



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño Geométrico del Pavimento Flexible Aplicando
Metodología BIM Para el Mejoramiento de la Carretera Cruce
Medina - Sector Alferrano – Arequipa - 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Ancco Duran, Samuel (ORCID: 0000-0003-3160-5187)

ASESOR:

Mg. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo (ORCID: 0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA- PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios por siempre estar presente en mi vida, a mi padre Anacleto Ancoco Mendiguré por siempre darme su apoyo incondicional y enseñarme cómo afrontar la vida, a mi madre Elena Duran Huamani por todo el esfuerzo y sacrificio, a mi pareja Margoth Zenaida Yucra Mamani y a mi hijo Juan José que son la razón de mi vida.

Agradecimiento

A Dios por la vida y su gratitud, a mis padres y a mi pareja Margoth Zenaida Yucra Mamani por todo el apoyo que me dio, así como a todas las personas que me brindaron su apoyo.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
Pavimento Adaptable.....	7
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1. Tipo y diseño de investigación	21
3.2. Variables y operacionalización.....	22
3.3. Población, muestra y muestreo.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5. Procedimientos	27
3.6. Método de análisis de datos.....	27
3.7. Aspectos éticos.....	27
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN	53
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS	58

Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación de Carreteras	8
Tabla 2: Clasificación de carreteras Según su orografía	9
Tabla 3: Factor de Carga	12
Tabla 4: Variables y Operacionalización.....	23
Tabla 5: Matriz de consistencia	24
Tabla 6: Conteo vehicular Cruce Medina.....	29
Tabla 7: Conteo vehicular Sector Alferrano	30
Tabla 8: Conteo Vehicular Promedio	31
Tabla 9: Índice Medio Diario Semanal (IMDs)	32
Tabla 10: Factor de Corrección Estacional.....	35
Tabla 11: Índice Medio Diario Anual (IMDA).....	35
Tabla 12: Cuadro de Velocidades.....	36
Tabla 13: Tasa De Crecimiento Del PBI Por Departamento.....	37
Tabla 14: Tasa De Crecimiento Del PBI Por Departamento.....	37
Tabla 15: Demanda Proyectada	38
Tabla 16: Tabla de Pesos.....	41
Tabla 17: Relación de cargas por eje	41
Tabla 18: Ejes Equivalentes por Cada Tipo de Vehículo.....	42
Tabla 19: Metrado de Movimiento de tierras.....	52

Índice de figuras

Figura 1: Ecuación AASHTO 93.....	13
Figura 2: Trabajo BIM y rotura de Información por el Método convencional	18
Figura 3: Curva Macleamy	19
Figura 4: Flujo de Trabajo BIM.....	21
Figura 5: Ubicación del proyecto.....	25
Figura 6: zona a diseñar.....	26
Figura 7: Conteo Vehicular.....	28
Figura 8: Conteo Vehicular.....	28
Figura 9: Composición Vehicular.....	33
Figura 10: Variación Diaria de Vehículos	33
Figura 11: Clasificación Vehicular IMD.....	34
Figura 12: Clasificación Vehicular IMD.....	34
Figura 13: Factor Direccional y Factor Carril.....	40
Figura 14: Calculo del CBR	44
Figura 15: Ecuación AASHTO 93.....	45
Figura 16: Superficie Inicial del proyecto.....	47
Figura 17: Perfil longitudinal del Proyecto	47
Figura 18: Sección típica.....	48
Figura 19: Mal Empalme de Corredores de Carreteras.....	49
Figura 20: Mal Empalme de Corredores de Carreteras.....	49
Figura 21: Mal Empalme de Corredores de Carreteras.....	50
Figura 22: Rectificación del Error en Infracworks.....	50
Figura 23: Replanteo de Peraltes en Infracworks	51
Figura 24: Rectificación del Error en 3D civil.....	51

RESUMEN

El proyecto a desarrollar desea poner en funcionamiento la metodología BIM en las instituciones gubernamentales, sean como los municipios y gobiernos regionales, utilizando esta metodología en su fase de anteproyecto, para determinar de forma pertinente, discrepancias que pudieran encontrarse y así poder brindar soluciones en un periodo adecuado.

Así mismo suplir las equivocaciones que se acontecen durante la preparación de muchos de los expedientes en infraestructura vial.

El objetivo a desarrollar en la siguiente investigación es Aplicar la metodología BIM en el diseño geométrico del pavimento para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano – Arequipa – 2021.

La investigación está abocada como primera etapa en los criterios de diseño tal cual indica el reglamento vigente DG-2018 y en conformidad a los manuales constituidos e instaurados por el MTC, de esta forma dar a conocer la necesaria utilidad de la metodología BIM, así como todas sus fases de diseño para el mejoramiento del proyecto a futuro.

Finalmente, mediante todos los procesos se alcanzó optimizar el diseño geométrico para la elaboración de nuestro pavimento flexible, con la ayuda del software Infra Works con vinculación del 3d civil para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano – Arequipa - 2021, teniendo un mejor metrado en el movimiento de tierras, adquiriendo una variación de 157.82 m³, para una sub base con dimensiones de 0.20m, una base de 0.20m y con un asfalto de 0.05m.

Palabras clave: BIM, diseño, metodología, investigación.

ABSTRACT

The project to be developed wishes to put the BIM methodology into operation in government institutions, such as municipalities and regional governments, using this methodology in its preliminary project phase, to determine in a pertinent way, discrepancies that may be found and thus be able to provide solutions in a adequate period.

Likewise, make up for the mistakes that occur during the preparation of many of the files on road infrastructure.

The objective to be developed in the following research is to Apply the BIM methodology in the geometric design of the pavement for the improvement of the highway crossing Medina - Alferrano sector - Arequipa - 2021.

The investigation is doomed as the first stage in the design criteria as indicated in the current regulation DG-2018 and in accordance with the manuals established and established by the MTC, in this way to publicize the necessary utility of the BIM methodology as well as all its design phases for the improvement of the project in the future.

Finally, through all the processes, it was possible to optimize the geometric design for the elaboration of our flexible pavement, with the help of the Infra Works software with the connection of the civil 3D for the improvement of the Medina - Alferrano sector - Arequipa highway - 2021, having a better metrated in the movement of earth, acquiring a variation of 157.82 m³, for a sub base with dimensions of 0.20m, a base of 0.20m and with an asphalt of 0.05m.

Keywords: BIM, design, methodology, research.

I. INTRODUCCIÓN

El estado de un pavimento influye en gran medida en el desarrollo o retroceso de un país, ya que los pavimentos en buen estado evitan problemas de infraestructura vial así como los de transitabilidad vehicular, decir pavimento en buen estado es sinónimo de minimizar costos y presupuestos así como mejorar el transporte a nivel nacional, es por ello que se deben de realizar diseños óptimos que garanticen la correcta funcionabilidad teniendo en cuenta todos y cada uno de los parámetros instaurados por nuestra norma peruana actual. Asimismo indicar que muchos de los expedientes técnicos ejecutados país, poseen errores en su fase inicial de diseño, provocando que se tenga mayores costos no previstos a largo plazo, generando disconformidad en la población, por tanto es necesario realizar un buen expediente en la etapa o fase de diseño, el trabajo se centra en el departamento de Arequipa, provincia de Caravelí, en el distrito de Bella Unión, donde el pavimento se encuentra en deplorables condiciones y se busca mejorar la transitabilidad vehicular de la zona, implementando la Metodología BIM durante el proceso de elaboración de diseño.

Es así, que, por la realidad problemática descrita anteriormente, nos lleva a preguntarnos: ¿cómo se optimizara el diseño geométrico del pavimento aplicando la metodología BIM para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano – Arequipa - 2021?

Con el vigente trabajo cuya denominación es “DISEÑO GEOMÉTRICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO METODOLOGÍA BIM PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CRUCE MEDINA - SECTOR ALFERRANO – AREQUIPA - 2021” se busca diseñar el pavimento flexible por el Método AASHTO, posteriormente realizar dicho modelado de la infraestructura vial, utilizando diversos softwares e identificar interferencias y posibles problemas en la ejecución del proyecto, también se podrán visualizar distintos aspectos que no se aprecian en un plano en 2D.

Formulación del problema

Problema general

- ¿Cómo se optimizará el diseño geométrico del pavimento flexible aplicando la metodología BIM para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano – Arequipa - 2021?

Problema específico

- ¿Cuál será el diseño óptimo del pavimento?
- ¿Qué estudios técnicos primordiales se realizarán a nivel de ingeniería?
- ¿Cuál es la situación del área de estudio?

Justificación del proyecto

• Justificación teórica-científica

Para la siguiente investigación se tiene como objetivo emplear la metodología BIM, mediante los cuales se podrá realizar la semejanza existente entre el diseño inicial y el final y así favorecer la gestión de proyectos, para que sea exacta y perfecta, determinando así que se puedan proponer muchas respuestas sólidas en la fase de diseño.

• Justificación práctica

Para la siguiente investigación se plantea ejecutar los procesos instaurados por la metodología BIM, utilizando softwares, para así poder reconocer problemas en el diseño, por posibles distorsiones, por lo tanto, así poder tomar medidas necesarias para resolver cualquier eventualidad que se presente de la manera más eficaz posible.

• Justificación metodológica

La investigación será de utilidad para futuros estudios vinculados a diferentes procesos de utilización de las estrategias BIM en Proyectos de estructura Vial. Siendo este el factor principal a considerar para la utilización de softwares en todas

las fases de diseño y modelado del proyecto a desarrollar, resolviendo cualquier eventualidad que se presente dando soluciones eficaces.

- **Justificación social**

El empleo del BIM en nuestro proyecto, contribuirá a comprender a los habitantes el objetivo del proyecto, la manera que ayuda a optimizar las fases de diseño y las consecuencias favorables que se obtendrán.

- **Justificación personal**

La aplicación del BIM, nos ayudará a estar a la vanguardia en la utilización de las nuevas metodologías utilizadas para la construcción.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

- Aplicar la metodología BIM en el diseño geométrico del pavimento flexible aplicando la metodología BIM para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano – Arequipa - 2021

Objetivo específico

- Realizar el diseño del pavimento
- Realizar estudios técnicos primordiales a nivel de ingeniería
- Realizar la evaluación situacional del área de estudio

Hipótesis del proyecto

Hipótesis general

- ¿Se podrá aplicar la metodología BIM en el diseño geométrico del pavimento flexible aplicando la metodología BIM para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano – Arequipa - 2021?

Hipótesis específica

- ¿Se podrá realizar el diseño del pavimento?
- ¿Se podrá realizar estudios técnicos primordiales a nivel de ingeniería?
- ¿Se podrá realizar la evaluación situacional del área de estudio?

II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes internacionales**, tenemos:

El Ingeniero David Limas, realizo una investigación aplicando la estrategia BIM al periodo de factibilidad de un plan vial donde busca:

Proporcionar instrumentos de teoría y prácticas donde admitan el progreso y su estructuración de la 4ta y última rebelión actual donde se acerca, utilizando la acogida de las conjeturas realizadas en varias naciones Europeas y Americanas, de la misma forma pretende acoplar el BIM a las costumbres, reglas, temperamento de cada nación, obteniendo así un fundamento conveniente para emplearla en programas de ingeniería civil y así estar dispuestos para acontecimientos que se avecinan. Así mismo al realizar esta investigación se ha seleccionado el aspecto de prefactibilidad pues se estima como un punto neurálgico y trascendente, tomando la determinación respecto a la selección de opciones que se adapten a factores económicos como sociales y teniendo en cuenta siempre el factor técnico y ambiental como los factores necesarios a utilizar. En este punto los expertos de las materias que están en el proyecto evidencian desde su punto de vista las peculiaridades de muchos de los proyectos que están relacionados a la infraestructura vial. (Limas, 2019)

Asimismo, el Ingeniero David Ramírez, en su indagación de la aplicación de la estrategia BIM en la formulación de proyectos, nos indica:

Si se utiliza la metodología BIM desde periodos anticipados a la planificación, conseguiremos aumentar otros rendimientos que podrán acrecentar en el mismo instante y en tiempo real la calidad del proyecto constituido.

Así mismo existen diversos usos y aplicaciones generales que nos puede ofrecer el BIM. Por un lado, se consigue descubrir equivocaciones y acrecienta así la productividad, también se controla con sencillez los documentos, consiguiendo establecer incluso como instrumento de comunicación y marketing.

Como se indica anteriormente el BIM es beneficioso para proyectos difíciles y de gran dimensión. (RODRIGUEZ, 2018)

Carmen Vera Galindo, en su investigación de maestría en ingeniería para la elaboración de caminos, canales y puertos, implementa la estrategia BIM en un corredor de transporte, indicando:

A inicios de 1990, diferentes compañías realizadoras de software como Autodesk o Bentley, inician a perfeccionar sus instrumentos diseñados por la computadora, siendo así la compañía Autodesk inició a emplear la noción BIM en 2002 en el momento que adquirió la compañía Revit. El perfeccionamiento de estos instrumentos tiene como guía a la geometría aplicada de forma clara para asociar la noción de BIM a manera modeladora de la ejecución paramétrica y funcional, ofreciendo así una mayor consideración a los instrumentos de diseño que a los instrumentos utilizados en la etapa de dibujo en papel.

Hoy por hoy el BIM, está definido por diversos elaboradores de programas digitales. Por otro lado, todos los parámetros establecidos por las herramientas BIM están obligadas a estar ajustados a un formato que autorice realizar una tarea de ingeniería coordinada, compacta y participativa. (Galindo C. V., 2018)

Como antecedentes nacionales, tenemos:

En el Perú se realizaron investigaciones de la metodología BIM, en el cual Edwin Chavarria, nos señala:

La aplicación del BIM en el ciclo de diseño de una carretera nos ayudará a determinar y solucionar las dificultades de visibilidad y desfases en la geometría de un área geográfica definida (obteniendo una mejor modelación y planificación de una obra). Por otra parte, existían programas en 2D que no ayudaban a la realización del trabajo afectando en varias ocasiones los datos en campo a la hora de elaborar los planos; generando demoras y sobrepagos. (CHAVARRIA ARÉVALO, 2018)

Robert Minaya en su investigación implementado la metodología BIM en una carretera, nos indica:

Al elaborar una transición bibliográfica relacionada al uso de la estrategia BIM durante el periodo de estudios de diseño inicial siendo el proceso geométrico para proyectos viales, se demuestra la carencia de diversos criterios para los usos de nuevas e innovadoras tecnologías, de la misma forma al referenciar su bibliografía internacional, la metodología de desarrolla de forma explícita y con mayor énfasis se menciona el BIM para las fases de diseño, construcción y el perfil final del mantenimiento. (MARINO, 2018)

Joseph Bastidas y Jerson Herrera, realizaron el análisis de interferencias en la etapa de planeamiento, indicando lo siguiente:

Para la referencia de la estrategia de Gestión BIM en la fase de elaboración de diseño y el proceso para la etapa de la planificación, debemos comprender que las diversas planificaciones son valiosas para el desarrollo de nuestro entorno nacional, ya que muchos de estos proyectos de vías de comunicación ejecutan un papel fundamental en nuestro entorno, ya que por muchas de estas vías se transportan una gran variedad de productos. Por lo tanto, el desarrollo del modelo de la estructura debe efectuarse favorablemente, con la finalidad que nuestra entrega sea lo más eficiente posible para todas las personas beneficiadas (Bastidas Cristobal & Herrera Araujo, Análisis de interferencias para movimiento de tierras en las infraestructuras viales en el Perú para prevenir los retrabajos en la etapa de planeamiento, mediante la Metodología de Gestión BIM. Caso de estudio, Camino Vecinal Puente Techin – Cruce Chirimo, 2020)

Teniendo los antecedentes académicos y estudios científicos de Idriss Otmanh, Yassetr Yahyan Al-Ashmori, Yani Ramawati, en la implementación del BIM en Malasia, nos indican:

Todo el régimen de construcción establecido en Malasia cumple un factor económico que oscila entre el 3.1% al 5.02% (PBI) por todo el año, por ende, se ha considerado que este rubro ha evolucionado mucho desde el año 2000 gracias a la aplicación del BIM, además para el departamento del trabajo (PWD) el BIM implemento el 10% en una gran variedad de proyectos

nacionales que representan valores económicos mayores a 50 millones de monedas locales en Malasia, en el año 2018 el presupuesto se incremento a los 100 millones, en términos generales el BIM se instauró como base fundamental del crecimiento nacional. (Journal, 2020).

Katier, Mascel, & Ruschell, Regina Coeli. (2020). Proponen el potencial de verificación automatizada basada en todos los argumentos sustentatorios para las reglas y componentes de seguridad para el invendio que desarrolla el BIM, nos indican:

Analizan una gran variedad de modelos de construcción, teniendo en cuenta factores estratégicos para el análisis e interpretación científica, tales como el tipo de propiedad, se analiza milimétricamente toda la información necesaria para poder llegar al punto del modelado en software, de esta forma se considerará como proyecto considerado a verificación. (ATER & RUSCHEL, 2020).

MANENTI, Eloisa Marcon; MARCHIORI, Fernanda Fernandes and CORREA, Leonardo de Aguiar. Plano de execução BIM: proposta de diretrizes para contratantes e fornecedores de projeto. Ambient. constr. Indican:

Para los proyectos ejecutados con el BIM, se requieren cambios fundamentales en las etapas de contrata, para poder garantizar que todos los procedimientos seas eficaces en las fases de diseño, además los contratistas necesitan la aprobación de un experto en BIM, todo este planteamiento se da a conocer en base a que se deben de instaurar de forma clara y precisa las pautas relacionadas a todas las ejecuciones generales, en cuanto las partidas de ejecución.(MANENTI & MARCHIORI, 2021).

Teorías relacionadas al tema:

Pavimento Adaptable

La MTC, guía de carreteras, nos dice:

Como definición, que el pavimento manejable es una organización formada por revestimientos granulosos, así como también con revestimiento de rodadura integrada por componentes como los aglomerantes, compuestos

químicos de ser la coyuntura tal vez generar la utilización de un aditivo. En principio, se estipula el revestimiento de rodadura del asfalto de los revestimientos granulosos sobre capas granulares al mortero del asfalto.(MTC, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnica y Pavimentos, 2013, pág. 24)

Clasificación de las carreteras

Todas las carreteras generalmente se clasifican según su demanda y varios factores tales como la orografía, la MTC, en su guía de carreteras para el diseño geométrico, clasifica el asfalto conforme a su petición de la siguiente manera:

Tabla 1: Clasificación de Carreteras

Clasificación de Carreteras

TABLA DE CLASIFICACIÓN	IMDA indicador (Veh/Día)	CARACTERÍSTICAS
Carretera de primera Clase	Vehículos mayores a 6000	Vías divididas por medio de una delimitación céntrica con valor ínfimo de 6 metros.
Autovía para una Segunda Clase	Varían entre 6000 y 4001	vías separadas mediante una delimitación céntrica que puede cambiar de 6.00 m hasta 1.00 m.
Autovía para una Primera Clase	entre 4 000 y 2 001	Caminos de dos vías considerando 3.50 m de ancho en valores ínfimos.
Autovía de Segunda Clase	entre 2 000 y 400	Vías compuestas por dos carriles con ancho ínfimo de 3.3 metro.
Autovía de Tercera Clase	menores a 400	vías de dos carriles, poseen 3 metros de ancho.

vías, teniendo en cuenta las especificaciones de todas las singularidades geométricas generales, además los factores restantes involucrados son los proyectos relacionados a la señalización e iluminación, así como los que desarrollan aplicación medioambiental e impacto acústico, entre muchos otros factores más. (MTC, MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO, 2018).

Asimismo, el IMDA, debe de ser corregido por el lugar de Puntos de control establecidos por el MTC.

Crecimiento del tránsito

El MTC, en su manual del Diseño geométrico, indican:

Los diseños de carretera deben de estar elaboradas y diseñados para poder sostener la capacidad volumétrica del tráfico que se genera a lo largo del proceso de vida conveniente de la carretera.

Es así la instauración de vida beneficiosa para una vía requiere la valoración de todos y cada uno de los parámetros establecidos en el reglamento, este análisis posee factores de complejidad al momento de la elaboración para poder minimizar el margen de error, teniendo en cuenta todas las variaciones relacionadas al factor volumétrico del tráfico, así como para los patrones y demandas efectuadas por el reglamento. Se considera un proyecto óptimo cuando nuestro diseño oscila su estabilidad y confiabilidad en un rango de veinte años. (MTC, MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO, 2018).

COMPUTO DE TASAS DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN

El MTC, en su manual de carreteras, indican:

Podemos obtener el cálculo del incremento de la circulación utilizando una formulación para la obtención de una sucesión geométrica por variables independientes, el factor de la circulación de unidades de viajeros siendo el otro para el factor de tránsito de unidades de carga general.

Para nuestra tarifa de un año de incremento de circulación, podemos conceptualizar en relación con la mecánica de incremento socioeconómico establecido en el ámbito formal, que generalmente se afilia al incremento de la circulación de unidades de viajeros con la tarifa de un año de incremento de las personas; y la tarifa de incremento de la circulación de unidades para carga general con la tarifa anual del aumento de nuestra finanza actual, manifestada como nuestro (PBI). Asimismo, muchas de las tarifas de aumento oscilan entre un rango de 2.1% y 6.2% en relación general. (MTC, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013)

Para la proyección de Trafico, la MTC se establece que:

$$T_n = T_o \cdot (1 + R_i)^{(n-1)}$$

Dónde:

T_n = Indica el valor de congestión vehicular para tramos de un periodo n.

T_o = Indica el valor de la congestión para el tramo, durante el ciclo base.

R_i = Valor anual de generador de viajes.

n = Representan los años considerando los periodos que se ejecutan en la fase de diseño

Velocidad de Diseño

El MTC, establece en el manual del Diseño geométrico, que:

Lo define como a la velocidad elegida para el proceso de elaboración de diseño, teniendo en cuenta que será la velocidad más crítica que nos podrá garantizar los factores de seguridad, así como los índices de comodidad en todos los sectores definidos por la vía, garantizando así que en las condiciones más críticas nuestro diseño siempre va a prevalecer.

Ejes equivalentes

El MTC, en la guía de vías, indica:

Para sustentar el proceso de elaboración de diseño de pavimento, se considera la obtención del requerimiento que corresponde al del tránsito de unidades pesadas generales como son los ómnibus y camiones, así considerando que siempre serán la predominancia por dimensiones en comparación a las demás unidades.

El resultado que se obtiene de la circulación se calcula en función a las cantidades específicas, por AASHTO, asumiendo que son considerados por los Ejes Equivalentes (EE). AASHTO fijó como un EE, al resultado del desgaste ocasionado al tramo a desarrollar, considerando un núcleo de dos ruedas tradicionales equipado con ocho.diez tn de carga, con ruedas a presiones de 81 lbs/pulg². En general los núcleos correspondientes (EE) son elementos de semejanza que simbolizan la causa destructiva de la gran mayoría de unidades de carga, por la variación de todos los ejes existentes en relación a cada modelo de unidad pesada sobre el sistema del pavimento diseñado.

Los ejes equivalentes se adecuan según la tabla.

Tabla 3: Factor de Carga

Factor de Carga

Descripción	Variable de Tipo Eje	Factor para la Equivalencia de peso y carga
Eje con postura simple para neumático simple	En un S1	$FC_i = (P/6.6)^4$
Eje de postura dobles	En un S2	$FC_i = (P/8.2)^4$
Eje para un tándem – 1 eje ruedas dobles + 1 eje neumático básico	En un TA1	$FC_i = (P/14.8)^4$
Eje para un tándem – 2 ejes de neumáticos dobles	En un TA2	$FC_i = (P/15.1)^4$

Eje para un tridem – 2 ejes neumáticos dobles + 1 eje neumáticos básico	En un TR1	FCi= (P/20.7) ^{3.9}
Eje para un tridem 3 ejes de neumáticos dobles	En un TR2	FCi= (P/21.8) ^{3.9}

Fuente: tomado de (MTC, MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO, 2018)

Método AASHTO 93

El procedimiento se utiliza para contar la cantidad de estructuras SN, ayudándonos así a calcular la solidez estructural que nuestro pavimento demanda para así considerar las posibles capacidades de soporte de suelo y tráfico necesario en la etapa de diseño.

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{dr} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(\frac{0.09D^{0.75}}{(E_c / k)^{0.25}} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Figura 1: Ecuación AASHTO 93

Fuente: (AASHTO)

Monograma de diseño también nos permite ubicar el valor numérico fundamental para los pavimentos rígidos a utilizar. Éste, es un factor numérico inconcreto que expresa la solidez estructural de nuestro pavimento a diseñar, de esta forma pedir la unión de las capacidades de sostén del suelo en términos de Modulo de reacción (K), tránsitos reflejados en ejes sencillos 18 Kips, teniendo en cuenta siempre el registro de servicio final de la vida útil conveniente y todos los factores impactos ambientales relacionados al caso, así como el módulo de ruptura para el concreto a utilizar.

Análisis del Índice para la Serviciabilidad Presente (PSI)

El MTC, en el manual de diseño de pavimentos, indican:

El Factor correspondiente a la serviciabilidad actual relacionada a la comodidad de circulación brindada al peatón, ostenta un valor que varía en

un rango de 0 a 5. Teniendo en cuenta que un valor de 5 es considerado como la mejor comodidad, y todo lo opuesto es el valor que representa la cantidad numérica de 0, que significa el peor de los escenarios. Así mismo, cuando el estado de la carretera disminuye por desgaste, el factor del PSI también disminuirá de forma proporcional.

Confiabilidad (%R)

El MTC, en su normativa de diseño, indica:

El sistema AASHTO ingresa el principio de la credibilidad (%R) que simboliza la posibilidad de una establecida organización que conlleve, mientras su fase de proyecto, de acuerdo con lo señalado. Esta posibilidad está a cargo de la versatilidad de las circunstancias que predominan encima de la organización del pavimento y su pauta; por lo tanto, las solicitudes distintas a las previstas, por ejemplo, la condición de la edificación, las condiciones del tiempo excepcionales, aumento impresionante de la circulación, mayor a lo pronosticado y otras causas, logran disminuir la vida conveniente pronosticada de un pavimento. En la guía AASHTO es cercano reflexionar donde el proceder del pavimento con la circulación, acompaña la norma de asignación habitual en efecto se puede adaptar nociones descriptivos para conseguir una veracidad definida; por ejemplo, 90% o 95%, esto representa que solo un 10% o 5% de la distancia pavimentada, se localizará con un registro de utilidad mínimo presentado; indicando así el prototipo de pauta está fundamentado en principios de seguridad y no es un establecido dispositivo de defecto. Siendo así el resultado, a superior nivel de veracidad aumentará la densidad de la organización del pavimento a diseñar. (MTC, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, 2013)

Coficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

El MTC indica: El factor descriptivo de la derivación peculiar (Zr) simboliza el valor de la veracidad elegida, donde un grupo de apuntes en una asignación normal.

Desviación Estándar Combinada (So)

El MTC en su guía para el diseño de pavimentos, indican:

El alejamiento común es un valor que toma en balance la variación del pronóstico de la circulación y otras causas que pueden perjudicar la conducta del pavimento; por ejemplo, edificación, contexto del ambiente, la inquietud del diseño. El manual AASHTO aconseja acoger los pavimentos maleables, donde los componentes iniciales son abarcados entre los rangos de 0.40 y 0.50, en la guía se acoge los modelos sugeridos, para el valor consecuente de 0.45. (MTC, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, 2013)

Ensayos CBR:

El MTC en su manual de diseño de pavimentos, indican:

Cuando se organiza los pavimentos por el método AASHTO y SUCS, para vías consideradas, esta guía se realizará una silueta estratigráfica para cada lugar semejante siendo así se acordará el planteamiento de pruebas para instaurar el CBR que es el aguante del pavimento, permaneciendo al noventa y cinco por ciento de la MDS (Máxima Densidad Seca) siendo así un factor de implantación de carga de para los 2.543 mm. Y así conseguir el valor CBR requerido para nuestro diseño de la subrasante, se debe estimar lo siguiente:

Así mismo para zonas con seis o más valores de CBR ejecutados por un modelo de pavimento característico similares de los caminos, se definirá el valor de CBR de diseño de la superficie terminada observando el término medio de las cifras examinadas por secciones de peculiaridades semejantes.

Las secciones que tienen valores menores de seis de CBR ejecutados por apariencia de superficie específico con peculiaridades similares de pavimentos, se definirá la valoración de CBR del plan de la superficie terminada según las pautas: Si las cifras son semejantes, se debe utilizar la cifra promedio. Así mismo si las cifras no tienen parecido, se debe de tomar el valor crítico en este caso el valor más bajo. Finalmente se debe subdividir y poner en grupos y subgrupos con cifras de CBR semejantes así determinar

la cifra promedio. La distancia de los sectores secundarios no debe ser inferior a 100 m.

Para conseguir nuestro factor de Módulo Resiliente teniendo en cuenta nuestro valor numérico del CBR, se ejecutará la fórmula establecida en el reglamento. (MTC, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, 2013).

Numero Estructural Requerido (SNR)

El MTC, en su manual para el proyecto de pavimentos indican:

Los datos y antecedentes conseguidos se utilizarán en el formulario del plan AASHTO y se consigue una cifra constituida que simboliza las dimensiones del espesor final del pavimento a instalar, además debemos cambiar las dimensiones del espesor por valores reales mas no por los ideales. Esta transformación se consigue utilizando la siguiente nomenclatura matemática:

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

Donde:

- a1, a2, a3 = relacionados a los coeficientes estructurales implementados en las capas: superficial, base y subbase, según su orden reglamentario.
- d1, d2, d3 = Interpretados como los espesores calculados (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente
- m2, m3 = Interpretados como los coeficientes de drenaje para todas las capas de base y subbase, teniendo en cuenta los espesores reglamentarios. (MTC, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, 2013).

Metodología BIM

Las siglas representan a la (Building Information Modelling), la metodología BIM se desarrolla dentro del trabajo articulado y en tiempo real entre todas las especialidades, de esta forma nos facilitan todos los ciclos del plan, tales como la formulación, bosquejo, edificación y mantenimiento del proyecto, utilizando diversos softwares para poder elaborar el modelado de la infraestructura, y así afianzar la solidez del proyecto minimizando el margen de error.

La metodología BIM está enfocada implícitamente en la información del proyecto, utilizando todos los agentes que participan en la fase de estudio y diseño, de esta forma se pueden materializar durante el proceso de ejecución, evitando así tener problemas con los diseños tradicionales, ya que este nuevo sistema nos permite involucrar datos geométricos, tiempos, costos, y toda la conmovión generada cuando se realiza el periodo de edificación, así como los posibles mantenimientos a futuro.

En general, la metodología BIM desarrolla un diagnóstico virtual completo del proyecto a desarrollar durante todas las etapas del tiempo de vida útil de la infraestructura, así como sus posteriores efectos.

Felipe Choclán, Manuel Soler y Ramón González nos indican:

En este procedimiento BIM, siendo el inicio de proximidad al bosquejo, levantamiento y diligencia de los inmuebles. Es una estrategia que orienta de una perspectiva distinto a la forma de comprender los inmuebles, a manera de como surgen y la forma en la que se edifican. Por otro lado, si nos referimos a la elaboración de la edificación, la disconformidad entre métodos por lo regular dificulta a los miembros del equipo puedan permutar la investigación con un método concreto y acelerado; siendo así esta acción es el motivo de bastantes contratiempos en el propósito tales como el incremento de costo y duración. Por lo tanto, la acogida de la estrategia BIM y la utilización de muestras informáticas incorporados a lo largo de este periodo de existencia de la construcción se considera una entrada favorable a la gestión y supresión de costos procedentes de una imperfecta

comunicación de información. Así mismo el utilizar prototipo sencillo no es idóneo. (Gámez, Márquez, & Severino, 2016)

El BIM hace una copia virtual de la investigación para todas las etapas de su vida. Dichos bosquejos poseen características peculiares, una vez adquirida la información de diversos campos, siendo como las estructuras, arquitectura, habiendo otras, se encuentra algunas falencias, siendo así se detecta la posible problemática.

La elaboración en BIM indica una restricción persistente de aumento de importe del análisis frente a la disparidad y omisión de la investigación en el avance común.

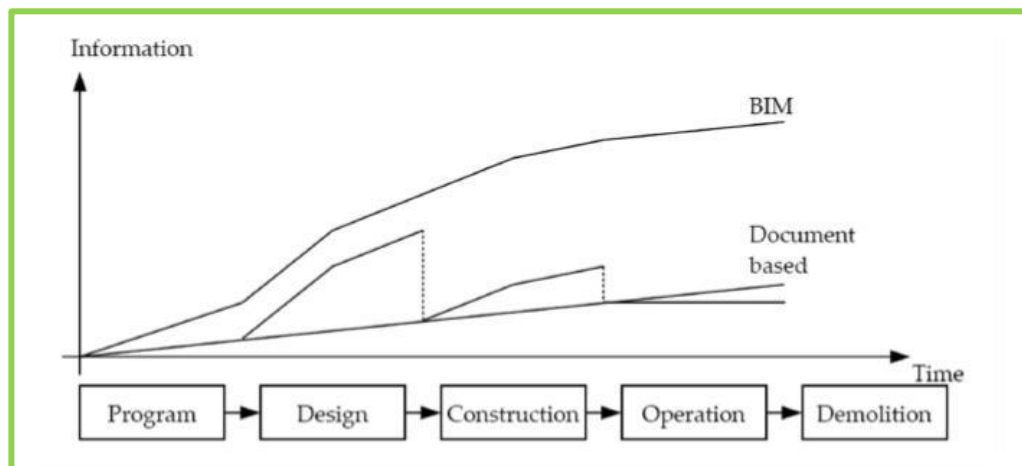


Figura 2: Trabajo BIM y rotura de Información por el Método convencional

Fuente: tomado de (INNOVATRaining, 2017)

Así mismo para no omitir la importancia de la investigación es de suma importancia detectar los cambios a tomar, para así poder generar un efecto positivo. Sin embargo, al obtener este efecto positivo en el importe de cierre de la construcción es muy elevado. El precio de aplicar un hecho es minúsculo. Por lo tanto, se puede ver en la curva de MacLeamy, es gracias a la difusividad del autor. (Ramón Jesús, 2014)

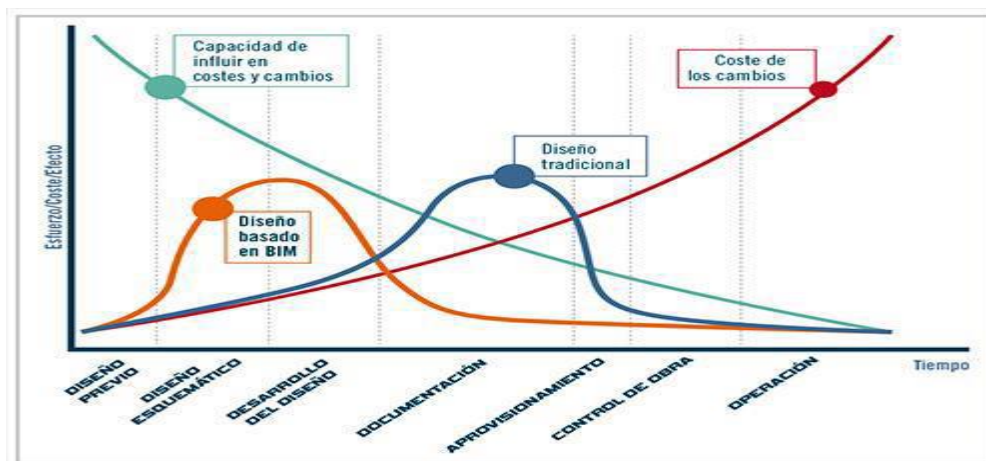


Figura 3: Curva Macleamy

Fuente: tomado de (Ramón Jesús, 2014)

El porcentaje elevado de la metodología BIM son indispensables, siendo así que se atribuye grados para la elaboración de dichos proyectos, los cuales son:

Fase 0: Es la implementación de datos mediante documentos que se requieran para la elaboración de dicho proyecto.

Fase 1: Se realiza la investigación de los distintos campos de información 2d y 3d, de forma estructurada.

Fase 2: Se emplea las innovaciones como son 4d y 5d respectivamente al precio teniendo en cuenta que debe de existir una relación entre todos los campos.

Fase 3: Siendo la fase final se relaciona todos los datos, con el proyecto, así mismo se debe de tener un manejo d los costos de la realización. Por otra parte, aún existen empresas que no llegan a esta fase esperada.

Carolina Piña, en su análisis de " Aplicación y enseñanza del listado de los agentes BIM en la estructuración de planes", indica:

El ejecutivo BIM se encarga de monitorear a los miembros del conjunto BIM, siendo el encargado de que todo el proyecto sal a flote. Así mismo el ejecutivo tiene que poseer un alto nivel de conocimiento sobre la utilización de herramientas relacionados al BIM.

El gerente del BIM debe de tener los mismos conocimientos sobre el BIM, para así elaborar, ejecutar y gestionar el proyecto.

Existe otro miembro en el equipo llamado modelador quien es la persona que se encarga de darle forma al proyecto, es indispensable que esta persona tenga una amplia información sobre construcción e instrumentos de software. Los operadores BIM son los encargados de ocuparse de la entrega y permuta de la documentación requerida.

La misión de un asesor BIM es realizar la simulación y análisis del modelo BIM, tiene que hacer valoraciones reales, así mismo debe de aplicar el uso de equipos para cada campo relacionado.

En la etapa de edificación el encargado de adecuar el modelo a la etapa de proyecto es el gerente BIM, el gerente tendrá a su cargo al equipo de modelistas y operadores los cuales le dan apoyo para la ejecución de la edificación. Finalmente, el último implicado en el proyecto BIM es el administrador, es la persona que realizar la etapa de manejo y preservación de la edificación en el contexto del BIM. Así mismo los integrantes de su conjunto de trabajo estará integrado por diferentes modelistas para que así puedan accionar de acuerdo a sus diferentes habilidades. Para hacer efectivo el método BIM en la ejecución de la edificación del proyecto de la estructura vial particular y dar al cumplimiento con esta fase se muestra en la Figura 3. Conforme al proyecto y a las metas planteadas del contrato se puede incorporar o eximir las etapas de elaboración, manejo, conservación y evolución (Carolina Piña Ramírez, 2017)



Figura 4: Flujo de Trabajo BIM

Fuente: tomado De (Autodesk, 2016)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Según la investigación científica de Sampieri:

Para poder entender el sistema de investigación debemos interpretar cada una de las estructuraciones existentes para las fases de elaboración de diseño. Se tendrán bajo consideración las siguientes clasificaciones: Los procesos de Investigación experimental, así como los de investigación no experimentales. Asimismo, el proceso de investigación experimental se divide en función a la clasificación establecida por las categorías de Campbell y Stanley (1966) en: categorías consideradas como la pre experimental así como los experimentos “puros” verdaderos y los que nos generan interpretación práctica denominados los cuasiexperimentales. Además, la investigación no experimental esta subclasificada en los diseños considerados como tesis transversales y diseños considerados longitudinales. (Sampieri M. e., 2003)

Por ende, nuestro análisis es una investigación NO EXPERIMENTAL.

Igualmente, Sampiere establece en su investigación que: “Podemos plantear y planificar los parámetros estipulados en el proyecto únicamente si toda la información que se obtuvo es cuantitativa”. (Sampieri M. e., 2003)

Entonces, nuestro tipo de investigación es CUANTITATIVA.

Variables

3.2. Variables y operacionalización

Podemos visualizarlas de forma explícita en las siguientes tablas operacionales:

Tabla 4: Variables y Operacionalización

Variables y Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Metodología BIM	Considerada una metodología donde el aporte general es colaborativo, durante todo el ciclo de vida de un proyecto, desde su concepción hasta su mantenimiento, tomando información del mundo real y lo convierte en digital, compartiendo la información en todos los participantes del proceso.	Se realiza el comparativo del diseño convencional con respecto al diseño implementando la metodología BIM	Softwares Diseño del Pavimento	3d Civil Infraworks Metodo AASHTO 93

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5: Matriz de consistencia

Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>Problema General:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo se optimizará el diseño geométrico del pavimento flexible aplicando la metodología BIM para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano - Arequipa - 2021? 	<p>Objetivo General:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplicar la metodología BIM en el diseño geométrico del pavimento flexible para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano - Arequipa - 2021 	<p>Objetivo General:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Se podrá aplicar la metodología BIM en el diseño geométrico del pavimento flexible para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano - Arequipa - 2021? 	<p>Tipo de investigación no experimental</p>	<p>Carretera Cruce Medina, Sector Alferrano, Bella Unión, Caraveli, Arequipa</p>
<p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál será el diseño optimo del pavimento? ¿Qué estudios técnicos primordiales se realizarán a nivel de ingeniería? ¿Cuál es la situación del área de estudio? 	<p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar el diseño del pavimento Realizar estudios técnicos primordiales a nivel de ingeniería Realizar la evaluación situacional del área de estudio. 	<p>Hipótesis Específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Se podrá realizar el diseño del pavimento? ¿Se podrá realizar estudios técnicos primordiales a nivel de ingeniería? ¿Se podrá realizar la evaluación situacional del área de estudio? 	<p>Tipo de investigación no experimental</p>	<p>Carretera Cruce Medina, Sector Alferrano, Bella Unión, Caraveli, Arequipa</p>

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Inicialmente para nuestra superficie de estudio, consideramos la carretera Cruce Medina hasta el Sector Alferrano, Bella Unión, Caraveli, Arequipa.



Figura 5: Ubicación del proyecto

Fuente: (Earth, Agosto 2021)

Muestra

Se tomo como muestra el levantamiento topográfico realizado a la carretera Cruce Medina hasta el Sector Alferrano, Bella Unión, Caraveli, Arequipa, así como el valor numérico que nos demanda nuestro CBR considerando nuestra sub rasante.

3.4. Métodos e instrumentos para la recopilación de datos para nuestro estudio

Exploración general de la superficie a estudiar: Llegamos al punto de inicio y se hizo el reconocimiento visual en la superficie a considerar que es la carretera Cruce Medina hasta el Sector Alferrano, Bella Unión, Caraveli, Arequipa, Asimismo se realizó el Estudio de tráfico in situ.

Revisión Planos: Ejecutamos el proceso del levantamiento topográfico para poder obtener todos los datos necesarios y así considerar toda esta información para la fase de diseño y posteriormente para su mantenimiento.

Revisión bibliográfica: Se revisó tesis complementarias al tema, Manuales del MTC, libros y artículos referidos al tema de investigación.

Observación directa: Se tomaron fotos del área de estudio a diseñar



Figura 6: zona a diseñar

Fuente: (propia)

Métodos estadísticos para la obtención de análisis informativo: Se diseñó el Pavimento flexible por el Método AASHTO 93, siguiendo la normativa peruana y el manual de la MTC para diseño de pavimentos y Estudio de tráfico, para el modelado se usó el software INFRAWORKS, para el modelado y el diseño geométrico con el 3d civil, se tomaron los puntos del levantamiento topográfico.

Observación directa: Fotografías, Visitas de Campo.

3.5. Proceso de aplicación

El procedimiento a desarrollar inicia con el diseño del pavimento de la carretera Cruce Medina hasta el Sector Alferrano, Bella Unión, Caraveli, Arequipa, para posteriormente modelarlo en el software infra Works intercomunicado con el 3d civil, revisando el diseño geométrico en 3D, para luego exportarlo en el Navisworks, y ver una simulación de construcción y verificar interferencias.

3.6. Técnica para el análisis experimental de la información muestral

Este proceso se ejecutó en función al reglamento y a las normativas actuales establecidas por el MTC y la Metodología general AASHTO 93 para todos los diseños de infraestructura vial.

3.7. Aspectos generales para situaciones éticas

En general el proyecto cumple con los parámetros de originalidad de todos y cada uno de los autores mencionados durante la fase de diseño y ejecución, citando las fuentes con la norma APA, con conceptos dentro de la normativa peruana vigente.

IV. RESULTADOS

Análisis de Estudio de Tráfico general

Se desarrollo de forma continua, teniendo en cuenta las siguientes especificaciones:

- Se identifico los tramos de estudio y sentidos
- Se realizo el conteo vehicular durante los 7 días, organizando mediante cada tipo de unidad vehicular.
- Con los resultados adquiridos, se realizó la corrección con los factores de corrección de la zona, obteniendo el IMDS.
- Se desarrollarán análisis de proyecciones de tráfico para cada tipo de unidad vehicular, sosteniendo como factor principal a la tasa anual de crecimiento obtenida a raíz de la tendencia histórica o factores de proyección socio económicos durante una fase actual.

Una vez que ya se tenga toda la información de conteo con bases sólidas, se alcanzaron los resultados para las secciones volumétricas de tráfico para cada una de nuestras estaciones, teniendo en cuenta las variaciones tales como: por

día, por tipo de unidad vehicular, por sentido y el resumen general para ambos sentidos.



Figura 7: Conteo Vehicular

Fuente: (propia)



Figura 8: Conteo Vehicular

Fuente: (propia)

Tabla 6: Conteo vehicular Cruce Medina

Conteo vehicular Cruce Medina

CONTEO VEHICULAR - BELLA UNION																	
Tramo	CRUCE MEDINA -SECTOR ALFERRANO									Ubicación	CRUCE MEDINA						
Cod. Estación	Estación N° 01									Sentido	AMBOS SENTIDOS						
Referencia de Estación	CRUCE MEDINA									Días	Miercoles a Martes						
TIPO DE VEHICULO		Sentido Salen					VDC				Sentido Entran					VDC	
		MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR		MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN		MAR
LIGEROS	Moto	65	49	41	48	41	44	49	48	56	44	43	41	43	46	40	45
	Moto Taxi	24	12	10	11	10	13	14	13	22	13	20	12	13	12	12	15
	Autos	35	25	21	20	21	32	26	26	26	28	28	27	28	25	33	28
	Satation Wagon	15	19	14	6	16	16	18	15	21	15	15	12	13	15	14	15
CAMIONETA	Camioneta Pick Up	64	61	57	52	50	58	57	57	67	56	63	47	58	59	55	58
	Camioneta Panel	4	9	4	5	4	8	4	5	5	8	3	6	5	5	4	5
	COMBI RURAL	17	11	13	14	14	11	16	14	12	11	12	10	12	16	9	12
PESADOS	MICRO	8	-2	1	0	1	0	1	1	2	0	1	1	1	0	1	1
	BUS																
	Bus 2E	-1	3	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1	3	1	2
	Bus 3E	4	2	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4
CAMION	Camión 2E	28	30	31	28	25	24	33	28	30	28	27	40	30	30	30	31
	Camión 3E	19	11	18	13	20	14	16	16	15	21	20	19	15	16	17	18
	Camión 4E	8	9	2	3	2	3	2	4	2	9	2	3	2	3	2	3
SEMITRAYLER	Semi trayler 2S1/2S2	9	0	12	0	11	5	11	7	7	1	11	13	7	11	10	9
	Semi trayler 2S3	0	8	0	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	1
	Semi trayler 3S1/3S2	6	0	10	5	9	8	9	7	10	5	8	10	11	6	8	8
	Semi trayler ≥ 3S3	10	7	8	4	7	6	6	7	6	6	8	10	5	9	4	7
TRAYLER	Para un Trayler 2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Para un Trayler 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Para un Trayler 3T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Para un Trayler 3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	315	254	248	215	237	248	267	254	287	252	266	257	248	260	244	262

Fuente: (propia)

Tabla 7: Conteo vehicular Sector Alferrano

Conteo vehicular Sector Alferrano

CONTEO VEHICULAR - BELLA UNION																		
Tramo		SECTOR ALFERRANO - CRUCE MEDINA								Ubicación			SECTOR ALFERRANO					
Cod. Estación		Estación N° 01								Sentido			AMBOS SENTIDOS					
Referencia de Estación		SECTOR ALFERRANO								Días			Miercoles a Martes					
TIPO DE VEHICULO		Sentido Salen						VDC	Sentido Entran						VDC			
		MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN		MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		LUN	MAR	
LIGEROS	Moto	66	70	61	74	47	68	64	64	80	66	74	79	40	68	56	66	
	Moto Taxi	27	28	29	27	12	28	23	25	28	30	28	39	13	32	22	27	
	Autos	36	39	33	40	19	37	32	34	27	31	27	28	26	34	26	28	
	Satation Wagon	12	23	18	19	7	16	16	16	15	23	15	14	13	15	21	17	
CAMIONETA	Camioneta Pick Up	64	68	57	72	41	67	65	62	60	69	60	71	53	66	67	64	
	Camioneta Panel	1	13	6	11	2	12	7	7	4	12	4	9	3	12	5	7	
	COMBI RURAL	17	11	17	24	11	13	15	15	14	12	14	21	9	18	12	14	
PESADOS	MICRO	8	-1	3	0	1	0	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	
	BUS	Bus 2E	-2	3	2	3	1	2	2	2	2	3	2	3	1	2	2	2
		Bus 3E	4	2	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4
CAMION	Camión 2E	39	41	43	44	26	38	36	38	44	42	48	50	27	42	28	40	
	Camión 3E	14	14	23	18	14	14	22	17	13	14	16	16	22	13	17	16	
	Camión 4E	2	3	2	3	4	3	2	3	2	3	2	3	8	3	2	3	
SEMIRAYLER	Semi trayler 2S1/2S2	8	16	14	14	1	9	11	10	4	8	11	11	2	5	10	7	
	Semi trayler 2S3	0	1	0	1	5	1	0	1	4	1	2	3	1	3	0	2	
	Semi trayler 3S1/3S2	3	10	12	7	2	8	8	7	7	9	9	6	6	5	10	7	
	Semi trayler ≥ 3S3	10	11	11	11	5	9	10	10	13	10	10	12	5	8	5	9	
TRAYLER	Trayler 2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Trayler 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Trayler 3T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Trayler 3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	TOTAL	309	352	335	371	202	328	318	316	323	338	328	370	235	330	289	315	

Fuente: (propia)

Se realizo el promedio de los dos sentidos, obteniendo lo siguiente:

Tabla 8: Conteo Vehicular Promedio

Conteo Vehicular Promedio

CONTEO VEHICULAR - BELLA UNION									
Tramo	CRUCE MEDINA -SECTOR ALFERRANO								
Cod. Estación	Estación N° 01								
Referencia de Estación	PROMEDIO								
		TIPO DE VEHICULO	ENTRADA Y SALIDA						
			MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR
LIGEROS		Moto	134	115	110	121	86	113	105
		Moto Taxi	51	42	44	45	24	43	36
		Autos	62	62	55	58	47	64	59
		Satation Wagon	32	40	31	26	25	31	35
	CAMIONETA	Camioneta Pick Up	128	127	119	121	101	125	122
		Camioneta Panel	7	21	9	16	7	19	10
		COMBI RURAL	30	23	28	35	23	29	26
PESADOS	MICRO	Micro	10	-1	4	2	3	1	3
	BUS	Bus 2E	1	6	4	5	3	5	3
		Bus 3E	8	5	8	6	8	6	8
	CAMION	Camión 2E	71	71	75	81	54	67	64
		Camión 3E	31	30	39	33	36	29	36
		Camión 4E	7	12	4	6	8	6	4
	SEMITRAYLER	Semi trayler 2S1/2S2	14	13	24	19	11	15	21
		Semi trayler 2S3	2	6	1	3	3	3	0
		Semi trayler 3S1/3S2	13	12	20	14	14	14	18
		Semi trayler ≥ 3S3	20	17	19	19	11	16	13
	TRAYLER	Trayler 2T2	0	0	0	0	0	0	0
		Trayler 2T3	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 3T2		0	0	0	0	0	0	0	
Trayler 3T3		0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL			621	601	594	610	464	586	563

Fuente: (propia)

Luego del conteo vehicular, iniciamos con el proceso de cálculo del Índice Medio Diario (IMDs), Los datos que se muestran en las siguientes tablas, son resultado del conteo vehicular de entrada y salida de cada uno de los vehículos, evaluados

por día, realizando el conteo vehicular, para después promediarlo semanalmente $\sum \text{Semanal}/7 = \text{IMD}$., obteniendo los siguientes resultados:

- IMDs obtenido: Cruce Medina – Sector Alferrano, equivale a 577 vehículos/día.

Tabla 9: Índice Medio Diario Semanal (IMDs)

Índice Medio Diario Semanal (IMDs)

Tipo de Vehículos	IMDS	Distrib. %
Motos	112	19.4%
Moto Taxis	41	7.1%
Automoviles	58	10.1%
Satation. W	31	5.4%
Camioneta Pick	120	20.8%
Camioneta con Panel	13	2.3%
Combis	28	4.9%
Micros	3	0.5%
Para un Omnibus 2E	4	0.7%
Para un Omnibus 3E	7	1.2%
Para un Camión 2E	69	12.0%
Para un Camión 3E	33	5.7%
Para un Camión 4E	7	1.2%
Para un Semi trayler	17	2.9%
Para un 2S1/2S2		
Para un Semi trayler 2S3	3	0.5%
Para un Semi trayler 3S1/3S2	15	2.6%
Para un Semi trayler >= 3S3	16	2.8%
Trayler general	0	0.0%
TOTAL IMD	577	100.0%

Fuente: (propia)

Una vez obtenidos los valores finales para la organización de unidades vehiculares de estudio, se inició a calcular la estructura vehicular del tamaño de muestra, y está constituida de la siguiente forma:

Estación E – 1: CRUCE MEDINA

- Vehículos Ligeros..... 72.40 %
- Vehículos Pesados 27.60 %

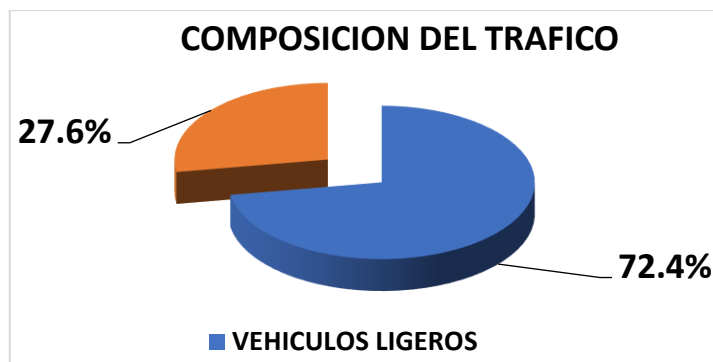


Figura 9: Composición Vehicular

Fuente: (propia)

En relación al estudio ejecutado, una vez recolectada toda la información y ubicando los posibles resultados, podemos llegar a la conclusión de que la capacidad volumétrica de tráfico permanece constante durante los 5 días particulares de la semana, por otro lado los días sábados y domingos, se reduce considerablemente la actividad vehicular, esto nos hace suponer que cualquier actividad económica obtendrá un crecimiento significativo y se verá beneficiada si el proyecto es viable con el distrito de Bella Unión y el cruce Medina hasta al sector Alferrano.

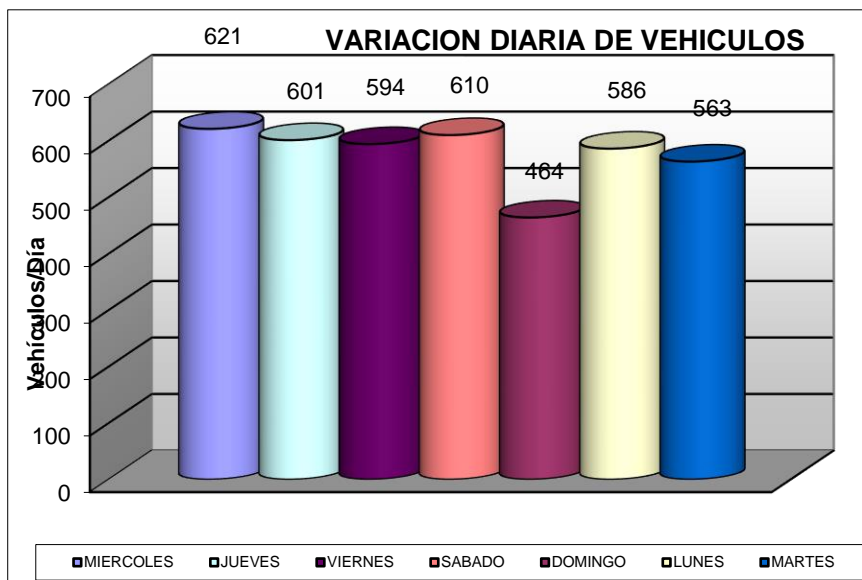


Figura 10: Variación General Diaria para todos los Vehículos en circulación

Fuente: (propia)

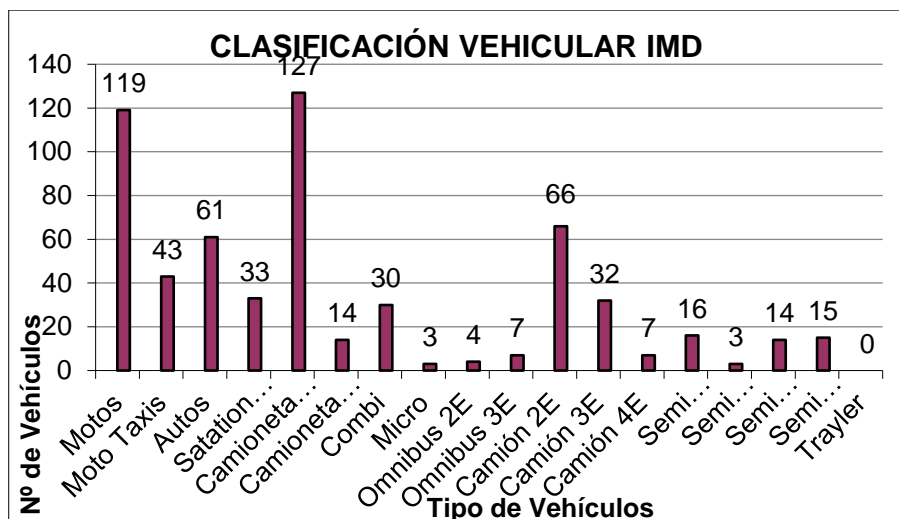


Figura 11: Clasificación Vehicular IMD

Fuente: (propia)

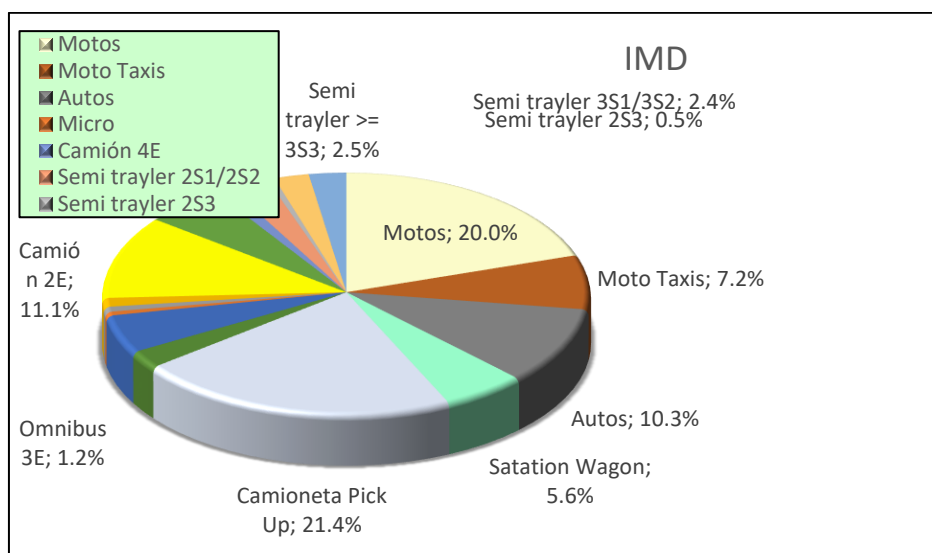


Figura 12: Clasificación Vehicular IMD

Fuente: (propia)

Para el análisis del cómputo en cuanto al factor de corrección mensual estipulado en la normativa y el reglamento (FCm), se consiguió a partir de todos los datos obtenidos, así como la información suministrada por el ente general de Provias Descentralizado, teniendo en cuenta la única unidad activa de peaje de la zona colindante a Yauca, cuya localización se encuentra en la carretera “Arequipa – Yauca”.

Tabla 10: Factor de Corrección Estacional

Factor de Corrección Estacional

PUNTO DE CONTROL	UNIDAD DE PEAJE ASUMIDA	CÓDIGO	MES	F. CORRECC VEH. LIGEROS	F.CORRECC VEH.PESADOS
Carretera Arequipa – Atico-Yauca	Yauca	Todas	Octubre	1.058059	0.960222

Fuente: (Provias)

El resultado obtenido en esta tabla, constituye a los valores corregidos, por cada modelo de unidad dimensional vehicular.

Tabla 11: Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Motos	119	20.0%
Moto Taxis	43	7.2%
Autos simples	61	10.3%
S. Wagon	33	5.6%
Camionetas	127	21.4%
Camioneta con Panel	14	2.4%
Combis	30	5.1%
Micros	3	0.5%
Omnibus para 2E	4	0.7%
Omnibus para 3E	7	1.2%
Camión para 2E	66	11.1%
Camión para 3E	32	5.4%
Camión para 4E	7	1.2%
Semi trayler para 2S1/2S2	16	2.7%
Semi trayler para 2S3	3	0.5%
Semi trayler para 3S1/3S2	14	2.4%
Semi trayler para >= 3S3	15	2.5%
Trayler general	0	0.0%
TOTAL IMD	594	100.0%

Fuente: (propia)

Asimismo, se realizó la toma de velocidades para cada una de las unidades vehiculares que se desplazan por las secciones de investigación, para obtener una velocidad promedio de diseño, obteniendo lo siguiente:

Tabla 12: Cuadro de Velocidades

Cuadro de Velocidades

TIPO DE VEHÍCULO	TIEMPO	VELOCIDAD ACTUAL (km/h)
Autos	15	35.00
Station. W	15	28.00
Motos	15	40.00
Camioneta Pick	15	35.00
Panel	25	26.00
Combis	25	24.00
Micros	25	25.00
Combis	25	24.00
Promedio		30.00

Fuente: (propia)

Obteniendo una velocidad vehicular por unidad en promedio de 30 km/h.

Proyección de Tráfico

Teniendo en cuenta el primer paso elaborado, hay una carencia suficiente de información estadística con relación a la data histórica de muchos años pasados en base a la carretera a ejecutar; por este motivo se llegó a la conclusión de utilizar las proyecciones de tráfico del segundo caso elaborado, ya que este sistema considera a todas las tasas obtenidas mediante la generación de intercambios vehiculares (viajes) y están en correlación a todas las variables macroeconómicas tales como nuestro (PBI) y los tamaños actuales de todas las poblaciones existentes.

VARIABLES MACROECONÓMICAS

Hemos considerado como data informativa para nuestras tasas de crecimiento a 2 variables, que son el PBI y la Población, además estos datos están relacionados en función a una proporción Regional.

Tabla 13: Tasa De Crecimiento Del PBI Por Departamento

Tasa De Crecimiento Del PBI Por Departamento

DEPARTAMENTO	PERIODO		
	1994-2001	2004-2013	2013-2023
Amazonas	1.10%	3.70%	3.40%
Ancash	3.40%	3.80%	3.40%
Apurímac	1.60%	3.40%	3.20%
Arequipa	3.80%	4.20%	3.80%
PIB	2.90%	3.80%	3.40%

Fuente: (Perú, 2005)

Por tanto, nuestra Tasa es de un 3.80%, (vehículos de carga).

Tabla 14: Tasa De Crecimiento Del PBI Por Departamento

Tasa De Crecimiento Del PBI Por Departamento

Departamento	Tasa de Crecimiento Promedio Anual (%)					
	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017
Total	2.2	2.9	2.5	2.2	1.5	0.7
Amazonas	2.9	4.6	3.0	2.4	0.8	0.1
Áncash 1/	1.5	2.0	1.4	1.2	0.8	0.2
Apurímac	0.5	0.6	0.5	1.4	0.4	0.0
Arequipa	1.9	2.9	3.2	2.2	1.6	1.8

Fuente: (INEI, 2017)

Por tanto, nuestra Tasa es de un 1.80%, (vehículos de pasajeros).

Por tanto, Para la proyección de Trafico, se obtuvo los resultados según la formula establecida por la MTC.

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

Dónde:

T_n = Consideramos el tráfico para nuestro tramo en un año n .

T_o = Consideramos el tráfico para nuestro tramo, en el año base.

R_i = Valor anual de generación operacional de viajes.

n = Indicador para los años de diseño durante un periodo determinado

Obteniendo el siguiente resultado para una proyección a 20 años:

Tabla 15: Demanda Proyectada

Demanda Proyectada

DEMANDA PROYECTADA		
Tipo de Vehículo	IMDpi	Distribución (%)
Motos	167	17.96
Moto Taxis	60	6.49
Auto. N	86	9.21
Satation. W	46	4.98
Camioneta Pick Up	178	19.17
Camioneta con Panel	20	2.11
Combis	42	4.53
Micros	4	0.45
Omnibus para 2E	6	0.60
Omnibus para 3E	10	1.06
Camión para 2E	134	14.42
Camión para 3E	65	6.99
Camión para 4E	14	1.53
Semi trayler para 2S1/2S2	32	3.50
Semi trayler para 2S3	6	0.66
Semi trayler para 3S1/3S2	28	3.06
Semi trayler para >= 3S3	30	3.28
Trayler general	0	0.00
IMD	930	100.00

Fuente: (propia)

Teniendo en cuenta nuestro factor acumulado, utilizamos lo siguiente:

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

Obteniendo el siguiente resultado:

Fca V. Ligeros= 23.82

Fca V. Pesados= 29.17

Ejes equivalentes

El AASHTO lo define, como ejes equivalentes (EE) al resultado del desgaste causado al pavimento por ejes simples de dos neumáticos cargados con 8.2 Tn. de peso con neumáticos a la presión de 80 lb/ pulg².

La fórmula para hallar el número de repeticiones de estos ejes equivalentes a 8.2 Tn, va a ser igual a:

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

Para obtener el Eje equivalente de cada carril, se aplicará la fórmula del manual de la MTC:

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi}$$

Factor Direccional y Factor Carril

Para el factor de distribución direccional se establece que, generalmente se considera el 50% del total de tránsito vehicular activo en todos los sentidos, aun así, existe la posibilidad que un sentido sea mayor que el otro, por ende, el factor a considerar lo definirá el conteo de tráfico vehicular vigente.

Por tanto, según los cuadros del Manual de la MTC, obtenemos:

Cantidad de calzadas	Cantidad de sentidos	Cantidad de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado (Fd*Fc) para carril de diseño
1 calzada (para IMD a 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

Figura 13: Factor Direccional y Factor Carril

Fuente: (propia)

Factor para la presión inducida en un Neumático

El profesional encargado para los pavimentos flexibles y semirrígidos debe de considerar todos estos parámetros, para el análisis de los EE, esto concluirá en un factor equivalente a 1.0 en la presión de ruedas.

Por tanto, se tomará en cuenta los siguientes resultados:

Fuerza para la presión puntual (Fb)=1

Factor de inducción para la órbita direccional (Fd)=0.5

Factor para análisis de carril (Fc) =1

Para el Factor considerado en nuestras unidades pesadas, en el diseño de pavimento, la cantidad volumétrica de tráfico vehicular para camiones, ómnibus o vehículos pesados siempre tendrán la prioridad.

Para los pesos vehiculares, según los manuales de la MTC, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 16: Tabla de Pesos

Tabla de Pesos

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES		
		1RO	2DO	3RO
Bus Grande	7	16		
Para unidad vehicular de 2E	7	11		
Para unidad vehicular de 3E	7	18		
Para unidad vehicular de 4E	7	23		
Para unidad vehicular de 2S1 /2S2	7	11	18	
Para unidad vehicular de 2S3	7	11	25	
Para unidad vehicular de 3S1 /3S2	7	18	18	
Para unidad vehicular de $\geq 3S3$	7	18	25	
Para unidad vehicular de 2T2	7	11	11	11
Para unidad vehicular de 2T3	7	11	11	18
Para unidad vehicular de 3T2	7	18	11	11
Para unidad vehicular de $\geq 3T3$	7	18	11	18

Fuente: (propia)

Para la relación de cargas por eje, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 17: Relación de cargas por eje

Relación de cargas por eje

	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			Fvp.
		1	2	3	
Bus Grande	1.27	1.37			2.63
Para unidad vehicular de 2E	1.27	3.24			4.50
Para unidad vehicular de 3E	1.27	2.02			3.28

Para unidad vehicular de 4E	1.27	1.51			2.77
Para unidad vehicular de 2S1 /2S2	1.27	3.24	2.02		6.52
Para unidad vehicular de 2S3	1.27	3.24	1.71		6.21
Para unidad vehicular de 3S1 /3S2	1.27	2.02	2.02		5.30
Para unidad vehicular de ≥3S3	1.27	2.02	1.71		4.99
Para unidad vehicular de 2T2	1.27	3.24	3.24	3.24	10.98
Para unidad vehicular de 2T3	1.27	3.24	3.24	2.02	9.76
Para unidad vehicular de 3T2	1.27	2.02	3.24	3.24	9.76
Para unidad vehicular de ≥3T3	1.27	2.02	3.24	2.02	8.54

Fuente: (propia)

Obteniendo el siguiente resultado de los ejes equivalentes de cada uno de los vehículos:

Tabla 18: Ejes Equivalentes por Cada Tipo de Vehículo

Ejes Equivalentes por Cada Tipo de Vehículo

EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO		
Tipo de Vehículo	EEdía-carril	Distribución (%)
Para un Omnibus 2E	7	1.02
Para un Omnibus 3E	13	1.78
Para un Camión 2E	302	41.64
Para un Camión 3E	107	14.72
Para un Camión 4E	20	2.72
Para un Semi trayler 2S1/2S2	106	14.62
Para un Semi trayler 2S3	19	2.61
Para un Semi trayler 3S1/3S2	75	10.40
Para un Semi trayler >= 3S3	76	10.49
Para un Trayler general	0	0.00
IMD	725	100.00

Fuente: (propia)

Por tanto, el número de Ejes equivalentes (ESAL), da como resultado lo siguiente:

$$N_{rep} \text{ de } [EE] _8.2tn = 7,718,501 \text{ EE}$$

Diseño general de nuestro pavimento flexible

Para esta etapa, utilizaremos el método AASHTO 93, considerando la siguiente formula según AASHTO:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{OPSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}} - 2.32 \log_{10}(M_r) 8.07$$

Zr	=	Desviación Estándar	=	-1,282
So	=	Desviación Estándar Combinada	=	0,45
Pi	=	Serviciabilidad Inicial	=	4.0
Pt	=	Serviciabilidad Final	=	2,5
Apsi	=	diferencia de serviciabilidad	=	1.5

En cuanto al MR, el resultado se obtuvo según la formula del manual de la MTC

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times CBR^{0.64}$$



Figura 14: Calculo del CBR

Fuente: (propia)

Según los datos obtenidos por nuestros estudios de suelos, realizados, nos indica que los datos de CBR para la densidad seca máxima y a 0.1" para la penetración en condiciones saturadas, se muestra que los CBR son de 35.0%, 34.0%, 47.0% y 39.0% los cuales clasifica como una Subrasante buena, por lo tanto, no necesita un tratamiento para mejorar el suelo de fundación, se tomo el punto mas critico de CBR, para el calculo del Mr, obteniendo lo siguiente:

$$MR = \text{Módulo de Resilencia} = 2555 \times 34.0^{0.64} = 24,408.2932$$

Según los datos obtenidos se procedió a calcular el SN:

Tipo de Pavimento		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)	
<input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		90 % Zi=-1.282	So = 0.45
Serviciabilidad inicial y final		Módulo resiliente de la subrasante	
PSI inicial = 4	PSI final = 2.5	Mr = 408.29319 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		Número Estructural	
<input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 7718501		SN = 3.16	
<input type="radio"/> Calcular W18			
Calcular		Salir	

Figura 15: Ecuación AASHTO 93

Fuente: (propia)

Nuestro valor de SN (Numero Estructural) ESAL = 7,718,501 EE

Mr de 22,769 psi (34.0% de CBR), es equivalente a: SN = 3.16

En cuanto a nuestra ecuación, el numero estructural esta relacionado a la siguiente ecuación:

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

Para el siguiente suceso se ha tomado en cuenta:

Superficie de Rodadura de concreto asfáltico en caliente 450,000 lb/pulg² a 68°F de 5.0 cm de espesor.

- Base Granular de 20.0 cm de espesor (CBR > 80%, compactada en una capa al 100% de la Máxima Densidad Seca del Ensayo Proctor Modificado).
- Sub Base Granular de 20.0 cm de espesor (CBR > 40%, compactada en una capa al 95% de la Máxima Densidad Seca del Ensayo Proctor Modificado).
- Suelo de Fundación a nivel de Subrasante, escarificada y compactada al 95% de la Máxima Densidad Seca del Ensayo Proctor Modificado.

Para los valores iniciales del a_1 , a_2 y a_3 se consideraron de acuerdo al manual de la MTC, considera un valor de $a_1 = 0.17$

Para una Base Granular (CBR > 100%) el método considera un valor $a_2 = 0.054$
En el presente caso consideraremos el valor para la sub base $a_3 = 0.047$

Con respecto a los coeficientes de drenaje (m_2 y m_3), se ha estimado un valor referencial del 1.15 considerado a un drenaje bueno, teniendo en cuenta que el factor tiempo es el que predomina al momento de que nuestro pavimento se pueda humedecer llegando incluso a porcentajes de saturación menores del cinco por ciento de su vida útil y considerando que este líquido será trasladado en tiempo real, para evitar problemas a futuro.

Si consideramos el espesor nuestra Carpeta 5cm (2 pulgadas), para que nuestra Base Granular tendrá 20.0 cm (8.0 pulg) Sub Base granular tendrá 20.0 cm (8.0 pulg), obtenemos en la expresión de la AASHTO lo siguiente:

$$SNR = (0.17 \times 5) + (0.054 \times 20 \times 1.15) + (0.047 \times 20 \times 1.15) = 3.17$$

Finalmente, el valor obtenido en cuanto a nuestro SNR adquirido con todos los parámetros establecidos es el indicado, considerando que es mayor al SN calculado en función a todas las peculiaridades interpretadas, tales como el tráfico y servicialidad del proyecto a desarrollar.

Muestra de los espesores finales a considerar

Para la carpeta asfáltica= 2" = 5cm

Para la Base granular=8" =20cm

Para la SubBase granular=8" =20cm

Diseño inicial en software (3D Civil)

Con los puntos en Excel del levantamiento se realizó el procesamiento de datos en 3d civil, obteniendo la superficie inicial del proyecto.

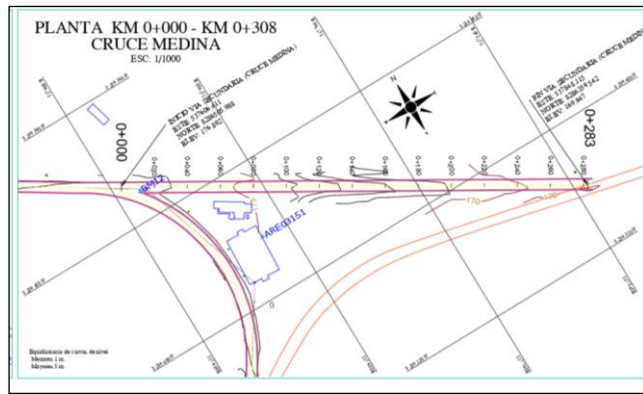


Figura 16: Superficie Inicial del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Con la topografía y el perfil longitudinal del terreno inicial, respetando las pendientes máximas y mínimas de acuerdo a la MTC, como la calzada tiene un bombeo de 2%, hubo pendientes mínimas de hasta 0.2%, y una pendiente máxima 7.69%, encontrándose a una pendiente menor, según lo indicado en la MTC, para una velocidad de diseño de 30km/h.

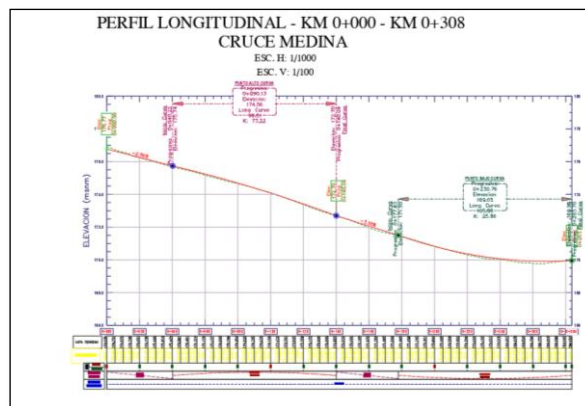


Figura 17: Perfil longitudinal del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se planteó el ensamble de sección para realizar el corredor de toda la carretera, se planteó 3 ensambles por el tema de los peraltes en las curvas.

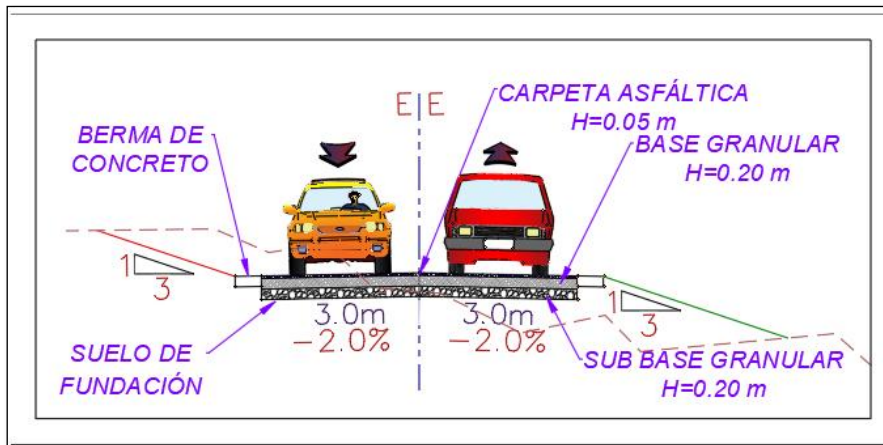


Figura 18: Sección típica

Fuente: *Elaboración Propia*

El presente estudio tiene especificaciones recomendadas por las normas de diseño de caminos vecinales y lo establecido durante la rehabilitación del camino vecinal año.

- Tramo : Carretera cruce Medina hasta el sector Alferrano.
- Longitud : 5.974 Km
- Dimensiones de la Carpeta Asfáltica : 0.05 m
- Dimensiones del espesor de Base granular : 0.20 m
- Dimensiones del Espesor de la sub base granular : 0.20 m
- Dimensiones de la velocidad directriz : 30 Km/h
- Dimensiones del radio mínimo : 52.58 m
- Dimensiones para el peralte máximo : 5%
- Capacidad de bombeo : 2%
- Dimensiones para la pendiente mínima : 0.52%
- Dimensiones para la pendiente excepcional : 0.20%
- Dimensiones para la pendiente máxima : 7.69%
- Dimensiones para el ancho de calzada : 3.00 m

Según los datos obtenidos en 3d civil, los corredores no se empalman, según los alineamientos de la carretera

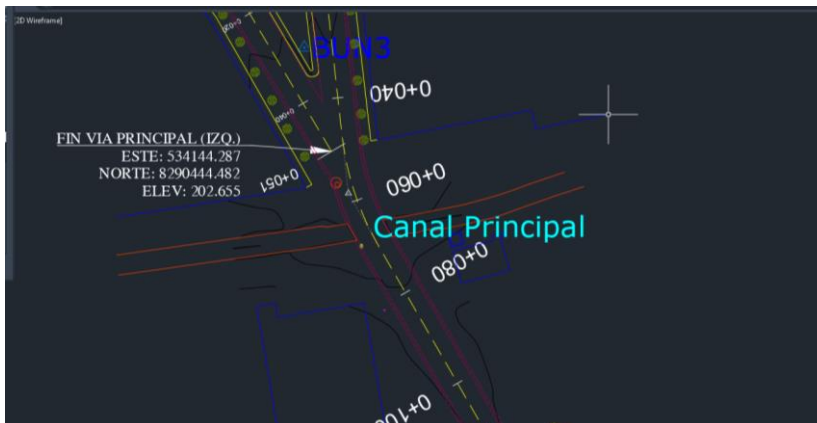


Figura 19: Mal Empalme de Corredores de Carreteras

Fuente: Elaboración Propia

Por tanto, con la data adquirida en 3d civil, se comenzó a exportar toda la primera fase superficial, perfiles, corredores y ensamble de secciones al infraworks, interpolando dos programas, para la vinculación entre estos



Figura 20: Mal Empalme de Corredores de Carreteras

Fuente: Elaboración Propia

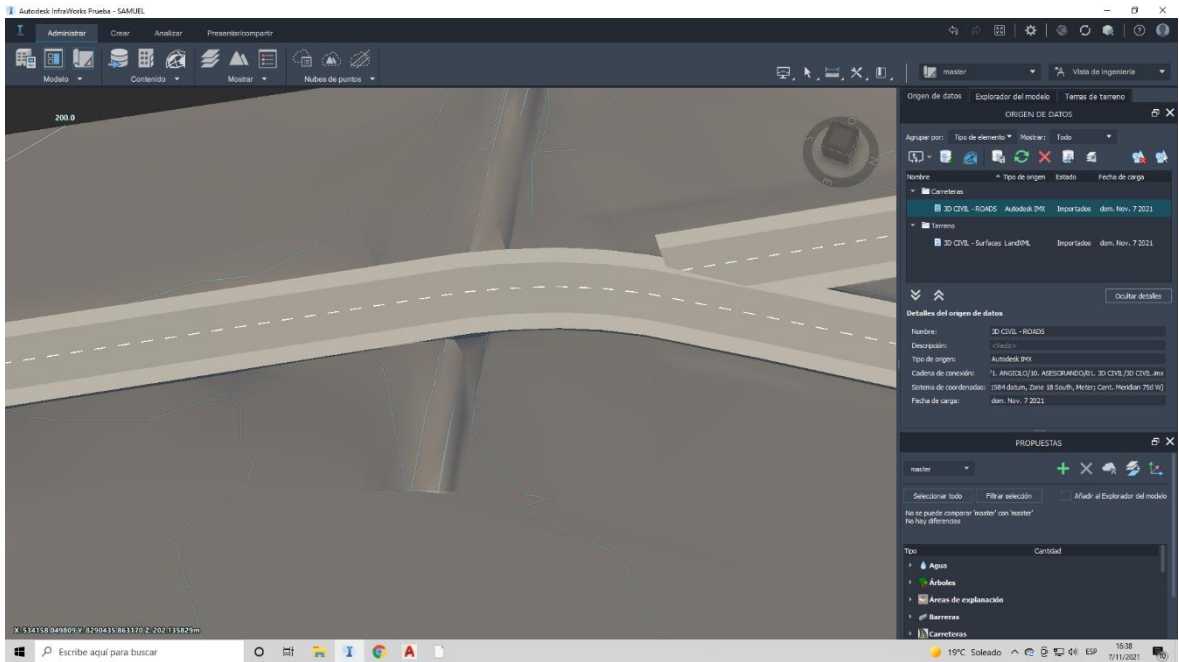


Figura 21: Mal Empalme de Corredores de Carreteras

Fuente: Elaboración Propia

Con la visualización del error encontrado y el metrado faltante, se procedio a replantear y modificar en el infraworks

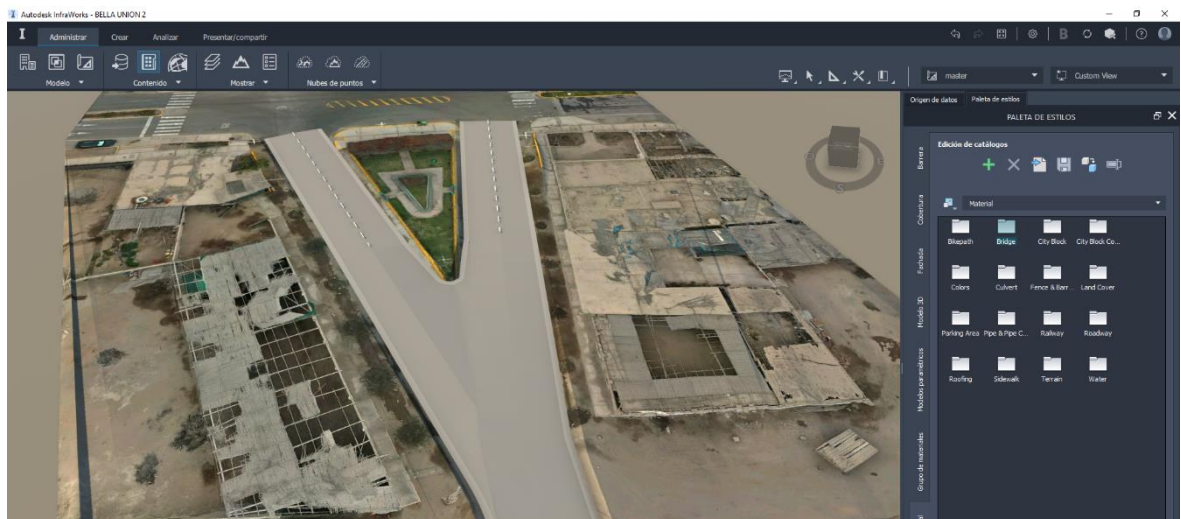


Figura 22: Rectificación del Error en Infraworks

Fuente: Elaboración Propia

Con los corredores nuevos realizados en el infraworks, según la norma AASHTO, y con la velocidad de las unidades vehiculares de 30km/ h, se pudo

reconsiderar los peraltes para el análisis de curvas en las secciones existentes, teniendo un peralte en las curvas de 6%, asimismo la revisión y corrección de los errores, es mucho más fácil y didáctico en el infra Works.

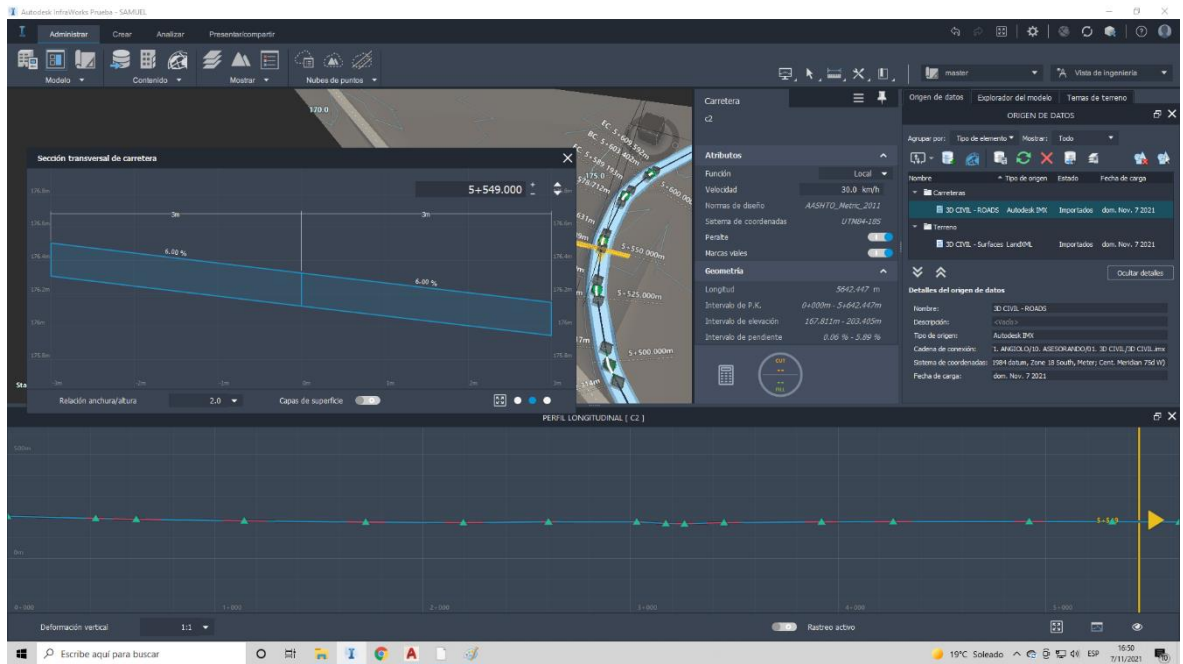


Figura 23: Replanteo de Peraltes en Infraworks

Fuente: Elaboración Propia

Con estos nuevos datos se trasladaron los nuevos corredores del infraworks al 3d civil, por medio del formato IMX.

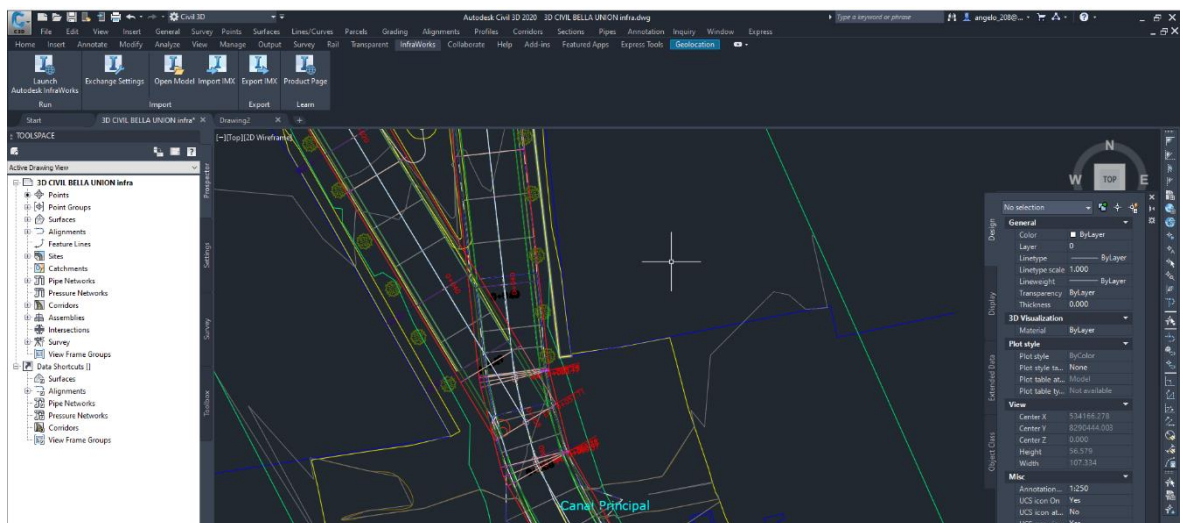


Figura 24: Rectificación del Error en 3D civil

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta el nuevo corredor exportado del infraworks, se procedió a actualizar las superficies del corredor, para el cálculo de movimiento de tierras, obteniendo un mayor metrado no considerado, teniendo más precisión en el infraworks y más facilidad de obtener el movimiento de tierras preciso, asimismo, teniendo una vinculación de software entre el 3d civil y el infraworks. Con los nuevos datos procesados, se tiene una diferencia de 157.82 m³ de corte en movimiento de tierras, siendo el metrado nuevo, más real al terreno y el mas optimo, según el diseño geométrico del infraworks.

Tabla 19: *Metrado de Movimiento de tierras*

Metrado de Movimiento de tierras

Tramos	Movimiento de Tierras		
	Metrado Anterior	Metrado Replanteado	Diferencia
Sector Bella Union	152.1	130.89	21.21
Bella union - Sector Alferrano	14,332.20	13,938.00	394.2
Sector Alferrano	764.32	1,021.91	-257.59
Total	15,248.62	15,090.80	157.82

Fuente: propia

V. DISCUSIÓN

El Ingeniero David Limas, realizo una investigación aplicando BIM a una etapa inicial de prefactibilidad para la elaboración de una carretera, donde busco Proporcionar instrumentos teórico-prácticas, por tanto, en esta investigación, se encontró la optimización del diseño geométrico, teniendo un metrado más real, asimismo, por la variación de metrados, se puede deducir que este tendrá un mayor costo y tiempo, siendo estos metrados más cerca a la actualidad, encontrados antes del proyecto.

Asimismo, Joseph Bastidas y Jerson Herrera, realizaron el análisis de interferencias en la etapa de planeamiento, por tanto, teniendo un metrado más cerca a la realidad, podemos establecer una mejor programación y no teniendo mayores plazos en ejecución, siendo estos mal vistos por la población.

Edwin chavarria, nos indica, la importancia del BIM en el ciclo de diseño de una carretera, ya que esta nos ayudará a determinar y solucionar las dificultades de visibilidad y desfases en la geometría.

En esto proyecto se optimizo el diseño geométrico, identificando los desfases de corredores del 3d civil y rectificándolos en el infraworks, exportando los corredores del 3d civil al infraworks, para luego volver a importarlos con las correcciones realizadas en el infraworks, obteniendo un mejor diseño geométrico antes de su ejecución.

VI. CONCLUSIONES

- Se logró mejorar y optimizar todas las etapas del diseño para nuestro pavimento flexible, con la ayuda del software Infra Works con vinculación del 3d civil para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano – Arequipa, teniendo un mejor metrado en el movimiento de tierras, teniendo una variación de 157.82 m³.
- Se Diseñó el pavimento flexible por el Método AASHTO 93, obteniendo 5 cm de pavimento flexible en caliente, 20 cm de base y 20 se sub base.
- Se Diseñó el pavimento flexible de acuerdo a todos los parámetros establecidos por la normativa peruana, con apoyo del manual de la MTC, en diseño de pavimentos y en el diseño geométrico en el Infracworks, teniendo peraltes en las curvas hasta un 6%, con la velocidad de 30 km/ h.
- Según estudios realizados y el mal estado del pavimento, así como el crecimiento poblacional, se identificó la obligación de instaurar la metodología BIM para el diseño general de pavimentos flexibles.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de la metodología BIM para optimizar el diseño geométrico del pavimento flexible, con la ayuda del software Infra Works con vinculación del 3d civil para el mejoramiento de la carretera cruce Medina - sector Alferrano – Arequipa
- Se Recomienda los siguientes espesores de carpeta asfáltica: 5 cm de pavimento flexible en caliente, 20 cm de base y 20 se sub base.
- Se recomienda el uso de la metodología BIM en la etapa de diseño
- Se recomienda implementar la metodología BIM en el diseño de pavimentos flexibles.

REFERENCIAS

- AASHTO. (s.f.). *Nomograma AASHTO*.
- ATER, M., & RUSCHEL, R. C. (2020). O potencial da verificação automatizada baseada em regras para as medidas de segurança contra incêndio em BIM. *Universidad Estatal de Campinas*.
- Bastidas Cristobal, J. B., & Herrera Araujo, J. G. (2020). *Análisis de interferencias para movimiento de tierras en las infraestructuras viales en el Perú para prevenir los retrabajos en la etapa de planeamiento, mediante la Metodología de Gestión BIM. Caso de estudio, Camino Vecinal Puente Techin – Cruce Chirimo*. Lima: Repositorio UPC.
- Bastidas Cristobal, J. B., & Herrera Araujo, J. G. (2020). *Análisis de interferencias para movimiento de tierras en las infraestructuras viales en el Perú para prevenir los retrabajos en la etapa de planeamiento, mediante la Metodología de Gestión BIM. Caso de estudio, Camino Vecinal Puente Techin – Cruce Chirimo*. Lima: Repositorio universidad peruana de ciencias aplicadas.
- CARVAJAL, N. A. (2018). *ESTUDIO DE IMPACTO DEL USO DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN*. SANTIAGO DE CHILE: REPOSITORIO UNIVERSIDAD DE CHILE.
- CHAVARRIA ARÉVALO, E. O. (2018). *LA METODOLOGÍA BIM PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO DE LA CARRETERA LURICOCHA-PACCHANCCA, AYACUCHO 2018*. LIMA: repositorio ucv.
- CHAVARRIA ARÉVALO, E. O. (2018). *LA METODOLOGÍA BIM PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO DE LA CARRETERA LURICOCHA-PACCHANCCA, AYACUCHO 2018*. lima: repositorio ucv.
- COMUNICACIONES, M. D. (2014). *MANUAL DE CARRETERAS - SUELOS GEOLOGIA Y PAVIMENTOS - SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS*. PERÚ: MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES.

- COMUNICACIONES, M. D. (2018). *MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2018*. PERÚ: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Earth, G. (Agosto 2021).
- Galindo, C. V. (2018). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM A UN*. Sevilla - España: Universidad de Sevilla.
- Galindo, D. C. (2018). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM A UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN CORREDOR DE TRANSPORTE PARA UN COMPLEJO INDUSTRIAL. MODELO BIM 5D COSTES*. Sevilla - España: Escuela Técnica Superior de Ingeniería.
- Gámez, F. C., Márquez, R. J., & Severino, M. S. (2016). *INTRODUCCION A LA METODOLOGÍA BIM*. *researchgate.net*, 10.
- INEI. (2017). *Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática .
- Journal, A. S. (2020). The level of Building Information Modelling (BIM) Implementation in. *ASEJ*.
- Limas, I. D. (2019). *METODOLOGÍA BIM APLICADA A LA FASE DE PREFACTIBILIDAD DE UN PROYECTO VIAL DE TERCER ORDEN EN COLOMBIA*. Bogota: Repositorio Universidad Santo Toms.
- MANENTI, E. M., & MARCHIORI, F. F. (2021). *Plano de execução BIM: proposta de diretrizes para contratantes e fornecedores de projeto*. Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis.
- MARINO, M. P. (2018). *IMPLEMENTACION DE LA METOLOGIA BIM EN LA ELABORACIÓN DE UN PROYECTO DE CARRETERA*. huacho: repositorio universidad nacional jose faustino sanchez carrion.
- MARINO, M. P. (2018). *IMPLEMENTACION DE LA METOLOGIA BIM EN LA ELABORACIÓN DE UN PROYECTO DE CARRETERA*. huacho: repositorio universidad nacional jose faustino sanchez carrion.

- Mendigaño, I. D. (DICIEMBRE 2019). *METODOLOGÍA BIM APLICADA A LA FASE DE PREFACTIBILIDAD DE UN PROYECTO VIAL DE TERCER ORDEN EN COLOMBIA*. Bogota: Repository USTA.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos*. Lima: Sección Suelos y Pavimentos.
- MTC. (2018). *MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Perú, M. d. (junio de 2005). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. Obtenido de Plan Intermodal de Transportes del Perú - Ministerio de Transportes y Comunicaciones/OGPP, Informe Final - Parte 2, Capítulo 5. Consorcio BCEOM-GMI-WSA.: <http://www.mtc.gob.pe/>.
- propia. (s.f.).
- Provias. (s.f.). *Provias*. Peru: Provias.
- RODRIGUEZ, D. G. (2018). *APLICACIÓN DE BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) EN LA. MÉXICO: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*.
- Sampieri, M. e. (2003). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.

ANEXOS

ENSAYO DE CBR.

METODO ASTM D - 1883

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CRUCE MEDINA HASTA EL SECTOR ALFERRANO DEL DISTRITO DE BELLA UNION PROVINCIA DE CARAVELI - AREQUIPA."

UBICACIÓN : DISTRITO BELLA UNION - PROVINCIA CARAVELI - DEPARTAMENTO AREQUIPA."

SOLICITA : SAMUEL ANCCO DURAN

MATERIAL : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

FECHA : OCTUBRE DEL 2021

MOLDE Nro.	1		2		3	
Nro. GOLPES POR CAPA	10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA		SATURADA		SATURADA	
Peso molde + suelo humedo	9135		8961		9784	
Peso del Molde	4788		4830		4873	
Peso del Suelo humedo	4347		4131		4911	
Volumen del Suelo	2062		1850		2134	
Densidad humeda	2.11		2.23		2.30	
% de humedad	12.47		12.59		12.49	
Densidad seca	1.874		1.983		2.046	
Tara Nro.	T-3		T-2		T-3	
Tara + suelo humedo	364.3		395.3		409.9	
Tara + suelo seco	323.9		351.1		364.4	
Peso del agua	40.4		44.2		45.5	
Peso de tara	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	323.9		351.1		364.4	
% de humedad	12.47		12.59		12.49	

EXPANSION

DIAS	HORAS	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
			mm.	%		mm.	%		mm.	%
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
1	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
2	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
3	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
4	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:		
		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION	
mm.	pulg.	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	44	97	32	65	143	48	89	196	65
1.27	0.050	94	207	69	158	348	116	245	540	180
1.91	0.075	158	348	116	296	653	218	672	1481	494
2.54	0.100	263	580	193	581	1281	427	1019	2246	749
5.08	0.200	492	1085	362	1194	2632	877	1992	4392	1464
7.62	0.300	611	1347	449	1556	3430	1143	2455	5412	1804
10.16	0.400									
12.70	0.500									

Edwin A. Flores Chipana
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos

Andy José Rivera Sagastegui
INGENIERO CIVIL
CIP 75160

GRAFICO PENETRACION DE CBR

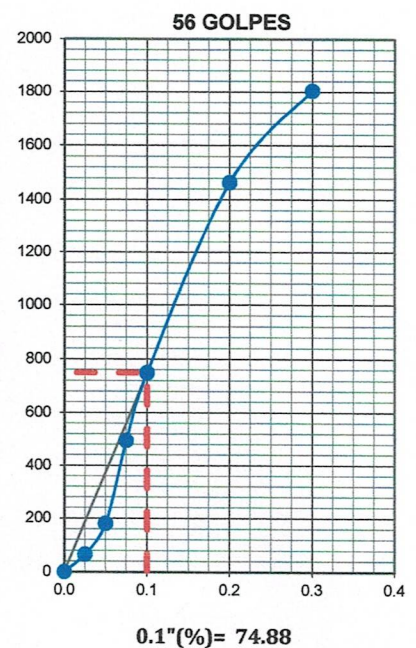
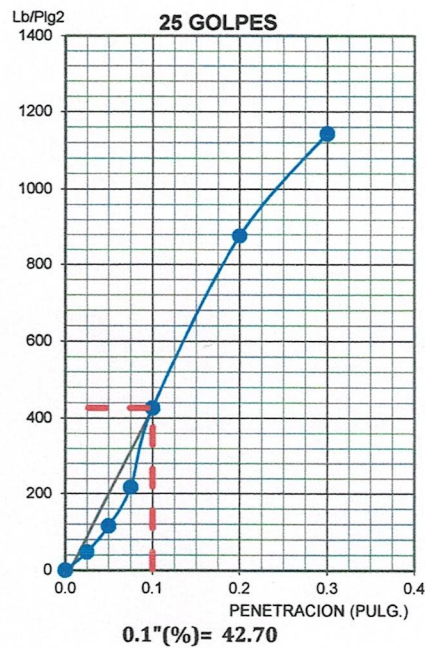
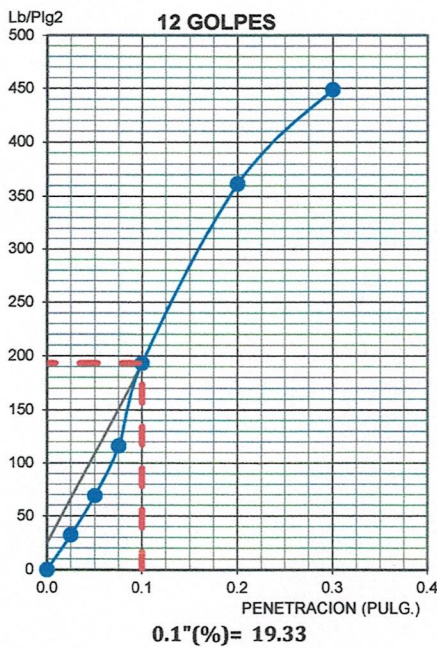
PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CRUCE MEDINA HASTA EL SECTOR ALFERRANO DEL DISTRITO DE BELLA UNION PROVINCIA DE CARAVELI - AREQUIPA."

UBICACIÓN : DISTRITO BELLA UNION - PROVINCIA CARAVELI - DEPARTAMENTO AREQUIPA."

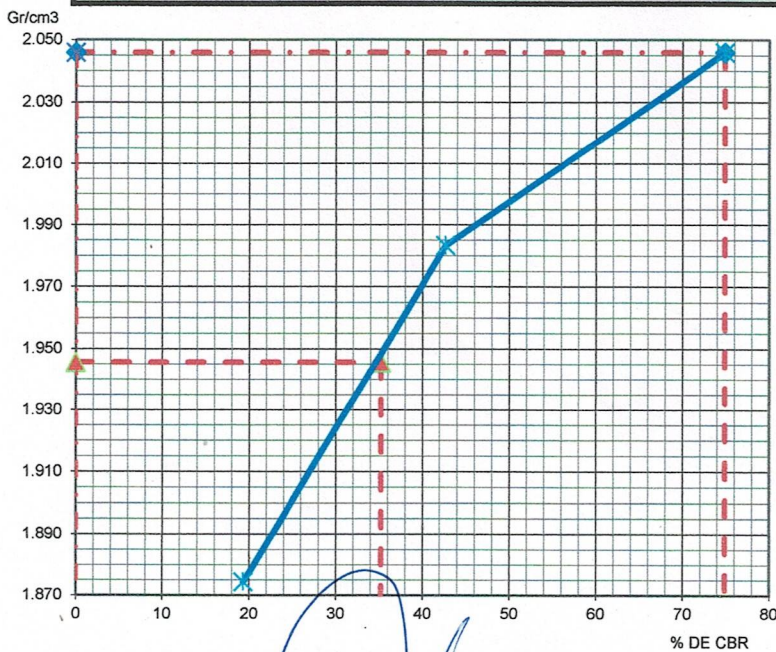
SOLICITA : SAMUEL ANCCO DURAN

MATERIAL : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

FECHA : OCTUBRE DEL 2021



DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:

Densidad seca :	2.048	gr/cc.
Optimo humedad:	12.4	%

CBR A 0.1" 35% AL 95% MDS

CBR A 0.1" 75% AL 100% MDS

Edwin A. Flores Chipana
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos

Andy José Rivera Sagastegui
INGENIERO CIVIL
CIP 75160

ENSAYO DE CBR.

METODO ASTM D - 1883

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CRUCE MEDINA HASTA EL SECTOR ALFERRANO DEL DISTRITO DE BELLA UNION PROVINCIA DE CARAVELI - AREQUIPA."

UBICACIÓN : DISTRITO BELLA UNION - PROVINCIA CARAVELI - DEPARTAMENTO AREQUIPA."

SOLICITA : SAMUEL ANCCO DURAN

MATERIAL : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02

FECHA : OCTUBRE DEL 2021

MOLDE Nro.	1		2		3	
Nro. GOLPES POR CAPA	10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA		SATURADA		SATURADA	
Peso molde + suelo humedo	8761		8552		9327	
Peso del Molde	4788		4830		4873	
Peso del Suelo humedo	3973		3722		4454	
Volumen del Suelo	2062		1850		2134	
Densidad humeda	1.93		2.01		2.09	
% de humedad	13.67		13.77		13.63	
Densidad seca	1.695		1.768		1.837	
Tara Nro.	T-3		T-2		T-3	
Tara + suelo humedo	335.2		358.5		312.6	
Tara + suelo seco	294.9		315.1		275.1	
Peso del agua	40.3		43.4		37.5	
Peso de tara	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	294.9		315.1		275.1	
% de humedad	13.67		13.77		13.63	

EXPANSION

DIAS	HORAS	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
			mm.	%		mm.	%		mm.	%
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
1	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
2	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
3	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
4	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:		
		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION	
mm.	pulg.	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	29	64	21	39	86	29	47	104	35
1.27	0.050	75	165	55	126	278	93	155	342	114
1.91	0.075	135	298	99	248	547	182	334	736	245
2.54	0.100	263	580	193	509	1122	374	913	2013	671
5.08	0.200	488	1076	359	1092	2407	802	1802	3973	1324
7.62	0.300	625	1378	459	1449	3194	1065	2335	5148	1716
10.16	0.400									
12.70	0.500									

Edwin A. Flores Chipana
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos

Andy José Rivera Sagastegui
INGENIERO CIVIL
CIP 75160

GRAFICO PENETRACION DE CBR

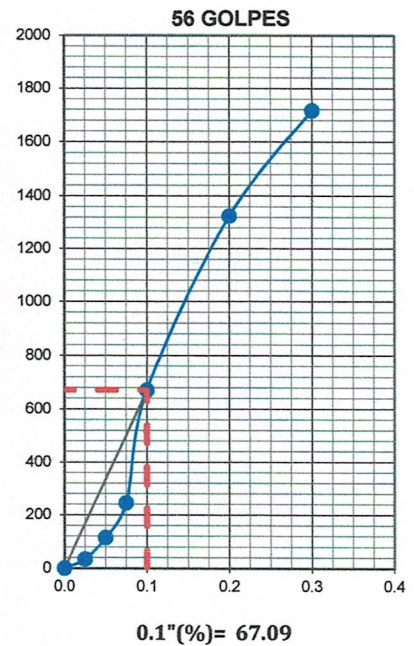
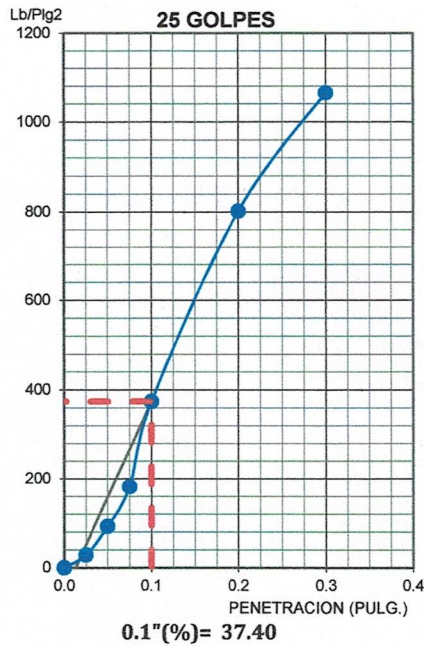
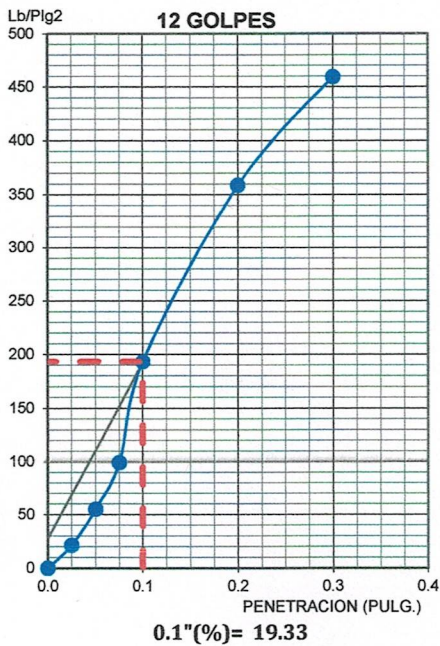
PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CRUCE MEDINA HASTA EL SECTOR ALFERRANO DEL DISTRITO DE BELLA UNION PROVINCIA DE CARAVELI - AREQUIPA."

UBICACIÓN : DISTRITO BELLA UNION - PROVINCIA CARAVELI - DEPARTAMENTO AREQUIPA."

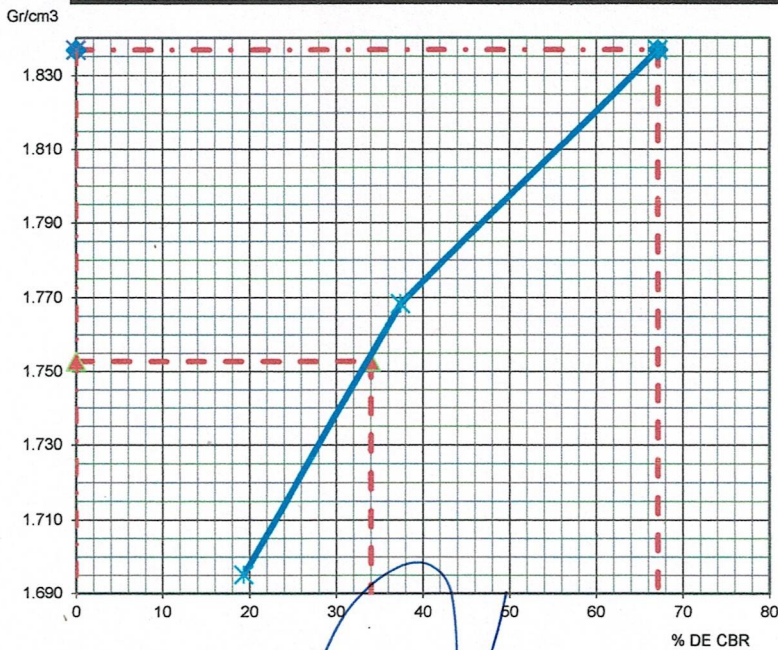
SOLICITA : SAMUEL ANCCO DURAN

MATERIAL : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02

FECHA : OCTUBRE DEL 2021



DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:

Densidad seca :	1.845	gr/cc.
Optimo humedad:	14.0	%

CBR A 0.1"	34%	AL 95% MDS
CBR A 0.1"	67%	AL 100% MDS

Edwin A. Flores Chipana
Técnico/Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos

Andy José Rivera Sagastegui
INGENIERO CIVIL
CIP 75160

ENSAYO DE CBR.

METODO ASTM D - 1883

**PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CRUCE MEDINA HASTA EL SECTOR ALFERRANO
DEL DISTRITO DE BELLA UNION PROVINCIA DE CARAVELI - AREQUIPA."**
UBICACIÓN : DISTRITO BELLA UNION - PROVINCIA CARAVELI - DEPARTAMENTO AREQUIPA."
SOLICITA : SAMUEL ANCCO DURAN
MATERIAL : SUELO DE FUNDACION CALICATA 03
FECHA : OCTUBRE DEL 2021

MOLDE Nro.	1	2	3
Nro. GOLPES POR CAPA	10	25	56
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA	SATURADA	SATURADA
Peso molde + suelo humedo	9196	9041	9871
Peso del Molde	4788	4830	4873
Peso del Suelo humedo	4408	4211	4998
Volumen del Suelo	2062	1850	2134
Densidad humeda	2.14	2.28	2.34
% de humedad	9.45	9.49	9.48
Densidad seca	1.953	2.079	2.139
Tara Nro.	T-3	T-2	T-3
Tara + suelo humedo	316.2	338.2	320.9
Tara + suelo seco	288.9	308.9	293.1
Peso del agua	27.3	29.3	27.8
Peso de tara	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	288.9	308.9	293.1
% de humedad	9.45	9.49	9.48

EXPANSION

DIAS	HORAS	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
			mm.	%		mm.	%		mm.	%
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
1	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
2	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
3	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
4	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:		
		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION	
mm.	pulg.	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	38	84	28	88	194	65	129	284	95
1.27	0.050	105	231	77	295	650	217	416	917	306
1.91	0.075	199	439	146	478	1054	351	789	1739	580
2.54	0.100	354	780	260	814	1795	598	1172	2584	861
5.08	0.200	596	1314	438	1558	3435	1145	2094	4616	1539
7.62	0.300	784	1728	576	1885	4156	1385	2582	5692	1897
10.16	0.400									
12.70	0.500									



Edwin A. Flores Chipana

Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos



Andy José Rivera Sagastegui

INGENIERO CIVIL
CIP 75160

GRAFICO PENETRACION DE CBR

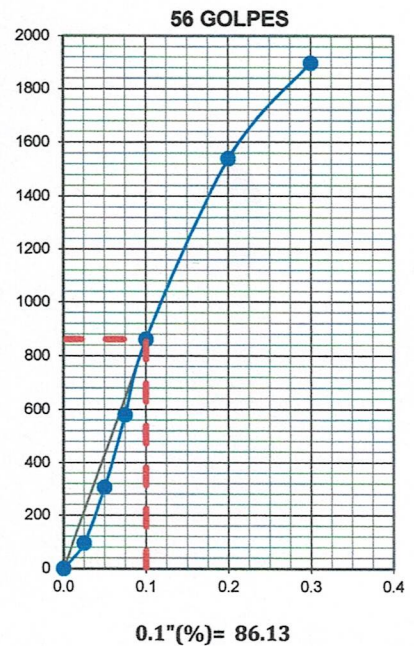
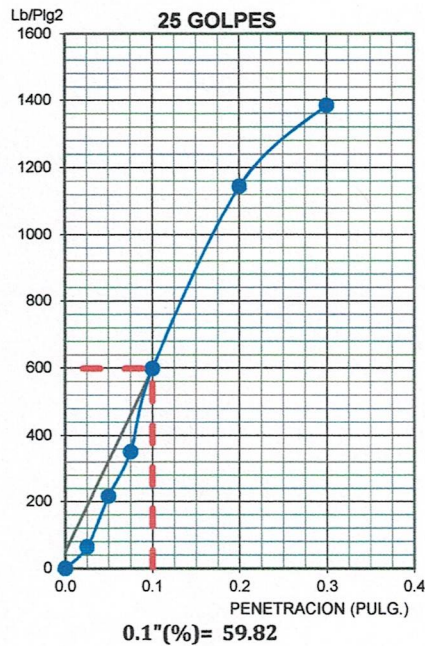
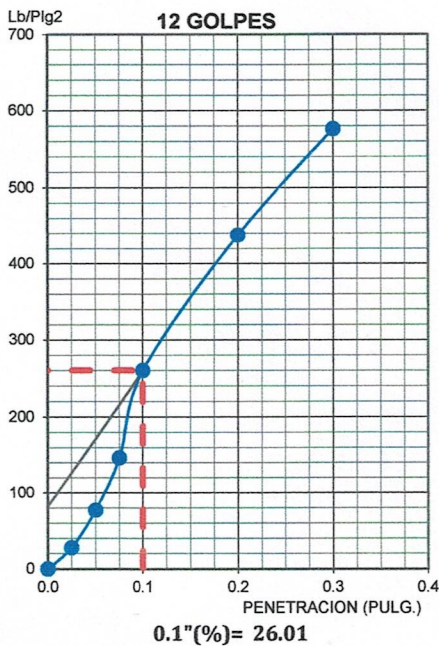
PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CRUCE MEDINA HASTA EL SECTOR ALFERRANO DEL DISTRITO DE BELLA UNION PROVINCIA DE CARAVELI - AREQUIPA."

UBICACIÓN : DISTRITO BELLA UNION - PROVINCIA CARAVELI - DEPARTAMENTO AREQUIPA."

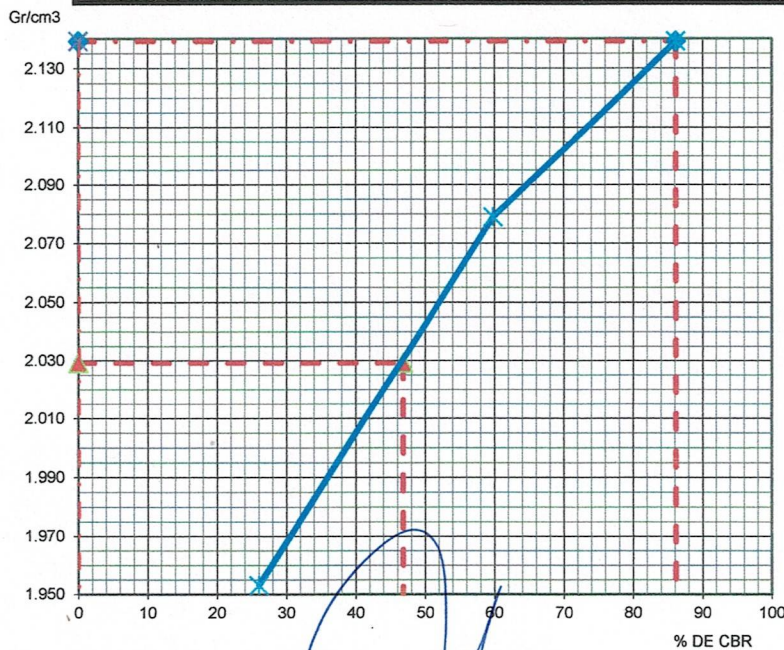
SOLICITA : SAMUEL ANCCO DURAN

MATERIAL : SUELO DE FUNDACION CALICATA 03

FECHA : OCTUBRE DEL 2021



DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:

Densidad seca :	2.136	gr/cc.
Optimo humedad:	9.4	%

CBR A 0.1"	47%	AL 95% MDS
CBR A 0.1"	86%	AL 100% MDS

Edwin A. Flores Chipana
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos

Andy José Rivera Sagastegui
INGENIERO CIVIL
CIP 75160

ENSAYO DE CBR.

METODO ASTM D - 1883

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CRUCE MEDINA HASTA EL SECTOR ALFERRANO DEL DISTRITO DE BELLA UNION PROVINCIA DE CARAVELI - AREQUIPA."

UBICACIÓN : DISTRITO BELLA UNION - PROVINCIA CARAVELI - DEPARTAMENTO AREQUIPA."

SOLICITA : SAMUEL ANCCO DURAN

MATERIAL : SUELO DE FUNDACION CALICATA 04

FECHA : OCTUBRE DEL 2021

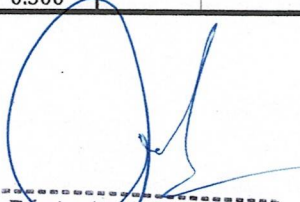
MOLDE Nro.	1		2		3	
Nro. GOLPES POR CAPA	10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA		SATURADA		SATURADA	
Peso molde + suelo humedo	9051		8895		9816	
Peso del Molde	4788		4830		4873	
Peso del Suelo humedo	4263		4065		4943	
Volumen del Suelo	2062		1850		2134	
Densidad humeda	2.07		2.20		2.32	
% de humedad	10.08		10.02		10.12	
Densidad seca	1.878		1.997		2.103	
Tara Nro.	T-3		T-2		T-3	
Tara + suelo humedo	302.6		309.5		298.1	
Tara + suelo seco	274.9		281.3		270.7	
Peso del agua	27.7		28.2		27.4	
Peso de tara	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	274.9		281.3		270.7	
% de humedad	10.08		10.02		10.12	

EXPANSION

DIAS	HORAS	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
			mm.	%		mm.	%		mm.	%
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
1	24	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
2	48	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
3	72	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
4	96	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:		
		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION	
mm.	pulg.		Libras	lbs/Pg2		Libras	lbs/Pg2		Libras	lbs/Pg2
0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	22	49	16	38	84	28	75	165	55
1.27	0.050	72	159	53	122	269	90	236	520	173
1.91	0.075	159	351	117	225	496	165	449	990	330
2.54	0.100	258	569	190	501	1105	368	886	1953	651
5.08	0.200	569	1254	418	1115	2458	819	1702	3752	1251
7.62	0.300	741	1634	545	1599	3525	1175	2311	5095	1698
10.16	0.400									
12.70	0.500									


Edwin A. Flores Chipana
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos


Andy José Rivera Sagastegui
INGENIERO CIVIL
CIP 75160

GRAFICO PENETRACION DE CBR

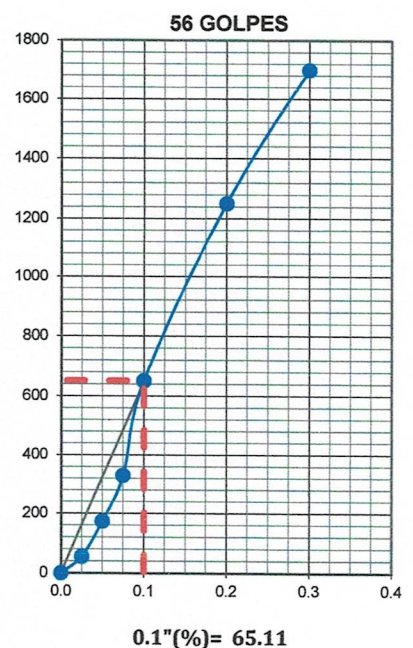
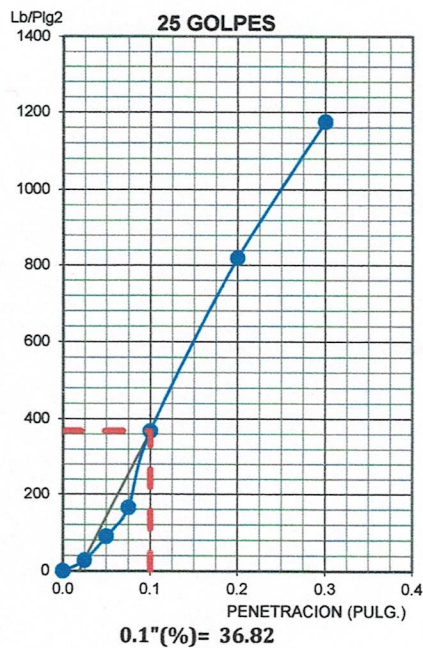
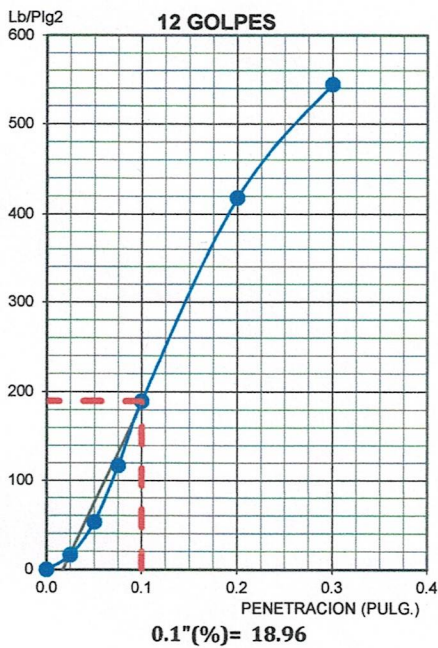
PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CRUCE MEDINA HASTA EL SECTOR ALFERRANO DEL DISTRITO DE BELLA UNION PROVINCIA DE CARAVELI - AREQUIPA."

UBICACIÓN : DISTRITO BELLA UNION - PROVINCIA CARAVELI - DEPARTAMENTO AREQUIPA."

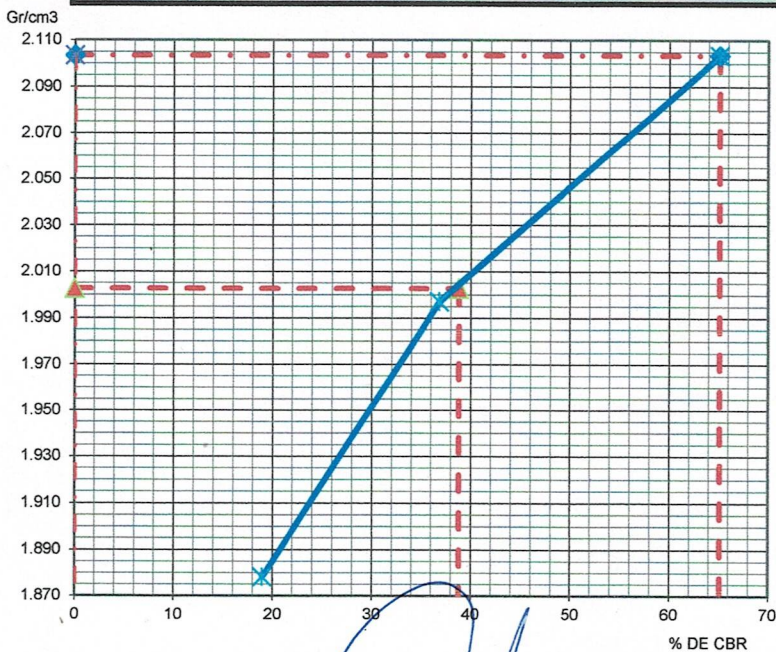
SOLICITA : SAMUEL ANCCO DURAN

MATERIAL : SUELO DE FUNDACION CALICATA 04

FECHA : OCTUBRE DEL 2021



DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:

Densidad seca :	2.108	gr/cc.
Optimo humedad:	10.0	%

CBR A 0.1"	39%	AL 95% MDS
CBR A 0.1"	65%	AL 100% MDS

Edwin A. Flores Chipana
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos

Andy José Rivera Sagastegui
INGENIERO CIVIL
CIP 75160

VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO

Carretera

MEJORAMIENTO DE CARRETERA DEL CRUCE MEDINA HASTA EL SECTOR ALFERRANO DEL DISTRITO DE BELLA UNIÓN
PROVINCIA DE CARAVELÍ - AREQUIPA

Tramo
Cod Estación
Estación

CRUCE MEDINA -SECTOR ALFERRANO
Estación N° 01
CRUCE MEDINA -SECTOR ALFERRANO

Ubicacion
Sentido
Dia

CRUCE MEDINA -SECTOR ALFERRANO
AMBOS LADOS
1-Oct-21

DIA	MOTO	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLERS				TOTAL	PORC. %
					PICK UP	PANEL	COMBI		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
MIERCOLES	134	51	62	32	128	7	30	10	1	8	71	31	7	14	2	13	20	0	0	0	0	621	15.38
JUEVES	115	42	62	40	127	21	23	-1	6	5	71	30	12	13	6	12	17	0	0	0	0	601	14.88
VIERNES	110	44	55	31	119	9	28	4	4	8	75	39	4	24	1	20	19	0	0	0	0	594	14.71
SABADO	121	45	58	26	121	16	35	2	5	6	81	33	6	19	3	14	19	0	0	0	0	610	15.10
DOMINGO	86	24	47	25	101	7	23	3	3	8	54	36	8	11	3	14	11	0	0	0	0	464	11.49
LUNES	113	43	64	31	125	19	29	1	5	6	67	29	6	15	3	14	16	0	0	0	0	586	14.51
MARTES	105	36	59	35	122	10	26	3	3	8	64	36	4	21	0	18	13	0	0	0	0	563	13.94
TOTAL	784	285	407	220	843	89	194	22	27	49	483	234	47	117	18	105	115	0	0	0	0	4039	100.00
IMD	112	41	58	31	120	13	28	3	4	7	69	33	7	17	3	15	16	0	0	0	0	577	
%	19.41	7.11	10.05	5.37	20.80	2.25	4.85	0.52	0.69	1.21	11.96	5.72	1.21	2.95	0.52	2.60	2.77	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
VEHICULOS LIGEROS								VEHICULOS PESADOS															

TRAFICO VEHICULAR
IMD Sin Corrección
(Veh/día)

Tipo de Vehiculos	IMDS	Distrib. %
Motos	112	19.4%
Moto Taxis	41	7.1%
Autos	58	10.1%
Satation Wagon	31	5.4%
Camioneta Pick Up	120	20.8%
Camioneta Panel	13	2.3%
Combi	28	4.9%
Micro	3	0.5%
Omnibus 2E	4	0.7%
Omnibus 3E	7	1.2%
Camión 2E	69	12.0%
Camión 3E	33	5.7%
Camión 4E	7	1.2%
Semi trayler 2S1/2S2	17	2.9%
Semi trayler 2S3	3	0.5%
Semi trayler 3S1/3S2	15	2.6%
Semi trayler >= 3S3	16	2.8%
Trayler	0	0.0%
TOTAL IMD	577	100.0%

CALCULO DEL IMD
Resumen de Metodologia

$$IMD = \frac{VS}{7}$$

VS = Volumen Promedio Semanal

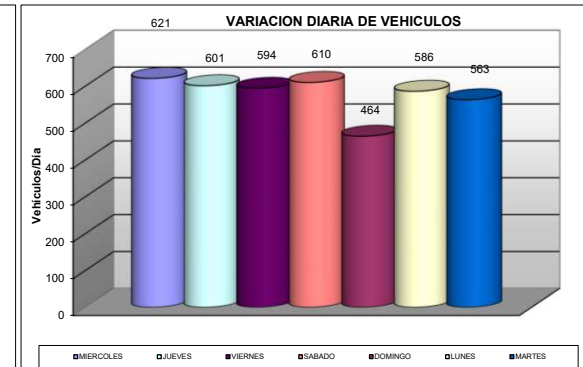
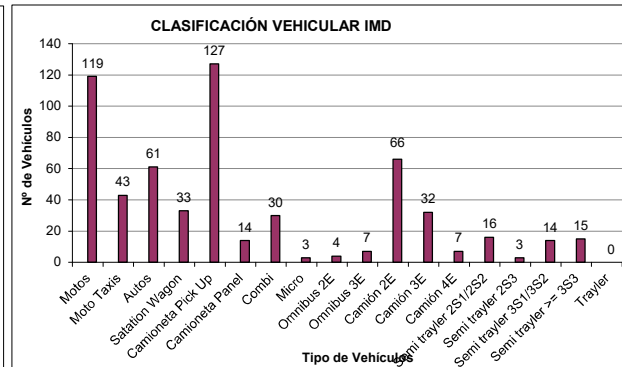
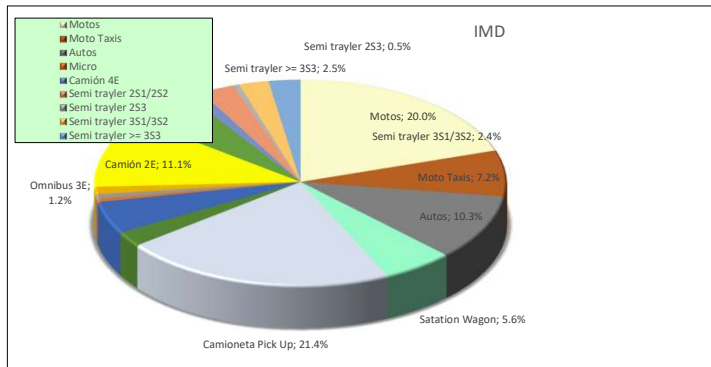
Fc Veh. Ligeros = **1.058059**

Fc Veh. Pesados = **0.960222**

IMD = **594** Vehiculos por día
216,810 V. x año

TRAFICO VEHICULAR
IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR
(Veh/día)

Tipo de Vehiculos	IMD	Distrib. %
Motos	119	20.0%
Moto Taxis	43	7.2%
Autos	61	10.3%
Satation Wagon	33	5.6%
Camioneta Pick Up	127	21.4%
Camioneta Panel	14	2.4%
Combi	30	5.1%
Micro	3	0.5%
Omnibus 2E	4	0.7%
Omnibus 3E	7	1.2%
Camión 2E	66	11.1%
Camión 3E	32	5.4%
Camión 4E	7	1.2%
Semi trayler 2S1/2S2	16	2.7%
Semi trayler 2S3	3	0.5%
Semi trayler 3S1/3S2	14	2.4%
Semi trayler >= 3S3	15	2.5%
Trayler	0	0.0%
TOTAL IMD	594	100.0%



CÁLCULO DE LOS EJERS EQUIVALENTES - ESAL

PERIODO DE DISEÑO	20	AÑOS
Tasa de Crecimiento por Región en %	$r_{vp} =$	1.80 Tasa de Crecimiento Anual de la Población (REGIÓN AREQUIPA) (vehículos de pasajeros)
	$r_{vc} =$	3.80 Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional (REGIÓN AREQUIPA) (vehículos de carga)

FUERZA DE PRESIÓN (Fb)	1
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	0.5
FACTOR CARRIL (Fc)	1



Tráfico Actual por Tipo de Vehículo		
Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Motos	119	20.03
Moto Taxis	43	7.24
Autos	61	10.27
Satation Wagon	33	5.56
Camioneta Pick Up	127	21.38
Camioneta Panel	14	2.36
Combi	30	5.05
Micro	3	0.51
Omnibus 2E	4	0.67
Omnibus 3E	7	1.18
Camión 2E	66	11.11
Camión 3E	32	5.39
Camión 4E	7	1.18
Semi trayler 2S1/2S2	16	2.69
Semi trayler 2S3	3	0.51
Semi trayler 3S1/3S2	14	2.36
Semi trayler >= 3S3	15	2.53
Trayler	0	0.00
IMD	594	100.00

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES		
		1RO	2DO	3RO
Bus Grande	7	16		
2E	7	11		
3E	7	18		
4E	7	23		
2S1 /2S2	7	11	18	
2S3	7	11	25	
3S1 /3S2	7	18	18	
≥3S3	7	18	25	
2T2	7	11	11	11
2T3	7	11	11	18
3T2	7	18	11	11
≥3T3	7	18	11	18

	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			Fvp.
		1	2	3	

Bus Grande	1.27	1.37			2.63
2E	1.27	3.24			4.50
3E	1.27	2.02			3.28
4E	1.27	1.51			2.77
2S1 /2S2	1.27	3.24	2.02		6.52
2S3	1.27	3.24	1.71		6.21
3S1 /3S2	1.27	2.02	2.02		5.30
≥3S3	1.27	2.02	1.71		4.99
2T2	1.27	3.24	3.24	3.24	10.98
2T3	1.27	3.24	3.24	2.02	9.76
3T2	1.27	2.02	3.24	3.24	9.76
≥3T3	1.27	2.02	3.24	2.02	8.54

DEMANDA PROYECTADA

Para la proyección de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

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

Donde:

- T_n = Tránsito proyectado al año en vehículo por día
- T₀ = Tránsito actual (año base) en vehículo por día
- n = año futuro de proyección
- r = tasa anual de crecimiento de tránsito

DEMANDA PROYECTADA		
Tipo de Vehículo	IMDpi	Distribución (%)
Motos	167	17.96
Moto Taxis	60	6.49
Autos	86	9.21
Satation Wagon	46	4.98
Camioneta Pick Up	178	19.17
Camioneta Panel	20	2.11
Combi	42	4.53
Micro	4	0.45
Omnibus 2E	6	0.60
Omnibus 3E	10	1.06

Camión 2E	134	14.42
Camión 3E	65	6.99
Camión 4E	14	1.53
Semi trayler 2S1/2S2	32	3.50
Semi trayler 2S3	6	0.66
Semi trayler 3S1/3S2	28	3.06
Semi trayler >= 3S3	30	3.28
Trayler	0	0.00
IMD	930	100.00

FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO:

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

Fca V. Ligeros=	23.82
Fca V. Pesados=	29.17

EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO:

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{PI} * F_D * F_C * F_{VPI} * F_{PI}$$

EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO		
Tipo de Vehículo	EE _{día-carril}	Distribución (%)
Omnibus 2E	7	1.02
Omnibus 3E	13	1.78
Camión 2E	302	41.64
Camión 3E	107	14.72
Camión 4E	20	2.72
Semi trayler 2S1/2S2	106	14.62
Semi trayler 2S3	19	2.61
Semi trayler 3S1/3S2	75	10.40
Semi trayler >= 3S3	76	10.49
Trayler	0	0.00



IMD	725	100.00
-----	-----	--------

NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE

$$\text{Nrep de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365)]$$

$$\text{Nrep de } EE_{8.2tn} = 7,718,501 \text{ EE}$$

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

FORMATO N° 1.1 A

N°	Peaje	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Total	
		Ligeros		Ligeros		Ligeros		Ligeros		Ligeros		Ligeros		Ligeros		Ligeros		Ligeros		Ligeros		Ligeros		Ligeros		Ligeros	Ligeros
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458	0.8773	0.9386	1.0294	1.0292	0.9845	1.0000													
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9823	0.8917	0.9168	1.0069	1.0155	1.0712	0.8127	1.0000													
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7963	0.7479	0.9820	1.0329	0.9842	0.9966	0.8835	1.0000													
4	ÁTICO	0.8849	0.7376	1.0576	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711	0.9893	1.0821	1.0845	1.1559	0.9021	1.0000													
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242	1.0455	1.0348	0.9733	1.0000													
6	CAMANA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3886	1.3961	1.2549	1.2278	1.3076	1.2658	1.2303	0.8494	1.0000													
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150	1.0516	1.0161	1.0259	0.8914	1.0000													
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677	0.9953	0.9895	1.0077	0.7648	1.0000													
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8801	1.0508	0.9739	1.1465	0.8656	1.0000													
10	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1169	0.9747	1.0000													
11	CCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517	0.9133	0.8930	0.9959	0.9734	0.7789	1.0000													
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9986	1.0653	1.0693	1.2488	1.0419	0.9217	0.9818	0.9211	1.0968	0.9676	1.0000													
13	CHALHUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867	0.8314	1.0145	0.9547	1.0196	0.9379	1.0000													
14	CHICAMA	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9368	0.9915	1.0553	1.0166	1.0421	0.7493	1.0000													
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3032	1.4238	1.5046	1.2451	1.1887	0.6261	1.0000													
16	CHILLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316	0.9915	0.9207	1.2832	0.8629	1.0000													
17	CHILLUCANAS	1.0210	1.0629	1.1965	1.1355	1.0650	1.0374	0.9771	0.9150	0.9843	0.9479	0.9145	0.7502	1.0000													
18	CIUDAD DE DIOS	0.9338	0.9146	1.1930	1.0736	1.0024	1.0271	0.9071	0.9185	1.0902	0.8660	1.0664	0.8549	1.0000													
19	DORCONA	1.1416	1.1681	1.2623	1.0206	0.9748	1.0336	0.7786	0.8795	1.0065	0.9892	1.1933	0.8888	1.0000													
20	DRUCE BAYOVAR	0.9033	0.8846	0.9933	1.0974	1.1592	1.1950	0.8640	0.9864	1.1644	0.9986	1.0861	0.6673	1.0000													
21	DUCULLI	0.9988	1.0350	1.1242	1.1174	1.1070	0.9545	0.9574	0.9186	0.9449	0.9671	0.9672	1.0218	1.0000													
22	DESAYO OLMOS	0.9736	1.1015	1.1312	1.1680	1.1451	1.0896	0.9427	0.8716	0.9919	0.9562	1.0093	0.7176	1.0000													
23	DESAYO TALARÁ	0.8859	0.9761	1.0496	1.0840	1.1436	1.1754	0.9465	0.9355	1.1153	1.0280	1.0362	0.8201	1.0000													
24	EL FISCAL	0.8840	0.8401	1.0559	1.0613	1.0711	1.1269	1.0109	0.9938	1.0838	1.0772	1.0791	0.8290	1.0000													
25	EL PARASO	0.9205	0.9105	1.0517	0.9857	1.1149	1.1469	0.9012	0.9733	1.1060	1.0310	1.0529	0.7531	1.0000													
26	FORTALEZA	0.9181	0.8373	1.0150	1.0162	1.1492	1.1635	0.8765	1.0108	1.1687	1.0754	1.1540	0.6525	1.0000													
27	HUACRAPUQUIO	0.8954	0.9295	0.8519	0.7865	1.1504	0.9951	0.8705	0.9487	0.9945	0.9710	1.1529	0.8270	1.0000													
28	HUARMEY	0.9035	0.9244	1.1291	1.1310	1.2658	1.1960	0.8634	0.9658	1.1330	1.0542	1.1438	0.6719	1.0000													
29	ICA	0.8952	0.8816	1.0711	1.0174	1.1066	1.1329	0.9323	0.9830	1.0631	0.9755	1.1795	0.8886	1.0000													
30	ILAVE	1.0094	0.9590	0.9766	1.0121	1.1366	1.1846	0.9693	0.7789	1.0459	1.0628	1.1372	0.9857	1.0000													
31	ILO	0.8298	0.8229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.1008	1.0550	0.9804	1.0440	1.0342	0.8332	1.0000													
32	JAHUAY - CHINCHA	0.8933	0.8732	1.0316	0.9075	1.1200	1.1826	0.9369	0.9922	1.1421	1.0329	1.0528	0.4477	1.0000													
33	LOMA LARGA BAJA	1.0542	1.2728	1.3705	1.2397	1.1376	1.0325	0.8263	0.9065	0.9251	0.8919	0.8810	0.7535	1.0000													
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.0102	1.1445	0.8265	0.9416	1.1121	0.9751	1.0782	1.0732	1.0000													
35	MACLUSANI	1.0451	1.0018	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928	0.9432	1.0228	0.9617	1.0240	0.7588	1.0000													
36	MARCONA	0.9662	0.8961	0.9852	1.0098	0.9983	1.0530	1.0341	1.0196	1.0333	1.0271	1.0027	0.7889	1.0000													
37	MATRAMANI	0.4710	0.3895	0.9813	1.5079	1.7155	1.6677	1.1618	1.5740	1.5939	1.4242	1.3091	0.7821	1.0000													
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502	0.9064	1.0854	0.8523	0.7838	0.5208	1.0000													
39	MOCHE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898	0.9054	1.0213	1.0118	1.0013	0.8605	1.0000													
40	MONTALVO	0.9048	0.8791	1.0475	1.0354	1.0559	1.0488	1.0071	0.9540	1.0687	1.0353	0.8310	0.8100	1.0000													
41	MORROPPE	0.9513	0.9141	1.0811	1.1244	1.1424	1.1751	0.8926	0.9687	1.0920	0.9715	1.0545	0.6746	1.0000													
42	MOYOBAMBA	1.0850	1.0698	1.0813	1.0651	1.0168	0.9738	0.9435	0.9373	0.9761	0.9702	0.9891	0.8038	1.0000													
43	NAZCA	0.9661	0.9054	1.0447	1.0579	1.0734	1.0837	0.9221	0.9299	1.0191	1.0129	1.0678	1.0237	1.0000													
44	PACANGUILLA	0.9367	0.9280	1.0694	1.0717	1.1095	1.1596	0.9319	0.9569	1.1054	1.0141	1.0390	0.6633	1.0000													
45	PACRA	1.0292	1.0010	1.0522	0.9639	1.1074	1.0791	0.8941	0.9429	1.0130	0.9989	1.0593	0.9694	1.0000													
46	PAITA	0.8338	0.8399	0.9955	1.0894	1.1366	1.1292	1.0983	1.0805	1.0034	1.0469	1.0315	0.7241	1.0000													
47	PAMPA QUELLAR	1.0470	0.8406	1.0891	1.0786	1.1541	1.1507	0.9423	0.7893	1.0577	1.0224	1.0477	0.8316	1.0000													
48	PAMPA GALERA	0.9682	1.0250	1.1275	1.1108	1.0497	1.0842	0.8216	0.7799	1.0466	1.0741	1.1328	0.8288	1.0000													
49	PAMPAMARCA	0.9676	0.9879	1.0838	1.0298	1.1090	1.0882	0.8872	0.9048	0.8396	0.9118	0.9069	0.8363	1.0000													
50	PATAHUASI	1.0587	0.9424	1.1593	1.0874	1.1075	1.1136	0.9016	0.7985	1.0365	0.9748	1.0193	0.8250	1.0000													
51	PEDRO RUIZ	0.9743	1.0357	1.1043	1.1210	1.1162	1.0422	0.9404	0.9088	0.9643	0.9746	1.0028	0.7673	1.0000													
52	PICHIRHUA	1.0429	1.1004	1.1389	1.0572	1.0324	1.0052	0.9096	0.8779	0.9784	0.9987	1.0072	0.7769	1.0000													
53	PIURA SULLANA	1.1032	1.0808	1.1780	1.0977	1.0536	1.0475	0.9646	0.9472	0.9953	0.9479	0.9443	0.7354	1.0000													
54	PLANCHÓN	1.0522	1.0822	1.0719	1.0640	1.0586	1.1017	0.9340	0.9113	0.9516	0.9578	1.0475	0.7584	1.0000													
55	POMAHUACA	0.9923	0.9975	1.1424	1.1909	1.1430	1.0907	0.9262	0.8476	0.9921	0.9880	1.0076	0.7033	1.0000													
56	PONGO	1.0334	1.0848	1.0606	1.0886	1.0567	1.0208	0.9626	0.9141	0.9728	0.9669	0.9699	0.8065	1.0000													
57	POZO REDONDO	0.9235	0.8502	1.0219	1.0682	1.1022	1.0689	1.0385	1.0403	1.1089	1.0396	1.0052	0.8472	1.0000													
58	PUNTA PERDIDA	0.9849	0.8010	1.1299	1.2158	1.4581	1.4051	0.8099	0.5874	1.1694	1.0552	1.2693	1.0738	1.0000													
59	QUIULLA	1.1371	1.1635	1.2501	1.0385	1.0168	1.0572	0.8120	0.8670	0.9850	0.9894	1.1196	0.8197	1.0000													
60	RUMICHACA	1.0728	0.9436	1.0297	0.8578	1.2202	1.1942	0.8757	0.8975	1.0348	1.0713	1.1703	0.9911	1.0000													
61	SAN ANTON								1.1261	1.0559	0.9635	1.0337	0.8809	1.0000													
62	SAN GABÁN	1.0500	0.9816	1.0785	1.0904	1.1222	1.0984	0.9730	0.9088	0.9405	0.9236	0.9675	0.8185	1.0000													
63	SAN LORENZO	0.9766	1.0535	1.1195	1.1258	1.1044	1.0287	0.8775	0.9294	0.9572	0.9531	1.0553	0.7550	1.0000													
64	SANTA LUCÍA	1.0119	0.8481	1.1341	1.1083	1.1142	1.1636	0.9390	0.7603	1.0670	1.0127	1.0654	0.8428	1.0000													
65	SAYLA	1.0247	0.9848	1.1232	1.0935	1.0634	1.0650	0.9819	0.9125	0.9189	0.9852	0.9876	0.9300	1.0000													
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0952	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9685	0.8150	1.0387	1.0592	1.0482	0.9383	1.0000													
67	SICUYANI	1.0307	0.8251	1.0268	1.0855	1.1303	1.1529	0.9101	0.7631	1.0878	1.0585	1.1855	1.0308	1.0000													
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9997	0.8936	1.0904	1.0721	0.9417	0.9564	1.0115	1.0043	1.0295	0.9394	1.0000													
69	TAMBOGRANDE	0.9319	0.9595	1.0447	1.1058	1.0969	1.0611	1.0462	1.0492	1.0252	0.8999	0.9612	0.8933	1.0000													
70	TOMASIRI	0.9857	0.9170	1.0642	1.0853	1.1028	1.0928	1.0370	0.9984	0.9003	1.0377	1.0434	0.7758	1.0000													
71	TUNAY	1.0782	1.0585	1.1034	1.1010	1.0405	1.0399	0.8655	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159	0.9908	1.0000													
72	UNION PROGRESO	1.0447	1.0363	1.0948	1.0397	1.0254	1.0172	0.9599	0.9337	0.9674																	

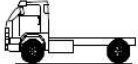
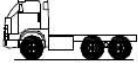
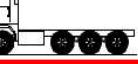

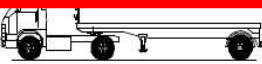

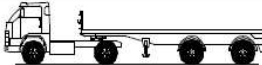
Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

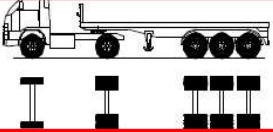
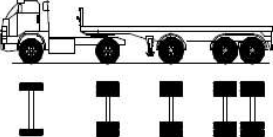
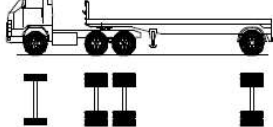
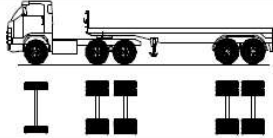
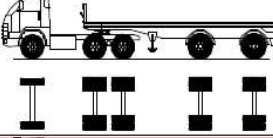
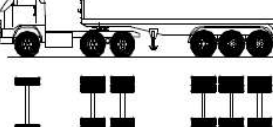
FORMATO N° 1.1 B

Código	Peaje	enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	1.0234	0.9771	1.0540	1.0631	1.0703	1.1254	0.9831	0.9574	0.9655	0.9434	0.9429	0.9922	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0497	1.0164	0.9941	1.0038	0.9878	0.9823	0.9940	0.9597	0.9819	1.0086	1.0042	0.8920	1.0000	
3	AMBO	0.7967	0.7869	0.8193	0.7762	0.7945	0.7905	0.7890	1.0495	1.0086	0.9572	0.9482	0.9447	1.0000	
4	ATICO	1.0402	0.9961	1.0326	1.0478	1.0392	1.0365	1.0288	0.9862	0.9828	0.9573	0.9313	0.9458	1.0000	
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9505	0.9335	0.9456	0.9485	0.9933	1.0000	
6	CAMAÑA	0.9370	0.8802	1.0410	1.0753	1.0804	1.0953	1.0782	1.0099	1.0099	0.9947	0.9786	0.8325	1.0000	
7	CANCAS	1.0490	0.9888	1.0151	1.0452	1.0584	1.0381	1.0041	0.9824	1.0019	0.9551	0.9433	0.9563	1.0000	
8	CARACOTO	1.0489	1.0165	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041	0.9575	0.9453	0.9765	0.8133	1.0000	
9	CASARACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769	0.9665	0.9782	0.9872	0.9697	0.9731	0.9521	1.0674	0.9416	1.0000	
10	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684	1.0000	
11	CCASACÁNCHA	1.0985	1.0820	1.0974	1.0774	1.0216	0.9848	0.9688	0.9568	0.9552	0.9509	0.9198	0.7875	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.1253	0.9872	0.9856	1.0061	1.0477	1.0441	1.0496	0.9939	0.9340	0.9269	0.9523	1.0257	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.0741	1.0868	1.0814	1.0640	1.0533	0.9822	0.9411	0.9321	0.9569	0.9455	0.9498	0.9948	1.0000	
14	CHICAMA	0.9742	0.9585	1.0327	1.0799	1.0586	1.0428	1.0427	0.9889	0.9895	0.9814	0.9459	0.7964	1.0000	
15	CHILCA	0.9471	0.9731	1.0202	1.0429	1.0652	1.0551	1.0341	0.9975	0.9991	1.0230	0.9674	0.8073	1.0000	
16	CHULLQUI	0.9571	0.9658	1.0534	1.0776	1.0809	1.0402	1.0171	0.9865	0.9731	0.9169	1.2400	0.9257	1.0000	
17	CHULUCÁN	1.0042	0.9705	1.1344	1.1580	1.0939	1.0464	1.0225	0.9536	0.9603	0.9195	0.8980	0.7996	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	0.9412	0.9568	1.1245	1.0109	0.9763	1.0522	1.0638	1.0509	1.0687	0.8375	0.8101	0.8639	1.0000	
19	CORCONA	1.1221	1.0894	1.1031	0.9536	0.9648	0.9756	0.9759	0.9653	0.9769	0.9739	1.0900	0.9561	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.9925	0.9617	1.0163	1.0654	1.0473	1.0635	1.0368	0.9979	1.0155	0.9779	0.9314	0.7892	1.0000	
21	CUCOL	0.9544	1.0489	1.1882	1.1610	1.0781	0.9789	0.9835	0.9222	0.9034	0.9413	0.9400	1.0895	1.0000	
22	DESIVO OLMOS	1.0670	1.0554	1.0607	1.0567	1.0520	1.0192	0.9857	0.9187	0.9394	0.9597	0.9510	0.8440	1.0000	
23	DESIVO TALARA	1.0234	0.9763	1.0148	1.0405	1.0343	1.0196	1.0096	0.9862	1.0000	0.9840	0.9643	0.9566	1.0000	
24	EL FISCAL	0.9793	0.9154	1.0173	1.0391	1.0246	1.1024	1.0633	1.0320	1.0256	0.9910	0.9728	0.8304	1.0000	
25	EL PARAISO	1.0139	0.9909	1.0354	1.0601	1.0370	1.0203	1.0117	0.9785	0.9988	0.9754	0.9562	0.8049	1.0000	
26	FORTALEZA	1.0095	0.9646	1.0035	1.0378	1.0432	1.0527	1.0371	0.9852	0.9989	0.9807	0.9610	0.7830	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	0.8680	0.9011	0.8423	0.7848	1.1603	1.0254	0.9226	0.9778	0.9218	0.9085	1.1194	0.9334	1.0000	
28	HUARMEY	1.0626	1.0429	1.1171	1.1586	1.1478	1.0300	0.9937	0.9497	0.9638	0.9479	0.9288	0.7750	1.0000	
29	ICA	0.9862	0.9844	1.0316	1.0471	1.0536	1.0587	1.0384	0.9804	0.9489	0.9352	1.0246	0.8853	1.0000	
30	ILAVE	1.0287	0.9435	0.9580	1.0108	1.0332	1.0505	1.0763	0.8865	1.0774	1.0686	1.1077	1.0765	1.0000	
31	ILO	1.0669	1.0457	1.0755	0.9887	1.0028	1.0483	1.0198	1.0030	0.9598	0.9550	0.9476	0.8449	1.0000	
32	JAHUAY - CHINCHA	1.0249	0.9973	1.0339	1.0479	1.0542	1.0382	1.0310	0.9626	0.9677	0.9563	0.9390	0.4681	1.0000	
33	LOMA LARGA BAJA	0.9984	1.0881	1.2082	1.2064	1.1264	1.0819	0.9825	0.9904	0.9475	0.9315	0.9058	0.7844	1.0000	
34	LUNAHUANA	1.1157	1.0802	1.0493	1.0496	0.9891	1.0416	0.9823	0.9305	0.9768	0.9344	0.9505	1.0360	1.0000	
35	MACUSANI	1.0472	1.0557	1.0808	1.0272	1.1020	1.0260	1.2521	0.9430	0.9199	0.9216	0.9320	0.8424	1.0000	
36	MARCONA	1.0211	0.9817	0.9389	1.0037	1.1061	1.0323	1.0444	1.0595	1.0602	0.9693	0.9652	0.8165	1.0000	
37	MATARANI	0.9769	0.8851	1.0620	1.0660	1.0756	1.0200	1.0076	1.0345	0.9879	0.9887	0.9761	0.8394	1.0000	
38	MENOCUCHO	1.0902	1.0710	1.1233	1.0356	0.9978	0.9628	0.9467	0.9518	1.0001	0.8032	0.7510	0.6242	1.0000	
39	MOCCE	0.9589	0.9880	1.0560	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9850	0.9950	0.9641	0.9495	0.6739	1.0000	
40	MONTALVO	0.9749	0.9489	1.0168	1.0360	1.0138	1.0964	1.0793	1.0412	1.0186	0.9600	0.9696	0.8286	1.0000	
41	MORROPE	0.9853	0.9582	1.0108	1.0690	1.0412	1.0481	1.0383	1.0113	1.0140	0.9789	0.9444	0.7873	1.0000	
42	MOYOBAMBA	1.0394	1.0126	1.0017	1.0501	1.0243	0.9980	0.9971	0.9593	0.9650	0.9824	0.9764	0.8706	1.0000	
43	NAZCA	1.0512	1.0102	1.0291	1.0329	1.0337	1.0279	0.9978	0.9794	0.9595	0.9575	0.9266	1.0810	1.0000	
44	PACANAGULLA	0.9774	0.9487	1.0090	1.0641	1.0495	1.0596	1.0523	0.9901	0.9939	0.9811	0.9523	0.8040	1.0000	
45	PACRA	1.0868	1.0277	1.0319	1.0367	1.0279	0.9996	0.9696	0.9510	0.9694	0.9504	0.9933	1.0005	1.0000	
46	PAITA	1.0781	1.0144	1.0791	1.1787	1.0743	1.0823	1.1406	1.0573	0.9480	0.9039	0.8388	0.7955	1.0000	
47	PAMPA CUELLAR	1.1278	1.1060	1.0743	1.0196	1.1381	1.0914	0.9853	0.9499	0.9494	0.9790	0.8946	0.8184	1.0000	
48	PAMPA GALERA	1.0903	1.0946	1.0837	1.0554	1.0345	1.0078	0.9802	0.9332	0.9554	0.9417	0.9377	0.8104	1.0000	
49	PAMPAMARCA	1.0692	1.0541	1.0691	1.0606	1.0664	1.0201	0.9938	0.9473	0.7723	0.7828	0.7751	0.8073	1.0000	
50	PATAHUASI	1.0842	1.0620	1.0935	1.0743	1.0716	1.0642	1.0134	0.9309	0.9448	0.8982	0.9068	0.7907	1.0000	
51	PEDRO RUIZ	1.0395	1.0270	1.0141	1.0435	1.0091	0.9897	1.0051	0.9512	0.9635	0.9802	0.9788	0.8808	1.0000	
52	PICHIRHUA	1.0749	1.0717	1.0921	1.0739	1.0482	1.0267	0.9978	0.9372	0.9326	0.9460	0.9215	0.7813	1.0000	
53	PIURA SULLANA	1.0777	1.0635	1.1221	1.0607	1.0386	1.0120	1.0199	0.9693	0.9893	0.9711	0.9363	0.7840	1.0000	
54	PLANCHON	1.3438	1.2774	1.1203	1.2187	1.0792	1.0400	0.9561	0.8949	0.8533	0.8878	0.9470	0.7937	1.0000	
55	POMAHUACA	1.0921	1.0391	1.0626	1.0829	1.0577	1.0278	0.9851	0.9081	0.9596	0.9608	0.9436	0.8043	1.0000	
56	PONGO	1.1352	1.0876	1.0772	1.0246	0.9968	0.9762	0.9396	0.9093	0.9267	0.9780	0.9737	0.9432	1.0000	
57	POZO REDONDO	1.0265	0.9947	1.0212	1.0323	1.0463	1.0444	0.9966	0.9978	1.0416	1.0080	0.9479	0.8953	1.0000	
58	PUNTA PERDIDA	1.1241	1.1208	1.0721	1.0308	1.3098	1.1524	0.9881	0.9410	0.9228	0.8658	0.9105	0.9502	1.0000	
59	QUILUA	1.1612	1.0951	1.0804	0.9231	0.9335	0.9738	0.9523	0.9509	0.9766	0.9979	1.1258	0.9767	1.0000	
60	RUMICHACA	1.0818	1.0268	1.0299	1.0168	1.0400	0.9999	0.9651	0.9211	0.9717	1.0142	1.0086	1.0000	1.0000	
61	SAN ANTON								1.0513	1.0045	0.9507	1.0325	0.9682	1.0000	
62	SAN GABAN	1.0987	1.0538	1.1783	1.1125	1.1375	1.0887	1.2293	0.8892	0.8511	0.8426	0.9370	0.8556	1.0000	
63	SAN LORENZO	1.4046	1.3695	1.3441	1.2260	1.1596	1.0369	0.9617	0.9140	0.8716	0.8117	0.8314	0.7406	1.0000	
64	SANTA LUCIA	1.0470	1.0248	1.0863	1.0801	1.0723	1.0987	1.0265	0.9249	0.9396	0.9085	0.9206	0.7987	1.0000	
65	SAYLLA	1.0655	1.0234	1.0782	1.0621	1.0384	1.0339	0.9836	0.9496	0.9489	0.9527	0.9402	0.9677	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAMA	1.0230	1.0047	1.0391	1.0460	1.0344	1.0180	1.0079	0.9814	0.9903	0.9671	0.9547	0.8073	1.0000	
67	SICUYANI	1.1224	1.0194	1.0416	1.0932	1.1379	1.1370	1.0892	1.0167	1.0202	0.9074	0.9111	0.9537	1.0000	
68	SOCOS	1.0895	1.0107	1.0057	1.0133	1.0501	0.9948	0.9791	0.9551	0.9911	0.9563	1.0190	0.9775	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.9981	0.7330	1.1320	1.4600	1.4249	1.2833	1.3179	1.3397	1.1955	1.0221	0.9193	0.7364	1.0000	
70	TOMASIRI	0.9707	0.9200	1.0234	1.0693	1.0587	1.0722	1.0633	1.0043	0.9636	0.9993	0.9996	0.8396	1.0000	
71	TUNAN	1.0667	1.0665	1.0946	1.0642	0.9624	0.9383	0.9359	0.9286	0.9760	0.9695	1.0221	1.0081	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.1490	1.1263	1.0698	1.0555	1.0314	1.0245	0.9767	0.9104	0.9079	0.9712	0.9732	0.7871	1.0000	
73	UTUBAMBA	1.1972	1.0385	1.0281	1.0362	1.0103	0.9780	0.9674	0.9217	0.9498	0.9731	0.9745	0		

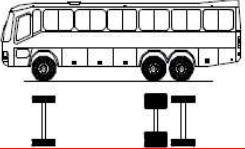
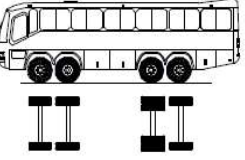
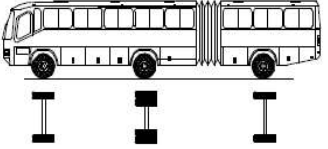
ANEXO IV : PESOS Y MEDIDAS

1. PESOS Y MEDIDAS MÁXIMAS PERMITIDAS

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS									
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Pesc bruto máx. (t)		
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores					
				1°	2°	3°		4°	
C2		12,30	7	11	---	---	---	18	
C3		13,20	7	18	---	---	---	25	
C4		13,20	7	23 ⁽¹⁾	---	---	---	30	
8x4		13,20	7+7 ⁽⁵⁾	18	---	---	---	32	
T2S1		20,50	7	11	11	---	---	29	
T2S2		20,50	7	11	18	---	---	36	
T2Se2		20,50	7	11	11	11	---	40	

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º		4º
T2S3		20,50	7	11	25	---	---	43
T2Se3		20,50	7	11	11 ⁽⁴⁾	18	---	47
T3S1		20,50	7	18	11	---	---	36
T3S2		20,50	7	18	18	---	---	43
T3Se2		20,50	7	18	11	11	---	47
T3S3		20,50	7	18	25	---	---	48 ⁽²⁾

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delant	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)
				Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°	4°	
T3Se3		20,50	7	18	11 ⁽⁴⁾	18	---	48 ⁽²⁾
C2R2		23,00	7	11	11	11	---	40
C2R3		23,00	7	11	11	18	---	47
C3R2		23,00	7	18	11	11	---	47
C3R3		23,00	7	18	11	18	---	48 ⁽²⁾
C3R4		23,00	7	18	18	18	---	48 ⁽²⁾

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delant	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)
				Conjunto de ejes posteriores				
B3-1		14,00	7	16	---	---	---	23
B4-1		15,00	7+7 ⁽⁵⁾	16	---	---	---	30
BA-1		18,30	7	11	7	---	---	25

Cuadro 6.3
Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)
Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE ₂₊₁)
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

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

Cuadro 6.13

FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (F_p) PARA EJES EQUIVALENTES (EE)

Espeso de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto 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 Contacto 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

Cuadro 12.10
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE <u>SERVICIABILIDAD</u> INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	3.80
	T _{P2}	300,001	500,000	3.80
	T _{P3}	500,001	750,000	3.80
	T _{P4}	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.00
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.20
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.20
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T _{P15}	>30'000,000		4.20

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

Cuadro 12.11
Índice de Serviciabilidad Final (Pt)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	2.00
	T _{P2}	300,001	500,000	2.00
	T _{P3}	500,001	750,000	2.00
	T _{P4}	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	2.50
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	3.00
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	3.00
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00
	T _{P15}	>30'000,000		3.00

Cuadro 12.6

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	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

Cuadro 12.8
Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)
Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años)
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,001	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	

Cuadro 12.13

Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a_i

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 Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micro pavimento 25mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	0.250 (*)	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 12mm.	a_1	0.150 (*)	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
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 5'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 5'000,000$ 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			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq 15'000,000$ EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $> 15'000,000$ EE

Cuadro 12.15

Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje m_i
 Para Bases y SubBases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCAÑO A LA SATURACIÓN.			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993