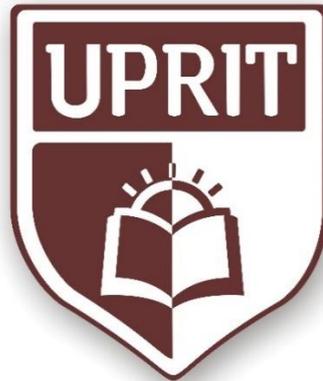


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL
PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL
ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL, 2018.**

**TESIS:
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:
BACH. ZÁRATE GARCÍA DAVID ABNER
BACH. PELAEZ MEREGILDO JUAN JOSE**

**ASESOR:
MG/ING. VILLAR QUIROZ JOSUALO CARLOS.**

**TRUJILLO - PERÚ
2020**

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller, denominada:

**SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL
PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL
ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL, 2018.**

**Mg. Ing. Enrique Duran Bazán.
PRESIDENTE**

Ing. Guido Marín Cubas
SECRETARIO

Ing. Elton Galarreta Malaver
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios.

Al creador de todas las cosas, el que nos a dado la fortaleza para continuar cuando hemos estado a punto de caer; por ello, con toda la humildad que de nuestros corazones puede emanar, dedicamos primeramente nuestro trabajo a Dios y a la Virgen María.

A Nuestros Padres.

Quienes nos dieron la vida, educación, apoyo y consejos. En especial a nuestras Madres, pues sin ellas no lo habríamos logrado. Su bendición a lo largo de nuestras vidas nos protege y nos lleva por buen camino. Por eso les damos nuestro trabajo en ofrenda por su paciencia y amor incondicional.

A Nuestra Familia y Amigos.

Que de alguna u otra manera contribuyeron a que lográramos esta meta que nos propusimos en la vida, y nos ha permitido crecer intelectualmente como personas y seres humanos.

GRACIAS A TODOS.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por darnos la fuerza para seguir cada día y no detenernos ante los contratiempos.

La vida es hermosa, y una de las principales características de esa hermosura es que podemos compartir y disfrutar con muchas personas. Podemos ayudar y guiar a muchas personas si ellas lo permiten, pero también podemos ser ayudados y guiados durante nuestra vida; por esto mismo, mediante este agradecimiento queremos expresar nuestro especial agradecimiento a todos mis profesores de la Universidad, ya que con su ayuda y aporte nos ayudaron a incrementar más conocimientos en nuestra Formación Académica.

INDICE

HOJA DE FIRMAS	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
INDICE DE CONTENIDOS	V
INDICE DE TABLAS E IMAGENES.....	VI
RESUMEN EJECUTIVO.....	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.4. OBJETIVOS	17
4.1 OBJETIVO GENERAL	17
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5. ANTECEDENTES.....	18
1.6. BASES TEÓRICAS	19
1.7. DEFINICIÓN DE TEMINOS BÁSICOS.....	33
1.8. HIPÓTESIS	46
CAPÍTULO II. MATERIAL Y MÉTODOS	47
2.1 MATERIAL DE ESTUDIO.....	48
2.2 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	50
2.3 PROCEDIIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	52
2.4 MÉTODOS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	54
2.5 PROCEDIIENTOS.....	56
2.6 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	59
2.7 DESARROLLO DE TESIS	61
CAPÍTULO III. RESULTADOS	63
3.1. ESTUDIO DE TRAFICO.....	64
3.2. ESTUDIO DE SUELOS.....	65
3.3. ESTUDIO DE TRAFICO Y CARGA VEHICULAR.....	68

3.4. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	76
3.5. DISEÑO GEOMETICO DE LA CARRETERA	84
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	85
4.1 DISCUSIÓN	86
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	88
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES.....	90
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. LIMITACIONES DEL PROYECTO	17
Tabla 2.FACTORES DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL Y DE CARRIL.....	20
Tabla 3. FACTORES DE CRECIMIENTO ACUMULADO	21
Tabla 4. RELACION DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EE.....	22
Tabla 5. CONFIGURACIÓN DE EJES.....	23
Tabla 6. FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO.....	24
Tabla 7. CÁLCULO DEL NÚMERO DE REPETICIONES DE EE	25
Tabla 8 REPETICIONES ACUMULADAS DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN. ...	26
Tabla 9 CATEGORÍAS DE SUB-RASANTE.	26
Tabla 10 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN AL TIPO DE CARRETERA	27
Tabla 11 MÓDULO RESILENCIA POR CORRELACIÓN CON CBR.....	27
Tabla 12 VALORES DE CONFIABILIDAD SEGÚN RANGO DE TRÁFICO.....	28
Tabla 13 COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE LA DESVIACION ESTÁNDAR.	28
Tabla 14 DIFERENCIAL DE SERVICIALIDAD PSI.....	29
Tabla 15 COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS CAPS DEL PAVIMENTO...	30
Tabla 16 ESPESORES MÍNIMOS DE CAPA SUPERFICIAL Y BASE GRANULAR. 31	
Tabla 17 MORTERO ASFALTICO PERIODO DE DISEÑO DE 10 AÑOS.....	32
Tabla 18 GRANULOMETRIA PARA LECHADA ASFÁLTICA.	36
Tabla 19 MUESTRAS	49

Tabla 20 INSTRUMENTO DE GUIAS DE OBSERVACIONES.....	51
Tabla 21 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	60
Tabla 22 UBICACIÓN GEORREFERENCIADA DE LA CARRETERA.	64
Tabla 23 UBICACIÓN DE CARRETERA SIMBAL	64
Tabla 24 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	65
Tabla 25 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTEO.....	68
Tabla 26 ESTUDIO DE TRÁFICO.....	75
Tabla 27 ESPESORES DE PAQUETE ESTRUCTURAL.	83
Tabla 28 DIMENSIONES DE CARRETERA.	84
Tabla 29 RESUMEN DE GUÍA DE OBSERVACIÓN	95
Tabla 30 EXCAVACIÓN DE CALICATA C-1.....	95
Tabla 31 EXCAVACIÓN DE CALICATA C-2.....	96
Tabla 32 EXCAVACIÓN DE CALICATA C-3.....	96

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1 Vista del Sistema Bitufor.	33
Imagen 2 Vista del Sistema Bitufor.	33
Imagen 3 Componentes del Sistema Bitufor	34
Imagen 4 Equipo para Lechada Asfáltica (Slurry Seal).	35
Imagen 5 Diagrama de una Típica Mezcladora para Lechada Asfáltica.	35
Imagen 6 Medidas, Dimensiones y propiedades Físicas Mesh Track.....	38
Imagen 7 Propiedades Mecánicas Mesh Track.....	38
Imagen 8 Levantamiento de Fallas	39
Imagen 9 Levantamiento de Fallas.	39
Imagen 10 Equipo Desenrollador de Mallas.	40

Imagen 11 Traslape Longitudinal y Transversal.....	41
Imagen 12 Aplanado de la Malla Metálica.....	41
Imagen 13 Fijación de la Malla Usando la Platina Torsional.....	42
Imagen 14 Grafico en caso de una Curva.....	42
Imagen 15 La Aplicación del Slurry Seal es para Obtener una Buena Adhesión.....	43
Imagen 16 Banda Granulométrica del Slurry Seal.....	44
Imagen 17 Equipo para la Extensión de la Mezcla.....	45
Imagen 18 Equipo para Colocación de Slurry Seal.....	46
Imagen 19 Colocación de la Carpeta de Concreto Asfáltico.....	46
Imagen 20 Ubicación de la Carretera de Estudio.....	68
Imagen 21 Estación 1 Desvío Simbal.....	69
Imagen 22 Estación 2 Desvío Simbal.....	114

RESUMEN EJECUTIVO

La falta de carreteras pavimentadas, las fuertes pendientes y la necesidad de conectar a los diferentes pueblos y conllevar un mejor desarrollo industrial, turística y de gran importancia agrícola. Con fines de ingeniería beneficiosos en la Libertad impulsó a esta investigación sobre los reforzamientos hacia la construcción o rehabilitación de los pavimentos Flexibles. Este trabajo de investigación tiene como objetivo establecer el Sistema BITUFOR como medida sustentable para combatir la aparición de grietas y fisuras, prolongar la vida útil del pavimento en el diseño de la vía de acceso al Centro Turístico Rio Bar en el Distrito de Simbal, Provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, logrando determinar el método correcto, de una vía de acceso pavimentado y mejorado con mallas metálicas, en donde existe la presencia de un desnivel pronunciado;, además se buscó mejorar las condiciones de transitabilidad que permita facilitar el transporte de los suministros necesarios para poder brindar los servicios básicos de esparcimiento que ofrece el Centro Turístico, e igualmente busca mejorar las condiciones de vida del publico de toda la zona de influencia, en tiempo, transportes y alimentos; para ello la presenta investigación utilizo en primera instancia, el Manual de Diseño Geométrico DG-2014, la aplicación de la tecnología PROES, las normas de ensayo AASHTO 274 o MTC-E128 (Ensayo CBR), ASTM D-1557 o MTC-E115 (Ensayo Proctor), AASHTO 93 (Diseño de pavimento flexible) y las normativas generales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. La presenta investigación cuenta con un tiempo de Investigación No experimental, de diseño Transversal y de forma Descriptiva. El presente estudio obtuvo como resultados más relevantes un IMDA de 317 Vehículos y un tipo de carretera tipo 3. El diseño del pavimento flexible (Mortero asfáltico 1.2 cm, Base Granular 25 cm, Sub Base granular 20 cm), agregado a ello la incorporación del Sistema Bitufor (malla metálica acoplada al pavimento entre el mortero asfáltico y la base granular, contando con un espesor de 1 pulgada), concluyendo que se logró establecer y acoplar la malla metálica al pavimento flexible.

ABSTRACT

The lack of paved roads, the steep slopes and the need to connect the different towns and lead to better industrial, tourist and agriculturally important development. For beneficial engineering purposes in La Libertad he promoted this research on reinforcements towards the construction or rehabilitation of Flexible pavements. This research work aims to establish the BITUFOR System as a sustainable measure to combat the appearance of cracks and fissures, prolong the useful life of the pavement in the design of the access road to the Rio Bar Tourist Center in the Simbal District, Province of Trujillo, department of La Libertad, managing to determine the correct method, of a paved access road and improved with metal meshes, where there is the presence of a pronounced unevenness; furthermore, it was sought to improve the passability conditions that facilitate the transport of the necessary supplies to be able to offer the basic recreational services offered by the Tourist Center, and also seeks to improve the living conditions of the public in the entire area of influence, in time, transportation and food; For this, the research presented uses in the first instance, the Geometric Design Manual DG-2014, the application of PROES technology, the AASHTO 274 or MTC-E128 (CBR Test), ASTM D-1557 or MTC-E115 (Proctor test), AASHTO 93 (Flexible pavement design) and the general regulations of the Ministry of Transport and Communications. The present research has a time of Non-experimental Research, of Transversal design and in a Descriptive way. The most relevant results of this study were an IMDA of 317 Vehicles and a type of road type 3. The design of flexible pavement (asphalt mortar 1.2 cm, granular base 25 cm, granular sub base 20 cm), added to this the incorporation of the Bitufor system (metal mesh attached to the pavement between the asphalt mortar and the granular base, with a thickness of 1 inch), concluding that it was possible to establish and couple the metal mesh to the flexible pavement.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El desarrollo económico y social de las ciudades y pueblos, se encuentran en gran medida en función de las redes viales, debido a que es el único medio que posibilita el transporte de las personas y diversos suministros de necesidad cotidiana; es por ello que se requiere y se justifica plenamente construirlas y mantenerlas en buen estado y en óptimo funcionamiento, a fin de cumplir con los servicios que de ella demanda la población. Las redes viales o carreteras, conlleva un amplio estudio para su construcción, existiendo diversos tipos dependiendo de las necesidades de la población, el más común y utilizado es el pavimento flexible, construido en base de asfalto.

La historia del asfalto a través del tiempo, tuvo inicio hace miles de años, siendo utilizado en su versión natural en yacimientos que se encontraban en estanques y lagos de asfalto, así como en rocas asfálticas. El asfalto sumado a una serie de componentes y empaquetado dentro de una estructura, da vida a los pavimentos asfálticos o flexibles. En la definición de pavimento flexible, señalan que sobre la subrasante del terreno se construye el pavimento flexible el cual viene a ser la capa que proporcionará una superficie de rodadura uniforme, resistente a la acción del tránsito, al intemperismo y a otros agentes perjudiciales. No obstante, durante la vida útil de un pavimento, diversos factores afectan la condición de la superficie de rodamiento, lo cual compromete su rol principal de brindar seguridad y comodidad al usuario. Con esto nos referimos a la aparición de grietas debido a los esfuerzos de flexo compresión que se acumulan en la capa de rodadura. (CASTILLO, 1984)

Las redes viales a nivel nacional, en todo el Perú, actualmente consta, con un 40% pavimentadas y un 60% no pavimentadas; en los últimos años el registro de carreteras pavimentadas ha crecido considerablemente, evidenciándose el crecimiento económico y social del país, el porcentaje de vías en buen estado ha incrementado en un 137% y en mal estado disminuyó en un 26%. Sin embargo, el porcentaje de vías rehabilitadas bajo el Sistema Bitufor como medida sustentable es demasiado baja en comparación a las vías rehabilitadas con el Sistema Tradicional, si bien es cierto, es un factor positivo contar con mayores vías pavimentadas, lo óptimo resultaría aplicar nuevos sistemas y métodos para contar con carreteras más duraderas a lo largo del tiempo. (GUZMAN, 2016)

A nivel departamental, en La Libertad, en los últimos años, por la inclemencia del clima y la naturaleza, la región ha sufrido la destrucción del 60% de carreteras, producto de las lluvias, huaycos y desbordes de los ríos, además de ello, muchas de las vías pavimentadas se encontraban en vulnerable deterioro, esto debido a su antigüedad de existencia y a la mala metodología con la que fueron construidas; no existe evidencia de que se haya aplicado el Sistema Bitufor en la construcción o rehabilitación de alguna carretera en la región, esto es muestra de la ausencia de interés de las autoridades para aplicar nuevas medidas sustentables, para obtener redes viales más resistentes y duraderas ante el paso del tiempo y los problemas climáticos que se puedan presentar.

En Trujillo, las redes viales se encuentran en un 85% pavimentadas, de las cuales, el 40% de estas vías se encuentran en pésimo estado y en un progresivo deterioro, esto debido a la ausencia de la aplicación de nuevas medidas, cabe mencionar, que en los últimos 5 años, se ha llegado a la necesidad de empezar a utilizar nuevas metodologías, y es por ello que se construyó un tramo de 1.35 km de vías pavimentadas para una Avenida Principal en la ciudad: Avenida América Este, esta avenida fue construida bajo un sistema similar al Sistema Bitufor, un sistema de mallas, bajo la diferencia que estas mallas estaban hechas de un policarbonato altamente resistente; observando el lugar de estudio, el distrito de Simbal, las vías que lo comprenden están pavimentadas aproximadamente en un 35%, el resto está comprendida por trochas carrozables y caminos de herradura, y no existe evidencia alguna de haber utilizado el Sistema Bitufor para la rehabilitación de uno de sus caminos que comprende este distrito.

Las entidades o instituciones que controlan los proyectos para la construcción o rehabilitación de carreteras utilizando como medida sustentable el uso del Sistema Bitufor en el diseño del pavimento flexible, son el Gobierno Regional de La Libertad y la Municipalidad Distrital de Simbal. (SALVATIERRA, 2016)

1.1 PROBLEMA:

La localidad de Simbal, exactamente en el acceso al Centro Turístico “Río Bar”, actualmente presenta problemas de nivel socio-cultural y económico que se ve reflejado en su bajo nivel de desarrollo, debido a la dificultad que presenta para acceder. El progreso queda totalmente aislado dejando de lado el desarrollo y la integración en todos sus aspectos con las demás localidades de su entorno. Los ciudadanos de Simbal y el público en general, actualmente tienen que acceder a este concurrido Centro Turístico con dificultad, incluso los dueños y administradores, que necesitan trasladar los suministros necesarios para brindar su servicio, se encuentran ante este problema de la mala configuración de la vía de comunicación., siendo este un camino de herradura con fuerte pendiente y que se encuentra en mal estado desde hace ya bastantes años y que ha sido construido sin tener en cuenta las consideraciones técnicas requeridas. Los proyectos de mejoramiento y rehabilitación del Centro Turístico “Río Bar”, se ve limitado debido a que se emplea demasiado presupuesto para poder ejecutar las diferentes obras, ya que el transporte de los materiales y logística necesaria, resultan siendo un costo demasiado elevado. Este acceso al no contar la infraestructura vial necesaria, genera que los ciudadanos de la localidad y el público que lo visita, tengan que acceder a este Centro Turístico con gran dificultad, exponiendo sus vidas y el desgaste de sus vehículos por la mala configuración de la trocha. En la actualidad cuentan con un camino de herradura con fuertes pendientes y que se encuentra en su totalidad deteriorado, con deficientes características técnicas, debido a que el ancho de la calzada es insuficiente para el correcto recorrido de los vehículos, el mecanismo de disipación de escorrentías es inexistente, los deslizamientos y desbordes de quebradas es latente cada año por la inclemencia de la naturaleza, amplia presencia de material vegetal que dificulta la vista de los usuarios. Estas condiciones hacen que el ingreso a dicho Centro Turístico se torne dificultoso, exponiendo a que los ciudadanos y el público general y turístico se encuentren ante un inminente peligro, sumado a ello que no se pueda trasladar grandes volúmenes de suministros para el correcto servicio que necesita brindar este Centro Turístico.

1.2 CAUSAS DEL PROBLEMA

Causas Directas:

- Infraestructura vial con condiciones no aptas para la transitabilidad vehicular.

Causas Indirectas:

- Camino de herradura totalmente deteriorado.
- Inadecuadas características técnicas del camino de herradura.
- Deficientes mecanismos de disipación de escorrentías.
- Impactos de deslizamientos y de desbordes de quebradas.
- Presencia de amplia vegetación en el camino.

El objetivo del estudio preliminar es fijar un correcto diseño geométrico que servirá de base para el diseño del pavimento agregando como medida sustentable el Sistema Bitufor, mediante un adecuado reconocimiento de la zona en estudio, este procedimiento comprende: la reunión de la suficiente información de las características topográficas de la zona, ubicación de los puntos inicial, final y de paso obligado, ubicación y dimensiones de las obras de arte, etc. Datos que servirán para la elección de la mejor ruta que reúna las condiciones técnicas y económicas más óptimas y que exige todo proyecto de transporte. El distrito de Simbal es uno de los distritos de la provincia de Trujillo y del departamento de La Libertad, se encuentra en zona de Sierra y tiene como principal actividad económica: Agricultura y Turismo. Dada la situación actual del acceso al Centro Turístico “Rio Bar”, los ciudadanos de la localidad de Simbal vienen reclamando a sus autoridades una infraestructura vial diseñada correctamente, que les permita un ingreso seguro, cómodo, estético y compatible con el medio ambiente, para mejorar su situación socio-cultural y turístico. En tal sentido, el proyecto vial materia del presente estudio permitirá mejorar el circuito para el correcto diseño de la vía a través de una medida sustentable como lo es el Sistema Bitufor en pavimentos con fuerte pendiente.

Al no realizar este proyecto trae como consecuencias perdidas de los suministros necesarios para brindar los servicios de esparcimiento del Centro Turístico, elevación de los costos de los mismos, así mismo un elevado costo en el transporte de personas, escaso

acceso a los servicios básicos, y entre estas consecuencias originarían la disminución del público turístico, siendo este una alta fuente de ingreso monetario de dicho Centro. Y, en resumen, la disminución del nivel socio-cultural y turístico de la localidad de Simbal.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el Sistema BITUFOR como medida sustentable en el correcto diseño del pavimento flexible en tramos de fuerte pendiente de la vía del acceso al Centro Turístico Rio Bar, en el distrito de Simbal, Provincia de Trujillo, ¿departamento de La Libertad?

3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación nos permite proporcionar una superficie de rodadura uniforme, compatible con el medio ambiente y seguro para soportar un tráfico vehicular previsto para un periodo de tiempo determinado, e igualmente busca mejorar las condiciones de vida del público de toda la zona de influencia, en tiempo, transportes y alimentos, mejor dicho, busca mejorar la calidad de vida.

Toda comunicación vial es base para el correcto desarrollo de todo un país, en el turismo, transporte, agricultura, ganadería y la industria, este estudio es base para la posible construcción de una vía la cual beneficiara al público visitante al Centro Turístico de manera directa, mejorando su servicio de transitabilidad, la cual trae consigo a su vez un incremento en la mejora de calidad de vida.

Es necesario un estudio definitivo para la correcta ejecución de este proyecto de construcción, la existencia de esta vía local garantizara el crecimiento y progreso del Centro Turístico y a su vez del distrito de Simbal, logrando así la disminución del costo para el transporte de sus mercancías y de las personas, la disminución de los costos para realizar más proyectos de construcción, rehabilitación y mejoramiento de las zonas aledañas a dicho Centro Turístico, y así ya no estar limitado producto del bajo acceso a los servicios básicos, en general, una mejor calidad de vida.

Este proyecto se justifica académicamente porque permite proporcionar nuevos antecedentes de proyectos viales ligados a esa zona de la región con alternativas de solución eficaces a través de nuevas medidas sustentables, actualiza la información con respecto a estudio y métodos de diseño.

3.1 LIMITACIONES

LIMITACIONES	SOLUCIONES
Las limitaciones que podrían dificultar la realización de este proyecto son económicas, ya que el tipo de estudios necesarios a realizar este proyecto demandan un coste considerable; otra limitación considerable sería la dificultosa accesibilidad a la zona, ya que es un terreno accidentado y muchas de las vías de acceso se encuentran en condiciones no aptas para un transporte óptimo, tanto de materiales y equipos como el de los profesionales encargados del proyecto.	Las limitaciones económicas podrían solucionarse con un previo acuerdo con la Municipalidad de esta localidad, la cual podría financiar la elaboración de este proyecto, ya que generaría muchos beneficios para la zona.

Tabla N° 01: "Limitaciones del Proyecto"

Fuente: Propia

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer el Sistema BITUFOR como medida sustentable para prevenir la aparición de grietas, prolongando la vida útil del pavimento en la vía de acceso al Centro Turístico Río Bar en el Distrito de Simbal, Provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.2.1 Realizar un estudio descriptivo de las condiciones de Estado Actual del tramo en estudio.
- 4.2.2 Realizar el levantamiento topográfico de la zona para conocer la configuración que posee el terreno.
- 4.2.3 Realizar el Estudio de Suelo para conocer las condiciones iniciales del terreno de estudio, lo que facilita las condiciones de diseño del pavimento flexible.

- 4.2.4 Realizar el Estudio de Tráfico para conocer el IMDA, dato importante para el diseño estructural y geométrico de la vía.
- 4.2.5 Realizar el Diseño Geométrico de la vía en planta, perfil y de forma transversal, de acuerdo a la normatividad vigente del MTC.
- 4.2.6 Determinar los espesores del pavimento flexible con aplicación del Sistema BITUFOR bajo los estándares establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

5. ANTECEDENTES

(RODRIGUEZ, 2004) en su tesis titulada “EVALUACION Y REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO DEL RECICLAJE” El reciclaje de pavimento asfáltico es una tecnología especial que permite la reconstrucción de los pavimentos envejecidos y/o deteriorados, empleando sus materiales de construcción originales. Esto es posible en la medida en que no haya llegado a un grado de degradación tal que no permita un rejuvenecimiento eficiente. La técnica del reciclaje tiene un conjunto de ventajas, entre las que predomina la disponibilidad in situ de casi la totalidad de los áridos de la calidad y granulometrías adecuadas; un requerimiento mínimo o nulo del material nuevo, y la posibilidad de mantener las cotas de la altura originales de las carreteras, lo que es de muy especial interés en las zonas urbanas y en los lindes con puentes, cruces y otras estructuras viales preexistentes. El reciclaje en nuestro país ya comenzó a utilizarse en carreteras por parte del Ministerio de Obras Públicas (MOP), quien promueve proyectos de rehabilitación como lo es actualmente FOVIAL (Fondo de conservación VIAL), en donde se está utilizando esta técnica. El reciclaje se divide principalmente en dos métodos los cuales son reciclaje en frío y reciclaje en caliente, ambos se están usando en el país y de los cuales se mostrarán sus procesos constructivos, sus ventajas y desventajas, sus diferencias y además la maquinaria que se emplea para rehabilitar un pavimento por este método.

(VIDAL, 2002) en su tesis titulada “OPTIMIZACION DE COSTOS EN CARRETERAS APLICANDO EL SISTEMA DE REFUERZO CON GEOMALLAS” La aplicación de los geosintéticos en los proyectos de Ingeniería cada vez se hace más frecuentes debido a su gran aporte técnico, y que permite adoptar mejores soluciones frente a los diferentes problemas en los campos de la hidráulica, minería, geotecnia, pavimentos etc. En este caso se trata a geosintético fabricado especialmente para desempeñar la función de refuerzo de suelo, la Geomalla. Que constituye un elemento de

refuerzo a tensión análogo a acero de refuerzo en el concreto armado, con la diferencia que ahora el material a reforzar es el suelo, que posee una baja resistencia a esfuerzos de tensión y una relativa resistencia a compresión que depende de su composición mineralógica.

6. BASES TEÓRICAS

6.1 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El diseño de pavimentos es el proceso por el cual los componentes estructurales (Capa de rodadura, base y sub-base) de un segmento de carretera son determinados para que la vía tenga un comportamiento adecuado para el usuario. Para el diseño se toma en consideración la naturaleza del suelo de fundación o sub-rasante, las consideraciones ambientales, densidad y composición del tráfico, y las condiciones de mantenimiento y construcción.

Lo típico en el diseño de los pavimentos es influenciado por dos parámetros básicos: Las características de la sub-rasante sobre la que se asienta el pavimento y las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento.

El diseño de pavimentos flexibles en el Perú es el método AASHTO guide for design of pavement structures 1993 (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014). Siendo la forma como se trabajará estos dos parámetros. Dependiendo del método que recomienda el MTC a utilizar.

6.1.1 Tráfico vial

El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del índice medio diario anual (IMDA), para el tramo vial en materia de estudio. El IMDA es la demanda volumétrica vehicular actual clasificada por tipos de vehículos en cada sentido de tráfico. Las demandas de carga por eje y la presión de los neumáticos guardan relación con el deterioro del pavimento. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014).

La información obtenida servirá como base para el estudio de la proyección de la demanda para el periodo de análisis y para establecer el número de ejes equivalentes (EE) de diseño para el pavimento. Los factores que llevan a obtener el número de EE de diseño son:

A. Factor direccional y factor carril:

El factor de distribución direccional, corresponde al número de vehículos que circulan en una dirección o sentido del tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones.

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 ponderado aplicado al IMDa (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014).

Tabla 2. 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 IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	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: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

B. Cálculo de tasas de crecimiento y proyección:

Se puede calcular el crecimiento de tránsito vehicular utilizando una fórmula de progresión geométrica.

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

En donde:

Tn: Tránsito proyectado al año “n” en vehículos/día.

T0: Tránsito actual (año base) en vehículos/día.

n: Número de años del periodo de diseño.

r: Tasa anual de crecimiento del tránsito.

La tasa de crecimiento del tránsito se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico en el que se encuentra la región, y estas se pueden

obtener del INEI, normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6% (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014).

La siguiente tabla 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.

Tabla 3. 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	30.32	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

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

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

En donde:

Fca: Factor de crecimiento acumulado.

n: Número de años del periodo de diseño.

r: Tasa anual de crecimiento del tránsito.

C. Número de repeticiones de ejes equivalentes:

Para el diseño de pavimentos, la demanda que corresponde al tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderadamente 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 8.2Tn de peso, con neumáticos a la presión de 80lbs/pulg². Los 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 (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014).

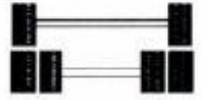
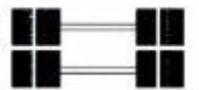
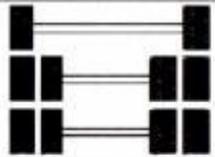
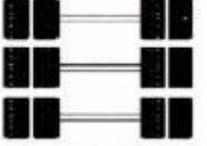
Tabla 4. Relación de carga por eje para determinar EE en un pavimento flexible.

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

Tabla 5. Configuración de ejes.

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

Nota :

RS : Rueda Simple

RD: Rueda Doble

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

Para el diseño de un pavimento se adopta el número proyectado de EE que circularán por el diseño de carriles, dentro del 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. La medición de la demanda, estará basada en muestreos significativos del tránsito cuando no se cuente con estaciones de pesaje que pueden generar censos de cargas por tipo de ejes, de esta manera, con las mediciones obtenidas por tipo de vehículos pesados se calculara el factor vehículo pesado de todos los tipos de vehículos del camino, este factor resulta del promedio de EE que caracteriza cada tipo de vehículo pesado identificado (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014).

El factor vehículo pesado (Fvp), es el número de EE promedio por tipo de vehículo pesado, y el promedio se obtiene dividiendo la sumatoria de EE de un determinado tipo de vehículo pesado en el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado. El cálculo de factores de EE se efectuará utilizando las cargas por eje de los vehículos pesados. Finalmente, para la determinación de los factores de presión de neumáticos se utilizarán los valores de la tabla 5, obtenidos de correlacionar los valores de la figura IV-4 EAL adjustment factor for tire pressures del manual MS-1 del instituto del asfalto, modificando la presión inicial de 70PSI que indica la mencionada figura por la presión de 80PSI, recomendada por el MTC (THE ASPHALT INSTITUTE, 2010).

Tabla 6. Factor de ajuste por presión de neumático

Espeso de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contaco del Neumático (PCN) en psc PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (pai)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.30	1.80	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Nota:

- EE = Ejes Equivalentes
- Presión de inflado del neumático (Pin): esta referido al promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Presión de Contaco del neumático (PCN): igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículos pesado.
- Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica, se aplicará el factor de ajuste igual al espesor de 50 mm.

Fuente: Elaboración propia, en base a correlaciones con la figura IV-4 EAL Adjustment Factor for Tire Pressures del Manula MS-1 del Instituto de Asfalto

Fuente: (Manual de Carreteras)

Obtenidos todos los parámetros y factores necesarios, se calcula el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2Tn, en el periodo de diseño; se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados:

$$Nrep \text{ de } EE_{8,2Tn} = \Sigma [EE_{dia-carril} \times Fca \times 365]$$

Tabla 7. Parámetros para el cálculo del número de repeticiones de EE

Parámetros	Descripción
Nrep de EE 8.2t	Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn
EE_{dia-carril}	<p>EE_{dia-carril} = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación:</p> <p>EE_{dia-carril} = IMD_p x Fd x Fc x Fvp_i x Fp_i</p> <p>donde:</p> <p>IMD_p: corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i)</p> <p>Fd: Factor Direccional,</p> <p>Fc: Factor Carril de diseño,</p> <p>Fvp_i: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.</p> <p>Fp_i: Factor de Presión de neumáticos,</p>
Fca	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según
365	Número de días del año
Σ	Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

D. Clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes.

Los caminos Pavimentados, se clasifican en 15 rangos de número de repeticiones de EE en el carril y periodo de diseño. Desde 75,000 hasta 30'000,000 EE, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 8. Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2Tn.

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T _{P0}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE
T _{P15}	> 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T_{Px}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

PX = Pavimentada, X = número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

6.1.2 Sub-rasante

Las características de la sub-rasante sobre las que se asienta el pavimento, están definidas en seis categorías, definidas por su capacidad de soporte CBR.

Tabla 9. Categorías de sub-rasante.

CATEGORÍAS DE SUB RASANTE	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

6.1.3 Método guía AASHTO 93 de diseño:

Este método fue desarrollado en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la sub-rasante para el cálculo de los espesores.

A. Periodo de diseño:

Tabla 10. Periodos de diseño en función al tipo de carretera.

Tipo de Carretera	Periodo de diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30-50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20-50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15-25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10-20 años
Afirmadas o lastradas	5-10 años

Fuente: (ACURIO, 2016)

Tabla 11. Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR.

CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (MPA)	CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de correlación CBR – M_r, emitido por TRRL

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

- **Confiabilidad (%R):**

En la tabla se muestran los valores recomendadas de niveles de confiabilidad para los diferentes rangos de tráfico para una sola etapa de diseño (10 o 20 años).

Tabla 12. Valores recomendados de nivel de confiabilidad según rango de tráfico.

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

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

- **Coefficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_r):**

Representa el valor de confiabilidad seleccionado, para los datos en una distribución normal.

Tabla 13. Coeficientes estadísticos de la desviación estándar normal.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z _r)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10,000,000	-1.282
	T _{P10}	10,000,001	12,500,000	-1.282
	T _{P11}	12,500,001	15,000,000	-1.282
	T _{P12}	15,000,001	20,000,000	-1.645
	T _{P13}	20,000,001	25,000,000	-1.645
	T _{P14}	25,000,001	30,000,000	-1.645
	T _{P15}		> 30,000,000	-1.645

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

- **Desviación estándar combinada (So):**

La guía AASHTO, recomienda utilizar para pavimentos flexibles los valores de So comprendidos entre 0.40 y 0.50, el MTC adopta para los diseños el valor de 0.45 como recomendación para todos los diseños de pavimentos flexibles.

- **Índice de serviciabilidad presente (PSI):**

Tabla 14. Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI).

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	1.80
	TP2	300,001	500,000	1.80
	TP3	500,001	750,000	1.80
	TP4	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	1.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	1.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	1.50
	TP9	7,500,001	10,000,000	1.50
	TP10	10,000,001	12,500,000	1.50
	TP11	12,500,001	15,000,000	1.50
	TP12	15,000,001	20,000,000	1.20
	TP13	20,000,001	25,000,000	1.20
	TP14	25,000,001	30,000,000	1.20
	TP15		> 30,000,000	1.20

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

Tabla 15. Capas del pavimento y los coeficientes estructurales

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25 mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 10'000,000$ EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUBBASE			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Fuente: (Manual de Carreteras)

Tabla 16. Espesores Mínimos de Capa Superficial y Base Granular

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 50mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 50mm	150 mm
	TP2	300,001	500,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 60mm	150 mm
	TP3	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	TP4	750,001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	TP6	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	TP7	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	TP8	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm	250 mm
	TP9	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm	250 mm
	TP10	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm	250 mm
	TP11	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm	250 mm
	TP12	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm	250 mm
	TP13	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm
	TP14	25'000,001	30'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

Tabla 17 Catalogo de estructuras Mortero Asfáltico periodo de diseño de 10 años

EE		TP0	TP1	TP2	
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	
CBR %	$M_R = 2555 \times CBR^{0.64}$	1.2 cm 25 cm	1.2 cm 30 cm	1.2 cm 30 cm	
CBR	$\leq 8,040 \text{ psi}$ (55.4 MPa)	18 cm (*)	20 cm (*)	25 cm (*)	
CBR	$\geq 6\%$	1.2 cm 25 cm 18 cm	1.2 cm 30 cm 20 cm	1.2 cm 30 cm 25 cm	
CBR	$\leq 11,150 \text{ psi}$ (76.9 MPa)	1.2 cm 25 cm 15 cm	1.2 cm 25 cm 20 cm	1.2 cm 25 cm 23 cm	
CBR	$\geq 10\%$	1.2 cm 25 cm 15 cm	1.2 cm 25 cm 20 cm	1.2 cm 25 cm 23 cm	
CBR	$\leq 17,380 \text{ psi}$ (119.8 MPa)	1.2 cm 18 cm 15 cm	1.2 cm 20 cm 17 cm	1.2 cm 25 cm 15 cm	
CBR	$\leq 30\%$	1.2 cm 27 cm	1.2 cm 32 cm	1.2 cm 35 cm	
CBR	$> 22,530 \text{ psi}$ (155.3 MPa)				

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos serán definidos en estudios específicos.
 2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
 3. En la etapa de Operación y Conservación Vial, efectuar entre otros aspectos:
 a) Evaluaciones superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectúa al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años
 b) Evaluaciones Estructurales del Pavimento: Deflexiones, se efectuará al menos una medición cada cuatro años.
 c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos Asfálticos (a cada 3 a 4 años)
 4. Para su aplicación se debe respetar las limitaciones indicadas en el Manual según [cuadro 12.1](#):
 a) Tráfico máximo en el carril de diseño hasta 500,000 EE
 b) No aplica en tramos con pendiente mayor al 8%.
 c) No aplica en tramos que obliguen al frenado de vehículos.

Fuente: (Manual de Carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)

7. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

7.1 DETALLES TECNICOS DEL SISTEMA BITUFOR

La Malla de refuerzo de acero para la rehabilitación de pavimentos rígidos y flexibles, en combinación con una capa de lechada asfáltica o Slurry Seal.

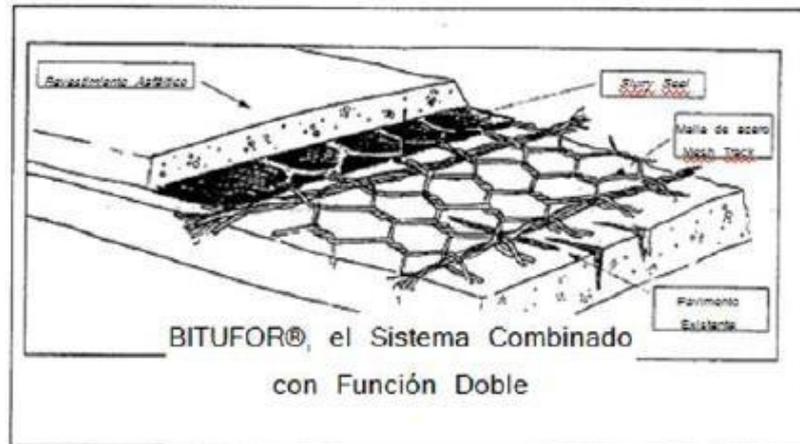


Imagen N° 1: “Vista del Sistema Bitufor”

Fuente: Prodac – Perú

Imagen N° 2: “Vista del Sistema Bitufor”

Fuente: Prodac – Perú



➤ **Ventajas:**

- Durabilidad a largo plazo (menos reparaciones)
- Económico (ahorro en el espesor del asfalto)
- Anti-deformación.

7.2 PARTES DEL SISTEMA BITUFOR



Imagen N° 3: “Componentes del Sistema Bitufor”

Fuente: Prodac – Perú

7.2.1 Slurry Seal (Lechada Asfáltica)

La mezcla de Lechada Asfáltica contiene agregados de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, aditivos y agua. pueden ser una técnica de mantenimiento preventiva como correctiva.

Esta mezcla mejorará la resistencia al deslizamiento y en general protegerá al pavimento y reducirá el deterioro por oxidación y agua, y así prolongará la vida útil del pavimento llenando las fisuras superficiales, detendrá el desprendimiento de agregados y pérdida de matriz. (PRODAC, 2013)

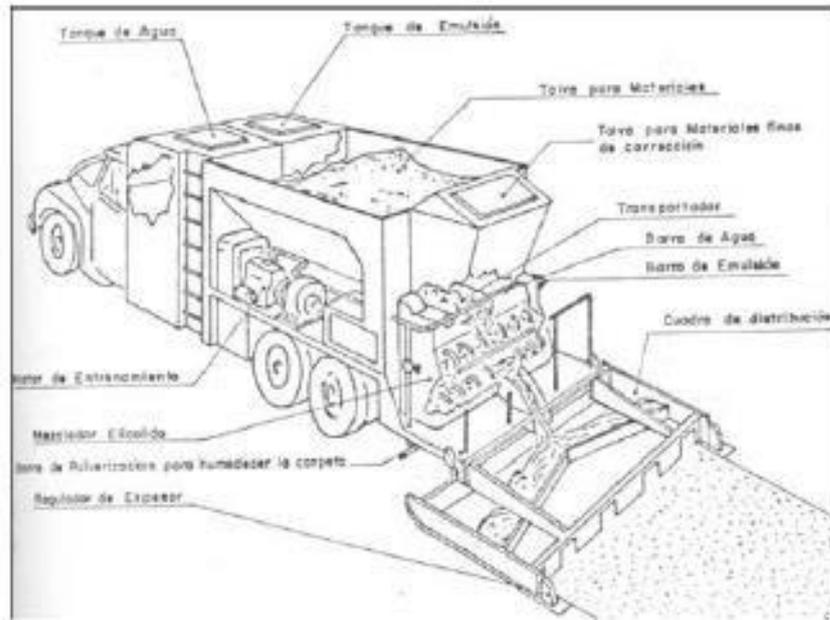


Imagen N° 4: Equipo de colocación

Fuente: Prodac – Perú

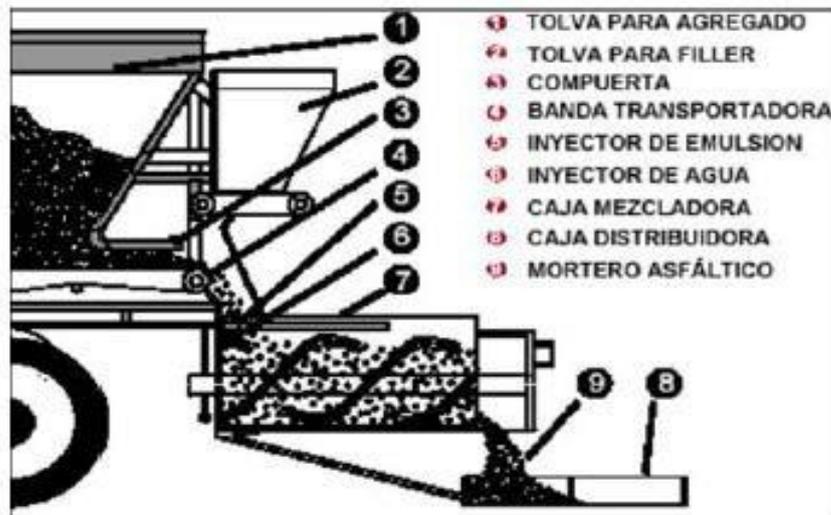


Imagen N° 5 “Partes de una Mezcladora

Fuente: Prodac – Perú

Tipo de Gradación	I	II	III
Uso General	Sellado de fisuras y sellado fino	Sellados en general, superficies de textura media	Superficies de textura muy pronunciada
Tamaño del Tamiz	Porcentaje pasante	Porcentaje pasante	Porcentaje pasante
9.5 mm (3/8 pulg.)	100	100	100
4.75 mm (Nº 4)	100	90-100	70-90
2.36 mm (Nº 8)	90-100	65-90	45-70
1.18 mm (Nº 16)	65-90	45-70	28-50
600 µm (Nº 30)	40-65	20-50	19-34
300 µm (Nº 50)	25-42	18-30	12-25
150 µm (Nº 100)	15-30	10-21	7-18
75 µm (Nº 200)	10-20	5-15	5-15
Contenido del residuo de asfalto, en% de peso de agregado seco	10-16	7.5-13.5	6.5-12
Aplicación en kg/m ² (libras/yarda ²), basada en el peso de agregado seco	3.6-5.4 (8-12)	5.4-9.1 (12-20)	8.2-13.6 (18-30)

* Recomendadas por la Asociación Internacional de Lechadas Astálticas (International Slurry Surfacing Association)

Tabla N° 18: “Granulometría”

Fuente: Prodac – Perú

7.3.1.1. Ventajas

- Rápida aplicación, permitiendo una pronta reapertura del pavimento al tráfico.
- Textura superficial y resistencia a la fricción.
- Excelente tratamiento de bajo costo para calles urbanas
- Utiliza materiales económicos.
- Impermeabilización y aprovechamiento total del material empleado.

7.3.1.2. Características, tipos y usos del Slurry Seal

La mezcla se aplica en un espesor de 3 a 9 mm. La máquina utilizada para la mezcla y la aplicación es una unidad independiente, de mezcla de flujo continuo. La distribuidora está equipada con escobas de goma flexibles y tiene un ancho ajustable. Estas cajas distribuidoras pueden estar equipadas con barrenos hidráulicos para distribuir el material uniformemente a lo ancho. Las cajas con barrenos son particularmente beneficiosas cuando se emplea una emulsión de rotura rápida (QS) o cuando en el pavimento hay pendientes mayores del 8%. En la Figura 4.16 se muestra un tipo de unidad de mezcla de lechadas. (PRODAC, 2013)

El agregado para la mezcla debe ser limpio, anguloso, durable, bien graduado, y uniforme. Para un agregado individual o para una mezcla de agregados a ser empleados en una lechada, deberían cumplirse las siguientes condiciones:

- Equivalente de arena (Sand equivalent), ASTM D 2419 (AASHTO T 176) = 45 como mínimo.
- Durabilidad (soundness), ASTM C 88 (AASHTO T 104) = 15% como máximo (utilizando sulfato de sodio, Na₂SO₄), o 25% como máx. (utilizando sulfato de magnesio, MgSO₄)
- Pérdida en el ensayo Los Angeles, ASTM C 131 (AASHTO T 96) Composición C o D = 35% como máx.

7.3.1.3. Clasificación del slurry seal (lechadas asfálticas)

- Naturaleza de la emulsión (Catiónica o Aniónica)
- Granulometría de los Áridos (LB1, LB2, LB3 Y LB4)
- Tipo de rotura de la emulsión (rápido, media o lenta)

7.2.2 Malla de Acero (Mesh Track)

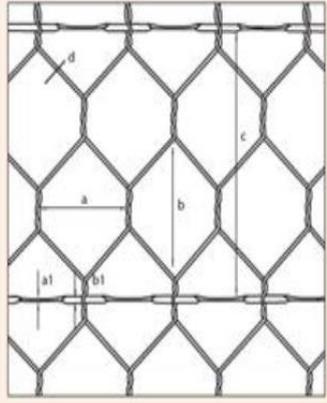
La malla es un tejido de malla de alambre hexagonal, se encuentra reforzada transversalmente a intervalos regulares por plantillas de acero que están entrelazadas en la misma, además el alambre empleado se encuentra recubierto con Bezinal (Bekaert Zinc Aluminum, es una aleación eutéctica de 95% de zinc + 5% de aluminio (+ metal de Misch), garantizando mayor resistencia ante la corrosión.

7.2.2.1 Medidas y Dimensiones

El tamaño de la red será (80±8) mm x (118±14) mm y la distancia entre las líneas axiales de los alambres transversales de refuerzo es (245±20) mm.

El tamaño del ancho Standard de la malla de refuerzo es 200, 300, 330 y 400 ±8 cm.

	Mesh Track Tipo MT1	Mesh Track Tipo MT2
Dimensiones del alambre:		
Alambre tejido (d)	2.45 mm	2.20 mm
Platina torsionada (b ₁ x a ₁)	7 mm x 3 mm	6.5 mm x 2 mm
Abertura de malla:		
Longitud (b) x ancho (a)	118 mm x 80 mm	118 mm x 80 mm
Espaciamento de la platina torsionada: (c)		
	245 mm	245 mm
Recubrimiento Bezinal® (Zn-Al):		
Alambre tejido	min. 125 g/m ²	min. 125 g/m ²
Platina	min. 80 g/m ²	min. 80 g/m ²
Ancho estándar de rollo(*):		
	2-3-3.3-4 m	2-3-3.3-4 m
Longitud estándar de rollo:		
	50 m	50 m
Peso:		
	1.80 kg/m ²	1.53 kg/m ²



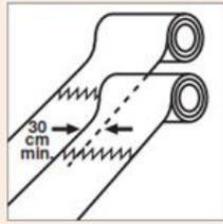
(a) Ancho de malla
 (b) Abertura de malla
 (c) Espaciamento de la platina torsionada
 (d) Alambre tejido
 (a1/ b1) Platina torsionada

Imagen N° 6: “Aspectos Técnicos y propiedades físicas Mesh Track”

Fuente: Prodac – Perú

Propiedades	Mesh Track Tipo MT1	Mesh Track Tipo MT2
Resistencia a la tracción: (2)		
Alambre tejido	min. 1800 N	min. 1450 N
Platina torsionada	min. 400 N/mm ²	min. 400 N/mm ²
Resistencia a la tracción de la malla: (3)		
Longitudinal	min. 40 kN/m	min. 32 kN/m
Transversal	min. 50 kN/m	min. 32 kN/m
Resistencia al corte o cizalle: (4)		
Alambre tejido	min. 900 N	min. 725 N
Platina torsionada	min. 6000 N	min. 3750 N
Resistencia al corte de la malla: (5)		
Longitudinal	min. 22 kN/m	min. 18 kN/m
Transversal	min. 36 kN/m	min. 24 kN/m
Módulo de Elasticidad: (6)		
	200 kN/mm ²	200 kN/mm ²
Porcentaje de alargamiento: (7)		
	0.2%	0.2%
Rigidez Axial EA por mm ancho: (8)		
En dirección longitudinal	min. 23600 N/mm	min. 19000 N/mm
En dirección transversal	min. 29300 N/mm	min. 20400 N/mm

Traslape Longitudinal



Traslape Transversal

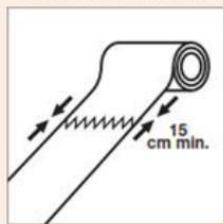


Imagen N° 7: “Propiedades Mecánicas Mesh Track”

Fuente: Prodac – Perú

7.2.2.2 PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA BITUFOR

Las etapas del proceso constructivo se detallan a continuación:

➤ **Previas Reparaciones.**

Se debe preparar la superficie del pavimento para la instalación, las grietas y juntas existentes son tratadas preparándolas para un recubrimiento (rellenando grietas o juntas que sean mayores a 10 mm. Con material compresible y luego cubierto con una tira de material adherente). Se informó que romper y apisonar las losas de concreto, antes de aplicar la capa de recubrimiento y la intercapa, puede contribuir significativamente a la efectividad del refuerzo de acero para retardar la reflexión de grietas. (VANELSTRAETE, 2010)



Imagen N° 8: “Levantamiento de Fallas”

Fuente: Prodac – Perú

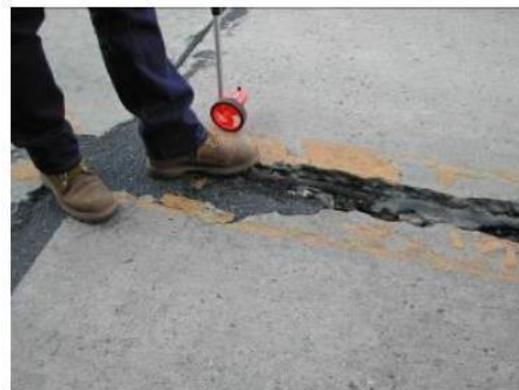


Imagen N° 9: “Levantamiento de Fallas”

Fuente: Prodac – Perú

Se debe Rellenar los hundimientos con una capa niveladora de asfalto en caliente y un debido compactado. No aceptándose zonas con deformaciones superiores a 1 cm. Ni juntas, grietas o fisuras con separaciones vacías mayores a 1.5 cm. de abertura, siendo el objetivo de esta recomendación mantener la malla metálica siempre en contacto con la superficie del pavimento y no se encuentre suspendida (en el aire), ya que esto disminuiría la eficiencia en el retardo de la aparición de las fisuras. (PRODAC, 2013)

➤ **Instalación De La Malla De Acero**

En este paso implica desenrollar el producto de intercapas, así como cualquier paso de fijado que se requiera después de la instalación. Debido a la memoria de una malla de acero enrollada, se debe desenrollarla desde el extremo superior del rollo (con la curvatura de la malla hacia abajo). La medida del traslape al final del rollo es de aproximadamente 150 mm. o la longitud de una abertura. Posteriormente se colocan clavos adicionales para asegurar la rejilla al pavimento. evitando pliegues o arrugas durante la instalación de la intercapa, siendo recomendable estirar la malla de alambre o someterla previamente a tensión. Adicionalmente a estos requerimientos, se puede someter la capa intermedia de malla con Slurry Seal al tráfico, a una velocidad máxima de 40 km/hr. (VANELSTRAETE, 2010)

➤ **Desplegado de la malla de Acero**

Al desenrollar la malla de la parte superior del rollo se garantiza que la habrá un mejor contacto con el pavimento a rehabilitar. (PRODAC, 2013)



Imagen N° 10: “Equipo para desenrollar mallas”

Fuente: Prodac – Perú

➤ **Posición de la malla:**

- Se tiene que mantener el mínimo de solapamiento o traslape longitudinal de 30 cm.
- También mantener el mínimo solapamiento o traslape de una abertura en la dirección longitudinal de 15 cm aproximadamente.
- Evitando la superposición transversal de las platinas torsionadas de refuerzo.



Imagen N° 11: “Traslape Longitudinal y Transversal”

Fuente: Prodac – Perú

Cada tipo de unión se realizará considerando el sentido de avance del camión colocador del Slurry Seal, de tal modo que el rollo que se encuentra en el sentido de avance de este equipo quede por encima del siguiente. De esta forma se evita que la malla quede atrapada en la máquina. (PRODAC, 2013)



Imagen N° 12: “Aplanado de la Malla Metálica”

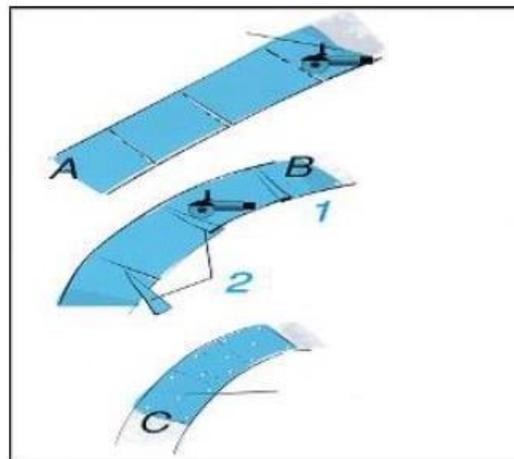
Fuente: Prodac – Perú

Fijar la primera platina torsionada de la malla al pavimento, usando clavos auto perforantes y clips de gancho formando una curva:

- Corte la malla desde el interior de la curva. (A)
- Formar la curva mediante la superposición de la malla (B)
- Recortar el solapamiento. (B)
- Fijar con clavos auto perforantes y clips de gancho (C).
- Tener cuidado de que todas las puntas de los alambres deberán ser dobladas ó enderezadas con la finalidad que ninguna quede orientada hacia arriba.



*Imagen N° 13: “Fijación de malla usando la platina torsionada”
Fuente: Prodac – Perú*



*Imagen N° 14: “Grafico en caso de una curva”
Fuente: Prodac – Perú*

Se debe restringir el tránsito de vehículos sobre las mallas, mientras las mallas no hayan sido instaladas. Los vehículos que formen parte de las operaciones en la obra deberán tener cuidado de no frenar, acelerar o voltear abruptamente sobre estos productos para evitar deformar, romper o dañar la intercapa. (PRODAC, 2013)

7.2.2.3 Colocación del Slurry Seal

Al emplear la mezcla slurry seal, la impresión de la malla debe ser clara; de lo contrario, puede generarse una exudación bituminosa si se aplica una capa muy gruesa. Por lo general, se recomienda una tasa de aplicación de 17kg/m².

La aplicación de la mezcla es para obtener una buena adhesión a la capa subyacente. La dosificación es bastante alta: por lo general 1.1 a 1.4 kg/m². La capa de recubrimiento deberá tener un espesor mínimo de 3cm para geotextiles y de 4 cm para geomallas y mallas de refuerzo de acero.



Imagen N° 15: “La aplicación del slurry seal es para obtener una buena adhesión a la capa subyacente”

Fuente: Prodac – Perú

Esta malla se fija a la superficie del pavimento mediante el sello del Slurry Seal o una lechada asfáltica con la siguiente composición (o similar): 88 % Arena - clasificación 0/5 - 0/6 similar o próxima.

Tamaño del tamiz % pasante (por peso)

- 6.3 mm 100
- 5 mm 85-100
- 4 mm 55-85
- 2 mm 30-60
- 1 mm 20-45
- 0.08mm 4-14
- 1 a 1.5 % Filer (Cemento Portland)
- 12 % Emulsión

modificada Bituminosa

Dónde:

- 64% Asfalto.
- 32% agua
- 4% polímeros (ejemplo: SBS / SBR / Latex / ETC), además se recomienda un mínimo de 3%.

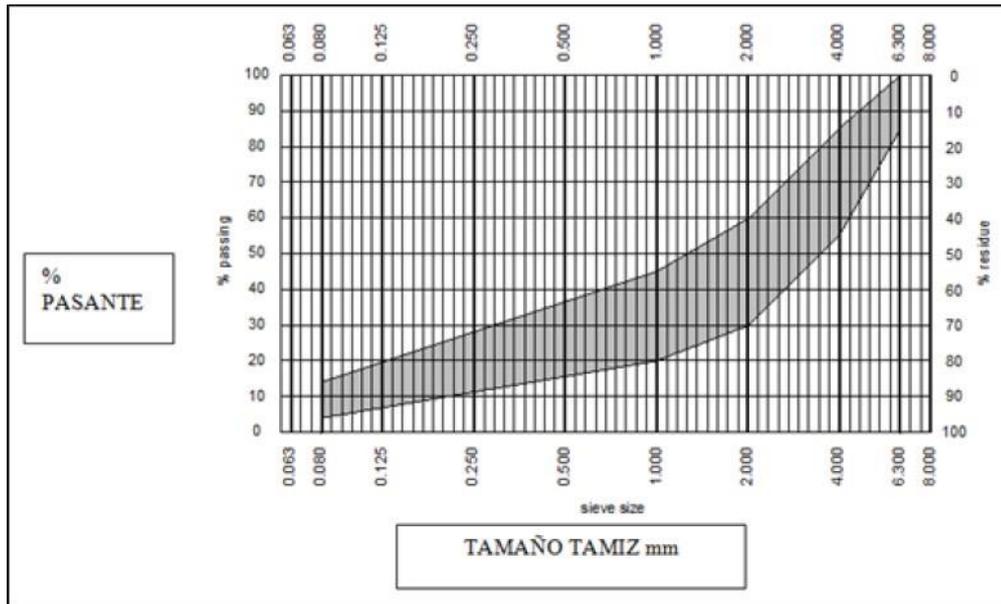


Imagen N° 16: "Banda granulométrica del Slurry Seal"

Fuente: Prodac – Perú

Teniendo en cuenta que el equipo mezclador móvil para la preparación y aplicación del Slurry Seal tendrá de preferencia un sistema computarizado para la alimentación de los diferentes materiales, así con la finalidad de que la mezcla sea homogénea. También es necesariamente que cuente con la banda de jebe al final de la esparcidora para homogenizar el espesor de la mezcla. (PRODAC, 2013)

Teniendo en cuenta que el patrón de la malla debe verse tras el endurecimiento, fragua o rompimiento del Slurry Seal.

Siendo la dosificación: de 17 a 24 kg/m², según sea el daño del pavimento existente (existencias de grietas, fisuras, juntas) esto es más o menos entre 0.9 cm a 1 cm de espesor. Aplicando el Slurry Seal en longitudes tales que puedan ser cubiertas al menor tiempo posible (una o dos horas luego de aplicado el Mortero Asfáltico) por la carpeta asfáltica, lo cual deberá ser considerado en el programa de trabajo.

7.2.2.4 Limitaciones Meteorológicas

No se deberá colocar el Slurry Seal ni el Riego de Liga en tiempos de lluvia, efectuándose solo cuando la temperatura ambiente sea de por lo menos 10 °C y la temperatura del pavimento no sea inferior a los 10°C. Al utilizarse emulsiones asfálticas en zonas frías se deberá tener especial cuidado en que las condiciones climáticas sean adecuadas para permitir el tiempo de quiebre de las emulsiones, antes que se produzca el congelamiento. (VANELSTRAETE, 2010)

7.2.2.5 Equipo de compactación

Este equipo de compactación será aprobado por el inspector o supervisor de obra, según corresponda a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación, para vías de primer orden los rodillos lisos se restringen al denominado tipo tándem, no permitiéndose el uso de los que poseen dos llantas traseras neumáticas. Para otros tipos de vías se aconseja el uso de equipos tándem, mas no se restringe exclusivamente a este. (VANELSTRAETE, 2010)

7.2.2.6 Equipo accesorio

Son los elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica. También se requieren las herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la colocación de la mezcla.



Imagen N° 17: “Esquipo para la extensión de mezcla”

Fuente: Prodac – Perú



Imagen N° 18: “Esquipo para colocación de slurry”

Fuente: Prodac – Perú

7.2.2.7 Asfaltado

Todos los principales inconvenientes que se encuentran durante la aplicación de la capa superior son el curvado de la intercapa y la pobre densidad de la capa compactada. La mayoría de estos problemas puede evitarse asegurando una buena fijación y protección de la intercapa.

Después de la curación de la Mezcla Asfáltica, el proceso de instalación de la carpeta de asfalto podrá realizarse.

Las juntas de la carpeta de asfalto, no deberán coincidir con las juntas de la malla de acero y de la capa del Slurry Seal.



Imagen N°19: “Colocación de la carpeta de Concreto Asfáltico”

Fuente: Prodac – Perú

La aplicación de las pautas anteriores para la instalación de refuerzos de acero debe garantizar la exitosa instalación de la intercapa.

8. HIPÓTESIS

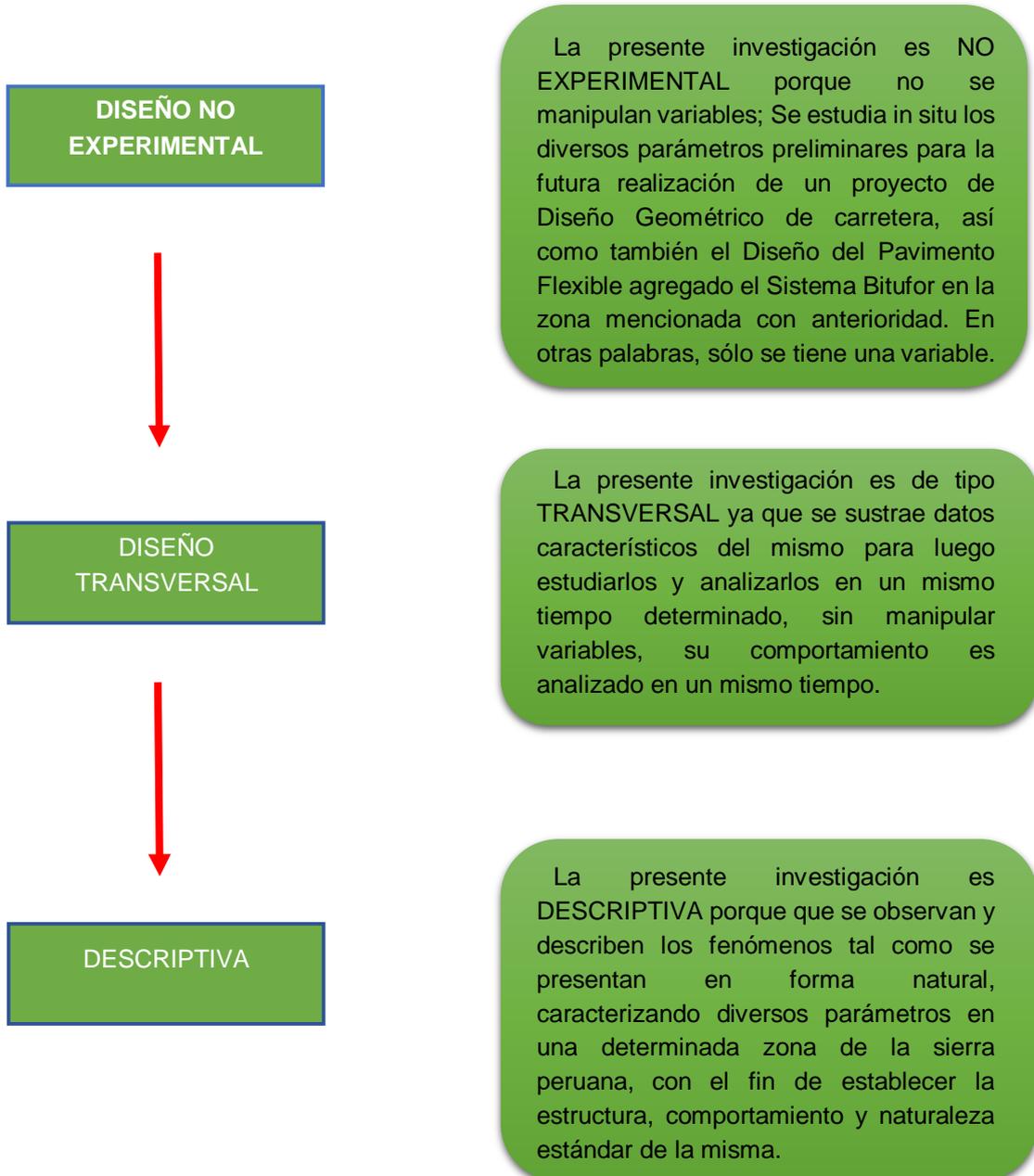
No presenta Hipótesis.

CAPÍTULO II.

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 MATERIAL DE ESTUDIO.

2.1.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN



2.1.2 UNIDAD DE ESTUDIO

La variable a estudiar es el “Sistema Bitufor”, tomando como Unidad de Estudio en el presente proyecto de investigación el Pavimento en tramos de fuerte pendiente del acceso al Centro Turístico Rio Bar, Simbal.

2.1.3 POBLACIÓN

Se realizará el estudio en el acceso a Simbal, en los tramos de fuerte pendiente al acceso del centro recreacional turístico Rio Bar.

2.1.4 MUESTRA

La presente investigación contara con una muestra de tramo del Acceso al Local Turístico “Rio Bar”

CALICATA	CANTIDAD DE MUESTRA
C-1	5 KG
C-2	5 KG
C-3	5 KG
Total	15 KG

Tabla N° 19 “Muestras”

Fuente: Propia

➤ **Técnicas de Muestreo**

La presente investigación es NO PROBABILISTICA, porque nuestro estudio no tiene una muestra que varía en el tiempo para analizarla probabilísticamente. Así, esto sería un muestreo no Probabilístico por Conveniencia, ya que la muestra fue seleccionada, como el nombre lo indica, por conveniencia de la persona que realiza la investigación, porque los elementos de muestra están fácilmente disponibles.



2.2 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

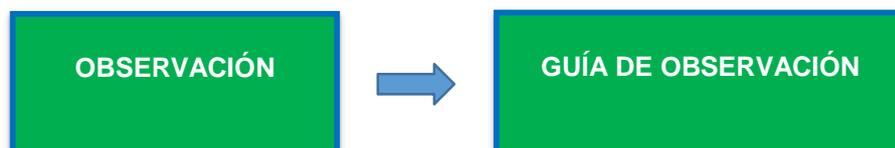
+ Técnica

En la presente investigación se usará la OBSERVACIÓN del tipo NO PARTICIPANTE como técnica de recolección de datos, ya que nuestro propósito es recolectar información en cada visita de campo.

+ Instrumento

Se usará la GUIA DE OBSERVACION para llevar un registro de las características necesarias para poder llevar a cabo el proyecto de Diseño de la vía local en la zona de estudio.

Este instrumento es confiable y valido, ya que mide lo que debe medir de manera exacta, clara y objetiva lo visto en campo.



2.3 Procedimiento de Recolección de Datos



Organigrama N° 01: "Procedimiento de Recolección de Datos"

Fuente: Propia

1. Ubicación de la Zona de Estudio

Inicialmente, como en todo proyecto, se localizó la zona de estudio, viajando y reconociendo el área de trabajo.

2. Levantamiento Topográfico

Una vez reconocido el terreno u área de trabajo de la zona señalada por el proyecto, se inició al desarrollo del levantamiento Topográfico, con la utilización de un Equipo Topográfico a base de una Estación Total.

3. Recorrido de Rutas de posible Carretera

Mientras se avanzaba con el levantamiento topográfico, se recorrían las trochas y/o caminos de herradura considerados como una alternativa de ruta para el desarrollo del proyecto, teniendo un concepto exacto de las características de esas rutas.

4. Ubicación de Áreas para uso de Alcantarillas

Al recorrer las diversas rutas por donde posiblemente sería desarrollada la carretera, se sumaba al levantamiento topográfico la ubicación de zonas de precipitación de agua, donde sería necesario la utilización de Alcantarillas.

5. Ubicación de Puntos para Calicatas

Partiendo del recorrido longitudinal de los posibles desarrollos de carretera, se ubicaron 3 puntos para la excavación de Calicatas. Una en el punto de inicio de la carretera, otra para el punto final de la misma; además de una calicata en la parte central del tramo.

6. Excavación de Calicatas

Se excavaron las calicatas con una superficie de 1 metro cuadrado y una altura de 1.5 metros de profundidad, con una profundidad inicial de 0.8 metros y un descanso de 0.5 metros, para finalmente acabar con los 0.7 metros de profundidad finales.

7. Ubicación de Napa Freática

Al realizar la excavación de las calicatas, y al tener una profundidad no menor a 1.5 metros por cada una, se llegaron a niveles donde se encontró NAF. Siendo exactos en las calicatas ubicadas en las progresivas 0+150 Km y en el punto inicial y final del Puente considerado al terminar la carretera.

8. Extracción de muestras de Suelos

Se procedió a extraer 5 kilogramos de muestra de Suelo por cada Calicata para el respectivo análisis de Mecánica de Suelos.

2.4 MÉTODOS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS

2.4.1 Método de Análisis de Datos

Al ser un proyecto de tesis del tipo No Experimental – descriptiva, se utilizará como herramienta de análisis de datos la estadística descriptiva. La estadística descriptiva es un método que permite analizar el fenómeno y desarrollar el diseño del proyecto, a partir de la información natural proporcionada por la observación de campo (En las localidades de Simbal en el acceso al Centro Turístico “Rio Bar”).

2.4.2 Instrumento de Análisis de Datos

Se utilizará el instrumento de Gráficos de Barras, que está dentro de los Gráficos estadísticos admisibles para este tipo de estudio. En base a que este proyecto cuenta con un tipo de variable cualitativa, se utilizó el instrumento Gráfico de Barras, el cual tiene el grado de confiabilidad y validez que se necesita para este estudio. El método de estadística descriptiva, utilizando gráficos estadísticos tiene como objetivo describir y representar el fenómeno o características naturales de la zona en estudio.

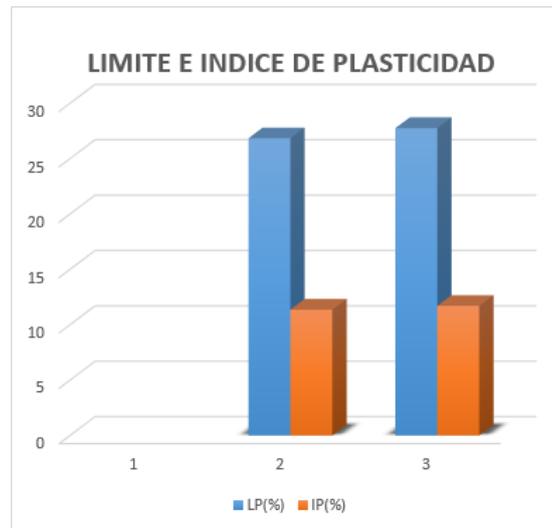


Gráfico N° 01: "Instrumento: Grafico de Barras"

Fuente: Propia

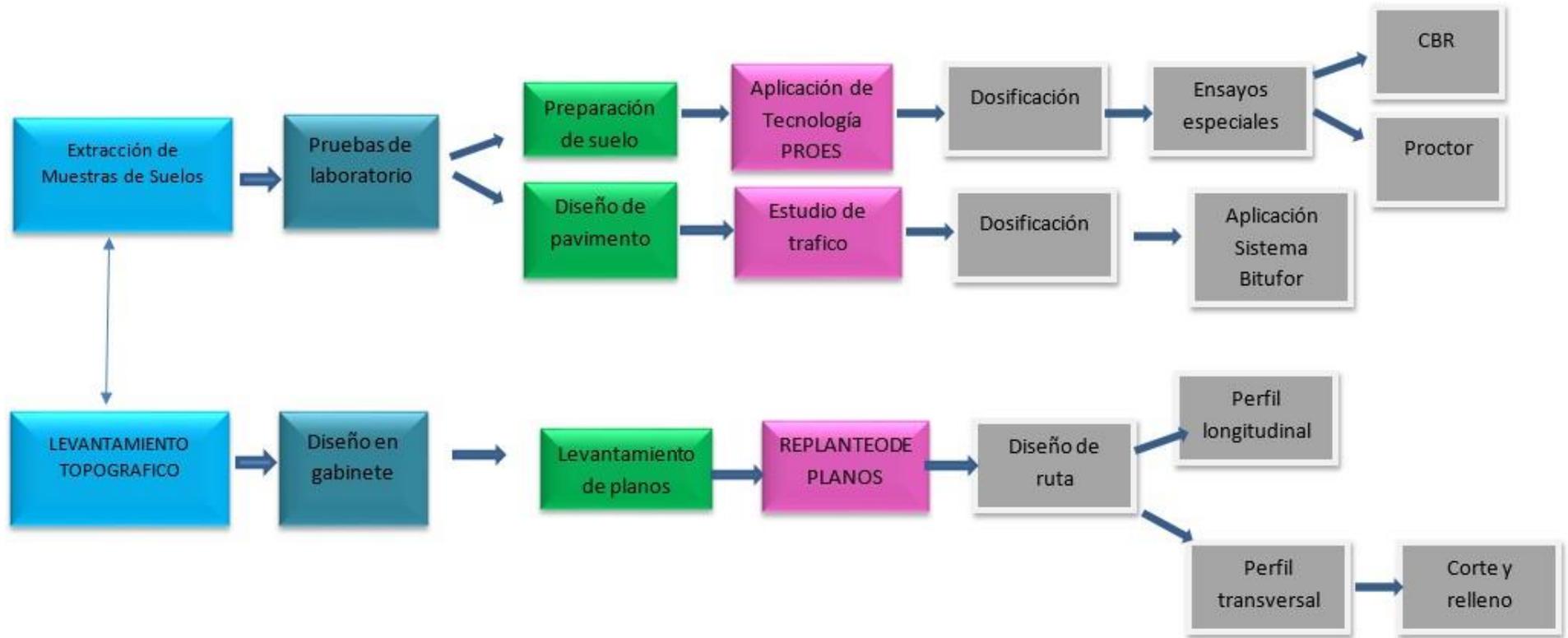
2.4.3 Análisis de Datos

En el Presente tema de Investigación, para el Análisis de Datos, se utilizaron diversas formas para procesar los datos obtenidos:

Para el Diseño Geométrico de la carretera, se utilizó el software Auto Cad Civil 3D 2017, en donde se diseñó las dimensiones y secciones de la vía.

Para la Caracterización del Suelo, Tráfico Vehicular y Diseño del Pavimento Flexible, se utilizó el software Excel 2016, en donde se recolectaron todos los datos obtenidos, y fueron procesados a través de hojas de cálculos.

2.5 Procedimientos



Organigrama N° 02: "Procedimiento de Análisis de Datos" Fuente: Propia

2.5.1 Aplicación de tecnologías PROES

Se aplicó tecnologías PROES, la cual se encarga de utilizar diversos tipos de ensayos al suelo para determinar sus propiedades y en base a ello estabilizarlo, los cuales están definidos en el Manual de Caminos Pavimentados de Bajo Volumen de tránsito 2008. En este proyecto se hizo uso de ensayos CBR y Proctor. (MINISTERIO- DE-TRANSPORTES-Y-COMUNICACIONES, MANUAL DE CAMINOS CAMINOS PAVIMENTADOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO, 2010)

2.5.2 Estudio de Trafico

Se realizó el estudio de tráfico el cual contiene básicamente la identificación de tramos homogéneos de la demanda. De la obtención de cifras del conteo vehicular se determina el tipo de vehículo de diseño, determinado por el vehículo más pesado el cual servirá con diseño base para cargas de resistencia de la carretera. Este es de vital importancia porque sirve para determinar los parámetros de diseño de ingeniería, y todos los elementos geométricos que la conforman. Cada parámetro de diseño está estipulado en la DG-2014- Guía de contenido de Estudios Definitivos de Carreteras. (MINISTERIO- DE-TRANSPORTES-Y-COMUNICACIONES, DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2014)

2.5.3 Ensayo de CBR

Se realizó el ensayo de CBR (California Bearing Ratio o Modulo Resiliente de Suelos) bajo la norma AASHTO T 274 o MTC-E128, el cual consiste en secar la muestra de suelo al aire libre para luego tamizarla y separar una cantidad aproximada de 18 kg. Adicionamos ciertas cantidades de agua en porcentajes de 4%, 8%, 12% y 16% del peso total de la muestra, removiendo hasta tener una mezcla uniforme y agregamos en porciones al molde cilíndrico, dando 25 golpes con martillo en forma circular, repitiendo este proceso en 5 capas, hasta enrasar el molde. Se finaliza pesando la muestra contenida en el molde para hallar el contenido de humedad, en función al volumen de dicho molde. (AASHTO, "ENSAYO CBR: NORMA AASHTO T 274", 2011)

2.5.4 Ensayo Proctor

Se realizó el ensayo de Proctor modificado bajo la norma ASTM D-1557, MTC E115, la cual consiste en primero determinar el volumen del molde a utilizar en cm³, luego se determina la masa del molde con su embace sin su collar superior, se toma la muestra de suelo y se mezcla con una determinada cantidad de agua hasta obtener una muestra uniforme y distribuida. Se llena el molde con la muestra uniformada, repartida en 5 capas aproximadamente iguales, compactadas con 60 golpes distribuidos uniformemente. La última capa debe entrar aproximadamente 1 cm en el collar superior. Se retira el collar y se enrasa cuidadosamente el suelo con el borde del molde, se determina la masa del conjunto formado por el molde y el suelo compactado para determinar la humedad según norma UNE 103-300. (ASTM, 2011)

2.5.5 Diseño de ruta definida

Se realizó el diseño de la ruta definida, utilizando los parámetros definidos en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras DG-2014, en el cual estipula que ya determinado el tipo de topografía, se debe realizar el ruteo y diseño de carreteas con las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, dentro del marco de la viabilidad económica y cumpliendo lo establecido en la sección 211: Capacidad y niveles de Servicio de la DG-2014. (MINISTERIO-DE-TRANSPORTES-Y-COMUNICACIONES, DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2014)

2.5.6 Perfil Longitudinal

Se elaboró el perfil longitudinal el cual está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de lineamientos rectos a curvas circulares o viceversa. Este alineamiento debe permitir la operación ininterrumpida de los vehículos tratando de conservar la misma velocidad de diseño de la mayor longitud de carretera que sea posible. Todo esto estipulado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2014, en la Sección 301- Diseño Geométrico en Planta. (MINISTERIO-DE-TRANSPORTES-Y- COMUNICACIONES, DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2014)

2.5.7 Perfil Transversal

Se elaboró el perfil Transversal, que consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural, todo esto estipulado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2014, en la Sección 304-Diseño Geométrico de la Sección Transversal. (MINISTERIO-DE-TRANSPORTES-Y- COMUNICACIONES, DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2014)

2.5.8 Diseño del Pavimento Flexible – Sistema Bitufor

Calculado el estudio de tráfico, y datos obtenidos a través de las guías de observación, como datos estadísticos, se procede a diseñar el Pavimento a través del Método AASHTO 93 para el Diseño de Pavimento Flexible, añadido a esto, se agrega la malla metálica denominada Sistema Bitufor, el cual le agregara las características que se están estudiando. (AASHTO, "DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE: NORMA AASHTO 93", 2011)

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La variable es “Sistema Bitufor”.

- Por su relación es una variable Independiente, ya que solo se observa y describe los fenómenos tal como se presentan en su forma natural, sin modificar variables.
- Por su naturaleza es una variable Cualitativa Ordinal, ya que describe las características y cualidades de la zona donde se realizará la vía.
- Por su escala de medición es Nominal, porque implica denotar características únicas, propias de la variable.
- Por sus dimensiones es Unidimensional, porque solo se recolecta información sobre la variable.
- Por su forma de medición es Indirecta, ya que no se puede medir con un instrumento.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Sistema Bitufor	Es la realización de estudios básicos de ingeniería, realización del diseño geométrico de la vía en planta y perfil, diseño de obras de arte y señalización, y diseño del pavimento flexible adicionando el Sistema Bitufor.	El estudio se realizara en el acceso al Centro Turístico Rio Bar, Distrito de Simbal, Provincia de Trujillo.	DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA	Determinar las dimensiones de las secciones de la vía: calzada, berma, bombeo, faja de dominio, pendiente transversal y longitudinal, talud de corte y relleno, dimensiones de la cuneta.	Realizar el levantamiento topográfico y obtener el plano en planta de las curvas de nivel y perfil longitudinal. Utilización de software para la determinación del alineamiento horizontal y vertical de la vía y calcular el corte y relleno.
			CARACTERIZACION DEL SUELO	Determinar las propiedades físicas del suelo: contenido de humedad, granulometría, límites de atterberg, gravedad específica, clasificación de suelos (AASHTO y SUCS).	Estudio de Mecánica de Suelos.
			TRAFICO VEHICULAR	Determinar el Índice Medio Diario Anual de vehículos (IMDA).	Estudio de Tráfico.
			DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Determinar el espesor de las capas que lo conforman.	Realizar a través del Método AASHTO el diseño del pavimento flexible.

Tabla N° 21: Operacionalización de Variables” Fuente: Propia

2.7 DESARROLLO DE TESIS

En el siguiente tema de Investigación, “Sistema Bitufor como medida sustentable en el pavimento en tramos de fuerte pendiente del acceso al Centro Turístico Río Bar, Simbal – Trujillo 2018”, para su desarrollo, inicialmente se ubicó la zona de estudio, localizada en el Distrito de Simbal, Provincia de Trujillo, Región de La Libertad, se viajó y reconoció el área de trabajo mediante fotografías y videos, una vez reconocido el terreno u área de trabajo de la zona señalada, se inició el desarrollo del levantamiento topográfico, con la utilización de un Equipo Topográfico a base de una Estación Total y Prisma, mientras se avanzaba con el levantamiento topográfico, se recorría la trocha considerando una alternativa de ruta para el desarrollo del proyecto teniendo un concepto exacto de la característica de la ruta, a su vez, se sumaba al levantamiento topográfico la ubicación de zonas de precipitación de agua, donde se diseñó las alcantarillas y el sistema de cunetas, a través de un recorrido longitudinal de los posibles desarrollos de carretera, se ubicaron 3 puntos para la excavación de calicatas, uno se ubicó en el Km 3+020 de la carretera, otro el Km 3+ 320 de la misma, además de una calicata en el Km 3+ 630 del tramo, se excavaron las calicatas con una superficie de 1 metro cuadrado y una altura de 1.5 metros de profundidad, con una profundidad inicial de 0.8 metros y un descanso de 0.5 metros, para finalmente acabar con los 0.7 metros de profundidad final, al realizar la excavación de las calicatas, y al tener una profundidad no menor a 1.5 metros por cada una, se llegaron a niveles donde se encontró NAF, de esta forma se procedió a extraer 5 kilogramos de muestra de suelo por cada calicata, y así se realizó el Análisis de Mecánica de Suelos. Se aplicó tecnología PROES, la cual se encargó de utilizar diversos tipos de ensayos al suelo (se realizó el ensayo CBR y Proctor), y se determinó sus propiedades y en base a ello estabilizarlo. Se realizó el ensayo de CBR, el cual consistió en secar la muestra de suelo al aire libre, para luego tamizarla y separar una cantidad aproximada de 15 kg, se adicionó ciertas cantidades de agua en porcentajes de 4%, 8%, 12% y 16% del peso total de la muestra, se agregó estas mezclas a un cilindro, dando 25 golpes con un martillo, se repitió este proceso en 5 capas hasta enrasar el molde, se finalizó pesando la muestra contenida en el molde y se halló el contenido de humedad, en función al volumen de dicho molde. El otro ensayo que se realizó es el Proctor, el cual consistió en tomar una muestra de suelo y mezclarla con cierta cantidad de agua hasta obtener una muestra uniforme y distribuida, se llenó el molde con esta muestra, repartida en 5 capas, compactadas con 60 golpes distribuidos uniformemente, la última capa se enrasó y se pesó la masa del conjunto formado y finalmente se determinó la humedad de las muestras. Luego de ello, se realizó el estudio de

tráfico, en donde se contabilizó los vehículos en los días de lunes a domingos, en horarios de 7am – 7pm, debido a que en esos tiempos hay mayor frecuencia de ingreso y salida de vehículos, de esta forma se obtuvo el Índice Medio Diario Anual y el vehículo de diseño, el cual sirvió para determinar la resistencia de la carretera. Obtenidos estos datos anteriores, se realizó el diseño de la ruta definida, utilizando los parámetros definidos en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras DG-2014, se estipuló el tipo de topografía de la zona, se realizó los ruteos y diseño de carretera con las dimensiones, alineamientos y características apropiadas, tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto.

Se diseñó el perfil longitudinal constituido por alineamientos rectos y curvas parabólicas, que permitan una transición suave a los vehículos, la pendiente longitudinal determinada estaba asociada al tipo de Topografía que posee el terreno, y se calculó las alturas de corte y relleno para el movimiento de tierras, de igual manera se realizó el diseño del perfil transversal, en el cual se determinó la pendiente transversal promedio y las dimensiones que posee la carretera (calzada, berma, bombeo, faja de dominio, dimensiones de la cuneta, talud de corte y relleno); todos estos procedimientos se realizaron en el software AutoCAD Civil 3D 2017. Finalmente, se diseñó el Pavimento Flexible, teniendo en cuenta todos los datos obtenidos anteriormente, mediante una hoja de cálculo y a través del Método AASHTO 93, se determinó los espesores de las capas que conformaran el paquete estructural del pavimento, y a su vez, añadido a esto, el Sistema Bitufor, el cual se describió como se acopla al paquete estructural, mediante la malla metálica y la lechada asfáltica, el proceso constructivo fue redactado según la normativa establecida para la utilización de este Sistema.

CAPÍTULO III.

RESULTADOS

3.1 ESTUDIO DE TRAFICO

Ubicación geográfica de la zona de estudio:

- Carretera: Tercera clase – accidentado
- Distritos: Simbal
- Provincia: Trujillo
- Región: La Libertad
- Coordenadas: UTM WGS84

Ubicación georreferenciada de la carretera:

Tabla 22. Ubicación georreferenciada de la carretera.

Punto	Distrito	Progresiva	Coordenadas UTM	msnm.
Inicio	DV Simbal	km0+000	739197.00 E 9113768.00 S	359
Final	Centro turístico Río Bar-Simbal	Km5+232	740762.00 E 9117984.00 S	578

Ubicación georreferenciada de la carretera (muestra 1km):

Tabla 23. Ubicación georreferenciada de la carretera (muestra 1km).

Punto	Distrito	Progresiva	Coordenadas UTM	msn
Inicio	Carretera Simbal	Km3+000	740476.57 E 9115814.45 S	470
Final	Centro turístico Río Bar-Simbal	Km4+000	740758.00 E 9117306.00 S	556

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018).

Nuestra carretera clasifica, según su orografía, como una carretera de tipo 3 – terreno accidentado, según la clasificación por orografía del manual de diseño geométrico de carreteras 2018.

3.2 ESTUDIO DE SUELOS

Para la extracción de las muestras de suelo, en la zona de estudio que comprende la muestra de la carretera (de 1km), entre las progresivas km3+000 hasta km4+000, se identificaron por observación, dos tipos de suelos bien diferenciados, según el manual de carreteras: sección suelos y pavimentos del ministerio de transportes y comunicaciones. Realizo realizar tres calicatas en este kilómetro de estudio, para analizar los dos tipos de suelos y conocer la variación de sus propiedades físico-mecánicas.

➤ CARACTERIZACION DEL SUELO

FACULTAD DE INGENIERÍA																			
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL																			
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS																			
Proyecto :	SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018																		
Proyectistas :	Bach. Zarate Garcia David Abner																		
Ensayo :																			
	CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD :				Norma :	ASTM D 2216													
	PESO ESPECÍFICO :				Norma :	ASTM D 854													
Fecha de Muestreo :	La Libertad / 6 - 08 - 2018																		
Muestreado por :	ZGDA																		
Chequeado por :	Laboratorio de Mecánica de Suelos - UPT																		
CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD :																			
Observaciones :	Ubicación : C - 1			Ubicación : C - 1			Ubicación : C - 2			Ubicación : C - 2			Ubicación : C - 3			Ubicación : C - 3			
	Estrato : E1			Estrato : E2			Estrato : E1			Estrato : E2			Estrato : E1			Estrato : E2			
	Profundidad : 0.80 m			Potencia : 1.50 m			Potencia : 1.00 m			Potencia : 1.50 m			Potencia : 0.90 m			Potencia : 1.50 m			
Resipiente Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso Resipiente + Muestra Húmeda	Gr	146.06	154.37	141.89	146.07	159.51	177.15	124.53	109.21	107.70	124.53	109.21	107.70	100.49	99.82	118.64	104.17	123.33	119.50
Peso Recipiente + Muestra Seca	Gr	129.66	137.98	126.42	120.72	130.95	147.17	105.02	93.61	92.15	105.02	93.61	92.15	84.51	83.80	98.50	84.54	96.68	94.48
Peso del Recipiente	Gr	27.24	27.28	27.48	27.82	27.31	26.93	27.25	27.12	27.31	27.30	27.19	27.15	27.51	27.44	27.20	21.70	22.20	21.32
Peso de la Muestra Seca	Gr	102.42	110.70	98.94	92.90	103.64	120.24	77.77	66.49	64.84	77.72	66.42	65.00	57.00	56.36	71.30	62.84	74.48	73.16
Peso del Agua	Gr	16.40	16.39	15.47	25.35	28.56	29.98	19.51	15.60	15.55	19.51	15.60	15.55	15.98	16.02	20.14	19.63	26.65	25.02
Contenido de Humedad	%	16.01	14.81	15.64	27.29	27.56	24.93	25.09	23.46	23.98	25.10	23.49	23.92	28.04	28.42	28.25	31.24	35.78	34.20
Promedio		15.48			26.59			24.18			24.17			28.24			33.74		
PESO ESPECÍFICO :																			
Observaciones :	Ubicación : C - 1			Ubicación : C - 1			Ubicación : C - 2			Ubicación : C - 2			Ubicación : C - 3			Ubicación : C - 3			
	Estrato : E2			Estrato : E2			Estrato : E1			Estrato : E3			Estrato : E1			Estrato : E2			
	Potencia : 0.80 m			Potencia : 1.50 m			Potencia : 1.00 m			Potencia : 1.50 m			Potencia : 0.90 m			Potencia : 1.50 m			
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso del Suelo Seco	Gr	114.20	129.30	121.20	139.70	113.80	102.70	114.40	178.40	104.50	100.00	120.40	125.60	102.23	154.75	121.56	100.00	112.60	106.70
Peso Frasco Vacío	Gr	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00
Peso Frasco + Agua	Gr	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00
Peso Frasco + Agua + Suelo	Gr	731.00	742.00	735.00	747.00	733.00	723.00	726.00	772.00	711.00	722.00	735.50	738.00	721.12	754.10	733.90	719.70	726.50	726.40
Volumen de Sólidos	Cm ³	43.20	47.30	46.20	52.70	40.80	39.70	48.40	66.40	53.50	38.00	44.90	47.60	41.11	60.65	47.66	40.30	46.10	40.30
Peso Especifico de Sólidos	Gr / Cm ³	2.64	2.73	2.62	2.65	2.79	2.59	2.36	2.69	1.95	2.63	2.68	2.64	2.49	2.55	2.55	2.48	2.44	2.65
Promedio		2.67			2.68			2.33			2.65			2.53			2.52		

Tabla N° 24: "Propiedades Físicas del Suelo" Fuente: Propia

➤ **Ensayo. Límites de Consistencia**

UPRIT		FACULTAD DE INGENIERÍA						
		ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS						
Proyecto :		SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018						
Responsable		Bach. Zarate García David Abner						
Ensayo:		LIMITES DE CONSISTENCIA						
LÍMITE LÍQUIDO		Norma :		ASTM D 4318				
LÍMITE PLÁSTICO		Norma :		ASTM D 4319				
Fecha de Muestreo :		La Libertad 13/ 12 / 2019						
Muestreado por :		D.A.Z.G.						
Chequeado por :		Laboratorio de Mecánica de Suelos - UTP						
LIMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación : Calicata C1			Profundidad 1.50 m			
		Estrato : E1						
		LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	Gr	34.31	33.31	34.12	28.25	28.03	28.86	Límite Líquido: LL = 31.14%
Peso Recipiente + Muestra Seca	Gr	32.51	31.86	32.59	28.22	27.89	28.62	Límite Plástico: LP = 18.09%
Peso de la Recipiente	Gr	27.25	27.30	27.23	27.78	27.28	27.64	Índice de Plasticidad: IP = 13.05%
Peso de la Muestra Seca	Gr	5.26	4.56	5.36	0.44	0.61	0.98	Contenido de Humedad: W _n = 15.48%
Peso del Agua	Gr	1.80	1.45	1.53	0.03	0.14	0.24	Grado de Consistencia: K _w = 1.20
Contenido de Humedad	%	34.22	31.80	28.54	6.82	22.95	24.49	Grado de Consistencia: Media Dura, Sólida
Número de Golpes		18	25	31	Promedio:		18.09	

UPRIT		FACULTAD DE INGENIERÍA						
		ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS						
Proyecto :		SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018						
Responsable		Bach. Zarate García David Abner						
LIMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación : Calicata C2			Profundidad 1.50 m			
		Estrato : E1						
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	Gr	30.03	41.02	19.35	28.13	27.79	27.31	Límite Líquido: LL = 26.00%
Peso Recipiente + Muestra Seca	Gr	28.29	39.47	18.43	28.03	27.68	27.23	Límite Plástico: LP = 18.11%
Peso de la Recipiente	Gr	23.21	34.39	13.27	27.28	27.24	26.73	Índice de Plasticidad : IP = 7.89%
Peso de la Muestra Seca	Gr	5.08	5.08	5.16	0.75	0.44	0.50	Contenido de Humedad : W _n = 26.59%
Peso del Agua	Gr	1.74	1.55	0.92	0.10	0.11	0.08	Grado de Consistencia : K _w = -0.08
Contenido de Humedad	%	34.25	30.51	17.83	13.33	25.00	16.00	Grado de Consistencia : Consistencia Líquida
Número de Golpes		18	24	31	Promedio :		18.11	

UPRIT		FACULTAD DE INGENIERÍA						
		ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS						
Proyecto :		SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURISTICO RIO BAR-SIMBAL 2018						
Responsable		Bach. Zarate García David Abner						
Ensayo :		LIMITES DE CONSISTENCIA						
LÍMITE LÍQUIDO		Norma :		ASTM D 4318				
LÍMITE PLÁSTICO		Norma :		ASTM D 4319				
Fecha de Muestreo :		La Libertad 13/ 12 / 2019						
Muestreado por :		D.A.Z.G.						
Chequeado por :		Laboratorio de Mecánica de Suelos - UTP						
LIMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación :			Calicata C3		Profundidad 1.50 m	
		Estrato :			E1			
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	Gr	35.38	35.66	36.44	28.77	28.75	28.19	Límite Líquido: LL = 31.96%
Peso Recipiente + Muestra Seca	Gr	33.42	33.61	34.17	28.56	28.53	28.07	Límite Plástico: LP = 14.83%
Peso de la Recipiente	Gr	27.73	27.13	26.85	27.25	27.14	27.12	Índice de Plasticidad : IP = 17.13%
Peso de la Muestra Seca	Gr	5.69	6.48	7.32	1.31	1.39	0.95	Contenido de Humedad : W _n = 0.24
Peso del Agua	Gr	1.96	2.05	2.27	0.21	0.22	0.12	Grado de Consistencia : K _w = 0.45
Contenido de Humedad	%	34.45	31.64	31.01	16.03	15.83	12.63	Grado de Consistencia : Viscosa
Número de Golpes		15	24	33	Promedio : 14.83			

➤ Proctor modificado y CBR

La metodología para determinar el C.B.R de Diseño (ASTM 0-1883), llamado Resistencia a Penetración del suelo y para un tramo determinado, corresponde al cálculo del promedio de valores individuales. (ver tablas de calicatas en anexos)

Resultados del Proctor Modificado y CBR.

N° CALICATA	PROGRESIVA	C.B.R. (%)
C-01	Km 3+ 020	12.00
C-02	Km 3+ 270	9.03
C-03	Km 3+ 520	13.10
CBR DE DISEÑO		12.96

Las muestras de suelo de las tres calicatas realizadas, arrojaron resultados iguales, debidos a que se encuentran en un mismo tramo y comparten las mismas características, es por ello que según la Clasificación AASHTO, indica que es un suelo A-2-5 o Grava Arcillosa, y según la Clasificación SUCS, indica que es un suelo CL O Arcilla Inorgánica de plasticidad media.

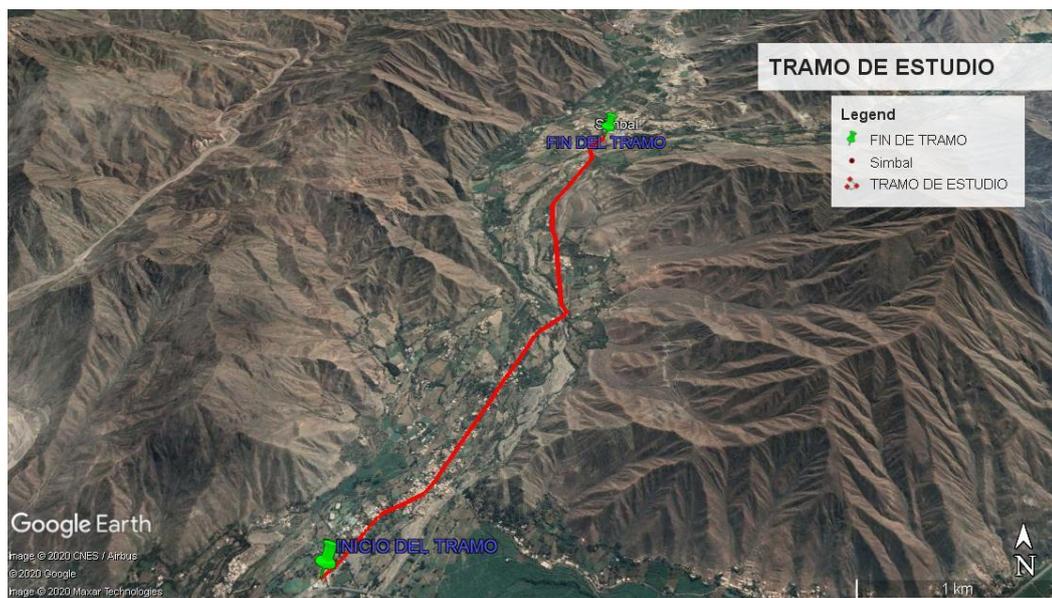
3.3 ESTUDIO DE TRAFICO Y CARGA VEHICULAR

El estudio de tráfico es requisito indispensable para una inteligente evaluación del problema vial, es por ello que debe dársele la importancia que merece, el cual tiene por objeto, cuantificar, clasificar por tipos de vehículos y conocer el volumen diario de los vehículos que transitan por una carretera, materia de estudio; y así a través del conteo vehicular tener los elementos necesarios para la determinación de las características de diseño de la vía, diferenciado en tramos homogéneos, por otro lado, es de utilidad para la evaluación técnica de la condición superficial del pavimento, con el fin de plantear alternativas de solución, a los problemas identificados.

2.7.1 Ubicación

El tramo de la carretera en estudio está localizado en la región La Libertad; tienen una longitud aproximada de 5.00 Km.

Imagen N° 20: Ubicación De La Carretera En Estudio



Fuente: Google Earth

➤ Ubicación de las Estaciones de Conteo Vehicular

Tabla 25: Ubicación de las estaciones de conteo

TAREA	NOMBRE	TRAMO	RTA	UBICACIÓN	Días
E.1	Dv. Simbal	Acceso al centro Turístico Río Bar-Simbal	LI 114	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO - SAMNE)	7

E1 Dv. Simbal.

La estación E1 paralela sobre la ruta EI- 114. Ubicada en la mayoría de su recorrido hacia Simbal y pueblos aledaños.

Imagen N° 21 E1 DV. Simbal



➤ Formatos

Se utilizaron formatos de campo establecidos por la Oficina de Planificación y Presupuesto de Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

➤ Metodología para hallar el Promedio Diario Anual (IMDA)

Los datos obtenidos del Conteo Vehicular se validaron y procesaron en formatos Excel, donde se registran a todos los vehículos por hora y sentido, sentido (entrada y salida) y por tipo de vehículo.

Una vez obtenido el resultado de volumen promedio de tránsito, por tipo de vehículo, hora y sentido se calculó la variación horaria, clasificación vehicular, Índice Medio Diario Semanal (IMDS) y el Índice Medio Diario Anual (IMDA) determinados por las siguientes fórmulas:

$$IMDA = FC \times IMD_s$$

Donde:

IMD_s = Volumen clasificado promedio de la semana.

FC = Factor de corrección estacional.

$IMDA$ = Índice Medio Diario Anual.

2.7.2 Obtención de los Factores de Corrección Mensual

Los factores de corrección estacional son valores que tienen la finalidad de eliminar las variaciones del comportamiento del tránsito a lo largo de un año, incluye todo tipo de eventos como fiestas nacionales, épocas escolares y en general eventos que todos los años son realizados periódicamente y que tienen carácter anual.

Los factores de corrección estacional, se calculan tomando en cuenta una serie histórica anual completa de los últimos diez años para lo cual se tomó el periodo más reciente (2004 – 2013), y para este estudio es conveniente tomar en cuenta los años inmediatos, del que se tiene información completa y detallada a través de los Peajes de la red vial nacional.

Para determinar el factor de corrección estacional (FC) se utilizó el volumen vehicular obtenido en la estación de peaje próxima, como es el caso del Peaje Menocucho (PE-10A). para las 3 estaciones

El factor de corrección estacional para vehículos pesados y ligeros se ha calculado según la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{IMD_{año}}{IMD_{Enero}}$$

Luego se determinó el IMDA como el producto del Índice Medio Diario por el Factor de Corrección Estacional para el periodo mensual.

➤ Factor de Corrección

UNIDAD DE PEAJE DE CORRECCION	FACTOR DE CORRECCION ENERO	
	LIGEROS	PESADOS
Menocucho	0.9124980942	0.95655967223

Fuente: Unidad de Peajes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC

➤ Cáculo del IMDA proyectado

El IMDA proyectado, se calculó a través de la siguiente expresión matemática, teniendo como periodo de diseño n=10 años:

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

En donde:

- Tn: Tránsito proyectado al año “n” en vehículos/día
- T0: Tránsito actual (año base) en vehículos/día
- n: Número de años del periodo de diseño
- r: Tasa anual de crecimiento del tránsito por tipo de vehículo

(INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, 2018)

Las Tablas siguientes, contienen el resumen del volumen clasificado diario de las 2 estaciones de control vehicular.

A. El DV. Simbal

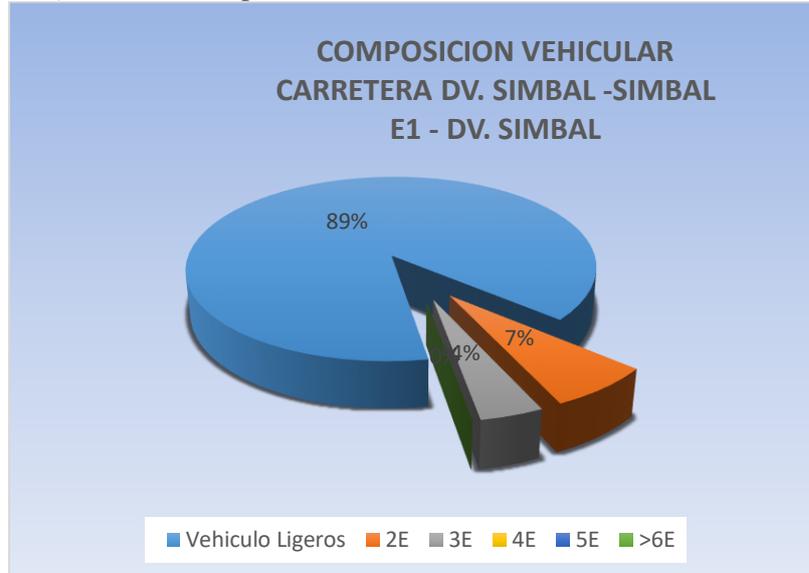
El Índice Medio Diario Anual (IMDA) para una semana bajo condiciones normales

IMDa – E1 Dv. Simbal

KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO - SAMNE				
Vehiculo	OTUZCO- DV OTUZCO	DV SIMBAL- SIMBAL	IMDA	Distribució n
Automóvil	49	48	97	30.60%
Station Wagon	24	24	48	15.14%
Pick Up	37	37	74	23.34%
Panel	0	0	0	0.00%
C. Rural	31	32	63	19.87%
Microbús	0	0	0	0.00%
Bus 2E	0	0	0	0.00%
Bus 3E	0	0	0	0.00%
Camión 2E	11	11	22	6.94%
Camión 3E	6	7	13	4.10%
Camión 4E	0	0	0	0.00%
Semitrayler 2S1/2S2	0	0	0	0.00%
Semitrayler 2S3	0	0	0	0.00%
Semitrayler 3S1/3S2	0	0	0	0.00%
Semitrayler >=3S3	0	0	0	0.00%
Trayler 2T2	0	0	0	0.00%
Trayler 2T3	0	0	0	0.00%
Trayler 3T2	0	0	0	0.00%
Trayler >=3T3	0	0	0	0.00%
TOTAL	158	159	317	100.00%

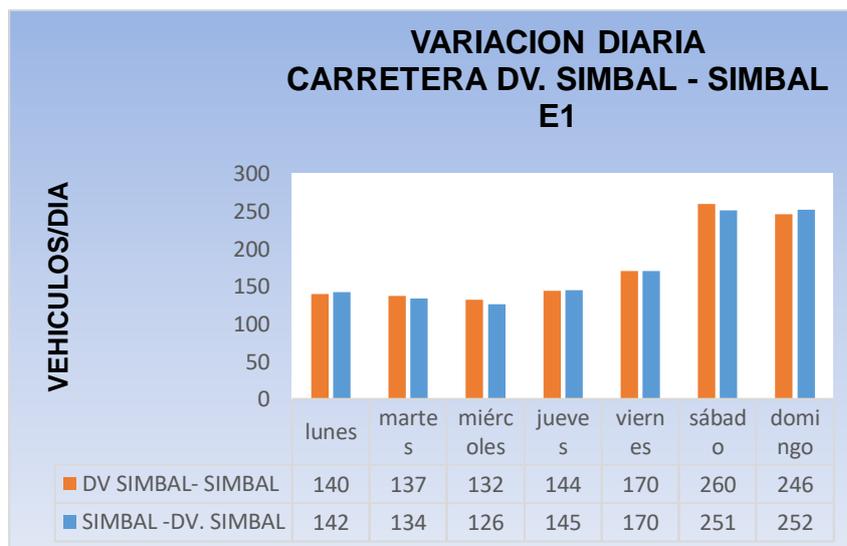
Fuente: Propia. Estudio de Trafico 2020

Gráfico N° 02: Composición Vehicular – Año 2020 – E1 DV.Simbal



Fuente: Propia. Estudio de Trafico 2020

Gráfico N° 03: Distribución Vehicular – Año 2020 – E1 DV. Simbal



Fuente: Propia. Estudio de Trafico 2020

Los trabajos en gabinete para este tramo nos muestran los resultados directos del conteo vehicular diario, donde refleja que los días más transitado son viernes, sábado y domingo según esta estación.

Volumen Vehicular por día, dirección y tipo de vehículo, en valores absolutos y relativos – Índice Medio Diario Anual, por dirección y tipo de vehículo en valores absolutos y relativos (Estación E1 DV USQUIL)

TRAMO DE LA CARRETERA	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL			
SENTIDO	TRUJILLO	← E	S →	SIMBAL
UBICACIÓN	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO - SAMNE			

FECHA	SENTIDO	AUTO	SW	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%
				PICK UP	PANEL	RURAL		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
lun 6-enero	SIMBAL -DV. SIMBAL	42	19	32	0	23	0	0	0	16	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	50%
	DV SIMBAL- SIMBAL	41	18	32	0	23	0	0	0	16	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	50%
	Ambos	83	37	64	0	46	0	0	0	32	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	282	100%
mar 7-enero	SIMBAL -DV. SIMBAL	40	23	31	0	23	0	0	0	10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	49%
	DV SIMBAL- SIMBAL	42	21	32	0	27	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	51%
	Ambos	82	44	63	0	50	0	0	0	18	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	271	100%
mié 8-enero	SIMBAL -DV. SIMBAL	38	19	32	0	24	0	0	0	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126	49%
	DV SIMBAL- SIMBAL	40	19	34	0	24	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	51%
	Ambos	78	38	66	0	48	0	0	0	15	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	258	100%
jue 9-enero	SIMBAL -DV. SIMBAL	43	22	35	0	28	0	0	0	10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	50%
	DV SIMBAL- SIMBAL	43	22	34	0	28	0	0	0	10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144	50%
	Ambos	86	44	69	0	56	0	0	0	20	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289	100%
vie 10-enero	SIMBAL -DV. SIMBAL	51	20	43	0	30	0	0	0	19	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	50%
	DV SIMBAL- SIMBAL	49	20	43	0	30	0	0	0	21	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	50%
	Ambos	100	40	86	0	60	0	0	0	40	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	340	100%
sáb 11-enero	SIMBAL -DV. SIMBAL	83	46	56	0	52	0	0	0	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	251	49%
	DV SIMBAL- SIMBAL	83	45	58	0	56	0	0	0	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	260	51%
	Ambos	166	91	114	0	108	0	0	0	20	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	511	100%
dom 12-enero	SIMBAL -DV. SIMBAL	81	39	58	0	60	0	0	0	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252	51%
	DV SIMBAL- SIMBAL	75	42	56	0	58	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	246	49%
	Ambos	156	81	114	0	118	0	0	0	19	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	498	100%

IMDA	SENTIDO	AUTO	SW	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%
				PICK UP	PANEL	RURAL		2E	3E	2E	3E	4E	2S1	2S3	3S1	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
	SIMBAL -DV. SIMBAL	49	24	37	0	31	0	0	0	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158	50%
	DV SIMBAL- SIMBAL	48	24	37	0	32	0	0	0	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159	50%
	Ambos	97	48	74	0	63	0	0	0	22	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	317	100%

Fuente: Propia. Estudio de Trafico 2020

PROYECCIONES DE TRAFICO PARA LA ESTACION E1

Tráfico Normal Proyectado

Tasa de Crecimiento Vehículo Ligeros	
Tasa de Crecimiento Ómnibus	
Tasa de Crecimiento Vehículo Pesados	
Trafico Generado	20.00%

Vehiculo	Tasa Crecim (2020 - 2025)	Tasa Crecim (2026 - 2031)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Automovil	4.50%	4.50%	97	101	106	111	116	121	126	132	138	144	151	157
Station Wagon	4.50%	4.50%	48	50	52	55	57	60	63	65	68	71	75	78
Pick Up	4.50%	4.50%	74	77	81	84	88	92	96	101	105	110	115	120
Panel	4.50%	4.50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C. Rural	4.50%	4.50%	63	66	69	72	75	79	82	86	90	94	98	102
Microbus	4.50%	4.50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus 2E	4.50%	4.50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus 3E	4.50%	4.50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion 2E	3.90%	4.10%	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33	34
Camion 3E	3.90%	4.10%	13	14	14	15	15	16	17	17	18	19	19	20
Camión 4E	3.90%	4.10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitrayler 2S1/2S2	3.90%	4.10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitrayler 2S3	3.90%	4.10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitrayler 3S1/3S2	3.90%	4.10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitrayler >=3S3	3.90%	4.10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 2T2	3.90%	4.10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 2T3	3.90%	4.10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 3T2	3.90%	4.10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler >=3T3	3.90%	4.10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			317	331	346	362	377	395	412	430	449	470	491	511

B. E2 Resumen de IMDA de las estaciones

TAREA	ESTACIÓN	UBICACIÓN	IMD
E.1	Dv. Simbal	KM 26+200 (DV. SIMBAL - OTUZCO) CARRETERA LAREDO - SAMNE)	317

Resumen de Proyección de Trafico

COD.	ESTACIÓN	2019	2024	2025	2030
E.1	DV. SIMBAL	317	395	412	511

Estudio de Tráfico	
IMDA	317 Vehículos/día
Carretera	Tercera Clase

Tabla N° 26: “Estudio de Tráfico”

Fuente: Propia

El Índice Medio Diario Anual calculado mediante el conteo de vehículos, es de 317 vehículos por día, con ello, según la Clasificación de Autopistas y Carreteras del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014, indica que corresponde a una Carretera de Tercera Clase.

3.4 DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

➤ **Cálculo de los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado**

Para obtener los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado (EE día-carril), se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$EE \text{ día} - \text{carril} = IMD_{pi} \times Fd \times Fc \times Fvp_i \times Fp$$

En donde:

- IMD_{pi} : Índice medio diario según tipo de vehículo pesado
- Fd : Factor Direccional (tabla 2)
- Fc : Factor Carril (tabla 2)
- Fvp_i : Factor de vehículo pesado (tabla 4, 5 y anexo 1)
- Fp : Factor de presión de neumáticos (tabla 6)

Para una carretera, con una calzada y dos sentidos (un carril por sentido), se obtienen los siguientes resultados, para los Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado (EE día-carril):

➤ **Cálculo de los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado**

TIPO DE VEHICULO	EJES	IMD pi	Fd	Fc	Fvp _i		Fp	EE tipo-vehiculo
					CARGA (Tn)	Eje Equivalente (EE 8.2 Tn)		
LIGEROS	1	439	0.5	1	1	0.00052702	1	0.12
	1	439	0.5	1	1	0.00052702	1	0.12
BUS	Bus 2E	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	11	3.238286961	1	0
	Bus 3E	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	16	1.365944548	1	0
CAMION	Camion 2E	33	0.5	1	7	1.265366749	1	20.88
		33	0.5	1	11	3.238286961	1	53.43
	Camion 3E	19	0.5	1	7	1.265366749	1	12.02
		19	0.5	1	18	2.019213454	1	19.18
	Camion 4E	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	23	1.508183597	1	0

SEMITRAYLER	Semitrayler 2S1/2S2	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	11	3.238286961	1	0
		0	0.5	1	11	3.238286961	1	0
	Semitrayler 2S3	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	11	3.238286961	1	0
		0	0.5	1	18	2.019213454	1	0
	Semitrayler 3S1/3S2	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	18	2.019213454	1	0
		0	0.5	1	18	2.019213454	1	0
	Semitrayler >=3S3	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	18	2.019213454	1	0
		0	0.5	1	25	2.087765355	1	0
TRAYLER	Trayler 2T2	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	11	3.238286961	1	0
					11	3.238286961	1	0
		0	0.5	1	11	3.238286961	1	0
	Trayler 2T3	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	11	3.238286961	1	0
					11	3.238286961	1	0
		0	0.5	1	18	2.019213454	1	0
	Trayler 3T2	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	18	2.019213454	1	0
		0	0.5	1	11	3.238286961	1	0
		0	0.5	1	11	3.238286961	1	0
	Trayler >=3T3	0	0.5	1	7	1.265366749	1	0
		0	0.5	1	18	2.019213454	1	0
		0	0.5	1	11	3.238286961	1	0
		0	0.5	1	18	2.019213454	1	0
\sumEE dia - carril								1.06E+02

➤ **Cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes 8.2Tn**

Para obtener el número de repeticiones de ejes equivalentes 8.2Tn

(Nºrep EE 8.2Tn), se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$N^{\circ}rep EE 8.2Tn = \Sigma EE \text{ día} - \text{carril} \times Fca \times 365$$

En donde:

- $\Sigma EE \text{ día-carril}$: Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado
- Fca: Factor de crecimiento acumulado (tabla 3)
- 365: Número de días del año

Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes 8.2Tn,

$\Sigma EE \text{ día} - \text{carril}$	Fca	Numero de Dias por año	Nº rep EE 8.2 Tn
1.06E+02	12.1	365	467044.88

De esta forma, se obtuvo el N°rep EE8.2Tn de 467,044.88, clasificando según la tabla 8, como una Carretera de tráfico pesado pavimentada de rango 3 (T_{P3}).

➤ Cálculo del Número Estructural Propuesto

El número estructural propuesto, determinará el espesor total del pavimento a colocar, se aplicó la metodología AASHTO 93, siendo la expresión matemática la siguiente:

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

Variables y cálculo del número estructural propuesto (SN).

VARIABLE	SIMBOLO	VALOR	FUENTE
Numero de repeticiones de ejes equivalentes	W18	467,044.88	Claculo de repeticiones de ejes equivalentes 8.2Tn
Modulo de reciliencia	MR	11,854.00	Resultado del proror modificado y CBR Tabla 11. Modulo resilente obtenido por correlacion con CBR
Confiabilidad	%R	75%	Tabla 12. Valores recomendados del nivel de confiabilidad según rango de trafico
Coficiente estadistico de desviacion estandar normal	Zr	-674	Tabla 13: Coeficiente estadistico de Desviasion estandar normal
Coficiente estadistico de desviacion estandar combinado	So	0.45	La Gia AASHTO recomiendad utilizar para pavimientos flexibles valores entre 0.40 y 0.50
Variacion del indice de serviciabilidad presente inicial y final	PSI	1.8	tabla 14: Diferencia de serviciabilidad
Numero estructural propuesto	SN	2.31	Calculo por la solucion de la formula estableidad de la guia AASHTO 93 para pavimentos flexibles

➤ **Calculo por la solucion de la formula estableidad de la guia AASHTO 93 para pavimentos flexibles**

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 75 % Zr=-0.674 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial 3.8 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante: Mr 11854.472 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

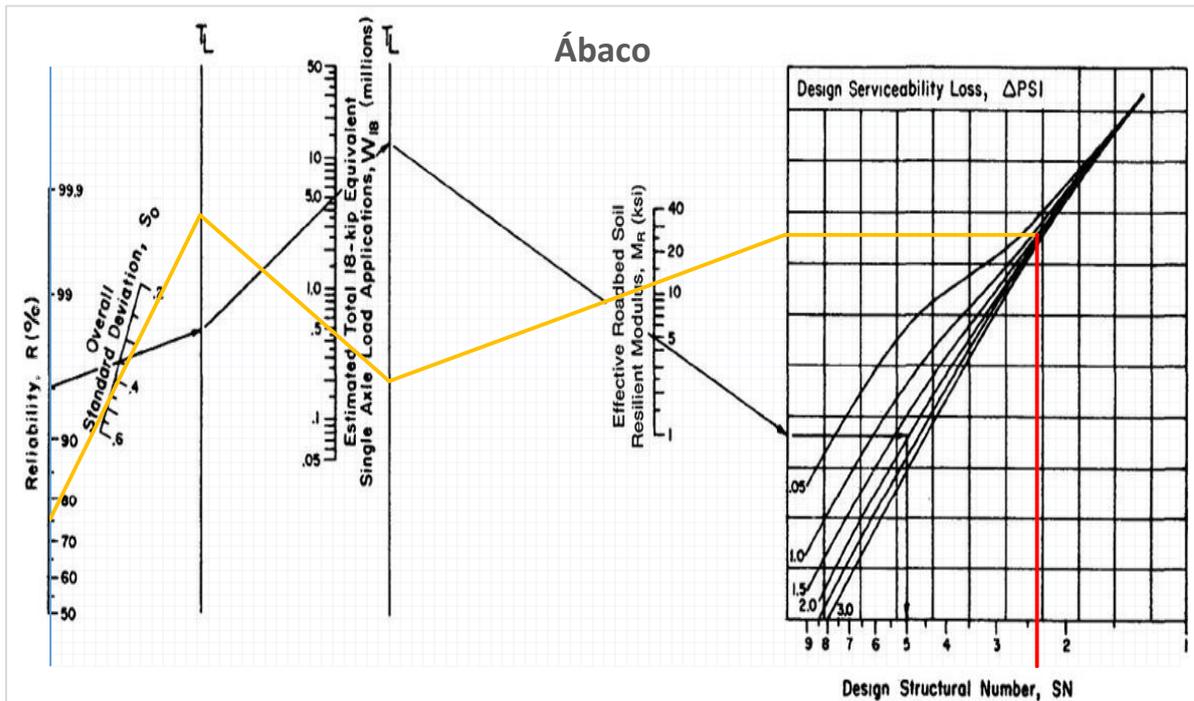
Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

W18 = 467044.88

Número Estructural: SN = 2.31

Botones: Calcular, Salir

- **Calculo por el Abaco estabilidad de la guia AASHTO 93 para pavimentos flexibles**



- **Cálculo de los Espesores del Pavimento Flexible**

El número estructural propuesto calculado, debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que constituirán el pavimento (capa de rodadura, base y sub-base), mediante el uso de coeficientes estructurales y de drenaje, para ello la guía AASHTO 93, establece la siguiente expresión matemática:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

En donde:

- a1, a2, a3: Coeficientes estructurales de las capas: capa de rodadura, base y subbase, respectivamente.
- d1, d2, d3: Espesores (en centímetros) de las capas: capa de rodadura, base y subbase, respectivamente.
- m2, m3: Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub-base, respectivamente.

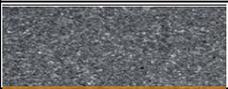
COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL ai (cm⁻¹)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	a1	0.170	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a1	0.125	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Micropavimento 25mm	a1	0.130	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa	a1	0.25 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	a1	0.15 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.052	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.054	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 500 lb)	a2a	0.115	Capa de Base recomendada para

			todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a2b	0.070	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a2c	0.080	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
DRENAJE	m ²	1.00	Tabla 15: Calidad del drenaje: bueno. Tabla 16: Valores recomendados del coeficiente de drenaje: mayor que 25% de tiempo el pavimento esta expuesto a condiciones de humedad.
SUBBASE			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.047	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.050	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
DRENAJE	m ²	1.00	Tabla 15: Calidad del drenaje: bueno. Tabla 16: Valores recomendados del coeficiente de drenaje: mayor que 25% de tiempo el pavimento esta expuesto a condiciones de humedad.

Alternativa 1	a1	a2	a3
Componente	Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS
Observación	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
ai (Recomendado)	0.15	0.052	0.05
ai (Definido)	0.17	0.052	0.05
		m1	m2
		1	1

D1	D2	D3
1.2 cm	25.0 cm	20.0 cm

Diseño del pavimento flexible mediante guía AASHTO 93.

ESTRUCTURA	CAPA	ESPESOR	UNIDAD
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.		1.2	cm
BASE		25	cm
SUB- BASE		20	cm

Espesores del Paquete Estructural	
Mortero Asfáltico	1.2 cm
Base Granular	25 cm
Sub Base Granular	20 cm

Tabla N° 27: "Espesores del paquete estructural"

Fuente: Propia

Para el Diseño del Pavimento Flexible, se calculó el número estructural de la carretera a través del vehículo de diseño, IMDA, y los datos obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos, y a través del método AASHTO 93, se obtuvieron los espesores siendo para el Mortero Asfáltico 1.2 cm, la Base Granular 25 cm y la Sub Base Granular de 20 cm, cabe mencionar que el Sistema Bitufor será aplicado en el espesor que le Corresponde al Mortero Asfáltico.

3.5 DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA

Dimensiones de la Carretera			
Calzada	6.0 m	Pendiente Transversal	52%
Berma	1.2 m	Talud de Corte	1 : 5
Bombeo	2.5%	Talud de Relleno	1 : 1
Faja de Dominio	15.0 m	Cuneta	Ancho: 0.30 m Alto: 0.30 m
Pendiente Longitudinal	7%		

Tabla N° 28: “Dimensiones de la Carretera”

Fuente: Propia

El tramo en estudio, cuenta con el siguiente Diseño Geométrico: un ancho de calzada de 6 metros, bermas laterales de 1.2 metros, bombeo para el escurrimiento de las aguas en el pavimento de 2.5%, como normatividad según el tipo de carretera, le corresponde como 15 metros como Faja de Dominio, para futuras ampliaciones o mejoras, la pendiente longitudinal y transversal que se acomodaban a la topografía del terreno es de 6% y 52% respectivamente, con una orografía AccidentadaZ, los taludes de corte y relleno son de 1:5 y 1:1 respectivamente, para el cálculo del movimiento de tierras, las dimensiones de la cuneta se determinaron con un ancho y alto de 0.30 metros.

CAPÍTULO IV.

DISCUSIÓN

4.1 DISCUSIÓN:

El tramo en estudio, al realizarse el conteo de vehículos, se obtuvo como Índice Medio Diario Anual de 317 vehículos/día, dando como resultado una Carretera de Tercera Clase, según el Clasificación de Carreteras de la Norma Peruana DG-2014, este dato indica un tráfico relativamente pesado, donde los vehículos más predominantes fueron los automóviles y las camionetas Pick Up, esto debido al transporte de suministros que necesita el Centro Turístico para brindar con comodidad su servicio y a su vez el transporte de las personas que visitan este lugar. Comparado a otros estudios de carretera, este Índice Medio Diario Anual es bajo, es por es que no podría clasificar como autopista, como si sucede en los antecedentes y estudios ya realizados en otros proyectos.

La caracterización de Suelo, al extraer las tres muestras de las calicatas ubicadas en distintos puntos, arrojaron resultados similares, esto es debido a que el tramo en estudio cuenta con una progresiva máxima de km3+000, por lo tanto es un tramo relativamente corto, y por ello las muestras de suelos poseen las mismas características; respecto al Contenido de Humedad obtenido de las tres calicatas, los resultados fueron dispersos, esto se debe a que el tramo se encuentra en una fuerte pendiente, en donde la parte más baja se encontraba más en contacto con humedad respecto a la parte más alta; la Granulometría obtenida nos muestra resultados similares, mostrando que los suelos se componen de la misma forma respecto a sus porcentajes de Grava, Arena y Finos. Al realizar los ensayos, se obtuvieron sus Límites Líquidos y Límites Plásticos, y su diferencia nos daba el Índice de Plasticidad, dato importante para poder clasificar los suelos, los resultados siguen siendo similares entre ellos, no hay una amplia diferencia, es por ello que al Clasificarlos con el Método AASHTO y SUCS, nos indica que se trata de un suelo Arcilloso Inorgánico con plasticidad Media. Y finalmente, la gravedad específica obtenida de las tres muestras arroja resultados sin diferencia, correspondiente a un Suelo Arcilloso.

Ya procesados los datos obtenidos del tráfico vehicular y de la caracterización del suelo, se pudo trabajar a través del software AutoCAD Civil 3D 2017 y con el manual de Diseño Geométrico DG-2014, el Diseño Geométrico de la Carretera, para así poder determinar la sección que lo conformara, teniendo la topografía del terreno, y según su orografía nos marcó un terreno Accidentado de Tipo 3, teniendo este parámetro definido, se realizó el alineamiento tanto en planta como en perfil, resultando las pendientes longitudinal y transversal 6% y 52% respectivamente, es así como se pudo calcular según las tablas del manual, el ancho de la calzada de 6 metros, el ancho de las bermas de 1.2

metros, el bombeo para el escurrimiento de las aguas de 2.5%, y determinándose la faja de Dominio para futuras ampliaciones de 15 metros, las cunetas también fueron diseñadas con un ancho y alto de 0.30 metros, y de esta forma, se calculó a través de tablas, el talud de corte y relleno, obteniéndose los movimientos de tierra, estos resultados son específicamente del terreno en el cual se realiza el estudio, estos varían según la naturaleza del terreno, es por ello que los estudios realizados anteriormente en los antecedentes tendrán dimensiones distintas de su sección.

Finalmente, los últimos resultados obtenidos fueron los espesores del paquete estructural que conformaran el pavimento flexible, correspondiente al diseño del pavimento a través del Método AASHTO 93, por tratarse de una carretera de tercera clase, con un IMDA relativamente bajo respecto a otras carreteras estudiadas y a las autopistas, se obtuvo que el espesor de la Sub Base Granular será de 20 cm, la Base Granular de 25 cm y el Mortero Asfáltico de 1.2 cm, estos datos obtenidos según su número estructural, el cual indica la capacidad de resistencia del pavimento frente a las cargas vehiculares, estos datos obtenidos son específicamente de este tramo en estudio, es por ello que comparándolo con los resultados de los antecedentes, se refleja que son distintos, cada terreno según su suelo y topografía indica el tipo de carretera y las dimensiones de su pavimento que tendrá; el Sistema Bitufor, que consta de una malla metálica con enlaces hexagonales y Slurry Seal, se encontrara ubicada en el espesor que le corresponde al Mortero Asfáltico teniendo contacto directo con la Base Granular para que tenga una mejor adherencia a esta, es allí donde actúa directamente su función principal, la de transferir mejor las cargas.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES:

- 5.1. Se logró establecer el Sistema Bitufor como medida sustentable para combatir la aparición de grietas y fisuras, prolongar la vida útil del pavimento en el diseño de la vía de acceso al Centro Turístico Rio Bar en el Distrito de Simbol, Provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, acoplando la malla metálica y la lechada asfáltica al diseño del pavimento flexible.
- 5.2. Se realizó el estudio descriptivo de las condiciones actuales del tramo en estudio, evidenciándose una fuerte pendiente en el ingreso del Centro Turístico, presencia de vegetación que dificulta la vista de los vehículos y la trocha realizada a nivel de afirmado.
- 5.3. Se realizó el levantamiento topográfico de la zona y se determinó como un Terreno Accidentado de Tipo 3.
- 5.4. Se realizó el estudio de suelos, y se logró conocer las condiciones y características físicas del suelo, lo que sirvió como datos preliminares para el diseño del pavimento flexible, lográndose conocer que se trata de un suelo Arcilloso Inorgánico de Plasticidad Media.
- 5.5. Se realizó el estudio de Trafico, obteniéndose un IMDA de 317 vehículos por día, determinándose una Carretera de Tercera Clase.
- 5.6. Se realizó el Diseño Geométrico de la vía, tanto en planta, perfil y sección transversal, y de esta forma se obtuvieron las dimensiones de la vía.
- 5.7. Se determinó los espesores del pavimento flexible con la Aplicación del Sistema Bitufor, (Mortero asfáltico 1.2 cm, Base Granular 25 cm, Sub Base granular 20 cm) bajo los estándares establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, y de esta forma se logró acoplar la malla metálica al pavimento flexible; ubicada entre el mortero asfáltico y la base granular.

CAPÍTULO VI.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES:

- 6.1.** Se le recomienda a la Municipalidad Distrital de Simbal que al realizar estudios de proyectos y la ejecución de los mismos, se realicen en épocas en las que las disponibilidades climáticas sean favorables para quien las realiza, ya que el realizar estudios y proyectos ingenieriles en épocas desfavorables, llámese lluvia torrencial o helada, genera severas limitaciones en el desarrollo de las mismas; además, para proyectos como los de Carreteras, se le recomienda hacer un estudio de mecánica de suelos correcto, ya que las propiedades del suelo de muchas zonas del lugar son regularmente buenos para ser utilizados como material granular para afirmado, además de relleno y compactación.
- 6.2.** A los profesionales de construcción de Obras Civiles, recomendarles la utilización de equipos adecuados para el estudio de proyectos de la zona; además de buscar siempre la manera de optimizar la utilización de los recursos disponibles, alcanzando los mismos o mejores resultados deseados; además, recomendarles tener la disponibilidad total de la zona, a través de documentación que avale dicho fin.
- 6.3.** A los Futuros tesisistas, se les recomienda tener muy en claro la problemática que buscan solucionar, para así plasmar de forma simple y concisa, los objetivos e hipótesis del proyecto; además de ello, buscar nuevas alternativas en la fabricación de las mallas metálicas en su aplicación a las carreteras, así como también nuevos métodos de anclaje.
- 6.4.** A la población que conforman la localidad de Simbal y los dueños del local turístico Río bar, recomendarles que, al tener el proyecto ya realizado, repotencien su actividad turística - comercial, así como el seguir buscando el crecimiento social de este sector, dentro del Distrito de Simbal.

CAPÍTULO VII.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS

- AASHTO. (2011). *"DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE: NORMA AASHTO 93"*.
- CALIFORNIA. AASHTO. (2011). *"ENSAYO CBR: NORMA AASHTO T 274"*.
- CALIFORNIA.
- ACURIO, 2016
- MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
- ASTM. (2011). *"ENSAYO PROCTOR: NORMA ASTM D-1557"*. NEW YORK.
- CASTILLO. (1984). *Historia del Asfalto*. Madrid.
- GUZMAN, B. (2016). *udep.edu*. Obtenido de <http://udep.edu.pe/hoy/2015/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>
- HOFFMAN, M. S. (2010). *"ESTUDIO DE EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS BASADOS EN LA INTERPRETACION DE CURVAS DE DEFLEXIONES (ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS)"*. MADRID.
- INSTITUTO-MEXICANO-DE-TRANSPORTE. (2002). *TRANSPORTE*. MEXICO.
- MINISTERIO-DE-TRANSPORTES-Y-COMUNICACIONES. (2010). *MANUAL DE CAMINOS PAVIMENTADOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO*. LIMA.
- MINISTERIO-DE-TRANSPORTES-Y-COMUNICACIONES. (2014). *DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS*. LIMA.
- PRODAC. (2013). SISTEMA BITUFOR. PRODAC.
- RODRIGUEZ. (2004). *"EVALUACION Y REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO DEL RECICLAJE"*. LIMA.
- SALVATIERRA. (2016). *PROYECTOS DE TRANSPORTE*. TRUJILLO.
- VANEL. (2001). *ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES QUE USAN MALLA DE ACERO COMO REFUERZO DE BASES*. MADRID.
- VANELSTRAETE. (2010). *"PRUEBAS DE ADHERENCIA EN MUESTRAS BITUMINOSAS CON MALLA DE ACERO DE REFUERZO"*. MADRID.

ANEXO N° 02

Resumen de la Guía de Observación

GUIA DE OBSERVACIONES			
ESTIMACION DE CANTIDADES DE CALICATAS EN CADA TRAMO DE PROGRESIVA			
NOMBRE DE LA RUTA:	ACCESO AL CENTRO TURISTICO RIO BAR	FECHA:	11/03/2018
REALIZADO POR:	ZARATE GARCIA DAVID PELAEZ MEREGILDO JOSE		
NÚMERO DE CALICATA	PROGRESIVA(m)	PROFUNDIDAD DE CALICATA	NAF(m)
C-1	3+020	1.5	1.23
C-2	3+270	1.5	1.18
C-3	3+520	1.5	NP

Tabla N° 29: “Resumen de la Guía de Observación”

Fuente: Propia

ANEXO N° 03

Excavación de Calicata C-1

CALICATA C-1 PROGRESIVA 3+020		
PROUNDIDAD (m)	ESP. RELLENO ORGANICO (mts)	DESCRIPCION VISUAL DE MUESTRA
-1.55	0.1	GRAVA LIMOSA, COLOR BEIGE OSCURO, ESTADO DE COMPACIDAD SEMI DENSA, PARCIALMENTE SECA, PARTICULAS DE FORMA SUB ANGULOSA. 

Tabla N° 30: “Excavación de Calicata C-1”

Fuente: Propia

ANEXO N° 04

Excavación de Calicata C-2

CALICATA C-2 PROGRESIVA 3+270		
PROUNDIDAD (m)	ESP. RELLENO ORGANICO (mts)	DESCRIPCION VISUAL DE MUESTRA
-1.5	0.3	GRAVA LIMOSA, COLOR BEIGE OSCURO, ESTADO DE COMPACIDAD SEMI DENSA, PARCIALMENTE SECA, PARTICULAS DE FORMA SUB ANGULOSA. 

Tabla N° 31: “Excavación de Calicata C-2”

Fuente: Propia

ANEXO N° 05

Excavación de Calicata C-3

CALICATA C-3 PROGRESIVA 3+520		
PROUNDIDAD (m)	ESP. RELLENO ORGANICO (mts)	DESCRIPCION VISUAL DE MUESTRA
-1.5	0.3	GRAVA LIMOSA, COLOR BEIGE OSCURO, ESTADO DE COMPACIDAD SEMI DENSA, PARCIALMENTE SECA, PARTICULAS DE FORMA SUB ANGULOSA. 

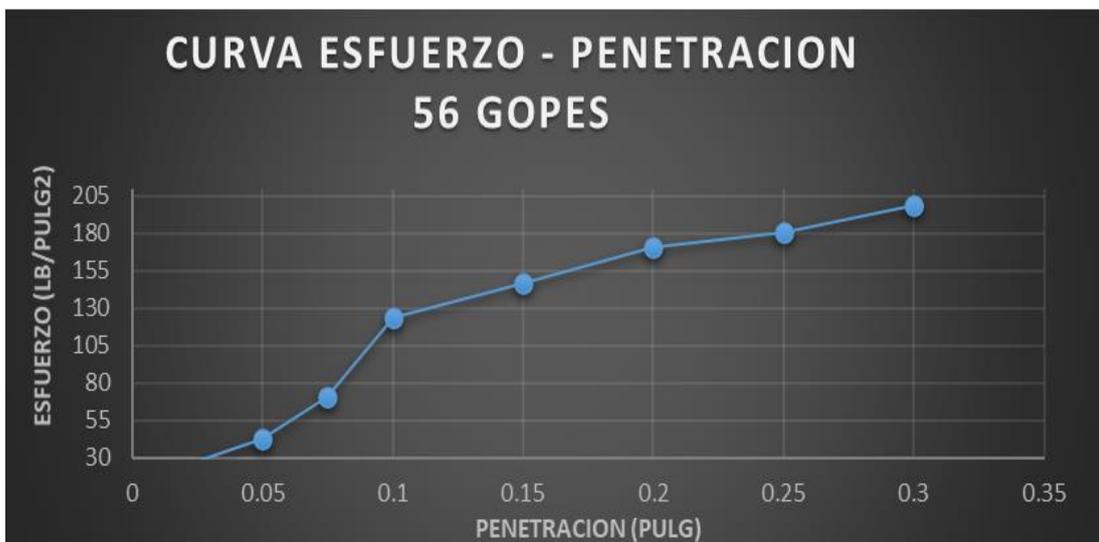
Tabla N° 32: “Excavación de Calicata C-3” Fuente: Propia

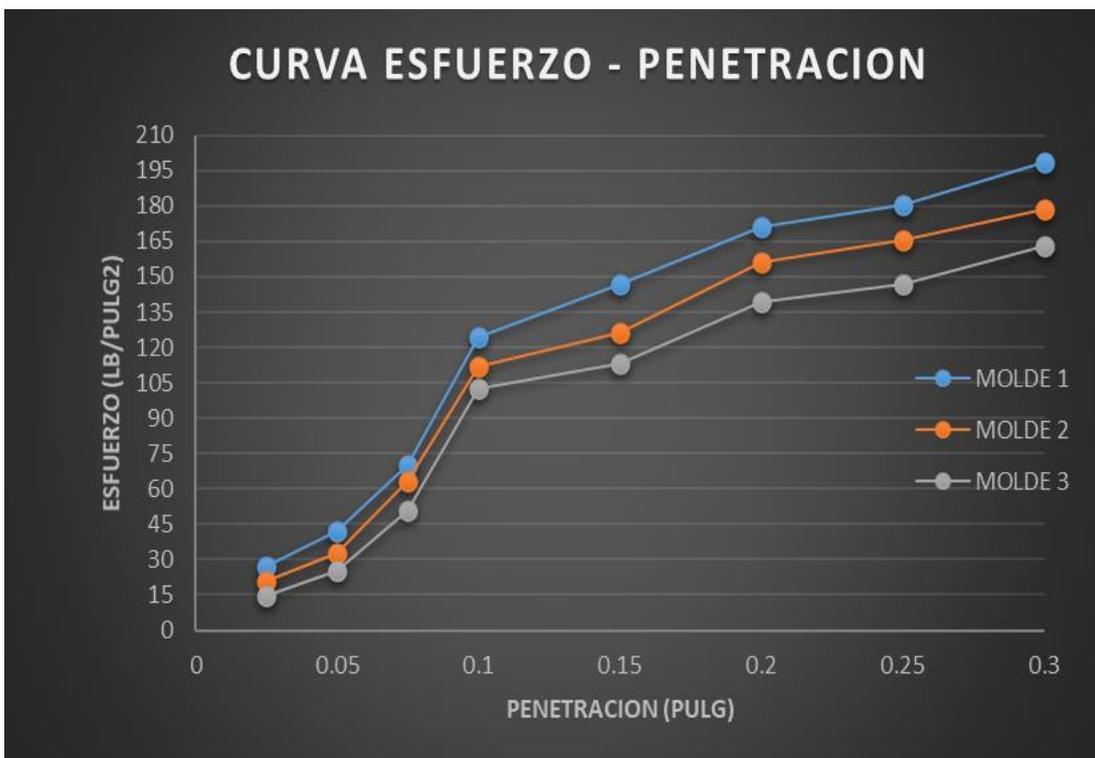
➤ ANEXO N° 06 CBR y Proctor modificado

CBR

UPRIT	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS					
SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO						
TESIS: EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018						
TESISTA: ZÁRATE GARCÍA DAVID ABNER						
PERFORACIÓN: 1.50 mts. CALICATA N°1						
DETERMINACION DE LA DENSIDAD						
MOLDE N°	1		2		3	
ALTURA DE MOLDE (mm)	120		120		120	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPAS	56		25		12	
DIAMETRO	15.2		15.2		15.2	
AREA	181.46		181.46		181.46	
VOLUMEN	2323.00		2323.00		2323.00	
CONDICION DE MUESTRA	ANTES DE EMPACAR	DESPUES DE EMPACAR	ANTES DE EMPACAR	DESPUES DE EMPACAR	ANTES DE EMPACAR	DESPUES DE EMPACAR
Peso de muestra húmeda + molde	9646.30	9647.48	8548.70	8549.91	9414.70	9416.20
Peso de molde (g)	5103.60	5103.60	4152.20	4152.20	5093.70	5093.70
Peso de muestra húmeda (g)	4542.70	4543.88	4396.50	4397.71	4321.00	4322.50
Volumen de la muestra (cm ³)	2323.00	2323.00	2323.00	2323.00	2323.00	2323.00
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.96	1.96	1.89	1.89	1.86	1.86
Densidad Húmeda Promedio (g/cm ³)	1.96		1.89		1.86	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara N°	1	2	3			
Peso de tara + Suelo húmedo (g)	74.16	62.02	62.13			
Suelo Seco + Tara (g)	71.21	58.54	57.46			
Peso Agua (g)	2.95	3.48	4.67			
Peso recipiente (g)	13.33	15.20	13.03			
Peso Suelo Seco (g)	57.88	43.34	44.43			
Contenido de Humedad (%)	5.10	8.03	10.51			
Densidad Seca (g/cm ³)	1.86	1.75	1.68			
DETERMINACION DE EXPANSIÓN						
Molde N°	1			2		
Tiempo (h)	Lectura	Hinchamiento	(%)	Lectura	Hinchamiento	(%)
0	4.42	0.00	0.00	4.18	0	0.00
24	5.77	1.35	1.12	4.87	0.69	0.58
48	6.58	0.81	0.68	5.66	0.79	0.66
72	7.06	0.48	0.40	6.21	0.55	0.46
96	7.21	0.15	0.13	6.98	0.77	0.64
	3					
	Lectura	Hinchamiento	(%)			
	3.89	0	0.00			
	4.21	0.32	0.27			
	4.66	0.45	0.38			
	4.99	0.33	0.28			
	5.42	0.43	0.36			

DETERMINACION DE CARGA - PENETRACION							Area del disco	3
Molde Nº	1		2		3			
Nº de Golpes	56		25		12			
Penetración (pul)	Carga (lb)	Esfuerzo (lb/pulg2)	Carga (lb)	Esfuerzo (lb/pu	Carga (lb)	Esfuerzo (lb/pulg2)		
0.025	115.30	38.43	90.10	30.03	70.30	23.43		
0.050	146.90	48.97	123.5	41.17	96.10	32.03		
0.075	240.40	80.13	210.20	70.07	175.20	58.40		
0.100	410.80	136.93	370.3	123.43	336.50	112.17		
0.150	470.60	156.87	405.3	135.10	370.80	123.60		
0.200	557.40	185.80	498.5	166.17	451.90	150.63		
0.250	582.30	194.10	535.7	178.57	465.90	155.30		
0.300	606.70	202.23	568.6	189.53	502.30	167.43		





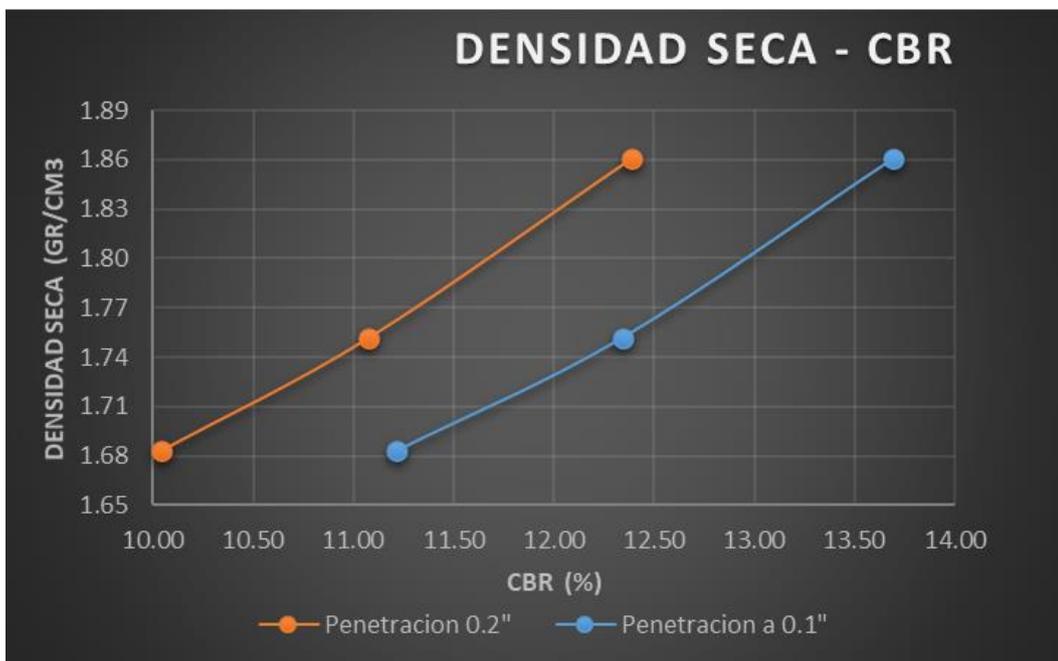
SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018.

MOLDE	56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES	
Penetracion	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esfuerzo real (lb/pulg2)	136.93	185.80	123.43	166.17	112.17	150.63
Esfuerzo Patron (lb/pulg2)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	13.69	12.39	12.34	11.08	11.22	10.04

MOLDE	56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES	
Penetracion (Pulg)	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	13.69	12.39	12.34	11.08	11.22	10.04
Densidad Seca (gr/cm3)	1.86		1.75		1.68	

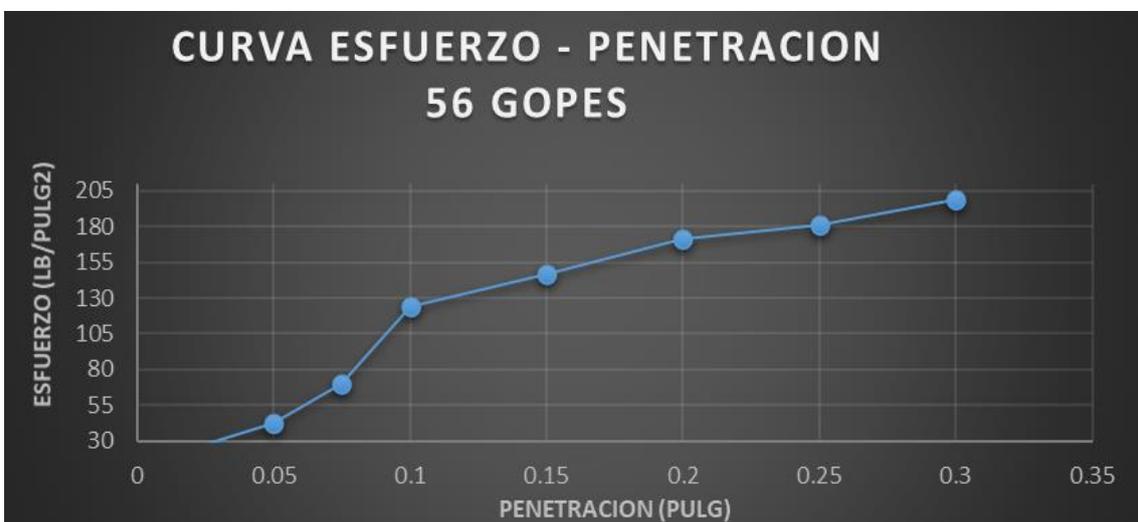
MOLDE	Penetracion a 0.1"		Penetracion 0.2"	
	CBR(%)	DS(gr/cm3)	CBR(%)	DS (gr/cm3)
56 Golpes	13.69	1.86	12.39	1.86
25 Golpes	12.34	1.75	11.08	1.75
12 golpes	11.22	1.68	10.04	1.68

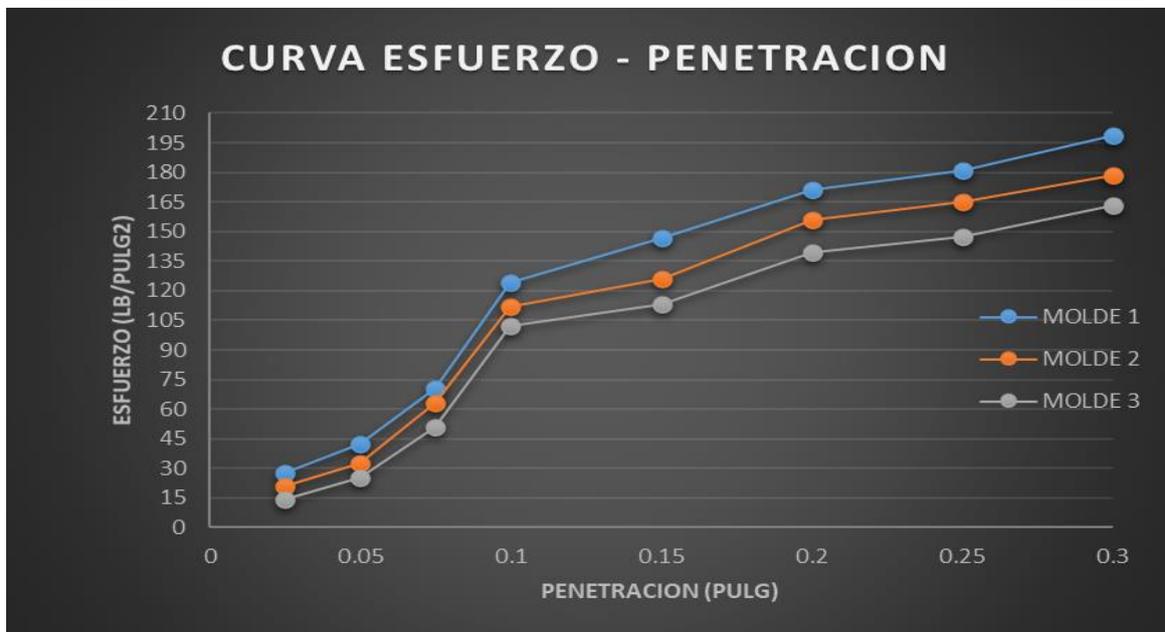
CALITA N° 1		CBR 0,1"	CBR 0,2"
Max DS 100%	1.83	13.10%	11.90%
95% Max Ds.	1.74	12%	10.51%
CBR DISEÑO	12.00%		



UPRIT	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS					
SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO						
TESIS: EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018						
TESISTA: ZÁRATE GARCÍA DAVID ABNER						
PERFORACIÓN: 1.50 mts. CALICATA Nº2						
DETERMINACION DE LA DENSIDAD						
MOLDE Nº	1		2		3	
ALTURA DE MOLDE (mm)	120		120		120	
Nº DE CAPAS	5		5		5	
Nº DE GOLPES POR CAPAS	56		25		12	
DIAMETRO	15.2		15.2		15.2	
AREA	181.46		181.46		181.46	
VOLUMEN	2323.00		2323.00		2323.00	
CONDICION DE MUESTRA	ANTES DE EMPACAR	DESPUES DE EMPACAR	ANTES DE EMPACAR	DESPUES DE EMPACAR	ANTES DE EMPACAR	DESPUES DE EMPACAR
Peso de muestra húmeda + molde (g)	9586.10	9587.28	8495.60	8496.81	9364.05	9365.55
Peso de molde (g)	5101.80	5101.80	4153.20	4153.20	5092.70	5092.70
Peso de muestra húmeda (g)	4484.30	4485.48	4342.40	4343.61	4271.35	4272.85
Volumen de la muestra (cm ³)	2323.00	2323.00	2323.00	2323.00	2323.00	2323.00
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.93	1.93	1.87	1.87	1.84	1.84
Densidad Húmeda Promedio (g/cm ³)	1.93		1.87		1.84	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara Nº	1	2	3			
Peso de tara + Suelo húmedo (g)	76.12	64.23	65.43			
Suelo Seco + Tara (g)	73.11	60.97	60.76			
Peso Agua (g)	3.01	3.26	4.67			
Peso recipiente (g)	13.33	15.20	13.03			
Peso Suelo Seco (g)	59.78	45.77	47.73			
Contenido de Humedad (%)	5.04	7.12	9.78			
Densidad Seca (g/cm ³)	1.84	1.75	1.67			
DETERMINACION DE EXPANSIÓN						
Molde Nº	1			2		
Tiempo (h)	Lectura	Hinchamiento	(%)	Lectura	inchamiento	(%)
0	4.42	0.00	0.00	4.18	0	0.00
24	5.67	1.25	1.04	4.87	0.69	0.58
48	6.60	0.93	0.78	5.66	0.79	0.66
72	7.05	0.45	0.38	6.21	0.55	0.46
96	7.23	0.18	0.15	6.98	0.77	0.64
3						
Lectura	Hinchamiento	(%)				
3.89	0	0.00				
4.21	0.32	0.27				
4.66	0.45	0.38				
4.99	0.33	0.28				
5.42	0.43	0.36				

DETERMINACION DE CARGA - PENETRACION						Area del disco
Molde Nº	1		2		3	
Nº de Golpes	56		25		12	
Penetración (pulg)	Carga (lb)	Esfuerzo (lb/pulg2)	Carga (lb)	Esfuerzo (lb/pu)	Carga (lb)	Esfuerzo (lb/pulg2)
0.025	82.30	27.43	63.50	21.17	43.20	14.40
0.050	126.90	42.30	97.4	32.47	76.10	25.37
0.075	210.40	70.13	189.70	63.23	152.30	50.77
0.100	372.30	124.10	335.3	111.77	306.80	102.27
0.150	440.20	146.73	378.6	126.20	340.40	113.47
0.200	513.40	171.13	467.8	155.93	418.70	139.57
0.250	542.30	180.77	496.2	165.40	441.30	147.10
0.300	595.30	198.43	535.7	178.57	489.20	163.07



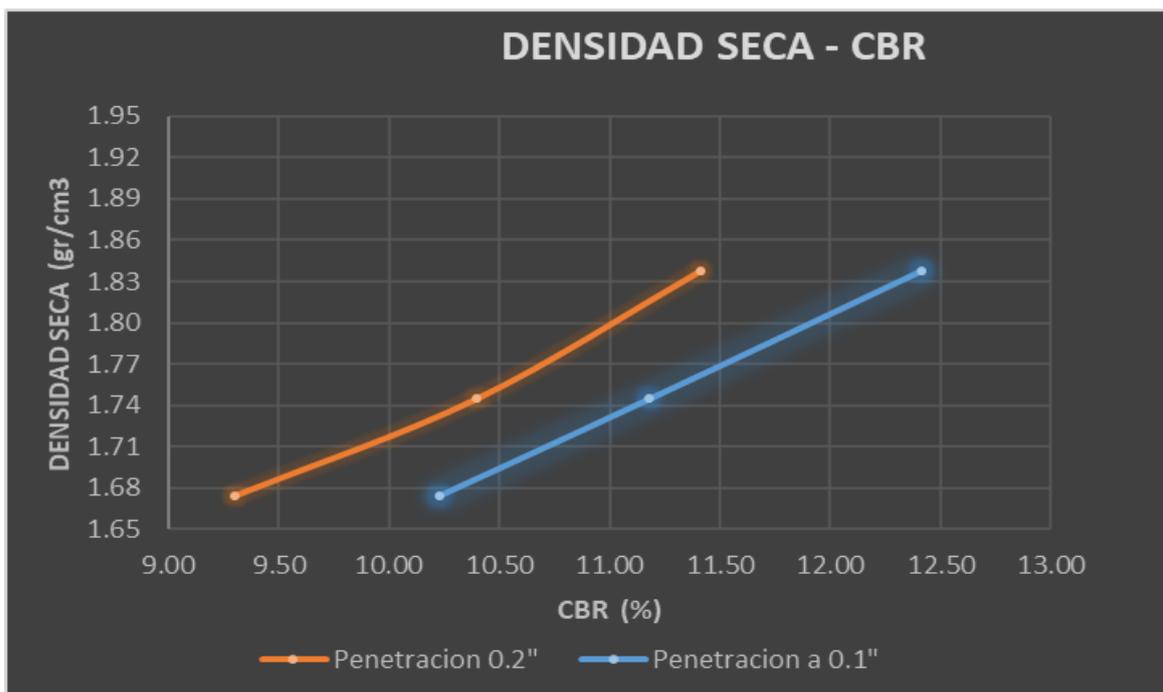


MOLDE	56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Penetracion	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esfuerzo real (lb/pulg2)	124.10	171.13	111.77	155.93	102.27	139.57
Esfuerzo Patron (lb/pulg2)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	12.41	11.41	11.18	10.40	10.23	9.30

MOLDE	56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES	
Penetracion (Pulg)	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	12.41	11.41	11.18	10.40	10.23	9.30
Densidad Seca (gr/cm3)	1.84		1.75		1.67	

MOLDE	Penetracion a 0.1"		Penetracion 0.2"	
	CBR(%)	DS(gr/cm3)	CBR(%)	DS (gr/cm3)
56 Golpes	12.41	1.84	11.41	1.84
25 Golpes	11.18	1.75	10.40	1.75
12 golpes	10.23	1.67	9.30	1.67

CALITA N° 1		CBR 0,1"	CBR 0,2"
Max DS 100%	1.82	11.49%	10.68%
95% Max Ds.	1.73	10.43%	9.03%
CBR DISEÑO	9.03%		



UPRIT	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS					
TESIS: SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018						
TESISTA: ZÁRATE GARCÍA DAVID ABNER						
PERFORACIÓN: 1.50 mts. CALICATA Nº3						
DETERMINACION DE LA DENSIDAD						
MOLDE Nº	1		2		3	
ALTURA DE MOLDE (mm)	120		120		120	
Nº DE CAPAS	5		5		5	
Nº DE GOLPES POR CAPAS	56		25		12	
DIAMETRO	15.2		15.2		15.2	
AREA	181.46		181.46		181.46	
VOLUMEN	2323.00		2323.00		2323.00	
CONDICION DE MUESTRA	ANTES DE EMPACAR	DESPUES DE EMPACAR	ANTES DE EMPACAR	DESPUES DE EMPACAR	ANTES DE EMPACAR	DESPUES DE EMPACAR
Peso de muestra húmeda + molde (g)	9723.20	9724.38	8621.10	8622.31	9486.10	9487.60
Peso de molde (g)	5105.80	5105.80	4158.60	4158.60	5093.70	5105.80
Peso de muestra húmeda (g)	4617.40	4618.58	4462.50	4463.71	4392.40	4381.80
Volumen de la muestra (cm ³)	2323.00	2323.00	2323.00	2323.00	2323.00	2323.00
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.99	1.99	1.92	1.92	1.89	1.89
Densidad Húmeda Promedio (g/cm ³)	1.99		1.92		1.89	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara Nº	1	2	3			
Peso de tara + Suelo húmedo (g)	75.17	63.15	65.16			
Suelo Seco + Tara (g)	73.11	60.97	61.35			
Peso Agua (g)	2.06	2.18	3.81			
Peso recipiente (g)	13.33	15.20	13.03			
Peso Suelo Seco (g)	59.78	45.77	48.32			
Contenido de Humedad (%)	3.45	4.76	7.88			
Densidad Seca (g/cm ³)	1.92	1.83	1.75			
DETERMINACION DE EXPANSIÓN						
Molde Nº	1			2		
Tiempo (h)	Lectura	Hinchamiento	(%)	Lectura	Hinchamiento	(%)
0	4.42	0.00	0.00	4.18	0	0.00
24	5.67	1.25	1.04	4.87	0.69	0.58
48	6.60	0.93	0.78	5.66	0.79	0.66
72	7.05	0.45	0.38	6.21	0.55	0.46
96	7.23	0.18	0.15	6.98	0.77	0.64
3						
	Lectura	Hinchamiento	(%)			
	3.89	0	0.00			
	4.21	0.32	0.27			
	4.66	0.45	0.38			
	4.99	0.33	0.28			
	5.42	0.43	0.36			

DETERMINACION DE CARGA - PENETRACION						Area del disco	3
Molde Nº	1		2		3		
Nº de Golpes	56		25		12		
Penetración (pulg)	Carga (lb)	Esfuerzo (lb/pulg)	Carga (lb)	Esfuerzo (lb/	Carga (lb)	Esfuerzo (lb/pulg ²)	
0.025	305.70	101.90	185.30	61.77	140.30	46.77	
0.050	380.60	126.87	285.6	95.20	235.10	78.37	
0.075	460.50	153.50	376.20	125.40	320.60	106.87	
0.100	572.90	190.97	493.9	164.63	448.20	149.40	
0.150	695.10	231.70	577.3	192.43	506.80	168.93	
0.200	776.50	258.83	686.2	228.73	618.60	206.20	
0.250	868.80	289.60	775.3	258.43	668.90	222.97	
0.300	892.80	297.60	835.4	278.47	747.60	249.20	



PROCTOR MODIFICADO

UPRIT	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL			
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS			
TESIS: SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018				
TESISTA: ZÁRATE GARCÍA DAVID ABNER				
PERFORACIÓN: 1.50 mts. CALICATA Nº01				
RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)				
MOLDE Nº	1	2	3	
ALTURA DE MOLDE (mm)	120	120	120	
Nº DE CAPAS	5	5	5	
Nº DE GOLPES POR CAPAS	12	25	56	
DIAMETRO	15.2	15.2	15.2	
AREA	181.46	181.46	181.46	
VOLUMEN	2177.51	2177.51	2177.51	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD				
MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (g)	57.64	57.64	57.64	57.64
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	165.82	169.87	167.23	164.31
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (g)	153.26	155.3	152.86	149.76
PESO DEL AGUA (g)	12.56	14.57	14.37	14.55
PESO DEL MATERIAL SECO (g)	95.62	97.66	95.22	92.12
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	13.14	14.92	15.09	15.79
DETERMINACION DE LA DENSIDAD				
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.14	14.92	15.09	15.79
PESO DEL SUELO+MOLDE (g)	10892	11096	11154	11052
PESO DEL MOLDE (g)	6552	6543	6541	6542
PESO DEL SUELO (g)	4340	4553	4613	4510
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm3)	1.99	2.09	2.12	2.07
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.76	1.82	1.84	1.79
DENSIDAD MAXIMA (g/cm3)	1.83			
HUMEDAD OPTIMA (%)	15.01			
<p style="text-align: center;">COMPACTACION</p>				

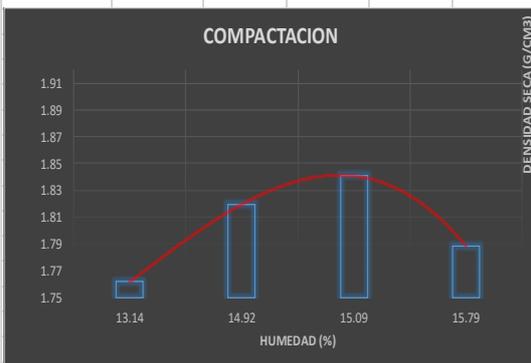
UPRIT		FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS		
TESIS: SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018				
TESISTA: ZÁRATE GARCÍA DAVID ABNER				
PERFORACIÓ 1.50 mts. CALICATA Nº02				
RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)				
MOLDE Nº	1	2	3	
ALTURA DE MOLDE (mm)	120	120	120	
Nº DE CAPAS	5	5	5	
Nº DE GOLPES POR CAPAS	12	25	56	
DIAMETRO	15.2	15.2	15.2	
AREA	181.46	181.46	181.46	
VOLUMEN	2177.51	2177.51	2177.51	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD				
MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (g)	57.2	57.5	56.71	57.89
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	162.84	161.89	162.95	162.32
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (g)	152.24	152.3	151.89	151.76
PESO DEL AGUA (g)	10.6	9.59	11.06	10.56
PESO DEL MATERIAL SECO (g)	95.04	94.8	95.18	93.87
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	11.15	10.12	11.62	11.25
DETERMINACION DE LA DENSIDAD				
CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.15	10.12	11.62	11.25
PESO DEL SUELO+MOLDE (g)	10844	10891	10997	10939
PESO DEL MOLDE (g)	6560	6560	6560	6560
PESO DEL SUELO (g)	4284	4331	4437	4379
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm3)	1.97	1.99	2.04	2.01
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.77	1.81	1.83	1.81
DENSIDAD MAXIMA (g/cm3)	1.82			
HUMEDAD OPTIMA (%)	11.2			

COMPACTACION

Humedad (%)	Densidad Seca (g/cm³)
11.15	1.77
10.12	1.81
11.62	1.83
11.25	1.81

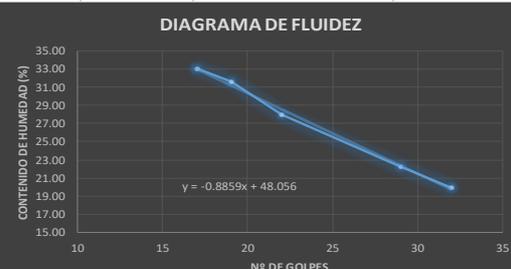
UPRIT		FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL													
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS													
TESIS:		SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018													
TESISTA:		ZÁRATE GARCÍA DAVID ABNER													
PERFORACIÓN:		1.50 mts.		CALICATA Nº03											
RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)															
MOLDE Nº	1	2	3												
ALTURA DE MOLDE (mm)	120	120	120												
Nº DE CAPAS	5	5	5												
Nº DE GOLPES POR CAPAS	12	25	56												
DIAMETRO	15.2	15.2	15.2												
AREA	181.46	181.46	181.46												
VOLUMEN	2177.51	2177.51	2177.51												
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDA															
MUESTRA Nº	1	2	3	4											
PESO DEL TARRO (g)	57.01	57.01	57.01	57.01											
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	162.82	162.91	163.38	163.35											
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (g)	152.23	152.3	151.89	151.76											
PESO DEL AGUA (g)	10.59	10.61	11.49	11.59											
PESO DEL MATERIAL SECO (g)	95.22	95.29	94.88	94.75											
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	11.12	11.13	12.11	12.23											
DETERMINACION DE LA DENSIDAD															
CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.12	11.13	12.11	12.23											
PESO DEL SUELO+MOLDE (g)	10893	11094	11163	11051											
PESO DEL MOLDE (g)	6551	6543	6551	6532											
PESO DEL SUELO (g)	4342	4551	4612	4519											
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm3)	1.99	2.09	2.12	2.08											
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.79	1.88	1.89	1.85											
DENSIDAD MAXIMA (g/cm3)	1.83														
HUMEDAD OPTIMA (%)	12.01														
COMPACTACION															
<table border="1"> <caption>Data for Compactacion Chart</caption> <thead> <tr> <th>HUMEDAD (%)</th> <th>DENSIDAD SECA (g/cm3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11.12</td> <td>1.76</td> </tr> <tr> <td>11.13</td> <td>1.80</td> </tr> <tr> <td>12.11</td> <td>1.82</td> </tr> <tr> <td>12.23</td> <td>1.81</td> </tr> </tbody> </table>						HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)	11.12	1.76	11.13	1.80	12.11	1.82	12.23	1.81
HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)														
11.12	1.76														
11.13	1.80														
12.11	1.82														
12.23	1.81														

UPRIT		FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL			
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS			
TESIS: SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018					
TESISTA:					
PERFORACIÓN: 1.50 mts. CALICATA Nº01					
RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)					
MOLDE Nº	1	2	3		
PESO (gr)	3540	3540	3540		
ALTURA DE MOLDE (cm)	11.55	11.55	11.55		
Nº DE CAPAS	5	5	5		
Nº DE GOLPES POR CAPAS	12	25	56		
DIAMETRO INTERIOR (cm)	10.17	10.17	10.17		
VOLUMEN INTERIOR (cm ³)	938.24	938.24	938.24		
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					
MUESTRA Nº	1	2	3	4	
Wm + Molde	4960	5040	5120	5190	
Wm	1420	1500	1580	1650	w(%)
Peso Volumetrico humedo (g/cm ³)	1.51	1.60	1.68	1.76	peso volumetrico seco
wf	117.16	128.98	119.1	117.49	1 12.43%
wh+f	175.22	182.12	187.4	173.23	2 16.74%
wh	58.06	53.14	68.3	55.74	3 20.67%
wd+f	168.8	174.5	175.7	162.29	4 24.42%
wd	51.64	45.52	56.6	44.8	5 28.85%
w(%)	12.43%	16.74%	20.67%	24.42%	
peso volumetrico seco	1.35	1.37	1.40	1.41	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD					
CONTENIDO DE HUMEDAD %	58.06	53.14	68.30	55.74	
PESO DEL SUELO+MOLDE (g)	10890	11098	11153	11054	
PESO DEL MOLDE (g)	6550	6540	6540	6540	
PESO DEL SUELO (g)	4340	4558	4613	4514	
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	4.63	4.86	4.92	4.81	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.93	3.17	2.92	3.09	
DENSIDAD MAXIMA (g/cm ³)	1.90				
HUMEDAD OPTIMA (%)	11.78				



LIMITES DE ATTERBERG							
LIMITE LIQUIDO							
Capsula	Peso capsula (g)	Golpes	Peso suelo humedo + capsula (g)	Peso suelo seco + capsula (g)	Peso Agua	Peso Suelo Seco	% de humedad
25	22.48	17	52.01	44.68	7.33	22.20	33.02
20	21.89	19	49.05	42.52	6.53	20.63	31.65
55	15.03	22	45.65	38.95	6.70	23.92	28.01
60	21.98	29	54.90	48.91	5.99	26.93	22.24
3	16.20	32	44.12	39.48	4.64	23.28	19.93
Limite Plastico							
Capsula	Peso capsula (gr)	Peso suelo humedo + capsula (gr)	Peso suelo seco + capsula (gr)	Peso Agua	Peso Suelo Seco	% de humedad	
5	24.85	46.01	43.01	3.00	18.16	16.52	
24	17.25	36.00	32.48	3.52	15.23	23.11	
58	16.01	29.65	27.21	2.44	11.20	21.79	
Limite Liquido		Golpes		% de humedad		LIMITE DE CONSISTENCIA	
		17			Limite Líquido (%)		25.91
		19			Limite Plástico (%)		20.47
		22			INDICE DE PLASTICIDAD		5.44
		29					
		32					

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



$y = -0.8859x + 48.056$

ANEXO N° 07

Imagen N° 22. Estación N° 2 del tramo de estudio



ANEXO N° 08

Formato de Conteo y Clasificación Vehicular

REPUBLICA DEL PERU

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

FORMATO N° 1
MTC
Ministerio de Transportación y Comunicaciones
Oficina de Planeación y Presupuesto
Suboficina de Operaciones de Servicio

TRAMO DE LA CARRETERA		← E S →		ESTACION	
SENTIDO				CODIGO DE ESTACION	
UBICACION				FECHA	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS		MICRO		BUS				CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER			
					PANEL	RURAL Combó	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
.....	E																						
.....	A																						
.....	S																						
.....	E																						
.....	A																						
.....	S																						
.....	E																						
.....	A																						
.....	S																						
.....	E																						
.....	A																						
.....	S																						

ENCUESTADOR : _____ JEFE DE BRIGADA : _____ ING. RESPONSABLE : _____ SUPERV. MTC : _____

ANEXO N° 09
Formato de Conteo y Clasificación Vehicular

Formato N° 1
VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO

Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	DV SIMBAL- SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO - SAMNE
Sentido	ENTRADA
Fecha	lunes, 06/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitrailers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	2	3	3	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	7.86
08-09	3	2	2	-	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.57
09-10	4	1	2	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.14
10-11	5	1	4	-	2	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	11.43
11-12	5	1	4	-	1	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	10.71
12-13	4	2	3	-	3	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	10.71
13-14	3	1	3	-	2	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.57
14-15	2	2	2	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.14
15-16	4	1	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	5.71
16-17	3	1	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	6.43
17-18	4	1	3	-	1	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.29
18-19	2	2	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	6.43
TOTAL	41	18	32	-	23	-	-	-	16	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	
%	29.29	12.86	22.86	-	16.43	-	-	-	11.43	7.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00

Formato N° 1
VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO

Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	SIMBAL-DV. SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	SALIDA
Fecha	lunes, 06/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitrailers			Traylers				Total	%	
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
07-08	2	3	3	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	7.69
08-09	3	2	2	-	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.39
09-10	4	1	2	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	6.99
10-11	5	2	4	-	2	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	11.89
11-12	5	1	4	-	1	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	10.49
12-13	4	2	3	-	3	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	10.49
13-14	4	1	3	-	2	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.09
14-15	2	2	2	-	3	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	11	7.69
15-16	4	1	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	5.59
16-17	3	1	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	6.29
17-18	4	1	3	-	1	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.09
18-19	2	2	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	6.29
TOTAL	42	19	32	-	23	-	-	-	16	10	-	-	1	-	-	-	-	-	-	143	
%	29.37%	13.29%	22.38%	0.00%	16.08%	0.00%	0.00%	0.00%	11.19%	6.99%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00	



Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	DV SIMBAL- SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO - SAMNE
Sentido	ENTRADA
Fecha	martes, 07/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				Total	%	
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
07-08	2	3	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	8.03
08-09	3	2	2	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.76
09-10	5	3	2	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	10.22
10-11	4	1	3	-	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.49
11-12	5	1	4	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	10.22
12-13	4	2	2	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.76
13-14	3	1	3	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.30
14-15	3	2	2	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.30
15-16	4	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	5.11
16-17	3	1	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	6.57
17-18	4	2	3	-	1	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	10.22
18-19	2	2	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	8.03
TOTAL	42	21	32	-	27	-	-	-	8	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	137	
%	30.66	15.33	23.36	0.00	19.71	0.00	0.00	0.00	5.84	5.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00



Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	SIMBAL -DV. SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)/CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	SALIDA
Fecha	martes, 07/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	2	3	3	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.96
08-09	3	2	2	-	3	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.70
09-10	5	3	2	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	10.45
10-11	4	2	3	-	1	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.70
11-12	4	2	3	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.96
12-13	4	2	2	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.46
13-14	2	1	3	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	6.72
14-15	3	2	2	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.46
15-16	4	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	5.22
16-17	3	1	3	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.46
17-18	4	2	3	-	1	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.70
18-19	2	2	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	8.21
TOTAL	40	23	31	-	23	-	-	-	10	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	134	
%	29.85	17.16	23.13	-	17.16	-	-	-	7.46	5.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00



Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	DV SIMBAL- SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	ENTRADA
Fecha	miércoles, 08/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitrailers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	2	3	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.58
08-09	3	2	2	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	8.33
09-10	4	3	2	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.85
10-11	4	1	3	-	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.85
11-12	4	1	4	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.85
12-13	4	1	3	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	9.09
13-14	3	1	3	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.58
14-15	3	2	2	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.58
15-16	4	1	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	6.06
16-17	3	1	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	6.06
17-18	4	1	3	-	1	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9.85
18-19	2	2	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	8.33
TOTAL	40	19	34	-	24	-	-	-	8	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132	
%	30.30	14.39	25.76	-	18.18	-	-	-	6.06	5.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00

Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	SIMBAL -DV. SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	SALIDA
Fecha	miércoles, 08/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	2	3	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.87
08-09	2	2	2	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	7.09
09-10	4	3	2	-	2	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	14	11.02
10-11	4	1	3	-	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	10.24
11-12	3	1	4	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	9.45
12-13	4	1	3	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	9.45
13-14	3	1	3	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.87
14-15	3	2	2	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	7.87
15-16	4	1	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	6.30
16-17	3	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	4.72
17-18	4	1	3	-	1	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	9.45
18-19	2	2	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	8.66
TOTAL	38	19	32	-	24	-	-	-	7	6	-	-	1	-	-	-	-	-	-	127	
%	29.92	14.96	25.20	-	18.90	-	-	-	5.51	4.72	-	-	0.79	-	-	-	-	-	-		100.00



Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	DV SIMBAL- SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	ENTRADA
Fecha	jueves, 09/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	2	3	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	6.90
08-09	3	2	2	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.28
09-10	4	3	2	-	3	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	10.34
10-11	4	3	3	-	2	-	-	-	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	16	11.03
11-12	4	2	4	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	9.66
12-13	4	1	3	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.28
13-14	3	1	3	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.28
14-15	3	2	2	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	6.90
15-16	4	1	2	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	6.21
16-17	3	1	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	5.52
17-18	5	1	3	-	1	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	9.66
18-19	4	2	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	8.97
TOTAL	43	22	34	-	28	-	-	-	10	7	-	-	1	-	-	-	-	-	-	145	
%	29.66	15.17	23.45	-	19.31	-	-	-	6.90	4.83	-	-	0.69	-	-	-	-	-	-		100.00

Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	SIMBAL -DV. SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	SALIDA
Fecha	jueves, 09/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	2	3	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	6.90
08-09	3	2	2	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.28
09-10	4	3	2	-	3	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	10.34
10-11	3	3	3	-	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	9.66
11-12	4	2	4	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	9.66
12-13	4	1	4	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	8.97
13-14	3	1	3	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	8.28
14-15	4	2	2	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	7.59
15-16	4	1	2	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	6.21
16-17	3	1	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	5.52
17-18	5	1	3	-	1	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	9.66
18-19	4	2	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	8.97
TOTAL	43	22	35	-	28	-	-	-	10	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	145	
%	29.66	15.17	24.14	-	19.31	-	-	-	6.90	4.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00



Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	DV SIMBAL- SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	ENTRADA
Fecha	viernes, 10/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				Total	%	
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
07-08	2	1	3	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	5.85
08-09	4	2	3	-	3	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	8.77
09-10	5	2	2	-	3	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	9.36
10-11	5	3	4	-	2	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	10.53
11-12	6	2	4	-	3	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	17	9.94
12-13	4	1	5	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	8.19
13-14	4	2	5	-	3	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	9.94
14-15	4	2	3	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	7.60
15-16	3	1	3	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	6.43
16-17	3	1	4	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	6.43
17-18	5	1	3	-	2	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	8.19
18-19	4	2	4	-	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	8.77
TOTAL	49	20	43	-	30	-	-	-	21	7	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	171	
%	28.65	11.70	25.15	-	17.54	-	-	-	12.28	4.09	-	-	0.58	-	-	-	-	-	-	-		100.00

Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	SIMBAL -DV. SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	SALIDA
Fecha	viernes, 10/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitrailers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	2	1	3	-	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	6.47
08-09	4	2	3	-	3	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	10.00
09-10	6	2	2	-	3	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	9.41
10-11	5	3	4	-	2	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	10.59
11-12	5	2	4	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	8.82
12-13	4	1	5	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	8.24
13-14	4	2	5	-	3	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	9.41
14-15	5	2	3	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	7.65
15-16	4	1	3	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	7.06
16-17	3	1	4	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	6.47
17-18	5	1	3	-	2	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	8.24
18-19	4	2	4	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	7.65
TOTAL	51	20	43	-	30	-	-	-	19	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170	
%	30.00	11.76	25.29	-	17.65	-	-	-	11.18	4.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00

Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	DV SIMBAL- SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	ENTRADA
Fecha	sábado, 11/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	3	3	3	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	4.62
08-09	6	3	4	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	6.92
09-10	7	4	5	-	5	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	8.85
10-11	9	5	5	-	6	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	10.38
11-12	9	4	6	-	6	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	10.38
12-13	8	5	7	-	5	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	10.38
13-14	10	4	6	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	10.00
14-15	10	5	5	-	5	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	10.77
15-16	6	3	5	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	7.31
16-17	5	4	3	-	4	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	6.92
17-18	6	3	5	-	4	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	7.69
18-19	4	2	4	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	5.77
TOTAL	83	45	58	-	56	-	-	-	11	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	260	
%	31.92	17.31	22.31	-	21.54	-	-	-	4.23	2.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00



Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	SIMBAL-DV. SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)/CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	SALIDA
Fecha	sábado, 11/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	3	3	3	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	4.76
08-09	6	3	4	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	7.14
09-10	8	4	5	-	5	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	24	9.52
10-11	9	5	5	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	9.52
11-12	9	4	6	-	4	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	9.92
12-13	8	5	5	-	5	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	9.92
13-14	10	4	6	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	10.32
14-15	9	5	5	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	9.92
15-16	6	4	5	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	7.94
16-17	5	4	3	-	4	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	7.14
17-18	6	3	5	-	4	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	7.94
18-19	4	2	4	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	5.95
TOTAL	83	46	56	-	52	-	-	-	9	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	252	
%	32.94	18.25	22.22	-	20.63	-	-	-	3.57	1.98	-	-	0.40	-	-	-	-	-	-		100.00



Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	DV SIMBAL- SIMBAL

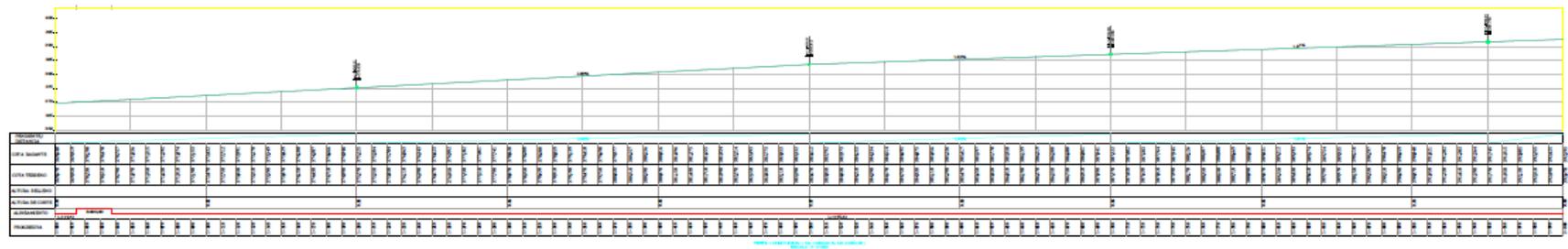
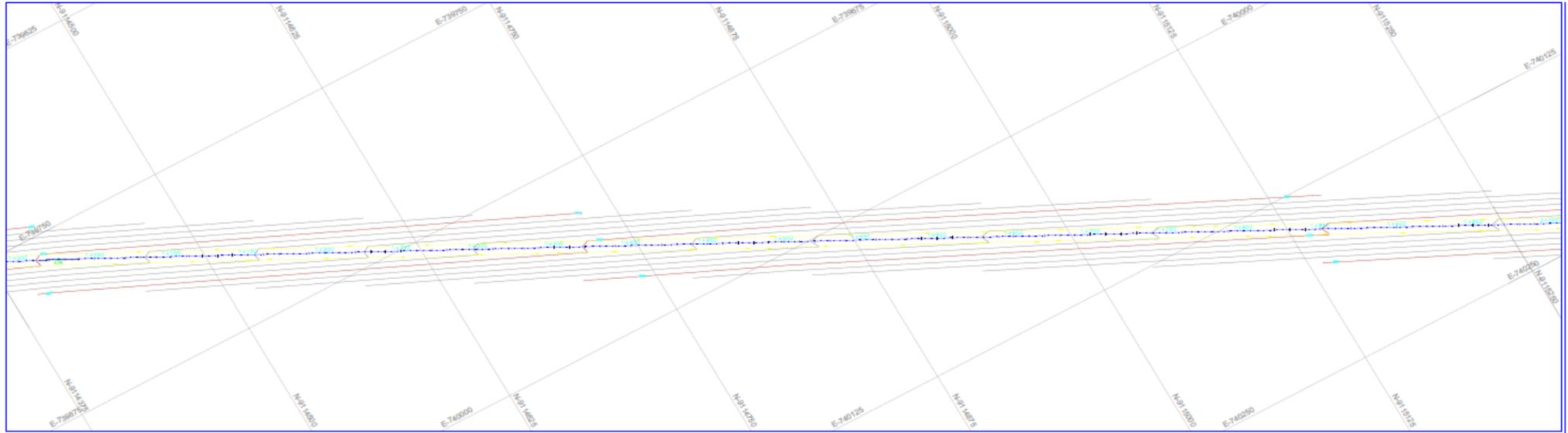
Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	ENTRADA
Fecha	domingo, 12/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	3	3	3	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	4.84
08-09	5	2	4	-	4	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	17	6.85
09-10	7	4	5	-	5	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	9.27
10-11	8	5	5	-	5	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	26	10.48
11-12	9	4	6	-	7	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	11.29
12-13	8	5	7	-	7	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	11.69
13-14	9	4	4	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	9.27
14-15	5	4	5	-	5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	8.47
15-16	6	3	5	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	7.66
16-17	5	3	3	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	6.45
17-18	6	3	5	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	7.66
18-19	4	2	4	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	6.05
TOTAL	75	42	56	-	58	-	-	-	10	5	-	-	2	-	-	-	-	-	-	248	
%	30.24	16.94	22.58	-	23.39	-	-	-	4.03	2.02	-	-	0.81	-	-	-	-	-	-		100.00

Tramo	ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018
Cod Estación	E1
Estación	SIMBAL -DV. SIMBAL

Ubicación	KM 26+200 (DV.SIMBAL - OTUZCO)CARRETERA LAREDO SAMNE
Sentido	SALIDA
Fecha	domingo, 12/01/2020

Hora	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				Total	%
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
07-08	3	3	3	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	4.72
08-09	5	2	4	-	4	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	17	6.69
09-10	8	4	5	-	5	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	9.45
10-11	8	4	5	-	5	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	24	9.45
11-12	9	4	6	-	7	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	11.02
12-13	8	4	8	-	7	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	11.42
13-14	10	3	6	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	9.84
14-15	6	4	4	-	5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	8.27
15-16	7	3	5	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	8.27
16-17	5	3	3	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	6.69
17-18	6	3	5	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	7.48
18-19	6	2	4	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	6.69
TOTAL	81	39	58	-	60	-	-	-	9	5	-	-	2	-	-	-	-	-	-	254	
%	31.89	15.35	22.83	-	23.62	-	-	-	3.54	1.97	-	-	0.79	-	-	-	-	-	-		100.00



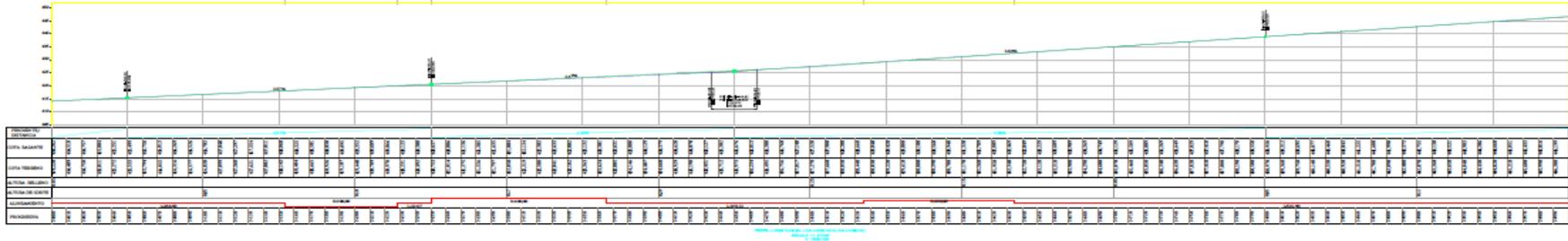
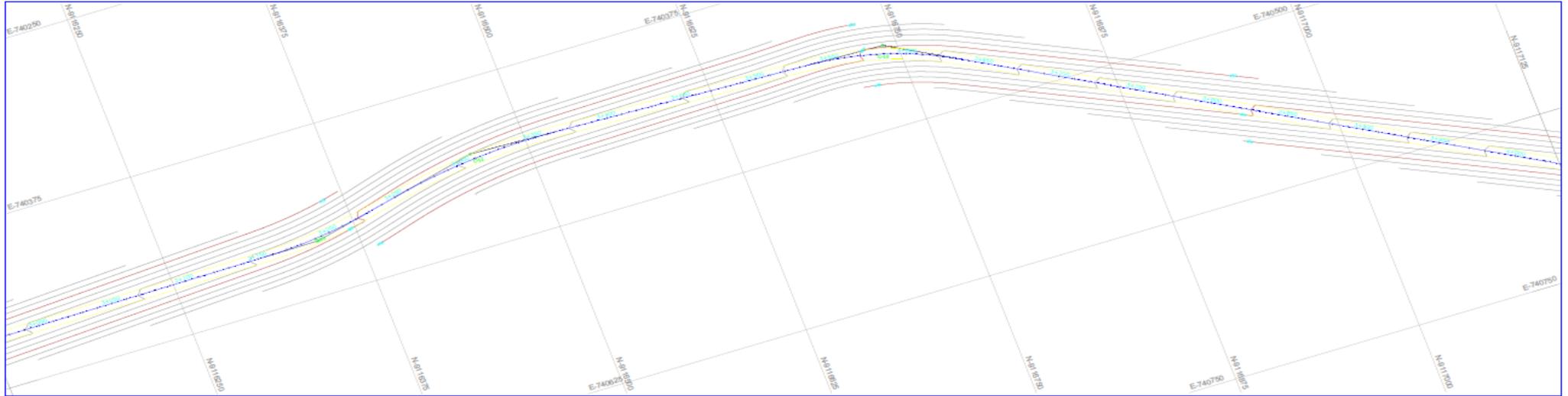
ESTACION	ALTIMETRIA								
73950	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73955	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73960	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73965	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73970	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73975	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73980	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73985	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73990	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73995	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74000	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74005	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74010	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74015	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74020	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74025	84.482	79.028	108.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

DAVID ABNER ZARATE GARCIA

TESIS :
SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL, 2018.

PLANO :
PIANTA: 2+800.00Km - 5+252.00Km

Departamento: CA. TUMBURAY	Provincia: PUNO	Municipio: SIMBAL	PLANO No: P-02
Cad : DAZG	Escala: 1/1250	Localidad: SIMBAL	



CUADRO DE CURVAS HORIZONTALES

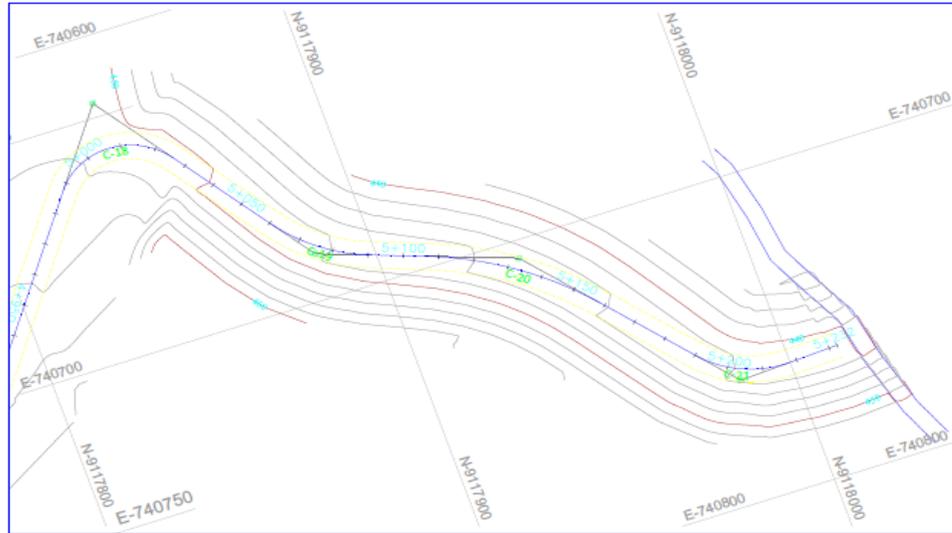
| STACION |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 |
| 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 |
| 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 |
| 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 |
| 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 |
| 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 |
| 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 |
| 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 |
| 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 |
| 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 |
| 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 |
| 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 |
| 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 |
| 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 |
| 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 |
| 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 |
| 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |

DAVID ABNER ZARATE GARCIA

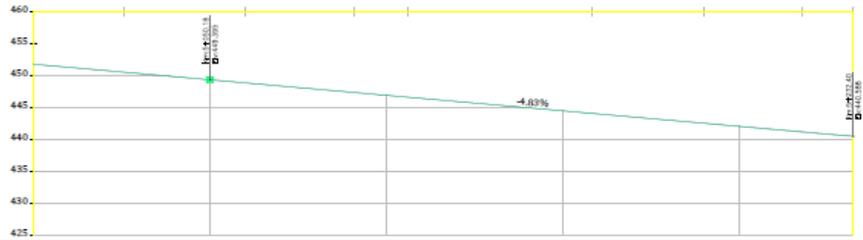
TESIS : SISTEMA BUTIFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN EL PAVIMENTO EN TRAMOS DE FUERTE PENDIENTE DEL ACCESO AL CENTRO TURÍSTICO RÍO BAR-SIMBAL 2018.

PLANO : **PIRATA: 2+800.00Km - 5+252.00Km**

Departamento: Ta. Tarma	Provincia: Alfaro	Dirección: N.º 100	PLANO No: P-04
Cad: DAZG	Escala: 1/1.000	Escalera: 1/1.000	



CUADRO DE CURVAS HORIZONTALES											
CV	Datos	TANG.	RADIO	L.C.	BE	P.C.	P.T.	ESTE	NORTE		
C1	3°40'31"	84.452	700,000	188.262	5.076	04+31.888	04+216.340	04+299.980	939254.892	9113819.527	
C2	27°59'10"	37.380	100,000	73.268	4.587	04+561.195	04+596.975	04+534.482	939464.753	9114136.899	
C3	30°03'36"	31.588	100,000	81.191	4.870	04+553.944	04+605.131	04+594.730	939699.665	9114289.071	
C4	1°41'33"	11.818	800,000	23.633	0.087	04+14.543	04+26.161	04+39.310	939771.501	9114415.401	
C5	31°01'07"	25.200	100,000	64.058	4.535	04+103.982	04+216.882	04+268.547	940332.247	9115477.149	
C6	10°20'11"	8.790	100,000	17.546	0.386	04+279.811	04+288.407	04+397.197	940386.304	9115509.808	
C7	01°00'23"	25.663	30,000	42.450	0.479	04+435.898	04+465.581	04+462.358	940519.644	9115826.514	
C8	28°17'47"	25.550	100,000	102.678	0.274	04+500.399	04+553.924	04+503.247	940467.711	9115706.714	
C9	10°47'32"	2.446	100,000	18.836	0.440	04+529.705	04+539.201	04+48.591	940476.638	9115797.523	
C10	31°1'18"	8.349	100,000	16.894	0.116	04+570.832	04+578.981	04+87.326	940462.828	9116036.867	
C11	1°00'00"	27.061	300,000	73.748	2.280	04+154.139	04+191.278	04+227.907	940450.624	9116249.094	
C12	16°30'00"	38.000	400,000	115.200	4.184	04+200.580	04+308.588	04+260.788	940429.774	9116482.292	
C13	28°37'30"	31.028	200,000	99.820	0.407	04+324.907	04+355.936	04+324.832	940438.637	9116741.004	
C14	42°41'14"	39.078	100,000	74.923	7.354	04+196.734	04+239.810	04+271.238	940769.088	9117303.067	
C15	58°22'11"	33.513	60,000	61.120	6.720	04+330.468	04+353.980	04+391.593	940741.154	9117431.891	
C16	30°33'39"	21.856	60,000	42.671	3.932	04+547.704	04+589.590	04+590.275	940893.627	9117978.436	
C17	19°38'49"	8.856	60,000	17.145	0.744	04+792.052	04+800.711	04+809.188	940794.635	9117712.681	
C18	109°38'44"	28.576	20,000	38.274	14.718	04+887.509	04+19.835	04+20.835	940901.612	9117836.336	
C19	30°22'00"	10.841	60,000	30.863	3.480	04+610.160	04+676.101	04+601.023	940888.501	9117883.897	
C20	29°55'10"	28.720	100,000	82.210	3.589	04+106.136	04+132.893	04+188.390	940709.591	9117937.867	
C21	53°14'31"	10.028	30,000	27.880	3.000	04+190.141	04+220.179	04+181.021	940762.103	9117984.547	



PENDIENTE/ DISTANCIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
COTA RASANTE	451.879	451.843	451.807	451.771	451.735	451.699	451.663	451.627	451.591	451.555	451.519	451.483	451.447	451.411	451.375	451.339	451.303	451.267	451.231	451.195	451.159	451.123	451.087	451.051	451.015	450.979	450.943	450.907	450.871	450.835	450.799	450.763	450.727	450.691	450.655	450.619	450.583	450.547	450.511	450.475	450.439	450.403	450.367	450.331	450.295	450.259	450.223	450.187	450.151	450.115	450.079	450.043	450.007	449.971	449.935	449.899	449.863	449.827	449.791	449.755	449.719	449.683	449.647	449.611	449.575	449.539	449.503	449.467	449.431	449.395	449.359	449.323	449.287	449.251	449.215	449.179	449.143	449.107	449.071	449.035	449.000	448.964	448.928	448.892	448.856	448.820	448.784	448.748	448.712	448.676	448.640	448.604	448.568	448.532	448.496	448.460	448.424	448.388	448.352	448.316	448.280	448.244	448.208	448.172	448.136	448.100	448.064	448.028	447.992	447.956	447.920	447.884	447.848	447.812	447.776	447.740	447.704	447.668	447.632	447.596	447.560	447.524	447.488	447.452	447.416	447.380	447.344	447.308	447.272	447.236	447.200	447.164	447.128	447.092	447.056	447.020	446.984	446.948	446.912	446.876	446.840	446.804	446.768	446.732	446.696	446.660	446.624	446.588	446.552	446.516	446.480	446.444	446.408	446.372	446.336	446.300	446.264	446.228	446.192	446.156	446.120	446.084	446.048	446.012	445.976	445.940	445.904	445.868	445.832	445.796	445.760	445.724	445.688	445.652	445.616	445.580	445.544	445.508	445.472	445.436	445.400	445.364	445.328	445.292	445.256	445.220	445.184	445.148	445.112	445.076	445.040	445.004	444.968	444.932	444.896	444.860	444.824	444.788	444.752	444.716	444.680	444.644	444.608	444.572	444.536	444.500	444.464	444.428	444.392	444.356	444.320	444.284	444.248	444.212	444.176	444.140	444.104	444.068	444.032	444.000	443.964	443.928	443.892	443.856	443.820	443.784	443.748	443.712	443.676	443.640	443.604	443.568	443.532	443.496	443.460	443.424	443.388	443.352	443.316	443.280	443.244	443.208	443.172	443.136	443.100	443.064	443.028	443.000	442.964	442.928	442.892	442.856	442.820	442.784	442.748	442.712	442.676	442.640	442.604	442.568	442.532	442.496	442.460	442.424	442.388	442.352	442.316	442.280	442.244	442.208	442.172	442.136	442.100	442.064	442.028	442.000	441.964	441.928	441.892	441.856	441.820	441.784	441.748	441.712	441.676	441.640	441.604	441.568	441.532	441.496	441.460	441.424	441.388	441.352	441.316	441.280	441.244	441.208	441.172	441.136	441.100	441.064	441.028	441.000	440.964	440.928	440.892	440.856	440.820	440.784	440.748	440.712	440.676	440.640	440.604	440.568	440.532	440.496	440.460	440.424	440.388	440.352	440.316	440.280	440.244	440.208	440.172	440.136	440.100	440.064	440.028	440.000	439.964	439.928	439.892	439.856	439.820	439.784	439.748	439.712	439.676	439.640	439.604	439.568	439.532	439.496	439.460	439.424	439.388	439.352	439.316	439.280	439.244	439.208	439.172	439.136	439.100	439.064	439.028	439.000	438.964	438.928	438.892	438.856	438.820	438.784	438.748	438.712	438.676	438.640	438.604	438.568	438.532	438.496	438.460	438.424	438.388	438.352	438.316	438.280	438.244	438.208	438.172	438.136	438.100	438.064	438.028	438.000	437.964	437.928	437.892	437.856	437.820	437.784	437.748	437.712	437.676	437.640	437.604	437.568	437.532	437.496	437.460	437.424	437.388	437.352	437.316	437.280	437.244	437.208	437.172	437.136	437.100	437.064	437.028	437.000	436.964	436.928	436.892	436.856	436.820	436.784	436.748	436.712	436.676	436.640	436.604	436.568	436.532	436.496	436.460	436.424	436.388	436.352	436.316	436.280	436.244	436.208	436.172	436.136	436.100	436.064	436.028	436.000	435.964	435.928	435.892	435.856	435.820	435.784	435.748	435.712	435.676	435.640	435.604	435.568	435.532	435.496	435.460	435.424	435.388	435.352	435.316	435.280	435.244	435.208	435.172	435.136	435.100	435.064	435.028	435.000	434.964	434.928	434.892	434.856	434.820	434.784	434.748	434.712	434.676	434.640	434.604	434.568	434.532	434.496	434.460	434.424	434.388	434.352	434.316	434.280	434.244	434.208	434.172	434.136	434.100	434.064	434.028	434.000	433.964	433.928	433.892	433.856	433.820	433.784	433.748	433.712	433.676	433.640	433.604	433.568	433.532	433.496	433.460	433.424	433.388	433.352	433.316	433.280	433.244	433.208	433.172	433.136	433.100	433.064	433.028	433.000	432.964	432.928	432.892	432.856	432.820	432.784	432.748	432.712	432.676	432.640	432.604	432.568	432.532	432.496	432.460	432.424	432.388	432.352	432.316	432.280	432.244	432.208	432.172	432.136	432.100	432.064	432.028	432.000	431.964	431.928	431.892	431.856	431.820	431.784	431.748	431.712	431.676	431.640	431.604	431.568	431.532	431.496	431.460	431.424	431.388	431.352	431.316	431.280	431.244	431.208	431.172	431.136	431.100	431.064	431.028	431.000	430.964	430.928	430.892	430.856	430.820	430.784	430.748	430.712	430.676	430.640	430.604	430.568	430.532	430.496	430.460	430.424	430.388	430.352	430.316	430.280	430.244	430.208	430.172	430.136	430.100	430.064	430.028	430.000	429.964	429.928	429.892	429.856	429.820	429.784	429.748	429.712	429.676	429.640	429.604	429.568	429.532	429.496	429.460	429.424	429.388	429.352	429.316	429.280	429.244	429.208	429.172	429.136	429.100	429.064	429.028	429.000	428.964	428.928	428.892	428.856	428.820	428.784	428.748	428.712	428.676	428.640	428.604	428.568	428.532	428.496	428.460	428.424	428.388	428.352	428.316	428.280	428.244	428.208	428.172	428.136	428.100	428.064	428.028	428.000	427.964	427.928	427.892	427.856	427.820	427.784	427.748	427.712	427.676	427.640	427.604	427.568	427.532	427.496	427.460	427.424	427.388	427.352	427.316	427.280	427.244	427.208	427.172	427.136	427.100	427.064	427.028	427.000	426.964	426.928	426.892	426.856	426.820	426.784	426.748	426.712