

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E  
INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROYECTO DE TESIS**

**“CORRELACIÓN DEL CBR CON LAS PROPIEDADES INDICES  
DE LA SUBRASANTE EN LOS SUELOS ARCILLOSOS DE LA  
PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, UCAYALI”**

**PUCALLPA – PERÚ**

**2022**

## INDICE

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
2.1 DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
2.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	8
2.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	8
2.3 OBJETIVOS .....	9
2.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
2.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	9
2.4 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....	9
2.4.1 Justificación tecnológica .....	9
1.1 Justificación Metodológica.....	10
2.4.2 Importancia o propósito .....	10
2.5 LIMITACIONES E ALCANCES .....	10
2.6 HIPOTESIS .....	11
2.6.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	11
2.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	11
2.7 SISTEMA DE VARIABLES-DIMENSIONES E INDICADORES.....	11
2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	11
2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	11
2.8 SISTEMA DE VARIABLES-DIMENSIONES E INDICADORES.....	12
MARCO TEORICO .....	13
3.1 ANTECEDENTES O REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS .....	13
3.1.1 Antecedentes a Nivel Internacional.....	13
3.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional .....	21
3.1.3 Antecedentes a Nivel Local.....	29
3.2 BASES TEORICAS .....	30
3.2.1 Relación de Soporte California (CBR).....	30
3.2.2 Propiedades Índice de suelos y su influencia en el CBR.....	30
3.3 Bases Conceptuales.....	31
METODOLOGIA O MARCO METODOLOGICO .....	34

4.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION .....	34
4.1.1	TIPO DE INVESTIGACION .....	34
4.1.2	NIVEL DE INVESTIGACION.....	34
4.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....	35
4.3	DETERMINACION DEL UNIVERSO/ POBLACION .....	36
4.4	MUESTRA .....	36
4.5	TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS .....	36
4.5.1	Fuentes, técnicas e instrumentos .....	36
	Técnicas .....	36
	Instrumentos.....	37
4.5.2	Procesamiento y presentación de datos .....	37
	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES.....	38
5.1	POTENCIAL HUMANO.....	38
5.2	RECURSOS MATERIALES .....	38
5.3	RECURSOS FINANCIEROS .....	38
5.4	CRONOGRAMA DE GANTT .....	38
5.5	PRESUPUESTO.....	39
	REFERENCIAS .....	40
6.1	TESIS .....	40
6.2	LIBROS .....	42
6.3	ELECTRONICOS .....	43
	ANEXOS.....	44
	ANEXO 01. Matriz de consistencia .....	44

## **CAPITULO II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **2.1 DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA**

En las obras viales para determinar la capacidad de soporte del suelo se hacen exploraciones que dependen del tráfico en la vía. La cantidad de EMS (Estudio de mecánica de suelos) y sus ubicaciones son exigencias de las normativas vigentes o de los términos de referencia que no toman en consideración las condiciones específicas del suelo en cuestión.

Además, los resultados que se obtienen del laboratorio a veces no son precisos debido a la inexperiencia y poca capacitación de los técnicos que analizan las muestras. En muchos casos, se cuentan con pocos resultados debido al número limitado de pruebas y muestras, los cuales no son suficientes para identificar la variación del suelo en la longitud de una carretera generando un impacto muy negativo en la calidad de la obra. De la misma forma, se requiere un tiempo prolongado para evaluar directamente la calidad de la subrasante construida mediante el valor de CBR durante la verificación del control de calidad. Para el caso de vías de bajo volumen de tránsito este procedimiento de control es inviable o se evalúan en cantidades poco representativas e incluso en algunos casos no se realizan

Es por ello que nace la necesidad de desarrollar herramientas o métodos de predicción como los modelos de correlación que permitan calcular el valor de CBR a través de propiedades básicas que sean más simples, económicas y que requieran menos tiempo. Por lo que, en el mundo, se han realizado investigaciones para correlacionar las propiedades físicas y mecánicas del suelo con el CBR, por lo que tenemos las siguientes referencias:

Venezuela, es uno de los países donde se han realizado investigaciones para encontrar ecuaciones de correlación, como (Súarez, 2016), que realizó estudios para calcular el CBR usando correlaciones con el PDC y la correlación con Plasticidad y granulometría de la localidad de Ciudad Bolívar.

En Ecuador, también se realizan estudios de correlaciones, como (Claudio Llumitasig, 2020), donde se buscó correlaciones entre el CBR y las propiedades índices y mecánicas de suelos granulares, donde se obtuvieron 25 correlaciones con  $R^2$  oscila entre 55 al 95%, con lo que se afirma que es posible la obtención de una propiedad en base a otra propiedad del suelo,

En el país, tenemos estudios que también han investigado sobre las correlaciones de las propiedades índices del suelo con el CBR, a nivel nacional podemos mencionar a (Araujo

Navarro, 2014), que llego a resultados que el contenido optimo de humedad y contenido de grava presentan buena correlación lineal simple con el CBR, la máxima densidad seca y el contenido de grava son proporcionales al CBR.

La selva a nivel local, tenemos lo estudiado por (Ríos Fernández & Salvatierra Palian, 2020), donde se buscó establecer correlación entre los valores obtenidos de Índice de Penetración del Ensayo PDC y el Módulo de Reacción en la subrasante de la avenida Manantay de la ciudad de Pucallpa, donde se concluye que existe una relación inversa proporcional entre las variables IP-PDC.

De este modo, mediante las correlaciones es posible determinar el valor del CBR, que por medio de una ecuación cuyas variables puedan ser las propiedades de los suelos, puede ser empleado como método alternativo, mucho más económico y rápido que el método convencional; lo que lleva a realizar estudios experimentales para buscar relaciones existentes y poder tener a la mano una herramienta fácil y confiable en la predicción de la capacidad de soporte del suelo. La aplicación de diferentes métodos (modelos de regresión lineal y redes neuronales artificiales) para la estimación del CBR a partir del análisis de granulometría, Límites de Atterberg, y propiedades de compactación de los suelos ha sido limitada y orientada en su mayoría a suelos granulares donde no se utiliza algún agente estabilizante, por lo que esta vez se desea estudiar las relaciones existentes en suelos arcillosos mediante las propiedades índices de suelos arcillosos y el CBR.

Es por ello que se presenta el proyecto titulado: *“Correlación del CBR con las Propiedades índices de la subrasante en suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali”*.

## 2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 2.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Qué correlación existe entre el Valor de Soporte de California (CBR) con las propiedades índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali?

### 2.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Las propiedades índices de la subrasante de los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, presentarán valores relativamente similares que permitan obtener una correlación con el CBR?

- ¿Existirá correlación lineal o múltiple entre el CBR y las propiedades índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali?

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Identificar la correlación entre el Valor de Soporte de California (CBR) y las Propiedades Índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.

### **2.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar las propiedades índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali que permitan obtener una correlación con el CBR.
- Determinar la correlación lineal o múltiple entre el CBR y las propiedades índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.

## **2.4 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA**

### **2.4.1 Justificación Tecnológica**

Mediante el desarrollo de esta investigación se buscará predecir un valor del CBR mediante la relación con las propiedades índices del suelo cohesivo o arcilloso presente de los distritos de Callería, Manantay y Yarinacocha de la Provincia de Coronel Portillo, el cual es un método alternativo más económico y más rápido que el método convencional; la cual podrá ser empelada en las fases iniciales de un proyecto en ejecución (vías urbanas, mantenimientos viales, entre otros), la cual tendrá que ser verificada mediante el ensayo correspondiente; pues no es factible paralizar o esperar resultados del ensayo de CBR realizado en el laboratorio para continuar con el proyecto.

Esta correlación servirá de orientación para obtener el CBR, dejando claro que no reemplazará al CBR experimental.

#### **2.4.2 Justificación Metodológica**

Con esta investigación se busca contribuir en plantear la forma como se puede relacionar el valor de CBR con las Propiedades índice de los suelos arcillosos o cohesivos de los distritos de Callería, Manantay y Yarinacocha de la Provincia de Coronel Portillo, y así se pueda tener referencia cuando se desee establecer y/o conocer los valores de CBR en la ejecución de obras viales sin generar retrasos de los mismos por esperar los resultados del laboratorio de mecánica de suelos, respecto al ensayo de CBR.

Esta investigación aportará información conceptual consistente sobre la relación que existe entre los ensayos de los índices de los suelos y el ensayo de CBR, la cual permitirá conocer matemáticamente la relación existente. Con la relación posible a existir, se podría plantear con anticipación un valor del CBR, sin realizar el ensayo correspondiente, la cual tendrá que ser verificada.

#### **2.4.3 Importancia o propósito**

La importancia o propósito de esta investigación se centra en, determinar la existencia de una o más correlaciones entre el CBR y las propiedades índices de suelos arcillosos o cohesivos, con el fin de tener a la mano durante ejecución de obras viales valores de CBR que se puedan emplear para no incurrir en retrasos o suspensión de los trabajos, hasta tener los resultados del ensayo correspondiente (CBR) del Laboratorio de Mecánica de Suelos, pues estos retrasos generan pérdidas durante la ejecución de la obra.

### **2.5 LIMITACIONES E ALCANCES**

La investigación se limita a la evaluación de las propiedades índice de los suelos (Contenido de arena, Limite Liquido, Limite Plástico, Índice de Plasticidad, Densidad Seca Máxima y Contenido de óptimo de humedad) y el ensayo de CBR, de vías a nivel de terreno natural presentes en la provincia de Coronel Portillo, para encontrar una correlación existente entre estas características de los suelos arcillosos. **Por otra parte el trabajo se limita a realizar trabajo de campo para la recolección de datos.**

**La investigación a desarrollar se centrará solo al Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) de subrasante de vías con material arcilloso, de donde se extraerán las muestras**

representativas y poder realizar los ensayos mencionados en el párrafo anterior. Por temas económicos se proponer realizar la extracción de solo 3 muestras representativas a nivel de subrasante por cada distrito de la Provincia de Coronel Portillo, es decir 3 muestras del distrito de Callería, 3 para Manantay y 3 para Yarinacocha, haciendo un total de 9 calicatas que serán analizadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos.

Con esta investigación se pretende determinar la existencia de correlaciones que puedan existir entre las propiedades índices de los suelos presentes en la Provincia de Coronel Portillo y la Capacidad de Soporte del suelo (CBR), lo que puede estar limitado por la no aceptación como una alternativa para poder conocer el CBR de los suelos presentes en el área del proyecto.

## **2.6 HIPOTESIS**

### **2.6.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Hi: La ecuación de correlación entre en el CBR y las propiedades índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, es una correlación múltiple

### **2.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

#### **Hipótesis específica N° 1**

Las propiedades índices de los suelos arcillosos de la subrasante de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, que permiten determinar una correlación con el CBR, son el %W, LL, LP, IP y el análisis granulométrico.

#### **Hipótesis específica N° 2**

El valor de CBR y las propiedades índices del suelo arcilloso de la subrasante de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, presentan una correlación múltiple.

## **2.7 SISTEMA DE VARIABLES-DIMENSIONES E INDICADORES**

### **2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Propiedades índices

### **2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

CBR



## 2.8 SISTEMA DE VARIABLES-DIMENSIONES E INDICADORES

**Tabla 1**

*Título: Correlación del CBR con las Propiedades Índices de la subrasante en suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali*

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR (sub dimensiones)	UNIDAD	TIPO DE VARIABLE	ESCALA	VALOR FINAL	INSTRUMENTO
<b><u>Independiente.</u></b>  Propiedades Índices	Operacionalmente las propiedades índices se obtendrán de los estudios de mecánica de suelos desarrollados en los laboratorios para obras en suelo arcilloso de la ciudad de Pucallpa	Parámetros de suelos en condición saturada	Contenido de arena	%	Variable Numérica - Cuantitativa	Razón - Discreto	---	Cilindro graduado (Probetas)
			Limite Liquido	%	Variable Numérica - Cuantitativa	Razón - Discreto	---	Curva de Flujo (Diagrama de Fluidez)
			Limite Plástico	%	Variable Numérica - Cuantitativa	Razón - Discreto	---	Curva de Flujo (Diagrama de Fluidez)
			Índice de Plasticidad	%	Variable Numérica - Cuantitativa	Razón - Discreto	---	Carta de Plasticidad
			Máxima Densidad Seca	gr/cm3	Variable Numérica - Cuantitativa	Razón - Discreto	---	Curva de Compactación
			Contenido Optimo de Humedad	%	Variable Numérica - Cuantitativa	Razón - Discreto	---	Curva de Compactación
<b><u>Dependiente.</u></b>  CBR	Operacionalmente se evaluará el valor del CBR en casa estudio en función de las propiedades índices	Valor de Soporte de California	CBR	%	Variable Numérica - Cuantitativa	Razón - Discreto	---	Curva de Penetración

*Nota.* Cuadro de operacionalización. Fuente. Elaboración Propia

## CAPITULO III

### MARCO TEORICO

#### 3.1 ANTECEDENTES O REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS

##### 3.1.1 Antecedentes a Nivel Internacional

1. El trabajo de investigación elaborado por (Paucar Naranjo, 2012), titulada *“Determinación de la ecuación de correlación entre los ensayos CBR de laboratorio y PDC in situ para los tipos de suelos de la subrasante de la vía RIOBAMBA – ALAUSI”*, presentada en la Universidad Nacional de Chimborazo para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:
  - Las ecuaciones que se presentan se pueden adaptar a la realidad de los distintos tipos de suelo de la vía Riobamba – Alausí, dando de esta manera una alternativa para el cálculo del CBR de diseño evitándose realizar el ensayo en laboratorio del mismo.
  - La poca variación de los valores de laboratorio y los valores encontrados a partir de las ecuaciones de correlación de cada tipo de suelo por medio el ensayo de penetración in situ indican un ligero cambio del comportamiento del suelo de arena limosa y limos ante la variación del contenido de humedad.
  - Con la aplicación del método de penetración in situ y las ecuaciones de correlación presentadas para suelos SM (arenas limosas) y ML (limos inorgánicos), se optimiza tiempo y recursos en la determinación de la capacidad portante del suelo

La investigación que se menciona se realizó en campo y laboratorio, por lo que se menciona es experimental, y por el tipo de razonamiento es considerada una investigación empírico – racional. El objetivo es determinar una ecuación de correlación entre los resultados de los ensayos de resistencia PDC in situ con CBR de laboratorio para cada uno de ellos (SM y ML), ecuaciones que podrá ser utilizados para la determinación del CBR de diseño, trabajando con las condiciones reales del terreno y así obtener una mayor exactitud en el diseño del pavimento; lo que refleja un objetivo similar a lo que pretende estudiar en la ciudad de Pucallpa por lo que se considera una guía importante en el desarrollo de la investigación.

2. La tesis realizada por (Salcedo Quijano, 2019) titulada “*Ecuación de correlación entre P.D.C. y C.B.R. para arcillas blandas de la ciudad de Bogotá D.C.*”, presentada en la Universidad Militar Nueva Granada para obtener el título de Magister en Ingeniería Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Para las arcillas de la ciudad de Bogotá D.C. es posible obtener una correlación entre los valores de CBR y PDC, la cual cuente con valores de confiabilidad cercanos al 89% y 85%, dependiendo de la ecuación utilizada.
- Al mostrarse valores de arcillas entre el 4 al 12% los porcentajes de error típico son menores cuando se realiza ensayos con materiales arcillosos de la sabana de Bogotá.
- Es posible verificar por medio del método matemático de Hylay, que la ecuación obtenida se encuentra dentro de los parámetros de investigaciones realizadas, sin embargo, los valores discrepan en cuanto a magnitud para cada uno de los ensayos realizados.
- Los materiales de la ciudad de Bogotá son de gran dispersión y materiales poco homogéneos, sin embargo, se puede establecer tendencias entre los Números de golpes acumulados y una capacidad de soporte de los materiales.

La metodología utilizada es correlacional, además, es una investigación no experimental, pues el propósito es evaluar la relación que existe entre dos o mas variables, conceptos. En este trabajo se buscó la correlación que existe entre los datos del ensayo de CBR y el ensayo PDC. La cual tiene información relevante para el desarrollo y el análisis que desea realizar; los datos serán de estudios reales donde se hayan practicado los ensayos de CBR.

3. La tesis realizada por (Ochoa Osorio & Bonilla Gallo, 2010) titulada “*Correlación entre el ángulo de fricción interna y el CBR para arenas arcillosas (SC)*”, presentada en la Universidad Pontificia Bolivariana para obtener el grado de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Para este tipo de material arena arcillosa se determinó que para las tres humedades estudiadas se puede establecer una correlación entre el ángulo de fricción interna y el CBR que era el objetivo principal planteado en esta investigación.

- Para este tipo de material arena arcillosa se encontró que la línea de tendencia que mejor relaciona CBR vs ángulo de fricción interna es un polinomio de grado dos y su ecuación es la siguiente:

$$Y = -0.041x^2 + 4.35x - 69.33$$

- Los resultados obtenidos de estos ensayos son válidos únicamente para este tipo de material arena arcillosa y compactados con humedades del 8%, 12% (humedad optima) y 16%.
- A pesar de los errores tan altos obtenidos en el valor de la cohesión pudo establecerse una relación lineal entre dicho parámetro y el CBR. Esta relación es lógica y era de preverse ya que tanto cohesión como CBR varían de manera inversa con la humedad.

La metodología utilizada es correlacional, además, es una investigación no experimental; el propósito fue encontrar una correlación entre el ángulo de fricción interna y el CMR tipo I, obteniendo como resultado una serie de tendencias que fueron analizados y obtener la correlación entre el ángulo de fricción interna y el CBR tipo I. La información brindada muestra las relaciones posibles a plantear para el trabajo que se pretenden analizar en la ciudad de Pucallpa, entre el CBR y las propiedades índices.

4. La tesis realizada por (Cabrales Contreras, 2019), titulada “*Ecuación de correlación entre P.D.C. y C.B.R. para arcillas Blandas de la ciudad de Bogotá D.C.*”, presentada en la Universidad Militar Nueva Granada para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Para las arcillas de la ciudad de Bogotá D.C. es posible obtener una correlación entre los valores de CBR y PDC, la cual cuenta con valores de confiabilidad cercanos al 89% y 85%, dependiendo de la ecuación utilizada.
- Al mostrarse valores de arcillas entre el 4 al 12% los porcentajes de error típico son menores cuando se realiza ensayos con materiales arcillosos de la sabana de Bogotá.
- Se esperaba que se encontrara una coincidencia entre el número de golpes y el índice de plasticidad del material, sin embargo, para los datos obtenidos no se logra identificar una línea de tendencia clara sobre la incidencia entre los valores de PDC acumulado

La metodología utilizada es correlacional, es una investigación experimental; el objetivo fue determinar una ecuación de correlación óptima entre el PDC y el CBR realizados en suelos arcillosos en la ciudad de Bogotá D.C., tomando como referencia diferentes autores y que son tomadas en cuenta en INVIAS y AASHTO; donde se estableció una línea de tendencia con una ecuación que puede emplearse como correlación para suelos cohesivos en estructuras de pavimentos. La información descrita muestra las relaciones posibles a plantear para el trabajo que se pretenden analizar en la ciudad de Pucallpa, entre el CBR y las propiedades índices.

5. La investigación realizada por (Masihy Zawadzki, 2020), titulada “*Estudio de correlaciones entre los ensayos de CBR en terreno y CPT*”, presentada en la Universidad de Chile, para obtener el grado de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Se encuentra una correlación entre el ensayo CBR de terreno y el CPT. Esta ecuación es de carácter lineal, ajustada al origen y se muestra en la ecuación 6.1. cuenta con un  $R^2$  de 0,6465, indicando un grado de correlación moderado alto, debido a que los datos de la lista de tendencia se ajustan en casi 65% a los observados en los ensayos. Por otro lado, el fuste no presenta ecuación que se acomode adecuadamente a la distribución de los datos del CBR, por lo tanto, no se encuentra correlación para este parámetro.

$$\text{CBR (\%)} = 3,7207 q_c \text{ (MPa)}$$

- Para la línea de tendencia encontrada entre el índice CBR y  $q_c$ , se calcula la desviación estándar en el eje de las coordenadas, de los datos entregados por el modelo con respecto a los observados de los ensayos.

La metodología utilizada es correlacional, es una investigación experimental; este trabajo buscó estudiar la existencia de correlaciones entre los ensayos CBR de terreno y CPT. De los resultados se obtuvo una correlación lineal creciente, entre el índice CBR y el ensayo CPT, donde el  $R^2$  de 0,6465, indicando un grado de correlación moderado alto, la información es entregada por el software CPeT-IT. La información descrita muestra las relaciones posibles a plantear para el trabajo que se pretenden analizar en la ciudad de Pucallpa, entre el CBR y las propiedades índices.

6. La investigación realizada por (Ruiz Hernández, 2021), titulada “*Aplicación del ensayo Mini-CBR en la caracterización de los suelos de subrasante de consistencia blanda*”, presentada en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Solamente para las muestras de la ECI, los valores de CBR y ND presentan una correlación con  $R^2 = 0.9093$ .
- Para las condiciones de las muestras analizadas en el estudio, no se encontró correlación entre el CBR, la Resistencia al corte no drenada, el ND y el Mr, obtenido para un 95 de confiabilidad con un esfuerzo desviador de 41.3 kPa y una presión de confinamiento de 14 kPa.
- Para las muestras evaluadas en el estudio, no se encontró relación entre el CBR y cada una de las propiedades físicas consideradas (humedad, peso unitario y plasticidad).
- Se realizó un análisis de regresión lineal en el paquete estadístico SPSS de IBM Corporation en donde se determinó que las variables con mayor incidencia sobre los valores de CBR y Mr eran la humedad, el peso unitario y la relación de vacíos (con una confiabilidad del 95%).

La metodología utilizada es correlacional, es una investigación experimental-descriptiva; en esta investigación se presenta esta nueva metodología de caracterización, el mini-CBR se postula como una alternativa para determinar la resistencia de los suelos de subrasante de una forma práctica y sencilla (manteniendo su origen empírico), también, se evaluaron las relaciones entre cada uno de los parámetros físicos considerados (humedad, relación de vacíos, plasticidad, peso unitario) de los suelos con los valores de CBR, Número Dinámico (ND), Resistencia al corte no drenada o con el Módulo Resiliente (Mr), al igual que relaciones multivariable. La investigación mencionada, muestra las relaciones importantes y posibles a plantear para el trabajo que se pretenden analizar en la ciudad de Pucallpa, entre el CBR y las propiedades índices.

7. El trabajo experimental realizado por (Manotoa Santana, 2016), titulada “*Estudio de la correlación entre los ensayos (DCP) penetrómetro dinámico de cono y (CBR) relación de soporte de california en los diferentes tipos de suelos*”, presentada en la

Universidad Técnica de Ambato, para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- La correlación CBR y DCP, no establecen una relación directa en la Zona Oriental, mientras que en la Zona Central tienen una mayor relación en sus resultados.
- El porcentaje de variación entre la media del CBR de Laboratorio y el CBR In situ para las condiciones particulares para la Vía Misahuallí – Atacapi es del 11,82%.
- El Diseño Estructural de pavimento con la integración de los 2 métodos de ensayo DCP y CBR, permitió establecer mejoramientos de la sub-rasante sugiriendo la colocación de una pedraplenada.

La metodología utilizada tipo experimental, y aplicada; en esta investigación se utilizó la fórmula de correlación entre el CBR y el ensayo DCP lo que permitió obtener el valor CBR In Situ del suelo. Como resultados se obtuvo: que el valor de soporte CBR de laboratorio en la Zona central (Sierra) tiene valores similares con el CBR In Situ, pero en la Zona Oriental (Oriente) el valor tiene rangos muy dispersos en función del CBR In Situ. La investigación mencionada, muestra las relaciones posibles a plantear para el trabajo que se pretenden analizar en la ciudad de Pucallpa, entre el CBR y las propiedades índices.

8. El trabajo experimental realizado por (Troya Jurado, 2019) , titulada “*Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en los suelos granulares, de las parroquias Cunchibamba y Unamuncho, Cantón Ambato. Provincia de Tungurahua*”, presentada en la Universidad Técnica de Ambato, para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Las correlaciones que se presentan entre las propiedades índice y mecánicas con el valor de CBR son aquellas cuyo coeficiente de correspondencia es superior al 50%, que se consideraron aceptables para su aplicación, las mismas que se indican en la tabla N° 26.
- La correlación directa entre el CBR de laboratorio y DCP in situ se considera aceptable, con un coeficiente de correspondencia del 68%, por esta razón a partir de su gráfica con el valor del índice de penetración es posible determinar un valor

de CBR preliminar, tomando en cuenta que es un método que no sustituye al ensayo del CBR.

- El uso de las correlaciones establecidas en este trabajo brindará una herramienta práctica que podría reducir el tiempo y costo para un diseño preliminar de pavimentos.
- La correlación entre el límite líquido y plástico se esperaba que sea excelente, pero considerando que el límite líquido es una propiedad del material que depende del tipo de suelo, tamaño, capacidad de absorción y características de las partículas esta relación presenta una correspondencia del 85%, lo cual es muy buena.

La metodología utilizada tipo experimental, de carácter exploratorio y nivel descriptivo y relacional; esta investigación realizó correlaciones de los resultados de los ensayos obtenidos de 12 calicatas, con el método de mínimos cuadrados donde se interpretó y analizó que el coeficiente  $r^2$  sea superior al 50% para que sea aceptable. La investigación mencionada, el desarrollo y análisis de la correlación de mínimos cuadrados y que puede ser planteada para el trabajo que se pretenden analizar en la ciudad de Pucallpa, entre el CBR y las propiedades índices.

9. El trabajo experimental realizado por (Jaime Gómez, 2009), titulada "*Determinación de las ecuaciones de correlación entre los ensayos que proporcionan los valores de resistencia de la subrasante en el tramo de la carrera 45 con calle 86 hasta el parque de Aranjuez del sistema de transporte masivo Metroplús*", presentada en la Universidad de Medellín, para obtener la especialización en vías y transporte, llega a las siguientes conclusiones:

- Debido a las variaciones obtenidas con las correlaciones planteadas para los diferentes ensayos que miden la capacidad de soporte de los suelos, es recomendable plantear las ecuaciones propias para cada zona, o realizar los ensayos directos, que frecuentemente resultan más engorrosos y costosos. No se deben correlacionar por medio de ecuaciones que pueden arrojar resultados que no exponen las condiciones reales sobre las cuales se apoyaran las estructuras.
- Las ecuaciones planteadas son para las condiciones y ensayos de la zona de influencia del proyecto, por lo que se debe verificar su aplicación y corrección, en caso de ser necesario, para su implementación.



La metodología utilizada tipo experimental, de carácter exploratorio y nivel relacional; en esta investigación se realizaron correlaciones entre los ensayos de PDC y CBR, y entre los ensayos de CBR y Placa; en esta investigación se concluye que se debe plantear ecuaciones propias para cada zona o realizar los ensayos directos. Por lo cual se ha considerado como un antecedente a esta investigación y tomar como datos las relaciones consideradas dentro de esta para analizar en la ciudad de Pucallpa, entre el CBR y las propiedades índices.

10. La tesis realizada por (Angamarca Solano, 2013), titulada “*Determinación del CBR de laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la sub-rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la ciudad de Quito*”, presentada en la Universidad Central del Ecuador, para obtener el título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a la magnitud y la caracterización de las calles analizadas, refiriéndose a su longitud y ancho de cada vía, se realizó pozos para la extracción de muestras inalteradas y alteradas para los pertinentes ensayos, así mismo los ensayos in-situ como fueron los del DCP, tomándose como referencia abscisas en cada calle mediante criterio técnico con el fin de obtener resultados para la determinación de la correlación existente entre los CBR in-situ (ensayos realizados en la ciudad de Quito) y la Norma ASTM-D 6951 (DCP)

La metodología utilizada tipo experimental, de carácter exploratorio y nivel relacional; donde se comparó los datos referenciales de DCP de la NORMA D 6951-03 con los datos obtenidos en campo y laboratorio realizados en la ciudad de Quito; con lo que se obtuvo comparaciones similares e iguales entre lo obtenido y lo expuesto por la norma. Por lo cual se ha considerado como un antecedente a esta investigación y tomar como dato las consideraciones dentro de ésta para analizar en la ciudad de Pucallpa, entre el CBR y las propiedades índices.

11. La tesis realizada por (Anchundia Moreira & Jimbo Yopez, 2015), titulada “*Correlación entre DCP (Cono de Penetración Dinámica) y CBR (Valor de Soporte California) aplicando a suelos de la Provincia de Manabí*”, presentada en la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, para obtener el título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Al estudiar y analizar los diferentes resultados de los ensayos de CBR y DCP, se lograron distinguir con claridad que los valores que correlacionan en estos tipos de ensayo aplicados en laboratorio, poseen un coeficiente determinístico  $R^2=0,95$ , lo que demuestra un alto margen de confiabilidad entre estos dos ensayos; siempre y cuando el ensayo de DCP sea realizado in situ considerando a los suelos en condición de humedad óptima.
- Las correlaciones que resulten confiables, están basadas en el uso de la fórmula para suelos arcillosos con un CBR <10%

La metodología utilizada tipo experimental, de carácter exploratorio y nivel relacional; la cual fue realizada para comprobar los resultados del DCP con la norma D6951-03, cuya finalidad fue mostrar la existencia de una correlación entre el ensayo del CBR y DCP, mismos que son de mucha importancia cuando se evalúa la resistencia al corte del suelo en carreteras. Razón el cual se tomó como un antecedente para esta investigación que se pretende realizar en la ciudad de Pucallpa.

### 3.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional

1. La tesis realizada por (Montes Mondalgo, 2020), titulada “*Determinación de la ecuación de correlación entre el PDC Y CBR con muestra inalterada, en suelos a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos, región Junín*”, presentada en la Universidad Peruana Unión para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- La ecuación resultante para determinar la capacidad de soporte california (CBR) a nivel de subrasante en suelos finos, limos de baja plasticidad (ML) y arcillas de baja plasticidad (CL), mediante regresión lineal potencial es:

$$CBR = \frac{36.098}{IPDC^{0.76}}$$

- El coeficiente de correlación  $r$  es 0.978, la cual de acuerdo a la tabla 9 lo clasifica como un grado de correlación muy alta entre la variable dependiente CBR y la variable independiente IPDC. También contamos con el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2_{aj}$ ) con un valor de 0.951, la cual se interpreta como el 95,1% de la variable dependiente CBR es explicada por la variable independiente IPDC.

- Haciendo uso de la prueba t-Student no existe variabilidad significativa en los resultados del ensayo CBR con muestra inalterada y el CBR mediante la ecuación de regresión lineal potencial debido a que el valor p de dos colas es igual a  $0.977 > 0.05$ , y el valor estadístico  $t=0.029$  está dentro del área de aceptación.
- La ecuación propuesta para determinar la capacidad de soporte californiana (CBR) a nivel de subrasante en suelos finos, limos de baja plasticidad (ML) y arcillas de baja plasticidad (CL) mediante regresión lineal múltiple es:

$$CBR = 11.172\gamma - 0.115\%W - 0.193IPDC - 7.586$$

- El coeficiente de correlación (r) es igual a 0.97, la cual de acuerdo a la tabla 9 lo clasifica como un grado de correlación muy alta entre la variable dependiente CBR y las variables independientes IPDC, densidad del suelo y contenido de humedad. También contamos con el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2_{aj}$ ) con un valor de 0.916, la cual se interpreta como el 91,6% de la variable dependiente CBR es explicada por las variables independientes IPDC, densidad y contenido de humedad.

Haciendo uso de la prueba t-Student no existe variabilidad significativa en los resultados del ensayo CBR con muestra inalterada y el CBR mediante la ecuación de regresión lineal múltiple debido a que el valor p de dos colas es igual a  $0.993 > 0.05$ , y el valor estadístico  $t=0.00842$  está dentro del área de aceptación.

- Los valores de CBR mediante la ecuación de la normativa ASTM D 6951-3 difieren en gran manera de los valores de CBR con muestra inalterada. Por ende, se concluye que la ecuación de la normativa ASTM D 6951-3 no representa a los suelos finos peruanos en el tramo Gallito de las Rocas- C.P. Los Olivos

La investigación realizada es de enfoque Cuantitativo, de tipo aplicativo y posee un diseño no experimental, y el método de investigación correlacional; el objetivo de esta investigación ha sido determinar la ecuación de correlación entre el PDC (Penetración Dinámica De Cono) Y CBR (Capacidad De Soporte California) con muestra inalterada, en suelos a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos (0+000-5+900km), distrito Río Tambo, provincia Satipo, región Junín. De los resultados se obtuvieron 2 ecuaciones de correlación, una de regresión lineal potencial y la segunda de regresión lineal múltiple. Con los datos mostrados en la tesis, la cual es similar a la investigación que se plantea, brinda información de que tipo de regresión emplear en el diseño.

2. La investigación realizada por (Carrasco Mendoza, 2016) y titulada “*Correlación del valor de soporte de california (CBR) con la resistencia a la compresión inconfiada en suelos cohesivos en el Pueblo Joven Nuevo Progreso en el Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque*”, presentada en la Universidad Señor de Sipán para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- El valor del CBR en estado natural presenta una buena correlación con el ensayo de compresión inconfiada, lo cual se verificó con la realización de modelos estadísticos, determinando así la ecuación cuadrática (ecuación 20) con un coeficiente de determinación  $R^2=66.52\%$  y con un coeficiente de correlación  $R=83.8$ , por lo tanto, el modelo resulta muy apropiado para estimar el valor del CBR natural a partir de la compresión inconfiada.
- El valor de CBR en estado natural como en estado saturado, no presenta relación con el índice de plasticidad y el límite líquido, y se comprobó observando que en las gráficas de dispersión de las diferentes figuras mostraron que para los dos casos se presenta demasiada variabilidad en los datos, por lo cual no se realizó ningún análisis con esta información.
- Se verificó que el CBR en estado saturado presenta una correlación con la compresión inconfiada menor que en estado natural. La realización del análisis estadístico permitió obtener una ecuación cuadrática (ecuación 24) con un coeficiente de determinación  $R^2=8.53\%$  y con un coeficiente de correlación de  $R=15.9\%$ .
- El coeficiente de determinación del modelo donde se utilizan los valores del CBR natural en comparación al coeficiente de determinación del modelo donde se utilizan los valores de CBR saturado bajo un 57.99% por lo cual se concluye que el agua afecta de manera significativa la correlación del CBR con la compresión inconfiada. Esto se debe a que el ensayo de compresión inconfiada se realiza para condiciones de humedad natural.

La investigación descrita es tipo cuantitativa, el diseño es cuasi experimental. Esta investigación analizada presenta similitud a lo que se desea analizar en la ciudad de Pucallpa, pues el propósito fue determinar si existe o no una correlación entre los ensayos de valor de soporte de california (CBR) y la compresión inconfiada en suelos cohesivos, como los existentes en la ciudad de Pucallpa.

3. El proyecto de investigación realizada por (Gerónimo Correa, 2020), titulada *“Determinación del módulo elástico a partir del ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) y la ecuación de la teoría de la elasticidad del ensayo de Placa de Carga para suelos finos de subrasante de los pavimentos flexibles”*, presentada en la Universidad Peruana Unión para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Entre los conjuntos de coeficientes de proporcionalidad (módulos elásticos) determinados mediante el ensayo de CBR y la aplicación de la ecuación de la teoría de la elasticidad, se encuentra el máximo valor, el cual hipotéticamente es el valor que define al límite del estado plástico de un suelo fino de subrasante para una determinada muestra.
- La evaluación de resultados de módulos elásticos de las muestras usadas en esta investigación consideró coeficientes de Poisson de 0.3 y 0.4, factor de influencia de pisón de 0.79 y la energía de compactación superior, igual o cercana al 95% MDS del CBR; permitieron determinar dos nuevas correlaciones matemáticas. Se aplicó el teorema de mínimos cuadrados y el coeficiente de determinación, entre los valores de CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor y los Módulos Elásticos determinados a partir del análisis teórico de elasticidad en el suelo (usado en el ensayo Placa de Carga). Esta nueva correlación de modelo lineal permite determinar el Módulo Elástico para suelos finos (limos y arcillas), teniendo una variabilidad del 88% de los datos. Asimismo, los resultados de estas nuevas correlaciones se encuentran cercanos a la de Hajiannia et al. (2016) y Elsa Eka Putri et al. (2012) y lejanos a los de Powell et al. (1984), Huekelom and Klomp. (1962) y NAASRA (1950).

Este trabajo de investigación es de tipo aplicada, el enfoque es cuantitativo. En la investigación se determinó las correlaciones numéricas a partir de las evaluaciones de Módulos Elásticos versus el CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor. Finalmente se realizó el cálculo de módulos elásticos a partir de la correlación numérica hallada y comparada en un ábaco de curvas con las metodologías existentes. De esta manera se propuso una nueva metodología y correlaciones para suelos finos de los pavimentos flexibles.

4. (Rodríguez Vásquez, 2019), realizó la tesis titulada “*Evaluación de la resistencia de suelos con Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y Relación de Soporte California (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018*”, presentada en la Universidad Cesar Vallejo para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Se correlacionó los resultados del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) con respecto a la Relación de Soporte de California (CBR) in situ, obteniendo 2 ecuaciones:

La ecuación N°1 obtenida para los tipos de suelos arena bien graduada con limo y grava (SW-SM) y arena limosa (SM) para la localidad de Laredo es la siguiente  $CBR (in situ) = 1.1351(DN)^2 - 20.622(DN) + 124.12$ , con un coeficiente de correlación  $R = 0.996$  y un coeficiente de determinación de  $R^2 = 1$ , la ecuación polinómica es aplicable para suelos con las características mencionadas en esta investigación obteniéndose resultados confiables y aceptables en un 99%.

La ecuación N°2 obtenida para los tipos de suelos arena mal graduada con limo y grava (SP-SM) para la localidad de Laredo es la siguiente  $CBR (in situ) = 11.176(DN)^2 - 158.93(DN) + 591.24$ , con un coeficiente de correlación  $R = 0.995$  y un coeficiente de determinación de  $R^2 = 1$ , la ecuación polinómica es aplicable para suelos con las características mencionadas en esta investigación obteniéndose resultados confiables y aceptables en un 99%.

La investigación realizada se clasifica como una descriptivo – correlacional; cuyo objetivo identificación y evaluación de la resistencia de los suelos del distrito de Laredo, y en base a los resultados de los ensayos del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y Relación de Soporte California (CBR) in situ, realizar ecuaciones matemáticas de correlación para los diferentes tipos de suelos. Con la información que nos brinda la tesis se puede considerar para evaluar el comportamiento que brindan a los suelos cohesivos presentes en la ciudad de Pucallpa, por lo que fue considerado como un antecedente muy importante.

5. El trabajo de investigación desarrollado por (Araujo Navarro, 2014), titulada “*Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad*”

de Piura”, presentada en la Universidad de Piura para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones;

- La relación entre el CBR y los parámetros físicos de los suelos no es siempre del tipo lineal. En algunos casos, la relación es potencial o exponencial, según el parámetro de que se trate (%F, LL, LP, IP).
- Los parámetros más influyentes en el CBR son el %G, OMC, %F, MDD, LL como lo muestran sus R de 0.84, 0.81, 0.76, 0.74, 0.60 respectivamente.
- Los menos influyentes son el IP, LP, %S con un R de 0.53, 0.45 y 0.12 respectivamente.
- El CBR no depende de un único parámetro, sino de la combinación de varios de ellos, especialmente en determinados rangos de valores. Esto propone dos condiciones: que una correlación múltiple siempre reflejará mejor el valor del CBR que una correlación simple y que las correlaciones deben plantearse por tipo de suelo.
- En esta investigación el modelo 7 del ARLM que considera todos los parámetros del suelo (%G, OMC, %F, MDD, LL, IP, LP, %S) fue el que mejor correlación arroja ( $R=0.881$ )

La investigación es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, cuasi experimental. En esta investigación se ha propuesto un método alternativo para obtener el valor del CBR de diseño mediante correlaciones con las propiedades índice y de compactación. El resultado demostró correlación múltiple. Con el modelo de relación mostrada en esta investigación se podrá tener una información muy valiosa para plantear la relación existente de suelos arcillosos en la ciudad de Pucallpa.

6. La tesis desarrollada por (Bazán Galarreta & Prado Holguín, 2020), titulada “*Correlación entre el CBR y el PDC en la determinación de la resistencia del suelo en la localidad de Moche*”, presentada en la Universidad Cesar Vallejo para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones;

- Se encontró la correlación de los resultados del CBR Y Penetrómetro Dinámico de Cono (P.D.C) in situ, donde se obtuvo una ecuación: La ecuación también depende del tipo del suelo que se esté analizando, Arena mal graduada con limo

(SP-SM) de la localidad de Moche es  $CBR_{LAB} = -0.0386 (N_{PDC}) - 160.52(N_{PDC}) + 1972.2$ , teniendo el resultado coeficiente correlacional de  $R^2 = 0.989$ ; la ecuación no lineal es aplicable solo para los suelos de Arena mal graduada con limo obteniéndose resultados aceptables y confiables en un 98.9%.

La investigación tiene un diseño no experimental correlacional simple. En esta investigación dio a conocer que le ensayo de CBR y el PDC, la resistencia de nuestros suelos, establecer comparaciones, relacionar resultados, ejecutar las fórmulas correlacionales y ampliar el criterio de diseño de estructuras de pavimentos, para obras futuras en la ciudad de Moche. Con los resultados de esta tesis se podrá tener una información muy valiosa para plantear la relación existente de suelos arcillosos en la ciudad de Pucallpa.

7. La tesis desarrollada por (Cruz Yong, 2019), titulada "*Correlación número de golpes DCP vs Penetración CBR in situ para resistencia al esfuerzo normal de pavimentos urbanos, Lambayeque.2018*", presentada en la Universidad Señor de Sipán para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones;

- Se propuso una gráfica en la que describe la correlación entre CBR in situ y DCP en la que obtuvo una ecuación que es  $CBR (\%) = -5 \times 10^{-5} (\# \text{ golpes})^2 + 0.0318 (\# \text{ golpes}) - 0.6041$ . En la que el porcentaje de CBR in situ depende del número de golpes obtenido por el ensayo DCP.

La investigación es tipo cuantitativo, el diseño cuasiexperimental. La investigación buscó desarrollar una nueva correlación del ensayo penetrómetro de cono dinámico (DCP) y California Bearing Ratio (CBR) in situ; para la correlación se tomaron en cuenta la clasificación del suelo donde se realizaron ensayos en la cual se desarrollaron una formula que involucre ambos ensayos. Con los resultados de esta tesis se tiene información relevante valiosa para plantear nuevas relaciones de correlación existente de suelos arcillosos en la ciudad de Pucallpa.

8. La tesis desarrollada por (Mamani Sánchez, 2019) , titulada "*Estimación del valor de CBR en suelos granulares a partir de ensayos de caracterización y compactación de las canteras ubicadas en la ciudad de Juliaca*", presentada en la Universidad Peruana Unión para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:



- Las correlaciones que se realizaron entre las características físicas de manera individual indicaron que no todas las propiedades físicas tienen relación directa con el resultado de CBR y esto se mostró en el ítem de resultados.
- Mientras más variables independientes se analicen de manera conjunta en una correlación el factor de correlación y el coeficiente de determinación son mayores y se acercan al 1.00, siempre y cuando se tomen los valores correctos para el análisis.
- De acuerdo a los resultados que se obtienen del análisis se logra entender que si es posible tener una ecuación de regresión o una expresión matemática que logre estimar el valor de CBR y que uno de los objetivos específicos de la investigación se logró obtener.

$$BR = 69.289 + 0.695 (RET\ 4) - 2.991 (\%P200) - 28.27 (d_{max}) + .652 (LL)$$

La investigación tiene enfoque cuantitativo, el nivel es correlacional – explicativo y el diseño es experimental. El objetivo fue estudiar el comportamiento de suelos granulares para proponer una metodología para estimar el valor de CBR; los resultados obtenidos fueron correlacionados con respecto al CBR, de esa manera se observaron diferentes correlaciones, donde algunas correlaciones eran buenas y otras no existía correlación importante. Con la información que se describe en la tesis, se adquiere muy buenas referencias para el análisis de correlaciones en suelos arcillosos en la ciudad de Pucallpa.

9. La tesis desarrollada por (Chavez Chavez & Deza Salcedo, 2018), titulada *“Evaluación de los parámetros de resistencia de subrasantes naturales en suelos granulares correlacionando CBR de laboratorio y el penetrómetro dinámico de cono (PDC) – ASTM-D 6951 en el sector los incas parte alta del distrito de Pacasmayo”*, presentada en la Universidad Privada Antenor Orrego para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Los valores CBR que se han calculado con la fórmula de correlación, muestran una confiabilidad de  $R^2$  igual a 0.58 para una ecuación no lineal (potencial), que de acuerdo a la estadística, para que una ecuación de correlación sea aceptable debe presentar una confiabilidad mayor o igual a de  $R^2$  igual a 0.75, por lo tanto nuestra ecuación no está en ese rango y no sería confiable su uso.

La investigación tiene un diseño experimental. Tenía como objetivo construcción de un penetrómetro dinámico de cono (PDC), se realizó 20 ensayos, se realizó el ensayo de CBR que se correlacionó con los datos del PDC con la finalidad de determinar una ecuación del sector y su respectivo grado de confiabilidad. Con la información que se describe en la tesis, se adquiere puede plantear una forma de análisis de correlaciones en suelos arcillosos en la ciudad de Pucallpa.

### 3.1.3 Antecedentes a Nivel Local

1. La tesis realizada por (Ríos Fernández & Salvatierra Palian, 2020), titulada *“Correlación entre Índice de Penetración (PDC) con Módulo de Reacción en subrasante para suelos arcillosos – Av. Manantay – Pucallpa, 2020”*, presentada en la Universidad Cesar Vallejo para obtener los Títulos de Ingenieros Civiles, donde se describe que:
  - Afirmamos que existe una relación inversa proporcional entre las variables Índice de Penetración IP-PDC y el Módulo de Reacción  $K_s$ , se ajusta a un modelo lineal, además el valor  $\text{sig.}=0.014$  que es menor que el valor de significancia 0.025, por ende, se toma la decisión de aceptar la hipótesis de investigación y rechazar la hipótesis nula, que afirma que el Índice de Penetración PDC se relaciona con el Módulo de Reacción en subrasante para suelos arcillosos - Av. Manantay – Pucallpa, 2020. Además, en base a lo que afirma Hernández Sampieri cuando el  $R$  es igual a -1.00 indica una correlación negativa perfecta.
  - Al cumplir la hipótesis general se demuestra la hipótesis específica 1, ya que la correlación de la presente investigación se realiza mediante los parámetros de Índice de Penetración y Módulo de Elasticidad.
  - De acuerdo con el desarrollo de la investigación se demuestra que el Módulo de Reacción de la subrasante  $k_s$ , se puede calcular a través de correlaciones entre el ensayo PDC y el ensayo de Placa de Carga.
  - El valor del módulo de reacción de la subrasante  $K_s$ , se estimó tomando como criterio el 30% y 70% del valor del Tensión máxima ( $\sigma_{\max}$ ). Los valores calculados del módulo de elasticidad “E” con el ensayo de placa de carga corresponden a una arcilla muy firme, lo cual correlaciona con los valores del ensayo PDC

Esta investigación es tipo cuantitativa, el diseño es descriptiva correlacional y el nivel es descriptivo y de enfoque cuantitativo. Esta investigación tenía como objetivo establecer la correlación entre los valores obtenidos de Índice de Penetración del Ensayo PDC y el Módulo de Reacción en la subrasante de la avenida Manantay de la ciudad de Pucallpa, en la región Ucayali. establecer la correlación entre los valores obtenidos de Índice de Penetración del Ensayo PDC y el Módulo de Reacción en la subrasante de la avenida Manantay de la ciudad de Pucallpa, en la región Ucayali. me. Los resultados obtenidos de ambos ensayos nos proporcionan una correlación donde el valor de  $E_{PLT} = 548.68(PI) - 0.8542$ , con un  $R=1.00$ . Con estas informaciones mostradas en la investigación se podrá desarrollar la investigación y la relación que existe entre el CBR y los índices del suelo.

Por otro lado, no se hallaron más antecedentes de base local para esta investigación.

## 3.2 BASES TEORICAS

### 3.2.1 Relación de Soporte California (CBR)

Según el libro (Hoyos Patiño, 2001), titulado “*Geotecnia – Diccionario Básico*”, lo define como: *Medida de la resistencia relativa de un suelo a la penetración bajo condiciones controladas de densidad y contenido de humedad. Es la relación del esfuerzo necesario para penetrar un material dado respecto al esfuerzo que se necesita para penetrar un material (roca triturada para base de pavimento) cuya resistencia a la penetración en condiciones normalizadas es conocida. (Normas ASTM D1883 y D4429).*

### 3.2.2 Propiedades Índice de suelos y su influencia en el CBR

En el libro de (Jimenez Salas & De Justo Alpañes) titulada “*Geotecnia y Cimientos I – Propiedades de los Suelos y de las Rocas*”, se puede interpretar que las propiedades índices de los suelos, son propiedades que ayudan a la identificación y clasificación de un suelo. Los principales índices de propiedad del suelo son: distribución del tamaño de partícula, contenido de humedad, gravedad específica, límites de consistencia, densidad in situ y la densidad relativa. Estas propiedades son generalmente determinadas en laboratorio y sus ensayos son los siguientes: análisis granulométrico, contenido de humedad, gravedad específica, límites de Atterberg y equivalente de arena.

Por su parte (Hoyos Patiño, 2001), lo describe como: conjunto de características de un suelo que permiten diferenciarlo de otros de su misma clase. Las propiedades índices

pueden dividirse en propiedades de las partículas y propiedades de la masa de suelo. Las propiedades índices de las partículas son tamaño, forma, densidad o gravedad específica y mineralogía; las propiedades índices de la masa del suelo son granulometría, densidad o peso unitario, porosidad, relación de vacíos, humedad, saturación, plasticidad.

**a) Distribución de tamaño de partículas**

- **Gradación:** Calificación de la distribución granulométrica de un suelo que se hace con base en los coeficientes de curvatura y de uniformidad.
- **Granulometría:** Medida y análisis estadístico de los tamaños de granos que se encuentran en una muestra de suelo.

**b) Contenido de Humedad:** Magnitud conocida también como humedad, es la cantidad relativa de agua que se encuentra en un suelo respecto a la masa de sólidos o al volumen de suelo analizado. Si se calcula respecto a la masa de sólidos se denomina contenido de agua o humedad gravimétrica. Si se calcula respecto al volumen del suelo se denomina contenido de agua o humedad volumétrica.

**c) Gravedad específica:** relación numérica entre a) el peso en el aire de un volumen dado de un cuerpo a una temperatura dada, y b) el peso en el aire de un volumen igual de agua destilada a la misma temperatura.

**d) Densidad Relativa:** Medida de la compactación de un suelo dada por la relación porcentual entre: a) la diferencia de la relación de vacíos de un suelo no cohesivo en su estado más suelto y cualquier relación de vacíos del suelo compactado, y b) la diferencia entre las relaciones de vacíos en sus estados más suelto y más denso. (Normas ASTM D4253 y D4254).

**e) Límite de Consistencia:** La consistencia de un suelo es la relativa facilidad con la que un suelo se puede deformar. Los límites de consistencia son útiles en la ingeniería para poder clasificar un suelo debido a que el comportamiento de un suelo se ve influenciado por la presencia de agua y esto se acentúa cuanto menor es el tamaño de las partículas que componen dicho suelo. Los ensayos para tener estos resultados son: los Límites de Atterberg y el Equivalente de Arena.

### 3.3 Bases Conceptuales

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras: Suelos geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014), presenta la siguiente definición de:

- a) **Granulometría.** Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC EM 107). El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

**Cuadro 4.5**  
**Clasificación de suelos según Tamaño de partículas**

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

*Nota.* El cuadro 4.5 muestra el tamaño de las partículas del suelo. Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos (2014)

- b) **Límite de Atterberg.** Establecen cuan sensible es el sensible es el comportamiento de un suelo en relación a su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido, el límite plástico y el límite de contracción.

**Cuadro 4.6**  
**Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad**

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

*Nota.* El cuadro 4.6 muestra la clasificación de suelos según el índice de plasticidad.

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos (2014)

- c) **Equivalente de Arena.** Es la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos. El valor de Equivalente de Arena (EA) es un indicativo de la plasticidad del suelo:

**Cuadro 4.7**  
**Clasificación de suelos según Equivalente de Arena**

Equivalente de Arena	Característica
si $EA > 40$	el suelo no es plástico, es arena
Si $40 > EA > 20$	el suelo es poco plástico y no heladizo
si $EA < 20$	el suelo es plástico y arcilloso

*Nota.* El cuadro 4.7 muestra la clasificación de suelos según el Equivalente de arena.

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos (2014)

- d) **Ensayo CBR.** Es el valor de soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm

**Cuadro 4.10**  
**Categorías de Subrasante**

Categorías de Subrasante	CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

*Nota.* El cuadro 4.10 muestra la categoría de subrasante. Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos (2014)

## CAPITULO IV

### METODOLOGIA O MARCO METODOLOGICO

#### 4.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

##### 4.1.1 TIPO DE INVESTIGACION

Según el tipo de datos empleados, es Cuantitativa, porque se basa en el estudio y análisis de la realidad a través de diferentes procedimientos basados en la medición. Permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis.

Además, también será Cualitativa, porque la obtención de datos también será no cuantificables, basados en la observación. La información será subjetiva y poco controlada y no permitirá una explicación clara del fenómeno.

Por la combinación del tipo de investigación (Cuantitativa y cualitativa) se define como un tipo Mixta, es más que la suma de las dos anteriores e implica su interacción y potenciación. En la ruta mixta se utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicas y de otras clases para entender el problema.

##### 4.1.2 NIVEL DE INVESTIGACION

Según lo descrito por (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018), los alcances o el nivel de una investigación con enfoque cuantitativo son: Exploratorio, Descriptivo, Correlacional y Explicativo; esta investigación será:

- Descriptivo, porque definen y miden variables y las caracterizan, así como al fenómeno o planteamiento referido; también, cuantifican y muestran con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, problema, suceso, comunidad, contexto o situación.

Esta investigación a realizar será Aplicada, pues se buscará resolver un problema; además, que se buscará mecanismos o estrategias que permitan

lograr un objetivo concreto (correlacionar el CBR con las propiedades índices de la subrasante).

También, el nivel de investigación será Experimental, porque se analizará el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes (propiedades índices) sobre una o varias dependientes (CBR), la cual refleja una innovación tecnológica respecto a la determinación de correlaciones en la determinación del valor de CBR.

El nivel es Correlacional, porque los estudios correlacionales tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra; así mismo, permiten cierto grado de predicción. (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018)

## 4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

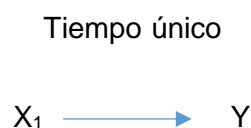
(Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018), describe que el diseño de investigación es el mapa operativo en la ruta cuantitativa. Representa el punto donde se conectan las fases conceptuales del proceso de recolección y el análisis de los datos.

Haciendo mención a los descrito por Roberto Hernández Sampieri, los tipos son: Experimentales, No experimentales y mixtos; en la investigación a realizar el diseño será:

- Experimental, porque se utilizará para establecer una relación entre la causa y el efecto de una situación. Es un diseño de investigación donde se observa el efecto causado por la variable independiente sobre la variable dependiente.

Sin embargo, ésta se clasificará en Cuantitativo – Aplicada - Experimental, porque la recolección de datos, será en un solo momento.

El esquema para un diseño experimental transversal será:



Donde:



X<sub>1</sub>: Propiedades Índice de suelos arcillosos

### 4.3 DETERMINACION DEL UNIVERSO/ POBLACION

La población considerada para la investigación, son las subrasantes de vías con suelos arcillosos ubicadas en la provincia de Coronel Portillo, del Departamento de Ucayali. distritos de Callería, Manantay y Yarinacocha.

### 4.4 MUESTRA

El Muestreo será No Probabilístico, por lo que a criterio del investigador y por motivos económicos descritos en el ítem 2.5, se realizarán 03 muestras por cada distrito (distrito de Manantay, distrito de Yarinacocha, distrito de Callería), haciendo un total de 9 muestras para que en el laboratorio de mecánica de suelos se realicen ensayos de CBR y de las propiedades índices de suelo.

### 4.5 TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS

#### 4.5.1 Fuentes, técnicas e instrumentos

Estos trabajos son medidos mediante gráficos e intervalos, descritos según los Manuales del Ministerio de Transporte de Comunicaciones y según el tipo de prueba o análisis las cuales están establecidas en los Estudios de Mecánica de Suelos

#### Técnicas

Se empleará:

- La observación estructurada; esta técnica será usada para obtener los datos cuantitativos, características, comportamiento y diversos factores que presenta el objeto de estudio de nuestra investigación.
- El Análisis de documentos; los documentos que se utilizarán, desde el principio de la investigación para poder dar un sustento a la misma, en cuanto al manejo de los datos de los ensayos.
- El Trabajo de campo; se procederá con la inspección mediante una visita a las vías consideradas en la población con la finalidad de poder visualizar donde se extraerán las muestras.

### **Instrumentos**

Estos trabajos serán medidos por los equipos de laboratorio, gráficos y tamices según el tipo de indicador para obtener las propiedades índices de la subrasante estabilizada y del CBR. Como se hará manipulación de las variables, la recolección de datos será del tipo transversal, es decir solo una vez.

#### **4.5.2 Procesamiento y presentación de datos**

El procedimiento para la recolección de datos, para el diseño de la investigación consta las etapas:

**Paso 1:** Se realizará un trabajo de campo para la extracción de las muestras consideradas para los ensayos en laboratorio de: ensayos de CBR y de las propiedades índice.

**Paso 2:** Con los EMS se preparará una base de datos en Excel para que sean procesados mediante tabulaciones, gráficos, análisis de varianza, entre otros.

**Paso 3:** Con los datos, se buscará análisis de regresión (lineal simple, lineal múltiple) con cada Índice del suelo y el CBR

**Paso 3:** Con cada regresión se obtendrá ecuaciones que serán plasmados en cuadros en Excel.

**Paso 4:** Se procederá a realizar el análisis de los resultados obtenidos de gráficos, cuadros e informaciones que se obtenga de los programas a emplear.

**Paso 5:** Finalmente se planteará las Conclusiones, y se procederá a elaborar el informe final de la investigación.

## CAPITULO V

## ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES

## 5.1 POTENCIAL HUMANO

**Asesor de la investigación:** El asesor de tesis es la persona que guía al estudiante en el proceso del desarrollo de su investigación, es el que se responsabiliza académicamente de un estudiante en la formación de un proyecto específico de investigación

**Laboratorio de Mecánica de Suelos:** Es un área acondicionada para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, con maquinaria y equipo especializado para el ensaye y prueba de los materiales; la cual será empleada para obtener los resultados del material.

**Asistente:** Es la persona que apoyará en la investigación a verificar y recolectar las informaciones para ser procesados.

## 5.2 RECURSOS MATERIALES

Los recursos materiales para la elaboración de la tesis de investigación estarán conformados por: útiles de escritorios y equipos varios como cámaras filmadoras, entre otros.

### 5.3 RECURSOS FINANCIEROS

Los recursos financieros serán propios para poder realizar el tema de investigación.

#### 5.4 CRONOGRAMA DE GANTT

[illegible]



## CAPITULO VI

### REFERENCIAS

#### 6.1 TESIS

- Anchundia Moreira, M. M., & Jimbo Yopez, R. F. (2015). *Correlación entre DCP (Cono de Penetración Dinámica) y CBR (Valor de Soporte California) aplicado a suelos de la provincia de Manabí*. Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí.
- Angamarca Solano, A. A. (2013). *Determinación del CBR de laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la sub-rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la ciudad de Quito*. Universidad Central del Ecuador.
- Araujo Navarro, W. (2014). *Ecuaciones de Correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura*. Piura: Universidad de Piura.
- Bazán Galarreta, A. M., & Prado Holguín, K. S. (2020). *Correlación entre el CBR y el PDC en la determinación de la resistencia del suelo en la localidad de Moche*. Universidad César Vallejo.
- Cabralles Contreras, D. (2019). *Ecuación de correlación entre PDC y CBR para arcillas blandas de la Ciudad de Bogotá D.C.* Universidad Militar Nueva Granada.
- Carrasco Mendoza, B. A. (2016). *Correlación del valor de soporte de california (CBR) con la resistencia a la compresión confinada en suelos cohesivos en el pueblo de Joven Nuevo Progreso en el Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- Castro Sandoval, A., Melo Pabón, C. A., & Angulo Blanquicetz, G. (2019). Soluciones innovadoras para problemas de cimentación sobre suelos cohesivos altamente plásticos. *Revista Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 54-62.
- Chavez Chavez, J. C., & Deza Salcedo, E. A. (2018). *Evaluación de los parámetros de resistencia de sub-rasantes naturales en suelos granulares correlacionando CBR de laboratorio y el penetrómetro dinámico de cono (PDC) - ASTM-D 6951 en el sector Los Incas parte alta del distrito de Pacasmayo*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Claudio Llumitasig, J. C. (2020). *Correlación entre el CBR y las propiedades índice y las mecánicas en suelos granulares, de las Parroquias: Constantino Fernáñez y Pinillo, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato.

- Cruz Yong, G. P. (2019). *Correlación Número de golpes DCP vs Penetración CBR in situ para resistencia al esfuerzo normal de pavimentos urbanos, Lambayeque 2018*. Universidad Señor de Sipán.
- Flores Escudero, E. M., & Serqén Santos, J. E. (2017). *Evaluación de la correlación del índice de compresibilidad y las propiedades índice del suelo de la Urbanización El Golf, Trujillo 2017*. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- Gerónimo Correa, M. A. (2020). *Determinación del módulo elástico a partir del ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) y la ecuación de la teoría de la elasticidad del ensayo de Placa de Carga para suelos finos de subrasante de los pavimentos flexibles*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Jaime Gómez, G. (2009). *Determinación de las ecuaciones de Correlación entre los ensayos que proporcionan los valores de resistencia de la subrasante en el tramo de la carretera 45 con calle 86 hasta el parque de Aranjuez del sistema de transporte masivo metrolús*. Universidad de Medellín.
- Mamani Sánchez, M. C. (2019). *Estimación del valor de CBR en suelos granulares a partir de ensayos de caracterización y compactación de las canteras ubicadas en la ciudad de Juliaca*. Universidad Peruana Unión.
- Manotoa Santana, A. O. (2016). *Estudio de la Correlación entre los ensayos (DCP) penetrómetro dinámico de cono y (CBR) Relación de soporte de California en los diferentes tipos de suelos*. Universidad Técnica de Ambato.
- Masihi Zawadzki, J. M. (2020). *Estudio de Correlaciones entre los ensayos de CBR en terreno y CPT*. Universidad de Chile.
- Montes Mondalgo, A. Y. (2020). *Determinación de la ecuación de correlación entre el PDC y CBR con muestra inalterada, en suelos a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos, región Junín*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Ochoa Osorio, C. A., & Bonilla Gallo, E. Y. (2010). *Correlación entre el ángulo de fricción interna y el CBR para arenas arcillosas (SC)*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Paucar Naranjo, L. E. (2012). *Determinación de la Ecuación de correlación entre los ensayos CBR de laboratorio y PDC in situ para los tipos de suelos de la subrasante de la vía Riobamba-Alausi*. Riobamba - Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Ríos Fernández, D. F., & Salvatierra Palian, Y. M. (2020). *Correlación entre Índice de Penetración (PDC) con Módulo de Reacción en subrasante para suelos arcillosos - Av. Manantay-Pucallpa, 2020*. Callao: Universidad César Vallejo.

- Rodriguez Vásquez, R. (2019). *Evaluación de la resistencia de suelos con Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y Relación de Soporte California (CBR) in situ, Laredo-Trujillo 2018*. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- Ruiz Hernández, J. S. (2021). *Aplicación del ensayo Mini-CBR en la caracterización de los suelos de subrasante de consistencia blanda*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Salcedo Quijano, M. (2019). *Ecuación de correlación entre PDC y CBR para arcillas blandas de la Ciudad de Bogotá D.C.* Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Súarez, J. (2016). *Validación de la ecuación para cálculo de CBR a partir de Plasticidad en la UPZ Ismael Perdomo de la Localidad de Ciudad Bolívar*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Troya Jurado, M. M. (2019). *Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en los suelos granulares, de las Parroquias Cunchinba y Unamuncho, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato.

## 6.2 LIBROS

- Bañón Blázquez, L., & Beví García, J. F. (2000). *Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento*. España: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Braja M., D. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México: CENGAGE learning.
- Coronado Iturbe, I. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones . Quinta Edición*. México: Editorial Limusa, S.A.
- Hernández Sampieri, D., & Mendoza Torres, D. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. México: Mc Graw Hill.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*. Mc Graw Hill Education.
- Hoyos Patiño, F. (2001). *Geotecnia - Diccionario Básico*. Medellín: Escuela de Ingeniería Civil - Facultad de Minas.
- Jimenez Salas, J. A., & De Justo Alpañes, J. L. (s.f.). *Propiedades de los suelos y de las rocas*. Madrid: Editorial Rueda.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas*. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima.

### **6.3 ELECTRONICOS**

Ribera Mena, W. A. (Abril de 2022). *Correlación del valor de soporte de california (CBR) con la compresión inconfiada y la plasticidad del suelo*.  
<https://prezi.com/njzmjiauhuv9/sustentacion/>



## ANEXOS

### ANEXO 01. Matriz de consistencia

CORRELACIÓN DEL CBR CON LAS PROPIEDADES ÍNDICES DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, UCAYALI.						
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>1. Problema General:</b></p> <p>¿Qué correlación existe entre el Valor de Soporte de California (CBR) con las propiedades índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali?</p> <p><b>2. Problemas Específicos:</b></p> <p>1. ¿Las propiedades índices de la subrasante de los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, presentarán valores relativamente similares que permitan obtener una correlación con el CBR?</p> <p>2. ¿Existirá correlación lineal o múltiple entre el CBR y las propiedades índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali?</p>	<p><b>1. Objetivo general:</b></p> <p>Identificar la correlación entre el Valor de Soporte de California (CBR) y las Propiedades Índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.</p> <p><b>2. Objetivos específicos:</b></p> <p>1. Determinar las propiedades índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali que permitan obtener una correlación con el CBR.</p> <p>2. Determinar la correlación lineal o múltiple entre el CBR y las propiedades índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La ecuación de correlación entre el CBR y las propiedades índices de la subrasante en los suelos arcillosos de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, es una correlación múltiple.</p> <p><b>Hipótesis Específicos:</b></p> <p>1. Las propiedades índices de los suelos arcillosos de la subrasante de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, que permiten determinar una correlación con el CBR, son el %W, LL, LP, IP y el análisis granulométrico.</p> <p>2. El valor de CBR y las propiedades índices del suelo arcilloso de la subrasante de la Provincia de Coronel Portillo, Ucayali, presentan una correlación múltiple.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Propiedades Índices</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>CBR</p>	<p>Parámetros de suelos en condición saturada</p> <p>Valor de Soporte de California</p>	<p>Contenido de arena</p> <p>Limite Liquido</p> <p>Limite Plástico</p> <p>Índice de Plasticidad</p> <p>Máxima Densidad Seca</p> <p>Contenido Optimo de Humedad</p> <p>CBR (%)</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cuantitativa</li> </ul> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Descriptivo</li> <li>Aplicativa</li> <li>Experimental</li> <li>Correlacional</li> </ul> <p><b>Diseño de Investigación:</b></p> <p>El diseño será Experimental</p> <p><b>Método:</b></p> <p>Inductivo – Deductivo</p> <p><b>Técnica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observación Estructurada</li> <li>Análisis de documentos</li> <li>Trabajo de campo</li> </ul>