

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

APLICACIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO: JR. APURIMAC, JR. WASHINGTON, JR. MARCO POLO, JR. GUISE, JR. SALOOM, JR. COCHRANE Y CA. CONTRALMIRANTE VILLAR, PROVINCIA DE CALLAO – CALLAO

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Fernando Antonio Huamani Catacora

Asesor:

MBA. Ing. Alejandro Vildoso Flores

Lima - Perú

2021

## DEDICATORIA

A mis Padres y hermanas.

Por haberme brindado la vida, el apoyo, el amor y consejos para mantenerme firme en la vida a pesar de los diversos obstáculos que se me presentaron delante.

A mi novia.

Tu ayuda ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más tormentosos, este proyecto no fue fácil, pero me apoyaste hasta donde te era posible, incluso más que eso.

## AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos. A mis Padres, por haberme cuidado, apoyado e inculcado valores desde muy niño, los mismos que me sirvieron a lo largo de mi vida. A mi Novia, porque sin el apoyo que me brindó no hubiera podido seguir adelante, porque estuviste en todo momento, me diste el aliento y motivación que necesitaba. A mis hermanas, porque en algún momento de mi vida me brindaron apoyo y palabras de aliento. A mi Asesor, por la ayuda que me brindó para poder culminar con bien este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
TABLA DE CONTENIDO .....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
INDICE DE ECUACIONES.....	9
INDICE DE FOTOS .....	10
RESUMEN EJECUTIVO .....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....	41
CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....	51
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....	80
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES .....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	82
ANEXOS.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Factores de Distribución Direccional y de Carril.....	23
Tabla 02: Factores de Crecimiento Acumulado (Fca).....	25
Tabla 03: Diferencia de Serviciabilidad según Rango de Tráfico.....	28
Tabla 04: Nivel de Confiabilidad (R) y Desviación Estándar (Zr) .....	30
Tabla 05. CBR mínimos recomendados para Subbase Granular .....	32
Tabla 06. Valores recomendados de Resistencia del concreto según rango de Tráfico .....	32
Tabla 07. Condiciones de Drenaje .....	34
Tabla 08. Coeficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd.....	35
Tabla 09. Valores de Transmisión de Carga J.....	35
Tabla 10. Dimensiones de Losa .....	37
Tabla 11. Diámetros y Longitudes recomendados en pasadores.....	39
Tabla 12. Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre .....	39
Tabla 13. Características de la vía de estudio .....	45
Tabla 14. Estaciones de control.....	48
Tabla 15. Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°1 .....	51
Tabla 16. Estimación del promedio diario en la Estación N°1 .....	51
Tabla 17. Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°1 .....	51
Tabla 18. Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°2 .....	52
Tabla 19. Estimación del promedio diario en la Estación N°2 .....	52
Tabla 20. Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°2.....	52
Tabla 21. Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°3 .....	53
Tabla 22. Estimación del promedio diario en la Estación N°3 .....	53
Tabla 23. Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°3.....	53

Tabla 24. Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°4 .....	54
Tabla 25. Estimación del promedio diario en la Estación N°4 .....	54
Tabla 26. Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°4.....	54
Tabla 27. Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°5 .....	55
Tabla 28. Estimación del promedio diario en la Estación N°5 .....	55
Tabla 29. Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°5.....	55
Tabla 30. Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°7 .....	56
Tabla 31. Estimación del promedio diario en la Estación N°7 .....	56
Tabla 32. Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°7 .....	56
Tabla 33. Proyección de tráfico normal en la Estación N°1 .....	57
Tabla 34. Proyección de tráfico normal en la Estación N°2 .....	58
Tabla 35. Proyección de tráfico normal en la Estación N°3 .....	59
Tabla 36. Proyección de tráfico normal en la Estación N°4 .....	60
Tabla 37. Proyección de tráfico normal en la Estación N°5 .....	61
Tabla 38. Proyección de tráfico normal en la Estación N°7 .....	62
Tabla 39. Proyección de tráfico generado en la Estación N°1 .....	63
Tabla 40. Proyección de tráfico generado en la Estación N°2 .....	64
Tabla 41. Proyección de tráfico generado en la Estación N°3 .....	65
Tabla 42. Proyección de tráfico generado en la Estación N°4 .....	66
Tabla 43. Proyección de tráfico generado en la Estación N°5 .....	67
Tabla 44. Proyección de tráfico generado en la Estación N°7 .....	68
Tabla 45. Proyección de tráfico total en la Estación N°1.....	69
Tabla 46. Proyección de tráfico total en la Estación N°2.....	70
Tabla 47. Proyección de tráfico total en la Estación N°3.....	71
Tabla 48. Proyección de tráfico total en la Estación N°4.....	72
Tabla 49. Proyección de tráfico total en la Estación N°5.....	73
Tabla 50. Proyección de tráfico total en la Estación N°7.....	74

Tabla 51. EAL con periodo de diseño de 20 años.....	75
Tabla 52. Valores de coeficiente de transmisión de carga J.....	76
Tabla 53. Requisitos, propiedades y estructuración de pavimento .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la empresa 3F Constructora EIRL.....	14
Figura 2. Configuración de Ejes.....	27
Figura 3. Estado del Pavimento vs Vida del Pavimento .....	29
Figura 4. Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante .....	31
Figura 5. Ubicación de zona de proyecto .....	43
Figura 6. Ubicación de estaciones de control .....	48
Figura 7. Espesor de pavimento en programa PavimR .....	78
Figura 8. Espesor de afirmado en programa PavimR.....	79



## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación AASHTO 1993 .....	21
Ecuación 2. Tasa de crecimiento de Tránsito anual .....	24
Ecuación 3. Factor de Crecimiento Acumulado.....	26
Ecuación 4. Módulo de Rotura.....	32
Ecuación 5. Módulo de Elasticidad .....	33
Ecuación 6. Índice Medio Diario .....	49

## INDICE DE FOTOS

Foto 1 .....	15
Foto 2 .....	15
Foto 3 .....	15
Foto 4 .....	15
Foto 5 .....	16
Foto 6 .....	16
Foto 7 .....	16
Foto 8 .....	16
Foto 9 .....	17
Foto 10 .....	17

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolla en torno a mi última experiencia profesional como asistente en el área de proyectos, donde se apoyó en la elaboración del expediente técnico del proyecto “Mejoramiento del servicio de transitabilidad en la zona 11 del cercado del Callao: Jr. Apurímac, Jr. Washington, Jr. Marco Polo, Jr. Guisse, Jr. Saloom, Jr. Cochrane, y Ca. Contralmirante Villar, provincia de Callao - Callao”.

En el capítulo I nos encontramos con la introducción del presente trabajo, el cual detalló la justificación, así como también los antecedentes de la empresa en la que laboré, principales obras ejecutadas además de los objetivos generales y específicos del proyecto.

En el capítulo II encontraremos el marco teórico, el cual consiste en la explicación y análisis de las teorías que fueron usadas en el presente trabajo.

En el capítulo III tenemos la descripción de la experiencia, aquí detallaremos el proceso en el cual se participó para poder desarrollar la aplicación del diseño de pavimento rígido, para realizar el diseño del pavimento de las losas y la base se usó el software PavimR, respectivamente. En el pavimento se determinó los espesores de losas, haciendo uso de las distintas variables que solicita el diseño de pavimento por la metodología AASHTO 93. Asimismo, se determinó el espesor de base haciendo uso también del software PavimR.

En el capítulo IV se mostrarán los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología AASHTO 93.

En los capítulos V y VI, se expondrán las conclusiones y recomendaciones dadas a partir de la muestra de resultados. Estos se darán de acuerdo a los objetivos planteados.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo nace de la necesidad de dar solución a una problemática muy latente en el país y en la que diariamente viven muchas personas. Esta es la falta y el inadecuado acceso a un sistema de vías de acceso, lo que deriva en un bajo nivel de calidad de vida e impide el desarrollo económico de estas poblaciones cayendo en el llamado círculo perverso de la inseguridad – flujo de circulación - pobreza.

Por tal motivo, la Municipalidad Provincial del Callao, dentro del programa de Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana ha considerado conveniente programar el desarrollo del proyecto: “Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad en la zona 11 del Cercado del Callao: Jr. Apurímac, Jr. Washington, Jr. Marco polo, Jr. Guisse, Jr. Saloom, Jr. Cochrane y ca. Contralmirante Villar, Provincia de Callao - Callao”. que se origina mediante la necesidad de mejorar y renovar la infraestructura vial existente en la Provincia del Callao y con el objetivo de beneficiar a los vecinos y usuarios de las vías.

Cabe indicar que mediante Oficios N° 001 - 2016-MPC-GGPPR-OPI, la Dirección General de Inversiones Públicas de la Municipalidad del Callao, procedió a efectuar el retiro de la viabilidad del Perfil aprobado, con el fin de que la Unidad Formuladora proceda a reformular el antiguo nombre del Proyecto, al nombre actual: “Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad en la zona 11 del Cercado del Callao: Jr. Apurímac, Jr. Washington, Jr. Marco polo, Jr. Guisse, Jr. Saloom, Jr. Cochrane y ca. Contralmirante Villar, Provincia de Callao - Callao”.

Durante el periodo de mi experiencia profesional participé en la formulación y elaboración de expedientes técnicos de proyectos de transitabilidad para diferentes entidades públicas.

Por ello, gracias a los conocimientos obtenidos, presento este trabajo de suficiencia profesional en el que se plantea una solución técnica a una problemática existente en la zona 11 del Cercado del Callao, provincia de Callao – Callao. En el presente trabajo se describe el diseño del pavimento rígido de la zona 11 del Cercado del Callao, basados en las normativas CE010 Reglamento Nacional de Edificaciones, además de que para el diseño estructural y dimensionamiento del pavimento se aplicaran metodologías de diseño con reconocimiento internacional “AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES” básicamente en lo referente al CHAPTER 4 LOW-VOLUME ROAD DESIGN (año 1993).

### **1.1. Antecedentes de la empresa**

La empresa 3F Constructora EIRL inició sus actividades en el año 2010, dedicándose exclusivamente al sector construcción en las áreas de consultoría y ejecución de obras. Actualmente tiene 10 años operando en el sector. Durante este periodo, la empresa se ha desenvuelto en el ámbito público y privado, participando en proyectos de pequeña y mediana envergadura, en las que ha ofrecido un servicio integral. Para acelerar su crecimiento adquirió maquinaria y equipos para la ejecución de obras, lo que ha impulsado su capacidad de contratación. Asimismo, cuenta con personal técnico capacitado y con la experiencia acreditada para dar soluciones técnicas a las problemáticas presentadas en los proyectos.

En el ámbito público, ofrece servicios de consultoría de obras en la formulación y elaboración de perfiles y expedientes técnicos en proyectos de mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal, edificaciones, puentes, entre otros. Como ejecutor de obras, la empresa participa en la ejecución de obras de infraestructura vial, educativa, recreativa, entre otros.

## Misión

La misión de la empresa es desarrollar y construir proyectos que cumplan con las exigencias de sus clientes e implementando los lineamientos de calidad, seguridad y sostenibilidad.

## Visión

Ser reconocida como una empresa líder en construcción y consultoría, implementando una gestión adecuada en sus proyectos y proponiendo innovaciones que impulsen al crecimiento de la empresa y mejoren la calidad de vida de las personas.

## Organigrama

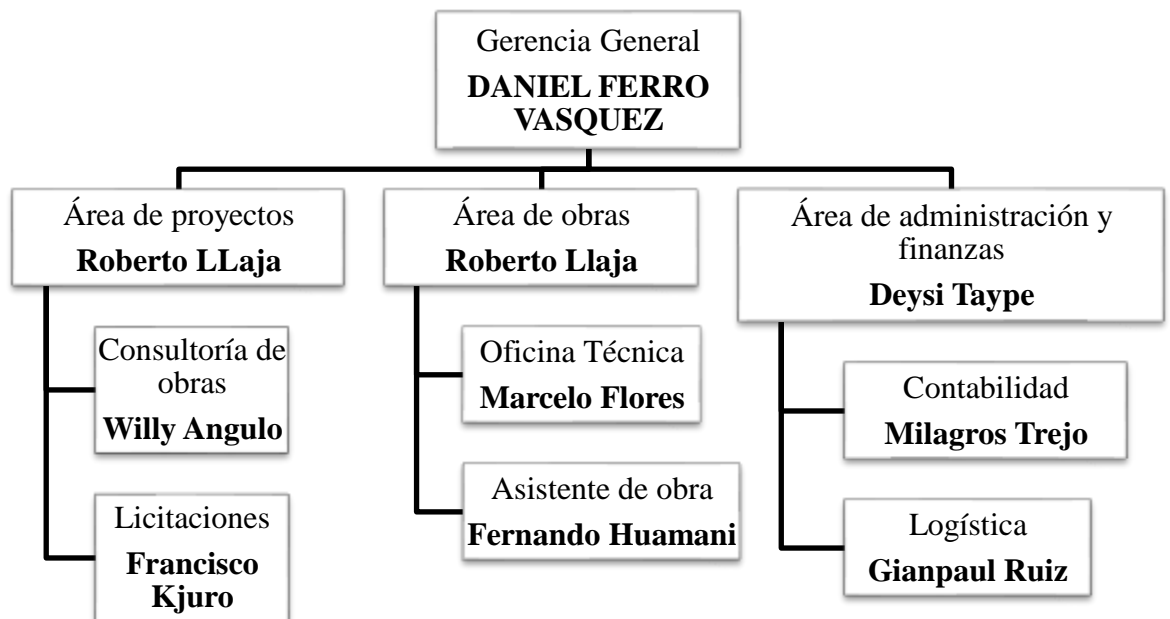


Figura 1. Organigrama de la empresa 3F Constructora EIRL.  
Fuente: 3F Constructora EIRL (2021)

## Servicios

- Obras viales: carreteras y autopistas, puentes, vías urbanas, entre otros.
- Edificaciones: centros educativos, centros deportivos, centros de salud de atención primaria, habilitaciones urbanas, viviendas y oficinas, entre otros.

## Obras Ejecutadas

CREACION DEL SERVICIO RECREATIVO EN EL AGRUPAMIENTO DE VIVIENDA SANTA MARINA SUR, DISTRITO DE CALLAO – PROVINCIA DE CALLAO – REGION CALLAO



*Foto 1.* Vaciado de Pista



*Foto 2.* Pintado de Pista y sembrado de Grass

SERVICIO DE LIMPIEZA, DESCOLMATACION, ENCAUZAMIENTO Y CONFORMACION DE DIQUE EN EL RIO LURIN EN AMBAS MARGENES EN LOS SECTORES: SECTOR 14 A.H. J.C. TELLO – EX BOCATOMA Y SECTOR SEDAPAL LAGUNA DE OXIDACION EN EL DISTRITO DE LURIN, PROVINCIA LIMA – LIMA



*Foto 3.* Descolmatación de Río Lurín



*Foto 4.* Conformación de talud en Río Lurín

## CONSTRUCCION DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR MONTE UMBROSO – 6 PISOS, 3 SOTANOS Y SEMI SOTANO



Foto 5. Vaciado de sótanos



Foto 6. Edificio Monte Umbroso culminado

## CREACIÓN DE ACCESO PARA TRANSITO VEHICULAR EN LA INTERSECCION DE LA AV. NICOLAS ARRIOLA Y AV. MANUEL ECHEANDIA, DISTRITO DE SAN LUIS - LIMA – LIMA



Foto 7. Demolición de Puente Echeandía



Foto 8. Montaje de vigas en Puente Echeandía



## MEJORAMIENTO DE SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DE CERCADO DE CALLAO: JR. APURIMAC, JR. WASHINGTON, JR. MARCO POLO, JR. GUISE, JR. SALOOM, JR. COCHRANE Y CA. CONTRALMIRANTE VILLAR, PROVINCIA DE CALLAO – CALLAO



Foto 9. Conformación de base granular



Foto 10. Colocación de Dowells para vaciado de pista

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo General

Presentar la aplicación de diseño de pavimento rígido con método AASHTO 93 para el proyecto de “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO: JR. APURÍMAC, JR. WASHINGTON, JR. MARCO POLO, JR. GUISE, JR. SALOOM, JR. COCHRANE Y CA. CONTRALMIRANTE VILLAR, PROVINCIA DE CALLAO – CALLAO”.

#### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el EAL de diseño para el proyecto de “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO: JR. APURÍMAC, JR. WASHINGTON, JR. MARCO POLO, JR. GUISE, JR. SALOOM, JR. COCHRANE Y CA. CONTRALMIRANTE VILLAR, PROVINCIA DE CALLAO – CALLAO”.

- Determinar los espesores del pavimento rígido con método AASHTO 93 para el proyecto de “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO: JR. APURÍMAC, JR. WASHINGTON, JR. MARCO POLO, JR. GUISE, JR. SALOOM, JR. COCHRANE Y CA. CONTRALMIRANTE VILLAR, PROVINCIA DE CALLAO – CALLAO”.
- Describir las ventajas del diseño de pavimento rígido con método AASHTO 93 sobre el pavimento flexible, para el proyecto de “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO: JR. APURÍMAC, JR. WASHINGTON, JR. MARCO POLO, JR. GUISE, JR. SALOOM, JR. COCHRANE Y CA. CONTRALMIRANTE VILLAR, PROVINCIA DE CALLAO – CALLAO”.

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Justificación Práctica**

La pobreza existente en muchas zonas del país, el difícil acceso los distritos, la centralización, la falta de responsabilidad e interés de las autoridades locales, regionales y nacionales del país para atender las necesidades básicas de la población ha desacelerado su desarrollo. Una de las causas de esta situación es la falta de flujo de circulación en buen estado tanto vehiculares como peatonales, que son vitales para la mejora de la calidad de vida de las personas en la zona 11 del Cercado del Callao forma parte de dicha realidad. El flujo de circulación en este lugar es deficiente debido a que los pavimentos y veredas existentes en la zona ya cumplieron su ciclo de vida útil, además de que la falla del terreno por aspersión de la napa freática por saturación del terreno deteriora rápidamente las pistas y veredas.

Por tal motivo, el presente trabajo de suficiencia profesional busca presentar la aplicación de diseño de pavimento rígido con método AASHTO 93 para la zona 11 del Cercado del Callao, basados en las normativas CE010 Reglamento Nacional de Edificaciones, además de que para el diseño estructural y dimensionamiento del pavimento se aplicaran metodologías de diseño con reconocimiento internacional “AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES” básicamente en lo referente al CHAPTER 4 LOW-VOLUME ROAD DESIGN (año 1993).

### **1.3.2. Justificación Metodológica**

Este trabajo se basa en la aplicación del método AASHTO para el diseño de las capas estructurales del pavimento. Para el estudio y análisis de las muestras de suelo necesarias para clasificar el mismo, se realizaron en un laboratorio que cumple con todas las normas técnicas de calidad en los procesos aplicados en las muestras. Para la recolección de la información del tráfico se realizó un análisis riguroso del mismo mediante un conteo a través de una hoja de cálculo y estaciones de control. Se eligió la metodología AASHTO 93 ya que es la más detallada, ya que se aplican mayor número de variables, así como también estadística. Lo que conlleva a que los espesores sean más exactos, siempre y cuando las variables reflejen exactamente las condiciones que están representando.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco Legal

La normativa enmarcada en el diseño de pavimentos en zonas urbanas del Perú es la siguiente:

- Metodología AASHTO (1993), con sus normativas vigentes.
- Manual de carreteras del MTC (2013).

Para los análisis operacionales, se usan volúmenes horarios, ya que el volumen varío considerablemente durante el curso de 24 horas del día.

Los pavimentos de concreto son los que reciben el apelativo de “pavimentos rígidos” debido a la naturaleza de la losa de concreto que la conforman.

Debido a su naturaleza rígida, la losa de concreto absorbe la mayoría de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente subrasante.

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Existen 3 tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimentos de concreto simple con juntas
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- Pavimentos de concreto continuamente reforzados

Los pavimentos de concreto con juntas son los que mejor se aplican a la realidad nacional debido a su buen desempeño y a los periodos de diseño que usualmente se emplean (p.224). En el presente informe se propondrá el diseño de pavimento rígido para el mejoramiento del servicio de transitabilidad en la zona 11 del cercado del callao: Jr. Apurímac, Jr. Washington,

Jr. Marco Polo, Jr. Guisse, Jr. Saloom, Jr. Cochrane y Ca. Contralmirante Villar,  
provincia de Callao – Callao.

## 2.2. Parámetros de Diseño

### 2.2.1. Metodología empleada del AASHTO 1993

#### 2.2.1.1. Para pavimento rígido

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), El método AASHTO 93 estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel muy alto. A medida que transcurre el tiempo, y con él las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final que se debe mantener al concluir el periodo de diseño.

Mediante un proceso iterativo, se asumen espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 1993 llegue al equilibrio. El espesor de losa 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 (p.224).

$$\log_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left( \frac{M_r C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J (0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c I K)^{0.25}}} \right)$$

Ecuación 1. Ecuación AASHTO 1993

Dónde:

$W_{8.2}$ : número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

$Z_R$ : desviación normal estándar

$S_o$ : error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

$D$ : espesor de pavimento de concreto, en milímetros

$\Delta PSI$ : diferencia entre los índices de serviciabilidad inicial y final

- $P_i$ : índice de serviciabilidad o servicio final
- $M_r$ : resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días  
(método de carga en los tercios de luz)
- $C_d$ : coeficiente de drenaje
- $J$ : coeficiente de transmisión de carga en las juntas
- $E_c$ : módulo de elasticidad del 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

El cálculo del espesor se puede desarrollar utilizando directamente la formula AASHTO 93 con una hoja de cálculo, mediante el uso de monogramas, o mediante el uso de programas de cómputo especializado. No obstante, también podemos obtener el espesor mediante secciones de estructuras de pavimento rígido, obtenidas en función a los criterios de diseño, donde se relaciona el tipo de suelo y el tráfico expresado en ejes equivalentes.

### **2.3. Periodo de Diseño**

“El periodo de Diseño a ser empleado para el presente informe de diseño de pavimento rígido será mínimo de 20 años” Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014).

### **2.4. Variables**

#### **2.4.1. Tránsito (ESALs)**

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), 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) (p.225).

#### 2.4.1.1.Demanda Proyectada

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), La información levantada servirá como base para el estudio de la proyección de la demanda para el periodo de análisis; y en este contexto, para establecer el número de Ejes Equivalentes (EE) de diseño para el pavimento (p.63).

#### 2.4.1.2.Factor Direccional y Factor Carril

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de transito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo de tráfico. El factor de distribución carril expresado como una relación, que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE, donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril.

El tráfico para el carril de diseño del pavimento tendrá en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles por calzada de carretera, según el porcentaje o factor ponderado aplicado al IMD (p.63).

**Tabla 1**

*Factores de Distribución Direccional y de Carril*

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
IMDa total de la calzada)	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60

	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

#### 2.4.1.3. Cálculo de tasas de crecimiento y Proyección

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula de progresión geométrica por separado para el componente de tránsito de vehículos de pasajeros y para el componente del tránsito de vehículos de carga (p.64).

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

*Ecuación 2. Tasa de crecimiento de Tránsito anual*

En la que:

T<sub>n</sub>: Tránsito proyectado al año “n” en veh/día

T<sub>o</sub>: Tránsito actual (año base 0) en veh/día

n: Número de años del periodo de diseño

r: Tasa de crecimiento del tránsito

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), La tasa anual de crecimiento del tránsito se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico. Normalmente se asocia a la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI).

Normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6%, estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos, por



implementarse con certeza a corto plazo en la zona del camino. La proyección de demanda puede también dividirse en dos componentes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa anual de crecimiento de la población y una proyección de la demanda de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos índices de crecimiento correspondientes a la Región, que normalmente cuenta con datos estadísticos de estas tendencias (p.65).

**Tabla 02**  
*Factores de Crecimiento Acumulado (Fca)*

Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.02	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Fuente: Tabla D-20 AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

El siguiente cuadro proporciona el criterio para seleccionar el Factor de Crecimiento Acumulado (Fca) para el periodo de diseño, considerando la tasa anual de crecimiento (r) y el periodo de análisis en años.

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

*Ecuación 3. Factor de Crecimiento Acumulado*

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento

n = Periodo de diseño

#### **2.4.1.4. Número de repeticiones de Ejes Equivalentes**

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Para el diseño de pavimento la demanda que corresponde al del tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia. El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg<sup>2</sup>. Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento (p.66).



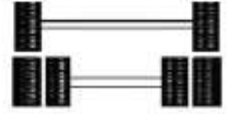
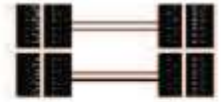
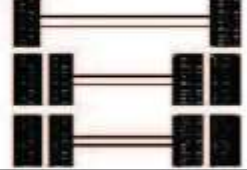

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Grafico
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Simple)	1RS	02	
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Doble)	1RD	04	
<b>EJE TANDEM</b> (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
<b>EJE TANDEM</b> (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
<b>EJE TRIDEM</b> (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
<b>EJE TRIDEM</b> (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Figura 2. Configuración de Ejes.

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Para el diseño de un pavimento se adopta el número proyectado de EE que circularan por el “carril de diseño”, durante el periodo de análisis. El carril de diseño corresponderá al carril identificado como el más cargado de la carretera y el resultado de este cálculo será adoptado para todos los carriles de la sección vial típica de esa carretera, por tramos de demanda homogénea (p.67).

## 2.5. Serviciabilidad

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Este parámetro sintético el criterio de diseño AASHTO: Servicio, o serviciabilidad.

AASHTO caracteriza el servicio con dos parámetros: índice de servicio inicial ( $P_i$ ) e índice de servicio final o Terminal ( $P_t$ ). En la ecuación se ingresa la diferencia entre los valores de serviciabilidad inicial y final, determinándose una variación o diferencial entre ambos índices ( $\Delta PSI$ ). La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía, y se magnifica en una escala de 0 a 5, donde 0 significa una calificación de intransitable y 5 una calificación de excelente que es un valor ideal que en la práctica no se da. El valor de 0 es un indicador muy pesimista, pues AASHTO 93 emplea el valor de 1.5 como índice de serviciabilidad terminal del pavimento (p.227).

El valor  $\Delta PSI$  depende de la calidad de la construcción. En el AASHTO Road Test se alcanzó el valor de  $P_i=4.5$  para el caso de pavimentos de concreto. Los valores recomendados son los siguientes:

**Tabla 03**  
*Diferencia de Serviciabilidad según Rango de Tráfico*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_i$ )	Índice de Serviciabilidad Final ( $P_t$ )	Diferencia de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ )
<b>Caminos de Bajo Volumen de Transito</b>	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
	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
<b>Resto de Caminos</b>	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 (2014)

El índice de serviciabilidad de un pavimento es un valor de apreciación con el cual se evalúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento.

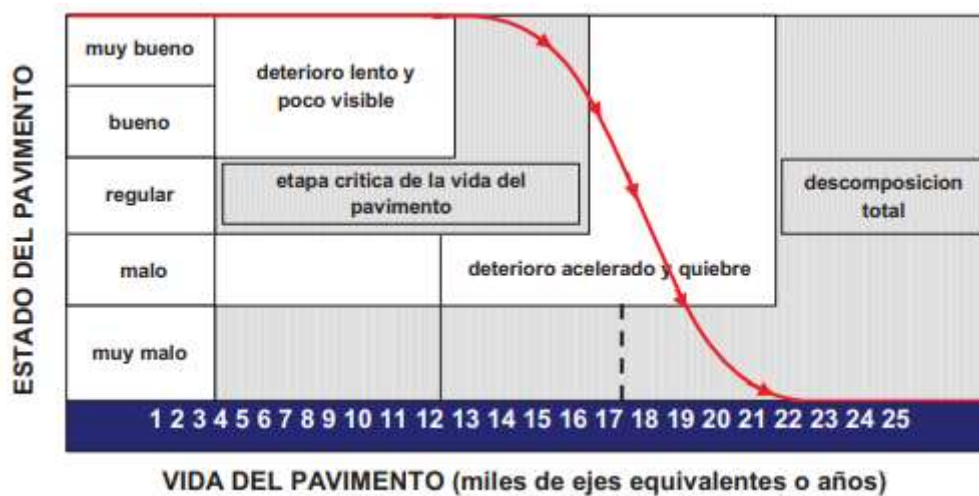


Figura 3. Estado del Pavimento vs Vida del Pavimento  
Fuente: Manual de Carreteras (2014)

## 2.6. La confiabilidad “R” y la desviación estándar (So)

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), El concepto de confiabilidad ha sido incorporado con el propósito de cuantificar la variabilidad propia de los materiales, procesos constructivos y de supervisión que hacen que pavimentos construidos de la “misma forma” presenten comportamientos de deterioro diferentes. La confiabilidad es en cierta manera un factor de seguridad, que equivale a incrementar en una proporción el tránsito previsto a lo largo del periodo de diseño, siguiendo conceptos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas. El rango típico sugerido por AASHTO está comprendido entre  $0.30 < S_o < 0.40$ , aunque se recomienda un  $S_o = 0.35$  (p.228).

**Tabla 04**

*Nivel de Confiabilidad (R) y Desviación Estándar (Zr)*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACION ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
<b>Caminos de Bajo Volumen de Transito</b>	Tp0	100,000	150,000	65%	-0.385
	Tp1	150,001	300,000	70%	-0.524
	Tp2	300,001	500,000	75%	-0.674
	Tp3	500,001	750,000	80%	-0.842
	Tp4	750,001	1,000,000	80%	-0.842
	Tp5	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	Tp6	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	Tp7	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
<b>Resto de Caminos</b>	Tp8	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	Tp9	7,500,001	10,000,000	90%	-1.282
	Tp10	10,000,001	12,500,000	90%	-1.282
	Tp11	12,500,001	15,000,000	90%	-1.282
	Tp12	15,000,001	20,000,000	90%	-1.282
	Tp13	20,000,001	25,000,000	90%	-1.282
	Tp14	25,000,001	30,000,000	90%	-1.282
	Tp15		>30,000,000	95%	-1.645

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

## 2.7. El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), El parámetro que caracteriza al tipo de subrasante es el módulo de reacción de la subrasante (K). Adicionalmente se contempla una mejora en el nivel de soporte de la subrasante con la colocación de capas intermedias granulares o tratadas, efecto que mejora las condiciones de apoyo y puede llegar a reducir el espesor calculado de concreto. Esta mejora se introduce con el módulo de reacción combinado (Kc). El ensayo para determinar el módulo de la subrasante, llamado también ensayo de placa, tiene por objetivo determinar la presión que se debe ejercer para lograr una cierta deformación, que para este caso es de 13mm. El ensayo esta normado en ASTM D – 1196 y AASHTO T – 222. Las unidades de K son Mpa / m (p.229).

No obstante, también podríamos usar la alternativa que da AASHTO en la que consiste utilizar correlaciones directas que permiten obtener el coeficiente de reacción  $k$  en función de la clasificación de suelos y el CBR.

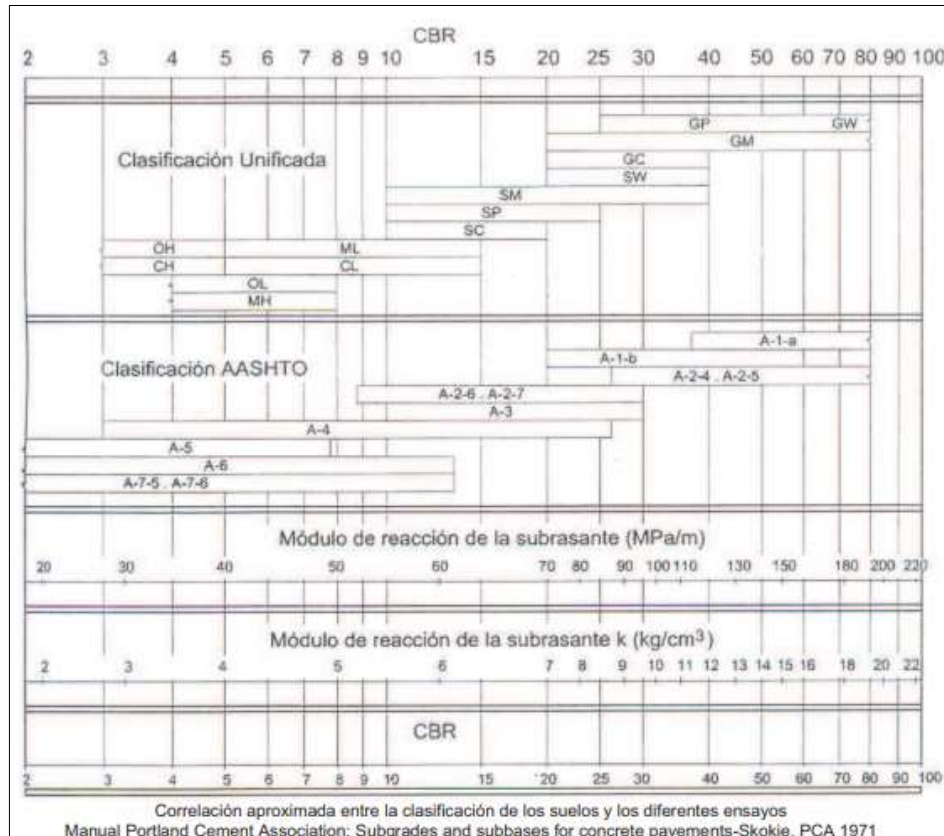


Figura 4. Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante  
Fuente: Manual de Carreteras (2014)

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Se considera como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geo sintéticos u otros productos aprobados por el MTC, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica (p.230).

**Tabla 05**

*CBR mínimos recomendados para Subbase Granular*

TRÁFICO	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO
Para tráfico $\leq 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40%
Para tráfico $> 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 60%

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

## 2.8. Resistencia al flexo tracción del concreto (MR)

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93. El módulo de rotura (MR) esta normalizado por ASTM C – 78. En el ensayo el concreto es muestreado en vigas. A los 28 días las vigas deberán ser ensayadas aplicando cargas en los tercios, y forzando la falla en el tercio central de la viga (p.231).

**Tabla 06**

*Valores recomendados 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)
$\leq 5'000,000$ EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
$> 5'000,000$ EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
$\leq 15'000,000$ EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>
$> 15'000,000$ EE		

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

El módulo de rotura (Mr) del concreto se correlaciona con el módulo de compresión (f'c) del concreto mediante la siguiente regresión:

$$Mr = a\sqrt{f'c}$$

*Ecuación 4. Módulo de Rotura*

Donde los valores de “a” varían entre 1.99 y 3.18.



## 2.9. Módulo elástico del concreto

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), 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 la compresión o flexotracción, a través de correlaciones establecidas. En el caso de concreto 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 (p.231):

$$E = 57,000 (F'c)^{0.5}$$

*Ecuación 5. Módulo de Elasticidad*

## 2.10. Drenaje

La presencia de agua o humedad en la estructura del pavimento trae consigo los siguientes problemas:

- Erosión del suelo por migración de partículas
- Ablandamiento de la subrasante por saturación prolongada, especialmente en situación de congelamiento
- Degradación del material de la carpeta de rodadura por humedad
- Deformación y fisuración creciente por pérdida de capacidad estructural

La metodología de diseño AASHTO 93 incorpora el coeficiente de drenaje (Cd) para considerarlo en el diseño.

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Las condiciones de drenaje representan la probabilidad de que la estructura bajo la losa de concreto mantenga agua libre o humedad por un cierto tiempo en general el nivel de drenaje de las capas intermedias depende de los tipos de drenaje diseñados, el tipo y permeabilidad de las capas de subbase, tipo de subrasante, condiciones climáticas, grado de precipitaciones, entre otras. El coeficiente de drenaje  $C_d$  varía entre 0.70 y 1.25, según las condiciones antes mencionadas. Un  $C_d$  alto implica un buen drenaje y esto favorece a la estructura, reduciendo el espesor de concreto a calcular. Para la definición de la sección de estructuras de pavimento del presente informe, el coeficiente de drenaje para las capas granulares asumido, fue de 1.00. Se determina la calidad del material como drenaje en función de sus dimensiones, granulometría y características de permeabilidad (p.232).

**Tabla 07**

*Condiciones de Drenaje*

<b>Calidad de Drenaje</b>	<b>50% de saturación</b>	<b>85% de saturación</b>
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

Si el material después de ser saturado con agua cumple con uno de los requisitos, se puede considerar como un drenaje excelente, bueno, regular, pobre o muy pobre.

Una vez caracterizado el material y su calidad de drenaje, se calcula el  $C_d$  correlacionándolo con el grado de exposición de la estructura a niveles de humedad próximos a la saturación.

**Tabla 08**

*Coefficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd*

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.1
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.9
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.8
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.7

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

## 2.11. Transferencia de cargas (J)

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Es un parámetro empleado para el diseño de pavimentos de concreto que expresa la capacidad de la estructura como transmisora de cargas entre juntas y fisuras. Sus valores dependen del tipo de pavimento de concreto a construir, la existencia o no de berma lateral y su tipo, la existencia o no de dispositivos de transmisión de cargas.

El valor de J es directamente proporcional al valor final del espesor de losa de concreto. Es decir, a menor valor de J, menor espesor de concreto (p.233).

**Tabla 09**

*Valores de Transmisión de Carga J*

Tipo de Berma	J			
	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
Valores J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8 - 4.4	2.8	3.8

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

Para la definición de las secciones de estructuras de pavimento del presente informe, el coeficiente de transmisión de carga J asumido, fue de 3.2, considerando las condiciones de la prueba AASHTO, que representa como soporte lateral una berma de material granular o una berma con carpeta asfáltica.

## 2.12. Juntas Longitudinales y Juntas Transversales

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), El objetivo de las juntas es controlar la fisuración y agrietamiento que sufre la losa del pavimento debido a la contracción propia del concreto por pérdida de humedad, así como a las variaciones de temperatura que sufre la losa por su exposición al medioambiente, y el gradiente de temperatura existente desde la superficie hasta la subbase (P.244).

Las juntas tienen las siguientes funciones:

- Controlar el agrietamiento transversal y longitudinal
- Dividir el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo y acordes con las direcciones de tránsito
- Permitir el movimiento y alabeo de las losas
- Proveer la caja para el material de sello
- Permitir la transferencia de carga entre las losas

Los diferentes tipos de juntas pueden agruparse en:

- Juntas longitudinales
- Juntas transversales

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Las juntas longitudinales son las que delimitan los carriles que serán por donde transitarán los vehículos. Las juntas transversales están dispuestas en sentido perpendicular a las longitudinales. El tamaño de las losas determina en cierta forma la disposición de las juntas transversales y las juntas longitudinales. La longitud de la losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y que no sea mayor a 4.50 m. en zonas de alturas mayores

a 3000 msnm se recomienda que las losas sean cuadradas o en todo caso, losas cortas conservando el espesor definido según AASHTO (p.244).

**Tabla 10**  
*Dimensiones de Losa*

Ancho de Carril (M)= Ancho de Losa (M)	Longitud de Losa (M)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Una construcción adecuada y oportuna, acompañada de un correcto diseño, son claves para que las juntas tengan un buen desempeño. El sellado de las juntas debe ser eficiente para mantener al sistema en funcionamiento.

Para el correcto diseño de juntas debemos tener en cuenta:

- Condiciones ambientales, los cambios de temperatura y humedad inducen el movimiento entre las losas, generando concentraciones de esfuerzos y alabeos.
- Espesor de la losa, influye en los esfuerzos que generan alabeo y deflexiones.
- Sistema de transferencia de cargas, es necesaria en toda junta de concreto.
- Nivel de tránsito, el tipo y volumen de vehículos pesados influye notablemente en las exigencias de los mecanismos de transferencia de carga a optar.
- Características de los materiales, los insumos determinan el movimiento entre las losas.
- Tipo de subbase, el valor soporte afecta la estructura del pavimento, y la fricción de la interfase afectan el movimiento y soporte de las losas.
- Materiales sellantes, la longitud de las losas afecta el sellado a elegir.

- Diseño de la berma, el tipo de berma, la presencia de sobreanchos, afecta el soporte lateral y la capacidad de las juntas para la transferencia de cargas.
- Debe prepararse un plano de distribución de juntas, identificando las juntas longitudinales, las juntas transversales de contracción y de dilatación; en este plano se identificarán las losas irregulares que requieran refuerzo y/o losas donde se ubican tapas de buzón o de cajas de paso y que también requiere refuerzo (p.245).

### **2.13. Mecanismos de Transferencia de carga**

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Es la capacidad que tiene una junta de transferir algo de la carga de un lado de la junta a otro, es decir de un paño al paño adyacente. Un adecuado mecanismo de transferencia se requiere para asegurar un buen desempeño del pavimento dado que disminuye las deflexiones, reduce el escalonamiento, el despostillamiento en las juntas, y las figuras en las esquinas (p.247).

#### **• Trabazón de agregados**

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Es el engranaje mecánico que existe entre los agregados de ambas caras de las losas adyacentes. Depende de la resistencia al corte de las partículas de los agregados, del espaciamiento entre las juntas transversales, del tipo de subbase, y del tránsito. El tamaño de los agregados es crítico para la transferencia de carga. Cuando el tamaño es menor de 25 mm proveen una resistencia marginal. Por lo general el comportamiento de los agregados triturados es mejor que el de los zarandeados (p.247).

#### **• Pasadores o Dowells**

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014),  
Incrementan mecánicamente la transferencia de carga aportada por la trabazón de

agregados, es necesaria para pavimentos con un NÚMERO de repeticiones de EE mayores a 4 millones en el periodo de diseño. Son barras de acero lisas (cuyo diámetro es 1/8 del espesor de la losa), insertadas en la mitad de las juntas con el propósito de transferir cargas sin restringir el movimiento de las losas y permitiendo el alineamiento horizontal y vertical. El empleo de pasadores disminuye las deflexiones y los esfuerzos del concreto, reduciendo el escalonamiento, bombeo y las fallas de esquina (p.247).

**Tabla 11**  
*Diámetros y Longitudes recomendados en pasadores*

Rango de Espesor de Losa (MM)	Diámetro		Longitud del Pasador o Dowells (mm)	Separación entre Pasadores (mm)
	mm	Pulgada		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 1/4"	460	300
300 - 430	38	1 1/2"	510	380

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

#### 2.14. Barras de Amarre

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), Son aceros colocados en la parte central de la junta longitudinal con el propósito de anclar carriles adyacentes, mejorando la trabazón de los agregados y contribuyendo a la integridad del sello empleado. Como ya se ha mencionado, pueden servir como mecanismos de transferencia de carga (p.248).

**Tabla 12**  
*Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre*

Espesor de Losa (mm)	Tamaño de varilla (cm) Diam. x Long.	Distancia de la Junta al extremo libre	
		3.00 m	3.60 m
150	1.27 x 66	c/ 76 cm	c/ 76 cm
160	1.27 x 69	c/ 76 cm	c/ 76 cm
170	1.27 x 70	c/ 76 cm	c/ 76 cm
180	1.27 x 71	c/ 76 cm	c/ 76 cm
190	1.27 x 74	c/ 76 cm	c/ 76 cm
200	1.27 x 76	c/ 76 cm	c/ 76 cm
210	1.27 x 78	c/ 76 cm	c/ 76 cm

220	1.27 x 79	c/ 76 cm	c/ 76 cm
230	1.59 x 76	c/ 91 cm	c/ 91 cm
240	1.59 x 79	c/ 91 cm	c/ 91 cm
250	1.59 x 81	c/ 91 cm	c/ 91 cm
260	1.59 x 82	c/ 91 cm	c/ 91 cm
270	1.59 x 84	c/ 91 cm	c/ 91 cm
280	1.59 x 86	c/ 91 cm	c/ 91 cm
290	1.59 x 89	c/ 91 cm	c/ 91 cm
300	1.59 x 91	c/ 91 cm	c/ 91 cm

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

## 2.15. Sellado de las Juntas

Según Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), La función principal de sellar las juntas en los pavimentos es la de minimizar la infiltración de agua y el ingreso de partículas incompresibles dentro de la junta.

El ingreso de agua contribuye al deterioro de las capas de soporte, subrasante o subbase, causando la pérdida de apoyo, asentamientos diferenciales y escalonamiento. Se debe a que el agua toma los finos de las capas y los elimina por el fenómeno de bombeo causado por el paso de las cargas de tránsito. La pérdida de finos constituye la erosión de las capas de apoyo, y acelera el deterioro del pavimento (p.249).



## CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### 3.1. Experiencia en el área

En el año 2017, me incorporé al área de proyectos de la empresa 3F Constructora EIRL para desempeñar funciones en el aspecto técnico y económico de los proyectos.

El equipo de 4 profesionales conformado en el área estuvo bajo la dirección del Ingeniero de Proyectos, quien se encargaba de la asignación de responsabilidades por proyecto.

En la empresa, fui asignado al cargo de asistente de proyectos y Obras, los proyectos en los que participe estuvieron ligados al campo de mejoramiento vial, en estos proyectos elaboré planos de ubicación, planeamiento general, plantas, perfiles, secciones, planos de detalle y de señalización usando softwares como AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, cumpliendo la normativa vigente.

Además, se elaboraron los metrados de todas las especialidades asignada a cada proyecto, así como también el presupuesto, análisis de costos unitarios, cotizaciones, cronogramas tales como: valorizado, Gantt, adquisiciones de materiales, equipos y herramientas. Además de esto participé en el área de licitaciones públicas, apoyando en la elaboración de propuestas técnicas y económicas, respetando siempre lo estipulado en la Ley de Contrataciones del Estado.

Uno de los proyectos en los que participe desde la elaboración del expediente técnico está ubicado en el distrito del Callao, mi participación en esta etapa fue la de asistir al Ingeniero Gino Marsano Prado, encargado del diseño de pavimento en la zona 11 del distrito del Callao, aportando los conocimientos adquiridos durante mi etapa tanto universitaria como laboral. Para establecer el diseño se realizaron estudios de mecánica de suelo y de tráfico en la zona a intervenir y se siguió la metodología

para elegir la mejor propuesta de diseño. Esta metodología estuvo basada en la “Metodología AASHTO 1993” y la opinión técnica del Ingeniero responsable, haciendo uso del Manual de carreteras, sección Suelos y Pavimentos, además de esto se hizo la comprobación mediante el programa PavimR.

### **3.2.Desarrollo del proyecto**

#### **3.2.1. Datos del Proyecto**

**Nombre del Proyecto:** Mejoramiento de servicio de transitabilidad en la zona 11 de cercado del Callao: Jr. Apurímac, Jr. Washington, Jr. Marco Polo, Jr. Guisse, Jr. Saloom, Jr. Cochrane y Ca. Contralmirante Villar, Provincia de Callao – Callao.

#### **Ubicación:**

La localización geopolítica de la zona 11 es la siguiente:

Departamento : Callao  
Provincia : Callao  
Distrito : Callao  
Zona : Zona 11



Figura 5. Ubicación de zona de proyecto

### 3.2.2. Problemática

Actualmente la zona 11 del cercado del Callao cuenta con el servicio de transitabilidad deplorable, las vías presentan un panorama de deterioro considerable de la infraestructura vial, tanto en pavimentos, sardineles y veredas, provocadas por las siguientes causas:

- Cumplimiento de su ciclo de vida útil.
- Falla del terreno por aspersión de la napa freática, por saturación del terreno.
- Falla de la base, por inundación de agua potable y/o agua servidas, por el deterioro de tuberías.
- Filtración de agua en la base, por efecto del lavado de autos, entre otros, las mismas que son arrojadas al pavimento existente y como estas presentan grietas o fisuras, el

agua ingresa en cantidades tales que generan la saturación de la base y con el tránsito existente, tanto liviano como pesado, logran que colapse el pavimento, sea este mixto, rígido, flexible, afectando la estructura y la transitabilidad de la vía.

– La situación actual representa un peligro para los transeúntes del área de estudio; por lo tanto, el proyecto beneficiara directamente a los habitantes, residentes y no residentes de la zona donde se ejecutaran los trabajos; teniendo por objeto el brindar un mejor servicio a los usuarios, que satisfaga la demanda peatonal y vehicular, así como los flujos de circulación de los diversos tipos de vehículos que transitan por Jr. Apurímac y demás vías de la zona 11 del Cercado del Callao, ya sea para movilizarse en el ámbito local o como nexo y/o interconexión con los distritos aledaños, facilitando las condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal.

### **Generalidades**

De acuerdo al estudio realizado en la zona, el presente proyecto contempla los trabajos con pavimentación de concreto.

Se inicio realizando estudios básicos como el levantamiento topográfico, para este estudio se estableció en forma definitiva la materialización de una poligonal básica de apoyo; para lo cual se colocaron los hitos de vértices de la poligonal. El control altimétrico se realizó mediante niveles automáticos y con un error máximo admisible de cierre en los cálculos de 0.010 m en un Km., la nivelación consistió en realizar un cierre altimétrico de todos los hitos de vértices de la Poligonal Básica de apoyo, convirtiéndolos de esa manera en potenciales BMs para la ejecución de las labores de diseño y finalmente en la ejecución del proyecto.

En cuanto al pavimento, las pendientes la definirán las cotas de los buzones existentes. En algunos casos se determinará hacer pavimento con pendiente lateral máximo de 2% de ser el caso.

Las características de la vía de estudio son:

**Tabla 13**

*Características de la vía de estudio*

LONGITUD PROMEDIO DEL TRAMO	1,597.48 m
CARRILES DE CIRCULACIÓN	2 y 3 Carriles
SENTIDO	de Este a Oeste
ANCHO DE SUPERFICIE DE RODADURA promedio	6.00 m. a 9.5 m.
ACERAS EXISTENTES	En toda la zona de intervención
PAVIMENTO	Pavimento Rígido
ZONA CRITICA	Todo el Proyecto
PENDIENTES CRITICAS	Sin pendientes criticas
SEÑALIZACIÓN	Con defectos

– **Estudio de Mecánica de Suelos**

Para la ejecución del estudio, básicamente se ha considerado la ejecución de pozos exploratorios (calicatas) distribuidas convenientemente. Se obtuvieron muestras de suelos representativas de los diferentes estratos encontrados, las que fueron objeto de ensayos en laboratorio. Posteriormente, con los datos obtenidos en ambas fases (campo y laboratorio), además de la toma fotográfica correspondiente, se realizaron las labores de gabinete, para consignar luego en forma gráfica y digitalizada los resultados del estudio.

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales existentes en el subsuelo que soportara el pavimento a diseñar, se llevaron a cabo las prospecciones de campo mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas. La calicata C-1 a profundidad de 1.50 metros de la rasante existente no presenta napa.

En las calicatas C-2=1.50 m, C-3=1.00 m, C-4=1.10 m, C-5=1.10 m, C-6=1.60m y C-7=1.60 m se encontró napa freática a diferentes niveles.

*Ensayos Estándar:*

- Análisis Granulométrico por tamizado (Norma ASTM D422)
- Limite Líquido (Norma ASTM D4318)
- Limite Plástico (Norma ASTM D4318)

*Ensayos Especiales:*

- Análisis químico para determinar el contenido de porcentaje de sulfatos (ASTM D516)
- Ensayos de CBR (ASTM D1883)

– **Estudio de Tráfico**

El área de estudio de tráfico del Jirón Apurímac y los demás jirones y calles que hacen parte del estudio, se ubican geográficamente en el distrito del Callao, provincia Constitucional del Callao, y departamento de Lima, se inicia en la Calle Contralmirante Villar y se termina en el Jr. Pedro Ruiz.

El estudio volumétrico comprende la determinación de las características actuales del tráfico, estas características varían a lo largo del Jirón Apurímac, existiendo tramos de características más o menos iguales llamados tramos homogéneos, como principales zonas generadoras y atractores de viajes. No sería

posible, ni necesario, determinar el volumen ni la composición del tráfico en cada uno de los tramos en los que existan pequeñas variaciones, solamente se determinan los indicadores para los tramos en los que las variaciones en la composición y volumen sean significativas.

Los tramos homogéneos a considerar fueron:

Tramo Homogéneo 1 (Jr. Apurímac): Jr. Pedro Ruiz – Jr. Vigil

Tramo Homogéneo 2 (Jr. Washington): Av. Miguel Grau – Jr. Apurímac

Tramo Homogéneo 3 (Jr. Marco Polo): Av. Miguel Grau – Jr. Apurímac

Tramo Homogéneo 4 (Jr. Guisse): Av. Miguel Grau – Jr. Apurímac

Tramo Homogéneo 5 (Jr. Saloom): Av. Miguel Grau – Jr. Apurímac

Tramo Homogéneo 6 (Jr. Cochrane): Av. Miguel Grau – Jr. Apurímac

Tramo Homogéneo 7 (Calle Contralmirante Villar): Av. Miguel Grau – Jr.

Apurímac

Considerando que cada tramo contiene características más o menos homogéneas en volumen y composición vehicular del tráfico vehicular a excepción del Tramo 6 ya que el mismo es usado como mercado de ropa y verduras, su uso se ha delimitado a peatones

Estos tramos denominados tramos homogéneos de tráfico, no coinciden necesariamente con los tramos con características orográficas similares, sino que obedece al comportamiento de los deseos de viaje de los usuarios.

#### – **Estaciones de Control**

La programación de estaciones de control vehicular, contemplo 7 estaciones de control vehicular “E-1 – Jr. Apurímac”, “E-2 – Jr. Washington”, “E-3 – Jr. Marco Polo”, “E-4 – Jr. Guisse”, “E-5 – Jr. Saloom”, “E-6 – Jr. Cochrane” y “E-7 – Calle Contralmirante Villar”, considerando los tramos más o menos homogéneos en





Las características básicas del conteo vehicular fueron las siguientes:

- a) Los conteos fueron realizados durante tres días en cada una de las 7 estaciones; tomando como días representativos laborales los días Lunes, martes y miércoles.
- b) Los conteos se realizaron durante las 24 horas del día en cada estación, con el objetivo de identificar el comportamiento del flujo vehicular durante el día y la noche.
- c) Los conteos vehiculares se realizaron cada cuarto de hora, con el objetivo de evaluar posibles intensidades de flujo extraordinarios.
- d) La clasificación vehicular utilizada fue la siguiente:
  - \* Mototaxis
  - \* Automóvil
  - \* Camioneta
  - \* Camión

Los conteos volumétricos realizados tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico vehicular que soporta la carretera en estudio, así como su composición vehicular y la variación diaria.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo en Índice Medio Diario (IMD), se ha empleado la siguiente formula:

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times F.C.$$

*Ecuación 6. Índice Medio Diario*

Donde:

VDL = Promedio de Volumen de transito de días laborales

VS = Volumen de transito de sábado

VD = Volumen de tránsito de domingo

F.C. = Factor de corrección, para vehículos livianos es 1.0515 y para vehículos pesados es 1.1149

– **Diseño de Pavimento**

Para el diseño estructural y dimensionamiento del pavimento se aplicaron metodologías de diseño con reconocimiento internacional, una de las cuales será la “ASSHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES” básicamente en lo referente al CHAPTER 4 LOW – VOLUME ROAD DESIGN (año 1993).

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

- Determinar el EAL de diseño para el proyecto de MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO: JR. APURÍMAC, JR. WASHINGTON, JR. MARCO POLO, JR. GUISSÉ, JR. SALOOM, JR. COCHRANE Y CA. CONTRALMIRANTE VILLAR, PROVINCIA DE CALLAO – CALLAO.

### 4.1. Conteo Vehicular: Estación N°1: Jr. Apurímac

**Tabla 15**  
*Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°1*

	MOTOTAXI S	AUTOMOVIL L	CAMIONETA A	CAMION	TOTAL
Día 1 (lunes 08/05/17)	15	88	47	13	163
Día 2 (martes 09/05/17)	12	92	45	14	163
Día 3 (miércoles 10/05/17)	17	84	48	12	161
<b>TOTAL</b>	44	264	140	39	487

**Tabla 16**  
*Estimación del promedio diario en la Estación N°1*

	MOTOTAXI S	AUTOMOVIL L	CAMIONETA A	CAMION	TOTAL
Día 1 (lunes 08/05/17)	15	88	47	13	163
Día 2 (martes 09/05/17)	12	92	45	14	163
Día 3 (miércoles 10/05/17)	17	84	48	12	161
<b>Promedio</b>	15	88	47	13	162
<b>Factor de Corrección</b>		1.05154647		1.11493120	
<b>PD</b>	15.42	92.54	49.07	14.49	172

**Tabla 17**  
*Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°1*

	E-1	IMD	%
MOTOTAXIS	15.42	8.99%	
AUTOMOVIL	92.54	53.95%	
CAMIONETA	49.07	28.61%	
CAMION	14.49	8.45%	
<b>TOTAL</b>	171.53	100%	

## Estación N°2: Jr. Washington

**Tabla 18**

*Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°2*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
Día 1 (lunes 08/05/17)	10	95	39	20	164
Día 2 (martes 09/05/17)	7	103	36	22	168
Día 3 (miércoles 10/05/17)	12	87	42	18	159
<b>TOTAL</b>	29	285	117	60	491

**Tabla 19**

*Estimación del promedio diario en la Estación N°2*

	MOTOTAXI S	AUTOMOVIL L	CAMIONETA A	CAMION	TOTAL L
Día 1 (lunes 08/05/17)	10	95	39	20	164
Día 2 (martes 09/05/17)	7	103	36	22	168
Día 3 (miércoles 10/05/17)	12	87	42	18	159
<b>Promedio</b>	10	95	39	20	164
<b>Factor de Corrección</b>		1.05154647		1.1149312	0
<b>PD</b>	10.16	99.90	41.01	22.30	173

**Tabla 20**

*Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°2*

	E-2	IMD	%
MOTOTAXIS	10.16	5.86%	
AUTOMOVIL	99.90	57.62%	
CAMIONETA	41.01	23.65%	
CAMION	22.30	12.86%	
<b>TOTAL</b>	173.37	100%	

### Estación N°3: Jr. Marco Polo

**Tabla 21**

*Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°3*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
Día 1 (lunes 08/05/17)	23	109	41	31	204
Día 2 (martes 09/05/17)	24	105	43	27	199
Día 3 (miércoles 10/05/17)	22	112	39	35	208
<b>TOTAL</b>	69	326	123	93	611

**Tabla 22**

*Estimación del promedio diario en la Estación N°3*

	MOTOTAXI S	AUTOMOVI L	CAMIONET A	CAMION	TOTA L
Día 1 (lunes 08/05/17)	23	109	41	31	204
Día 2 (martes 09/05/17)	24	105	43	27	199
Día 3 (miércoles 10/05/17)	22	112	39	35	208
Promedio	23	109	41	31	204
Factor de Corrección		1.05154647		1.1149312	
<b>PD</b>	24.19	114.27	43.11	34.56	216

**Tabla 23**

*Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°3*

	E-3	IMD	%
MOTOTAXIS	24.19	11.19%	
AUTOMOVIL	114.27	52.87%	
CAMIONETA	43.11	19.95%	
CAMION	34.56	15.99%	
<b>TOTAL</b>	216.13	100%	

### Estación N°4: Jr. Guisse

**Tabla 24**

*Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°4*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
<b>Día 1 (lunes 08/05/17)</b>	58	130	29	22	239
<b>Día 2 (martes 09/05/17)</b>	62	136	30	24	252
<b>Día 3 (miércoles 10/05/17)</b>	54	124	27	19	224
<b>TOTAL</b>	174	390	86	65	715

**Tabla 25**

*Estimación del promedio diario en la Estación N°4*

	MOTOTAXI S	AUTOMOVI L	CAMIONET A	CAMION	TOTA L
<b>Día 1 (lunes 08/05/17)</b>	58	130	29	22	239
<b>Día 2 (martes 09/05/17)</b>	62	136	30	24	252
<b>Día 3 (miércoles 10/05/17)</b>	54	124	27	19	224
<b>Promedio</b>	58	130	29	22	238
<b>Factor de Corrección</b>		1.05154647		1.1149312	
<b>PD</b>	60.99	136.70	30.14	24.16	252

**Tabla 26**

*Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°4*

E-4	IMD	%
MOTOTAXIS	60.99	24.20%
AUTOMOVIL	136.70	54.25%
CAMIONETA	30.14	11.96%
CAMION	24.16	9.59%
<b>TOTAL</b>	251.99	100%

**Estación N°5: Jr. Saloom**

**Tabla 27**

*Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°5*

	MOTOTAXI	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
Día 1 (lunes 08/05/17)	48	139	71	35	293
Día 2 (martes 09/05/17)	45	142	78	33	298
Día 3 (miércoles 10/05/17)	51	136	64	37	288
<b>TOTAL</b>	144	417	213	105	879

**Tabla 28**

*Estimación del promedio diario en la Estación N°5*

	MOTOTAXI S	AUTOMOVIL L	CAMIONETA A	CAMION	TOTAL L
Día 1 (lunes 08/05/17)	48	139	71	35	293
Día 2 (martes 09/05/17)	45	142	78	33	298
Día 3 (miércoles 10/05/17)	51	136	64	37	288
<b>Promedio</b>	48	139	71	35	293
<b>Factor de Corrección</b>		1.05154647		1.1149312	
<b>PD</b>	50.47	146.16	74.66	39.02	310

**Tabla 29**

*Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°5*

	E-5	IMD	%
MOTOTAXIS	50.47	16.27%	
AUTOMOVIL	146.16	47.10%	
CAMIONETA	74.66	24.06%	
CAMION	39.02	12.57%	
<b>TOTAL</b>	310.32	100%	

### Estación N°6: Jr. Cochrane

En referencia a la Estación N°6 representada en el Jr. Cochrane no forma parte del siguiente estudio debido a que es usada como mercado de ropa, frutas y verduras.

### Estación N°7: Ca. Contralmirante Villar

**Tabla 30**

*Resumen de los conteos de 24 hrs. En la Estación N°7*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
Día 1 (lunes 08/05/17)	41	111	81	14	247
Día 2 (martes 09/05/17)	42	118	94	15	269
Día 3 (miércoles 10/05/17)	40	104	67	13	224
<b>TOTAL</b>	123	333	242	42	740

**Tabla 31**

*Estimación del promedio diario en la Estación N°7*

	MOTOTAXI S	AUTOMOVIL L	CAMIONET A	CAMION	TOTA L
Día 1 (lunes 08/05/17)	41	111	81	14	247
Día 2 (martes 09/05/17)	42	118	94	15	269
Día 3 (miércoles 10/05/17)	40	104	67	13	224
Promedio	41	111	81	14	247
Factor de Corrección		1.05154647		1.1149312	
<b>PD</b>	43.11	116.72	84.82	15.61	260

**Tabla 32**

*Índice Medio Diario (IMD) en la Estación N°7*

	E-7	IMD	%
MOTOTAXIS	43.11	43.11	16.56%
AUTOMOVIL	116.72	116.72	44.85%
CAMIONETA	84.82	84.82	32.59%
CAMION	15.61	15.61	6.00%
<b>TOTAL</b>	260.27	260.27	100%



#### 4.2. Proyección de Trafico:

**Tabla 33**

*Proyección de tráfico normal en la Estación N°1*

Tasas de Crecimiento	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
	1.018	1.018	1.018	1.033	
2017	44	264	140	39	487
2018	45	269	143	40	496
2019	46	274	145	42	506
2020	46	279	148	43	516
2021	47	284	150	44	526
2022	48	289	153	46	536
2023	49	294	156	47	546
2024	50	299	159	49	557
2025	51	304	161	51	567
2026	52	310	164	52	578
2027	53	316	167	54	589
2028	54	321	170	56	601
2029	55	327	173	58	613
2030	55	333	177	59	624
2031	56	339	180	61	637
2032	58	345	183	63	649
2033	59	351	186	66	662
2034	60	358	190	68	674
2035	61	364	193	70	688
2036	62	371	196	72	701
2037	63	377	200	75	715
2038	64	384	204	77	729
2039	65	391	207	80	743
2040	66	398	211	82	758

**Tabla 34**

*Proyección de tráfico normal en la Estación N°2*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONET A	CAMIO N	TOTA L
Tasas de Crecimiento	1.018	1.018	1.018	1.033	
2017	29	285	117	60	491
2018	30	290	119	62	501
2019	30	295	121	64	511
2020	31	301	123	66	521
2021	31	306	126	68	531
2022	32	312	128	71	542
2023	32	317	130	73	553
2024	33	323	133	75	564
2025	33	329	135	78	575
2026	34	335	137	80	586
2027	35	341	140	83	598
2028	35	347	142	86	610
2029	36	353	145	89	622
2030	37	359	148	92	635
2031	37	366	150	95	648
2032	38	372	153	98	661
2033	39	379	156	101	674
2034	39	386	158	104	688
2035	40	393	161	108	702
2036	41	400	164	111	716
2037	41	407	167	115	731
2038	42	415	170	119	746
2039	43	422	173	123	761
2040	44	430	176	127	776

**Tabla 35**

*Proyección de tráfico normal en la Estación N°3*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
Tasas de Crecimiento	1.018	1.018	1.018	1.033	
2017	69	326	123	93	611
2018	70	332	125	96	623
2019	72	338	127	99	636
2020	73	344	130	103	649
2021	74	350	132	106	662
2022	75	356	134	109	676
2023	77	363	137	113	690
2024	78	369	139	117	704
2025	80	376	142	121	718
2026	81	383	144	125	733
2027	82	390	147	129	748
2028	84	397	150	133	763
2029	85	404	152	137	779
2030	87	411	155	142	795
2031	89	418	158	147	811
2032	90	426	161	151	828
2033	92	434	164	156	845
2034	93	441	167	162	863
2035	95	449	170	167	881
2036	97	458	173	172	899
2037	99	466	176	178	918
2038	100	474	179	184	937
2039	102	483	182	190	957
2040	104	491	185	196	977

**Tabla 36**

*Proyección de tráfico normal en la Estación N°4*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
Tasas de Crecimiento	1.018	1.018	1.018	1.033	
2017	174	390	86	65	715
2018	177	397	88	67	729
2019	180	404	89	69	743
2020	184	411	91	72	757
2021	187	419	92	74	772
2022	190	426	94	76	787
2023	194	434	96	79	802
2024	197	442	97	82	818
2025	201	450	99	84	834
2026	204	458	101	87	850
2027	208	466	103	90	867
2028	212	475	105	93	884
2029	216	483	107	96	901
2030	219	492	108	99	919
2031	223	501	110	102	937
2032	227	510	112	106	955
2033	231	519	114	109	974
2034	236	528	116	113	993
2035	240	538	119	117	1,013
2036	244	547	121	120	1,033
2037	249	557	123	124	1,053
2038	253	567	125	129	1,074
2039	258	577	127	133	1,095
2040	262	588	130	137	1,117

**Tabla 37**

*Proyección de tráfico normal en la Estación N°5*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
Tasas de Crecimiento	1.018	1.018	1.018	1.033	
2017	144	417	213	105	879
2018	147	425	217	108	896
2019	149	432	221	112	914
2020	152	440	225	116	932
2021	155	448	229	120	951
2022	157	456	233	124	970
2023	160	464	237	128	989
2024	163	472	241	132	1,009
2025	166	481	246	136	1,029
2026	169	490	250	141	1,049
2027	172	498	255	145	1,070
2028	175	507	259	150	1,092
2029	178	517	264	155	1,114
2030	182	526	269	160	1,136
2031	185	535	273	165	1,159
2032	188	545	278	171	1,182
2033	192	555	283	177	1,206
2034	195	565	288	182	1,231
2035	199	575	294	188	1,255
2036	202	585	299	195	1,281
2037	206	596	304	201	1,307
2038	209	607	310	208	1,333
2039	213	617	315	214	1,361
2040	217	629	321	222	1,388

**Tabla 38**

*Proyección de tráfico normal en la Estación N°7*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
Tasas de Crecimiento	1.018	1.018	1.018	1.033	
2017	123	333	242	42	740
2018	125	339	246	43	754
2019	127	345	251	45	768
2020	130	351	255	46	783
2021	132	358	260	48	797
2022	134	364	265	49	813
2023	137	371	269	51	828
2024	139	377	274	53	844
2025	142	384	279	54	860
2026	144	391	284	56	876
2027	147	398	289	58	892
2028	150	405	294	60	909
2029	152	412	300	62	927
2030	155	420	305	64	944
2031	158	427	311	66	962
2032	161	435	316	68	981
2033	164	443	322	71	999
2034	167	451	328	73	1,018
2035	170	459	334	75	1,038
2036	173	467	340	78	1,057
2037	176	476	346	80	1,078
2038	179	484	352	83	1,098
2039	182	493	358	86	1,119
2040	185	502	365	89	1,141

#### 4.2. Tráfico Generado:

**Tabla 39**

*Proyección de tráfico generado en la Estación N°1*

	MOTOTAXI S	AUTOMOVI L	CAMIONET A	CAMIO N	TOTA L
2017					
2018	4	27	14	4	50
2019	5	27	15	4	51
2020	5	28	15	4	52
2021	5	28	15	4	53
2022	5	29	15	5	54
2023	5	29	16	5	55
2024	5	30	16	5	56
2025	5	30	16	5	57
2026	5	31	16	5	58
2027	5	32	17	5	59
2028	5	32	17	6	60
2029	5	33	17	6	61
2030	6	33	18	6	62
2031	6	34	18	6	64
2032	6	35	18	6	65
2033	6	35	19	7	66
2034	6	36	19	7	67
2035	6	36	19	7	69
2036	6	37	20	7	70
2037	6	38	20	7	71
2038	6	38	20	8	73
2039	7	39	21	8	74
2040	7	40	21	8	76

**Tabla 40**

*Proyección de tráfico generado en la Estación N°2*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
<b>2017</b>					
<b>2018</b>	3	29	12	6	50
<b>2019</b>	3	30	12	6	51
<b>2020</b>	3	30	12	7	52
<b>2021</b>	3	31	13	7	53
<b>2022</b>	3	31	13	7	54
<b>2023</b>	3	32	13	7	55
<b>2024</b>	3	32	13	8	56
<b>2025</b>	3	33	13	8	57
<b>2026</b>	3	33	14	8	59
<b>2027</b>	3	34	14	8	60
<b>2028</b>	4	35	14	9	61
<b>2029</b>	4	35	14	9	62
<b>2030</b>	4	36	15	9	64
<b>2031</b>	4	37	15	9	65
<b>2032</b>	4	37	15	10	66
<b>2033</b>	4	38	16	10	67
<b>2034</b>	4	39	16	10	69
<b>2035</b>	4	39	16	11	70
<b>2036</b>	4	40	16	11	72
<b>2037</b>	4	41	17	11	73
<b>2038</b>	4	41	17	12	75
<b>2039</b>	4	42	17	12	76
<b>2040</b>	4	43	18	13	78



**Tabla 41**

*Proyección de tráfico generado en la Estación N°3*

	<b>MOTOTAXI S</b>	<b>AUTOMOVI L</b>	<b>CAMIONET A</b>	<b>CAMIO N</b>	<b>TOTA L</b>
<b>2017</b>					
<b>2018</b>	7	33	13	10	62
<b>2019</b>	7	34	13	10	64
<b>2020</b>	7	34	13	10	65
<b>2021</b>	7	35	13	11	66
<b>2022</b>	8	36	13	11	68
<b>2023</b>	8	36	14	11	69
<b>2024</b>	8	37	14	12	70
<b>2025</b>	8	38	14	12	72
<b>2026</b>	8	38	14	12	73
<b>2027</b>	8	39	15	13	75
<b>2028</b>	8	40	15	13	76
<b>2029</b>	9	40	15	14	78
<b>2030</b>	9	41	16	14	80
<b>2031</b>	9	42	16	15	81
<b>2032</b>	9	43	16	15	83
<b>2033</b>	9	43	16	16	85
<b>2034</b>	9	44	17	16	86
<b>2035</b>	10	45	17	17	88
<b>2036</b>	10	46	17	17	90
<b>2037</b>	10	47	18	18	92
<b>2038</b>	10	47	18	18	94
<b>2039</b>	10	48	18	19	96
<b>2040</b>	10	49	19	20	98

**Tabla 42**

*Proyección de tráfico generado en la Estación N°4*

	<b>MOTOTAXI S</b>	<b>AUTOMOVI L</b>	<b>CAMIONET A</b>	<b>CAMIO N</b>	<b>TOTA L</b>
<b>2017</b>					
<b>2018</b>	18	40	9	7	73
<b>2019</b>	18	40	9	7	74
<b>2020</b>	18	41	9	7	76
<b>2021</b>	19	42	9	7	77
<b>2022</b>	19	43	9	8	79
<b>2023</b>	19	43	10	8	80
<b>2024</b>	20	44	10	8	82
<b>2025</b>	20	45	10	8	83
<b>2026</b>	20	46	10	9	85
<b>2027</b>	21	47	10	9	87
<b>2028</b>	21	47	10	9	88
<b>2029</b>	22	48	11	10	90
<b>2030</b>	22	49	11	10	92
<b>2031</b>	22	50	11	10	94
<b>2032</b>	23	51	11	11	96
<b>2033</b>	23	52	11	11	97
<b>2034</b>	24	53	12	11	99
<b>2035</b>	24	54	12	12	101
<b>2036</b>	24	55	12	12	103
<b>2037</b>	25	56	12	12	105
<b>2038</b>	25	57	13	13	107
<b>2039</b>	26	58	13	13	110
<b>2040</b>	26	59	13	14	112

**Tabla 43**

*Proyección de tráfico generado en la Estación N°5*

	MOTOTAXI S	AUTOMOVI L	CAMIONET A	CAMIO N	TOTA L
<b>2017</b>					
<b>2018</b>	15	42	22	11	90
<b>2019</b>	15	43	22	11	91
<b>2020</b>	15	44	22	12	93
<b>2021</b>	15	45	23	12	95
<b>2022</b>	16	46	23	12	97
<b>2023</b>	16	46	24	13	99
<b>2024</b>	16	47	24	13	101
<b>2025</b>	17	48	25	14	103
<b>2026</b>	17	49	25	14	105
<b>2027</b>	17	50	25	15	107
<b>2028</b>	18	51	26	15	109
<b>2029</b>	18	52	26	16	111
<b>2030</b>	18	53	27	16	114
<b>2031</b>	18	54	27	17	116
<b>2032</b>	19	54	28	17	118
<b>2033</b>	19	55	28	18	121
<b>2034</b>	20	56	29	18	123
<b>2035</b>	20	57	29	19	126
<b>2036</b>	20	59	30	19	128
<b>2037</b>	21	60	30	20	131
<b>2038</b>	21	61	31	21	133
<b>2039</b>	21	62	32	21	136
<b>2040</b>	22	63	32	22	139

**Tabla 44**

*Proyección de tráfico generado en la Estación N°7*

	MOTOTAXIS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION	TOTAL
<b>2017</b>					
<b>2018</b>	13	34	25	4	75
<b>2019</b>	13	35	25	4	77
<b>2020</b>	13	35	26	5	78
<b>2021</b>	13	36	26	5	80
<b>2022</b>	13	36	26	5	81
<b>2023</b>	14	37	27	5	83
<b>2024</b>	14	38	27	5	84
<b>2025</b>	14	38	28	5	86
<b>2026</b>	14	39	28	6	88
<b>2027</b>	15	40	29	6	89
<b>2028</b>	15	41	29	6	91
<b>2029</b>	15	41	30	6	93
<b>2030</b>	16	42	31	6	94
<b>2031</b>	16	43	31	7	96
<b>2032</b>	16	44	32	7	98
<b>2033</b>	16	44	32	7	100
<b>2034</b>	17	45	33	7	102
<b>2035</b>	17	46	33	8	104
<b>2036</b>	17	47	34	8	106
<b>2037</b>	18	48	35	8	108
<b>2038</b>	18	48	35	8	110
<b>2039</b>	18	49	36	9	112
<b>2040</b>	19	50	36	9	114

### 4.3. Tráfico Total:

**Tabla 45**

*Proyección de tráfico total en la Estación N°1*

	MOTOTAXI S	AUTOMOVI L	CAMIONET A	CAMIO N	TOTA L
2017	44	264	140	39	487
2018	49	296	157	44	546
2019	50	301	160	46	556
2020	51	306	162	47	567
2021	52	312	165	49	578
2022	53	317	168	50	589
2023	54	323	171	52	601
2024	55	329	174	54	612
2025	56	335	178	56	624
2026	57	341	181	57	636
2027	58	347	184	59	648
2028	59	353	187	61	661
2029	60	360	191	63	674
2030	61	366	194	65	687
2031	62	373	198	68	700
2032	63	380	201	70	714
2033	64	386	205	72	728
2034	66	393	209	75	742
2035	67	400	212	77	756
2036	68	408	216	79	771
2037	69	415	220	82	786
2038	70	422	224	85	802
2039	72	430	228	88	817
2040	73	438	232	91	833

**Tabla 46**  
*Proyección de tráfico total en la Estación N°2*

	<b>MOTOTAXI S</b>	<b>AUTOMOVI L</b>	<b>CAMIONET A</b>	<b>CAMIO N</b>	<b>TOTA L</b>
<b>2017</b>	29	285	117	60	491
<b>2018</b>	32	319	131	68	551
<b>2019</b>	33	325	133	70	562
<b>2020</b>	34	331	136	73	573
<b>2021</b>	34	337	138	75	584
<b>2022</b>	35	343	141	78	596
<b>2023</b>	36	349	143	80	608
<b>2024</b>	36	355	146	83	620
<b>2025</b>	37	362	148	86	632
<b>2026</b>	37	368	151	88	645
<b>2027</b>	38	375	154	91	658
<b>2028</b>	39	381	157	94	671
<b>2029</b>	40	388	159	97	685
<b>2030</b>	40	395	162	101	699
<b>2031</b>	41	402	165	104	713
<b>2032</b>	42	410	168	107	727
<b>2033</b>	42	417	171	111	742
<b>2034</b>	43	425	174	115	757
<b>2035</b>	44	432	177	118	772
<b>2036</b>	45	440	181	122	788
<b>2037</b>	46	448	184	126	804
<b>2038</b>	46	456	187	131	820
<b>2039</b>	47	464	191	135	837
<b>2040</b>	48	473	194	139	854

**Tabla 47**

*Proyección de tráfico total en la Estación N°3*

	<b>MOTOTAXIS</b>	<b>AUTOMOVIL</b>	<b>CAMIONETA</b>	<b>CAMION</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2017</b>	69	326	123	93	611
<b>2018</b>	77	365	138	106	686
<b>2019</b>	79	372	140	109	700
<b>2020</b>	80	378	143	113	714
<b>2021</b>	82	385	145	116	728
<b>2022</b>	83	392	148	120	743
<b>2023</b>	84	399	151	124	758
<b>2024</b>	86	406	153	128	774
<b>2025</b>	88	414	156	133	790
<b>2026</b>	89	421	159	137	806
<b>2027</b>	91	429	162	142	823
<b>2028</b>	92	436	165	146	840
<b>2029</b>	94	444	168	151	857
<b>2030</b>	96	452	171	156	875
<b>2031</b>	97	460	174	161	893
<b>2032</b>	99	469	177	166	911
<b>2033</b>	101	477	180	172	930
<b>2034</b>	103	486	183	178	949
<b>2035</b>	105	494	187	184	969
<b>2036</b>	107	503	190	190	989
<b>2037</b>	108	512	193	196	1,010
<b>2038</b>	110	522	197	202	1,031
<b>2039</b>	112	531	200	209	1,053
<b>2040</b>	114	541	204	216	1,075

**Tabla 48**

*Proyección de tráfico total en la Estación N°4*

	<b>MOTOTAXI S</b>	<b>AUTOMOVI L</b>	<b>CAMIONET A</b>	<b>CAMIO N</b>	<b>TOTA L</b>
<b>2017</b>	174	390	86	65	715
<b>2018</b>	195	437	96	74	802
<b>2019</b>	198	445	98	76	817
<b>2020</b>	202	453	100	79	833
<b>2021</b>	206	461	102	81	849
<b>2022</b>	209	469	103	84	866
<b>2023</b>	213	477	105	87	883
<b>2024</b>	217	486	107	90	900
<b>2025</b>	221	495	109	93	917
<b>2026</b>	225	504	111	96	935
<b>2027</b>	229	513	113	99	954
<b>2028</b>	233	522	115	102	972
<b>2029</b>	237	531	117	106	991
<b>2030</b>	241	541	119	109	1,011
<b>2031</b>	246	551	121	113	1,031
<b>2032</b>	250	561	124	116	1,051
<b>2033</b>	255	571	126	120	1,071
<b>2034</b>	259	581	128	124	1,092
<b>2035</b>	264	591	130	128	1,114
<b>2036</b>	269	602	133	132	1,136
<b>2037</b>	273	613	135	137	1,158
<b>2038</b>	278	624	138	141	1,181
<b>2039</b>	283	635	140	146	1,205
<b>2040</b>	288	647	143	151	1,229



**Tabla 49**

*Proyección de tráfico total en la Estación N°5*

	<b>MOTOTAXI S</b>	<b>AUTOMOVI L</b>	<b>CAMIONET A</b>	<b>CAMIO N</b>	<b>TOTA L</b>
<b>2017</b>	144	417	213	105	879
<b>2018</b>	161	467	239	119	986
<b>2019</b>	164	475	243	123	1,006
<b>2020</b>	167	484	247	127	1,026
<b>2021</b>	170	493	252	132	1,046
<b>2022</b>	173	501	256	136	1,067
<b>2023</b>	176	511	261	140	1,088
<b>2024</b>	179	520	265	145	1,110
<b>2025</b>	183	529	270	150	1,132
<b>2026</b>	186	539	275	155	1,154
<b>2027</b>	189	548	280	160	1,177
<b>2028</b>	193	558	285	165	1,201
<b>2029</b>	196	568	290	171	1,225
<b>2030</b>	200	578	295	176	1,250
<b>2031</b>	203	589	301	182	1,275
<b>2032</b>	207	599	306	188	1,301
<b>2033</b>	211	610	312	194	1,327
<b>2034</b>	215	621	317	201	1,354
<b>2035</b>	218	632	323	207	1,381
<b>2036</b>	222	644	329	214	1,409
<b>2037</b>	226	655	335	221	1,438
<b>2038</b>	230	667	341	228	1,467
<b>2039</b>	235	679	347	236	1,497
<b>2040</b>	239	691	353	244	1,527

**Tabla 50**

*Proyección de tráfico total en la Estación N°7*

	<b>MOTOTAXIS</b>	<b>AUTOMOVIL</b>	<b>CAMIONETA</b>	<b>CAMION</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2017</b>	123	333	242	42	740
<b>2018</b>	138	373	271	48	829
<b>2019</b>	140	380	276	49	845
<b>2020</b>	143	386	281	51	861
<b>2021</b>	145	393	286	53	877
<b>2022</b>	148	400	291	54	894
<b>2023</b>	151	408	296	56	911
<b>2024</b>	153	415	302	58	928
<b>2025</b>	156	422	307	60	945
<b>2026</b>	159	430	313	62	963
<b>2027</b>	162	438	318	64	982
<b>2028</b>	165	446	324	66	1,000
<b>2029</b>	168	454	330	68	1,019
<b>2030</b>	171	462	336	70	1,039
<b>2031</b>	174	470	342	73	1,058
<b>2032</b>	177	479	348	75	1,079
<b>2033</b>	180	487	354	78	1,099
<b>2034</b>	183	496	361	80	1,120
<b>2035</b>	187	505	367	83	1,141
<b>2036</b>	190	514	374	86	1,163
<b>2037</b>	193	523	380	88	1,185
<b>2038</b>	197	533	387	91	1,208
<b>2039</b>	200	542	394	94	1,231
<b>2040</b>	204	552	401	97	1,255

**Tabla 51**

*EAL con periodo de diseño de 20 años*

n (años) = 20

Clasificación de Vehículos	Tipo de Vehículo	N.º de Vehículos	de Acumulado Anual	Tasa de Crecimiento (%)	Factor de Crecimiento	Factor Camión	EAL
Particular	Ligero	20	7300	1	22.019	0.0020	321.477458
Público	Camioneta Rural	0	0	0	24.297	0.5000	0
	Micro	0	0	0	24.297	0.5000	0
Pesado	C2	4	1460	1	22.019	4.5037	144782.315
	T2S1	3	1095	1	22.019	7.7419	186664.456
	C2-R2	2	730	1	22.019	10.9802	176494.784
						<b>EAL</b>	<b>508263.031</b>
Número de carriles en ambas direcciones:				1	Factor dirección =	1.0	
Número de carriles en un solo camión:			1	=1	Factor Carril =	1.0	
						<b>EAL =</b>	<b>508263.031</b>
						<b>EAL =</b>	<b>5.0E+05</b>

- Determinar los espesores del pavimento rígido con método AASHTO 93 para el proyecto de “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO: JR. APURÍMAC, JR. WASHINGTON, JR. MARCO POLO, JR. GUISSÉ, JR. SALOOM, JR. COCHRANE Y CA. CONTRALMIRANTE VILLAR, PROVINCIA DE CALLAO – CALLAO”.

#### 4.4. Periodo de diseño:

El periodo de diseño planteado fue de 20 años.

#### 4.5. Serviciabilidad:

$$\text{Serviciabilidad Inicial } (P_i) = 4.3$$

$$\text{Serviciabilidad Final } (P_f) = 2.5$$

#### 4.5. Factor de Confiabilidad (R):

$$R = 95\%$$

#### 4.6. Desviación Normal Estándar ( $Z_r$ ):

$$Z_r = -1.645$$

#### 4.7. Resistencia a la compresión del Concreto:

$$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.8. Módulo de Elasticidad del Concreto:

$$E_c = 3593831,042 \text{ psi}$$

#### 4.9. Módulo de Rotura:

$$S'_c = 623,87 \text{ psi}$$

#### 5.0. Módulo de Reacción de la Subrasante:

$$K = 43.4 \text{ psi}$$

#### 5.1. Transferencia de Carga:

**Tabla 52**

*Valores de coeficiente de transmisión de carga J*

Tipo de Berma	J			
	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
Valores de J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8 - 4.4	2.8	3.8

$$J = 3.2$$

#### 5.2. Coeficiente de Drenaje:

El coeficiente de drenaje  $C_d$  varía entre 0.70 y 1.25, según las condiciones antes mencionadas. Un  $C_d$  alto implica un buen drenaje y esto favorece a la estructura, reduciendo el espesor de concreto a calcular. Para la definición de la sección de estructuras de pavimento

del presente informe, el coeficiente de drenaje para las capas granulares asumido, fue de 1.00.

$$C_d = 1.0$$

**Tabla 53**

*Requisitos, propiedades y estructuración de pavimento*

**1. REQUISITOS DEL DISEÑO**

a. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
b. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	5.0 E+05
c. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.3 *
d. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5 *
e. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	95% *
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1.645 *
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.35 *

**2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES**

a. RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	280 *
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO f'c ( psi )	3982.54
b. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO Ec ( psi )	3593831,042
c. MODULO DE ROTURA S'c ( psi )	623.87
d. MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE- K ( psi )	43.40
e. TRANSFERENCIA DE CARGA ( J )	3.2 *
f. COEFICIENTE DE DRENAJE ( Cd )	1.0 *

**3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO**

<b>A. ESPESOR DE LOSA REQUERIDO ( Df ), pulgadas</b>	<b>8</b>
<b>B. ESPESOR DE LOSA REQUERIDO ( Df ), centímetros</b>	<b>20</b>
<b>C. ESPESOR DE BASE ( B ), pulgadas</b>	<b>8</b>
<b>D. ESPESOR DE BASE ( B ), centímetros</b>	<b>20</b>

pavimR (Para diseñar Pavimentos) - [Diseño de Pavimento Rígido]

Archivo Pavimento Ayuda

Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial: 4.3

PSI Final: 2.5

Confiabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: -1.645

So: 0.35

Información Adicional

Módulo de Elasticidad del Concreto Ec [psi]: 3593831.042

Coefficiente de Transmisión de Carga [J]: 3.2

Módulo de Rotura de Concreto Sc [psi]: 623.87

Coefficiente de Drenaje [Cd]: 1

Seleccionar dato que tiene

Espesor D  Eje W18

W18: 508263.031

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: 43.4 pci

Resultado

D: 7.10425 plg

pci = Libras /pulgadas<sup>3</sup> [lb/plg<sup>3</sup>]  
psi = Libras /pulgadas<sup>2</sup> [lb/plg<sup>2</sup>]  
plg = Pulgadas

Calcular Insertar Limpiar

Figura 7. Espesor de pavimento en programa PavimR  
Fuente: Software PavimR (2021)

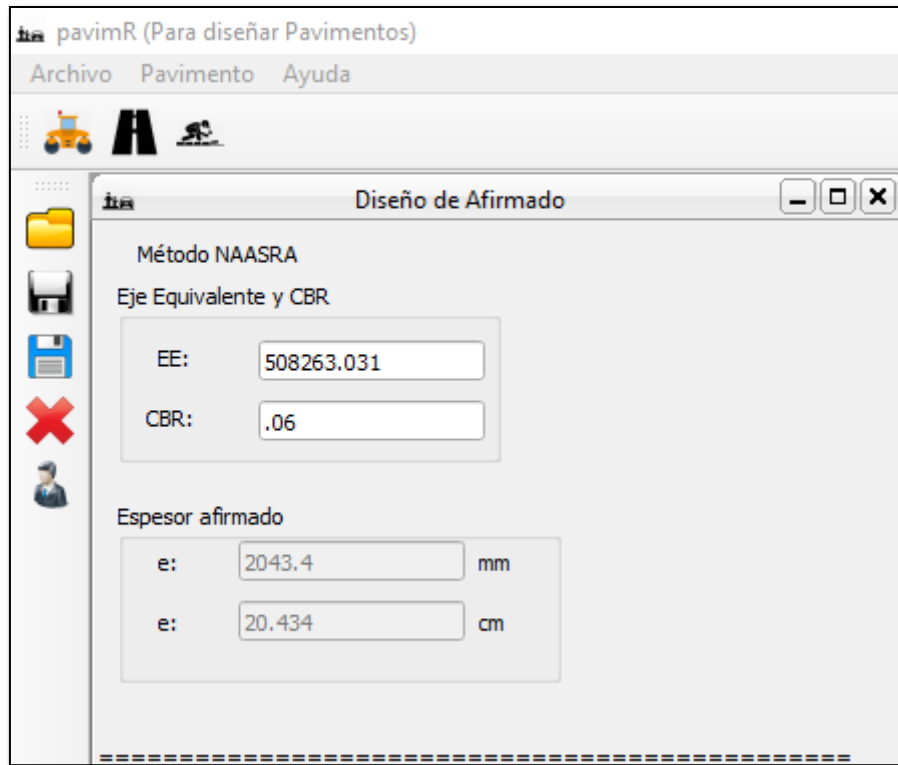


Figura 8. Espesor de afirmado en programa PavimR  
Fuente: Software PavimR (2021)

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

En primer lugar, se concluye que el EAL de con un periodo de diseño de 20 años es de 508263.031, el cual corresponde a la representación estructural de carga vehicular sobre el pavimento, siendo este el número de aplicaciones de cargas por Eje Estándar.

En segundo lugar, se obtuvieron los espesores de pavimento rígido y de la base, siendo estos de 20 cm, con un espesor total de 40 cm. Se obtuvieron a partir del método de AASHTO 93, para un periodo de diseño de 20 años.

En tercer lugar, las ventajas del pavimento rígido son las de que generan mayor durabilidad y vida útil en comparación con los pavimentos flexibles, esto genera un ahorro ya que necesitan menor mantenimiento. Además, favorecen a la sostenibilidad del medio ambiente gracias a su mayor refracción y menor absorción al calor.



## CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

En primer lugar, para el cálculo del EAL de diseño, se haga un estudio de tráfico a detalle, con ubicación de estaciones de control para que puedan tener el número exacto de vehículos que transiten por la zona de estudio, tener formatos en los que puedan apoyarse y así poder tener información confiable.

En segundo lugar, para el cálculo de los espesores, se realicen los estudios básicos de manera seria y profesional, en laboratorios autorizados. Para poder obtener los datos del suelo y el concreto con los cuales se aplicará el diseño de AASHTO 93, y así poder obtener espesores acordes a la realidad y que no fallen durante el tiempo de vida útil que se propone.

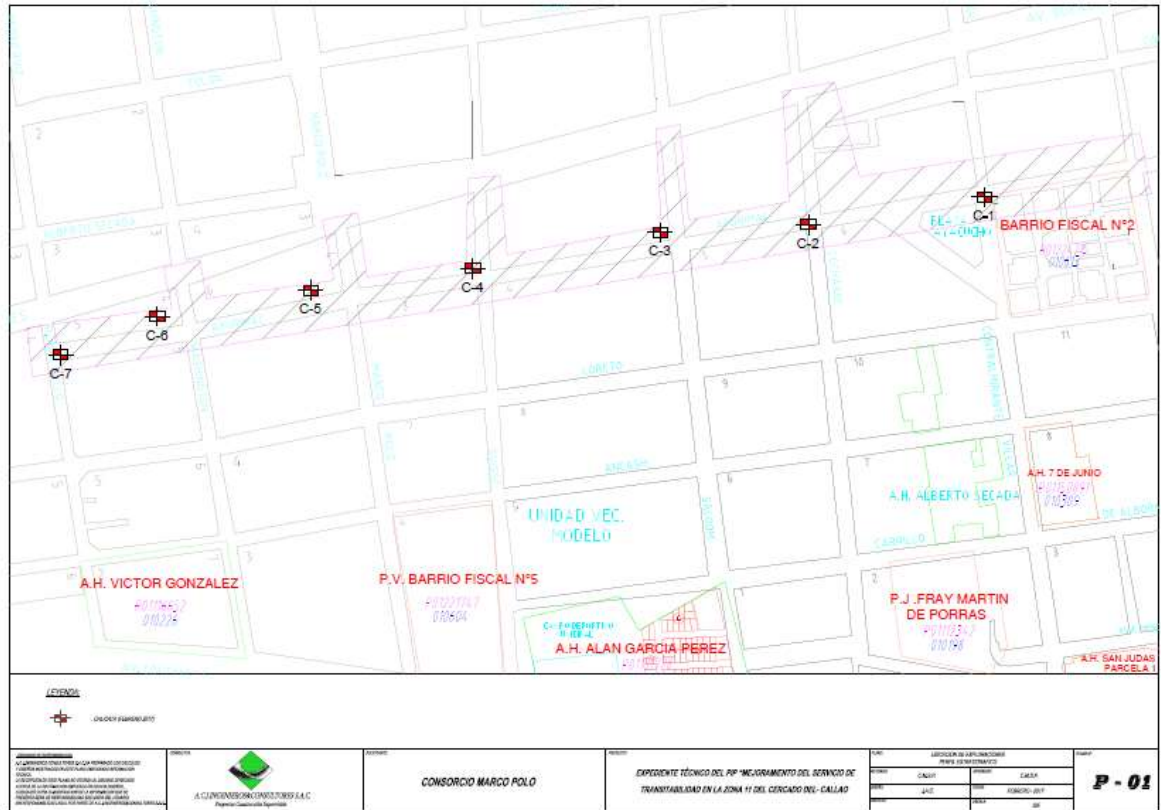
En tercer lugar, la aplicación del pavimento rígido sobre el pavimento flexible, por vida útil que este puede ofrecer, menor absorción al calor lo que contribuye a la sostenibilidad ambiental que se busca en las obras. Además de esto se recomienda el uso del pavimento rígido ya que genera mayor durabilidad frente al tráfico que pueda existir en la zona de estudio, y esto a su vez conlleva a un menor mantenimiento. Los pavimentos rígidos conllevan a un ahorro por la facilidad de construcción, ya que al contar con plantas de concreto premezclado y maquinaria especializada se abaratan los costos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014), MANUAL DE CARRETERAS, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). NORMA E.060 CONCRETO ARMADO. Lima: DIGIGRAF CORP.SA.
- Albitres Salinas, J. A. (2019), Estudio de tráfico para su mejoramiento de la carretera yura – peaje patahuasi, parte de la ruta nacional pe – 34a, Arequipa. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
- Mora Cano, A. y Arguelles Sáenz, C. (2015), Diseño de pavimento rígido para la urbanización caballero y Góngora, municipio de honda – Tolima. Universidad Católica De Colombia
- Cal, R., Reyes, M., & Cárdenas, J. (2007). Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones (Vol. 8a Edición). México: Alfaomega.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.
- Montejo, A. (2002). INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS (Vol. 1). Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones
- Vivar, G. (1995). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS (Segunda ed.). Lima: Colecciones del Ingeniero Civil.

## ANEXOS

### Anexo 1: Plano de ubicación de calicatas



Fuente: A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

## Anexo 2: Registro de excavaciones

A.C.J. INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C. Proyectos Construcción Superficie		EXPLORACION DE CAMPO				REGISTRO DE CALICATA		C - 1		
SOLICITADO	CONSORCIO MARCO POLO				NIVEL FREATICO	N.P.		CONDICIÓN DE MUESTRA		
PROYECTO	EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PIP "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO"				REGISTRADO POR	J.A.C		<input checked="" type="checkbox"/>	DISTURBADA	
UBICACION	DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO JR. APURIMAC CON JR. VILLAR				REVISADO POR	C.M.S.P.		<input type="checkbox"/>	INALTERADA	
PROFUNDIDAD	1.50 m.	COORDENADAS	E: _____ N: _____	COTA (m.a.s.n.m)	---	FECHA	FEBRERO, 2017			
PROF. (m)	SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			Angulo de Fricción (°)	Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Volumetrico (gr/cm <sup>3</sup> )
					LL (%)	LP (%)	W (%)			
0.04	---	---	Capote asfáltico.	---	---	---	---	---	---	
0.25	---	---	Los de concreto	S/M	---	---	---	---	---	
0.50	---	---	Refraso arena finas, color marrón, húmeda, consistencia suelta.	S/M	---	---	---	---	---	
0.80	---	---	Arcilla finas, color rojo, húmeda, consistencia suelta.	S/M	---	---	---	---	---	
1.00	---	---	Arcilla ligera arenosa, color beige, húmeda, consistencia suelta.	M-1	N.P.	N.P.	48.00	---	---	
1.15	CL	---								
1.50										

Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

A.C.J. INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C. Proyectos Construcción Superficie		EXPLORACION DE CAMPO				REGISTRO DE CALICATA		C - 2		
SOLICITADO	CONSORCIO MARCO POLO				NIVEL FREATICO	N.P.		CONDICIÓN DE MUESTRA		
PROYECTO	EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PIP "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO"				REGISTRADO POR	J.A.C		<input checked="" type="checkbox"/>	DISTURBADA	
UBICACION	DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO JR. APURIMAC CON COCHRANE				REVISADO POR	C.M.S.P.		<input type="checkbox"/>	INALTERADA	
PROFUNDIDAD	1.50 m.	COORDENADAS	E: _____ N: _____	COTA (m.a.s.n.m)	---	FECHA	FEBRERO, 2017			
PROF. (m)	SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			Angulo de Fricción (°)	Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Volumetrico (gr/cm <sup>3</sup> )
					LL (%)	LP (%)	W (%)			
0.04	---	---	Capote asfáltico.	---	---	---	---	---	---	
0.40	---	---	Los de concreto	S/M	---	---	---	---	---	
0.50	---	---	Refraso arena finas, color marrón, húmeda, consistencia suelta.	S/M	---	---	---	---	---	
1.00	CL - ML	---	Arcilla fino-arenosa, color negro, húmeda, consistencia suelta.	M-1	26.00	6.00	33.00	---	---	
1.50			Note: A la profundidad de 1.50m se encontro filtración de agua.							

Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

A.C.J. INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C. <i>Proyectos Construcción Superlativa</i>		EXPLORACION DE CAMPO				REGISTRO DE CALICATA		C - 3		
SOLICITADO	CONSORCIO MARCO POLO				NIVEL FREATICO	1.00 m.		CONDICIÓN DE MUESTRA		
PROYECTO	EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PIP "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO"				REGISTRADO POR	J.A.C		<input checked="" type="checkbox"/>	DISTURBADA	
UBICACION	DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO JR. APURIMAC CON JR. SALOOM				REVISADO POR	C.M.S.P.		<input type="checkbox"/>	INALTERADA	
PROFUNDIDAD	1.00 m.	COORDENADAS	E: --- N: ---	COTA (m.a.s.n.m)	---	FECHA	FEBRERO, 2017			
PROF. (m)	SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			Ángulo de Fricción (°)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Volumétrico (g/cm <sup>3</sup> )
					LL (%)	LP (%)	W (%)			
0.00			Capas asfálticas							
0.20			Losa de concreto	SM						
0.50			Ballena arena limosa, color marfil, húmeda, compactada suelta	SM						
0.95	CL		Arcilla ligera arenosa, color beige, húmeda, consistencia suelta	M-1	45.00	35.00	68.00			
1.00			Nota: A la profundidad de 1.50m. se encontró nivel freático.							

Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

A.C.J. INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C. <i>Proyectos Construcción Superlativa</i>		EXPLORACION DE CAMPO				REGISTRO DE CALICATA		C - 4		
SOLICITADO	CONSORCIO MARCO POLO				NIVEL FREATICO	1.10 m.		CONDICIÓN DE MUESTRA		
PROYECTO	EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PIP "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO"				REGISTRADO POR	J.A.C		<input checked="" type="checkbox"/>	DISTURBADA	
UBICACION	DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO JR. APURIMAC CON JR. GUISE				REVISADO POR	C.M.S.P.		<input type="checkbox"/>	INALTERADA	
PROFUNDIDAD	1.10 m.	COORDENADAS	E: --- N: ---	COTA (m.a.s.n.m)	---	FECHA	FEBRERO, 2017			
PROF. (m)	SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			Ángulo de Fricción (°)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Volumétrico (g/cm <sup>3</sup> )
					LL (%)	LP (%)	W (%)			
0.04			Capas asfálticas							
0.20			Losa de concreto	SM						
0.40			Ballena arena fino arenosa, color marfil, ligeramente húmeda, consistencia suelta, presencia de coque de carbón en 10%	SM						
0.95	Similar C-3/M-1		Arcilla ligera arenosa, color negro, húmeda, consistencia suelta	SM						
1.00 1.10			Nota: A la profundidad de 1.10m. se encontró nivel freático.							

Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

A.C.J. INGENIEROS Y CONSULTORES S.A.C. Provincia Constitucional del Callao		EXPLORACION DE CAMPO				REGISTRO DE CALICATA		C - 5			
SOLICITADO		CONSORCIO MARCO POLO			NIVEL FREATICO		1.10 m.		CONDICIÓN DE MUESTRA		
PROYECTO		EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PIP " MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO "			REGISTRADO POR		J.A.C		<input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA <input type="checkbox"/> INALTERADA		
UBICACION		DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO JR. APURIMAC CON JR. MARCO POLO			REVISADO POR		C.M.S.P.				
PROFUNDIDAD		1.10 m.		COORDENADAS		E: --- N: ---		COTA (m.a.s.n.m)		---	
FECHA		FEBRERO, 2017									
PROF. (m)	SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			Angulo de Fricción (°)	Cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Volumetrico (gr/cm <sup>3</sup> )	
					LL (%)	LP (%)	W (%)				
0.05	---	---	Capas asfálticas		---	---	---	---	---	---	
0.17	---	---	Losa de concreto	S/M	---	---	---	---	---	---	
0.25	---	---	Ballena arena fino arcillosa, color roanón, ligerosente húmeda, consistencia suelta	S/M	---	---	---	---	---	---	
0.50	---	---	Lenta de arcilla ligera, color plomo, húmeda, consistencia suelta, presencia de grava subredondeada en 10%	S/M	---	---	---	---	---	---	
0.70	---	---	Grava arcillosa con arena, color negro, húmeda, consistencia media	M-1	24.00	5.00	22.00	---	---	---	
1.00	---	---	Nota A la profundidad de 1.10m. se encuentra nivel freático.								

Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)


A.C.J. INGENIEROS Y CONSULTORES S.A.C. Provincia Constitucional del Callao		EXPLORACION DE CAMPO				REGISTRO DE CALICATA		C - 6			
SOLICITADO		CONSORCIO MARCO POLO			NIVEL FREATICO		1.30 m.		CONDICIÓN DE MUESTRA		
PROYECTO		EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PIP " MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO "			REGISTRADO POR		J.A.C		<input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA <input type="checkbox"/> INALTERADA		
UBICACION		DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO JR. APURIMAC CON JR. WASHINGTON			REVISADO POR		C.M.S.P.				
PROFUNDIDAD		1.60 m.		COORDENADAS		E: --- N: ---		COTA (m.a.s.n.m)		---	
FECHA		FEBRERO, 2017									
PROF. (m)	SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			Angulo de Fricción (°)	Cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Volumetrico (gr/cm <sup>3</sup> )	
					LL (%)	LP (%)	W (%)				
0.04	---	---	Capas asfálticas		---	---	---	---	---	---	
0.15	---	---	Losa de concreto	S/M	---	---	---	---	---	---	
0.50	---	---	Ballena arena fino arcillosa, color roanón, ligerosente húmeda, compactada suelta	S/M	---	---	---	---	---	---	
0.80	---	---	Arcilla ligera, color negro, húmeda, consistencia media	S/M	---	---	---	---	---	---	
1.30	Similar C-3/M-1	---	Arcilla ligera arenosa, color negro, húmeda, consistencia suelta	S/M	---	---	---	---	---	---	
1.60	---	---	Nota A la profundidad de 1.30m. se encuentra nivel freático.								

Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

A.C.J. INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C. Provincia: Construcción Especialista		EXPLORACION DE CAMPO				REGISTRO DE CALICATA		C - 7		
SOLICITADO	CONSORCIO MARCO POLO				NIVEL FREATICO	1.60 m.		CONDICIÓN DE MUESTRA		
PROYECTO	EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PIP "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO"				REGISTRADO POR	J.A.C		<input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA <input type="checkbox"/> INALTERADA		
UBICACION	DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO JR. APURIMAC CON JR. PEDRO RUIZ				REVISADO POR	C.M.S.P.				
PROFUNDIDAD	1.60 m.	COORDENADAS	E: _____ N: _____	COTA	---	FECHA	FEBRERO, 2017			
PROF. (m)	SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL y CAMBIO DE CONTENIDO DE AGUA			Angulo de Fricción (°)	Cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Volumetrico (gr/cm <sup>3</sup> )
					LL (%)	LP (%)	W (%)			
0.00			Grava pedregal							
0.25			Afinado	S/M	---	---	---	---	---	---
0.50			Fullero arena limosa, color marrón, húmeda, compactada suelta, presencia de grava alabada en 20%	S/M	---	---	---	---	---	---
0.75			Lento de limo arenoso, color plomo, húmeda, consistencia suelta.	S/M	---	---	---	---	---	---
1.00			Grava arcillosa arenosa, color plomo, húmeda, compactada suelta, grava en 10%.	S/M	---	---	---	---	---	---
1.40			Arcilla ligera arenosa, color negro, húmeda, consistencia suelta.	S/M	---	---	---	---	---	---
1.50	Similar C-3M-1									
1.60										
			Nota: A la profundidad de 1.30m. se encontró nivel freático.							

Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

### Anexo 3: Ensayos Estándar de clasificación de suelos



**ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

**INFORME** : 21 **Página** : 1/1

**SOLICITANTE** : CONSORCIO MARCO POLO **Realizado** : E.G.I.

**DIRECCIÓN** : AV. SAN BORJA NORTE 363, OF. 302, SAN BORJA **Revisado** : C.M.S.F.

**PROYECTO** : EXPEDIENTE TÉCNICO DEL I.P. "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO"

**UBICACIÓN** : DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO

**FECHA RECEPCIÓN** : 11/02/2017  
**FECHA DE ENSAYO** : 13/02/2017  
**FECHA DE EMISIÓN** : 18/02/2017

**Identificación de la muestra**

Sondaje	:	C-1
Muestra	:	M-1
Profundidad (m)	:	1.15 - 1.50

**Norma ASTM D 422**

MALLA	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3"	75.000	100.00
2"	50.000	100.00
1 1/2"	37.500	100.00
1"	25.000	100.00
3/4"	19.000	98.07
3/8"	9.500	93.46
N° 60	4.750	90.59
N° 60	2.000	87.94
N° 80	1.875	83.42
N° 100	1.425	79.13
N° 150	1.000	74.06
N° 200	0.750	65.86
N° 200	0.075	55.90

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMBIÉN**

% GRAVA	9.41	Gruesa	1.93
		Fina	7.47
% ARENA	30.69	Gruesa	2.65
		Mediana	8.80
		Fina	19.24
% FINOS	59.90		35.90

**Norma ASTM D 2487**

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción	ARCILLA LIGERA ARENOSA

**Norma ASTM D 1545**

Clasificación (AASHTO)	A-4 (2)
Descripción (AASHTO)	PCB - MALO

**Norma ASTM D 2216**

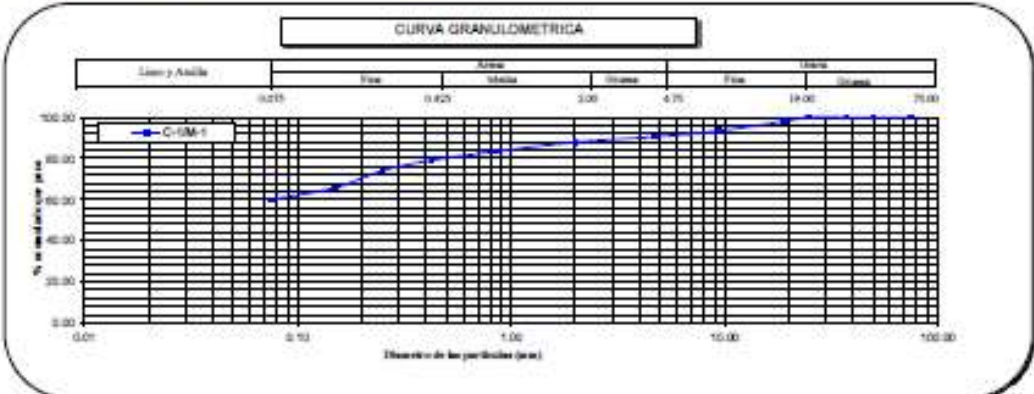
Contenido de Humedad (%)	48
--------------------------	----

**Norma ASTM D 4254, Norma ASTM D 427**

Límite Líquido (LL)	24
Límite Plástico (LP)	16
Límite Contracción (LC)	NP
Índice Plástico (IP)	8

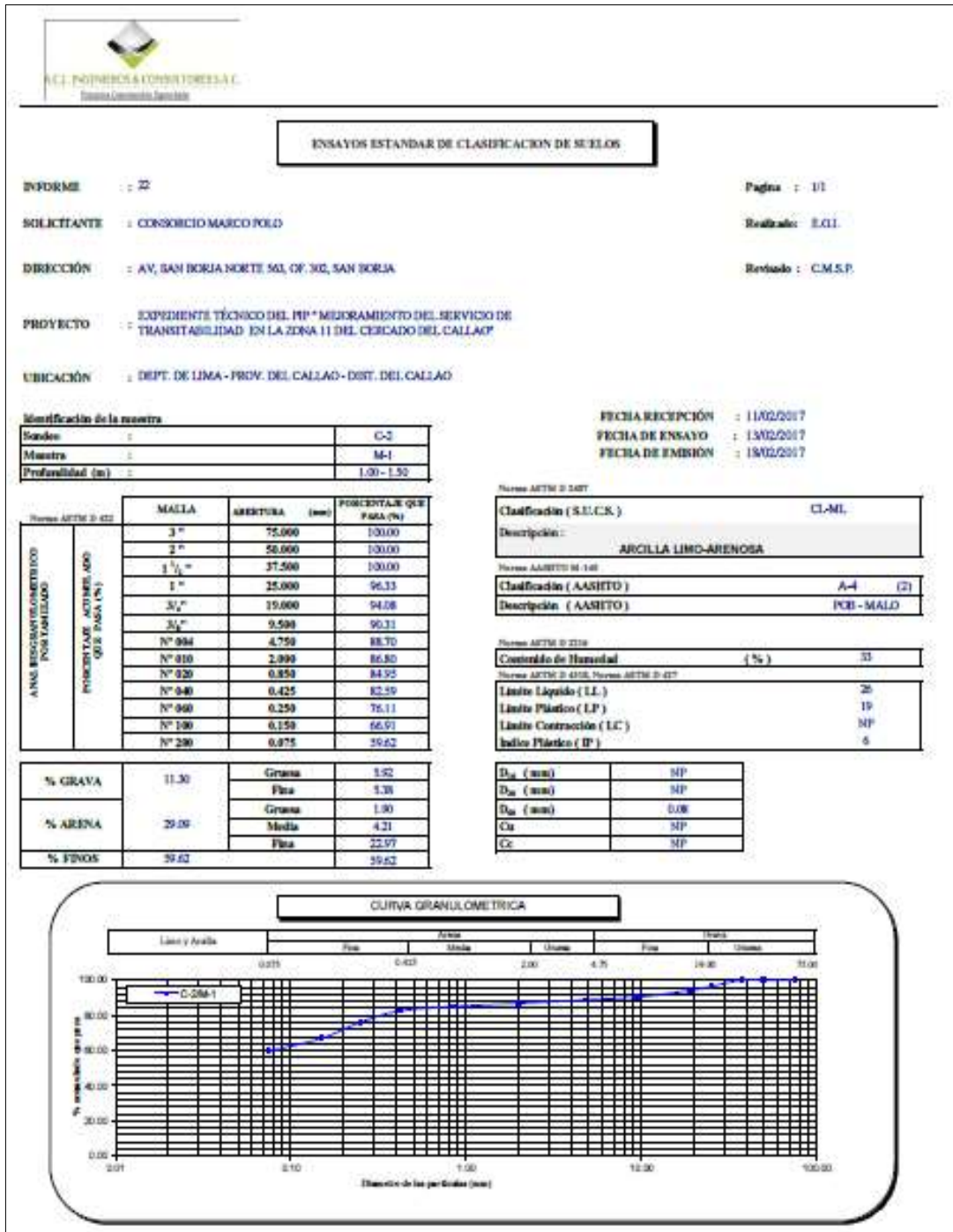
D <sub>10</sub> (mm)	NP
D <sub>30</sub> (mm)	NP
D <sub>60</sub> (mm)	0.08
C <sub>u</sub>	NP
C <sub>c</sub>	NP

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

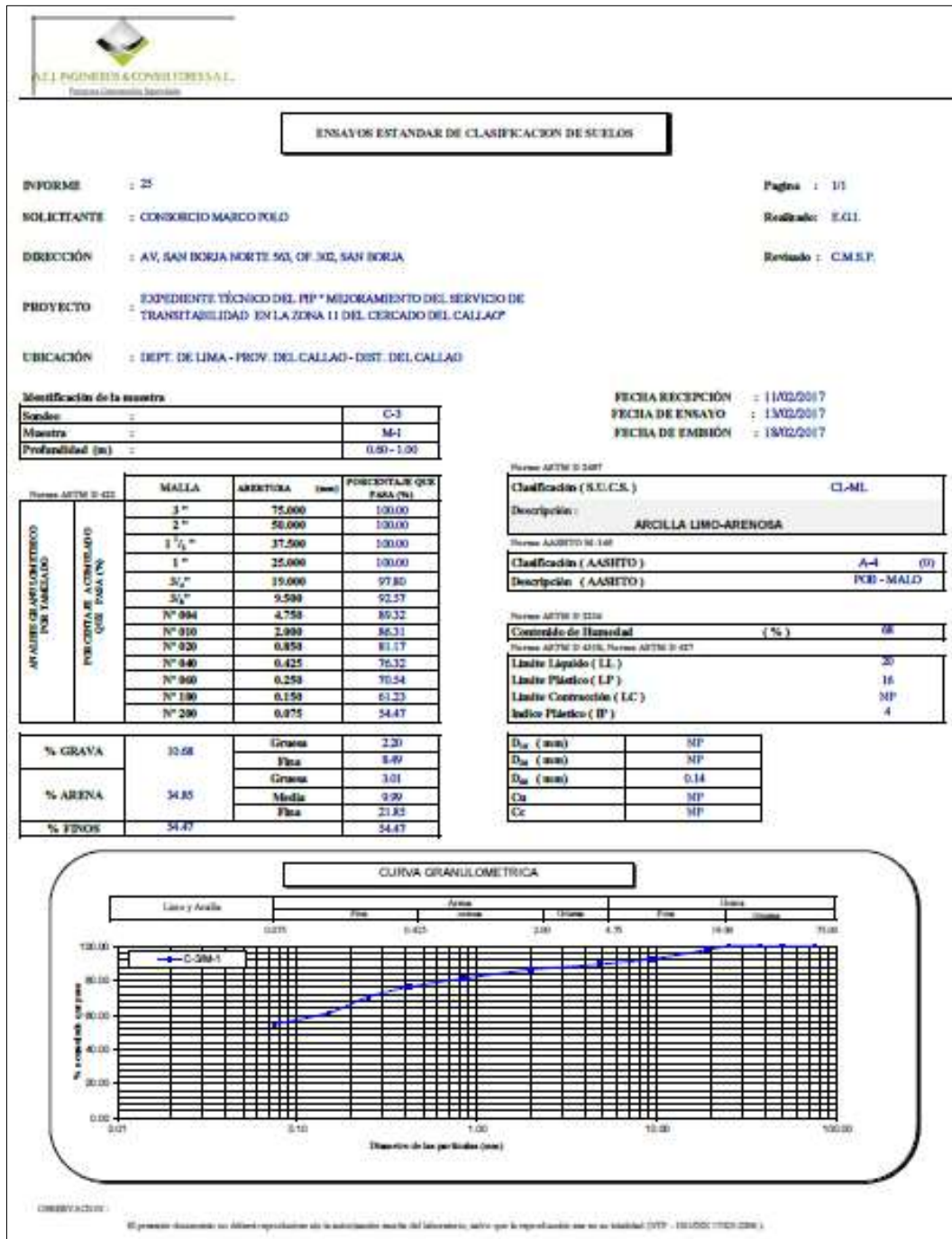


Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

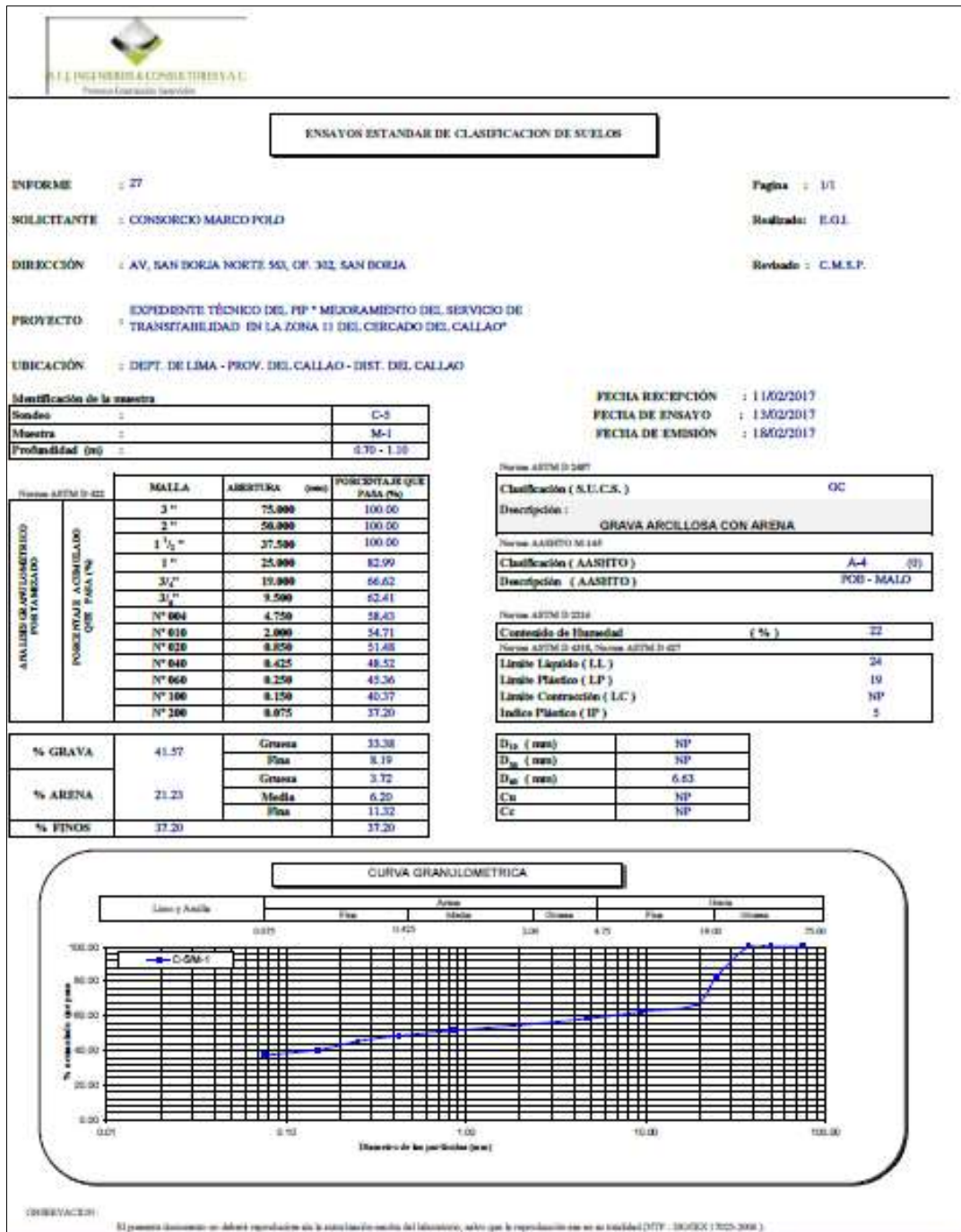




Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)




Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)



Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

### Anexo 4: Ensayo para la determinación de sulfatos solubles



A.C.J. INGENIEROS Y CONSULTORES S.A.C.  
Proyectos Construcción Sostenible

---

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUAS SUBTERRANEAS  
(ASTM D-516, NTP 339, 178)**

<b>INFORME</b>	: LG-003-2017	<b>PAGINA</b> : 1/1
<b>SOLICITANTE</b>	: CONSORCIO MARCO POLO	<b>REALIZADO</b> : E.G.I
<b>DIRECCION</b>	: AV. SAN BORJA NORTE 563, OF. 302, SAN BORJA	<b>REVISADO</b> : C.M.S.P.
<b>PROYECTO</b>	EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PIP * MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL MERCADO DEL CALLAO*	
<b>UBICACION</b>	: DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO	
<b>CALICATA</b>	: C - 3	<b>FECHA RECEPCIÓN</b> : 13/02/2017
<b>MUESTRA</b>	: M - 1	<b>FECHA DE ENSAYO</b> : 13/02/2017
<b>PROFUNDIDAD (metros)</b>	: 0.60 - 1.00	<b>FECHA DE EMISIÓN</b> : 18/02/2017

DESCRIPCION		MEDIDAS Y RESULTADOS
Gramos de muestra de suelo	(g)	50
Mililitros de agua para dilución	(ml)	150
Mililitros de alícuota tomada	(ml)	30
Gramos de suelo diluido en alícuota	(g)	10
W Crisol	(g)	18.1119
W Crisol + Muestra	(g)	18.1386
Total Sulfatos	(ppm)	1099

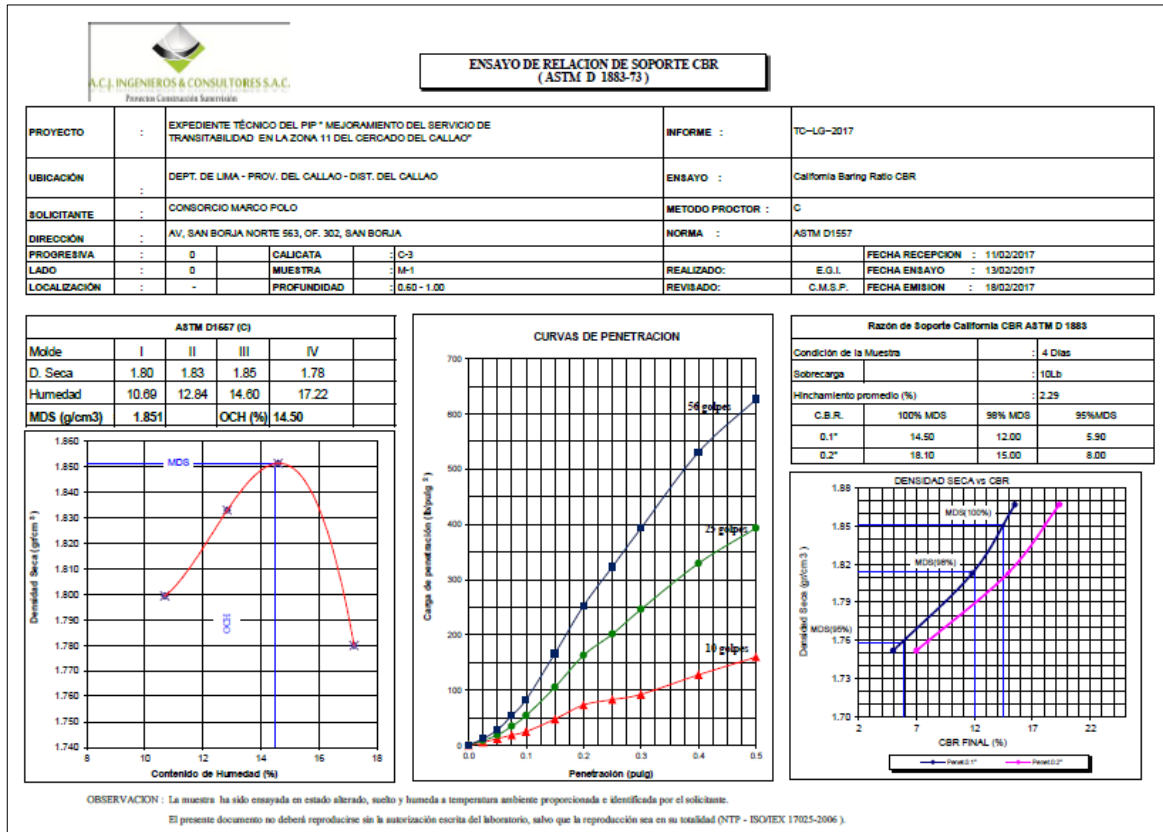
  

ml: Mililitros  
g: Gramos  
W: Peso  
ppm: Partes por millón

**OBSERVACIONES:** La muestra fue tomada en campo  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).

Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

### Anexo 5: Ensayo para determinación de CBR




Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

<b>ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE CBR (ASTM D 1883-73)</b>			
<b>INFORME</b>	: LG-031-2017		
<b>ENSAYO</b>	: California Baring Ratio CBR.		
<b>NORMA</b>	: ASTM D1883-73		
<b>SOLICITANTE</b>	: CONSORCIO MARCO POLO		
<b>DIRECCIÓN</b>	: AV. SAN BORJA NORTE 563, OF. 302, SAN BORJA		
<b>PROYECTO</b>	: EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PIP " MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO "		
<b>UBICACIÓN</b>	: DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO		
<b>CALICATA</b>	: C-3	<b>REALIZADO</b>	: E.G.I
<b>MUESTRA</b>	: M-1	<b>REVISADO</b>	: C.M.S.P.
<b>CLASF. SUCS</b>	: CL	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 11/02/2017
<b>CLASF. AASHTO</b>	: A-6 (5)	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 13/02/2017
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.60 - 1.00	<b>FECHA DE EMISION</b>	: 18/02/2017
<b>N° GOLPES POR CAPA</b>	10 golpes	25 golpes	56 golpes
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD % ANTES DE SATURAR (w)</b>	13.21	13.16	13.40
<b>DENSIDAD SECA g/cc</b>	1.75	1.81	1.87
<b>EXPANSION</b>			
<b>Tiempo (Hora)</b>		<b>Deformación Acumulada (%)</b>	
96.00	3.38	2.08	1.41
<b>PENETRACION</b>			
<b>Penetración (pulg.)</b>	<b>Presión Patron (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>PRESION FINAL (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>C.B.R. (%)</b>
0.10	1000	48	4.80
0.20	1500	105	7.00
		<b>PRESION FINAL (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>C.B.R. (%)</b>
		120.00	12.00
		223	14.87
		290	19.33
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD % DESPUES DE SATURAR (w)</b>	18.43	17.81	15.64
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD % ABSORBIDO(w)</b>	5.22	4.65	2.24
<b>C.B.R.</b>		<b>MDS (100%)</b>	<b>MDS (98%)</b>
<b>C.B.R. 0.1" de Penetración</b>		13.85	11.00
<b>C.B.R. 0.2" de Penetración</b>		18.10	15.00
			<b>MDS (95%)</b>
			8.00

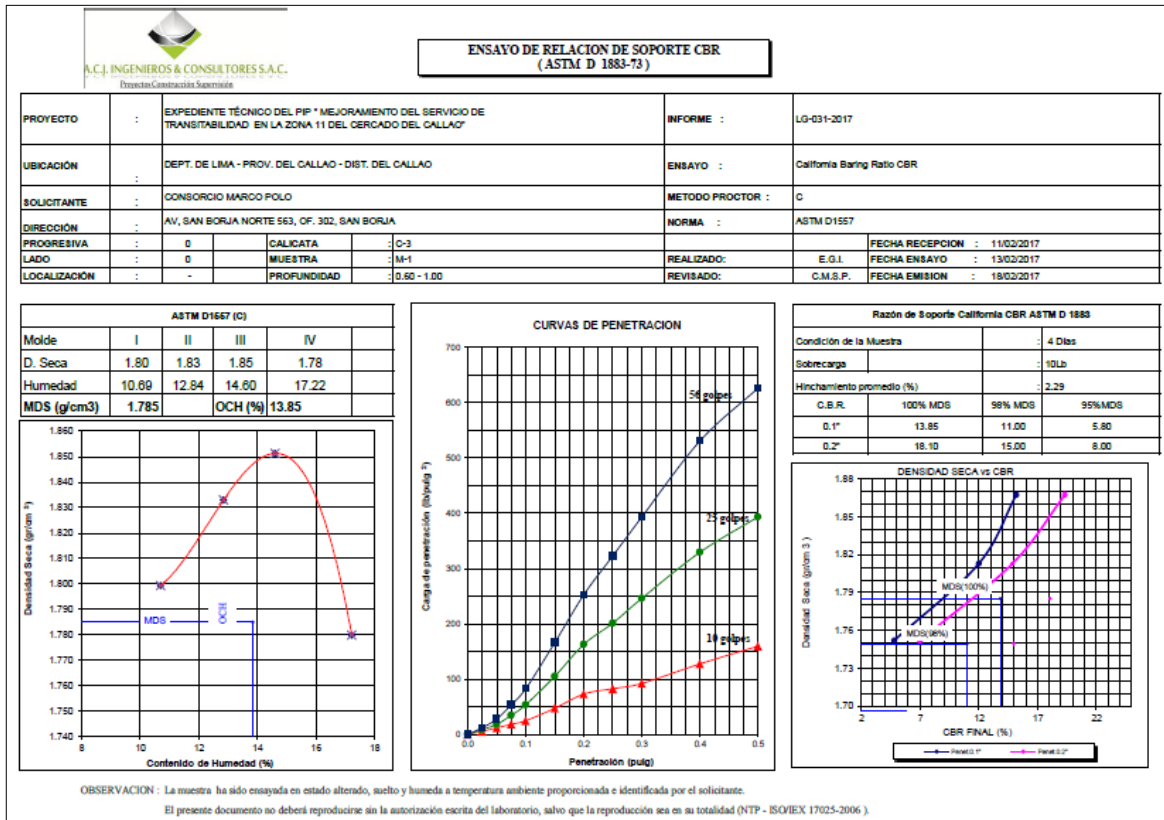
OBSERVACION : La muestra ha sido ensayada en estado alterado, suco y húmeda a temperatura ambiente proporcionada e identificada por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISOMEX 17025-2006 ).

Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

							
<b>ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE CBR (ASTM D 1883-73)</b>							
<b>INFORME</b>	: LG-026-2017						
<b>ENSAYO</b>	: California Boring Ratio CBR						
<b>NORMA</b>	: ASTM D1883-73						
<b>SOLICITANTE</b>	: CONSORCIO MARCO POLO						
<b>DIRECCIÓN</b>	: AV. SAN BORJA NORTE 563, OF. 302, SAN BORJA						
<b>PROYECTO</b>	: EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PP * MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL MERCADO DEL CALLAO*						
<b>UBICACIÓN</b>	: DEPT. DE LIMA - PROV. DEL CALLAO - DIST. DEL CALLAO						
<b>CALICATA</b>	: C-3	<b>REALIZADO</b>	:	E.G.I			
<b>MUESTRA</b>	: M-1	<b>REVISADO</b>	:	C.M.S.P.			
<b>CLASF. SUCS</b>	: CL	<b>FECHA DE RECEPCION</b>	:	11/02/2017			
<b>CLASF. AASHTO</b>	: A-6 (5)	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	:	13/02/2017			
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.60 - 1.00	<b>FECHA DE EMISION</b>	:	18/02/2017			
<b>N° GOLPES POR CAPA</b>		10 golpes		25 golpes		56 golpes	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD % ANTES DE SATURAR (w)</b>		13.21		13.16		13.40	
<b>DENSIDAD SECA g/cc</b>		1.75		1.81		1.87	
<b>EXPANSION</b>							
Tiempo (Hora)				Deformación Acumulada (%)			
96.00		3.38		2.08		1.41	
<b>PENETRACION</b>							
Penetración (pulg.)	Presión Patron (lb/pulg <sup>2</sup> )	PRESION FINAL (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	PRESION FINAL (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	PRESION FINAL (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
0.10	1000	50	5.00	118.00	11.80	155	15.50
0.20	1500	105	7.00	223	14.87	290	19.33
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD % DESPUES DE SATURAR (w)</b>		18.43		17.81		15.64	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD % ABSORBIDO(w)</b>		5.22		4.65		2.24	
<b>C.B.R.</b>		MDS (100%)		MDS (98%)		MDS (95%)	
<b>C.B.R. 0.1" de Penetración</b>		14.50		12.00		5.90	
<b>C.B.R. 0.2" de Penetración</b>		18.10		15.00		8.00	
<small>OBSERVACION : La muestra ha sido ensayada en estado ahogado, mojado y fundido a temperatura ambiente proporcionada e identificada por el solicitante. El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (HTP - ISO/IEC 17025-2006).</small>							

Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)



Fuente: Laboratorio A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)



### Anexo 6: Presupuesto de obra

Presupuesto					
Presupuesto:	0902010 - MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD EN LA ZONA 11 DEL CERCADO DEL CALLAO: JR. APURIMAC,				
Subpresupuesto:	001 OBRAS CIVILES				
Cliente:	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL CALLAO			Costo al	30/06/2017
Lugar:	CALLAO - CALLAO - CALLAO				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/	Parcial \$/
01	OBRAS CIVILES				3,730,490.59
01.01	OBRAS PROVISIONALES				100,005.41
01.01.01	MANTENIMIENTO DE TRÁNSITO - SEÑALIZACIÓN	GLB	1.00	23,384.00	23,384.00
01.01.02	CASITA PROVISIONAL PARA ALMACEN Y GUARDIANA	GLB	1.00	8,611.13	8,611.13
01.01.03	SAÑO QUÍMICO	mca	4.00	900.00	3,600.00
01.01.04	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA	md	7.00	1,504.19	10,529.33
01.01.05	SEGURIDAD DE OBRA	GLB	1.00	48,552.46	48,552.46
01.01.06	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL	GLB	1.00	14,238.46	14,238.46
01.02	OBRAS PRELIMINARES				100,729.12
01.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	11,050.12	11,050.12
01.02.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	25,502.87	1.64	41,824.71
01.02.03	LIMPIEZA GENERAL	m2	25,502.87	2.18	55,601.26
01.03	VEREDA - BACHEO				735,961.53
01.03.01	DEMOLICION				91,485.04
01.03.01.01	CORTE CON DISCO EN VEREDAS DE CONCRETO	m	66.47	7.58	505.08
01.03.01.02	DEMOLICION DE VEREDAS DE EQUIPO	m2	5,629.02	13.44	75,684.18
01.03.01.03	DEMOLICION DE BARDINELES DE EQUIPO	m	3,210.99	4.70	15,091.18
01.03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				256,043.18
01.03.02.01	EXCAVACION A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	713.33	29.68	21,171.63
01.03.02.02	EXCAVACION DE ZANJAS Y BARDINELES DE VEREDAS	m3	119.77	32.79	3,927.28
01.03.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE VOLQ. 10ML, D=10KM	m3	2,038.11	38.70	78,726.34
01.03.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE ORPLANCHA	m2	7,133.26	6.15	43,869.73
01.03.02.05	BASE GRANULAR E = 0.10 m ORPLANCHA	m2	7,133.26	15.79	112,346.32
01.03.03	OBRAS DE CONCRETO				380,903.31
01.03.03.01	VEREDA DE CONCRETO PREMEZCLADO Fc=175 kg/cm² E = 0.10 m, CEMENTO TIPO V	m2	7,133.26	39.46	281,479.62
01.03.03.02	BARDINELES Y VEREDA DE CONCRETO PREMEZCLADO Fc=175 kg/cm², CEMENTO TIPO V	m	3,180.80	22.39	71,511.42
01.03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS	m2	858.76	30.28	25,802.50
01.03.03.04	JUNTAS EN VEREDAS	m	1,000.46	9.62	9,639.77
01.04	PAVIMENTOS				2,785,294.53
01.04.01	PAVIMENTOS RIGIDOS				2,785,294.53
01.04.01.01	DEMOLICIONES				323,191.23
01.04.01.01.01	CORTE CON DISCO EN PAVIMENTO MIXTO EXISTENTE	m	167.76	8.90	1,490.66
01.04.01.01.02	DEMOLICION DE PAVIMENTO MIXTO EXISTENTE	m2	11,973.40	26.50	316,321.70
01.04.01.01.03	DEMOLICION DE BARDINELES SUMERGIDOS	m	3,217.32	5.13	16,504.66
01.04.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				798,969.87
01.04.01.02.01	EXCAVACION A NIVEL DE SUBRASANTE DE EQUIPO EN PISTAS	m3	4,985.13	13.03	64,930.46
01.04.01.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE VOLQ. 10ML, D=10KM	m3	8,878.74	38.70	342,776.38
01.04.01.02.03	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE MEJORADA E=0.05M (MATERIAL DE PRESTAMO)	m2	17,730.80	7.07	125,386.78
01.04.01.02.04	BASE GRANULAR E=4" DE EQUIPO	m2	17,730.80	15.96	282,806.26
01.04.01.03	OBRAS DE CONCRETO				1,448,023.85
01.04.01.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO Fc = 280 Kg/cm² E = 20 cm (Cemento Tipo V)	m2	17,730.80	79.08	1,402,151.86
01.04.01.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN PISTAS	m2	173.67	41.24	7,162.16
01.04.01.03.03	CORTE CON DISCO EN SECO EN PAVIMENTO RIGIDO	m	5,166.86	7.69	39,810.04
01.04.01.04	JUNTAS				85,794.08
01.04.01.04.01	JUNTAS ASFALTICAS	m	4,067.37	6.73	27,374.46
01.04.01.04.02	JUNTAS CONTRACCION	m	5,166.86	10.14	52,229.62
01.04.01.05	SEÑALIZACION				120,005.50
01.04.01.05.01	PINTADO DE BARDINELES	m	3,191.36	13.27	42,316.95
01.04.01.05.02	PINTADO DE SIMBOLOS Y LETRAS	m2	1,134.26	33.60	38,111.14

Fuente: A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
01.04.01.05.01	PINTADO DE LINEAS CONTINUAS Y DISCONTINUAS	m	4,171.67	11.74	48,975.41
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>1,736,400.00</b>
	GASTOS GENERALES 10.00 %				173,640.00
	UTILIDAD 10.00 %				173,640.00
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>4,406,176.71</b>
	I.G.V. 18.00 %				807,511.21
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>5,293,687.92</b>
	SON: CINCO MILLONES DOSCIENTOS NOVENTITRES MIL SEISCIENTOS OCHENTROCHO Y SESENTA NUEVOS SOLES				

Fuente: A.C.J. Ingenieros y Consultores SAC (2021)