



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Incorporación de cal y caucho residual en la losa de concreto para pavimento rígido del C.P. Punto Unión Km 48+000 - Km 49+000, Huánuco, 2020”

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

AUTOR(ES):

Arevalo Flores, Rocio Margarita (ORCID: 0000-0002-4509-0252)

Perez Mejia, Camila (ORCID: 0000-0001-8950-1546)

ASESOR(A):

PhD. Suarez Alvites, Alejandro (ORCID: 0000-0002-9397-057X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedicamos el presente proyecto de investigación a nuestras familias e hijos, ya que ellos son nuestra inspiración y empuje para ser mejores cada día, así como para afrontar todos los retos que se nos presente en la vida personal y profesional.

Agradecimiento

Agradecemos a la Universidad César Vallejo, nuestra casa de estudios por brindarnos las herramientas de conocimiento que nos han brindado en lo largo de nuestra etapa universitaria.

A nuestro asesor PhD. Alejandro Suarez Alvites que gracias a su experiencia, apoyo y enseñanzas, fue la guía principal en la elaboración de nuestro proyecto.

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	7
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Tipo y diseño de investigación	18
3.2 Variables y operacionalización	18
3.3 Población, muestra y muestreo	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.5 Procedimientos	20
3.6 Método de análisis de datos	21
3.7 Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN.....	31
VI. CONCLUSIONES.....	35
VII. RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS	39
ANEXOS	43

Índice de tablas

Tabla 1: Ensayos a la resistencia del concreto.....	19
Tabla 2: Agregados de la mezcla de concreto.....	20
Tabla 3: Agregado grueso.....	20
Tabla 4: Resultado de sistema de coordenadas de la Carretera Punto Unión - Huánuco.....	22
Tabla 5: Resultados de cierres de coordenadas de la Carretera Punto Unión Huánuco.....	23
Tabla 6: Resultado de análisis de suelos de la Carretera Punto Unión – Huánuco.....	31
Tabla 7: Resultado de recopilación de datos de resistencias con distintas dosificaciones de cal.....	33
Tabla 8: Ecuación resultante obtenido mediante el programa mathcad.....	33
Tabla 9: CUADRO NOVA RESULTANTE DE CAL.....	33
Tabla 10: CUADRO RESULTADOS DE INFLUENCIA DE LA CAL EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE EL PROGRAMA MATHCAD.....	34
Tabla 11: Resultado de recopilación de datos de resistencias con distintas dosificaciones de caucho.....	34
Tabla 12: Ecuación resultante obtenido mediante el programa mathcad.....	34
Tabla 13: CUADRO NOVA RESULTANTE CAUCHO.....	35
Tabla 14: CUADRO RESULTADOS DE INFLUENCIA DEL CAUCHO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE EL PROGRAMA MATHCAD....	35
Tabla 15: Resultado del espesor (H) de la sub-base del pavimento rígido diseñado mediante una hoja de cálculo de Excel.....	36
Tabla 16: Resultado del espesor (H) de la losa del pavimento rígido diseñado mediante una hoja de cálculo de Excel.....	36
Tabla 17: Matriz de operacionalización de variables.....	52
Tabla 18: Ensayos de laboratorio Proctor y CBR.....	53

Índice de figuras

Figura 1. Tipos de Suelos· Primer estrato.....	54
Figura 2. Tipos de Suelos· Segundo estrato.....	54
Figura 3. Tipos de Suelos· Tercer estrato.....	55
Figura 4. Secciones.....	55
Figura 5. Secciones.....	55

Resumen

En este trabajo se realizaron los cálculos de un pavimento rígido, utilizando conceptualmente cal y caucho residual. La cantidad de cemento y agregado fino sustituido por de cal y caucho residual correspondiente fue del 5%, 10%,15%. La información recopilada fue tratada a través del programa mathcad para poder hallar si la resistencia del concreto varía según la sustitución de materiales. Para la cal el ANOVA indico que para el caso de la cal en los porcentajes para uso propuesto 5%,10% y 15% y los días de curado 7,14 y 28 días no afectan la resistencia del concreto. El resultado de la resistencia a la compresión se puede obtener del promedio de los valores encontrados. $f'c$ 159.02 kg/cm³. Para el caucho el ANOVA indico que para el caso de la cal en los porcentajes para uso propuesto 5%,10% y 15% y los días de curado 7,14 y 28 días no afectan la resistencia del concreto. El resultado de la resistencia a la compresión se puede obtener del promedio de los valores encontrados. $f'c$ 211.6 kg/cm³. Con estos datos y el estudio de suelos con CBR de 15% se realizaron los cálculos para un pavimento rígido obteniendo un espesor de losa de 19 cm y sub-base de 15cm. Estos resultados indican que el pavimento rígido incorporando cal y caucho residual puede utilizarse como nuevos pavimentos que puedan soportar cargas intermedias vehiculares. Nuevas alternativas de diseño pueden elaborarse utilizando los resultados de este trabajo, abriendo nuevas oportunidades de investigación.

Palabras clave: Pavimento Rígido, Cal, Caucho, AASHTO

Abstract

In this work, the calculations of a rigid pavement were carried out, conceptually using lime and residual rubber. The amount of cement and fine aggregate replaced by lime and corresponding residual rubber was 5%, 10%, 15%. The information collected was processed through the mathcad program in order to find out if the strength of concrete varies according to the substitution of materials. For lime the ANOVA indicated that in the case of lime in the percentages for proposed use 5%, 10% and 15% and the curing days 7, 14 and 28 days do not affect the strength of the concrete. The result of the compressive strength can be obtained from the average of the values found. $f'c$ 159.02 kg / cm³. For rubber, the ANOVA indicated that in the case of lime in the percentages for proposed use 5%, 10% and 15% and the curing days 7, 14 and 28 days do not affect the strength of the concrete. The result of the compressive strength can be obtained from the average of the values found. $f'c$ 211.6 kg / cm³. With these data and the study of soils with CBR of 15%, the calculations were made for a rigid pavement, obtaining a slab thickness of 19 cm and a sub-base of 15 cm. These results indicate that the rigid pavement incorporating lime and residual rubber can be used as new pavements that can withstand intermediate vehicular loads. New design alternatives can be elaborated using the results of this work, opening up new research opportunities.

Keywords: Rigid Pavement, Lime, Rubber, AASTO

I. INTRODUCCIÓN

Debido al mal estado en el que encontramos el pavimento de la carretera del C.P. Punto Unión Km 48+000 - Km 49+000, Huánuco. En el estudio decidimos realizar el diseño de un nuevo pavimento rígido a través de una hoja de cálculo de Excel utilizando el método AASHTO 1993, así dimensionar de manera adecuada tanto la losa como sub base, así como utilizaremos el programa mathcad para hallar la resistencia del concreto la cual se hará por separado la cal y el cacho en el concreto para la losa de este pavimento, pues se busca hallar tanto influye la adición de estos en la resistencia a la compresión del concreto en dosificaciones de 5%,10% y 15% y en rotura de 7,14,28 días.

Mathcad (marca registrada de MathSoft Engineering & Education, Inc.) básicamente es una herramienta adecuada para dar solución a problemas de ingeniería orientada a un método didáctico. Una virtud peculiar de este software es su facultad de representación algebraica de las ecuaciones comprendida en el resultado del problema a la par con su apreciación numérica. Esta cualidad hace a esta herramienta ideal para la solución de problemas de ingeniería que demandan ser presentadas en un reporte o memoria de cálculo, para contribuir a la comprensión del problema.(CEDENO ROSETE R & GATICA-GALINA J C, 2005)

A través del tiempo se han desarrollado avances en la tecnología en la Ingeniería Civil pues se ha utilizado el concreto tradicional para ser aplicado en todas las construcciones de distinto tipo, en las cuales se muestran diferentes problemas, entre ellos: el desprendimiento en los pavimentos que son causados por mayor tránsito vehicular, estos son provocados mayormente por cargas de impacto que deterioran al pavimento rígido. (Bach. Carrasco Canales, 2019)

En la última década, el uso de fibras como refuerzo del concreto ha obtenido un realce significativo en los diseños y la fabricación de la mezcla de concreto. No obstante, no se trata de un método nuevo en el mundo de la Ingeniería de la construcción; en realidad, asciende a muchos años atrás antes del surgimiento del cemento Pórtland y del concreto, cuando se aprovechaban materiales como pasto, hilo, vara, e incluso, pelo animal, el hichu, los cuales fueron incorporados al adobe con el fin de evitar las fisuraciones y mejorar las resistencias a

tensiones. (Quispe Soto & Mayhuire Pacheco, 2019)En los últimos años se han realizado distintos esfuerzos con la intención de mejorar la calidad del concreto y su durabilidad aminorando al mismo tiempo costos y tiempo de producción. Es sabido que la adición de distintos minerales puede contribuir a mejorar las características de los concretos. Entre estas destaca el cambio de resistencia del concreto. La reducción de la dosis de cemento en las mezclas de hormigón abarata los costos del material, disminuye la contaminación asociada a la producción de cemento. (PACCO MESCCO, 2008)

La carretera es una vía de transporte a través de la cual la economía y la sociedad dependen fuertemente de la eficiencia que presenta, siendo muy importante para la distribución de mercancías y transporte de pasajeros, los cuales desean movilizarse hacia diferentes lugares generando un desarrollo social entre ambos departamentos. (Rivera, 2015)

Según (Takeuchi, 2014):

Como un campo de guerra, así se encuentran varias pistas de Lima Metropolitana. Con huecos que parecen cráteres y que representan un verdadero peligro para los conductores, debido a que resultan ser la causa de múltiples accidentes de tránsito. La particularidad de estas vías es que los huecos se presentan continuos a lo largo de todas sus cuadras.

Se analizó el tramo del C.P. Punto Unión Km 48+000 - Km 49+000, Huánuco, debido a la elevada presencia de vehículos que presenta este tramo, los diseños estructurales serán obtenidos a partir del estudio de tráfico vehicular y estudio de suelos del terreno, y el diseño de la mezcla para la losa de concreto será modificado a comparación de una tradicional utilizando cal y caucho.

REALIDAD PROBLEMÁTICA

(Jegede, 2000) Una de las causas frecuentes de la falla frecuente y a largo plazo de un pavimento es inducida por las malas propiedades del suelo debido a un CBR muy bajo para instigar la falla del pavimento, por lo que de tener un suelo con las propiedades inadecuada mejorarla con estabilización y así mejorar su resistencia y vida útil del pavimento.

(Tada, y otros, 1995) En las carreteras Japonesas una de las fallas más frecuentes es la causada por cavidades de subestructura o huecos en pavimentos flexibles debido a la mala construcción del pavimento lo cual conlleva a múltiples accidentes y sobre costos en reparación.

(OKIGBO, 2012) Las redes de carreteras de Nigeria se encuentran en condiciones deplorables debido a la falta de aplicación de buenos diseños estructurales, falta de conocimiento de procedimientos adecuados de construcción así como uso inadecuado y deficiente de materiales, debido a no aplicar nuevas tecnologías en diseño y materiales innovadores.

El uso de concreto que agrega cal con caucho no es muy común en Perú, debido a que es una técnica de aplicación innovadora, la cal generalmente se usa como estabilizador del suelo y el caucho se usa para durabilidad y son más barato que los pavimentos tradicionales (Díaz y Castro, 2017, p. 11).

La cal tiene un uso que tiene una serie de mejoras, tales como: el aumento de las propiedades de resistencia mecánica, menor susceptibilidad a la humedad, reducción de la plasticidad y mayor trabajabilidad. Y el caucho tiene un uso más duradero, ya que también ayuda a reducir el impacto ambiental y resistencia a la flexión. (Elizondo y Díaz, 2016, p. 15)

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

(Farfán & Leonardo, 2019) El uso de concreto hecho de materiales reciclados proporciona una alternativa para optimizar los componentes durante el proceso de fabricación y reducir significativamente las soldaduras y 28 días usando 5, 10 y 15% de caucho residual en su composición que contienen aditivo plastificante y caucho residual y dos grupos de control con y sin aditivo plastificante.

(M. Farfán, 2018) El porcentaje óptimo de caucho residual para lograr la resistencia máxima a la compresión del concreto (218.452 Kg/cm²) es del 5%, a los 28 días.

(MALCA MUÑOZ, 2018) Al comparar los resultados obtenidos con los diferentes porcentajes concluimos que con el 1% de cal viva disminuye 14% su resistencia, con el 3% disminuye 22% su resistencia y con el 5% su resistencia es de 24.8%. Y al comparar entre el 1% y el 3% su variación es de 7.6%; y al comparar el 3% con el 5% su variación es de 3% la resistencia en compresión del concreto con un $f'c = 210$.

(Reyes Lizcano, Madrid Ahumada, & Salas Callejas) Especifica: Se realizó un análisis de la relación de estabilidad líquida con el principio de que el buen rendimiento de la mezcla de asfalto tenía un valor entre 300 y 500 y seleccionó los porcentajes óptimos de caucho, cal y la combinación de los dos materiales. Proporcione un mejor rendimiento de mezcla cuando se trata de funcionalidad.

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

(Medina, 2017) Se ha descubierto que el asfalto modificado brinda un mejor servicio al tráfico de vehículos, brinda una vida útil más larga de 10 años, lo que reduce el tiempo de mantenimiento de la carretera en un 37.11% y ahorra US \$ 6913.37 en todo el proyecto.

(PACCO MESCCO, 2008) La adición de Cal en un 5% es óptimo para un concreto de $f'c=210$ kg. /cm², es aceptable y cambia la resistencia del concreto dentro de los límites tolerables que se pueden aplicar para reducir los costos de obtener cemento Portland.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿Cuál es el diseño del pavimento rígido la incorporando cal y caucho al concreto? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cuáles son las propiedades mecánicas del suelo para el pavimento rígido incorporando cal y caucho al concreto?
- **PE2:** ¿Cuál es el ESAL para el diseño del pavimento rígido incorporando cal y caucho al concreto?
- **PE3:** ¿Cuáles son las características del concreto modificado con cal?
- **PE4:** ¿Cuáles son las características del concreto modificado con caucho residual?

El objetivo general fue Determinar el diseño del pavimento rígido incorporando cal y caucho al concreto.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Determinar las propiedades mecánicas del suelo para el pavimento rígido incorporando cal y caucho al concreto.
- **OE2:** Determinar el ESAL para el diseño del pavimento rígido incorporando cal y caucho al concreto.
- **OE3:** Determinar las características del concreto modificado con cal.
- **OE4:** Determinar las características del concreto modificado con caucho residual.

II. MARCO TEÓRICO

En todo el mundo encontramos fallas en los pavimentos tanto rígidos como en flexibles por distintas razones así como o distintas maneras de mejoramiento, por lo cual estamos diseñando un pavimento rígido con la implementación de cal y caucho en la losa del pavimento para mejorar tanto la resistencia y aminorar costos.

ANTECEDENTES

(Torres Ospina, 2014) Las propiedades mecánicas y de durabilidad se vieron afectadas por el uso de caucho como reemplazo parcial de arena, presentando un comportamiento generalizado de reducción de valores frente a los presentados por la muestra sin sustitución de caucho. Los concretos con mayores pérdidas en la resistencia a la compresión son los que contienen altos porcentajes de sustitución de caucho.

(Chi-Yao Chen & Maw-Tien Lee, 2019) La adición de caucho a las mezclas de cemento disminuye sus propiedades físicas, por ello el caucho tratado por oxidación parcial mejora la hidrofilia, mejora las interacciones intermoleculares entre el caucho y un coloidal La sonda C-S-H, aumentó la disponibilidad de agua para la hidratación del cemento, este aumento en la disponibilidad de agua evita imperfecciones en la hidratación del cemento en la adición de partículas de caucho heterogéneas.

(Romero Romero & Sañac Vilca, 2016)

La utilización del aditivo ensayado determinó un incremento considerable de la capacidad de soporte en una amplia gama de suelos (Gravas, Arenas, Arcillas y Limos) brindándonos una solución al problema de la sub rasante que se presenta al momento de la construcción de una carretera, donde 10 muchas veces se emplea una estabilización mecánica para aumentar el valor del CBR.

(Romero Romero & Sañac Vilca, 2016)

En la estabilización de suelos los procesos constructivos no requieren de equipos especiales, aunque en la actualidad existen equipo que pueden acelerar el mezclado, la inyección de cal hidratada, la humectación y el compactado parcial.

La modificación de las superficies de goma a través de una reacción de oxidación parcial es un proceso simple y económicamente viable para mejorar el

rendimiento de compuestos de caucho-hormigón. (Chi-Yao Chen & Maw-Tien Lee, 2019)

(Dr. M. R. Wakchaure & Mr. S. S. Channa, 2018) Los cubos curados fueron probados para encontrar los efectos de la goma miga sobre la resistencia a la compresión del hormigón se determinaron usando pruebas de compresión estática. Para cada muestra Se probaron tres muestras representativas. Estas las pruebas se realizaron en el Amrutvahini College of ingeniería, pruebas de laboratorio de materiales, Sangamner en Una máquina de prueba de compresión. La tasa de carga fue 3.4 KN / Sec.

INVIAS (2007) el Instituto Nacional de Vías señala que la degradación progresiva de las estructuras parece estar asociada al aumento de cargas de los vehículos comerciales que superan las de diseño y a la generalizada ausencia de actividades de mantenimiento rutinario y periódico.

(Z. BOUDAUD, 2012) El presente estudio de investigación consta de un concreto básico (mezcla de control) cuya formulación fue dada por la media del método Gorisse-Dreux [13] para reemplazar cada vez que una parte del volumen de gravas tradicionales por caucho ag- Gregates obtenidos de cortar neumáticos desgastados sin ningún tratamiento que mejora la resistencia a la compresión y flexión del concreto utilizando 5% del grano de caucho.

Según Ishai y Craus (1977), afirma que: La cal hidratada cambia las propiedades superficiales del agregado, que permite el desarrollo de una composición superficial y rugosidad más favorable a la adhesión del aglutinante. Además, la cal hidratada puede tratar Las partículas de arcilla se adhirieron a la superficie del agregado, inhibiendo su efecto nocivo en el concreto.

(Dr. M. R. Wakchaure & Mr. S. S. Channa, 2018) Los residuos de goma de miga recolectada del neumático local planta de remodelado, de la cual el alambre de acero y la tela tienen eliminado tiene textura granular y los tamaños son pasando por un tamiz IS de 4.75 mm y reteniendo en 2.36 mm IS tamiz (R1), pasando a través de 2.36 mm IS tamiz y reteniendo en un tamiz IS de 1.18 mm (R2), pasando por 1.18 mm IS tamiz y retener en 600 μ IS tamiz (R3).

Díaz y Castro (2017) GCR está destinado a la modificación de mezclas de asfalto, y la investigación propuesta en los últimos años se ha descifrado en gran medida en el servicio público, porque estas transformaciones justifican su durabilidad y mejoramiento en resistencia en el concreto diseñado así como su durabilidad mejorando las propiedades del concreto.

Medina (2017) Desde asfalto modificado con caucho residual hasta agregado fino de 0.5%, dureza y estabilidad óptima del caucho residual 1440.4kg. Cabe señalar que el asfalto modificado proporciona un 13,24% de dureza en comparación con una mezcla convencional en la que proporciona propiedades elásticas a la mezcla y también obtiene una mezcla de dos cualidades muy importantes para la resistencia a las deformaciones permanentes.

En el centro poblado Cerro de pasco-Yanahuanca se diseñó un pavimento rígido con un ESAL de $4.97E+06$ con un periodo de diseño de 20 años y con un CBR de 40% dio como resultado un espesor de sub base de 15cm y un espesor de losa de 22cm. (Ingenieros, 2017)

En el centro poblado Santo Tomas -Mazan se diseñó un pavimento rígido con un ESAL de $7.86E+06$ con un periodo de diseño de 20 años y con un CBR de 19.10% dio como resultado un espesor de sub base de 15cm y un espesor de losa de 20cm. (LÓPEZ, 2014)

Se ha descubierto que el asfalto modificado brinda un mejor servicio al tráfico de vehículos, brinda una vida útil más larga de 10 años, lo que reduce el tiempo de mantenimiento de la carretera en un 37.11% y ahorra US \$ 6913.37. Todo el proyecto Donde siempre prefiere obtener ganancias y hacer un buen trabajo, porque contribuimos al medio ambiente a través de la reutilización del caucho. (Medina, 2017)

(PACCO MESCCO, EFECTO DE LA ADICIÓN DE CAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO, 2018) Afirma que:

La adición de Cal influye en la resistencia a la compresión del concreto, reduciendo significativamente la resistencia a la compresión del concreto cuando se adiciona 10 y 15%, así lo demuestra el análisis estadístico, que muestra que el

promedio de resultados del T2 y T3 tiene una diferencia altamente significativa respecto al T1.

La adición de Cal en un 5% T2 es aceptable y modifica la resistencia del concreto en límites tolerables, la cual puede ser aplicado a fin de reducir costos de adquisición de cemento portland, esto se demuestra en el análisis estadístico mostrado. El diseño de mezclas con adición de Cal óptimo para un concreto de $f'c=210\text{kg. /cm}^2$, se encontró con 5% de Cal. (PACCO MESCCO, 2018)

TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

Pavimento rígido.- Un pavimento de hormigón o pavimento rígido se ubica principalmente en una losa de hormigón simple o reforzado soportada directamente sobre una base o sub base. Debido a la rigidez del piso y al alto módulo de elasticidad, absorbe la mayor parte del trabajo cargado en la acera, causando tensiones muy bajas en el sustrato. (SANCHEZ DIAZ & MACHUCA OLIVEROS, 2012)

Caucho residual de llanta (CRLI).- El CRLI es conseguido de las llantas en desuso de los autos, pues de otra manera, no tendrían un destino diferente al de los sitios propuestos como rellenos municipales o simplemente tiraderos de basura a cielo abierto, llevando a cabo un importante y expuesto papel en la creciente contaminación ambiental que nos afectan. (Eraso Valencia & Ramos Rojas, 2014)

El concreto fresco es una mezcla semilíquida de cemento portland, arena (agregado fino), grava o piedra triturada (agregado grueso), agua y aditivos. Mediante un proceso llamado hidratación, las partículas del cemento reaccionan químicamente con el agua y el concreto se endurece y se convierte en un material durable. (Giraldo B.O, 2003)

Según Montejo, 2013, la capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

Cal.- Es un químico natural derivado de la piedra caliza cuando se expone a temperaturas altas hasta obtener Viva; En esta etapa, tiene lugar la transformación del calcio: la oxidación del carbonato, la evolución del dióxido de carbono (CO2) en la piedra. Al agregar agua o humedad, el material se hidrata (se llama cal) y se llama hidróxido de calcio; parte del agua se libera a la atmósfera como vapor porque actualmente está causando una reacción de calor no contaminante”.

(Saavedra Vera, 2013)

La cal viva es una sustancia alcalina blanca, ligera y caustica, que en contacto con el agua se hidrata y desprende calor de manera casi instantánea, El compuesto químico del que se constituye la cal viva es básicamente de óxido de calcio (Saavedra Vera, 2013)

FACTORES DE DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \log \left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k} \right]^{0.25}} \right]} \right] \quad (1)$$

Tabla 1: Ensayos a la resistencia del concreto

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	LUGAR
Ensayo para determinar la resistencia a tracción por flexión o a la compresión	NTP 339.078:2001 NTP 339.034:1999	Una muestra por cada 450 m ² , pero no menos de una por día	Laboratorio

Elaborado con datos de Reglamento Nacional de Edificaciones, norma técnica CE 010, 2010, pag.19

(Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010) Se afirma que se debe hacer los siguientes ensayos a los agregados:

Agregado fino:

Tabla 2: Agregados de la mezcla de concreto

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA
Granulometría	NTP 339.090.1998	250m ³
Material que pasa la malla N°200 (75µm)	NTP 339.132.1998	1000m ³
Terrones de Arcilla y partículas deleznales	MTC E – 212 (1999)	1000m ³
Equivalente de Arena	NTP 334.146.2000	1000m ³
Método químico para determinar la reactividad potencial álcali-sílice de los agregados	NTP 334.099.2001	1000m ³
Cantidad de partículas livianas	MTC E – 211 (1999)	1000m ³
Contenido de Sulfatos (SO ₄)	NTP 339.178:2002	1000m ³
Contenido de cloruros (Cl)	NTP 339.177:2002	1000m ³
Durabilidad	MTC E – 209 (1999)	1000m ³

Elaborado con datos de Reglamento Nacional de Edificaciones, norma técnica CE 010, 2010, pag.18

Agregado grueso:

Tabla 3: Agregado grueso

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	LUGAR
Granulometría	NTP 339.090:1998	250m ³	Cantera
Desgaste los Ángeles	MTC E - 207	1000m ³	Cantera
Partículas fracturadas	MTC E - 210	500m ³	Cantera
Terrones de Arcillas y partículas deleznales	MTC E - 212	1000m ³	Cantera

Cantidad de partículas livianas	MTC E - 211	1000m ³	Cantera
Contenido de Sulfatos (SO ₄ =)	NTP 339.178:2002	1000m ³	Cantera
Contenido de Cloruros (Cl ⁻)	NTP 333.177:2002	1000m ³	Cantera
Contenido de carbón y lignito	MTC E - 215	1000m ³	Cantera
Reactividad	ASTM C - 84	1000m ³	Cantera
Durabilidad	MTC E - 209	1000m ³	Cantera
Porcentaje de partículas chatas y alargadas (reacción largo espesor:3:1)	MTC E - 0221	250m ³	Cantera

Elaborado con datos de Reglamento Nacional de Edificaciones, norma técnica CE 010, 2010, pag.18

CAL APAGADA

En la actualidad, las “cales de construcción” son utilizadas como conglomerantes para preparar morteros. Las propiedades que aporta son: en mortero fresco plasticidad, viscosidad y retención de agua; y en mortero endurecido, resistencia mecánica y la durabilidad. (Calabuig Pastor, 2015).

MICROESTRUCTURA DE LA CAL APAGADA

La cal está compuesta de nanocristales de Ca (OH)₂ que presentan hábito hexagonal en forma de plaquetas, mostrando una gran tendencia a la aglomeración durante el secado (Arizzi et al., 2012). Generalmente, el tamaño individual de los nanocristales de Ca (OH)₂ varía de 30 hasta 200 nm, y un espesor de 10-30nm, existiendo también algunas partículas de tamaño mayores de 1-3 µm (Rodríguez Navarro , Ruiz Agudo, Ortega Huertas , & Hansen , 2005)

CAUCHO

El caucho es una sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica. El caucho natural se obtiene de un líquido lechoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en

numerosas plantas. El caucho sintético se prepara a partir de hidrocarburos insaturados.

CONCRETO ASFÁLTICO

Es una mezcla compuesta de cemento asfáltico y agregados bien graduados, de alta calidad, completamente compactada en una masa densa y uniforme. (REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2010)

PAVIMENTOS RÍGIDOS (DE CONCRETO HIDRÁULICO)

Clasificación por su comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple con juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento compactado con rodillo, etc.) (REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2010)

CBR. La subrasante es muy pobre a Pobre cuando ($CBR < 6\%$) y necesita mejoramiento del suelo, cuando el ($CBR \geq 15\%$) la subrasante es muy buena. (ESTUDIO DE SUELOS Y DISEÑO DE PAVIMENTOS, 2016)

TOPOGRAFÍA

Tabla 4: Resultado de sistema de coordenadas de la Carretera Punto Unión-Huánuco

Datum	WGS84
Sistema de Coordenadas	UTM
Zona	18
Modelo Geoidal	EGM2008

Elaborado con datos de Expediente Técnico No 0001 de acceso público publicado por PROVIAS-2017

GEOREFERENCIACIÓN

Para el control Horizontal, se utilizó el método Diferencial o Estático, el cual consiste en colocar un equipo GPS Master (BASE), en un punto de coordenadas conocidas y los GPS Rover en puntos donde se establecerán las coordenadas geodésicas.

Para establecer la Red Geodésica Principal, se utilizó 01 punto Geodésico del Instituto Geográfico Nacional (IGN): HC03 - HUANUCO de la RED GEOCENTRICA NACIONAL, de Orden O, ubicado en las oficinas de la Dirección de Comunidades de Huánuco.

Tabla 5: Resultados de cierres de coordenadas de la Carretera Punto Unión-Huánuco.

Resultados de cierre de ciclo GNSS					
Resumen					
Tramos en el módulo: 3					
Numero de módulo, : 4					
Número pasado: 4					
N° fallidos: 0					
	Longitud (Metro)	Δ 3D (Metro)	Δ Horiz (Metro)	Δ Vert (Metro)	PPM
Criterios pase/error					1
Mejor		0.006	0.003	-0.003	0.038
Peor		0.036	0.017	-0.036	0.403
Módulo medio	92380.62	0.021	0.01	0.016	0.289
Error típico	42634.264	0.024	0.012	0.02	0.148

Elaborado con datos de Expediente Técnico No 0001 de acceso público publicado por PROVIAS-2017

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es **aplicada**.

(Vera, Oliveros Ramos, & Tam Malaga, 2008) En su libro Tipos, métodos y estrategias de investigación afirman que:

Tiene como objetivo crear nueva tecnología a partir de los conocimientos adquiridos a través de la investigación estratégica para determinar si estos pueden ser útilmente aplicados con o sin mayor refinamiento para los propósitos definitivos. La información obtenida a través de este tipo de investigación debería ser también aplicable en cualquier lugar y por lo tanto ofrece oportunidades significativas para su difusión.

La investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, debido a que cuenta con la característica de buscar la utilización o aplicación de conocimientos adquiridos, así como que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Vera, Oliveros Ramos, & Tam Malaga, 2008)

El diseño de investigación es no experimental transversal.

No experimental.- Es la que realiza sin manipular deliberadamente variables, se separa en dos tipos: la transeccional, que a su vez se divide en descriptivo y en correlacional/ casual, y la longitudinal, que se divide en tendencia o trend, de evolución de grupo o cohort y de panel, pero solo se describirá el que se utiliza para el desarrollo de tesis. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

3.2 Variables y operacionalización

Behar (2008) dijo que las variables son elementos que pueden darse entre individuos, Por lo que la determinación de la variable significa tomar en cuenta los aspectos, características, propiedades de una causa que puede asumir distintos valores, en consecuencia, para operatividad las variables, tenemos que saber precisar valores, como también considerar su definición nominal, real y operativa.

VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO DE PAVIMENTO
RÍGIDO INCORPORANDO CAL Y CAUCHO
VARIABLE DEPENDIENTE: PAVIMENTO RÍGIDO

3.3 Población, muestra y muestreo

A. (Otzen & Manterola, 2017. p. 56) define que: “La población es un cumulo de elementos que comprenden visibles características que se intentan estudiar. Por esta razón, entre la población y la muestra existe un carácter inductivo (de lo particular a lo general), esperando que la parte observada”

La población del actual estudio está conformada por la totalidad del pavimentos rígido del KM 0+000 - KM 0+770.

Muestra. - Es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación. Hay procedimientos para obtener la cantidad de los componentes de la muestra como fórmulas, lógica y otros que se verá más adelante. La muestra es una parte representativa de la población. (Luis López, 2004)

B. Muestra: El pavimento rígido a diseñar del C.P. Punto Unión Km Unión Km 48+000 - Km 49+000, Huánuco

Muestreo. - Es el método utilizado para seleccionar a los componentes de la muestra del total de la población. "Consiste en un conjunto de reglas, procedimientos y criterios mediante los cuales se selecciona un conjunto de elementos de una población que representan lo que sucede en toda esa población" (Luis López, 2004)

C. Muestreo: No es aleatorio pues la muestra fue elegida por conveniencia.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para nuestra técnica utilizaremos sondeo, observación, estudio geológico, estudio de conteo. Con los instrumentos de contacto personal – escrita, observación del comportamiento y recolección de datos, toma de muestra. Usando fuentes de información con las inspecciones de campo, vía, habitantes.

Para iniciar con nuestro análisis de diseño de pavimentos empezaremos por utilizar el estudio mecánico de nuestro suelo, según las normas del MTC el cual nos habla de las características que tiene que cumplir nuestra vía a pavimentar, realizando la fabricación de calicatas en un determinado km.

Posterior a ello realizaremos en un Excel nuestro estudio de conteo vehicular, elaborándolo según los parámetros del MTC, con el cual obtendremos nuestro factor de distribución, cálculos de ejes equivalentes, y nuestro esal.

3.5 Procedimientos

Para el desarrollo del procedimiento de la investigación se hará uso de la recolección de datos mediante, revistas, libros, artículos, tesis y normas establecidas por los organismos pertinentes. Con la finalidad de analizar los resultados para un diseño de pavimento rígido tradicional con un nuevo pavimento incorporado con cal y caucho residual.

El primer paso para el diseño de un pavimento rígido, es la obtención de datos como el aforo vehicular correspondiente a la vía que estudiaremos, procediendo a realizar el conteo vehicular diario por 7 días, hallando el IMD, IMA, lo siguiente a ello es que haremos la elección de los vehículos que transitan y calcular sus ejes equivalentes, determinando el factor de distribución direccional y su carril, interpretaremos que según nuestra carretera cual es la cantidad de vehículos que transitan analizando su número de calzada, de sentidos, número de carriles por sentido, el factor ponderado ($f_d \times f_c$). Su tasa de crecimiento, su proyección de años

a estudiar, la estimación de periodo de diseño nos ayudara a obtener el dato de nuestro esal.

3.6 Método de análisis de datos

Comenzaremos por analizar el tráfico vehicular, realizando una cuantificación vehicular que se desarrollara en una duración de siete días y con los datos recopilados verificaremos en el capítulo del Manual de Carreteras Suelos, Geología y Pavimentos y la CE 0.10 Vías urbanas, para después valorar el respectivo tránsito.

3.7 Aspectos éticos

Para el proyecto el respaldo de nuestros aspectos éticos, lo revisaremos en el consentimiento informado, el cual nos aclara y expresa la forma del muestreo del estudio, dándonos resultados que deseamos obtener.

Siendo de prioridad la originalidad, esta empieza en nuestras investigaciones bibliográficas las cuales deben estar dentro de las normativas nacionales e internacionales, obteniendo los resultados favorables al momento de pasar el TURNITIN, para alcanzar la credibilidad y confiabilidad de nuestra investigación.

IV. RESULTADOS

En el presente capítulo se describen los resultados obtenidos para el presente informe, que incluye el diseño del pavimento rígido mediante el método AASSTHO 93. Como apoyo se utilizó además dos programas, pavimR y ECUACIÓN AASSTHO 93.

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO

Las propiedades del suelo fueron tomados directamente del Expediente Técnico No 0001 de PROVIAS, y se reportan en la tabla siguiente:

Tabla 6: Resultado de análisis de suelos de la Carretera Punto Union-Huanuco

Parámetros	
Zr	90%
So	0.45
Pi	4.0
Pf	2.0
EAL	4.411+0.6
CBR	15.0
Mr	14457.0
SNr	3.27


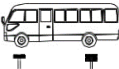
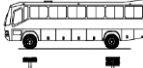


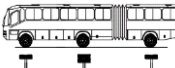
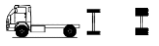



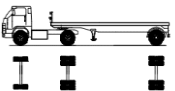
Elaborado con datos de Expediente Técnico No 0001 de acceso público publicado por PROVIAS-2017

Los datos complementarios a este análisis de suelos se encuentran reportados en el anexo 4

Según se muestra en la Tabla anterior, se fija 15% de CBR para el desarrollo del diseño del pavimento.

CÁLCULO DE ESAL

Tabla 4: Resultado del análisis de tráfico vehicular de la Carretera Punto Union-Huanuco

CÁLCULO DE NUMERO DE REPETICIONES DE EJE EQUIVALENTE													
VAHICULO			FACTORES DE EJE EQUIVALENTE POR EJE				F.E.E. TOTAL	FACTOR DIREC. (FD)	FACTOR CARRIL (FC)	AÑO	(Fca)	ESAL	
TIPO	GRÁFICO	IMDs	DELANT.	EJE N° 01	EJE N° 02	EJE N° 03							EJE N° 04
VHL1_		166	0.00039	0.00039				0.0008	51.55%	1	365	21.162	518
VHL2_		4	0.00435	0.05902				0.0634	64.00%	1	365	21.162	1253
B2_		3	0.51704	3.63229				4.1493	52.38%	1	365	21.162	50363
B3_1		1	0.51704	2.26602				2.7831	100.00%	1	365	21.162	21496
B4_1													
BA_1													
_C2		102	0.51704	3.63229				4.1493	50.91%	1	365	37.024	2911843
_C3		33	0.51704	3.78647				4.3035	52.81%	1	365	37.024	1013579
_C4		6	0.51704	3.23133				3.7484	60.98%	1	365	37.024	185320
_8X4													
T2S1													

ESAL = 4.18E+06

El ESAL se determinó usando una hoja de cálculo de Excel para lo cual se alimentó datos de conteo vehicular, factores de distribución de carril, tasa de crecimiento y proyección a 20 años, obteniéndose el valor de ESAL como 4`184`372.

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO MODIFICADO CON CAL

Tabla 7: Resultado de recopilación de datos de resistencias con distintas dosificaciones de cal.

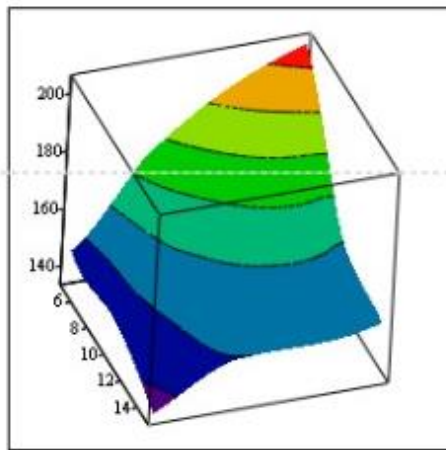
CAL		7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS		
		5%	169.9	113.4	146.5	216.9	136.1	176.5	235.8	203.1
156.1			439.4	176.5		529.5	174.9		613.8	
10%	177.4	72.9	146.4	224.5	89.4	157.6	237.2	102.2	161.2	
	189.0		439.3	158.9		472.7	144.2		483.7	
15%	177.4	56.5	135.6	224.5	66.9	149.2	237.2	79.1	153.6	
	173.1		406.9	156.4		447.7	144.4		460.8	

Tabla 8: Ecuación resultante obtenido mediante el programa mathcad.

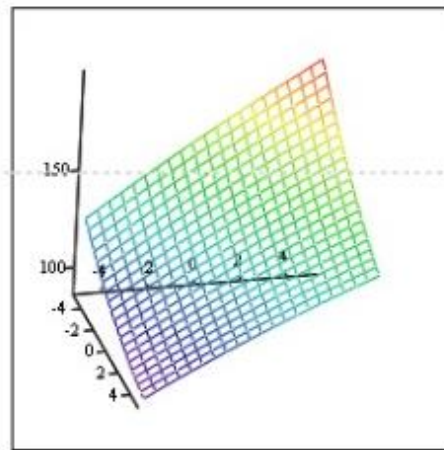
ECUACIÓN RESULTANTE

$Y_{\text{modelo}}(x_{11}, x_{22}) =$

$$135.228 - 4.652 \cdot x_{11} + 6238 \cdot x_{22} + 0.237 \cdot x_{11}^2 - 0.083 \cdot x_{22}^2 - 0.188 \cdot x_{11} \cdot x_{22}$$



(X1, X2, Y)



(Ymodelo)

Tabla 9: CUADRO NOVA RESULTANTE DE CAL

FUENTE	SUMA DE CUADROS	GRADO DE LIBERTAD	MEDIDA DE CUADROS	VALOR F
CAL	4.108×10^3	2	$\frac{4.108 \times 10^3}{2} = 2.074 \times 10^3$	$\frac{2.074 \times 10^3}{1.328 \times 10^4} = 0.156$
DIAS DE CURADO	4.2×10^3	2	————— = 2.1×10^3	$\frac{2.1 \times 10^3}{1.328 \times 10^4} = 0.158$
INTERACCION	1.754×10^3	4	————— = 219.25	$\frac{219.25}{1.328 \times 10^4} = 0.017$
SSE	2.39×10^5	18	————— = 1.328×10^4	
SST	2.491×10^5	26		

Tabla 10: CUADRO RESULTADOS DE INFLUENCIA DE LA CAL EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE EL PROGRAMA MATHCAD.

		F		
F < qF	qF(0.95;4;18)=2.928	0.156	El cal no es significativo	qF>F
ACEP NULA	qF(0.95;4;18)=2.928	0.158	Dias de curado no es significativo	qF>F
F > qF				
ACEP ALTERNA	qF(0.95;4;26)=2.743	0.017	Interaccion no es significativa	qF>F

X1	H0= La resistencia no depende significativamente del porcentaje del % cal
	H1= La resistencia depende significativamente del porcentaje del % cal
X2	H0=La resistencia no depende significativamente de los días de curado
	H1= La resistencia depende significativamente de los días de curado

Para hallar si la cal tiene influencia en la resistencia del concreto tradicional se utilizó el programa MATHCAD 15, usando como base los datos recopilados de tesis así como artículos. El ANOVA indico que para el caso de la cal en los porcentajes para uso propuesto 5%,10% y 15% y los días de curado 7,14 y 28 días no afectan la resistencia del concreto. El resultado de la resistencia a la compresión se puede obtener del promedio de los valores encontrados. f'c 159.02 kg/cm3.

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO MODIFICADO CON CAUCHO RESIDUAL

Tabla 11: Resultado de recopilación de datos de resistencias con distintas dosificaciones de caucho.

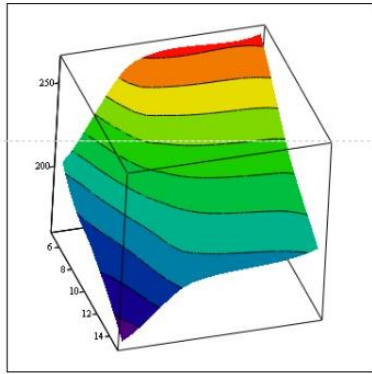
CAUCHO		7 DÍAS			14 DÍAS			28 DÍAS		
		5%	152.9	124.3	204.1	251.4	183.0	257.6	218.5	191.7
10%		173.0	366.3	816.5	226.0	370.0	1030.4	262.4	382.0	1054.5
		152.9	97.7	184.5	180.5	119.0	212.2	212.3	129.5	225.6
15%		133.9	353.4	737.9	170.1	379.2	848.7	191.9	368.6	902.4
		149.2	73.6	163.3	169.0	129.5	191.8	198.9	112.8	201.6
		112.5	318.0	653.2	138.7	330.0	767.2	157.9	336.8	806.4

Tabla 12: Ecuación resultante obtenido mediante el programa mathcad.

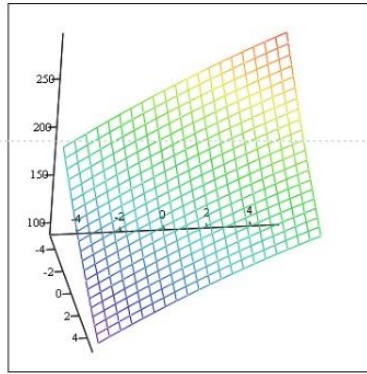
ECUACIÓN RESULTANTE

$$Y_{\text{modelo}}(x_{11}, x_{22}) =$$

$$189.744 - 9.257 \cdot x_{11} + 10.579 \cdot x_{22} + 0.249 \cdot x_{11}^2 - 0.216 \cdot x_{22}^2 + 0.083 \cdot x_{11} \cdot x_{22}$$



(X1, X2, Y)



(Ymodelo)

Tabla 13: CUADRO NOVA RESULTANTE CAUCHO

FUENTE	SUMA DE CUADROS	GRADO DE LIBERTAD	MEDIDA DE CUADROS	VALOR F
CAUCHO	4.108×10^4	2	$\frac{4.108 \times 10^4}{2} = 2.054 \times 10^4$	$\frac{2.054 \times 10^4}{8.83 \times 10^3} = 2.326$
DIAS DE CURADO	1.149×10^4	2	$\frac{9 \times 10^4}{2} = 5.745 \times 10^3$	$\frac{5.745 \times 10^3}{8.83 \times 10^3} = 0.651$
INTERACCION	8.127×10^3	4	$\frac{7 \times 10^4}{4} = 2.032 \times 10^3$	$\frac{2.032 \times 10^3}{8.83 \times 10^3} = 0.23$
SSE	2.384×10^5	27	$\frac{4 \times 10^5}{27} = 8.83 \times 10^3$	
SST	2.948×10^5	35		

Tabla 14: CUADRO RESULTADOS DE INFLUENCIA DEL CAUCHO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE EL PROGRAMA MATHCAD.

		F		
F < qF	qF(0.95;4;18)=2.928	2.326	El caucho no es significativo	qF > F
ACEP NULA	qF(0.95;4;18)=2.928	0.651	Días de curado no es significativo	qF > F
F > qF				
ACEP ALTERNA	qF(0.95;4;26)=2.743	0.23	Interacción no es significativa	qF > F

X1	H0= La resistencia no depende significativamente del porcentaje del % caucho
	H1= La resistencia depende significativamente del porcentaje del % caucho
X2	H0=La resistencia no depende significativamente de los días de curado
	H1= La resistencia depende significativamente de los días de curado

Para hallar si el caucho tiene influencia en la resistencia del concreto tradicional se utilizó el programa MATHCAD 15, usando como base los datos recopilados de tesis así como artículos. El ANOVA indico que para el caso del caucho en los porcentajes para uso propuesto 5%,10% y 15% y los días de curado 7,14 y 28 días no afectan la resistencia del concreto. El resultado de la resistencia a la compresión se puede obtener del promedio de los valores encontrados. $f'c$ 211.6 kg/cm³.

DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

En el cálculo de los espesores del pavimento rígido se procedió a utilizar el algoritmo en EXCEL tal como se muestra a continuación

Tabla 15: Resultado del espesor (H) de la sub-base del pavimento rígido diseñado mediante una hoja de cálculo de Excel.

H	KC (Nominal)	KC (Calculado)
15 cm	7.0 kg/cm ³	7.0 kg/cm ³

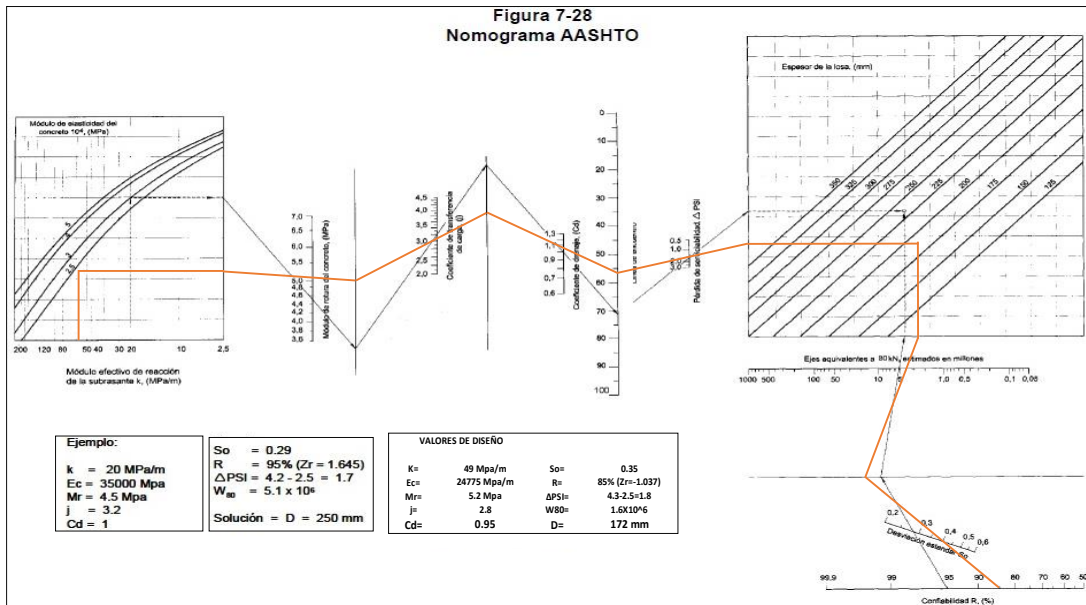
Tabla 16: Resultado del espesor (H) de la losa del pavimento rígido diseñado mediante una hoja de cálculo de Excel.

ESPEJOR	G_t	N18 NOMINAL	N18 CALCULADO	Solver
190.05 mm	-0.222	6.622	6.670	1.70

Correcto!!

Para hallar los espesores tanto de losa como de sub-base se utilizaron hojas de cálculo de Excel, usando como base los datos recopilados del expediente técnico de la carretera. En las hojas de Excel obtuvimos que la sub base es de 15 cm y la losa es de 19, el cual corroboramos con los ábacos y 2 programas para corroborar que el diseño es correcto, lo cual fue así.

DISEÑO DE ESPESOR DE LOSA A TRAVEZ DE ABACO



DISEÑO DE LOSA A TRAVEZ DE pavimR y ECUACIÓN AASSTHO 93.

Diseño de Pavimento Rígido

Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial:

PSI Final:

Confianza [Zr] y Desviación Estándar [So]

Zr: +

So:

Información Adicional

Módulo de Elasticidad del Concreto E_c [psi]:

Coefficiente de Transmisión de Carga [J]:

Módulo de Rotura de Concreto S_c [psi]:

Coefficiente de Drenaje [Cd]:

Seleccionar dato que tiene

Espesor D Eje W18

W18:

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: pci

Resultado

D: plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
 psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
 plg = Pulgadas

=====

Calcular

+ **Insertar**

Limpiar

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 85 % $Z_r = -1.037$ So

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial PSI final

Módulo de reacción de la subrasante
 k pci

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)	<input type="text" value="3593261"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text" value="3.2"/>
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)	<input type="text" value="756"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text" value="1.05"/>

Tipo de Análisis
 Calcular D **W18 =**
 Calcular W18

Espesor de losa (plg)
D =

V. DISCUSIÓN

Los resultados del estudio fueron que el CBR para el diseño del pavimento rígido es de 15% los que fueron semejantes a los resultados de autor CONSORCIO VIAL HUALLANCA (2016), quien encontró que cuando la subrasante es muy pobre a Pobre cuando ($CBR < 6\%$) y necesita mejoramiento del suelo, cuando el ($CBR \geq 15\%$) la subrasante es muy buena. Los resultados del presente estudio fueron semejantes a los estudios descritos porque tenemos un CBR aceptable sin necesidad de estabilizar el suelo. Sin embargo, los resultados del estudio fueron diferentes a los resultados de los estudios de Romero Romero y Sañac Vilca, (2016) quienes encontraron La utilización del aditivo ensayado determinó un incremento considerable de la capacidad de soporte en una amplia gama de suelos (Gravas, Arenas, Arcillas y Limos) brindándonos una solución al problema de la sub rasante que se presenta al momento de la construcción de una carretera, donde 10 muchas veces se emplea una estabilización mecánica para aumentar el valor del CBR. Los resultados del presente estudio fueron diferentes a los estudios descritos porque en otros casos se necesita estabilización debido a que su CBR es muy bajo por lo tanto no soportara el peso al que será diseñado y tendrá mayor probabilidad de fallar antes de los años diseñados, sin embargo el nuestro es bueno y está dentro del rango que no necesita estabilización.

Los resultados del estudio fueron que mediante nuestro estudio de tráfico obtuvimos que tiene un ESAL de $4.18E+06$, los que fueron semejantes a los resultados de los estudios de Ingenieros (2017) quienes a través del estudio de tráfico de un centro poblado similar al que se trabajó obtuvo un ESAL de $4.97E+06$. Los resultados del presente estudio fueron semejantes a los estudios descritos porque ambos están dentro del rango TP7. Sin embargo, los resultados del estudio fueron diferentes a los resultados de los estudios de Lopez (2014) quien al diseñar un pavimento en Santo Tomas obtuvo un ESAL de 7.86E. Los resultados del presente estudio fueron diferentes a los estudios descritos porque a diferencia de lo obtenido en el centro poblado la Union y en Yanahuanca, en Santo tomas el tráfico vehicular es mucho mayor debido a que está dentro del rango TP9.

Los resultados del estudio fueron que agregar cal en distintas dosificaciones no tiene influencia en el aumento resistencia del concreto lo que fue semejante a los resultados de los estudios de PACCO MESCCO (2018) quien encontró que la

adición de Cal influye en la resistencia a la compresión del concreto, reduciendo significativamente la resistencia a la compresión del concreto cuando se adiciona 10 y 15%. Los resultados del presente estudio fueron semejantes a los estudios descritos porque en ambos estudios no mejora la resistencia si no es menor a la diseñada. Sin embargo, los resultados del estudio fueron diferentes a los resultados de los estudios de Ishai y Craus (1977) quienes encontraron que la cal hidratada cambia las propiedades superficiales del agregado, que permite el desarrollo de una composición superficial y rugosidad más favorable a la adhesión del aglutinante. Además, la cal hidratada puede tratar Las partículas de arcilla se adhirieron a la superficie del agregado, inhibiendo su efecto nocivo en el concreto. Los resultados del presente estudio fueron diferentes a los estudios descritos por que en los anteriores y en el hallado no modifican las propiedades del concreto.

Los resultados del estudio fueron que agregar caucho en dosificaciones de 5%, 10%, 15% no tiene influencia en la resistencia del concreto, los que fueron similares a los resultados de los estudios de Chi-Yao Chen & Maw-Tien Lee (2019) quien encontró que la adición de caucho a las mezclas de cemento disminuye sus propiedades físicas, por ello el caucho tratado por oxidación parcial mejora la hidrofilia, mejora las interacciones intermoleculares entre el caucho y un coloidal La sonda C-S-H, aumentó la disponibilidad de agua para la hidratación del cemento, este aumento en la disponibilidad de agua evita imperfecciones en la hidratación del cemento en la adición de partículas de caucho heterogéneas. Sin embargo, los resultados del estudio fueron diferentes a los resultados de los estudios de Medina (2017) quien encontró que el asfalto modificado con caucho residual hasta agregado fino de 0.5%, dureza y estabilidad óptima del caucho residual 1440.4kg. Cabe señalar que el asfalto modificado proporciona un 13,24% de dureza en comparación con una mezcla convencional en la que proporciona propiedades elásticas a la mezcla y también obtiene una mezcla de dos cualidades muy importantes para la resistencia a las deformaciones permanentes. Los resultados del presente estudio fueron diferentes a los estudios descritos porque en nuestro estudio si mejoro la resistencia del concreto.

Los resultados del estudio fueron que la losa diseñada es de 19cm y la sub base de 15 cm, los que fueron semejantes a los resultados de los estudios de Ingenieros

(2017), quienes encontraron que en su diseño de pavimento la sub base es de 15 cm y el espesor de la losa es de 22cm. Los resultados del presente estudio fueron semejantes a los estudios descritos porque el ESAL es similar por lo cual la altura de la losa y de la sub base es similar pues ambos son TP7. Sin embargo, los resultados del estudio fueron diferentes a los resultados de los estudios de Lopez (2014), quien encontró que el espesor de la sub base es de 15 cm y el de la losa es de 26 cm. Los resultados del presente estudio fueron diferentes a los estudios descritos porque el esal del presente estudio es menor al comparado.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

1. Se concluye que las propiedades mecánicas del suelo influyen en el diseño de los espesores del pavimento, si el CBR de tu suelo es menor a 6% se tiene que hacer estabilización del suelo para poder diseñar el pavimento.
2. Se concluye que el ESAL de cada centro poblado varía dependiendo del tipo y cantidad de vehículos que transitan.
3. Se concluye mediante el programa mathcad que la incorporación de la cal, estadísticamente no tiene repercusión favorable en la resistencia a la compresión del concreto con la adición de cal en 5%, 10%,15% no mejora la resistencia.
4. Se concluye mediante el programa mathcad que la incorporación de la caucho, estadísticamente si tiene repercusión favorable en la resistencia a la compresión del concreto con la adición de cal en 5%, 10%,15% mejora la resistencia.
5. En general, los espesores de la losa del pavimento varían según el CBR obtenido así como por el ESAL de cada carretera.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

1. Ampliar el área donde se está diseñando el pavimento para analizar las propiedades mecánicas del suelo de toda la zona.
2. Ampliar la investigación científica con una muestra que tenga una rotura después de 90 días para evaluar si la resistencia obtenida da mejores resultados y varía con el paso de los días.
3. Diseñar el pavimento para el concreto con una resistencia mayor a 280 kg/cm³.
4. Ampliar la variedad de dosificaciones para tener un resultado más preciso en el efecto de la adición de cal y caucho en la resistencia del concreto.
5. Desarrollar la investigación científica considerando una muestra de mayor tamaño, debido a que solo se diseñó el pavimento para 1 km y en otras zonas las condiciones del suelo varían.
6. Desarrollar la investigación científica a un ámbito geográfico más cercano a la ciudad de donde se estudia la carretera.
7. Desarrollar futuras investigaciones ampliando la cantidad de variables dependientes del concreto como utilizar plástico residual.
8. Usar otras técnicas estadísticas que pudieran conducir a una mejor interpretación de los datos procesados en investigaciones futuras.
9. Hacer mejoras en el proceso de recolección de datos utilizando datos de concreto en pavimentos rígidos debido a que le dará más precisión a los datos.
10. Utilizar dosificaciones de cal y caucho en dosificaciones entre 0.5% y 3%.

REFERENCIAS

- Quispe Soto, Y., & Mayhuire Pacheco, H. (2019). Incorporación de fibras de caucho neumático reciclado influyen en el comportamiento del concreto estructural en la ciudad de Abancay, 2018. Abancay, Apurímac , Perú.
- Bach. Carrasco Canales, R. M. (2019). *Resistencia por compresión y módulo de rotura en pavimentos rígidos, incorporando microsílíce y un policarboxilato*. Lima.
- Calabuig Pastor, R. (2015). *Efecto de la adición de cal en las propiedades mecánicas y durabilidad de hormigones con altos contenidos en cenizas volantes silíceas*. Tesis doctoral, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/59468/Calabuig%20-%20Efecto%20de%20la%20adici%C3%B3n%20de%20cal%20en%20las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20y%20durabilidad%20de%20hormigones%20c...pdf?sequence=1>
- CEDENO ROSETE R, & GATICA-GALINA J C. (2005). Capacidad Resistente a Flexión y Cortante de Vigas de Acero Mediante la Aplicación Mathcad. Sta. Catarina Mártir, Cholula, Puebla-México.
- Eraso Valencia, H. F., & Ramos Rojas, N. (2014). *Caucho reciclado de llanta (CRL)*.
- ESTUDIO DE SUELOS Y DISEÑO DE PAVIMENTOS. (2016). Obtenido de [http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2017/LPI_0001_2017%20\(2da%20Convocatoria\)/Expediente%20Tecnico/Expedientes%20Tecnicos%20TRAMO%201/13%20Suelos,%20Canteras%20y%20Dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos%20Tomo%201.pdf](http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2017/LPI_0001_2017%20(2da%20Convocatoria)/Expediente%20Tecnico/Expedientes%20Tecnicos%20TRAMO%201/13%20Suelos,%20Canteras%20y%20Dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos%20Tomo%201.pdf)
- (2016). *ESTUDIO DEFINITIVO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HUANUCO - CONOCOCHA, SECTOR: HUANUCO - LA UNION - HUALLANCA*. MTC.
- Farfán, M., & Leonardo, E. (2019). *Recycled rubber in the compressive strenght and bending of modified concrete with plasticizing admixtrue*. Revista Ingeniería de Construcción.
- Ingenieros, C. (MARZO de 2017). FRACCIONAMIENTO Y ACTUALIZACION DEL PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA OYON-AMBO. CERRO DE PASCO, PERU.
- Jegede, G. (2000). *Effect of soil properties on pavement failures along the F209 highway at Ado-Ekiti*. south-western Nigeria: Construction and Building Materials.
- LÓPEZ, J. (Diciembre de 2014). CONSTRUCCION DE LA CARRETERA BELLAVISTA - MAZAN - SALVADOR - EL ESTRECHO.
- Luis López, P. (2004). *POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO*. Obtenido de SCIELO : <http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>
- M. Farfán, E. L. (2018). *Recycled rubber in the compressive strenght and bending of modified concrete with plasticizing admixtrue*. Trujillo: Revista Ingeniería de Construcción.

- MALCA MUÑOZ, E. M. (2018). *EFECTO DE LA INCORPORACION DE CAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO, CAJAMARCA - 2018*. CAJAMARCA.
- Medina. (2017). “*Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas (remanso)*”.
- OKIGBO, N. (2012). *CAUSES OF HIGHWAY FAILURES IN NIGERIA*. International Journal of Engineering Science and Technology.
- PACCO MESCCO, J. F. (2008). “*EFECTO DE LA ADICIÓN DE CAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO*”. PUNO: REPOSITO UNAP.
- PAVIMENTOS URBANOS ,NORMA CE.010. (2010). En *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*.
- Reglamento Nacional de Edificaciones*. (2010). Peru.
- Reyes Lizcano, F. A., Madrid Ahumada, M. F., & Salas Callejas, S. X. (s.f.). *Mezclas Asfálticas modificadas con un elastomero (caucho) y un plastometo(tiras de bolsa de leche con asfalto 80-100)*.
- Rivera, J. (2015). XVIII Congreso Ibero Latinoamericano del asfalto es el 30 de marzo de 2015. Obtenido de <http://www.asefma.es/abierto-el-periodo-de-inscripcion-para-el-xviii-cila/>
- Rodriguez Navarro , C., Ruiz Agudo, E., Ortega Huertas , M., & Hansen , E. (2005). *Nanostructure and irreversible Colloidal Behavior of Ca(OH)₂: Implications in Cultural Heritage Conservation*.
- Romero Romero, R. M., & Sañac Vilca, C. (2016). *EVALUACIÓN COMPARATIVA MEDIANTE LA CAPACIDAD DE SOPORTE Y DENSIDAD MÁXIMA DE UN SUELO ADICIONADO CON POLÍMERO ADHESIVO NATURAL EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1%, 2% Y 3% FRENTE A UN SUELO NATURAL PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA URB. SAN JUDAS CHICO –. cusco*.
- Saavedra Vera, J. V. (2013). *PROPIEDADES DE LOS MATERIALES*.
- SANCHEZ DIAZ, L. E., & MACHUCA OLIVEROS, J. (2012). *ESTUDIO DE LAS FALLAS EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS*. Puno: ESTUDIO DE LAS FALLAS EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS .
- Tada, H., Tomita, H., Nanbu, T., Chou, K., Nakamura, T., & Mc Gregor, T. (1995). *Nature and Detection of Void-Induced Pavement Failures*. Transportation research record.
- Takeuchi, C. (2014). Lima: Pistas con huecos son un peligro latente para conductores. *Diario Peru 21*.

Torres Ospina, H. A. (2014). COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO ADICIONADO CON CAUCHO RECICLADO. Bogota, Colombia.

Ventura León, J. L. (2017). *¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria.*

Vera, G., Oliveros Ramos, R., & Tam Malaga, J. (2008). *Tipos, metodos y estrategias de investigacion cientifica.*

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Tabla 17: Matriz de operacionalización de variables

Variable Independiente				
Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
incorporando cal y caucho en el concreto	Clasificación por su comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple con juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento compactado con rodillo, etc.) (REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2010)	El CRL es conseguido de las llantas n desuso de los automotores, es molido para obtener como producto final granos del material para distintos usos. La cal es un producto químico natural que se obtiene de la roca caliza, cuando es sometida a altas temperaturas (más de 1000°C) hasta obtener Cal Viva; Al agregar agua o humedad, (apagar la cal) el material se hidrata y se denomina hidróxido de calcio.(Saavedra, 2013, p. 2)	Concreto Modificado	Resistencia a la comprensión de antecedentes
Variable Dependiente				
Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Diseño Pavimento Rígido	Un pavimento de hormigón o pavimento rígido se ubica principalmente en una losa de hormigón simple o reforzado soportada directamente sobre una base o subbase. Debido a la rigidez del piso y al alto módulo de elasticidad, absorbe la mayor parte del trabajo cargado en la acera, causando tensiones muy bajas en el sustrato.(SANCHEZ DIAZ & MACHUCA OLIVEROS, 2012)	De acuerdo a los lineamientos establecidos por el manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos (2014, p.92) considera, al momento de realizar la construcción de un pavimento rígido, se considera el número de cargas determinados que soporta el pavimento, siguiendo con lo determinado por el AASHTO 1993.	Características del suelo	CBR
			Estudio de tráfico vehicular	IMDA
				ESAL
			Pavimento Vehicular caracterizado por la metodología AASTHO 93	Espesor de la base
				Periodo de Diseño
				Transito
				Confiabilidad
				Criterios de comportamiento
Propiedades de los materiales				
Calculo del espesor de la losa				

Anexo 4: Estudios de suelos

Tabla 18: Ensayos de laboratorio Proctor y CBR

Progresiva	Calicata	Muestra	Lado	Profundidad	Límites de Consistencia		Humedad Natural %	Clasificación		Compactación		CBR 0.1*	
					LL.	I.P.		SUCS	AASHTO	M.D.S.	O.C.H.	95%	100%
39+542.66	C-206	M-01	Derecho	0.00-1.50	33.1	10.5	15.1	SC	A-6 (2)	1.91	9.6	4.5	9.9
40+539.75	C-211	M-02	Izquierdo	0.20-1.80	36.2	14.5	14.2	CL	A-6 (7)	1.878	17.6	5.3	10.1
41+531.70	C-216	M-01	Derecho	0.00-1.70	36	11.5	40.0	ML	A-6 (9)	1.689	16.8	3.2	4.9
42+529.19	C-221	M-01	Izquierdo	0.00-0.20	19.5	NP	32.1	ML	A-4 (0)	1.737	16.9	6.9	10.5
43+504.80	C-226	M-01	Izquierdo	0.00-0.30	25.2	NP	15.7	SP-SM	A-1-b (0)	1.941	11	19.6	40.5
44+251.74	C-230	M-01	Izquierdo	0.00-1.50	26.5	6.4	7.6	GM-GC	A-2-4 (0)	1.791	14.3	23.2	28.6
44+427.35	C-231	M-01	Derecho	0.00-0.20	25.7	6.8	15.7	ML-CL	A-4 (5)	1.879	13.9	4.1	6.9
45+375.40	C-236	M-01	Izquierdo	0.00-1.90	26.5	4.6	16.5	ML	A-4 (1)	1.862	15.1	4.9	13
46+287.05	C-241	M-01	Derecho	0.00-0.60	13.8	NP	8.7	GW-GM	A-1-a (0)	1.902	9.5	14.9	31.8
47+286.40	C-246	M-01	Izquierdo	0.00-0.50	29.1	8.5	9.6	GC	A-4 (0)	2.08	7	18	27.5
48+261.85	C-251	M-01	Derecho	0.00-1.90	27.3	8.3	11.2	SC	A-4 (1)	1.907	12	4	6.3
49+263.80	C-256	M-01	Izquierdo	0.00-0.80	27.4	9.1	11.4	GC	A-4 (0)	2.031	12.8	21	36.7
50+281.13	C-261	M-01	Izquierdo	0.00-1.50	35.6	7.4	17.6	GM	A-4 (1)	1.975	10.7	15.8	24.9
51+211.01	C-266	M-01	Izquierdo	0.00-0.80	27	8.1	7.6	CL	A-4 (1)	2.009	9.4	12.3	17.1
52+230.12	C-271	M-01	Derecho	0.00-1.50	34.5	8.2	22.7	ML	A-4 (4)	1.891	16.5	7.8	16
53+226.18	C-276	M-01	Izquierdo	0.00-2.00	27.6	8.9	15.5	CL	A-4 (2)	1.986	9.5	6.9	13.4

Figura 1: Tipos de Suelos- Primer estrato



Figura 2: Tipos de Suelos- Segundo estrato

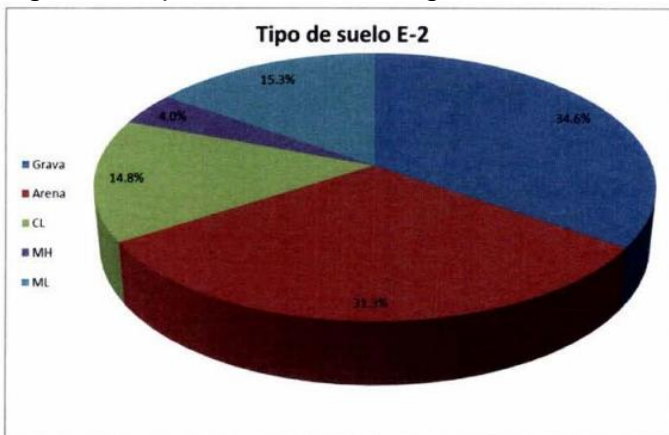


Figura 3: Tipos de Suelos· Tercer estrato

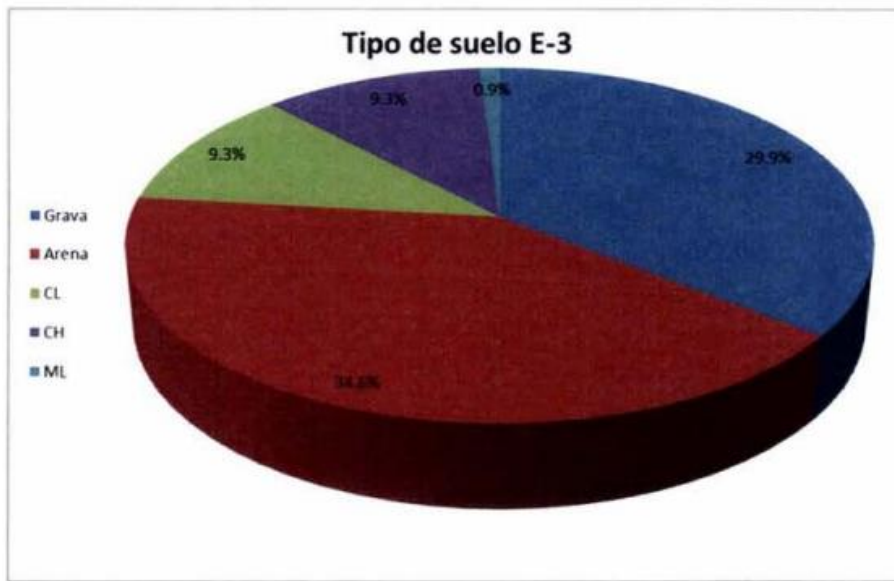


Figura 4: Secciones

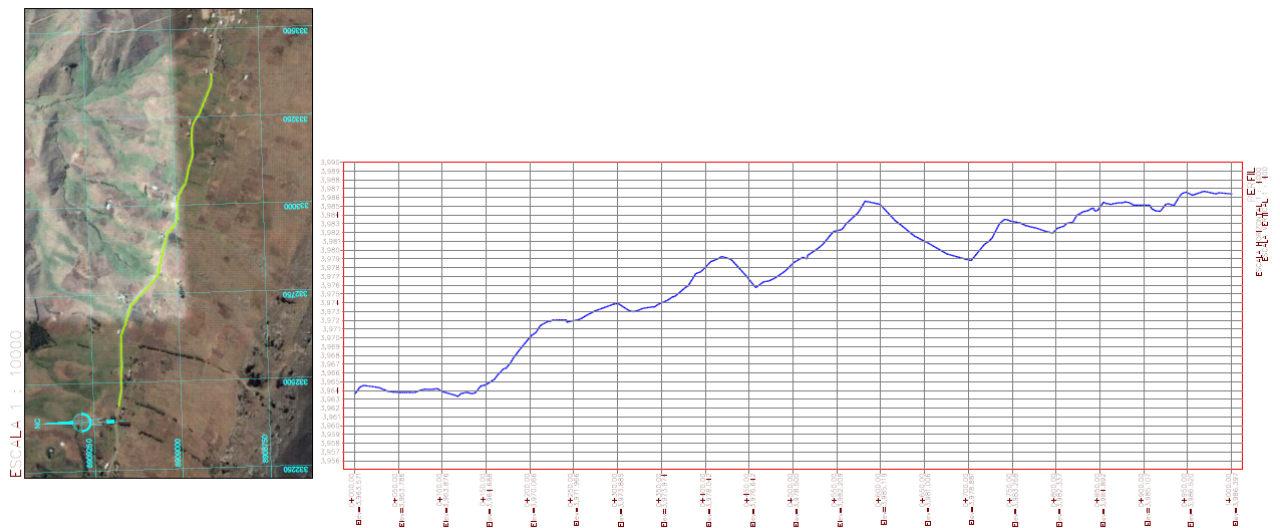


Figura 5: Secciones

