural del pavimento rígido se ha desarrollado utilizando la metodología AASHTO 93, y los resultados obtenidos se presentan en la Figura 33.

Figura 30

Espeso del pavimento rígido según diseño



Fuente: (Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos., 2014)

De igual manera, la losa de concreto utilizada en nuestro proyecto tiene una resistencia de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. La subbase debe cumplir con un valor de CBR no inferior al 40% cuando está compactada al 100% de la MDS (Máxima Densidad Seca), mientras que la subrasante, de acuerdo con el presente proyecto, tiene un CBR de 8.00% cuando se compacta al 95% de la MDS. Por lo tanto, podemos afirmar que el estudio realizado en este proyecto cumple con todos los parámetros de diseño estándar.

CONCLUSIONES

El estudio de tráfico revela que el número de repeticiones de eje equivalentes de 8.2 tn (ESAL) para el pavimento rígido es de 2,810,000 EE, con un periodo de diseño de 20 años.

En el estudio de mecánica de suelos, se encontró que las 3 calicatas realizadas mostraron la presencia de una arena mal graduada sin plasticidad. El CBR de diseño de la subrasante se determinó como 8.00%, lo que indica que el suelo es de calidad regular y adecuado para soportar el pavimento.

Todos los parámetros de diseño del pavimento rígido han sido hallados de la manera más precisa para evitar posibles errores en el diseño al aplicar la fórmula iterativa que nos ofrece el método AASHTO 93.

El diseño estructural del pavimento rígido se llevó a cabo utilizando la metodología AASHTO 93, lo que resultó en un espesor de losa de concreto de 8 pulgadas o 20.32 centímetros, junto con una subbase de 15 centímetros.

La elección del tipo de berma lateral más adecuado para nuestro diseño de pavimento rígido ha sido determinada con el más alto criterio basándonos en la durabilidad y calidad del proyecto, es por ello que se ha elegido el tipo de berma de concreto de espesor total (ancho de 1.20 m).

RECOMENDACIONES

Se recomienda tener mucho criterio y observación en la toma de datos del estudio y conteo vehicular ya que de esto depende nuestro ESALs y por lo tanto todo el diseño del pavimento rígido.

Para el estudio de suelos es de suma importancia la buena práctica en la toma de las muestras debido a que esto nos garantizará obtener el valor más preciso del CBR y por lo tanto determinar si nuestro suelo es apto o en su defecto necesitaría algún proceso de estabilización de suelos y lograr una adecuada subrasante en el diseño.

Para la determinación de todos los parámetros del diseño del pavimento estructural, es de suma importancia seguir las recomendaciones que nos da el manual de carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos otorgada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Para el diseño estructural del pavimento rígido aplicando la fórmula iterativa que nos brinda el método AASHTO 93, es necesario tener un buen criterio a la hora de elegir el espesor de losa final, ya que debemos considerar que al valor que obtenemos lo debemos reemplazar por el mayor valor comercial más próximo.

Para el diseño de bermas laterales se recomienda usar la del tipo de concreto, esto debido a la facilidad, durabilidad y practicidad durante el proceso constructivo dado que justamente nuestro pavimento es de losa de concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ecoasfalt. (15 de Marzo de 2023). *Ecoasfalt*. Obtenido de <https://www.ecoasfalt.es/consecuencias-del-asfalto-en-mal-estado-de-conservacion/>
- Araújo, M. A. (2016). *Análisis comparativo de los métodos de suelo pavimento duro (hormigón) x flexible (asfalto)*. Recuperado el 23 de 10 de 2020, de <https://nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-civil/metodos-de-pavimentacao-2>
- Castro, J. J. (2022). *DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO POR EL MÉTODO AASHTO 93 Y PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) APLICADO EN LA CALLE 6 ENTRE CARRETERA 8 Y 7 DEL MUNICIPIO DE SAN LUIS TOLIMA-COLOMBIA*. Ecuador.
- Chapoñan Adanaque, L., & Damian Ayala, G. (2021). *Diseño Estructural Del Pavimento Rígido En La Avenida "D" Del AA.HH Los Algarrobos, Piura 2021*. Piura.
- Cruz, L. J., & Andrade, C. A. (2019). *Propuesta De Diseño De Pavimento Rígido De La Vía Virgen De Fátima – Naranjal (km 11) -Taura*. Recuperado el 23 de 10 de 2020, de <http://dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/46908>
- Emilio Ortega Pérez, B. M. (19 de Noviembre de 2020). *The Conversation*. Obtenido de <https://www.climatica.lamarea.com/cambio-climatico-infraestructuras-transporte/>
- FINANZAS, M. D. (Enero de 2023). *Ficha Técnica Estandar Para Carreteras Interurbanas Sector Transporte*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/ficha_tecnica/transporte/1a_Ficha_Tecnica_Estandar_para_Carreteras_Interurbanas-Sector_Transporte.xlsm
- González, R. (12 de Enero de 2022). *Scidev*. Obtenido de <https://www.scidev.net/america-latina/news/cambio-climatico-deteriora-el-pavimento-de-concreto/>
- Grupo Bitafal. (27 de Mayo de 2020). *Grupo Bitafal*. Obtenido de <https://bitafal.com.uy/deterioro-pavimentos/>
- Informe Final Estudio de Suelos, Cantera Diseño De Pavimentos Tramo I. (2016).
- Latinoamericano-Edicion internacional. (Abril - Julio de 2016.). Carretera central. *Vialidad y transporte, Año 2(N° 5)*. Obtenido de <https://ilievlima.org/pdf/Revistas/vialidad-y-transporte/VIALIDAD%20Y%20TRANSPORTE%20EDICI%C3%93N%2005.pdf>

- Lopez, C. J. (2020). *Diseño En Pavimento Rígido De La Carrera 22 Entre Calles 15 Y 18*. BOGOTÁ D.C.
- Ministerio De Economía y Finanzas. (Febrero de 2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación*. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-02690.
- MTC. (2014). *Manual De Carreteras: Suelo, geología, geotecnia y pavimentos*.
- MTC. (2014). *Manual Para El Diseño De Carreteras Pavimentadas De Bajo Volumen De Transito*.
- Neri Diaz, B., & Solorzano Avila, J. (2022). *Diseño estructural de pavimento rígido en la Avenida Larco desde Avenida Fátima hasta litoral de Buenos Aires, distrito de Víctor Larco Trujillo – la Libertad*. Trujillo.
- Oliveros, D. (febrero de 2020). *Diseño de pavimentos rígidos*. Obtenido de <https://www.docsity.com>: <https://www.docsity.com/es/pavimentos-rigidos-diseno/5311297/>
- Orozco, A. V. (22 de Enero de 2020). <http://cleversoft.euteco.com.mx>. Obtenido de <http://cleversoft.euteco.com.mx/respaldos/archive/UTEC/1824/archive/b91e.pdf>
- PROCCSA. (s.f.). *Ingeniería Civil/ Vías Terrestres*. Obtenido de <https://www.proccsa.com.mx/diseño-de-pavimentos.html>
- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010, Pavimentos*. (2010).
- ROSSMERY, C. P. (2023). *Diseño Estructural De Pavimento Rígido Para Infraestructura Vial - Comunidad Pomacocha -Junin*.
- Sánchez Bravo, K. (2022). *Diseño estructural del pavimento para mejorar su transitabilidad en la Av. El Sol del AA.HH. Víctor Raúl Haya de la Torre - La Esperanza - Trujillo - La Libertad*. Trujillo.
- SUTRAN. (ENERO de 2023). *Cartografía SUTRAN*. Obtenido de <http://sig.sutran.gob.pe/mapas/mapa.php>
- Universidad Mayor De San Simón. (2004). *Pavimentos*. Cochabamba, Bolivia.
- Víctor Manuel Bonilla Ureña, J. A. (2017). *Análisis del comportamiento estructural de un pavimento de concreto estructuralmente reforzado continuo (PCERC)*. Sanfandila, Queretaro-Mexico: Publicación Técnica No. 509.

Zambrano, W. E. (2016). *Diseño Estructural de pavimentos*. Machala-Ecuador: Ediciones Utmach.

ANEXOS

ANEXO 1
A-1 PLANO DE UBICACIÓN.

A-1, Fig. 1 Av. Principal Julián Arce del distrito de Laredo- tramo comprendido entre el ovalo de Laredo y Av. El Ángel



Fuente: Google Maps

ANEXO 2

**A-2 FOTOGRAFIAS DE LA AVENIDA JULIAN ARCE EN EL ESTADO EN QUE
SE ENCUENTRA.**

A-2, Fig. 1 Avenida Julián Arce, pavimento deteriorado por obras de saneamiento, carril Derecho (Intersección con la calle los claveles).



Fuente: Fotografía propia- Año 2023

A-2, Fig. 2 Avenida Julián Arce, pavimento flexible deteriorado, carril derecho (intersección con la calle Los Jazmines).



Fuente: Fotografía Propia, año 2023

ANEXO 3

A-3 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

ESTUDIO GEOTECNICO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE – DISTRITO DE LAREDO



UBICACIÓN:
AV. JULIAN ARCE

DISTRITO:
LAREDO

PROVINCIA:
TRUJILLO

DEPARTAMENTO:
LA LIBERTAD

MARZO - 2023

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

1.	GENERALIDADES	4
1.1.	Objetivo del estudio	4
1.2.	Normatividad	4
1.3.	Ubicación y descripción del área de estudio	4.
1.4.	Alcance del estudio de mecánica de suelos (EMS)	4
1.5.	Acceso al área de estudio	4.
1.6.	Condición Climática y altitud de la zona	4
1.7.	Metodología	5
1.8.	Alcance de estudio de mecánica de suelos (EMS).....	5
1.9.	Nombre del Proyecto:.....	5
2.	Investigación de campo	5
2.1.	Registro de calicatas.....	5
2.2.	Muestreo de suelos.....	6
2.3.	Presencia de nivel freático	6
3.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	6
3.1.	Ensayos Estándar	6
3.1.1.	Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM-D-422 / NTP 400.012).....	6
3.1.2.	Contenido de Humedad Natural (ASTM-D-2216 / NTP 339.127)	7
3.1.3.	Peso Específico Relativo de Sólido (ASTM-D-854).....	7
3.1.4.	Límites de Consistencia Límite Líquido: ASTM-D-423 Límite Plástico: ASTM-D-424(NTP 339.129 PARA LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO)	7
3.2.	Ensayos Especiales	8
3.2.1.	ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (ASTM -D -1557).....	8
3.2.2.	. ENSAYO DEL CBR (ASTM -D -1883)	10

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

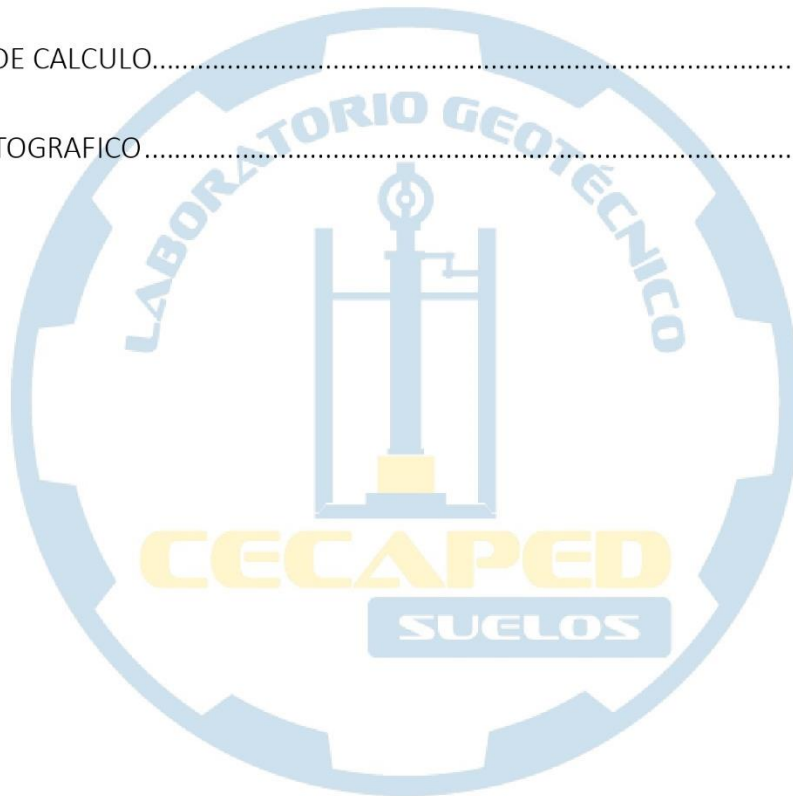




PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

4. PERFILES DE SUELO	12
5. CONCLUSIONES.....	14
5.1. Conclusiones.....	14
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
7. HOJAS DE CALCULO.....	18
8. PANEL FOTOGRAFICO.....	19



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📠 946-227-318/ 📠 (044)6986044


Edwin W. Delgado Florin
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

1. GENERALIDADES

1.1. Objetivo del estudio

El presente informe tiene como objetivo conocer las características geotécnicas del suelo con fines de pavimentación para la realización del proyecto “DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE”.

1.2. NORMATIVIDAD

El estudio es realizado teniendo como base las siguientes normas:

- Norma CE – 10 “Pavimentos Urbanos”.
- Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones vigentes. Manual de Carreteras – Sección Suelos y Pavimentos vigente.
- Manual de Carreteras - EG – 2013 Especificaciones técnicas generales para construcción vigente.
- Normas Técnicas Peruanas (NTP) vigentes.
- Normas ASTM, códigos o guías complementarias.

1.3. Alcance del estudio de mecánica de suelos (EMS)

El presente estudio es válido solamente dentro de los límites del área del proyecto y con fines de atención al proyecto referido. En el presente informe se presenta la descripción de los trabajos realizados en campo y laboratorio, los resultados de los análisis efectuados y las conclusiones obtenidas del estudio geotécnico efectuado en el terreno de estudio y para el proyecto denominado “DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE”

Condición Climática y altitud de la zona

En TRUJILLO, los veranos son cortos, calurosos, bochornosos y nublados; los inviernos son largos, cómodos y parcialmente nublados y está seco durante todo



PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 17 °C a 26 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube a más de 28 °C.

1.4. Metodología

Con la finalidad de cumplir con el programa de trabajo, se realizaron las siguientes actividades:

- Búsqueda, recopilación y análisis de los antecedentes
- Inspección visual de campo
- Investigación de campo (calicatas, densidad)
- Ensayos de laboratorio
- Elaboración del perfil estratigráfico
- Análisis de la cimentación
- Conclusiones y Recomendaciones.

1.5. Alcance de estudio de mecánica de suelos (EMS)

El presente estudio es válido solamente dentro de los límites del área del proyecto y con fines de atención al proyecto referido. En el presente informe se presenta la descripción de los trabajos realizados en campo y laboratorio, los resultados de los análisis efectuados y las conclusiones obtenidas del estudio geotécnico efectuado en el terreno de estudio.

1.6. Nombre del Proyecto:

“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE”

2. Investigación de campo

2.1. Registro de calicatas



PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

Se distribuyeron adecuadamente las 03 calicatas, teniendo en cuenta las características y dimensiones del área de estudio.

2.2. Muestreo de suelos

De cada calicata el solicitante extrajo una muestra para ser analizada.

2.3. Presencia de nivel freático

No se encontró a la profundidad máxima estudiada de -1.50 metros del nivel del terreno natural.

3. Ensayos de laboratorio

3.1. Ensayos Estándar

De las Muestras Alteradas tipo Mab, se realizaron los Ensayos de Propiedades Físicas: granulometría, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico) contenido de humedad natural y Clasificación de Suelo (SUCS), todos estos con el objetivo de determinar los Perfiles Estratigráficos; realizaron los Ensayo de Compactación, ensayo del CBR ((California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California).

3.1.1. Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM-D-422 / NTP 400.012)

Consistiendo este ensayo en pasar una muestra de suelo seco a través de una serie de mallas de dimensiones estandarizadas a fin de determinar las proporciones relativas de los diversos tamaños de las partículas.

Equipos y/o herramientas del ensayo:

- Balanza
- Tamices desde la No. 4 hasta la No. 200
- Escobillas

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📠 946-227-318/ 📠 (044)6986044





- Taras

3.1.2. Contenido de Humedad Natural (ASTM-D-2216 / NTP 339.127)

Es un ensayo rutinario de Laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una porción de suelo en términos de su peso en seco.

Equipos y/o herramientas del ensayo:

- Balanza (aprox. 0.01g)
- Horno ($110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$)
- Espátula
- Recipientes

3.1.3. Límites de Consistencia Límite Líquido: ASTM-D-423 Límite Plástico: ASTM-D-424(NTP 339.129 PARA LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO)

Estos ensayos sirven para expresar cuantitativamente el efecto de la variación del contenido de humedad en las características de plasticidad de un suelo cohesivo. Los ensayos se efectúan en la fracción de muestra de suelo que pasa la malla No. 40.

La obtención de los límites líquido y plástico de una muestra de suelo permite determinar un tercer parámetro que es el índice de plasticidad.

Equipos y/o herramientas del ensayo:

- Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente.
- Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.



PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

- Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
- Acanalador.
- Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d", y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de 10.00 ± 0.2 mm ($0.394'' \pm 0.008''$) de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0.1 g.
- Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) para secar la muestra.

3.2. Ensayos Especiales

3.2.1. ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (ASTM -D -1557)

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📞 946-227-318/ 📠 (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).

Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

METODO "A"

- Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- Número de capas:
- Golpes por capa: 25 2.3.1.5 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C

METODO "B"

- Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (¾ pulg).
- Número de Capas:
- Golpes por capa:
- Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg). Manual de Ensayo de Materiales Página 106

METODO "C"

- Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).
- Número de Capas: 5
- Golpes por Capa: 5

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📠 946-227-318/ 📠 (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

- Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg)

3.2.2. . ENSAYO DEL CBR (ASTM -D -1883)

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.

Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.

Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria. 1.4) Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.

Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📠 946-227-318/ 📠 (044)6986044





EQUIPOS Y MATERIALES

EQUIPOS

Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4 mm \pm 0,66 mm (6 \pm 0,026") de diámetro interior y de 177,8 \pm 0,46 mm (7 \pm 0,018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0") Manual de Ensayo de Materiales Página 249 de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de 61,37 \pm 0,127 mm (2,416 \pm 0,005") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

Aparato medidor de expansión compuesto por: · Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d). · Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).



PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener $5 \frac{7}{8}$ " a $5 \frac{15}{16}$ " (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de $2 \frac{1}{8}$ " aproximado (53,98 mm) de diámetro.

Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49,63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ " de diámetro, área de 19,35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").

Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.

Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

4. Perfiles de Suelo

En base a la información obtenida en campo y los ensayos realizados en laboratorio, se han realizado los perfiles estratigráficos con la finalidad de identificar los tipos de suelos, empleando la clasificación SUCS (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS).



PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

CALICATA	GRAVAS (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	CLASIFICACION		DEFINICION
				SUCS	AASHTO	
C-01	0.00%	98.30%	1.70%	SP	A-3(0)	ARENA MAL GRADUADADA
C-02	0.00%	98.90%	1.10%	SP	A-3(0)	ARENA MAL GRADUADADA
C-03	0.00%	98.60%	1.40%	SP	A-3(0)	ARENA MAL GRADUADADA



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

5. Conclusiones

5.1. Conclusiones

- El trabajo consiste en la ejecución del estudio de suelos para el proyecto “DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE”
- Los trabajos de campo han consistido en excavaciones de tres (03) calicatas hasta alcanzar una profundidad de 1.50 metros. Las calicatas han sido ubicadas convenientemente dentro del área del terreno para así poder obtener con información de confianza. de las calicatas se obtuvieron muestras alteradas para realizar ensayos de análisis granulométrico por tamizado, humedad natural, clasificación de suelos SUCS, Ensayo de compactación (Proctor modificado) y ensayo de CBR.
- Se concluye según el ensayo granulométrico se obtuvieron los siguientes resultados:

CALICATA	GRAVAS (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	CLASIFICACION	
				SUCS	AASHTO
C-01	0.00%	98.30%	1.70%	SP	A-3(0)
C-02	0.00%	98.90%	1.10%	SP	A-3(0)
C-03	0.00%	98.60%	1.40%	SP	A-3(0)

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉ CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044



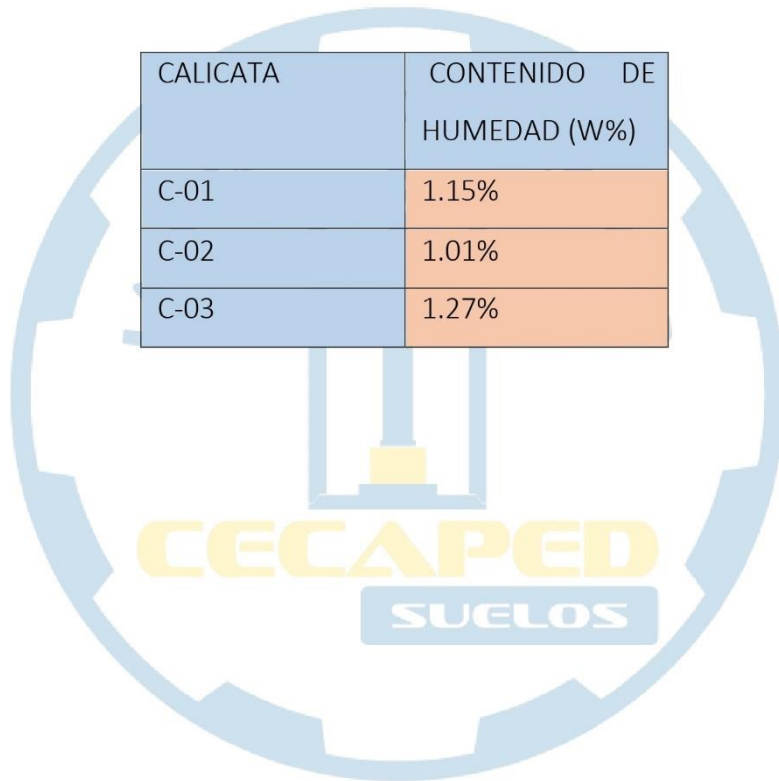


PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

- Al desarrollarse los ensayos Límites de Consistencia de Atterberg en la calicata c1 hasta la calicata c15 se concluyó que no presenta límites.
- Al ejecutarse el ensayo de contenido de humedad (w%) desde la calicata c-1 hasta la calicata c-06 tenemos los siguientes resultados.

CALICATA	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)
C-01	1.15%
C-02	1.01%
C-03	1.27%



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

- Se concluyó que para el ensayo de compactación (Proctor modificado) se obtuvo un óptimo contenido de humedad (OCH) y una densidad seca máxima (DSM):

CALICATA	OCH (W%)	DSM (g/cm ³)
C-01	8.03	1.68
C-02	8.15	1.67
C-03	8.08	1.68

- Se concluyó que para el ensayo CBR (California Bearing Ratio) los siguientes resultados:

CALICATA	CBR (95%)	CBR (100%)
C-01	8%	13%
C-02	8%	15%
C-03	9%	18%



PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

6. Referencias Bibliográficas

- MECANICA DE SUELOS; Autor: Juárez Badillo – Rico Rodríguez, Tercera Edición- México, 1975
- MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN INGENIERIA CIVIL – Autor: Joseph E. Bowles, Primera Edición – Traducida: Universidad de los Andes Colombia.
- MECANICA DE SUELOS: Autores: T. William Lambe, Robert V. Whitman.
- PRINCIPIO DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES SEXTA EDICION: Autor: Braja M. Das.
- LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES: Autor: Rico del Castillo.
- MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA: Autor: Karl Therzghi – Ralph B. Peck.
- MECANICA DE SUELOS TOMO II TEORIA Y APLICACIONES DE LA MECANICA DE SUELOS: Autor: Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez.
- MECANICA DE SUELOS: Autor: Dr. Jorge Alva H.

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📠 946-227-318/ 📠 (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023



7. Hojas de Calculo

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📠 946-227-318/ 📠 (044)6986044


Edwin W. Delgado Florán
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio




PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E-107 / ASTM D-422 / AASHTO T-88)

I. Datos Generales:

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO EN LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

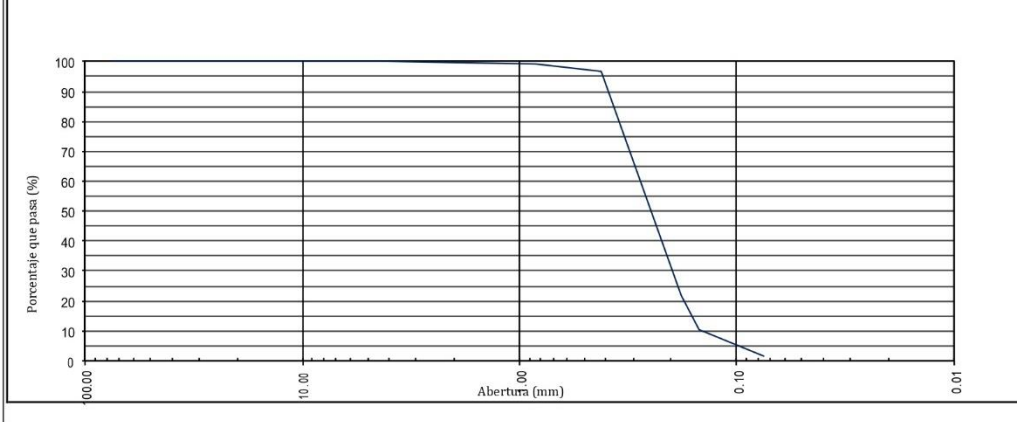
PROYECTO :

MUESTRA : CALICATA 01

FECHA : MARZO 2023.

CLASIFICACION DE SUELOS										
		Tamiz		Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)			
		Malla	Abert.(mm)					Serie		
PESO INICIAL:	913.4 g.	3	76.200	32854	0.0	0.0	100.0			
		2"	50.800	33708	0.0	0.0	100.0			
		1 1/2"	38.100	42260	0.0	0.0	100.0			
		1"	25.400	42774	0.0	0.0	100.0			
SUCS:	SP	3/4"	19.050	46118	0.0	0.0	100.0			
AASHTO:	A-3(0)	3/8"	9.500	42967	0.0	0.0	100.0			
		Nº 4	4.750	34993	0.0	0.0	100.0			
%W	1.15	%Grava:	0.0	Nº 10	2.000	45806	4.2	0.5	0.5	99.5
L.L	N.P.	%Arena:	98.3	Nº 20	0.840	45149	4.1	0.4	0.9	99.1
I.P.	N.P.	%Finos:	1.7	Nº 40	0.420	43661	20.2	2.2	3.1	96.9
				Nº 80	0.180	34874	684.6	75.0	78.1	21.9
D ₁₀ :	0.15	Cu :	1.91	Nº 100	0.150	34875	103.8	11.4	89.4	10.6
D ₃₀ :	0.20	Cc :	0.97	Nº 200	0.075	44659	81.2	8.9	98.3	1.7
D ₆₀ :	0.28			< Nº 200			15.3	1.7	100.0	0.0

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉ CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe

📞 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (NTP 339.127)

PROYECTO:

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO EN LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

CALICATA:

CALICATA 01

FECHA:

MARZO 2023.

Muestra:	M-01	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente:	181.30	192.50
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	946.60	804.80
Peso Recipiente + Muestra Seca:	937.60	798.10
Peso Agua:	9.00	6.70
Peso Seco:	756.30	605.60
W%:	1.19	1.11
W_{promedio} %:	1.15	

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(MTC E-107 / ASTM D-422 / AASHTO T-88)

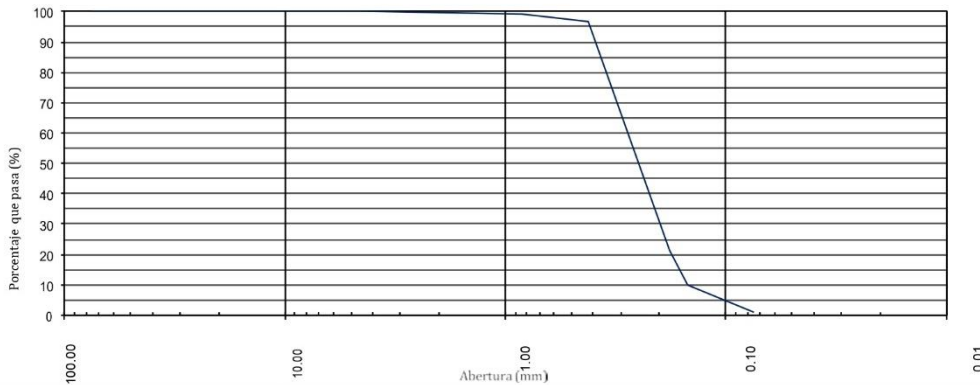
I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

MUESTRA : CALICATA 02

FECHA : MARZO 2023

CLASIFICACION DE SUELOS									
		Tamiz			Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	
		Malla	Abert.(mm)	Serie					
PESO INICIAL:	1059.8 g.	3	76.200	52634	0.0	0.0	0.0	100.0	
		2"	50.800	33708	0.0	0.0	0.0	100.0	
		1 1/2"	38.100	42260	0.0	0.0	0.0	100.0	
		1"	25.400	42774	0.0	0.0	0.0	100.0	
SUCS:	SP	3/4"	19.050	46118	0.0	0.0	0.0	100.0	
AASHTO:	A-3(0)	3/8"	9.500	42967	0.0	0.0	0.0	100.0	
		Nº 4	4.750	34993	0.0	0.0	0.0	100.0	
%W	1.01	%Grava:	0.0	Nº 10	2.000	45806	5.3	0.5	99.5
L.L	N.P.	%Arena:	98.9	Nº 20	0.840	45149	4.7	0.4	99.1
I.P.	N.P.	%Finos:	1.1	Nº 40	0.420	43661	23.5	2.2	96.8
				Nº 80	0.180	34874	800.6	75.5	21.3
D ₁₀ :	0.15	Cu :	1.85	Nº 100	0.150	34875	120.3	11.4	90.1
D ₃₀ :	0.20	Cc :	0.94	Nº 200	0.075	44659	93.3	8.8	98.9
D ₆₀ :	0.28			< Nº 200			12.1	1.1	100.0
								0.0	



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (NTP 339.127)

PROYECTO:

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE ,LAREDO

CALICATA:

CALICATA 02

FECHA:

MARZO 2023

Muestra:	M-02	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente :	154.30	165.30
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	648.30	584.30
Peso Recipiente + Muestra Seca:	643.10	580.30
Peso Agua:	5.20	4.00
Peso Seco:	488.80	415.00
W%:	1.06	0.96
W _{promedio} %:	1.01	

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📠 946-227-318/ 📠 (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

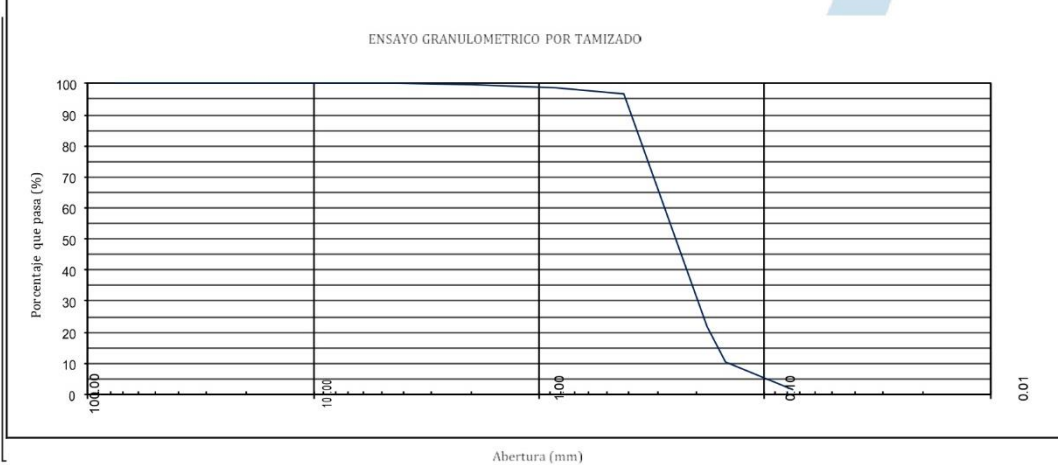
FECHA: MARZO 2023

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(MTC E-107 / ASTM D-422 / AASHTO T-88)

I. Datos Generales:

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO
 MUESTRA : CALICATA 03
 FECHA : MARZO 2023

CLASIFICACION DE SUELOS									
		Tamiz			Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	
		Malla	A bert.(mm)	Serie					
PESO INICIAL:	816.8 g.	3	76.200	32634	0.0	0.0	0.0	100.0	
		2"	50.800	33708	0.0	0.0	0.0	100.0	
		1 1/2"	38.100	42260	0.0	0.0	0.0	100.0	
		1"	25.400	42774	0.0	0.0	0.0	100.0	
SUCS:	SP	3/4"	19.050	46118	0.0	0.0	0.0	100.0	
AASHTO:	A-3(0)	3/8"	9.500	42967	0.0	0.0	0.0	100.0	
		Nº 4	4.750	34993	0.0	0.0	0.0	100.0	
%W	1.27	%Grava:	0.0	Nº 10	2.000	45806	4.1	0.5	99.5
L.L	N.P.	%Arena:	98.6	Nº 20	0.840	45149	4.6	0.6	98.9
I.P.	N.P.	%Finos:	1.4	Nº 40	0.420	43661	17.3	2.1	96.8
				Nº 80	0.180	34874	613.1	75.1	21.8
D ₁₀ :	0.15	Cu:	1.91	Nº 100	0.150	34875	91.3	11.2	10.6
D ₃₀ :	0.20	Cc:	0.97	Nº 200	0.075	44659	75.1	9.2	1.4
D ₆₀ :	0.28			< Nº 200			11.3	1.4	0.0



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(NTP 339.127)

PROYECTO:

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

CALICATA:

CALICATA 03

FECHA:

MARZO 2023

Muestra:	M-03	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente:	145.00	165.30
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	348.60	398.30
Peso Recipiente + Muestra Seca:	346.10	395.30
Peso Agua:	2.50	3.00
Peso Seco:	201.10	230.00
W%:	1.24	1.30
W _{promedio} %:	1.27	

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044





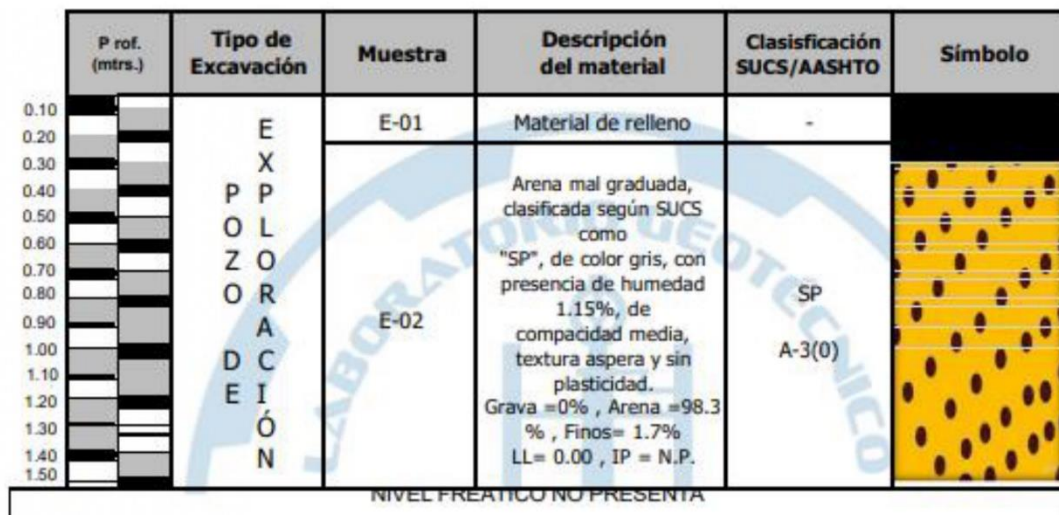
PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

Muestra: CALICATA - 01 Profundidad: -1.50 m. Nivel Freático: NO PRESENTA



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817 / 📞 946-227-318 / 📞 (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

Muestra: CALICATA - 02

Profundidad: -1.50 m.

Nivel Freático: NO PRESENTA

Prof. (mtrs.)	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del material	Clasificación SUCS/AASHTO	Símbolo
0.10	EXCAVACIÓN POLIZORADCIÓN	E-01	Material de relleno	-	
0.20		E-02	Arena mal graduada, clasificada según SUCS como "SP", de color gris, con presencia de humedad 1.01%, de compactación media, textura aspera y sin plasticidad. Grava =0% , Arena =98.9 % , Finos= 1.1% LL= 0.00 , IP = N.P.	SP A-3(0)	
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20	NIVEL FREÁTICO NO PRESENTA				
1.30					
1.40					
1.50					

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817 / 📞 946-227-318 / 📠 (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

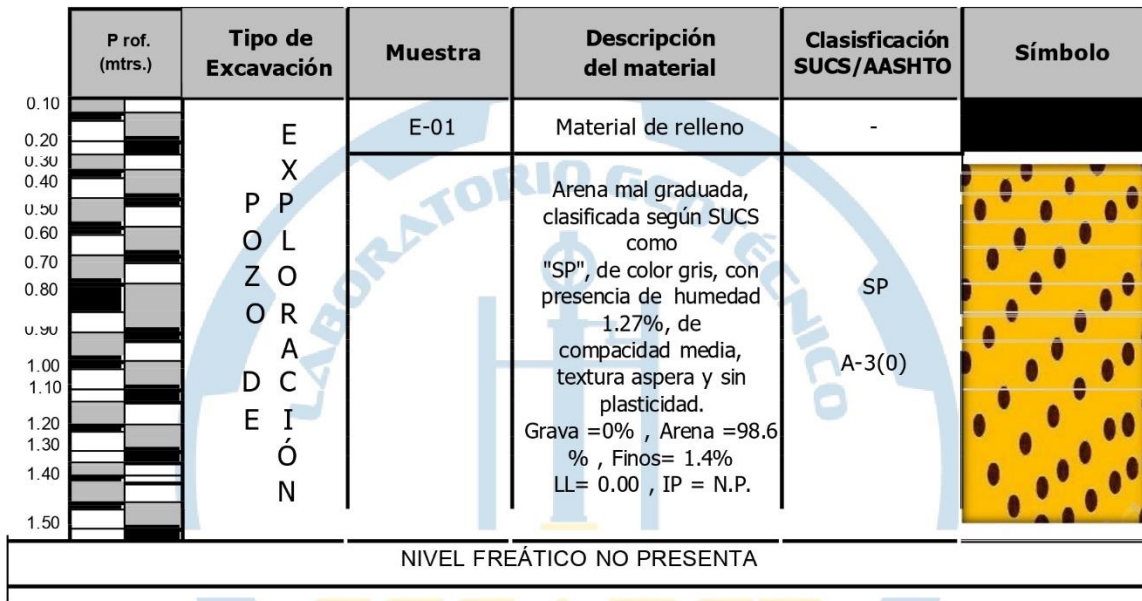
FECHA: MARZO 2023

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

Muestra: CALICATA - 03 Profundidad: -1.50 m.

Nivel Freático: NO PRESENTA



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044





ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

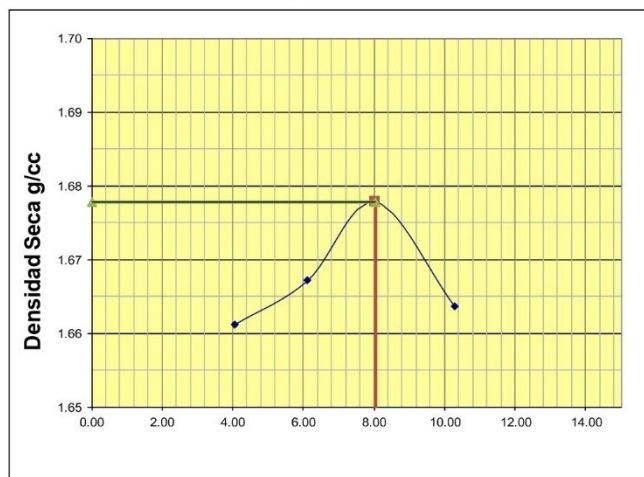
A. DATOS GENERALES

Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

Muestra: CALICATA - 01

Nivel Freatico: NO PRESENTA

Nº DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	3548.00		3586.00		3627.00		3648.00	
Peso del Molde (g)	1925.00		1925.00		1925.00		1925.00	
Peso Suelo Húmedo (g)	1623.00		1661.00		1702.00		1723.00	
Volúmen del molde (cc)	939.00		939.00		939.00		939.00	
Densidad Suelo humedo (g/cc)	1.728		1.769		1.813		1.835	
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	4%		6%		8%		10%	
Peso Tarro	226.60	235.10	87.60	95.30	87.30	85.30	85.30	195.70
Peso Tarro + Suelo humedo (g)	538.40	563.10	506.50	456.50	439.60	452.60	343.20	326.50
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	526.50	550.10	483.10	435.10	413.30	425.40	319.10	314.30
Peso del agua	11.90	13.00	23.40	21.40	26.30	27.20	24.10	12.20
Peso de suelo seco	299.90	315.00	395.50	339.80	326.00	340.10	233.80	118.60
Humedad (%)	4.0	4.1	5.9	6.3	8.1	8.0	10.3	10.3
Humedad promedio (%)	4.047		6.107		8.033		10.297	
Densidad Seca (g/cc)	1.661		1.667		1.678		1.664	



Óptimo Contenido de Humedad %

METODO	A
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	25
DSM (g/cm ³)	1.68
OCH (%)	8.03

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(g):	1925.0
VOLUMEN(cc):	939.0

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

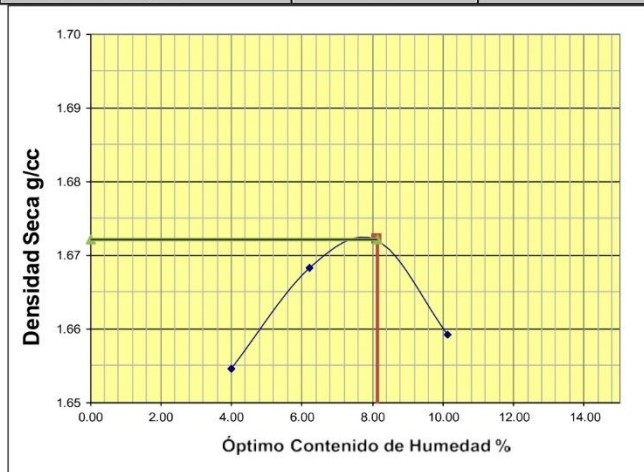
A. DATOS GENERALES

Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

Muestra: CALICATA - 02

Nivel Freatico: NO PRESENTA

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	3541.00		3589.00		3623.00		3641.00	
Peso del Molde (g)	1925.00		1925.00		1925.00		1925.00	
Peso Suelo Húmedo (g)	1616.00		1664.00		1698.00		1716.00	
Volúmen del molde (cc)	939.00		939.00		939.00		939.00	
Densidad Suelo humedo (g/cc)	1.721		1.772		1.808		1.827	
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	4%		6%		8%		10%	
Peso Tarro	125.30	145.30	95.60	68.90	97.80	94.80	96.80	94.80
Peso Tarro + Suelo humedo (g)	435.20	468.20	356.50	346.80	396.30	348.20	368.40	315.60
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	423.10	455.90	341.60	330.10	373.80	329.10	343.10	295.50
Peso del agua	12.10	12.30	14.90	16.70	22.50	19.10	25.30	20.10
Peso de suelo seco	297.80	310.60	246.00	261.20	276.00	234.30	246.30	200.70
Humedad (%)	4.1	4.0	6.1	6.4	8.2	8.2	10.3	10.0
Humedad promedio (%)	4.012		6.225		8.152		10.143	
Densidad Seca (g/cc)	1.655		1.668		1.672		1.659	



METODO	A
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	25
DSM (g/cm ³)	1.67
OCH (%)	8.15

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	1925.0
VOLUMEN(cc):	939.0

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

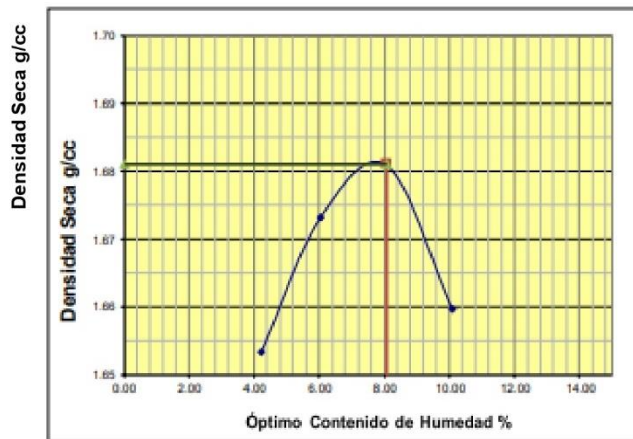
Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

Muestra: CALICATA - 03

Nivel Freático: NO PRESENTA

N° DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	3543.00	3591.00	3631.00	3641.00
Peso del Molde (g)	1925.00	1925.00	1925.00	1925.00
Peso Suelo Húmedo (g)	1618.00	1666.00	1706.00	1716.00
Volúmen del molde (cc)	939.00	939.00	939.00	939.00
Densidad Suelo humedo (g/cc)	1.723	1.774	1.817	1.827

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	4%		6%		8%		10%	
Peso Tarro	131.60	152.60	100.40	72.30	102.70	99.50	101.60	99.50
Peso Tarro + Suelo humedo (g)	523.30	635.10	356.10	315.10	415.20	365.20	369.30	354.20
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	507.80	615.10	341.60	301.20	392.10	345.10	344.50	331.00
Peso del agua	15.50	20.00	14.50	13.90	23.10	20.10	24.80	23.20
Peso de suelo seco	376.20	462.50	241.20	228.90	289.40	245.60	242.90	231.50
Humedad (%)	4.1	4.3	6.0	6.1	8.0	8.2	10.2	10.0
Humedad promedio (%)	4.222		6.042		8.083		10.116	
Densidad Seca (g/cc)	1.653		1.673		1.681		1.660	



METODO	A
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	25
DSM (g/cm ³)	1.68
OCH (%)	8.08

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	1925.0
VOLUMEN(cc):	939.0

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe

📞 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

Ubicación : AV. JULIAN ARCE LAREDO - TRUJILLO-LA LIBERTAD

fecha mar-23

CALICATA

C-01

METODO DE COMPACTACIÓN	MOLDES					
Molde N°	1		2		3	
Número de Capas	5		5		5	
Número de golpes por capas	56		25		12	
Sobrecarga (g)	4530		4530		4530	
Muestra húmeda + Molde (g)	8830.00		8710.00		8510.00	
Peso del Molde (g)	4886.60		4885.20		4860.50	
Peso de la Muestra húmeda (g)	3943.40		3824.80		3649.50	
Volúmen de la Muestra (cm ³)	2122.60		2120.00		2121.00	
Densidad húmeda (g/ cm ³)	1.86		1.80		1.72	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g)	153.41	168.47	159.90	162.50	165.70	169.10
Muestra seca + Tara (g)	144.90	158.70	150.90	153.20	156.20	159.30
Peso del Agua (g)	8.51	9.77	9.00	9.30	9.50	9.80
Peso de la Tara (g)	39.30	38.60	38.80	38.70	37.30	38.00
Muestra Seca (g)	105.60	120.10	112.10	114.50	118.90	121.30
Contenido de Humedad (%)	8.06%	8.13%	8.03%	8.12%	7.99%	8.08%
Contenido de Humedad Promedio(%)	8.10		8.08		8.03	
DENSIDAD SECA (g/ cm ³)	1.72		1.67		1.59	

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044





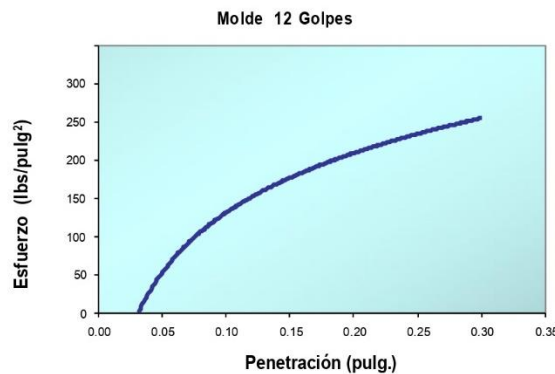
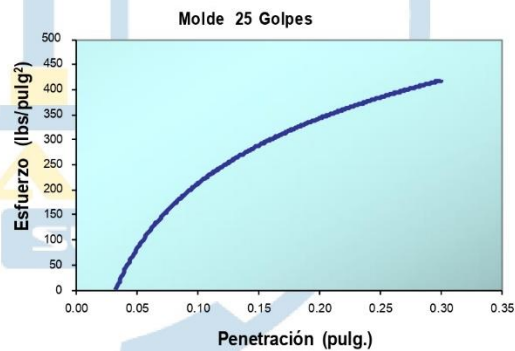
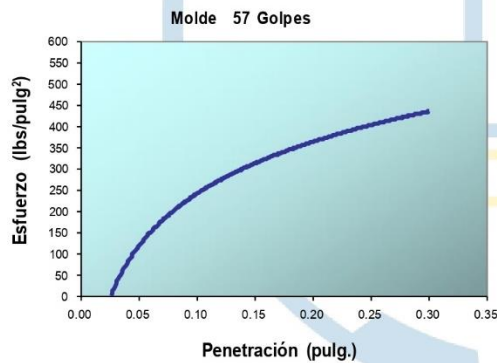
PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN

Penetrac (pulg)	Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
	Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga	
		lbs.	lb./ pulg ²		lbs.	lb./ pulg ²		lbs.	lb./ pulg ²
0.025	20	279.1	93.0	15	227.5	75.85	9	165.66	55.22
0.050	33	413.2	137.7	20	279.1	93.03	10	175.97	58.66
0.075	42	506.0	168.7	25	330.7	110.22	12	196.60	65.53
0.102	45	536.9	179.0	31	392.5	130.85	14	217.22	72.41
0.125	51	598.8	199.6	45	536.9	178.98	23	310.04	103.35
0.150	63	722.6	240.9	56	650.4	216.79	32	402.86	134.29
0.175	74	836.0	278.7	61	701.9	233.98	41	495.67	165.22
0.200	83	928.8	309.6	68	774.1	258.04	46	547.24	182.41
0.225	92	1021.6	340.5	112	1227.9	409.30	52	609.12	203.04
0.250	125	1363.2	454.4	126	1372.3	457.42	62	712.25	237.42
0.275	136	1476.8	492.3	138	1496.0	498.68	84	939.13	313.04
0.300	165	1774.5	591.5	145	1568.2	522.74	97	1073.20	357.73

GOLPES		56	25	12
C.B.R.	0.1	17.90%	13.08%	7.24%
	0.2	20.64%	17.20%	12.16%



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

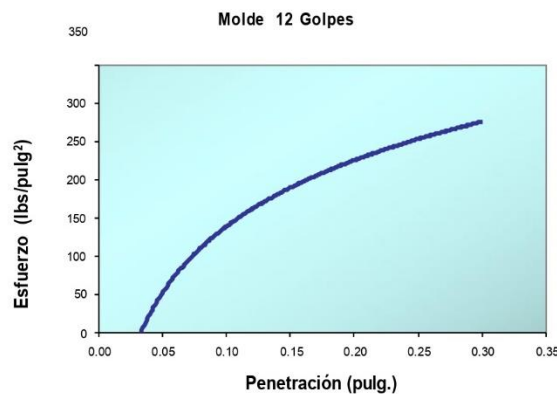
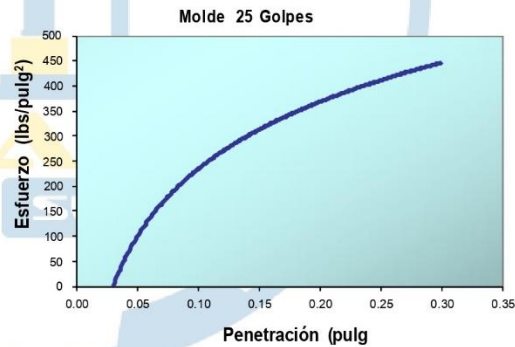
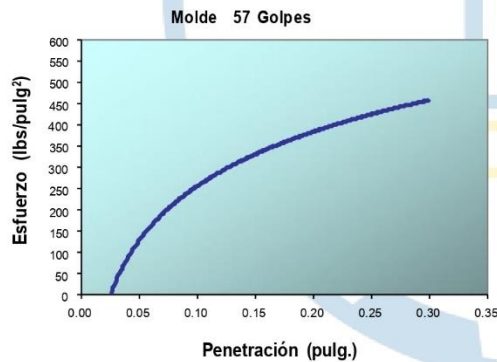




ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN

Penetrac (pulg)	Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
	Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga	
		lbs.	lb./ pulg ²		lbs.	lb./ pulg ²		lbs.	lb./ pulg ²
0.025	26	341.0	113.7	18	258.5	86.16	8	155.35	51.78
0.050	32	402.9	134.3	23	310.0	103.35	11	186.28	62.09
0.075	39	475.0	158.3	33	413.2	137.72	13	206.91	68.97
0.102	48	567.9	189.3	40	485.4	161.79	12	196.60	65.53
0.125	59	681.3	227.1	49	578.2	192.73	29	371.92	123.97
0.150	68	774.1	258.0	67	763.8	254.60	35	433.80	144.60
0.175	76	856.6	285.5	71	805.1	268.35	40	485.36	161.79
0.200	93	1031.9	344.0	85	949.4	316.48	46	547.24	182.41
0.225	101	1114.5	371.5	115	1258.8	419.61	61	701.93	233.98
0.250	126	1372.3	457.4	128	1392.9	464.30	69	784.44	261.48
0.275	145	1568.2	522.7	144	1557.9	519.30	89	990.69	330.23
0.300	172	1846.7	615.6	153	1650.7	550.24	108	1186.64	395.55

GOLPES		56	25	12
C.B.R.	0.1	18.93%	16.18%	6.55%
	0.2	22.93%	21.10%	12.16%



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

**RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NTP 339.145)**Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO
CALICATA: C-02

FECHA: MARZO-2023

METODO DE COMPACTACIÓN	MOLDES					
	1	2	3	4	5	6
Molde N°	1	2	3			
Número de Capas	5	5	5			
Número de golpes por capas	56	25	12			
Sobrecarga (g)	4530	4530	4530			
Muestra húmeda + Molde (g)	8790.00	8710.00	8470.78			
Peso del Molde (g)	4886.60	4885.20	4840.50			
Peso de la Muestra húmeda (g)	3903.40	3824.80	3630.28			
Volúmen de la Muestra (cm ³)	2122.60	2120.00	2121.00			
Densidad húmeda (g/ cm ³)	1.84	1.80	1.71			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g)	153.40	168.90	164.80	161.50	168.10	166.40
Muestra seca + Tara (g)	144.70	159.10	155.20	152.40	158.40	156.80
Peso del Agua (g)	8.70	9.80	9.60	9.10	9.70	9.60
Peso de la Tara (g)	39.30	38.60	38.80	38.70	37.30	38.00
Muestra Seca (g)	105.40	120.50	116.40	113.70	121.10	118.80
Contenido de Humedad (%)	8.25%	8.13%	8.25%	8.00%	8.01%	8.08%
Contenido de Humedad Promedio(%)	8.19	8.13	8.05			
DENSIDAD SECA (g/ cm ³)	1.70	1.67	1.58			

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

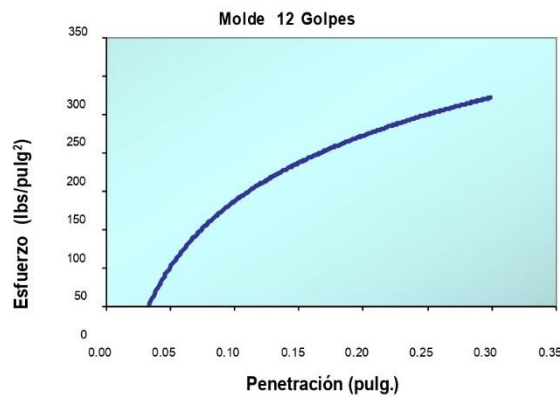
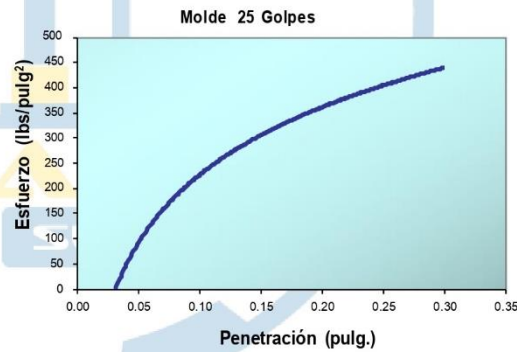
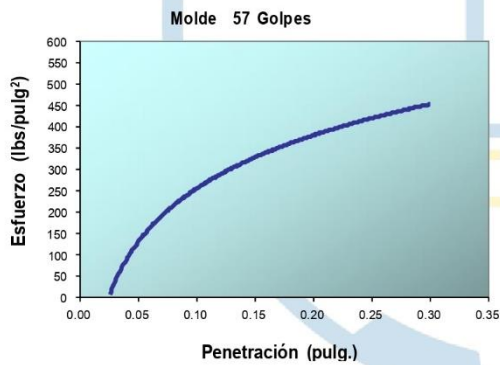




ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN

Penetrac (pulg)	Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
	Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga	
		lbs.	lb./ pulg ²		lbs.	lb./ pulg ²		lbs.	lb./ pulg ²
0.025	23	310.0	103.3	16	237.8	79.28	7	145.03	48.34
0.050	35	433.8	144.6	22	299.7	99.91	9	165.66	55.22
0.075	45	536.9	179.0	31	392.5	130.85	11	186.28	62.09
0.102	49	578.2	192.7	37	454.4	151.47	16	237.85	79.28
0.125	58	671.0	223.7	46	547.2	182.41	27	351.29	117.10
0.150	67	763.8	254.6	63	722.6	240.85	36	444.11	148.04
0.175	79	887.6	295.9	68	774.1	258.04	44	526.61	175.54
0.200	87	970.1	323.4	75	846.3	282.10	49	578.18	192.73
0.225	98	1083.5	361.2	118	1289.8	429.92	59	681.31	227.10
0.250	129	1403.2	467.7	131	1423.8	474.61	68	774.12	258.04
0.275	141	1527.0	509.0	142	1537.3	512.43	88	980.38	326.79
0.300	169	1815.7	605.2	151	1630.1	543.37	99	1093.82	364.61

GOLPES		56	25	12
C.B.R.	0.1	19.27%	15.15%	7.93%
	0.2	21.56%	18.81%	12.85%



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📞 946-227-318/ 📞 (044)6986044

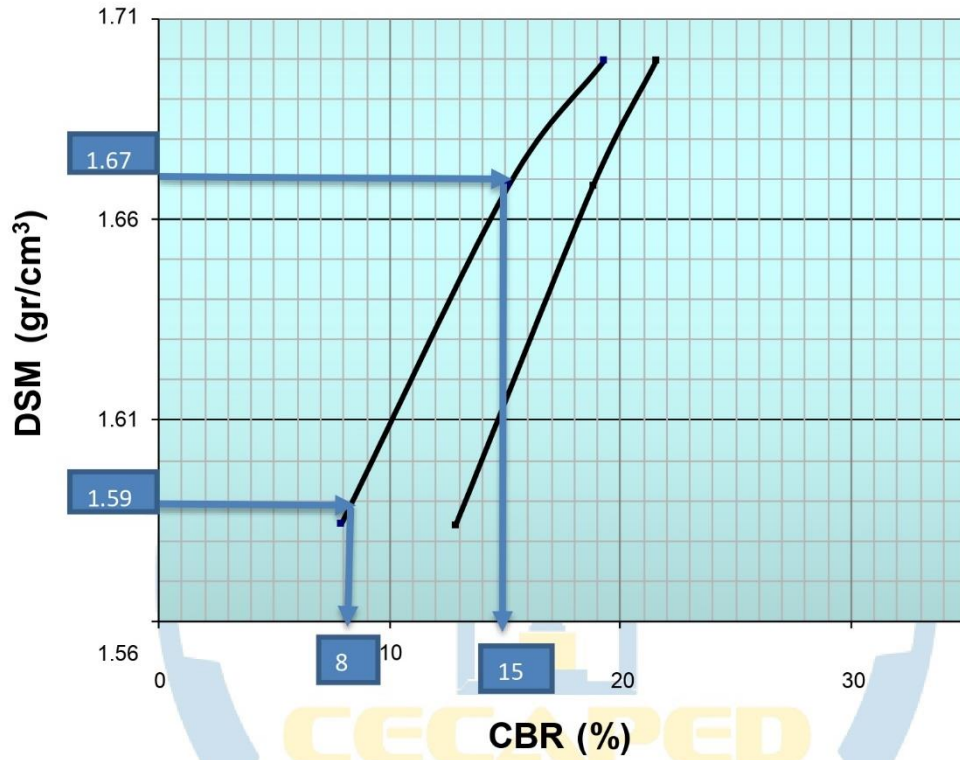




PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

Curva CBR - Densidad



VALORES PROCTOR MODIFICADO: DENSIDAD SECA

MAXIMA (g/cm³): 1.67
HUMEDAD OPTIMA (%): 8.15

95% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm³): 1.59
C.B.R. (%): 8.00 %

100% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm³): 1.67
C.B.R. (%): 15.00 %





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NTP 339.145)

Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO LAREDO

CALICATA: C-03

FECHA: MARZO - 2023

METODO DE COMPACTACIÓN	MOLDES					
Molde N°	1		2		3	
Número de Capas	5		5		5	
Número de golpes por capas	56		25		12	
Sobrecarga (g)	4530		4530		4530	
Muestra húmeda + Molde (g)	8770.00		8720.90		8480.78	
Peso del Molde (g)	4886.60		4885.20		4840.50	
Peso de la Muestra húmeda (g)	3883.40		3835.70		3640.28	
Volúmen de la Muestra (cm ³)	2122.60		2120.00		2121.00	
Densidad húmeda (g/ cm ³)	1.83		1.81		1.72	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g)	147.10	167.90	158.70	168.50	171.50	167.20
Muestra seca + Tara (g)	137.10	159.90	148.10	159.90	159.10	157.50
Peso del Agua (g)	10.00	8.00	10.60	8.60	12.40	9.70
Peso de la Tara (g)	39.30	38.60	38.80	38.70	37.30	38.00
Muestra Seca (g)	97.80	121.30	109.30	121.20	121.80	119.50
Contenido de Humedad (%)	10.22%	6.60%	9.70%	7.10%	10.18%	8.12%
Contenido de Humedad Promedio(%)	8.41		8.40		9.15	
DENSIDAD SECA (g/ cm ³)	1.69		1.67		1.57	

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

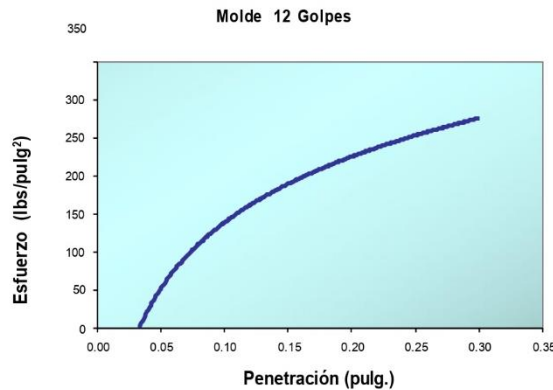
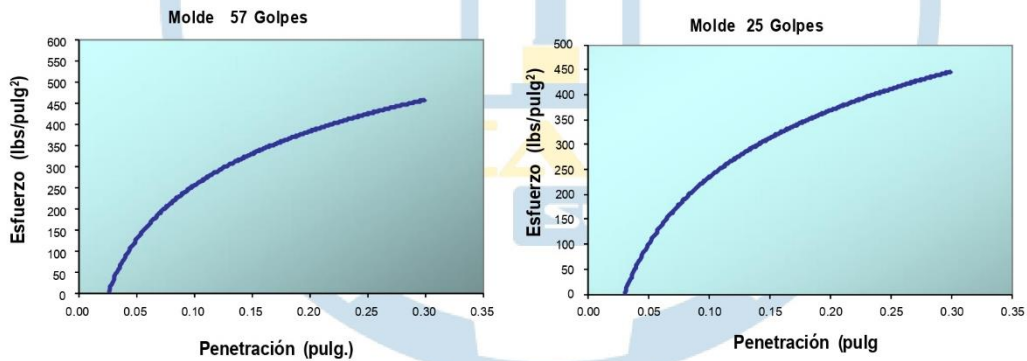




ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN

Penetrac (pulg)	Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
	Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga	
		lbs.	lb./ pulg ²		lbs.	lb./ pulg ²		lbs.	lb./ pulg ²
0.025	26	341.0	113.7	18	258.5	86.16	8	155.35	51.78
0.050	32	402.9	134.3	23	310.0	103.35	11	186.28	62.09
0.075	39	475.0	158.3	33	413.2	137.72	13	206.91	68.97
0.102	48	567.9	189.3	40	485.4	161.79	12	196.60	65.53
0.125	59	681.3	227.1	49	578.2	192.73	29	371.92	123.97
0.150	68	774.1	258.0	67	763.8	254.60	35	433.80	144.60
0.175	76	856.6	285.5	71	805.1	268.35	40	485.36	161.79
0.200	93	1031.9	344.0	85	949.4	316.48	46	547.24	182.41
0.225	101	1114.5	371.5	115	1258.8	419.61	61	701.93	233.98
0.250	126	1372.3	457.4	128	1392.9	464.30	69	784.44	261.48
0.275	145	1568.2	522.7	144	1557.9	519.30	89	990.69	330.23
0.300	172	1846.7	615.6	153	1650.7	550.24	108	1186.64	395.55

GOLPES		56	25	12
C.B.R.	0.1	18.93%	16.18%	6.55%
	0.2	22.93%	21.10%	12.16%

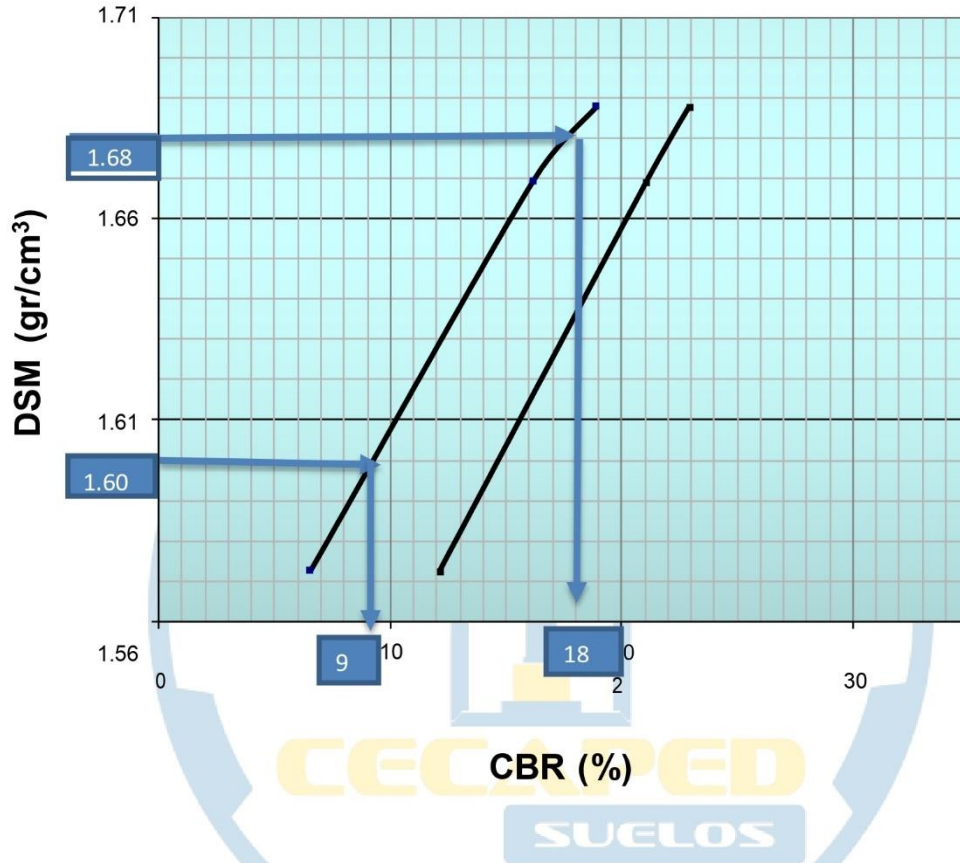


LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044

Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



Curva CBR - Densidad



VALORES PROCTOR MODIFICADO: DENSIDAD SECA

MAXIMA (g/cm³): 1.68
HUMEDAD OPTIMA (%): 8.08

95% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm³): 1.60
C.B.R. (%): 9.00 %

100% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm³): 1.68
C.B.R. (%): 18.00 %



PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

PANEL FOTOGRÁFICO

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817 / 📠 946-227-318 / 📠 (044)6986044





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

CALICATA 01



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


Edwin W. Delgado Florian
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio





PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

CALICATA 02



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

Edwin W. Delgado Fiorin
Edwin W. Delgado Fiorin
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio



PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AV. JULIAN ARCE DISTRITO DE LAREDO

FECHA: MARZO 2023

CALICATA 03



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044



ANEXO 4
A-4 CONTEO VEHICULAR.

Punto De Control

(Av. Julián arce, cerca de la intersección de Alfonso Ugarte)

EL CONTEO VEHICULAR

Se realizó mediante una cámara de vigilancia durante 7 días desde el Domingo 11/12/2022 al sábado 17/12/2022, con este método se pudo obtener los datos precisos para la investigación del tráfico vehicular.

A-4, Fig. 1 Vehículo (combi) transitando de Trujillo a Laredo



Fuente: Fotografía propia.

A-4, Fig. 2 Vehículos (Autos) transitando de Trujillo a Laredo – Laredo a Trujillo



Fuente: Fotografía propia.

A-4, Fig. 3 Vehículo (Camión 3E) transitando de Laredo a Trujillo.



Fuente: Fotografía propia.

A-4, Fig. 4 Vehículo (Tráiler 3T3) transitando de Trujillo a Laredo.



Fuente: Fotografía propia.




















A-4, Fig. 5 Vehículo (Camión 4E) transitando de Laredo a Trujillo.



Fuente: Fotografía propia.

- A continuación, se mostrará las tablas de conteo vehicular que se realizó durante los 7 días:

A-4, Tabla. 1 Conteo Vehicular (Trujillo – Laredo) Domingo

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 	
0-1		47	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
1-2		26	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
2-3		27	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
3-4		20	1	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
4-5		32	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	44
5-6		35	5	9	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	58
6-7		34	10	11	0	13	1	2	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	75
7-8		36	11	12	0	29	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
8-9		74	9	7	2	27	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121
9-10		72	14	20	1	19	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	128
10-11		99	9	17	0	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154
11-12		119	17	25	0	26	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	193
12-13		119	16	26	0	16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	178
13-14		123	11	28	0	20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	184
14-15		111	17	23	1	11	0	0	0	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	169
15-16		120	14	38	0	17	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192
16-17		80	9	16	0	20	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129
17-18		85	14	15	1	10	0	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131
18-19		90	6	15	0	12	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126
19-20		94	5	26	0	6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133
20-21		114	9	25	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158
21-22		99	3	26	0	6	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138
22-23		83	1	12	0	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109
23-24		52	6	11	0	3	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
TOTALES		1791	187	382	7	299	2	7	0	35	9	0	1	0	0	5	0	0	0	0	2725




















Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 2 Conteo Vehicular (Trujillo – Laredo) Lunes

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL		
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3				
0-1		34	0	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
1-2		17	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
2-3		15	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
3-4		18	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
4-5		31	0	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
5-6		30	5	2	0	14	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
6-7		42	12	11	0	47	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	118
7-8		85	11	25	0	46	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	173
8-9		54	9	14	1	54	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	141
9-10		44	3	13	0	35	0	0	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107
10-11		57	13	8	1	33	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	119
11-12		76	10	23	1	37	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151
12-13		73	12	17	3	26	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134
13-14		70	12	19	2	31	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143
14-15		71	10	18	1	30	0	1	0	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	137
15-16		61	5	14	1	34	0	1	0	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125
16-17		54	9	20	1	30	1	2	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123
17-18		62	16	9	0	24	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119
18-19		79	8	12	0	26	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129
19-20		81	7	17	0	10	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
20-21		89	7	17	0	10	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	128
21-22		59	5	12	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
22-23		56	1	9	0	6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
23-24		41	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
TOTALES		1299	156	277	12	499	3	12	1	73	18	1	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	2358	

Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 3 Conteo Vehicular (Trujillo – Laredo) Martes

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 		
0-1		19	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
1-2		11	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
2-3		7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
3-4		2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
4-5		15	1	2	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
5-6		15	5	2	0	18	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
6-7		40	5	7	0	47	2	1	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	107
7-8		71	8	16	1	41	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140
8-9		56	11	14	0	42	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130
9-10		55	7	14	1	39	1	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127
10-11		43	3	18	1	32	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104
11-12		53	13	16	0	30	0	0	0	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121
12-13		59	12	14	1	30	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122
13-14		80	10	23	0	25	0	0	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149
14-15		56	9	17	0	33	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119
15-16		56	4	9	0	31	1	0	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	108
16-17		66	13	13	0	27	1	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125
17-18		69	12	17	0	24	1	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132
18-19		84	17	23	1	25	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153
19-20		86	12	17	0	15	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135
20-21		88	10	19	0	15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133
21-22		58	6	13	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84
22-23		36	3	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
23-24		27	2	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	42
TOTALES		1152	165	272	5	493	12	6	0	76	8	1	1	0	0	3	0	0	1	0	0	2195

Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 4 Conteo Vehicular (Trujillo – Laredo) Miercoles

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1		23	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
1-2		6	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
2-3		4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
3-4		4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4-5		9	3	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
5-6		11	2	2	0	17	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
6-7		30	3	6	0	49	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	93
7-8		58	14	11	0	49	0	0	0	7	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	141
8-9		54	11	7	0	48	1	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128
9-10		68	6	14	0	37	1	0	0	7	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	137
10-11		61	14	15	0	45	3	0	0	7	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	148
11-12		65	5	12	0	27	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
12-13		83	7	16	1	38	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156
13-14		64	10	20	0	22	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	120
14-15		58	7	14	2	32	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	119
15-16		50	7	13	0	23	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97
16-17		57	7	15	1	26	2	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	112
17-18		64	12	19	0	24	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	126
18-19		74	10	23	0	18	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128
19-20		85	14	11	2	17	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133
20-21		85	7	15	0	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
21-22		71	8	9	0	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101
22-23		54	8	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
23-24		36	4	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
TOTALES		1174	162	239	8	505	13	5	0	60	11	0	0	1	1	7	2	0	1	2	2191	

Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 5 Conteo Vehicular (Trujillo – Laredo) Jueves

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1		22	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
1-2		8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
2-3		9	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	16
3-4		6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
4-5		9	3	5	0	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
5-6		17	2	2	0	11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
6-7		25	4	12	0	60	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	104
7-8		59	9	10	0	38	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	119
8-9		42	8	9	0	53	2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122
9-10		48	16	17	1	47	2	0	0	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144
10-11		73	8	10	0	42	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136
11-12		57	9	12	0	39	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124
12-13		74	8	19	1	34	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143
13-14		80	6	21	1	23	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136
14-15		63	4	14	0	35	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119
15-16		66	8	10	0	34	1	0	0	8	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	129
16-17		53	9	13	0	27	2	2	0	6	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	116
17-18		62	12	15	1	24	2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124
18-19		76	14	18	1	20	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134
19-20		93	17	18	2	9	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145
20-21		75	9	16	1	11	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117
21-22		63	13	14	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98
22-23		66	4	9	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
23-24		36	4	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
TOTALES		1182	170	259	8	531	16	5	0	76	9	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	2263	

Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 6 Conteo Vehicular (Trujillo – Laredo) Viernes

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3				
0-1		20	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
1-2		11	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	16
2-3		7	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
3-4		4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
4-5		11	3	4	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	
5-6		17	5	2	0	15	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	
6-7		29	6	7	0	55	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
7-8		70	11	16	0	42	1	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	
8-9		60	13	20	0	54	2	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159	
9-10		48	11	26	0	43	2	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	141	
10-11		60	9	28	2	36	3	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	
11-12		70	12	22	0	34	5	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	
12-13		81	19	14	0	34	4	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	157	
13-14		81	12	15	0	26	0	1	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143	
14-15		57	8	21	0	33	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	
15-16		51	3	15	0	23	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	
16-17		60	13	13	3	31	3	1	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133	
17-18		62	19	14	0	19	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	
18-19		81	15	23	0	20	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	145	
19-20		83	14	19	0	10	1	0	0	7	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	137	
20-21		72	6	15	0	10	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111	
21-22		95	7	17	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	
22-23		76	8	14	0	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107	
23-24		44	6	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	
TOTALES		1250	203	317	6	506	32	9	0	90	6	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	2425	




















Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 7 Conteo Vehicular (Trujillo – Laredo) Sabado

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1		37	1	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
1-2		12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
2-3		23	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	26
3-4		12	1	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
4-5		15	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	24
5-6		19	4	3	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
6-7		29	11	10	1	34	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
7-8		59	12	17	0	45	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142
8-9		43	18	26	0	54	5	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151
9-10		55	17	20	0	38	6	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146
10-11		70	9	28	0	37	6	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	156
11-12		62	17	9	0	35	8	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	142
12-13		84	21	28	1	31	3	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	178
13-14		85	10	25	0	23	5	0	0	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158
14-15		98	14	23	0	36	8	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	182
15-16		64	10	26	0	31	6	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140
16-17		70	10	22	0	25	3	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135
17-18		66	11	17	1	27	7	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134
18-19		83	13	25	1	23	6	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	155
19-20		123	13	20	0	20	4	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	184
20-21		90	15	31	0	12	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151
21-22		96	16	23	0	12	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	151
22-23		87	8	37	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137
23-24		60	8	20	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
TOTALES		1442	246	416	4	500	73	11	1	68	10	1	0	1	0	3	0	0	0	0	4	2780




















Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 8 C conteo Vehicular (Laredo-Trujillo) Domingo

HORA	Sentidos	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 		
0-1		29	2	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
1-2		17	1	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
2-3		16	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
3-4		25	2	5	0	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
4-5		30	1	1	0	4	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
5-6		51	2	2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
6-7		65	2	17	0	8	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
7-8		57	12	14	0	15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
8-9		68	6	17	0	13	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106
9-10		98	11	19	0	32	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	162
10-11		114	13	29	0	24	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	185
11-12		84	9	24	0	24	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143
12-13		102	8	19	0	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	150
13-14		101	12	20	0	23	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158
14-15		110	8	25	0	12	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157
15-16		120	13	37	0	13	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	186
16-17		88	7	20	1	10	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131
17-18		106	5	20	1	19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153
18-19		126	11	24	0	26	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	189
19-20		93	6	23	0	20	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149
20-21		92	8	19	0	8	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133
21-22		72	5	20	0	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110
22-23		59	5	13	0	6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
23-24		40	3	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
TOTALES		1763	153	382	2	295	3	11	0	33	7	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	




















Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 9 Conteo Vehicular (Laredo-Trujillo) Lunes

HORA	Sentidos	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 	
0-1		14	1	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
1-2		12	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
2-3		9	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
3-4		13	1	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
4-5		27	1	5	0	4	2	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
5-6		51	1	8	0	6	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
6-7		73	12	26	0	30	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146
7-8		87	27	35	1	52	0	0	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215
8-9		93	18	31	0	22	0	0	0	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174
9-10		86	16	18	9	37	0	0	0	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	175
10-11		67	16	27	1	22	1	0	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	147
11-12		67	15	21	0	29	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	138
12-13		60	12	21	0	25	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123
13-14		51	16	23	0	25	1	0	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127
14-15		72	11	24	2	26	1	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	143
15-16		66	9	28	0	21	0	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135
16-17		83	16	19	0	23	2	1	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157
17-18		61	22	20	0	27	2	0	0	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	142
18-19		71	19	27	0	28	0	0	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158
19-20		77	11	24	0	29	4	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153
20-21		74	5	17	0	7	5	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
21-22		51	3	9	0	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
22-23		45	3	15	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
23-24		34	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
TOTALES		1344	236	414	13	452	23	7	0	114	20	2	0	0	0	0	0	0	0	5	




















Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 10 Conteo Vehicular (Laredo-Trujillo) Martes

HORA	Sentidos	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 	
0-1		10	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
1-2		8	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
2-3		7	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
3-4		6	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
4-5		20	6	1	0	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
5-6		27	8	10	0	7	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
6-7		73	13	14	0	27	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131
7-8		90	14	29	0	30	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166
8-9		78	13	25	0	32	1	0	0	12	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	163
9-10		45	8	16	0	16	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
10-11		28	10	11	1	12	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	66
11-12		65	10	19	0	26	0	0	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	135
12-13		74	9	23	0	27	1	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	141
13-14		56	8	27	1	29	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126
14-15		56	7	15	1	29	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
15-16		63	13	11	0	14	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111
16-17		70	20	24	0	31	1	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151
17-18		79	14	19	1	20	2	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143
18-19		57	11	26	1	23	1	0	0	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	128
19-20		60	9	19	0	30	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125
20-21		50	4	16	0	34	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108
21-22		56	4	11	0	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
22-23		25	4	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
23-24		25	1	6	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
TOTALES		1128	190	335	5	424	16	6	0	84	8	2	0	0	1	1	0	0	0	2	




















Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 11 Conteo Vehicular (Laredo-Trujillo) Miercoles

HORA	Sentidos	AUTO 	STATION WAGON 	PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 	MICRO 	2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 	TOTAL
0-1		10	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
1-2		8	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
2-3		9	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
3-4		7	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
4-5		13	4	6	0	5	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
5-6		23	6	13	0	16	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
6-7		43	6	17	0	21	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
7-8		32	7	13	0	25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
8-9		28	5	19	0	17	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
9-10		72	9	11	0	26	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121
10-11		35	11	16	0	27	0	2	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96
11-12		47	6	11	0	31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96
12-13		28	2	7	0	24	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
13-14		54	4	31	0	33	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125
14-15		72	11	24	2	26	1	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	143
15-16		66	9	28	0	21	0	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135
16-17		83	16	19	0	23	2	1	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157
17-18		61	22	20	0	27	2	0	0	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	142
18-19		71	19	27	0	28	0	0	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158
19-20		77	11	24	0	29	4	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153
20-21		74	5	17	0	7	5	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
21-22		51	3	9	0	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
22-23		45	3	15	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
23-24		34	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
TOTALES		1043	167	335	2	425	15	8	0	70	22	1	0	0	0	0	0	0	0	2	




















Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 12 Conteo Vehicular (Laredo-Trujillo) Jueves

HORA	Sentidos	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 	
0-1		8	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
1-2		8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
2-3		6	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
3-4		7	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
4-5		18	6	5	0	7	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
5-6		27	8	10	0	7	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
6-7		74	11	22	1	25	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	139
7-8		94	12	32	0	32	0	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	176
8-9		81	10	25	0	45	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164
9-10		45	8	16	0	18	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
10-11		28	10	11	1	12	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	66
11-12		65	10	19	0	26	0	0	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	135
12-13		74	9	23	0	27	1	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	141
13-14		56	8	27	1	29	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126
14-15		56	7	15	0	29	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111
15-16		63	13	11	0	14	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111
16-17		70	20	24	0	31	1	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151
17-18		84	10	19	0	20	2	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143
18-19		57	11	35	0	23	1	0	0	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	136
19-20		60	9	19	0	30	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123
20-21		50	4	16	0	34	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110
21-22		56	4	11	0	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
22-23		25	4	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
23-24		25	1	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
TOTALES		1137	179	361	3	427	15	10	0	76	7	3	0	1	1	0	0	0	0	2	




















Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 13 Conteo Vehicular (Laredo-Trujillo) Viernes

HORA	Sentidos	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 	
0-1		42	1	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
1-2		26	1	10	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
2-3		15	1	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
3-4		44	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
4-5		56	1	6	0	5	0	3	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
5-6		67	2	8	0	25	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104
6-7		72	2	22	0	12	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	114
7-8		35	3	25	0	18	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	86
8-9		30	3	19	0	14	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
9-10		65	12	22	0	35	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	139
10-11		24	6	30	0	29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
11-12		28	4	35	0	25	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	95
12-13		67	4	22	0	22	2	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	122
13-14		82	15	20	0	38	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158
14-15		65	8	25	0	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111
15-16		44	13	12	0	14	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
16-17		62	7	13	0	9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
17-18		60	5	20	0	16	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105
18-19		47	11	37	0	32	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131
19-20		72	6	39	0	25	3	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151
20-21		74	4	19	0	7	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108
21-22		92	0	25	0	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130
22-23		101	3	35	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143
23-24		96	0	22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119
TOTALES		1366	113	504	0	354	12	14	2	30	12	1	1	4	0	1	0	0	1	0	

Fuente: Elaboración propia

A-4, Tabla. 14 Cuento Vehicular (Laredo-Trujillo) Sábado

HORA	Sentidos	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 	
0-1		42	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
1-2		14	1	6	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
2-3		12	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
3-4		35	1	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
4-5		56	1	3	0	5	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
5-6		60	2	8	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
6-7		72	2	20	0	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107
7-8		22	3	25	0	18	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	71
8-9		45	11	19	0	14	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
9-10		65	12	22	0	35	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	137
10-11		80	12	30	0	29	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156
11-12		28	10	35	0	25	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
12-13		122	4	42	0	22	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	194
13-14		102	15	20	0	28	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168
14-15		114	8	25	0	15	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164
15-16		102	13	22	0	14	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154
16-17		98	7	13	1	9	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133
17-18		129	5	20	0	16	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174
18-19		135	11	37	0	32	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219
19-20		120	6	23	0	25	3	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	183
20-21		110	8	19	0	7	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
21-22		118	0	20	0	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151
22-23		60	3	11	0	7	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
23-24		52	0	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
TOTALES		1793	137	447	1	330	9	13	2	35	9	0	0	2	0	1	0	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5
A-5 ESTUDIO DE TRÁFICO.

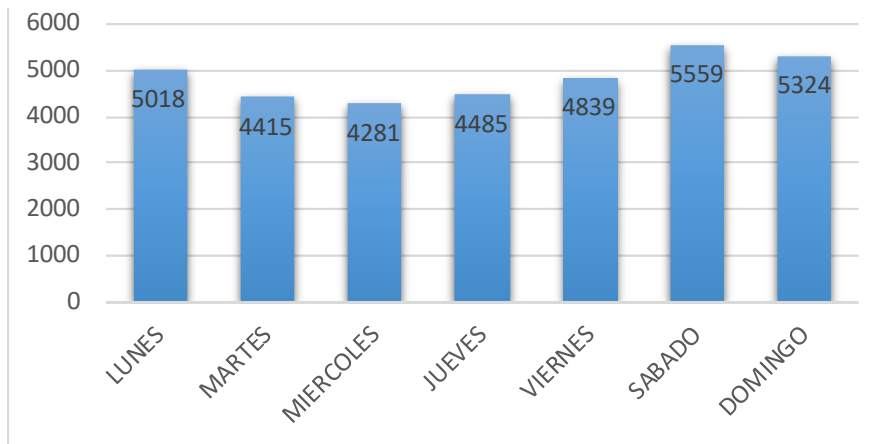
I) ANÁLISIS DEL TRÁFICO SEMANAL.

A-5, Tabla. 1 Determinación Del Tráfico Actual Semanal

TIPO DE VEHICULO	DÍAS DE LA SEMANA							Total
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	
Automóvil	2643	2280	2217	2319	2616	3235	3554	18864
Station Wagon	392	355	329	349	316	383	340	2464
Pick Up	691	625	574	620	821	863	710	4904
Panel	25	10	10	11	6	5	9	76
Combi Rural	951	917	930	958	860	830	594	6040
Micro Bus	26	28	28	31	44	82	5	244
B2	19	12	13	15	23	24	18	124
B3	1	0	0	0	1	3	0	5
B4	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	217	160	130	152	120	103	68	950
C3	38	16	33	16	18	19	16	156
C4	3	3	1	4	2	1	1	15
2S1	0	0	0	0	0	0	0	0
2S2	1	1	0	0	1	0	1	4
2S3	0	0	1	1	4	3	1	10
3S1	0	1	0	0	0	0	0	1
3S2	0	0	1	1	0	0	0	2
>=3S3	6	4	7	6	6	4	6	39
2T2	0	0	2	0	0	0	0	2
2T3	0	0	0	0	0	0	0	0
3T2	0	1	1	0	1	0	0	3
>=3T3	5	2	4	2	0	4	1	18
TOTAL DE VEHICULOS	5018	4415	4281	4485	4839	5559	5324	33921

Fuente: Elaboración propia

A-5, Fig. 1 Total de Vehículos /Día



Fuente: Elaboración propia

II) ANÁLISIS DEL TRÁFICO ANUAL.

Para obtener el IMD_A se hace uso de las siguientes formulas:

$$IMD_S = \frac{\sum v_i}{7}$$

$$IMD_A = IMD_S * FC$$

Donde:

v_i : Volumen vehicular diario de cada uno de los días contados.

IMD_S : Índice Medio Diario Semanal de la muestra vehicular.

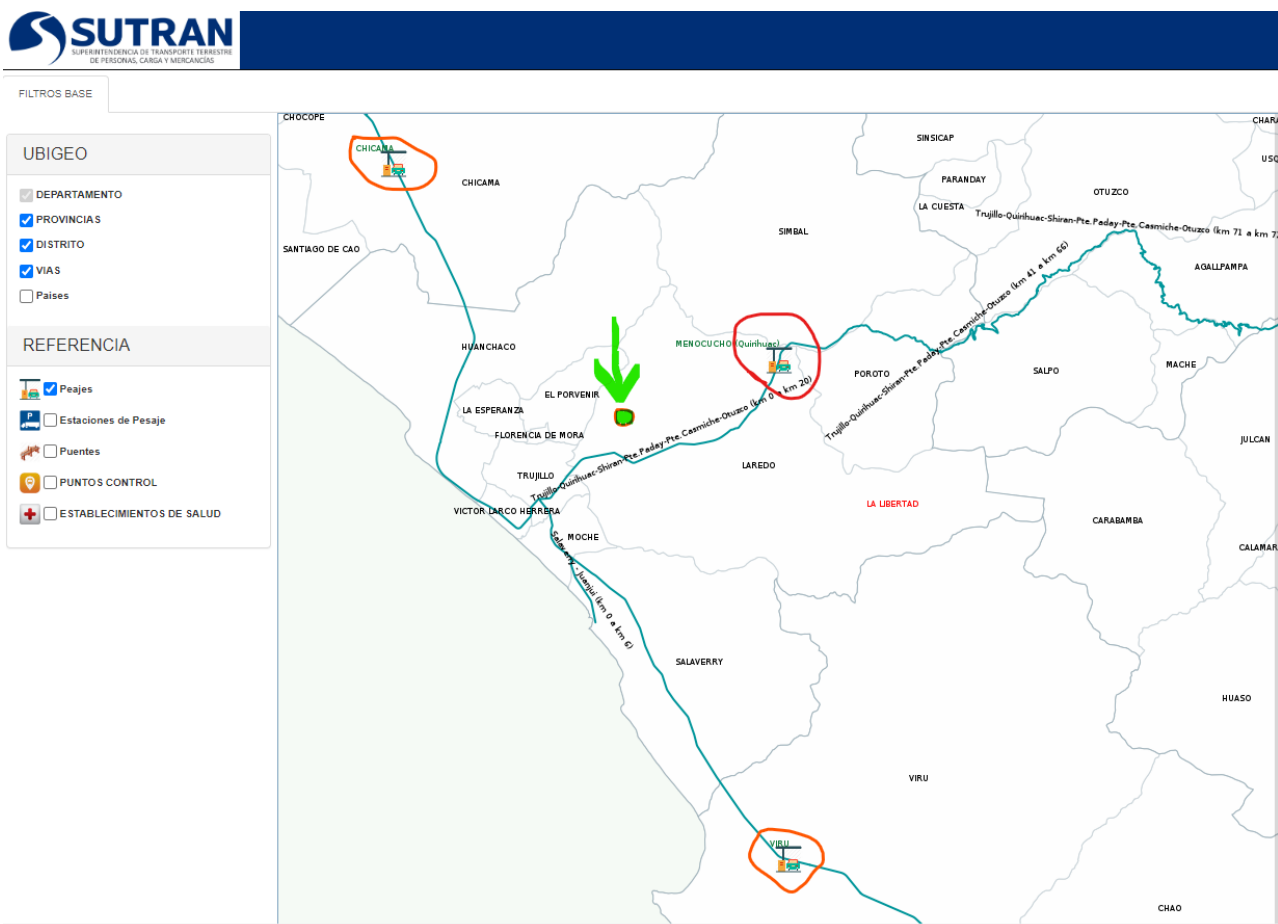
FC : Factor de Correlación Estacional.

Para determinar el valor de FC tenemos que recurrir a información que nos brinda el MTC en su apartado acerca de la ficha técnica estándar para la formulación de proyectos de inversión en carreteras.

En esta ficha encontramos una tabla con los valores de los factores de corrección estacional de vehículos pesados y ligeros por unidad de peaje. Estos valores dependen del mes en que fue realizado el conteo vehicular y del peaje más cercano al punto donde se realizó el conteo vehicular.

Para nuestro lugar de estudio se observa en la imagen a continuación que el peaje más cercano es el peaje de MENOCUCHO, esta información se obtiene de la página web de la Superintendencia de transporte terrestre de personas, carga y mercancía (SUTRAN).

A-5, Fig. 2 Ubicación del peaje más cercano



Fuente: Página Web Del Ministerio De Transporte-Sutran. (SUTRAN, 2023)

Ya determinado el peaje más cercano a nuestro punto de conteo vehicular, y teniendo como información que nuestra toma de datos del conteo vehicular fue realizada en el mes de diciembre, podemos obtener, según la tabla de corrección estacional de vehículos ligeros y pesados, la siguiente información:

Factor de Corrección estacional de vehículos ligeros = 0.5208

Factor de corrección estacional de vehículos pesados = 0.6242

A-5, Fig. 3 Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje-Promedio (2010-2016)

Nº	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.0102	1.1445	0.8265	0.9416	1.1121	0.9751	1.0782	1.0732	1.0000
35	MACUSANI	1.0451	1.0018	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928	0.9432	1.0228	0.9617	1.0240	0.7588	1.0000
36	MARCONA	0.9662	0.8961	0.9852	1.0088	1.0983	1.0530	1.0341	1.0196	1.0333	1.0271	1.0027	0.7889	1.0000
37	MATARANI	0.4710	0.3895	0.9813	1.5079	1.7155	1.6697	1.6168	1.5740	1.5939	1.4242	1.3091	0.7821	1.0000
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502	0.9064	1.0854	0.8523	0.7838	0.5208	1.0000
39	MOCCE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898	0.9054	1.0213	1.0118	1.0013	0.6605	1.0000
40	MONTALVO	0.9048	0.8791	1.0475	1.0354	1.0354	1.1059	1.0488	1.0071	1.0540	1.0687	1.0353	0.8310	1.0000
41	MORROPE	0.9513	0.9141	1.0811	1.1244	1.1424	1.1751	0.8926	0.9687	1.0920	0.9715	1.0545	0.6746	1.0000
42	MOYOBAMBA	1.0850	1.0698	1.0813	1.0651	1.0168	0.9738	0.9435	0.9373	0.9761	0.9702	0.9891	0.8038	1.0000
43	NAZCA	0.9661	0.9054	1.0447	1.0579	1.0734	1.0837	0.9221	0.9299	1.0191	1.0129	1.0678	1.0237	1.0000

Fuente: Página Web Del Ministerio De Transporte-Sutran (FINANZAS, 2023)

A-5, Fig. 4 Factores de corrección de vehículos Pesados por unidad de peaje-Promedio (2010-2016)

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC
34	LUNAHUANA	1.1157	1.0802	1.0493	1.0496	0.9891	1.0416	0.9823	0.9305	0.9768	0.9344	0.9505	1.0360	1.0000
35	MACUSANI	1.0472	1.0557	1.0808	1.0272	1.1020	1.0260	1.2521	0.9430	0.9199	0.9216	0.9320	0.8424	1.0000
36	MARCONA	1.0211	0.9817	0.9389	1.0037	1.1061	1.0323	1.0444	1.0595	1.0602	0.9693	0.9652	0.8165	1.0000
37	MATARANI	0.9769	0.8851	1.0520	1.0690	1.0756	1.0200	1.0076	1.0345	0.9879	0.9887	0.9761	0.8394	1.0000
38	MENOCUCHO	1.0902	1.0710	1.1233	1.0356	0.9978	0.9628	0.9467	0.9518	1.0001	0.8032	0.7510	0.6242	1.0000
39	MOCCE	0.9589	0.9880	1.0560	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9850	0.9950	0.9641	0.9495	0.6739	1.0000
40	MONTALVO	0.9749	0.9489	1.0168	1.0360	1.0138	1.0964	1.0793	1.0412	1.0186	0.9900	0.9696	0.8286	1.0000
41	MORROPE	0.9853	0.9582	1.0108	1.0690	1.0412	1.0481	1.0383	1.0113	1.0140	0.9789	0.9444	0.7873	1.0000
42	MOYOBAMBA	1.0394	1.0126	1.0017	1.0501	1.0243	0.9980	0.9971	0.9593	0.9650	0.9824	0.9764	0.8706	1.0000
43	NAZCA	1.0512	1.0102	1.0291	1.0329	1.0337	1.0279	0.9978	0.9794	0.9595	0.9575	0.9266	1.0810	1.0000

Fuente: Página Web Del Ministerio De Transporte-Sutran (FINANZAS, 2023)

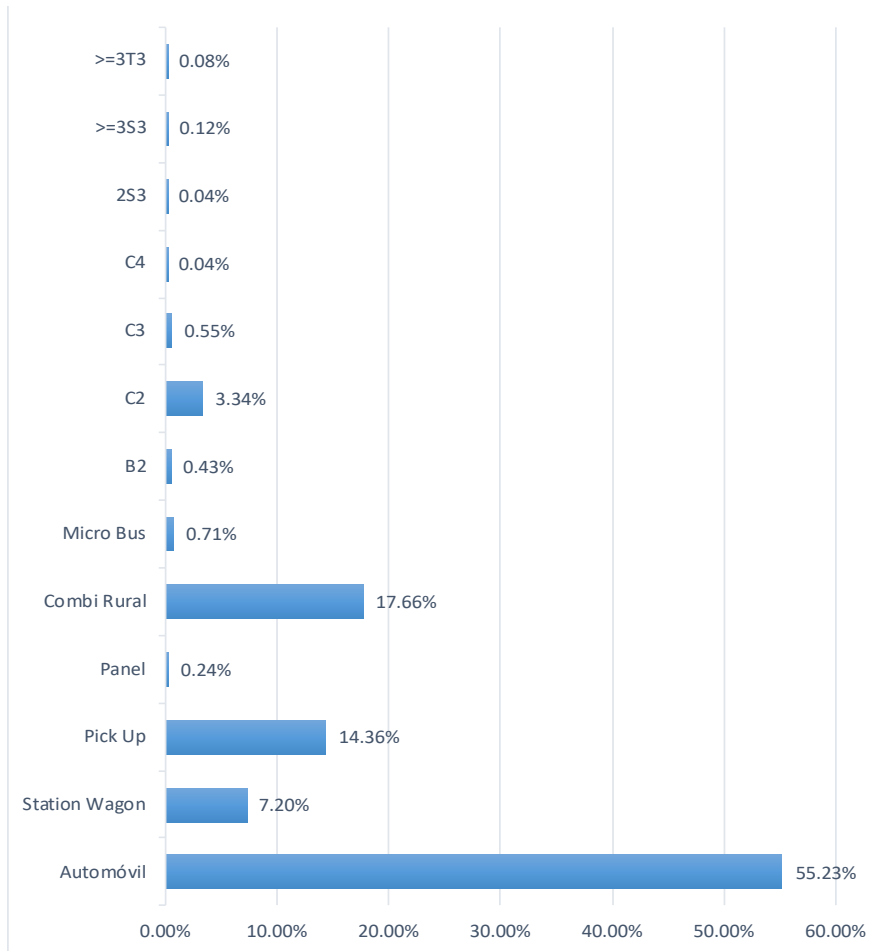
Haciendo uso de las fórmulas y datos obtenidos anteriormente, encontramos el valor de nuestro IMD_A y su respectiva distribución en la siguiente tabla:

A-5, Tabla. 2 Índice Medio Diario Anual y distribución.

TIPO DE VEHICULO	DÍAS DE LA SEMANA							Veh semanal	IMDS	FC	IMDA	Distribución (%)
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO					
Automóvil	2643	2280	2217	2319	2616	3235	3554	18864	2694.9	0.5208	1404	55.23%
Station W.	392	355	329	349	316	383	340	2464	352.0	0.5208	183	7.20%
Pick Up	691	625	574	620	821	863	710	4904	700.6	0.5208	365	14.36%
Panel	25	10	10	11	6	5	9	76	10.9	0.5208	6	0.24%
Combi Rural	951	917	930	958	860	830	594	6040	862.9	0.5208	449	17.66%
Micro Bus	26	28	28	31	44	82	5	244	34.9	0.5208	18	0.71%
B2	19	12	13	15	23	24	18	124	17.7	0.6242	11	0.43%
B3	1	0	0	0	1	3	0	5	0.7	0.6242	0	0.00%
B4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.6242	0	0.00%
C2	217	160	130	152	120	103	68	950	135.7	0.6242	85	3.34%
C3	38	16	33	16	18	19	16	156	22.3	0.6242	14	0.55%
C4	3	3	1	4	2	1	1	15	2.1	0.6242	1	0.04%
2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.6242	0	0.00%
2S2	1	1	0	0	1	0	1	4	0.6	0.6242	0	0.00%
2S3	0	0	1	1	4	3	1	10	1.4	0.6242	1	0.04%
3S1	0	1	0	0	0	0	0	1	0.1	0.6242	0	0.00%
3S2	0	0	1	1	0	0	0	2	0.3	0.6242	0	0.00%
>=3S3	6	4	7	6	6	4	6	39	5.6	0.6242	3	0.12%
2T2	0	0	2	0	0	0	0	2	0.3	0.6242	0	0.00%
2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.6242	0	0.00%
3T2	0	1	1	0	1	0	0	3	0.4	0.6242	0	0.00%
>=3T3	5	2	4	2	0	4	1	18	2.6	0.6242	2	0.08%
TOTAL DE VEHICULOS	5018	4415	4281	4485	4839	5559	5324	33921	4845.9		2542	100%

Fuente: Elaboración propia

A-5, Fig. 5 Distribución De vehículos



Fuente: Elaboración propia

III) Tráfico Projectado.

Se hará uso de la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 * (1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_n : Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T_0 : Tránsito actual (año base) en veh/día.

r : Tasa anual de crecimiento de tránsito.

n : Año futuro de proyección.

Para obtener los valores de las tasas de crecimiento de vehículos pesados y ligeros se debe recurrir a la siguiente tabla proporcionada por el MTC en su ficha técnica estándar para la formulación y evaluación de proyectos de inversión en carreteras interurbanas.

A-5, Fig. 6 Tasas De Crecimientos De Vehículos Ligeros y Pesados.

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros	
	TC
Amazonas	0.62%
Ancash	0.59%
Apurímac	0.59%
Arequipa.	1.07%
Ayacucho	1.18%
Cajamarca.	0.57%
Callao	1.56%
Cusco.	0.75%
Huancavelica.	0.83%
Huánuco.	0.91%
Ica.	1.15%
Junín.	0.77%
La Libertad	1.26%
Lambayeque.	0.97%
Lima Provincia	1.45%
Lima.	1.45%
Loreto.	1.30%
Madre de Dios	2.58%
Moquegua	1.08%
Pasco.	0.84%
Piura.	0.87%
Puno.	0.92%
San Martín.	1.49%
Tacna.	1.50%
Tumbes.	1.58%
Ucayali	1.51%

Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	PBI
Amazonas	3.42%
Ancash	1.05%
Apurímac	6.65%
Arequipa.	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	1.29%
Cusco.	4.43%
Huancavelica.	2.33%
Huánuco.	3.85%
Ica.	3.54%
Junín.	3.90%
La Libertad	2.83%
Lambayeque.	3.45%
Callao	3.41%
Lima Provincia	3.07%
Lima.	3.69%
Loreto.	1.29%
Madre de Dios	1.98%
Moquegua	0.27%
Pasco.	0.36%
Piura.	3.23%
Puno.	3.21%
San Martín.	3.84%
Tacna.	2.88%
Tumbes.	2.60%
Ucayali	2.77%

Fuente: Página Web Del Ministerio De Transporte-Sutran

De las tablas mostradas obtenemos para La libertad, Lugar donde realizamos la presente investigación, los valores de las tasas de crecimiento anual siguientes:

Tasa de crecimiento anual de vehículos ligeros = 1.26%

Tasa de crecimiento anual de vehículos pesados = 2.83%

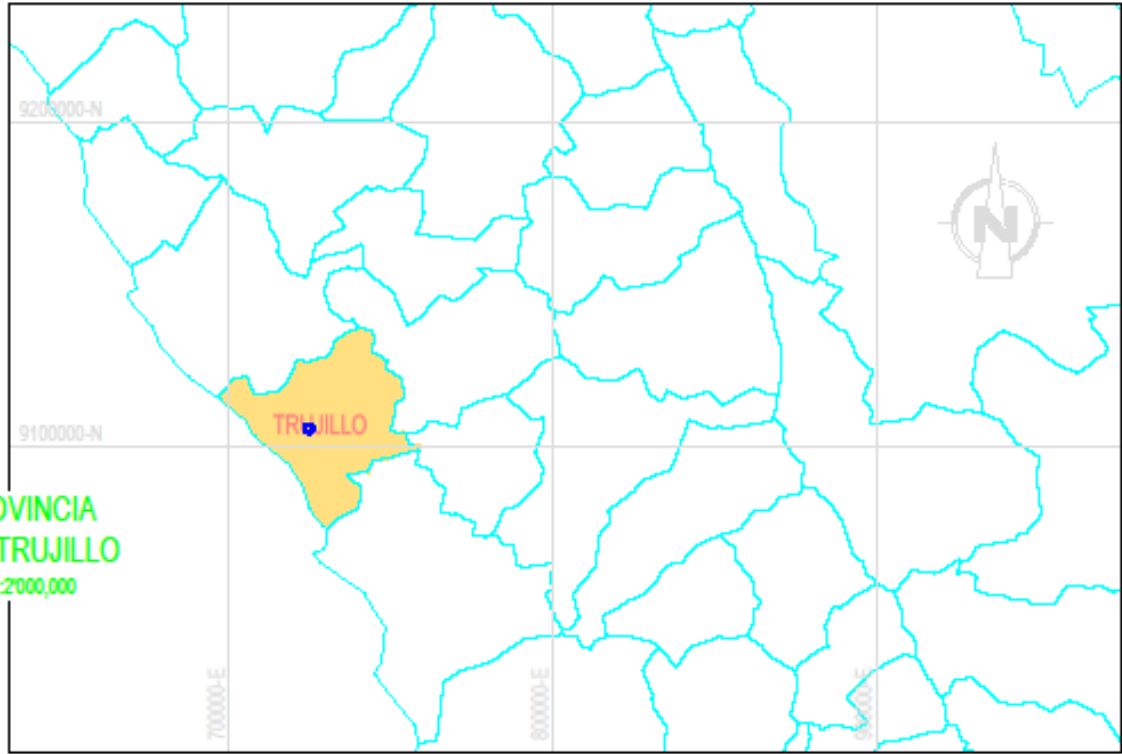
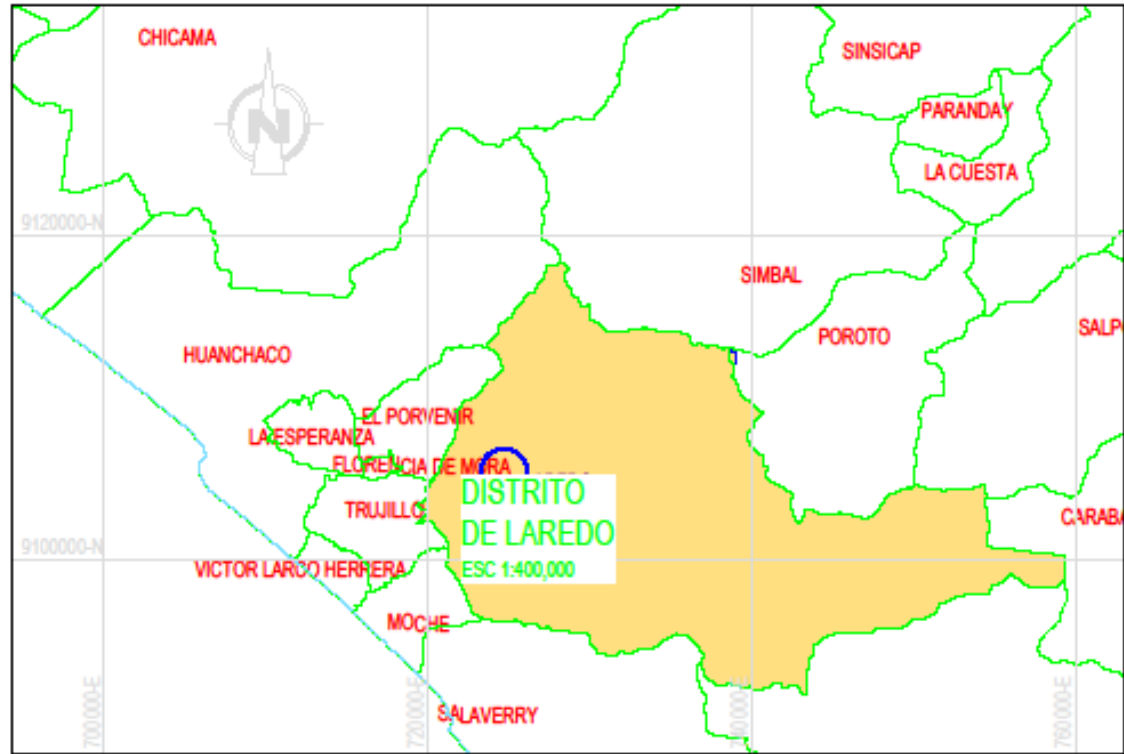
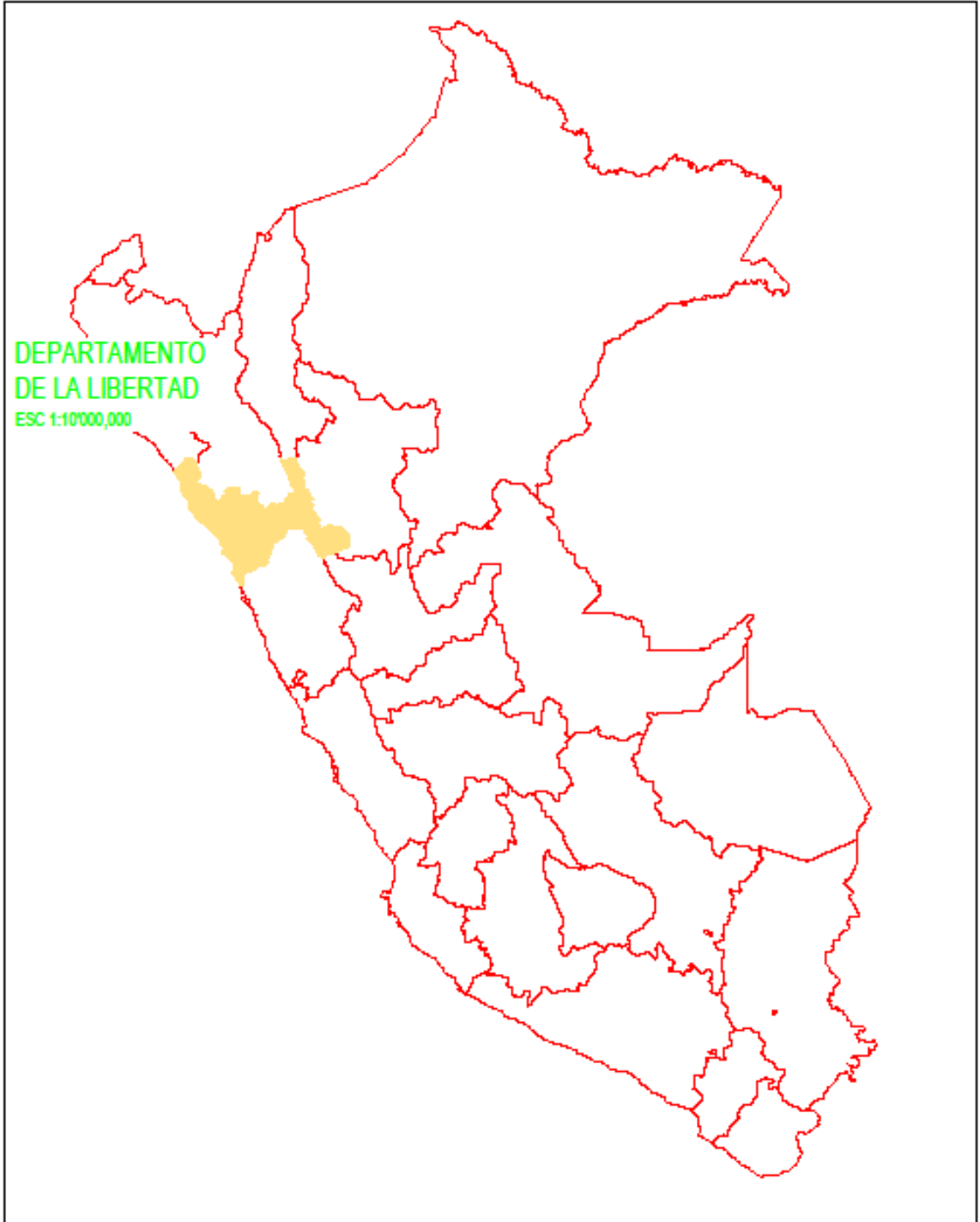
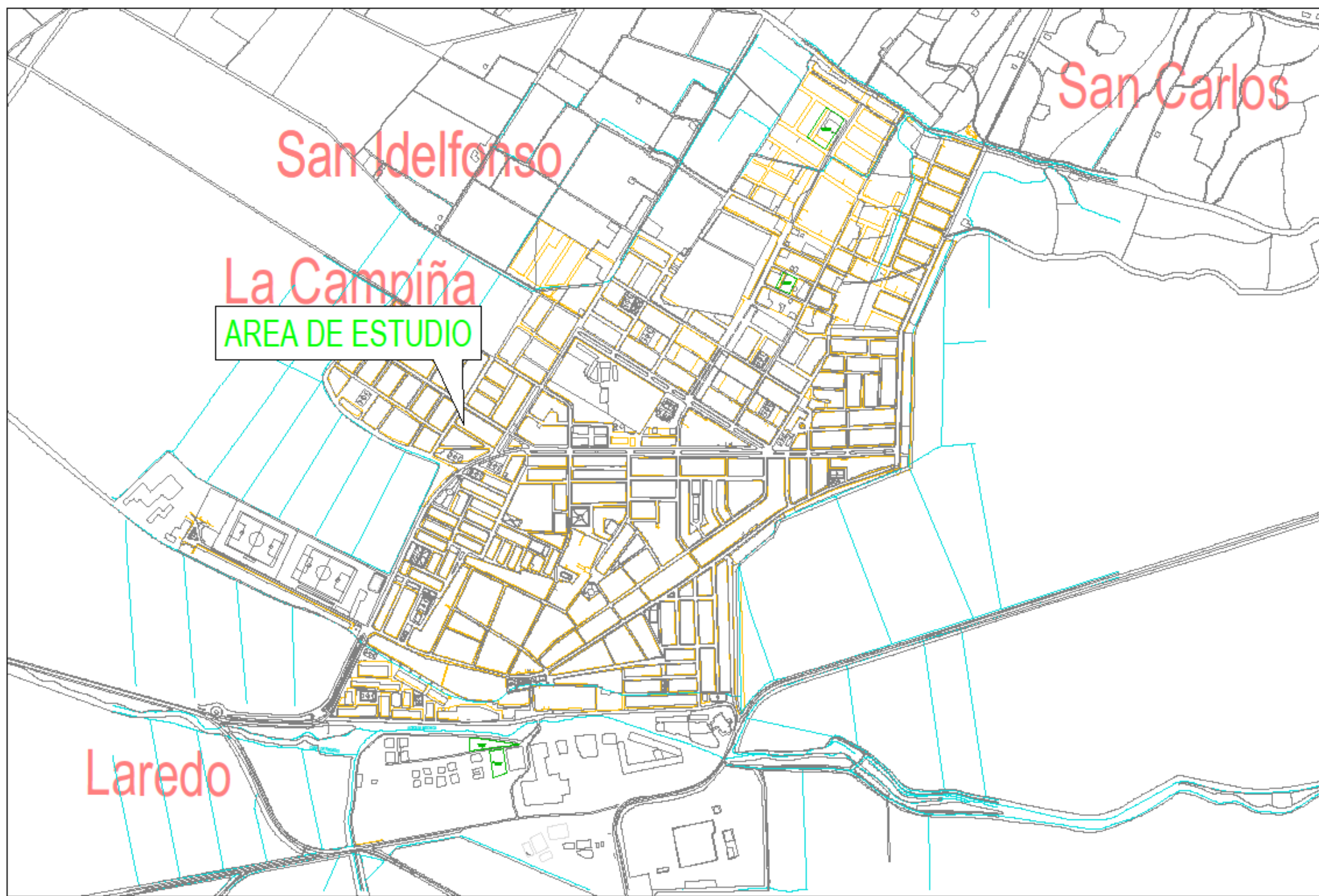
Se ha considerado un $n = 2$, es decir, son 2 años el tiempo que pasa del estudio del proyecto hasta la ejecución de este. Por lo tanto, la ejecución del proyecto empezaría el 2024.

A-5, Tabla. 3 Año Projectado De Inicio De Obra.

TIPO DE VEHICULO	AÑO BASE	AÑO 1	AÑO 2
	2022	2023	2024
Automóvil	1404	1404	1422
Station Wagon	183	183	185
Pick Up	365	365	370
Panel	6	6	6
Combi Rural	449	449	455
Micro Bus	18	18	18
B2	11	11	11
B3	0	0	0
B4	0	0	0
C2	85	85	87
C3	14	14	14
C4	1	1	1
2S1	0	0	0
2S2	0	0	0
2S3	1	1	1
3S1	0	0	0
3S2	0	0	0
>=3S3	3	3	3
2T2	0	0	0
2T3	0	0	0
3T2	0	0	0
>=3T3	2	2	2
TRAFICO NORMAL	2542	2542	2575

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6
A-6 PLANOS.



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO


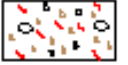
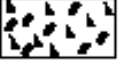
Tesis: *DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA PRINCIPAL JULIAN ARCE, DISTRITO LAREDO,, LA LIBERTAD*

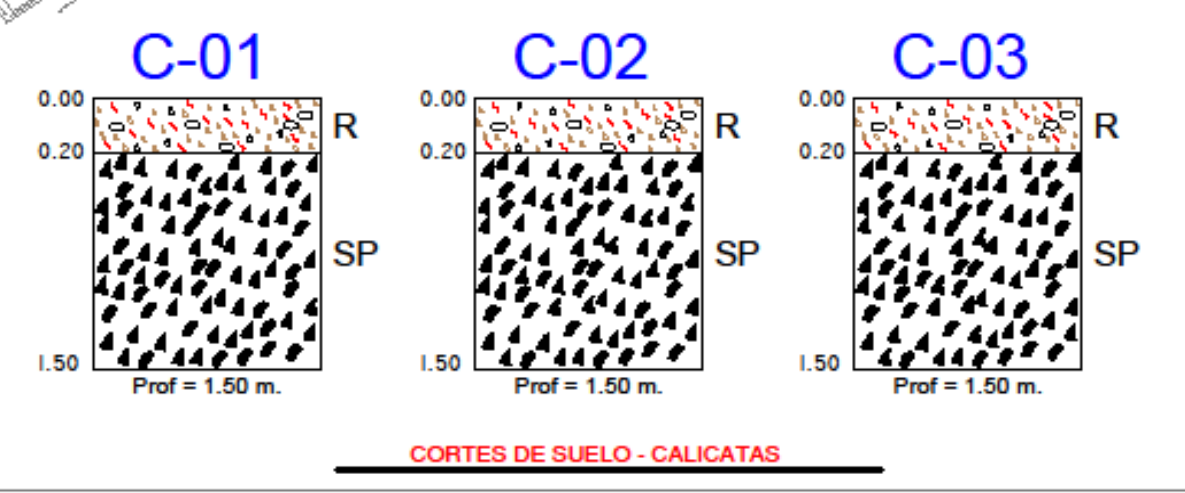
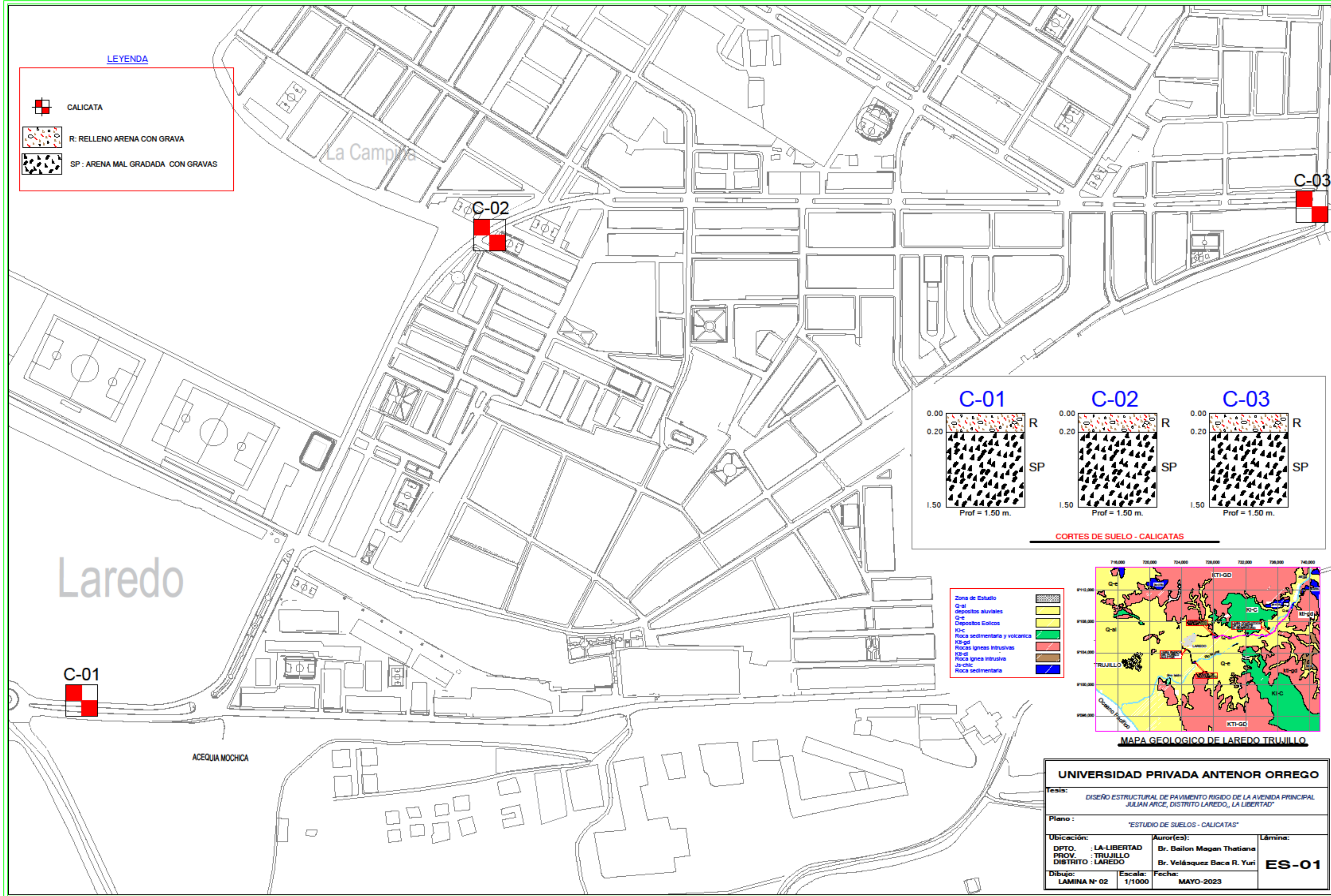
Plano : *"UBICACION Y LOCALIZACION"*

Ubicación:	Autor(es):	Lámina:
DPTO. : LA-LIBERTAD	Br. Bailon Magan Thatiana	UL
PROV. : TRUJILLO	Br. Velásquez Baca R. Yuri	
DISTRITO : LAREDO		

Dibujo:	Escala:	Fecha:
LAMINA N° 01	1/1000	MAYO-2023

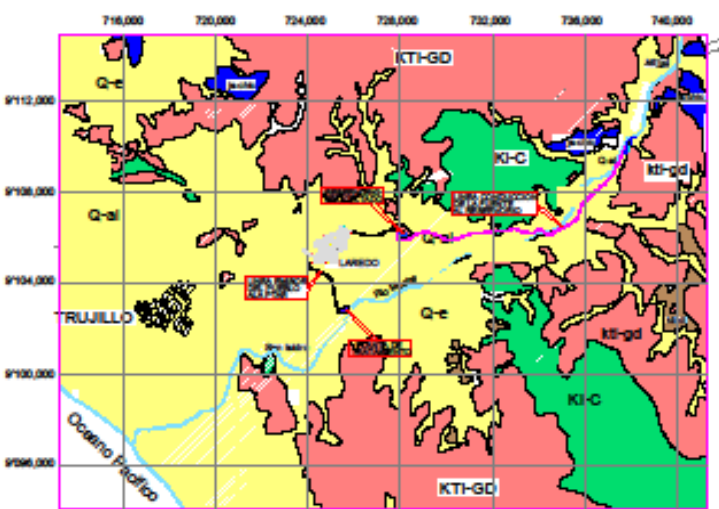
LEYENDA

-  CALICATA
-  R: RELLENO ARENA CON GRAVA
-  SP: ARENA MAL GRADADA CON GRAVAS



Zona de Estudio

- Q-si depósitos aluviales
- Q-e Depósitos Eólicos
- Ki-c Roca sedimentaria y volcanica
- Ki-gd Rocas ígneas intrusivas
- Ki-di Roca ígneas intrusiva
- Js-chic Roca sedimentaria

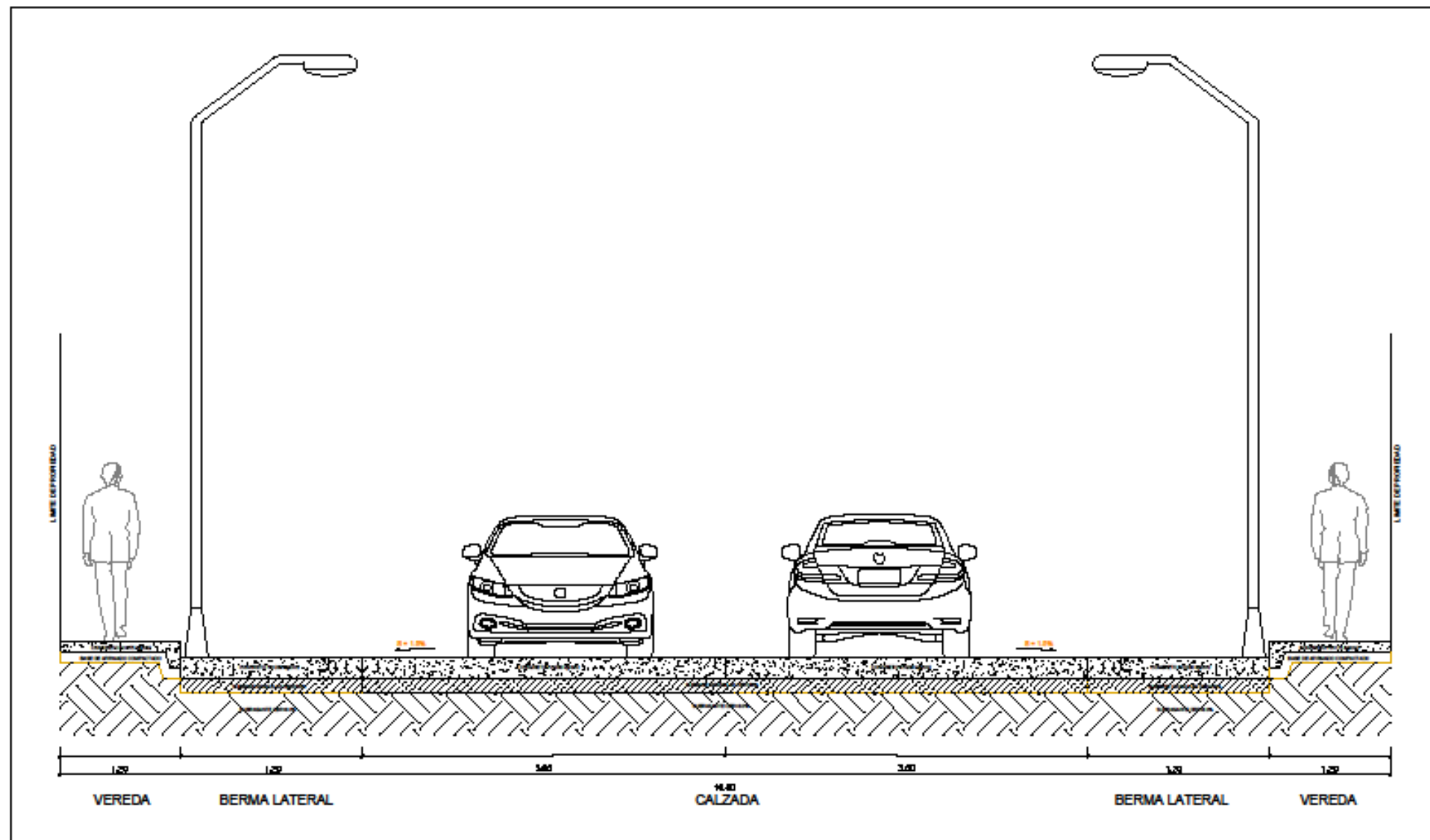
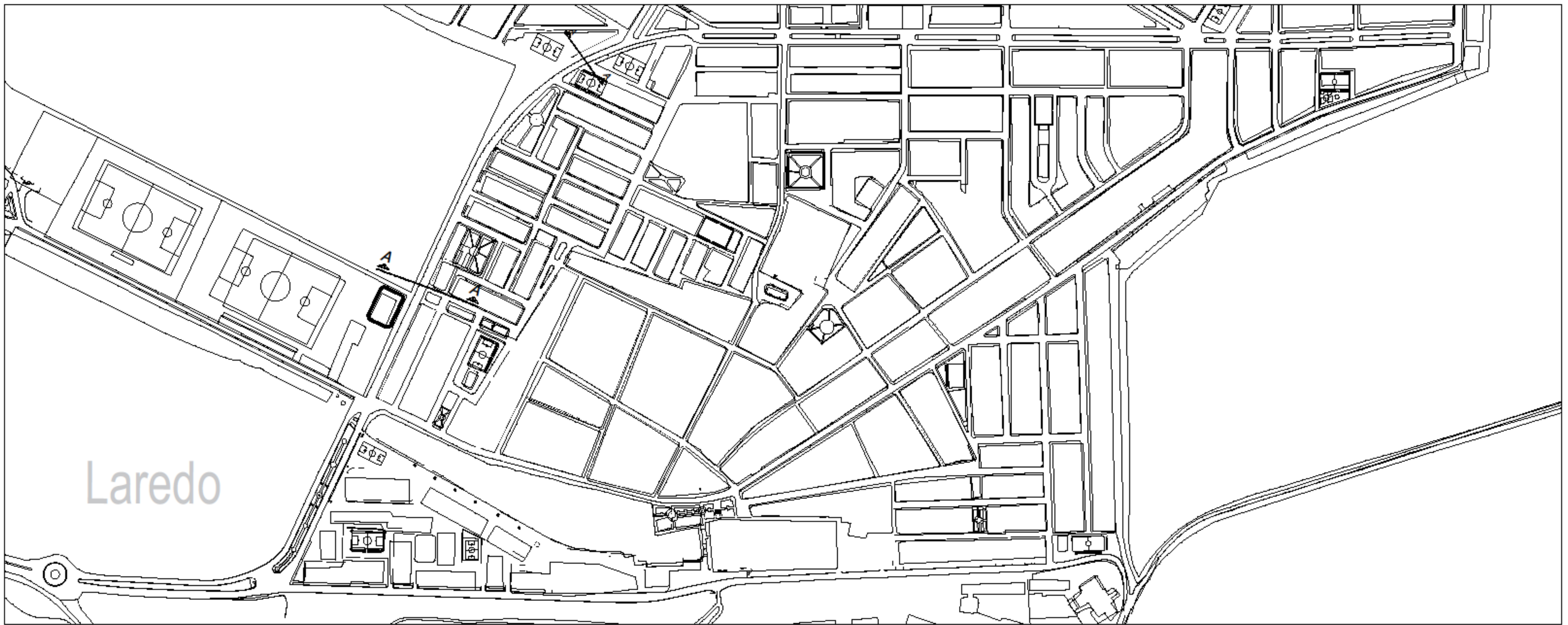


UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

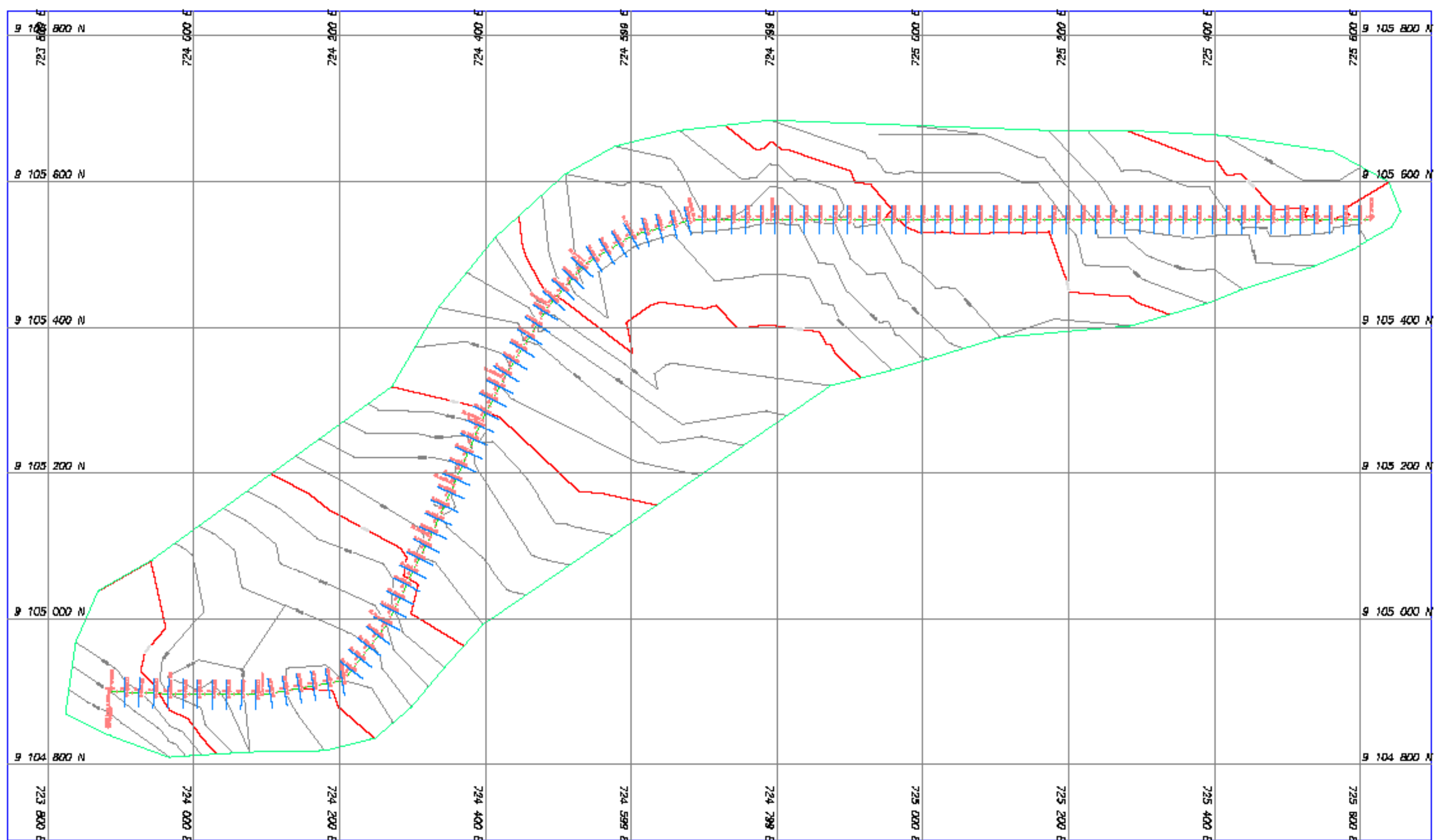
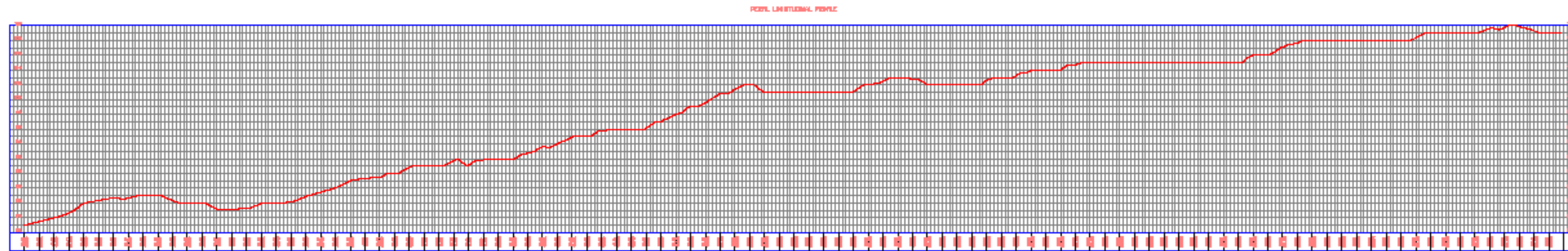
Tesis: *DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA PRINCIPAL JULIAN ARCE, DISTRITO LAREDO, LA LIBERTAD*

Plano: *"ESTUDIO DE SUELOS - CALICATAS"*

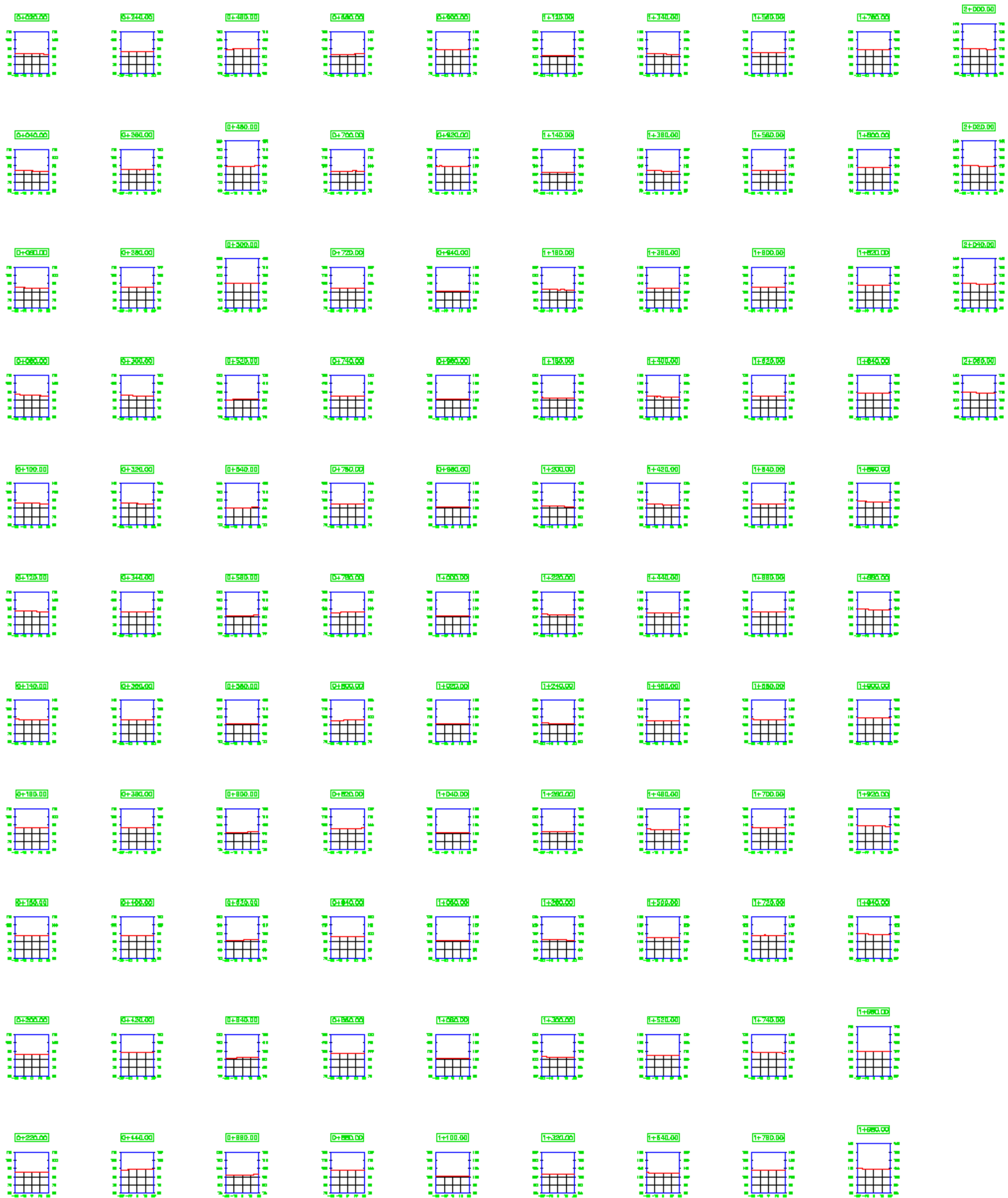
Ubicación: DPTO. : LA-LIBERTAD PROV. : TRUJILLO DISTRITO : LAREDO	Auror(es): Br. Bailon Megan Thatiara Br. Velásquez Beca R. Yuri	Lámina: ES-01
Dibujo: LAMINA N° 02	Escala: 1/1000	Fecha: MAYO-2023



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO		
Tesis: <i>DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA PRINCIPAL JULIAN ARCE, DISTRITO LAREDO,, LA LIBERTAD*</i>		
Plano : <i>"CORTE Y SECCIÓN DE LA AVENIDA JULIAN ÁRCE"</i>		
Ubicación:	Auror(es):	Lámina:
DPTO. : LA-LIBERTAD PROV. : TRUJILLO DISTRITO : LAREDO	Br. Bailon Magan Thatiana Br. Velásquez Baca R. Yuri	S-01
Dibujo: LAMINA N° 03	Escala: 1/1000	Fecha: MAYO-2023



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO ORREGO			
Tesis: <i>DISERNO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA PRINCIPAL JULIAN ARCE, DISTRITO LAREDO, LA LIBERTAD</i>			
Plano: <i>"TOPOGRAFIA EN PLANTA Y PERFIL"</i>			
Ubicación:	Autor(es):	Lámina:	
DPTO. : LA-LIBERTAD PROV. : TRUJILLO DISTRITO : LAREDO	Br. Bailon Megan Thatiana Br. Velásquez Baca R. Yuri	TP-01	
Dibujo: LAMINA N° 04	Escala: 1/1000	Fecha: OCTUBRE-2023	



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

Tesis: *DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA PRINCIPAL JULIAN ARCE, DISTRITO LAREDO,, LA LIBERTAD"*

Plano : *"SECCIONES DE AV. JULIÁN ARCE"*

Ubicación: DPTO. : LA-LIBERTAD PROV. : TRUJILLO DISTRITO : LAREDO		Auror(es): Br. Bailon Magan Thatiana Br. Velásquez Baca R. Yuri		Lámina: TP-02
Dibujo: LAMINA N° 04	Escala: 1/1000	Fecha: OCTUBRE-2023		