

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE
POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS
PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL
MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA
EDGAR, CAJAMARCA 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Roger Alexander Sanchez Medina

Asesor:

M. Sc. Ing. Héctor Arturo Cuadros Rojas

<https://orcid.org/0009-0007-4445-5145>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Erlin Giordany Salazar Huamán	71106769
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	David Eloy Ordoñez Bringas	45207910
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Henry Josué Villanueva Bazán	46486085
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

4% INDICE DE SIMILITUD	3% FUENTES DE INTERNET	% PUBLICACIONES	3% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	---------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	renatiga.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1 %
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
3	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1 %
4	Submitted to Pontificia Universidad Catolica Madre y Maestra PUCMM Trabajo del estudiante	<1 %
5	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
6	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
7	www.pochteca.com.mx Fuente de Internet	<1 %
8	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
9	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
11	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas Apagado
Excluir bibliografía Apagado

Excluir coincidencias: Apagado

DEDICATORIA

Mi tesis va dedicada con todo mi amor y cariño a mi recién formada familia Sánchez Villanueva, a mi esposa Karla Villanueva por brindarme su apoyo y su amor incondicional en todo momento de mi etapa universitaria y profesional. Le agradezco, por creer en mí, por no dejarme caer en los momentos difíciles de la vida, por darme el mejor regalo de la vida, mi amado hijo Bruce Rafael. Ellos son mi motor y motivo para seguir creciendo personal y profesionalmente.

Los amo y adoro infinitamente.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a nuestro Señor Padre Todo Poderoso por permitirme seguir de pie, gozar de buena salud y así poder seguir logrando todas mis metas trazadas. Agradezco especialmente a mis padres y hermanas, por estar junto a mi a pesar cualquier circunstancia, por creer en mi y apoyarme en todo momento. Agradezco también a la mamá de mi esposa, a mis amigos más cercanos, especialmente a Geordan Alarcón. Agradezco a todos aquellos que de una u otra manera estuvieron junto a mi en esta etapa de mi vida, por aconsejarme y apoyarme moralmente, y así poder seguir en el camino correcto y poder cumplir con todo lo anelado de la vida

Con todo el corazón mil gracias.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática:	11
1.2. Formulación del Problema de Investigación:	23
1.3. Objetivos:	23
1.4. Hipótesis:	24
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	25
CAPÍTULO III: RESULTADOS	39
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	45
REFERENCIAS	52
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Red Vial Pavimentada de la Región Cajamarca.....	13
Tabla 2. Red Vial Departamental no Pavimentada de la Región Cajamarca.....	13
Tabla 3. Franjas Granulométricas del material para afirmado.....	20
Tabla 4. Franjas Granulométricas del material para subbase.....	21
Tabla 5. Franjas Granulométricas del material para base.....	21
Tabla 6. Requisito mínimo de CBR para afirmado, subbase y base.....	22
Tabla 7. Cantidad de ensayos que definen la muestra.....	27
Tabla 8. Especificaciones Técnicas de los métodos Proctor Modificado.....	33
Tabla 9. Operacionalización de variables.....	38
Tabla 10. Contenido de humedad de la cantera Edgar.....	39
Tabla 11. Análisis granulométrico de la cantera Edgar.....	39
Tabla 12. Límites de Atterberg de la cantera Edgar.....	41
Tabla 13. Selección del método Proctor modificado.....	42
Tabla 14. Proctor Modificado de la cantera Edgar.....	42
Tabla 15. CBR de la cantera Edgar.....	44
Tabla 16. Comparación de los resultados con los requisitos de calidad.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estado de la RVN Pavimentada y No Pavimentada.....	12
Figura 2. Estado de la RVD y la RVV en kilómetros.....	13
Figura 3. Diseño de la investigación.....	26
Figura 4. Esquema del diseño de la investigación.....	26
Figura 5. Curva Granulométrica – Afirmado.....	40
Figura 6. Curva Granulométrica – Subbase y base granular.....	40
Figura 7. Límites de Atterberg del material granular.....	41
Figura 8. Proctor Modificado del material granular.....	43
Figura 9. CBR del material granular.....	44
Figura 10. Comparación de CBR del estudio con antecedentes.....	47

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Contenido de Humedad.....	30
Ecuación 2. Porcentaje de material retenido parcial.....	30
Ecuación 3. Porcentajes de material que pasa por cada tamiz.....	31
Ecuación 4. Índice Plástico.....	33
Ecuación 5. Densidad Seca.....	34
Ecuación 6. Índice CBR.....	36

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo evaluar la influencia del uso de cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6% en las propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar, Cajamarca. Los ensayos de laboratorio realizados fueron: Contenido de Humedad, Análisis Granulométrico, Índices de Plasticidad, Proctor Modificado y Relación de Soporte de California - CBR. Se observa, que en base a la clasificación del manual de carreteras EG-2013, la granulometría del material en estudio se asemeja a la gradación A-1 para uso en afirmados y a la gradación B para uso en subbase y base granular, el límite líquido varía entre 18.66% y 22.31% con la adición de KCl. Con la adición de NaCl varia entre 18.85% y 19.33%. En cuanto al CBR, obtenemos una mejora significativa de un 82.23% a un 90.44% con adición de NaCl; Asimismo, con la adición de KCl, el CBR aumenta de 82.23% a 82.56% con una adición de 2%, y disminuye a 78.85% y 75.67% con la adición de 4% y 6% respectivamente. Se concluye que el KCl solo es recomendable en 2%; mientras que, el NaCl aumenta el valor del CBR conforme aumenta su porcentaje de adición. Cabe resaltar que la adición de los cloruros ayuda a cumplir con los requisitos mínimos para emplear el material en afirmados, subbases y bases granulares, a excepción del valor del índice plástico en bases granulares, cuyos valores del material con la adición de los cloruros, no cumple con el 4% máximo estipulado en la EG-2013, a diferencia del afirmado y subbase granular, donde el límite esta entre 4% - 9% y 6% máximo respectivamente.

PALABRAS CLAVES: “Cloruro”, “Sodio”, “Potasio”, “Compactación”, “CBR”.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática:

Alrededor del mundo, el principal factor que genera un adecuado desarrollo económico de un país es que se cierren las brechas de transporte y comunicación, aplicando un oportuno sistema de transporte terrestre que cuente con una infraestructura de correcto comportamiento estructural, con materiales granulares de buena calidad, ya bien sean caminos de tierra y/o grava, siendo de tal manera el principal medio para la movilización de las diversas zonas dentro de una nación, tanto urbanas como rurales. Sin embargo, estas vías en su mayoría se encuentran entre regular y mal estado, cuyos gobiernos desconocen dicha problemática, generando un mantenimiento deficiente (Sánchez et al, 2012).

El reciente crecimiento exponencial de la necesidad de transporte indica que las carreteras (afirmadas y pavimentadas), desarrollan un papel esencial en la vida diaria de los habitantes de un país; además de que aportan sustancialmente en la economía del mismo. Es entonces que la estructura de la carretera debe ser la más cómoda y adecuada para cumplir las necesidades a las cuales será expuesta. Por otro lado, los materiales granulares que se empleen en las mismas también deben cumplir con estándares y/o requisitos de acuerdo a la normativa de cada país y/o sectores a las cuales pertenezcan.

En Latinoamérica, el principal problema que ha desarrollado el sector de transporte terrestre, es que las vías no cuenta con una adecuada capa de material granular que se requiera, ya bien sea a nivel de afirmado o a nivel de pavimento, produciendo problemas y preocupaciones en los habitantes, tales como fallas estructurales en las capas, problemas con el drenaje y seguridad, entre otros; ya que las propiedades mecánicas de dichos materiales granulares no son los adecuados en base a la normatividad vigente (CEPAL, 2018).

Una inadecuada calidad de los materiales granulares evita que las capas que conforman el afirmado o pavimento cumplan con la vida útil para la cual han sido diseñadas, provocando fallas estructurales y mermando así la duración estimada. Un ejemplo es el de la Calle Octavio Chacón (Cuenca-Ecuador), cuyos valores de CBR variaban entre el 40% y el 59%, no cumpliendo con el 80% mínimo según normativa vigente (Murillo, 2018).

En el Perú, el desperfecto de las vías viene presente en las diversas obras de infraestructura del ámbito en mención, el cual también se puede generar en diversos niveles, bien podría ser un deterioro que no se percibe hasta un deterioro crítico (estructuralmente hablando), el cual puede involucrar una rehabilitación debido a la descomposición de las mismas. Por otro lado, el Perú comprende vías afirmadas y pavimentadas, cuyas capas deben satisfacer parámetros mínimos de calidad según el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) R.D. N° 22-2013-MTC, es por ello que se buscan aditivos naturales y artificiales que ayuden a mejorar determinados parámetros.

El Perú comprende la Red Vial Nacional (RVN), La Red Vial Departamental (RVD) y La Red Vial Vecinal (RVV), de las cuales en base a información de Provias Nacional (2019), la infraestructura se encuentra comprendida por:

Figura 1

Estado de la RVN Pavimentada y No Pavimentada

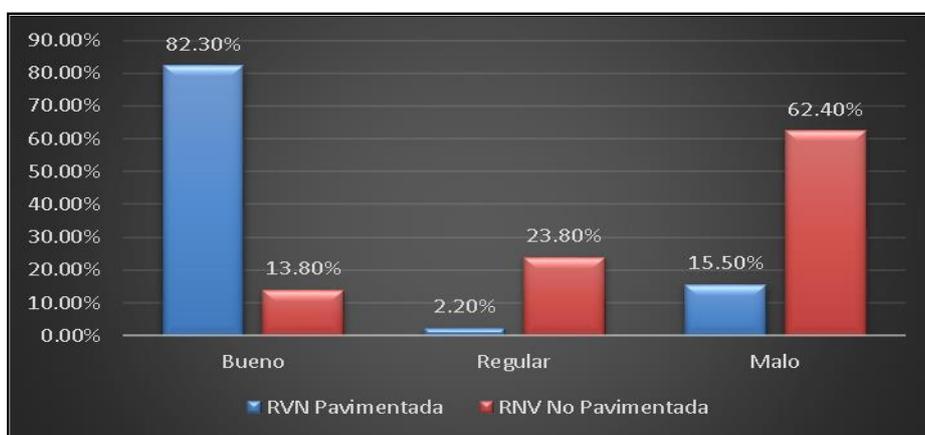
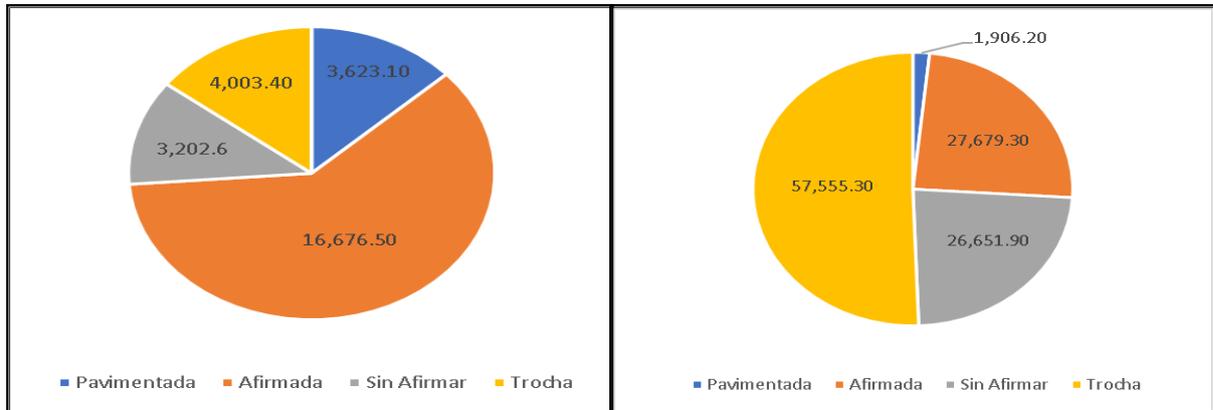


Figura 2

Estado de la RVD y la RVV en kilómetros



En el ámbito Cajamarquino, es notable la deficiencia en el proceso constructivo de la infraestructura vial, debido a materiales de baja calidad, personal de mano de obra no calificado e incorrecta concepción estructural; además, la resistencia del suelo es baja, con los de 0.5kg/cm² (valle), hasta 1.5kg/cm² (laderas). Buscando así nuevas tecnologías que puedan mejorar las propiedades físico-mecánicas de los suelos a nivel de subrasante y a nivel de materiales granulares extraídos de canteras (MPC, 2016).

La Región de Cajamarca, en base a datos del Diagnóstico de la situación de brechas de acceso a servicios (2020), presenta una red vial que se observa en las siguientes tablas.

Tabla 1

Red Vial Pavimentada de la Región Cajamarca

Red Vial (Pavimentada)	Nacional	Departamental	Vecinal	Total
Región Cajamarca	1 738.94km	886.42km	12 023.82km	13 112.01km

Tabla 2

Red Vial Departamental no Pavimentada de la Región Cajamarca

Red Vial (No Pavimentada)	Afirmado	No Afirmado	Trocha	Total
Región Cajamarca	4 382.50km	1 795.80km	5 805.80km	11 984.10km

Solo el 3.60% de la RVR y el 0.30% de la RVV se encuentra en estado pavimentado; sin embargo, gran cantidad de estos km se encuentran en estado regular a malo, debido a las precipitaciones excesivas, malas condiciones del suelo (Perúcamaras, 2020).

Las vías de la zona rural y urbana de la provincia de Cajamarca, se encuentran en un estado de regular a malo, esto debido al no eficiente mantenimiento, a las pobres características del suelo como subrasante y la dudosa calidad de los materiales granulares que se emplean para las capas de vías afirmadas y pavimentos (INEI, 2017).

Cajamarca tiene el privilegio de contar con una numerosa cantidad de canteras (zona de explotación de materiales granulares para construcción de edificaciones y carreteras). Sin embargo, dichos materiales granulares no siempre cumplen con los requisitos mínimo de calidad del Manual de Carreteras EG-2013.

Debido a la problemática previamente mencionada, se gesta la idea de investigación que consiste en: “Determinar la influencia del uso de cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6% en las propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar”. Es decir, no solo se van a comparar las propiedades físico-mecánicas entre los porcentajes de adiciones de las sales del presente estudio, sino también se va a comparar dichas propiedades con los valores mínimos de acuerdo a los requisitos de calidad tanto de vías afirmadas, subbases granulares y bases granulares según el Manual de Carreteras 2013. Esto debido a que el Manual de Carreteras (EG-2013) brinda conocimientos sobre estabilización de suelos con sales tales como Cloruro de Sodio, Calcio y Magnesio, conocimientos que han sido aplicados en diversos estudios para el mejoramiento de subrasantes tales como suelos arcillosos arenosos; sin embargo, existen pocos estudios donde se aplique el Cloruro de sodio para mejorar las propiedades mecánicas de un material granular de cantera y ninguno donde se aplique Cloruro de potasio.

Para justificar la investigación, se presentan los siguientes antecedentes:

Primero, antecedentes internacionales:

En Colombia, Giraldo y Solís (2018), realizaron una investigación titulada “Estabilización química del material de la cantera de Combia, ubicada en el corregimiento de Combia, Pereira-Risaralda”. Investigación que tuvo como objetivo evaluar las alternativas de aprovechamiento de los agregados pétreos de la cantera de Combia, mediante la adición de un agente estabilizante. Para lo cual se evaluaron las propiedades mecánicas del material con los porcentajes a evaluar de 4%, 5%, 6%, 7% y 8% de NaCl. Concluyendo que el porcentaje de Cloruro de Sodio de mayor eficiencia, se concluye que lo óptimo oscila entre 6% y 7% debido a que con dicha proporción la resistencia de soporte aumenta, a partir del 7% dicha resistencia comienza a mermar.

En Ecuador, Miranda y Negrete (2011), realizaron una investigación titulada “Estabilización de suelos cohesivos con el uso de cloruro de Calcio”. Cuyo objetivo es estudiar el comportamiento de suelos cohesivos utilizando el Cloruro de Calcio como agente estabilizante para mejorar las propiedades físico-mecánicas en proyectos viales. Para lo cual extrajeron el material a largo del tramo 4km de la Vía San Vicente-Pedernales en base a calicatas para luego ejecutar los ensayos pertinentes y poder determinar la influencia del Cloruro de Calcio (adición en porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% y 2%) en las propiedades físico-mecánicas. Determinándose que la densidad seca máxima para suelos finos (limos y arcillosas) varía entre 1.401gr/cm³ y 1.553gr/cm³, el CBR 0.1” entre 1% y 4% y el CBR 0.2” entre 1% y 5%. Para los suelos arenosos se obtuvo valores alrededor de 1.576gr/cm³ de densidad seca máxima y valores de 15% para CBR 0.1” y 16% para CBR 0.2”. Concluyendo que la adición de NaCl mejora las propiedades del material granular.

Segundo, antecedentes nacionales:

En Lima, Flor y Torres (2020), realizaron una investigación titulada “Estabilización de suelos arcillosos para el mejoramiento de propiedades mecánicas con la adición de cloruro de sodio, puente piedra”. Cuyo objetivo fue demostrar la influencia que tiene la estabilización con adición de Cloruro de Sodio en las propiedades mecánicas de un suelo arcillo, caso Construcción del Centro Comercial Las Vegas Plaza, distrito de Puente Piedra, año 2020. Esto se realizó mediante 9 calicatas a fin de obtener datos sobre el tipo de arcilla que había en el lugar y si la misma era uniforme en todo el terreno, para luego en el momento de realizar los ensayos adicionar el Cloruro de Sodio en porcentajes de 4%, 6% y 10%. Concluyendo que la adición de Cloruro de Sodio influye positivamente en la Capacidad de Soporte CBR ya que el CBR promedio de las calicatas aumenta desde un 5.00% hasta un 8.40%.

En Trujillo, Loyola y Carruitero (2022), realizaron una investigación titulada “Análisis del comportamiento de la subrasante arenosa con el cloruro de sodio de un camino vecinal de bajo volumen de tránsito, Virú 2022”. Cuyo objetivo fue determinar el mejoramiento de la subrasante en suelo arenoso, utilizando cloruro de sodio para la estabilización en el camino vecinal de bajo volumen de tránsito. Donde se procedió a extraer 6 muestras in-situ en la Avenida Víctor Raúl del centro poblado El Carmelo, Virú, muestras las cuales fueron sometidas a los ensayos pertinentes adicionando el Cloruro de Sodio en porcentajes de 1%, 2%, 3% y 4% del peso total de la muestra requerida para cada ensayo. Del cual se concluyó que el Cloruro de Sodio mejoró de manera considerable el CBR del suelo al agregar 2%, logrando alcanzar CBR mayores de 30% en cada una de las calicatas, teniendo como promedio 34.13%.

Tercero, antecedentes locales:

En Cajamarca, Díaz (2018), realizó un estudio denominado "Mejoramiento del CBR de un suelo arcilloso con cloruro de sodio". Cuyo objetivo fue determinar el porcentaje de mejoramiento del Valor Relativo de Soporte (CBR) de un suelo arcilloso con adición de cloruro de sodio en porcentajes de 14%, 16% y 18%. Estudio que se desarrolló en el centro poblado de Santa Bárbara, una vez extraído el material fue secado y transportado al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Privada del Norte para los ensayos respectivos. Concluyendo que el CBR de un suelo arcilloso mejora hasta un 20% al adicionar porcentajes entre 14% y 18% de Cloruro de Sodio, ya que para un CBR 0.1" la muestra patrón aumenta de 4.05% a un 5.02%, 5.42% y 5.85% respectivamente en función a los porcentajes de 14%, 16% y 18%.

En Cajamarca, Estrada y Pintado (2019), realizaron un estudio denominado "Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de cal hidratada, 4%, 6% y 8% de cemento Portland Tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio". Cuyo objetivo relacionado con el alcance de la presente investigación fue determinar la capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio. Para ello se utilizó una muestra del suelo del sector 9 de Cajamarca procediéndose a añadir el Cloruro de Sodio en los porcentajes ya mencionados. Obteniéndose como resultado que la capacidad portante de la muestra patrón del suelo para un CBR 0.1" es 4.60%, la cual aumenta a valores de 4.80%, 5.10% con la adición de 4% y 8% del Cloruro; sin embargo, con la adición del 12% el valor se mantiene en 5.10%. Estudio el cual tuvo como conclusión que la adición de 4% y 8% influyeron de manera beneficiosa al CBR del suelo, valor que ya no aumenta con el 12% de adición; es decir, la adición más beneficiosa para el suelo es la de 8%.

La presente investigación se justifica en que si bien el Manual de Carreteras EG-2013 nos provee detalles e información acerca de la estabilización de suelos a nivel de subrasante aplicando sales (Cloruro de Sodio y Cloruro de Magnesio), sales que retienen el agua y por ende mejoran la compactación y el Valor Relativo de Soporte (CBR) del mismo; no existen estudios relevantes que adicionen dichas sales para mejorar las propiedades mecánicas del suelo pero a nivel de material granular extraído de canteras, materiales que ya son empleados para capas de afirmado, subbase granular y base granular, verificando también si dicha adición influye de tal manera que el Valor Relativo de Soporte (CBR) del material granular extraído de cantera cumpla con las exigencias mínimas para poder emplearse en las capas mencionadas. Lo cual generaría material un material granular de mejor calidad y que cumpla satisfactoriamente con el desempeño estructural para el cual ha sido contemplado, originando vías afirmadas y/o pavimentadas de mejor calidad y que requieran menor costo en mantenimiento, ofreciendo también seguridad y comodidad a los usuarios para las que han sido destinadas.

Continuando con el desarrollo de la introducción se presenta el marco normativo vigente que se ha tenido en cuenta para el desarrollo de la misma:

Los ensayos que serán desarrollados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos son el Contenido de Humedad, Análisis Granulométrico de Agregado Fino y Grueso, Límites de Atterberg, Compactación Proctor Modificado y Relación de Soporte de California. Para el correcto desarrollo de los mismos se debe tener en cuenta como normatividad nacional a las MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) y las NTP (Normas Técnicas Peruanas); por otro lado, también se debe tomar en cuenta las normas internacionales como las ASTM (American Society for Testing and Materials) y las normas AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Por consiguiente, se cuenta también con Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” aprobado por Decreto Supremo N°034-2008-MTC y constituye, el cual es un documento técnico que rige el cumplimiento de orden obligatorio de la gestión de Infraestructura Vial a nivel Nacional (MTC, 2013).

El suelo, medio que se forma debido a la descomposición de la roca madre, por acción de los microorganismos del suelo, el clima, el tiempo, la topografía y la vegetación, es uno de los materiales más abundantes a nivel mundial, cuyo uso varía desde el cultivo hasta la construcción (edificaciones y carreteras). Los materiales granulares se producen en base a acciones erosivas de los fragmentos de rocas, cuyo tamaño y forma depende de la calidad de la roca madre en la cual se originaron en base al grado de desgaste y meteorización (Velásquez, 2003).

La carretera es un camino cuya función es el pase de vehículos motorizados de al menos dos ejes, camino que cuenta con determinadas características geométricas de acuerdo a la normatividad vigente del MTC (MTC, 2008). Una carretera afirmada, es una carretera cuya superficie de rodadura se constituye por una o más capas de afirmado. Por ende, un afirmado, es una capa compactada de material granular natural o procesado con determinada gradación, la cual soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito, para ello debe contar con la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas, se emplea generalmente como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables (MTC, 2008).

Dicho material granular a emplearse como afirmado debe asemejarse a alguna de las franjas granulométricas de la Tabla 3.

Tabla 3

Franjas Granulométricas del material para afirmado

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA					
	A – 1	A – 2	C	D	E	F
50mm (2")	100	-	-	-	-	-
37.5mm (1 ½")	100	-	-	-	-	-
25mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19mm (¾")	65-100	80-100	-	-	-	-
9.5mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100	-	-
4.75mm (N°04)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2.0mm (N° 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N° 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N°200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Carretera no pavimentada, es una carretera cuya superficie de rodadura se conforma por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural. Por el contrario, carretera pavimentada, carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Portland (rígida) (MTC, 2008). Además, el pavimento, Estructura construida sobre la subrasante e la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y rodadura (MTC, 2008).

Rasante, nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía. Subrasante, superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado(MTC, 2008).

Subbase, capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de base (MTC, 2008).

Tabla 4

Franjas Granulométricas del material para subbase

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50mm (2")	100	100	-	-
25mm (1")	-	75-95	100	100
9.5mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75mm (N°04)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0mm (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm (N° 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Base, capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños (MTC, 2008).

Tabla 5

Franjas Granulométricas del material granular a emplearse como base

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50mm (2")	100	100	-	-
25mm (1")	-	75-95	100	100
9.5mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75mm (N°04)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0mm (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm (N° 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Tanto afirmado, como subbase granular y base granular, deben cumplir con el requisito de calidad mínimo del Valor Relativo de Soporte (CBR) de la Tabla 6.

Tabla 6

Requisito mínimo de CBR para afirmado, subbase y base

REQUISITOS	RANGO DE VALORES
Afirmado CBR (1)	40% mínimo
Subbase CBR (1)	40% mínimo
Base CBR (1)	80% mínimo

Nota: (1) – Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de carga de 0.1” (2.5mm)

Las Tablas 3, 4, 5 y 6 se basan las secciones de afirmado, subbases granulares y bases granulares del Manual de Carreteras EG-2013; sección 301, sección 402 y sección 403 respectivamente.

Seguidamente, abordaremos las definiciones de las propiedades físicas y mecánicas que sirvieron para el desarrollo de la investigación.

Contenido de Humedad, relación que se expresa en porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas (MTC, 2016).

Granulometría, examina la repartición de las partículas que componen el suelo en base al tamaño de las mismas, ello nos permite clasificar dichas partículas como gravas, arenas, limo y arcilla (Llique, 2017).

Compactación, se llama compactación al efecto de un reordenamiento de las partículas del material granular, de tal manera que el aire y el agua ocupan un espacio limitado, esto debido al actuar de fuerzas externas generando que se pierda volumen (Llique, 2017).

Relación de Soporte de California (CBR), es el índice de resistencia del terreno, también llamado capacidad portante, relación que mide la resistencia al corte que brinda un suelo en determinadas condiciones de humedad y densidad (Llique, 2017).

Terminando con las bases teóricas, tenemos la definición de los cloruros que se van a emplear como aditivos.

Cloruro de Sodio (NaCl), compuesto químico que se caracteriza por sus enlaces iónicos, está formado por cristales que son solubles en agua. Además, funciona mermando la pérdida de humedad y puede ser encontrado en diferentes en cualquier mercado y en diferentes cantidades, se le conoce como sal de mesa (Roldán, 2010).

Cloruro de Potasio (KCl), es un compuesto químico de potasio y cloro, es una sal de haluro metálico con una estructura cristalina. En estado puro es un cristal incoloro o blanco y es inodoro, aunque puede presentar coloraciones rojo, rosa, amarillo o azulado cuando tiene impurezas (Roldán, 2010).

1.2. Formulación del Problema de Investigación:

¿Cómo influye el uso de cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6% en las propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar, Cajamarca 2023?

1.3. Objetivos:

Evaluar la influencia del uso de cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6% en las propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar.

Objetivos específicos:

- Determinar las propiedades físicas del material granular natural de la cantera Edgar y agregando cloruros de sodio y potasio al 2%, 4% y 6%.

- Determinar las propiedades mecánicas del material granular natural de la cantera Edgar y agregando cloruros de sodio y potasio al 2%, 4% y 6%.
- Evaluar comparativamente las propiedades físicas del material granular natural de la cantera Edgar y agregando cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6%, en base a los requisitos mínimos del Manual Especificaciones Técnicas de Carreteras EG-2013.
- Evaluar comparativamente las propiedades mecánicas del material granular natural de la cantera Edgar y agregando cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6%, en base a los requisitos mínimos del Manual Especificaciones Técnicas de Carreteras EG-2013.

1.4. Hipótesis:

El valor relativo de soporte (CBR) del material granular de la cantera Edgar mejora un 15% y 8% al adicionar cloruro de sodio y cloruro de potasio en 6% respectivamente.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La investigación es de tipo aplicada ya que tiene por objetivo solucionar un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico (Duoc UC, 2023).

En base a la intervención del investigador, es de tipo experimental ya que se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. Su diferencia con los otros tipos es que el objetivo de estudio y su tratamiento depende completamente del investigador, de las decisiones que tome para manejar su experimento (Ruiz, 2020).

En base el enfoque es de tipo cuantitativa porque es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, lo que implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados. Es decir, constituye el método experimental común de la mayoría de las disciplinas científicas. El objetivo de una investigación cuantitativa es adquirir conocimientos fundamentales y la elección del modelo más adecuado que nos permita conocer la realidad de una manera más imparcial, ya que se recogen y analizan los datos a través de los conceptos y variables medibles (Alan & Cortéz, 2017).

En base a la planificación en la recolección de datos es de tipo prospectiva ya que los datos se van recolectando conforme los hechos van sucediendo de acuerdo a la programación del estudio (Müggenburg & Pérez, 2007).

En base al número de mediciones en determinado tiempo es transversal ya que mide el resultado en un determinado punto del tiempo y una población definida (Lozano, 2014).

Figura 3

Diseño de la investigación

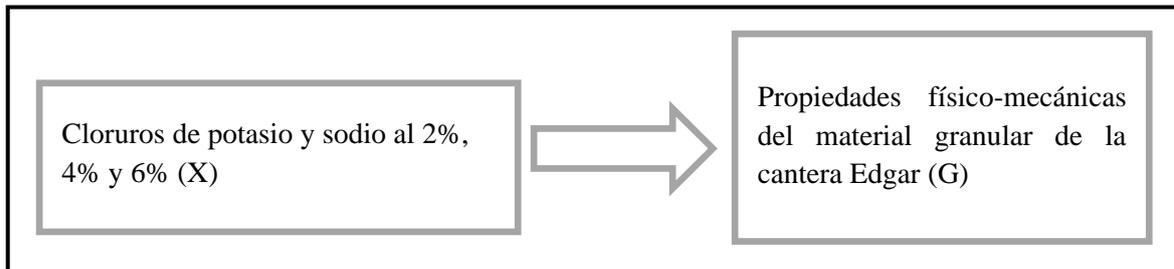
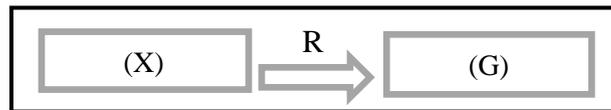


Figura 4

Esquema del diseño de la investigación



Donde:

G: Cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6% (G)

X: Propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar (X)

R: Correlación.

Según la función: $G = F(X)$

La presente investigación consistió en evaluar las propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar (G) adicionando cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6% (X).

En cuanto al ámbito temporal y espacial, la investigación se desarrolló en el año 2023 durante el periodo de Junio y Diciembre. Por otro lado, la investigación se desarrolló en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Privada del Norte – Sede Cajamarca.

Por otro lado, como población del estudio se tomó en cuenta a la cantidad total de material granular en kilogramos de la cantera Edgar. Por ende, como muestra se consideró 370 kilogramos de material granular a emplearse en carreteras, siendo tal cantidad la necesaria para poder culminar todos los ensayos respectivos que nos permitan evaluar las propiedades físico-mecánicas del material granular con la adición de los tres cloruros. Se realizó un muestreo no probabilístico, ya que implica menores costos y tiempo porque el investigador puede elegir a aquellos sujetos que son de más fácil acceso.

Tabla 7

Cantidad de ensayos que definen la muestra

Ensayo	Cloruro	Adición	Material Granular
Contenido de Humedad	-	-	1kg
Análisis Granulométrico	-	-	5kg
Límites de Atterberg	Sodio	0% y 2%	1kg
		4% y 6%	1kg
	Potasio	0% y 2%	1kg
		4% y 6%	1kg
Proctor Modificado	Sodio	0% y 2%	50kg
		4% y 6%	50kg
	Potasio	0% y 2%	50kg
		4% y 6%	50kg
Valor Relativo de Soporte (CBR)	Sodio	0% y 2%	40kg
		4% y 6%	40kg
	Potasio	0% y 2%	40kg
		4% y 6%	40kg
Total			370kg

Habiendo definido la población y muestra, abordaremos las técnicas de recolección de datos, las cuales se basan en la observación simple ya que los datos serán obtenidos directamente de los equipos de Laboratorio tales como la balanza y la prensa hidráulica. Luego se proceden a analizar dichos datos en base a los protocolos del Laboratorio de Mecánica de Suelos para su procesamiento y obtención de los gráficos requeridos. Finalmente se compararon los resultados obtenidos de CBR en base a la Tabla 6 de requisitos mínimos de calidad para carreteras, en base al manual de carreteras EG-2013.

Seguidamente, como instrumentos de recolección de datos, se emplearon los Protocolos del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Privada del Norte – Sede Cajamarca.

Ahora procedemos con los materiales y equipos utilizados, los cuales se basan en las guías de los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos:

Primero, el Contenido de Humedad, se empleó 500gr de una muestra alterada de agregado grueso o fino como material, los cuales fueron repartido en 5 taras. Como equipos se utilizaron balanza con aproximación 0.01gr, horno con control de temperatura ($100\pm 10^{\circ}\text{C}$) y taras.

Segundo, Análisis Granulométrico de Agregado Fino y Grueso, se empleó 5000gr. de material. Como equipo se utilizó el juego de tamices, balanza con aproximación de 0.1gr, envases para el manejo y secado de muestras, cepillo y brocha.

Tercero, Límites de Atterberg, tenemos el Límite Líquido (LL), para el cuál se empleó material granular seco que pase la malla N° 40 y como equipo se empleó la malla N° 40, Copa de Casagrande, acanalador, balanza, horno, probeta, cápsula de porcelana y

taras. En cuanto al Límite Plástico (LP), se utilizó una porción de la mezcla preparada para el LL y como equipos una balanza, estufa, espátula, cápsula de porcelana y placa de vidrio.

Cuarto, Compactación Proctor Modificado, se utilizó como material a una muestra alterada seca de 24000gr. y papel filtro. Como equipos se emplearon el equipo Proctor Modificado, pisón Proctor Modificado, balanza con aproximación de 0.01gr, horno con control de temperatura, probeta de 1000ml, espátula, taras y tamices.

Y para finalizar, Relación de Soporte de California (CBR) se utilizó como material a una muestra alterada seca de 18000gr. y papel filtro. Como equipos se emplearon el equipo CBR, pisón Proctor Modificado, balanza con aproximación de 0.01gr, 3 diales de expansión con divisiones de 0.01mm, horno con control de temperatura, probeta de 1000ml, recipiente de 6kg de capacidad, espátula y taras.

En consecuencia, se detalla el procedimiento de la investigación:

Primero, se identificó la ubicación de la cantera Edgar, La cantera Edgar se ubica en el kilómetro 1.65 de la carretera salida a la costa; cantera de la cual se extrajeron los 370kg. (mediante la técnica del cuarteo) para culminar los ensayos respectivos.

Seguidamente, los cloruros (potasio y sodio), fueron obtenidos mediante compra de la empresa Insumos Químicos Perú, empresa perteneciente al grupo Oregon Chem Group centrada en el desarrollo, comercialización y distribución de diversos productos químicos en diferentes formatos de acuerdo a las necesidades de la industria y particulares. Cabe resaltar que es una empresa que realiza envíos a nivel de todo el Perú.

Para finalizar el procedimiento del desarrollo de la investigación tenemos a los Ensayos de Laboratorio:

Primero, Contenido de Humedad:

- Se identificó y pesó la tara (A y B respectivamente).
- Se pesó la muestra húmeda en la tara (C).
- Se secó la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C.
- Se pesó la muestra seca en la tara (D).
- Se determinó el peso de la masa húmeda (E) = C - B.
- Se determinó el peso del suelo seco (F) = D - B.
- Se determinó el Contenido de Humedad (G) = [(E-F)/F]*100

Ecuación 1. Contenido de Humedad

$$(W\%) = \left(\frac{W_w - W_s}{W_s} \right) * 100$$

Donde:

W_w: Peso Natural, W_s: Peso Seco, W%: Humedad Total

Segundo, Análisis Granulométrico de Agregado Fino y Grueso:

- Se secó la muestra extraída al aire libre.
- Se pesó la muestra seca de 5000gr. (W_{ms})
- Se pasó la muestra seca por el juego de tamices, agitando de forma manual.
- Se determinaron los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%R.P.) mediante la siguiente expresión:

Ecuación 2. Porcentajes de material retenido parcial

$$\%R.P. = \left(\frac{P.R.P.}{W_{ms}} \right) * 100$$

Donde:

P.R.P.: Peso retenido en cada tamiz.

W_{ms}: Muestra seca total.

- Se determinaron los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %R.A., para lo cual se sumarán en forma progresiva los %R.P., es decir:

$$\%R.A.1 = \%R.P.1$$

$$\%R.A.n = \%R.P.1 + \%R.P.2 + \dots + \%R.P.n$$

- Se determinó los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz:

Ecuación 3. Porcentajes de material que pasa por cada tamiz

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \%R.A.$$

Donde:

% que pasa: Porcentaje de material que pasa en cada tamiz respectivamente.

%R.A.: Porcentaje de material retenido en cada tamiz respectivamente.

- Se dibujó la curva granulométrica en papel semilogarítmico, en el eje de las abscisas se registró la abertura de los tamices en milímetros (en escala logarítmica), y en el eje de ordenadas se registró los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan (en escala natural).
- Finalmente, se clasificó el material granular de la cantera en función a las franjas granulométricas de las Tablas 3, 4 y 5 de la investigación.

Tercero, Límites de Atterberg (Límite Líquido):

- En una cápsula de porcelana, se mezcló el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme.
- Se colocó una porción de la pasta en la copa de Casagrande.
- Se niveló con la espátula hasta obtener un espesor de 1cm.
- Se hizo una ranura en el centro con el acanalador para dividir en 2 partes la muestra.

- Se elevó y dejó caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27cm, registrando el número de golpes.
- Mediante la cápsula, se retiró la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y se colocó en una tara para determinar su Contenido de Humedad.
- Se retiró el suelo de la copa de Casagrande y se colocó de nuevo en la cápsula de porcelana, agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. El número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35.
- Se lavó y secó el acanalador.
- Se repitió el ensayo 3 veces.
- Se dibujó la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica y en el eje de las ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.
- Se determinó la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el cual represente al Límite Líquido del suelo (LL).

Para continuar, tenemos al Límite Plástico (LP):

- A la porción de la mezcla preparada para el Límite Líquido se le agregó suelo seco de tal manera que la pasta baje su Contenido de Humedad.
- Se enrolló la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3mm de diámetro y que presenten agrietamientos.
- Se colocó los cilindros de 3mm de diámetros en una tara para determinar su Contenido de Humedad.
- Se repitió el ensayo una vez más.

- El Límite Plástico es el promedio de los dos valores de contenidos de humedad.

Finalmente, tenemos al Índice Plástico (IP):

- Para calcular el Índice Plástico, se procedió a aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación 4. Índice Plástico

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice Plástico, LL: Límite Líquido y LP: Límite Plástico.

Cuarto, Compactación Proctor Modificado:

- Se obtuvo la muestra seca para el ensayo, de acuerdo al método a utilizar (Método A, B o C), esto de acuerdo al Análisis Granulométrico y la Tabla 8.

Tabla 8

Especificaciones Técnicas de los métodos Proctor Modificado

DESCRIPCIÓN	UND	PROCTOR MODIFICADO		
		A	B	C
MÉTODO				
Condiciones para la selección del método	-	% Ret. Acum. N°4 ≤ 20%	% Ret. Acum. 3/8" ≤ 20% % Ret. Acum. N°4 ≥ 20%	% Ret. Acum. 3/4" ≤ 20% % Ret. Acum. 3/8" ≥ 20%
Tipo de material a utilizar	-	Pasante malla N°4	Pasante malla 3/8"	Pasante malla 3/4"
N° de capas	n	5	5	5
N° de golpes	N	25	25	56
Diámetro del molde	cm	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07
Altura del molde	cm	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
Volumen del molde	cm ³	944 ± 0.15	944 ± 0.15	2124 ± 0.25
Peso del martillo	Kg	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
Altura de caída del martillo	cm	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16
Diámetro del martillo	cm	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025

Energía de compactación	Kg/cm	27.485	27.485	27.485
-------------------------	-------	--------	--------	--------

- Se prepararon 4 muestras con una determinada cantidad de agua, de tal manera que el Contenido de Humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente de ¼% entre ellas.
- Se ensambló el molde cilíndrico con la placa base, el collar de extensión y el papel filtro.
- Se compactó cada muestra en 5 capas, cada capa con 25 o 56 golpes de acuerdo al método, al termina de compactar la última capa, se retiró el collar de extensión, se enrasó con la espátula y se determinó la Densidad Húmeda (Dh).
- Se determinó el Contenido de Humedad de cada muestra compactada (W%), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior.
- Se determinó las densidades secas de cada muestra compactado (Ds).

Ecuación 5. Densidad Seca

$$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$$

Donde:

Ds: Densidad Seca

Dh: Densidad Húmeda.

W%: Contenido de Humedad de las muestras compactadas.

- Se dibujó la curva de compactación en escala natural, el dato del Contenido de Humedad se registra en el eje de las abscisas y los datos de Densidad Seca en el eje de ordenadas.
- Se determinó la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad.

Y quinto, para la Relación de Soporte de California en Laboratorio (CBR), el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) consta de 3 etapas:

Para comenzar tenemos al ensayo de Compactación CBR:

- Se preparó la muestra con el Contenido Óptimo de Humedad determinado en el ensayo de Compactación Proctor Modificado.
- Se ensambló los moldes cilíndricos con sus placas base, collares de extensión, discos espaciadores y papeles filtro.
- Se compactó la muestra con los 3 moldes CBR, en cada uno de ellos en capas, el primero con 13 golpes, el segundo con 27 golpes y el tercero con 56 golpes por capa.
- Se determinó la Densidad Húmeda y el Contenido de Humedad de las muestras de cada molde.
- Se determinó la Densidad Seca de las muestras de cada molde.

Seguidamente tenemos al ensayo de hinchamiento:

- Se invirtieron las muestras de tal manera que las superficies libres queden en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes en sus placas de base.
- Se colocó sobre cada muestra el papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.
- Se colocó los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante 4 días.
- Se registró las lecturas de expansión cada 24 horas.

Y para finalizar, tenemos al ensayo de Carga-Penetración:

- Después de los 4 días, se sacaron los moldes del tanque, dejándolos drenar 15 minutos.
- Se colocó la sobrecarga en cada molde, luego se los llevó a la prensa hidráulica y se realizó el ensayo de penetración aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min.
- Se registró las lecturas de carga y de penetración de cada muestra.
- Se determinó nuevamente la Densidad Húmeda y el Contenido de Humedad de las muestras de cada molde.

- Se dibujó las 3 curvas Esfuerzo-Deformación correspondiente a las muestras de cada molde, en escala natural, el valor de la penetración se registró en el eje de las abscisas y los valores de los esfuerzos en el eje de las ordenadas.
- Se determinó el esfuerzo correspondiente a 0.1” de penetración de cada una de las curvas Esfuerzo-Deformación.
- Se determinó el índice de CBR para 0.1” de Penetración, el cual se obtuvo dividiendo el valor de Esfuerzo correspondiente a 0.1” de la muestra ensayada entre el Esfuerzo patrón correspondiente a 0.1”.

Ecuación 6. Índice CBR

$$CBR = \frac{\sigma t}{\sigma p} * 100$$

Donde:

CBR: Índice CBR, σt : Esfuerzo de la muestra ensayada, σp : Esfuerzo Patrón.

- Se dibujó la curva Densidad Seca Vs. CBR correspondientes a 0.1” de penetración.
- El índice CBR de diseño es el menor valor obtenido correspondiente al 100% de D_s máx.

Terminado el procedimiento, se procede a detallar el análisis y presentación de la información, para lo cual los datos obtenidos en Laboratorio fueron procesador en el Software Microsoft Excel. Software que cuenta con las herramientas necesarias para procesar dichos datos y obtener los resultados numéricos y gráficos que son necesarios para determinar el Valor Relativo de Soporte (CBR) del material granular con las respectivas adiciones de cloruros, para finalmente plasmar todo aquel desarrollo en los Protocolos del Laboratorio de Mecánica de Suelos.

Cabe resaltar que los resultados obtenidos solo se basan en las propiedades mecánicas de la cantera de cerro Edgar, por lo tanto, se pide evitar generalizar los mismos para otras canteras de cerro de la ciudad de Cajamarca.

Para finalizar el apartado de metodología, tenemos lo siguiente aspectos éticos con los que cumple la presente investigación:

Primero, la investigación se realizó teniendo en cuenta los lineamientos y normativas de la Universidad Privada del Norte – Sede Cajamarca, cumpliendo los tiempos establecidos y tomando las principales medidas de seguridad, cumpliendo con el valor ético de la responsabilidad.

Segundo, los resultados obtenidos en la presente investigación fueron obtenidos de manera verídica en cada uno de los respectivos ensayos de Laboratorio que permitieron determinar el Valor Relativo de Soporte (CBR), registrándose en fotos (debidamente fechadas) todo el procedimiento y obtención de resultados, para que se puedan verificar y comprobar, cumpliendo de tal manera con el valor ético de la veracidad.

Tercero, los resultados obtenidos en la presente investigación han sido obtenidos con la exactitud del caso, teniendo en cuenta el procedimiento y desarrollo adecuado, evitando producir alguna alteración de los mismos, cumpliendo de tal manera con el valor ético de la integridad.

Tabla 9

Operacionalización de variables

VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES
Cloruros de sodio y potasio	Peso	Contenido en peso para satisfacer el porcentaje de adición requerido
VARIABLE DEPENDIENTE		
	Contenido de Humedad	Contenido de agua
Propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar	Granulometría	Distribución de las partículas
	Compactación Proctor	Densidad seca
	Valor Relativo de Soporte	Valor CBR al 0.1'' y 100%MDS

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Tabla 10

Contenido de humedad de la cantera Edgar

CONTENIDO DE CANTERA HUMEDAD (W%)	
Edgar	1.10

El contenido de humedad se calcula con el material directamente extraído de la cantera; es decir el material no ha sido secado y por ende conserva la humedad natural del ambiente en el que se encuentra (in-situ).

Tabla 11

Análisis granulométrico de la cantera Edgar

Tamiz	Abertura (mm)	% Que pasa	CANTERA		
			EDGAR	AFIRMADO	SUBASE
2"	50.80	96.600	A-1	B	B
1 ½"	38.10	92.100	100	-	-
1"	25.40	80.500	90-100	75-95	75-95
¾"	19.00	72.500	65-100	-	-
3/8"	9.50	55.800	45-80	40-75	40-75
N°4	4.75	42.200	30-65	30-60	30-60
N°10	2.00	26.700	22-52	20-45	20-45
N°40	0.43	12.800	15-35	15.30	15-30
N°200	0.08	6.300	5-20	5-15	5-15

Como podemos observar, en base al manual de carreteras EG-2013, la granulometría de la cantera en estudio se asemeja a la franja A-1 para afirmado, y a la franja B para base y subbase granular.

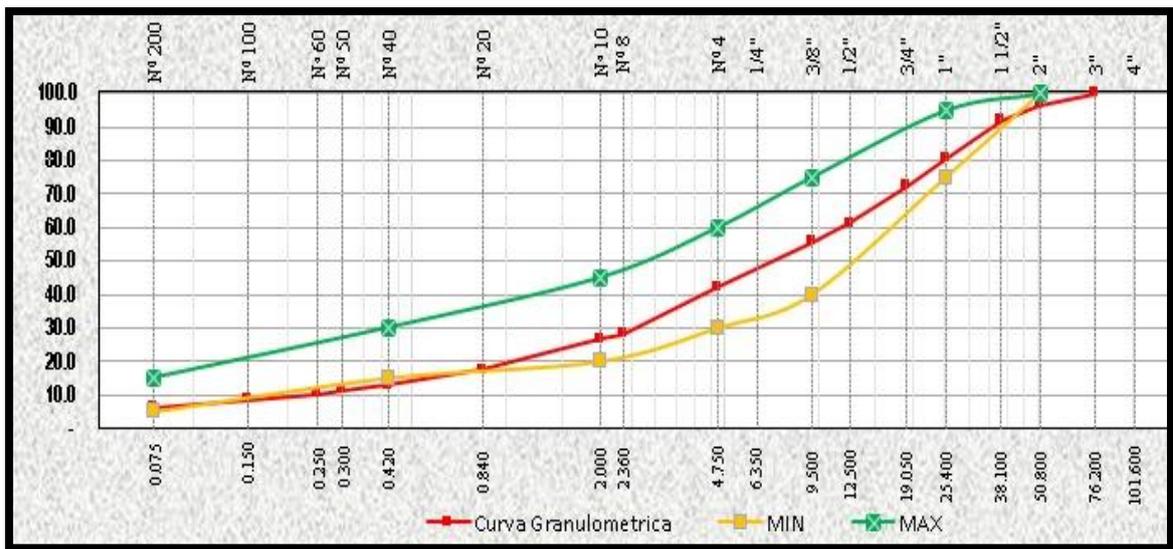
Figura 5

Curva Granulométrica – Afirmado



Figura 6

Curva Granulométrica – Subbase y base granular



Límites de Atterberg, se adiciona los cloruros de potasio y sodio en sus porcentajes respectivamente obteniendo los siguientes valores numéricos.

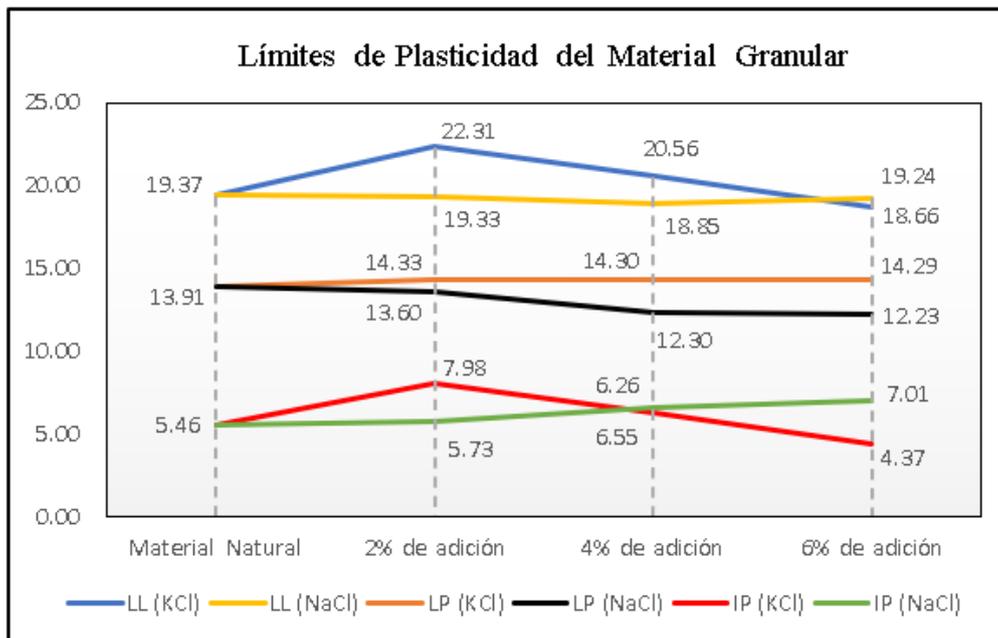
Tabla 12

Límites de Atterberg de la cantera Edgar

% de adición de Cloruros	CLORURO DE POTASIO				CLORURO DE SODIO			
	0% de KCl	2% de KCl	4% de KCl	6% de KCl	0% de NaCl	2% de NaCl	4% de NaCl	6% de NaCl
Límite Líquido (LL)	19.37	22.31	20.56	18.66	19.00	19.33	18.85	19.24
Límite Plástico (LP)	13.91	14.33	14.30	14.29	14.00	13.60	12.30	12.23
Índice Plástico (IP)	5.46	7.98	6.26	4.37	5.46	5.73	6.55	7.01

Figura 7

Límites de Atterberg del material granular



La adición de KCl al 2% aumenta el límite líquido, límite plástico e índice plástico, muy por el contrario, dichos valores empiezan a disminuir conforme la adición de 4% y 6% respectivamente. La adición de NaCl arroja valores de límite líquido entre 18.85% y 19.33%, mientras que, el límite plástico disminuye conforme la adición, generando esto que el índice plástico aumente desde 5.46% hasta un 7.01%.

Para continuar, tenemos la compactación Proctor modificado, la cual se basa en los resultados del análisis granulométrico; es decir, se analiza los porcentajes retenidos acumulados de determinados tamices para seleccionar el método adecuado de dicho ensayo (método A, método B y método C), dicho análisis se realiza en la tabla 13.

Tabla 13

Selección del método Proctor modificado

		EDGAR			
		CANTERA	METODO A	METODO B	METODO C
Tamiz	Abert. (mm)	%Ret. Acum.	%Ret. Acum.	%Ret. Acum.	%Ret. Acum.
¾"	19.00	27.500	-	-	≤ 20%
3/8"	9.50	44.200	-	≤ 20%	≥ 20%
Nº4	4.75	57.800	≤ 20%	≥ 20%	-

Se selecciona el método C, debido a que se cumple con la malla 3/8 y se acerca lo mayor posible a las ¾. Una vez seleccionado el método, se procede a realizar el ensayo de Proctor modificado con las adiciones respectivas, dicho ensayo nos permite obtener el contenido óptimo de humedad (%) y la densidad máxima seca compactada, dichos datos sirven para calcular el CBR.

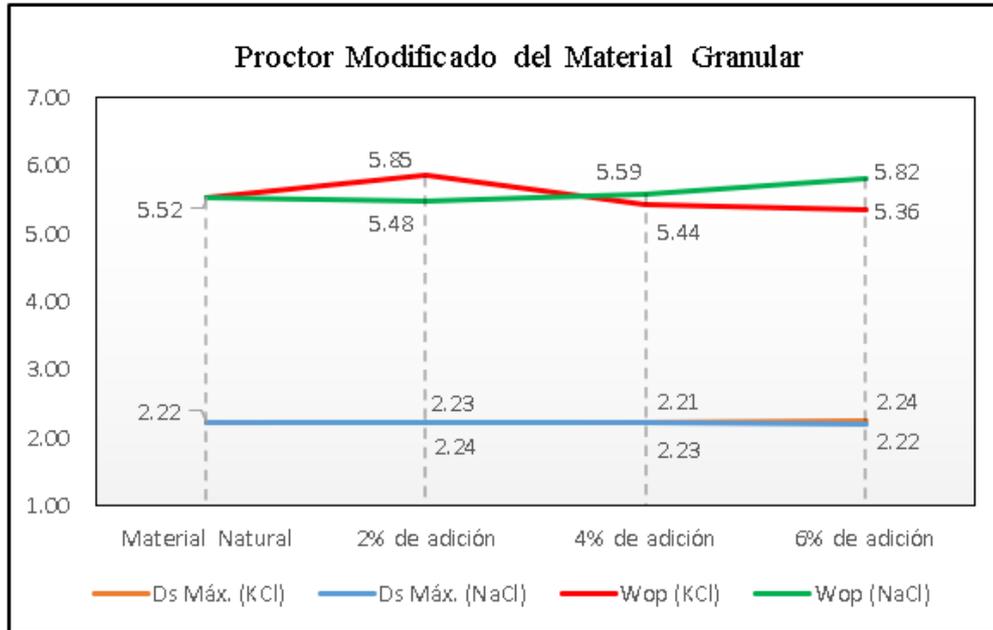
Tabla 14

Proctor Modificado de la cantera Edgar

% de adición de Cloruros	CLORURO DE POTASIO				CLORURO DE SODIO			
	0% de KCl	2% de KCl	4% de KCl	6% de KCl	0% de NaCl	2% de NaCl	4% de NaCl	6% de NaCl
Ds Max. (g/cm ³)	2.22	2.23	2.21	2.24	2.22	2.24	2.23	2.22
Wop (%)	5.52	5.85	5.44	5.36	5.52	5.48	5.59	5.82

Figura 8

Proctor modificado del material granular



La Ds Máx. mantiene su valor a pesar de la adición de KCl; sin embargo, el Wop% aumenta con la adición de 2% de KCl para luego disminuir respectivamente con la adición de 4% y 6%. Además, adicionando NaCl, la Ds Máx. mantiene valores similares a los que se obtuvieron con la adición de KCl; por el contrario, el Wop% disminuye con el 2% de KCl para luego ir en aumento con la adición de 4% y 6% respectivamente.

Para finalizar, con los datos previamente obtenidos en el Proctor Modificado, se procede a calcular el Valor Relativo De Soporte California (CBR); cabe resaltar que se identificaron en dicho ensayo los valores de CBR a 0.1” y 0.2” de penetración. Ambos valores de penetración han sido identificados tanto al 95% y 100% de la máxima densidad seca del Proctor Modificado. Sin embargo, para cuestiones de comparación con los valores mínimos de CBR para uso de material en afirmados, subbases y bases granulares del Manual de Carreteras EG-2013, solo se toma en cuenta el valor de CBR a 0.1” de penetración al 100% de la máxima densidad seca.

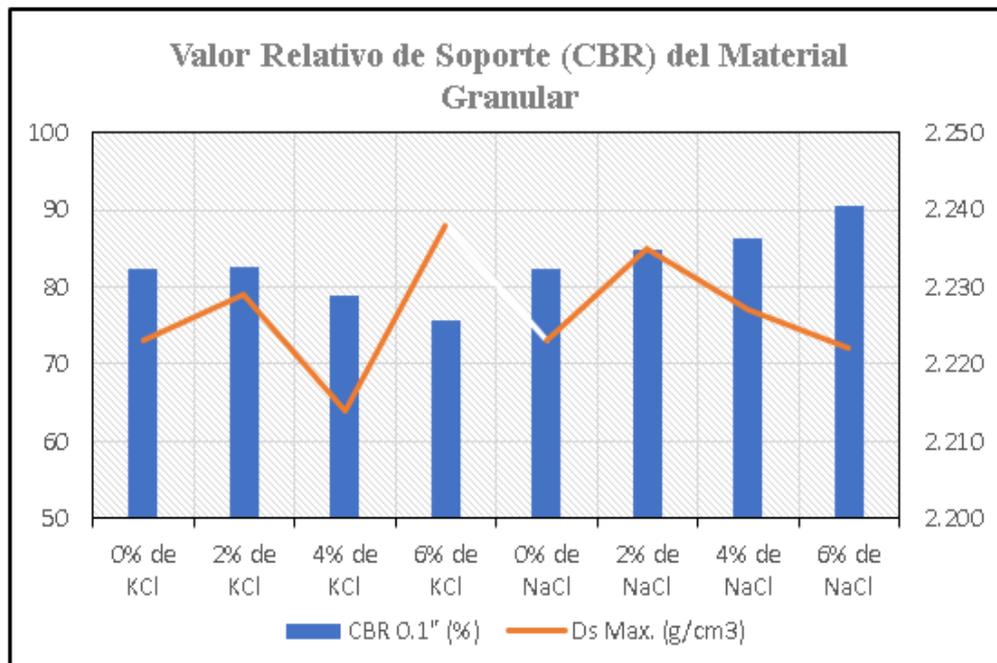
Tabla 15

CBR de la cantera Edgar

% de adición de Cloruros	CLORURO DE POTASIO				CLORURO DE SODIO			
	0% de KCl	2% de KCl	4% de KCl	6% de KCl	0% de NaCl	2% de NaCl	4% de NaCl	6% de NaCl
CBR 0.1" (%)	82.23	82.56	78.85	75.67	82.23	84.76	86.38	90.44
Ds Max. (g/cm ³)	2.223	2.229	2.214	2.238	2.223	2.235	2.227	2.222

Figura 9

CBR del material granular



CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Comenzando con el capítulo IV, se registraron los datos relevantes que se compararon con los requisitos mínimos de calidad de material para afirmado, subbase y base granular del manual de carreteras EG-2013, siendo estos valores los que corresponden a Limite Liquido, Índice Plástico, y Valor Relativo de Soporte (CBR). Para ello se contrastó el cumplimiento de dichos requisitos en la tabla 16.

Tabla 16

Comparación de los resultados con los requisitos de calidad

Cantera		Requisito de Calidad						
Edgar		Requisito de Calidad						
Adición (%)	Ensayo	Dato	Afirmado	Dato	Subbase G.	Dato	Base G.	
MN	0	19.37	35 Max.	19.37	25 Max.	19.37	-	
	2	22.31		22.31		22.31		
	4	20.56		20.56		20.56		
KCL	6	18.66	35 Max.	18.66	25 Max.	18.66	-	
	2	19.33		19.33		19.33		
	4	18.85		18.85		18.85		
NaCl	6	19.24	35 Max.	19.24	25 Max.	19.24	-	
	0	5.46		5.46		5.46		
	2	7.98		7.98		7.98		
KCl	4	6.26	4 - 9	6.26	6 Max.	6.26	4 Max.	
	6	4.37		4.37		4.37		
	2	5.73		5.73		5.73		
NaCl	4	6.55	4 - 9	6.55	6 Max.	6.55	4 Max.	
	6	7.01		7.01		7.01		
	0	82.23		82.23		82.23		
MN	2	82.56	40 Min.	82.56	40 Min.	82.56	80 Min.	
	4	78.85		78.85		78.85		
	6	75.67		75.67		75.67		
KCL	2	84.76	40 Min.	84.76	40 Min.	84.76	80 Min.	
	4	86.38		86.38		86.38		
	6	90.44		90.44		90.44		
NaCl	2	84.76	40 Min.	84.76	40 Min.	84.76	80 Min.	
	4	86.38		86.38		86.38		
	6	90.44		90.44		90.44		

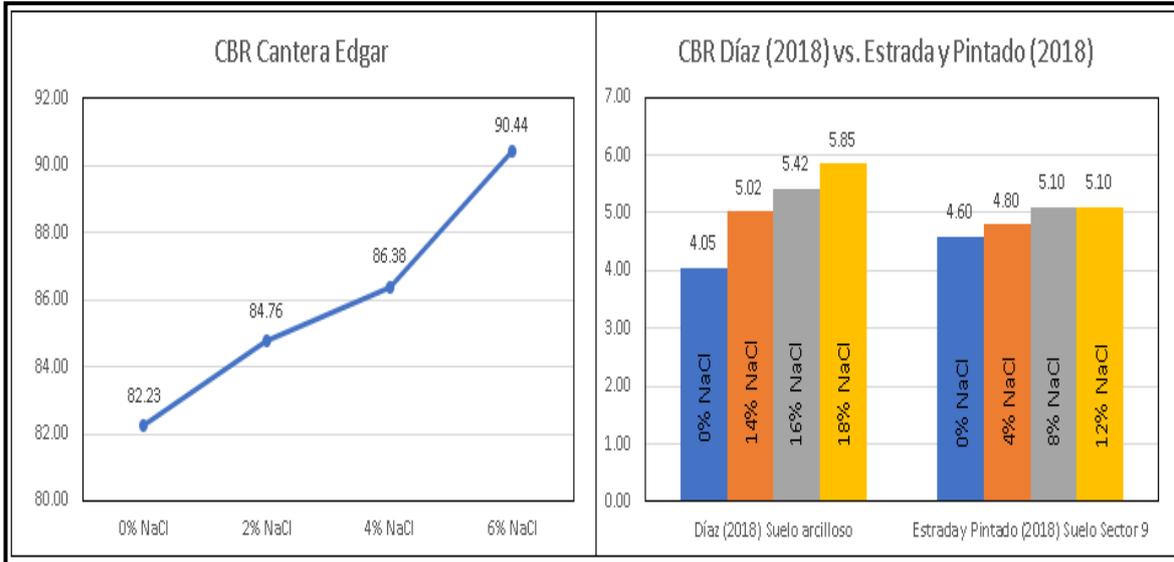
Nota: *Cumple* *No cumple*

Seguidamente, abordaremos la discusión de resultados, comparando nuestros resultados con los antecedentes de la presente investigación, dichos estudios son los de Díaz (2018) - donde se aplicó el Cloruro de Sodio en porcentajes de 14%, 16% y 18% para mejorar el CBR de un suelo arcilloso-, y Estrada y Pinedo (2018) – dicho estudio aplica el Cloruro de Sodio en porcentajes de 4%, 8% y 12% para mejorar el CBR de un suelo del sector 9 de Cajamarca.

En ambos estudios, el Cloruro de Sodio (NaCl) resulta beneficioso para mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo donde se ha adicionado el Cloruro de Sodio; es decir, el Valor Relativo de Soporte de California (CBR) aumenta conforme la adición del cloruro. En el estudio de Díaz (2018), el valor del CBR aumenta de 4.05% a 5.02%, 5.42% y 5.85% con las adiciones de 14%, 16% y 18% respectivamente; en resumen, el Cloruro de Sodio aumenta el CBR un 44.44% del valor patrón. Mientras que, en el estudio de Estrada y Pinedo (2018), el valor del CBR aumenta de 4.60% a 4.80% y 5.10 con las adiciones de 4% y 8% respectivamente; cabe resalta que al adicionar el 12% de Cloruro de Sodio, ya no aumenta el valor de CBR, se mantiene en 5.10%; en resumen, el Cloruro de Sodio aumenta el CBR aumentado un 10.87% del valor patrón. Finalmente, en la presente investigación - si bien se adiciona el Cloruro de Sodio ya no para un suelo a nivel de subrasante, sino para un suelo a nivel de material extraído de cantera para su uso en afirmado, subbase y base granular -, el Cloruro de Sodio desarrolla un comportamiento similar ya que los valores del CBR del material de la cantera Edgar aumentan de 82.23% a 84.76%, 86.38% y 90.44% con las adiciones de 2%, 4% y 6% respectivamente; en resumen, el valor del CBR aumenta un 9.98% del valor patrón.

Figura 10

Comparación de CBR del estudio con antecedentes



Dándose a notar que el NaCl mejora notablemente las propiedades físico-mecánicas de un suelo tanto a nivel de subrasante como a nivel de material extraído de cantera para emplearse en afirmado, subbase y base granular. Cabe resaltar que, al no tener antecedentes del Cloruro de Potasio, no se ha podido discutir nuestros resultados obtenidos con alguna investigación previa.

En cuanto a las limitaciones, en primera instancia, tenemos la falta de estudios previos (antecedentes) de la aplicación de cloruro de potasio (KCL), como aditivo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un material granular tanto a nivel de suelo (sub rasante), como a nivel de material extraído de cantera (afirmado, subbase y base granular).

En segunda instancia, se tiene la inadecuada ejecución de la compactación CBR, ya que dicha compactación se realizó sobre un área inestable por la cual pasan tuberías de manera subterráneas, generando un efecto rebote que impide la correcta compactación del material, dicho efecto rebote ocasionó que, al momento de registrar los esfuerzos en la prensa

hidráulica, los esfuerzos del molde de 27 golpes sean superiores a los esfuerzos del molde de 56 golpes. Es por ello que, los tiempos programados de laboratorio para dicho ensayo se prolongaran, ya que dichos ensayos en donde se registró el inconveniente se realizaron nuevamente para obtener datos verídicos; es decir, se realizó la compactación CBR un área regular y estable.

Continuando con el capítulo tenemos las implicancias que generó esta investigación, en primer lugar, se identificó la razón para que el cloruro de potasio (KCL) no sea empleado como estabilizante de suelos según el manual de carreteras EG – 2013, debido a que tan solo el 2% de adición de dicho cloruro mejora el valor del CBR del material granular en estudio, en contraste con el 4% y 6% que disminuyen el valor base de CBR; es decir, resulta no recomendable emplear este cloruro como aditivo para mejorar el CBR de un material granular. En segundo lugar, por el contrario, el cloruro de sodio (NaCl), demostró que también mejora el CBR de un material granular a nivel de material extraído de cantera (afirmado, subbase y base granular) notablemente, coincidiendo de tal manera con los antecedentes de Díaz (2018) y, Estrada y Pintado (2018).

Antes de finalizar este capítulo, abordaremos las conclusiones, respondiendo de manera concisa y breve a los objetivos y la hipótesis planteada:

La hipótesis de la presente investigación es aceptada parcialmente ya que el cloruro de sodio (NaCl) mejora el Valor Relativo de Soporte (CBR) del material granular de la cantera Edgar en un 9.98% con respecto al valor patrón, acercándose al 15% planteado en la hipótesis. Por el contrario, el cloruro de potasio (KCL) tan solo mejora un 0.40% cuando es adicionado en un 2%; sin embargo, disminuye dichas propiedades en un 7.98% cuando se adiciona al 6%.

En cuanto al objetivo general se logró determinar la influencia tanto del cloruro de potasio (KCl) y del cloruro de sodio (NaCl) en adición de 2%, 4% y 6% en las propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera EDGAR, dicha influencia es positiva en el caso del cloruro de sodio (NaCl), ya que el valor del CBR aumenta hasta un 9.98% con respecto al valor patrón, esto debido a los porcentajes adecuados de humedad e iones de calcio, magnesio y sulfato presentes en dicho cloruro; mientras que el cloruro de potasio disminuye hasta un 7.98% del valor de CBR con respecto a la muestra patrón, verificando así el por qué el manual de carreteras EG- 2013 no recomienda entre sus páginas el adicionar dicho cloruro; esto se debe a que al entrar en contacto con el agua la temperatura disminuye considerablemente, siendo notable que la temperatura afecta las propiedades físico-mecánicas de un material granular.

Respondiendo al objetivo específico número 1 y 2, se determinó las principales propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar; límite líquido (LL), índice plástico (IP) y valor relativo de soporte de California (CBR), dichas propiedades permitieron contrastar la calidad de dicho material en función a los requisitos de calidad para afirmados (afirmado, subbase y base granular) según el manual de carreteras EG-2013.

En cuanto al objetivo específico número 3 y 4, se comparó los resultados obtenidos con los requisitos de calidad del Manual de Carreteras EG-2013, pudiéndose observar que:

Límite Líquido: Tanto el cloruro de sodio como el cloruro de potasio mantienen y disminuyen levemente los valores de límite líquido, cumpliendo con el requisito máximo de afirmado y subbase granular.

Índice Plástico: Los valores de IP con las adiciones de cloruro de potasio y cloruro de sodio cumplen en un 100% con el intervalo de 4% a 9% para emplearse en afirmados, cumplen en un 71.43% con el valor máximo de 6% para emplearse en subbases granulares.

Sin embargo, no cumplen con el valor máximo de 4% para ser empleados en bases granulares.

Valor Relativo de Soporte: los valores obtenidos con las adiciones de cloruro de potasio y cloruro de sodio cumplen en un 100% con el valor mínimo de 40% para emplearse en afirmados y subbases granulares. Mientras que, en cuanto al uso de bases granulares, las 3 adiciones de cloruro de sodio cumplen con el valor mínimo de 80%; por el contrario, el cloruro de potasio solo cumple con dicho valor mínimo en su adición de 2%.

Englobando todo el capítulo se identificó que la adición de cloruro de sodio tanto al 2%, 4% y 6% mejoran notable y progresivamente las principales propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera Edgar, siendo el valor más alto de CBR el cual se ha obtenido con la adición de cloruro de sodio; es decir, la adición de 6% es la adición óptima de dicho cloruro, en cuanto al cloruro de potasio, la adición óptima es de 2%, lo que genera una mejora leve en dichas propiedades, mientras que el 4% y 6% de adición perjudican el valor del CBR

Finalizando el capítulo, se indican las siguientes recomendaciones:

Los ensayos a realizarse deben seguir las guías brindadas por las normas respectivas, cumpliendo adecuadamente con la metodología, los materiales y la obtención de datos. Además, contar con el equipo de protección personal pertinente evitando así incidentes y/o accidente en el entorno de trabajo.

Se recomienda investigar otros tipos de aditivos tanto naturales como artificiales que, debido a sus propiedades permitan mejorar el valor de soporte de california de un material tanto a nivel de subrasante como a nivel extraído de cantera (afirmado, subbase y base granular).

Se recomienda también realizar un detallado análisis de costos de la adición de cloruro de sodio (NaCl) en un proyecto real de la ciudad, permitiendo así identificar que tan factible es la adición de dicho cloruro.

Finalmente, se recomienda analizar un estudio de impacto ambiental de la adición de cloruro de sodio a nivel de un proyecto real o a escala en la ciudad de Cajamarca.

REFERENCIAS

- Duoc UC. (16 de Mayo de 2023). Investigación aplicada. Chile: DuocUC Bibliotecas.
- Alan Neill, D., & Cortez Suárez, L. (2017). Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica. Ecuador: REDES.
- CEPAL. (2018). Facilitación del transporte y el comercio en América Latina y el Caribe. (7), 367. División de Recursos Naturales e Infraestructura.
- Díaz Chacón, G. (2019). Mejoramiento del CBR de un suelo arcilloso con cloruro de sodio. Cajamarca, Perú: Repositorio UPN.
- Estrada, F., & Pintado, J. (2019). Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de cal hidratada, 4%, 6% y 8% de cemento Portland Tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio. Cajamarca, Lima: Perú.
- Flor, S., & Torres, C. (2020). Estabilización de suelos arcillosos para el mejoramiento de propiedades mecánicas con la adición de cloruro de sodio, puente piedra. Lima, Perú: Repositorio UPN.
- Giraldo, D., & Solís, D. (2018). Estabilización química del material de la cantera de Combia, ubicada en el corregimiento de Combia, Pereira-Risaralda. Colombia: Universidad Libre.
- INEI. (2017). Compendio estadístico Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- Llique Mondragón, R. (2017). Mecánica de Suelos. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Loyola, D., & Carruitero, K. (2022). Análisis del comportamiento de la subrasante arenosa con el cloruro de sodio de un camino vecinal de bajo volumen de tránsito. Trujillo, Perú: Repositorio UPN.
- Lozano, J. (2014). Estudios transversales. Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). Glosario de Término en Infraestructura Vial. Perú: Dirección de Transportes y Comunicaciones.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Junio de 2013). Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, EG-2013. Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Miranda, J., & Negrete, D. (2011). Estabilización de suelos cohesivos con el uso de cloruro de Calcio. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- MPC. (2016). Análisis y caracterización de los aspectos ambientales. Cajamarca, Perú.
- Müggenburg Rodríguez, M., & Pérez Cabrera, I. (Enero-Abril de 2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *4(1)*. México: Revista Enfermería Universitaria-UNAM.
- Murillo, E. (2018). Comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño. Cuenca, Ecuador.
- Perúcámaras. (2020). Tomando tiempo: Reporte Regional (Publicado CD n° 15-2020). Departamento de Comercio, Producción, Turismo y Servicios. Perú: Cámara Nacional de Comercio.
- Roldán, J. (2010). Estabilización de suelos con cloruro de sodio para baes y subbases. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- Ruiz, J. (2020). Investigación experimental. México.
- Sánchez González, D., Gallardo Mogollón, D., & Márquez Aponte, P. (2012). ¿La infraestructura vial Colombiana impulsa la competitividad del país? Colombia.
- Velásquez, J. (2003). Boletines Técnico del Ministerio de Agricultura. Perú.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de Consistencia

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y Dimensiones	Técnicas e Instrumentos	Población y Muestra	Metodología
“Influencia del uso de cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6% en las propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar, Cajamarca 2023”	¿Cómo influye el uso de cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6% en las propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar, Cajamarca 2023?	<p>General:</p> <p>“Evaluar la influencia del uso de cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6% en las propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar”</p> <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar las propiedades físicas del material granular natural de la cantera Edgar y agregando cloruros de sodio y potasio al 2%, 4% y 6%. - Determinar las propiedades mecánicas del material granular natural de la cantera Edgar y agregando cloruros de sodio y potasio al 2%, 4% y 6%. 	El valor relativo de soporte (CBR) del material granular de la cantera Edgar mejora un 15% y 8% al adicionar cloruro de sodio y cloruro de potasio en 6% respectivamente.	<p>Variable independiente:</p> <p>- Cloruros de sodio y potasio</p> <p>Dimensiones:</p> <p>- Peso en porcentaje.</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>- Propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar</p>	<p>Técnicas de recolección de datos:</p> <p>- Observación simple</p> <p>Instrumentos de recolección de datos:</p> <p>Protocolos de los ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Privada del Norte.</p>	<p>Población:</p> <p>- Cantidad total de material granular en kilogramos de la cantera Edgar</p> <p>Muestra:</p> <p>- 370 kilogramos de material granular</p>	<p>Tipo:</p> <p>Aplicativa (Duoc UC, 2023)</p> <p>Nivel:</p> <p>Prospectiva (Müggenburg & Pérez, 2007)</p> <p>Método:</p> <p>Científico</p> <p>Diseño:</p> <p>Experimental (Ruiz, 2020)</p> <p style="text-align: right;">Y = F (X)</p>

- Evaluar comparativamente las propiedades físicas del material granular natural de la cantera Edgar y agregando cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6%, en base a los requisitos mínimos del Manual Especificaciones Técnicas de Carreteras EG-2013.

- Evaluar comparativamente las propiedades mecánicas del material granular natural de la cantera Edgar y agregando cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6%, en base a los requisitos mínimos del Manual Especificaciones Técnicas de Carreteras EG-2013

Dimensiones:

- Contenido de Humedad.
- Granulometría del agregado fino y grueso.
- Límites de Atterberg.
- Compactación Proctor.
- Valor Relativo de Soporte.

Instrumentos de análisis de datos:

- Software Microsoft Excel

La presente investigación consistió en evaluar las propiedades físico-mecánicas del material granular de la cantera Edgar (Y) utilizando cloruros de potasio y sodio al 2%, 4% y 6% (X).

Anexo 2

Cronograma Tentativo

ACTIVIDAD/PERIODO	JULIO	AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	Semana 4	Semana 1 - 2	Semana 3 - 4	Semana 1 - 2	Semana 3 - 4	Semana 1 - 2	Semana 3 - 4	Semana 1 - 2	Semana 3 - 4	Semana 1 - 2	Semana 3 - 4
Aprobación del proyecto de tesis											
Cotización de los materiales											
Extracción de material granular											
Compra de los cloruros											
Coordinaciones con laboratorio											
Desarrollo de ensayos de laboratorio											
Procesamiento de datos											
Entrega de informe final de tesis											

Anexo 3

Muestreo y recolección de material de la cantera Edgar



Anexo 4

Ensayo de Contenido de Humedad de la cantera Edgar



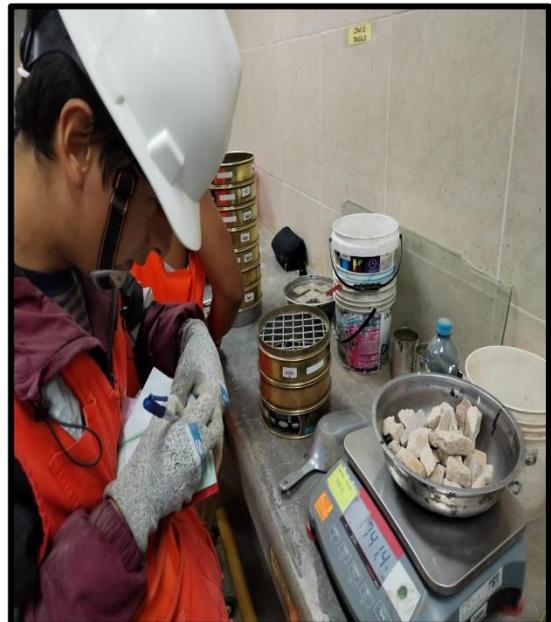
Anexo 5

Secado y cuarteo de material para los diversos ensayos en laboratorio.



Anexo 6

Ensayo de Análisis Granulométrico del agregado grueso de la cantera Edgar.



Anexo 7

Ensayo de Análisis Granulométrico del agregado fino por el método de lavado.



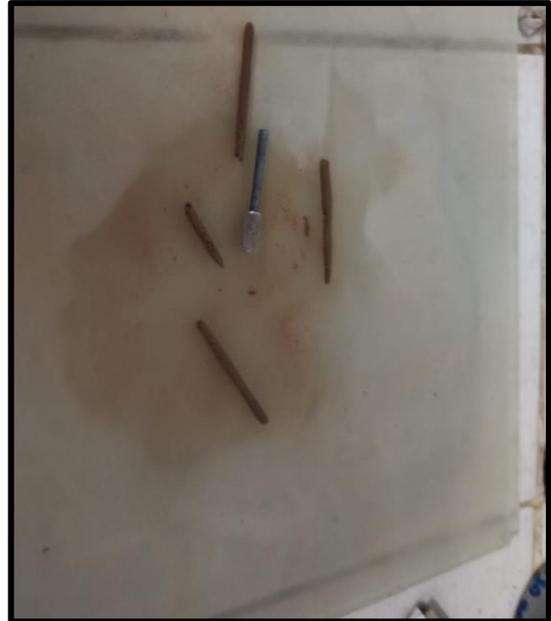
Anexo 8

Ensayo de Límites de Atterberg Limite Líquido (LL).



Anexo 9

Ensayo de Límites de Atterberg Límite Plástico (LP).



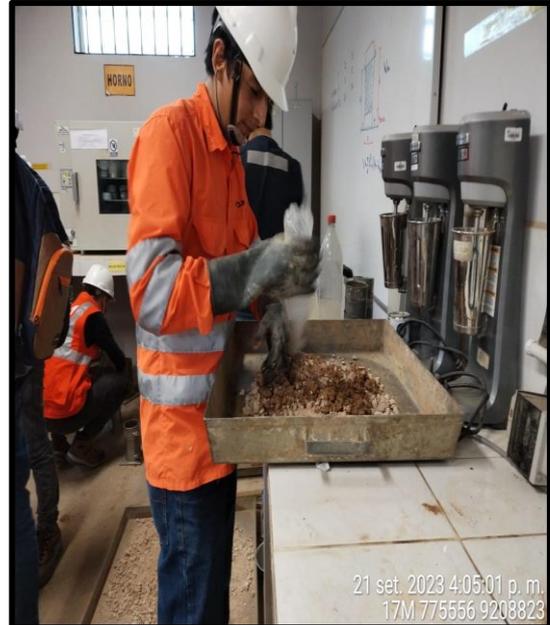
Anexo 10

Pesado y medición de las dimensiones del molde para el ensayo de Proctor Modificado.



Anexo 11

Preparación de material adicionando cloruro de Potasio (KCL) y Sodio (NaCl).



Anexo 12

Ensayo de Proctor Modificado del material sin adición y adicionando cloruro de Potasio (KCL) y Sodio (NaCl).



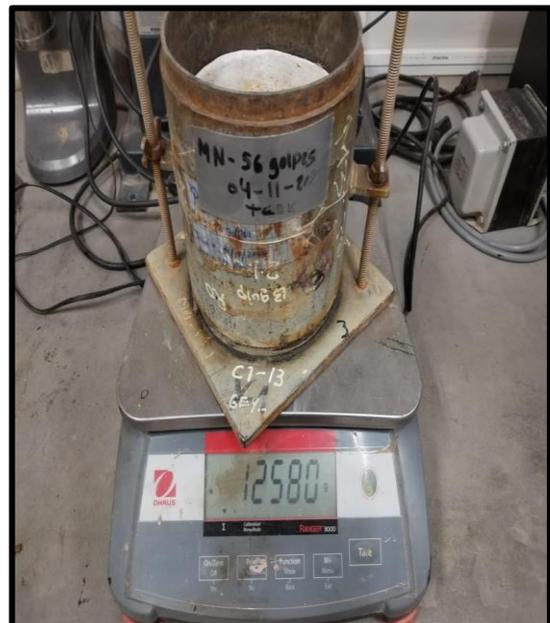
Anexo 13

Colocación a inmersión de los moldes para ensayo de hinchamiento.



Anexo 14

Vertido de agua retenida de los moldes y pesado de muestras para ensayo de penetración CBR.



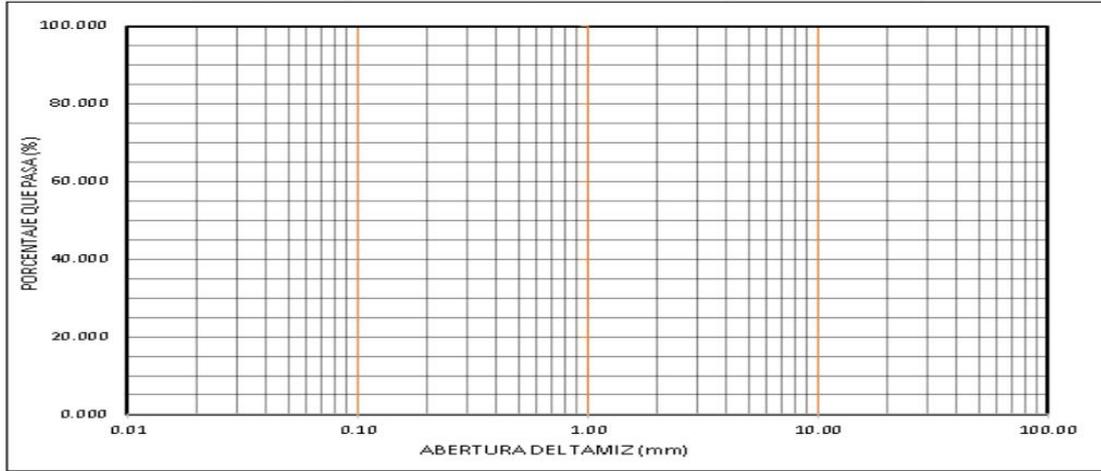
Anexo 15

Ensayo de penetración de la cantera Edgar (con asesoría del asesor de tesis y personal responsable de laboratorio).



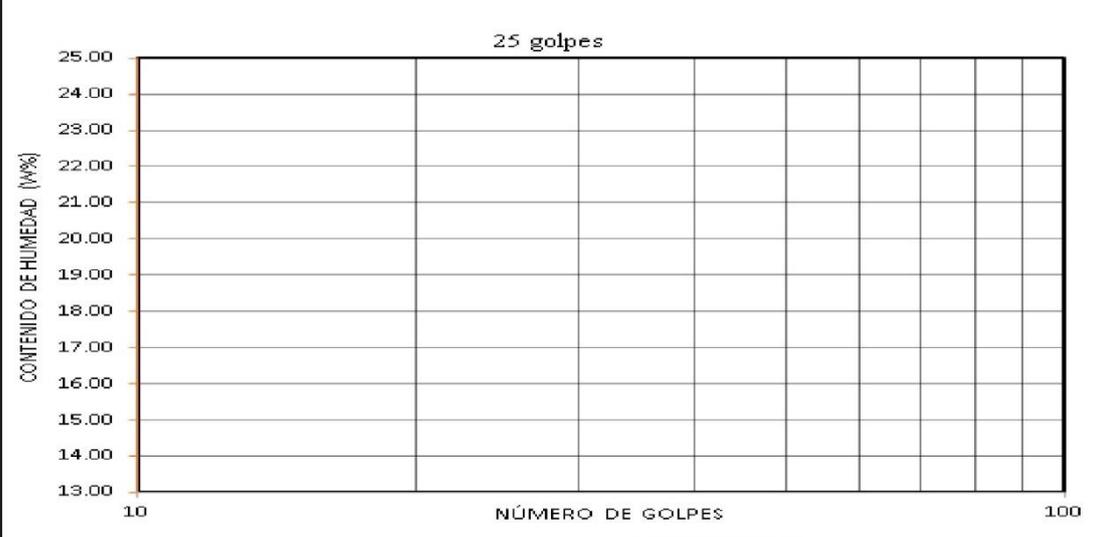
Anexo 17

Protocolo del Ensayo de Análisis Granulométrico

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO Y GRUESO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	MTC E 204 / NTP 400.012 / ASTM C136 / AASHTO T27			CH-LS-UPNT:	
TESIS:						
TIPO DE MATERIAL:						
CANTERA:		FECHA DEL ENSAYO:				
Peso seco	Inicial (gr.)					
	Final (gr.)					
Pasante de la N°200 (gr.)						
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr.)	%Retenido parcial	%Retenido acumulado	% Que pasa	
2"	50.80					
1 1/2"	38.10					
1"	25.40					
3/4"	19.00					
1/2"	12.50					
3/8"	9.50					
N°4	4.75					
N°10	2.00					
N°20	0.85					
N°30	0.60					
N°40	0.43					
N°60	0.25					
N°100	0.15					
N°200	0.08					
Cazoleta	-					
Total	-			-	-	
						
OBSERVACIONES:						
INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR DE TESIS			

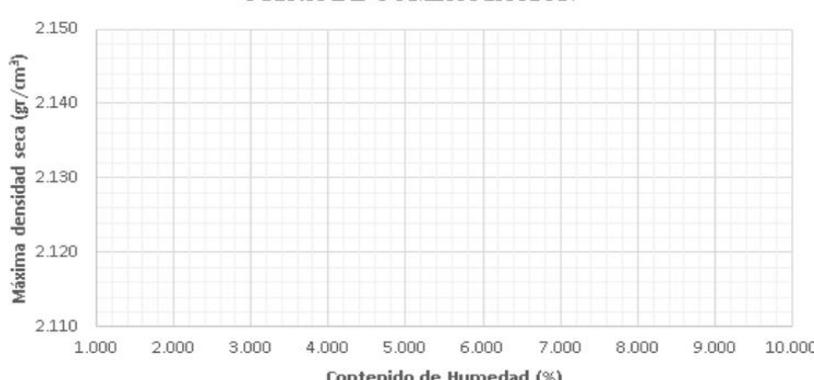
Anexo 18

Protocolo de los Límites de Atterberg

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:	LÍMITES DE ATTERBERG (PLASTICIDAD DE LOS SUELOS)					
NORMA:	MTC E 110-111/NTP 339.130/ASTM D4318/AASHTO T89-90					
TESIS:						
CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNT:						
TIPO DE MATERIAL:						
CANTERA:	FECHA DEL ENSAYO:					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	LÍMITE LÍQUIDO (LL)		LÍMITE PLÁSTICO (LP)	
A	Identificación del Recipiente	N°				
B	Suelo Húmero+ Recipiente	gr.				
C	Suelo Seco + Recipiente	gr.				
D	Peso del Recipiente	gr.				
E	Peso del Agua (B - C)	gr.				
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr.				
G	Número de Golpes	N				
H	Contenido de Humedad $W\% = (E/F)*100$	%				
I	LL / LP	%				
J	IP = LL - LP	%				
<p>25 golpes</p> 						
OBSERVACIONES:						
INVESTIGADORES		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR DE TESIS		

Anexo 19

Protocolo del Proctor Modificado

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA												
	PROTOCOLO												
	ENSAYO: COMPACTACIÓN EN LABORATORIO (PROCTOR MODIFICADO)					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNT:							
	NORMA: MTC E 115 / NTP 339.141 / ASTM D1557 / AASHTO T180												
TESIS:													
TIPO DE MATERIAL:													
CANTERA:			FECHA DEL ENSAYO:										
COMPACTACIÓN EN LABORATORIO - PRÓCTOR MODIFICADO - MÉTODO C													
Cantidad de Muestra													
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4				
A	Porcentaje de Agua	%											
B	Peso Molde	gr.											
C	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr.											
D	Peso Muestra Húmeda	gr.											
E	Volumen Muestra Húmeda	cm ³											
F	Densidad Húmeda (D _h)	gr/cm ³											
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b			
H	Peso Recipiente	gr.											
I	Peso Muestra Húmeda + Recipiente	gr.											
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr.											
K	Peso del Agua	gr.											
L	Peso Muestra Seca	gr.											
M	Contenido de Humedad (W%)	%											
N	Promedio Contenido de Humedad Óptima	%											
O	Densidad Seca Máxima (D _s)	gr/cm ³											
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>  </div> <div style="flex: 0.2; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">D_S Máx. (gr/cm³)</td> <td style="width: 50px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">W% OP (%)</td> <td></td> </tr> </table> </div> </div>										D _S Máx. (gr/cm ³)		W% OP (%)	
D _S Máx. (gr/cm ³)													
W% OP (%)													
OBSERVACIONES:													
INVESTIGADOR			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR DE TESIS							

Anexo 20

Protocolo del Valor Relativo de Soporte (CBR) – 1

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR)						CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
NORMA:		MTC E 132 / NTP 339.145 / ASTM D1883 / AASHTO T193						CH-LS-UPNT:		
TESIS:										
TIPO DE MATERIAL:										
CANTERA:					FECHA DEL ENSAYO:					
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
Cantidad de Muestra										
DESCRIPCIÓN		UND	1		2		3			
Nº Capas			5		5		5			
Nº Golpes por Capa			13		27		55			
Condición de Muestra			Antes		Desp.		Antes		Desp.	
Peso Molde		gr.								
Peso Muestra Húmeda + Molde		gr.								
Peso Muestra Húmeda		gr.								
Diámetro del Molde		cm								
Altura del Molde		cm								
Altura del Disco Espaciador		cm								
Altura Muestra Compactada		cm								
Volumen Muestra Húmeda		cm ³								
Densidad Húmeda (Dh)		gr/cm ³								
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	Nº	1 - A	1 - B	1 - C	1 - A	1 - B	1 - C	1 - A	1 - B	1 - C
Peso Recipiente	gr.									
Peso Muestra Húmeda + Recipiente	gr.									
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr.									
Peso del Agua	gr.									
Peso Muestra Seca	gr.									
Contenido de Humedad (W%)	%									
Promedio Contenido de Humedad	%									
Ds (gr/cm³)	gr/cm³									
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
24	01									
48	02									
72	03									
96	04									
OBSERVACIONES:										
INVESTIGADOR			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR DE TESIS			

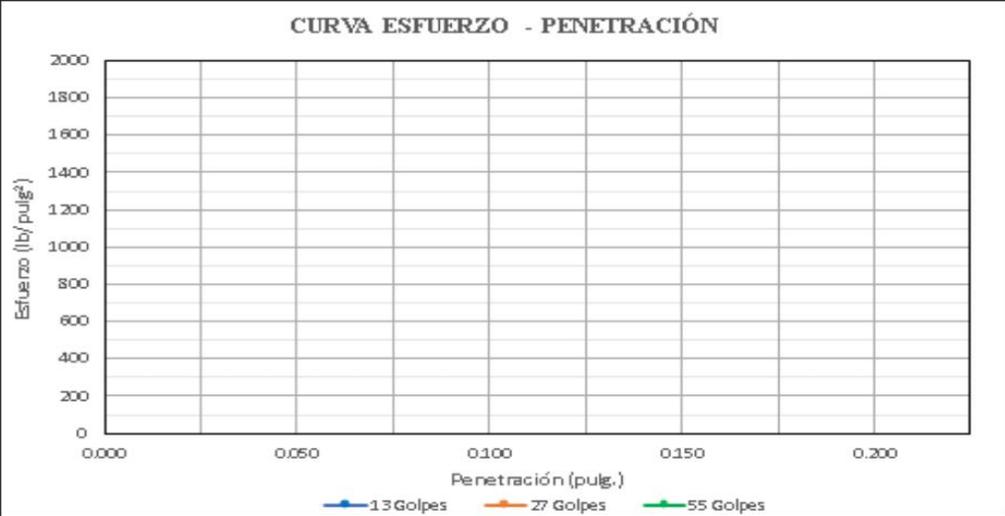
Anexo 21

Protocolo del Valor Relativo de Soporte (CBR) – 2

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO						
	ENSAYO:		RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR)			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:		MTC E 132 / NTP 339.145 / ASTM D1883 / AASHTO T193			CH-LS-UPNT:	
TESIS:							
TIPO DE MATERIAL:							
CANTERA:				FECHA DEL ENSAYO:			

CARGA - PENETRACIÓN							
Datos		D pisón (pulg)= 2.00		A pisón (pulg ²)= 3.14		F de carga = 7.5	
Penetración		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
		Carga	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo
mm	Pulg.	Lb	Lb/pulg ²	Lb	Lb/pulg ²	Lb	Lb/pulg ²
0.00	0.000						
0.64	0.025						
1.27	0.050						
1.91	0.075						
2.54	0.100						
3.18	0.125						
3.81	0.150						
4.45	0.175						
5.08	0.200						

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:		
INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS

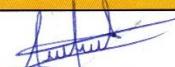
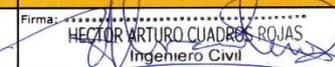
Anexo 22

Protocolo del Valor Relativo de Soporte (CBR) – 3

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																														
	PROTOCOLO																														
	ENSAYO:	RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR)	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNT:																												
	NORMA:	MTC E 132 / NTP 339.145 / ASTM D1883 / AASHTO T193																													
TESIS:																															
TIPO DE MATERIAL:																															
CANTERA:		FECHA DEL ENSAYO:																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA</th> </tr> <tr> <th>MOLDE N°</th> <th>MOLDE N° 01</th> <th>MOLDE N° 02</th> <th>MOLDE N° 03</th> </tr> <tr> <td>Penetración (Pulg.)</td> <td>0.1"</td> <td>0.1"</td> <td>0.1"</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo del suelo (lb/pulg²)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo patrón (lb/pulg²)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CBR (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ds (gr/cm³)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA				MOLDE N°	MOLDE N° 01	MOLDE N° 02	MOLDE N° 03	Penetración (Pulg.)	0.1"	0.1"	0.1"	Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)				Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)				CBR (%)				Ds (gr/cm ³)			
ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA																															
MOLDE N°	MOLDE N° 01	MOLDE N° 02	MOLDE N° 03																												
Penetración (Pulg.)	0.1"	0.1"	0.1"																												
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)																															
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)																															
CBR (%)																															
Ds (gr/cm ³)																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">CURVA DENSIDAD SECA - CBR</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <p style="font-size: small;">Densidad Seca (gr./cm³)</p> <p style="font-size: x-small;">2.20 2.19 2.18 2.17 2.16 2.15 2.14 2.13 2.12 2.11 2.10 2.09 2.08</p> <p style="font-size: x-small;">40.00 50.00 60.00 70.00 80.00 90.00 100.00</p> <p style="font-size: x-small;">CBR 0.1" (%)</p> </td> <td></td> </tr> </table>				CURVA DENSIDAD SECA - CBR		<p style="font-size: small;">Densidad Seca (gr./cm³)</p> <p style="font-size: x-small;">2.20 2.19 2.18 2.17 2.16 2.15 2.14 2.13 2.12 2.11 2.10 2.09 2.08</p> <p style="font-size: x-small;">40.00 50.00 60.00 70.00 80.00 90.00 100.00</p> <p style="font-size: x-small;">CBR 0.1" (%)</p>																									
CURVA DENSIDAD SECA - CBR																															
<p style="font-size: small;">Densidad Seca (gr./cm³)</p> <p style="font-size: x-small;">2.20 2.19 2.18 2.17 2.16 2.15 2.14 2.13 2.12 2.11 2.10 2.09 2.08</p> <p style="font-size: x-small;">40.00 50.00 60.00 70.00 80.00 90.00 100.00</p> <p style="font-size: x-small;">CBR 0.1" (%)</p>																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> <tr> <td style="width: 60%;">Máxima Densidad Seca (gr./cm³)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CBR 0.1" (%)</td> <td></td> </tr> </table>				RESULTADOS		Máxima Densidad Seca (gr./cm ³)		CBR 0.1" (%)																							
RESULTADOS																															
Máxima Densidad Seca (gr./cm ³)																															
CBR 0.1" (%)																															
OBSERVACIONES:																															
INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS																													

Anexo 23

Protocolo del ensayo de Contenido de Humedad de la cantera Edgar.

CONTENIDO DE HUMEDAD MTC E108 / ASTM D2216 / NTP339.127 / AASHTO T265					
PROTOCOLO N° 1					
	NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN: "INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"			Página: 1 DE 1	
	INVESTIGADOR: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA			CONTENIDO DE HUMEDAD	
CANTERA:	"EDGAR"			TEMPERATURA DE SECADO:	: 110 °C
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA			MÉTODO:	: Horno 110°C ± 5°C
FECHA DE MUESTREO:	31 de agosto de 2023			FECHA DE ENSAYO:	: 01 de setiembre del 2023
DATOS DE MUESTRA					
Material	: AFIRMADO			CANTIDAD DE MUESTRA	: 2260 gr
Procedencia	: CANTERA DE CERRO				
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA < 2"					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
-	Recipiente N°	-	T - 01	T - 02	T - 03
A	Peso del Recipiente + Suelo Hum.	gr	921.00	946.00	912.00
B	Peso del Recipiente + Suelo Seco	gr	912.00	938.00	903.00
C	Peso de agua (A - B)	gr	9.00	8.00	9.00
D	Peso de Recipiente	gr	143.00	144.00	141.00
E	Peso de S. Seco (B - D)	gr	769.00	794.00	762.00
W%	% de Humedad (C/E*100)	%	1.20	1.00	1.20
G	Prom. % De Humedad ((ΣW%)/N°de muestras)	%	1.13		
OBSERVACIONES:					
_____ _____ _____ _____ _____					
INVESTIGADOR		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR DE TESIS	
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	
Firma: 		Firma: 		Firma: 	
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA		Ing. LUIS E. HERRERA TERAN		HECTOR ARTURO CUADROS ROJAS Ingeniero Civil Reg. CIP. N° 219017 M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJAS	
Fecha: 27-11-2023		Fecha: 27-11-2023		Fecha: 28-11-2023	

Anexo 24

Protocolo del Ensayo de Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso de la cantera Edgar.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO MTC E 204 / NTP 400.012 / ASTM C136 / AASHTO T27	
PROTOCOLO N°2	
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:	"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"
INVESTIGADOR:	Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA
CANTERA:	"EDGAR"
UBICACIÓN:	C:P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA
PÁGINA:	1 DE 1
FECHA DE ENSAYO:	02 de septiembre del 2023

DATOS DE MUESTRA	
Material : AFIRMADO	Peso Total : 15,000.0 g
Procedencia : CANTERA DE CERRO	Tamaño Máximo : 2"

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO g	% RETENIDO	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
24"	609.600				
22"	558.800				
20"	508.000				
18"	457.200				
16"	406.400				
14"	355.600				
12"	304.800				
10"	254.000				
8"	203.200				
6"	152.400				
4"	101.600				
3"	76.200				100.0
2 1/2"	63.500				
2"	50.800	515.5	3.4	3.4	96.6
1 1/2"	38.100	672.7	4.5	7.9	92.1
1"	25.400	1,741.0	11.6	19.5	80.5
3/4"	19.050	1,205.7	8.0	27.5	72.5
1/2"	12.500	1,695.0	11.3	38.8	61.2
3/8"	9.500	816.3	5.4	44.2	55.8
1/4"	6.350				
N° 4	4.750	2,038.1	13.6	57.8	42.2
N° 8	2.360	174.6	14.0	71.8	28.2
N° 10	2.000	18.8	1.5	73.3	26.7
N° 16	1.190				
N° 20	0.840	117.8	9.4	82.7	17.3
N° 30	0.600				
N° 40	0.420	56.0	4.5	87.2	12.8
N° 50	0.300	19.1	1.5	88.7	11.3
N° 60	0.250	14.2	1.1	89.8	10.2
N° 100	0.150	22.7	1.8	91.6	8.4
N° 200	0.075	26.9	2.2	93.8	6.2
< N° 200	FONDO	77.6	6.2	100.0	

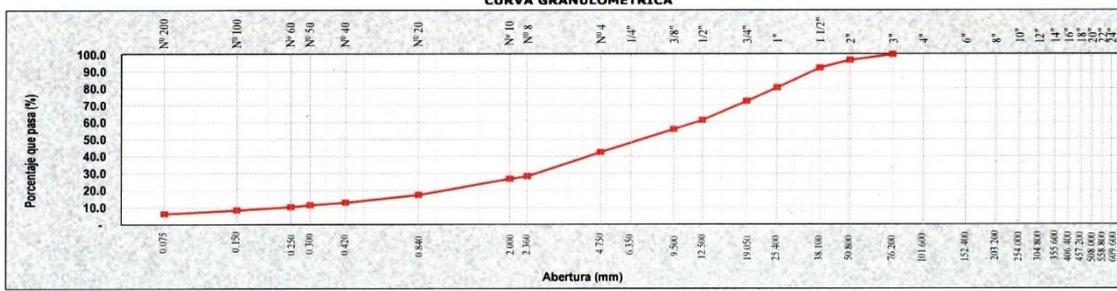
PORCENTAJE DE GRAVA, ARENA Y FINOS	
Grava:	57.8 %
Areña:	36.0 %
Fino:	6.2 %

PESOS DE CORRECCION DE SUELO	
Peso de suelo seco > N° 4	8,670.0 g
Peso de suelo seco < N° 4	6,330.0 g
Fracción de suelo < 3"	15,000.0 g
Fracción de suelo seco < N° 4	527.7 g
Peso Total de suelo corregido	15,000.0 g

PLASTICIDAD	
Límite Líquido:	19
Límite Plástico:	14
Índice de Plasticidad:	5

CLASIFICACIÓN	Grava bien gradada con arcilla y arena (ó arcilla limosa y arena)
SUCS	GW-GC-GM
Cu	49.42
Cc	2.62

CURVA GRANULOMÉTRICA

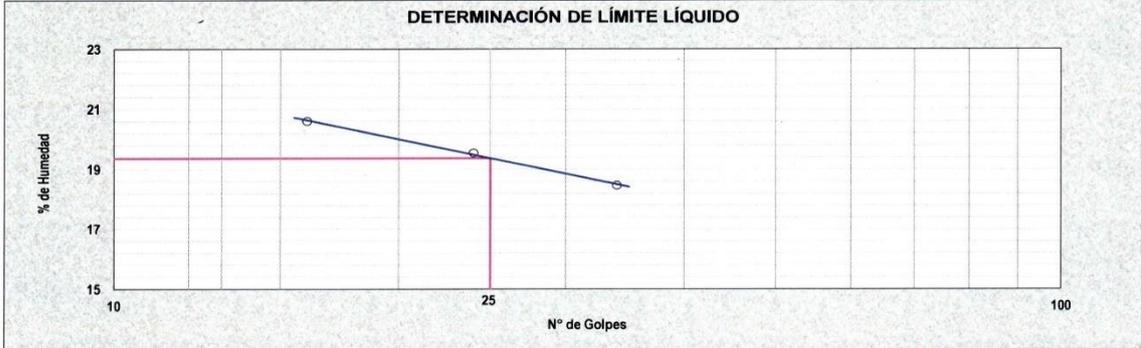


OBSERVACIONES:	
D10=0.24 D30=2.73 D60=11.86	

INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA	Ing. LUIS E. HERRERA TERAN	M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJAS
Fecha: 27-11-2023	Fecha: 27-11-2023	Fecha: 28-11-2023

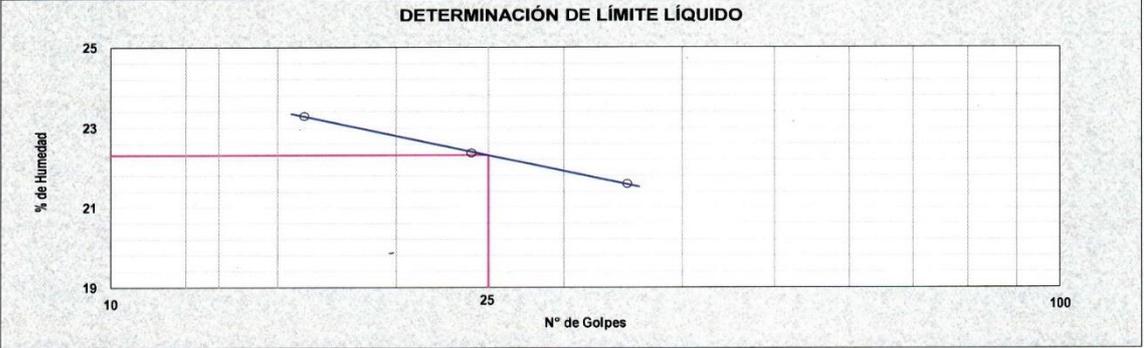
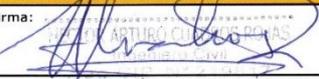
Anexo 25

Protocolo del ensayo de Límites de Atterberg (Plasticidad del Suelo), de la cantera Edgar material natura (sin adición de cloruros).

LÍMITES DE ATTERBERG (PLASTICIDAD DE SUELOS) MTC E110-111 / ASTM D4318 / NTP339.130 / AASHTO T89-98					
PROTOCOLO N° 3					
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:		"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"			Página: 1 DE 1
INVESTIGADOR:		Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA			
CANTERA:	"EDGAR"			TEMPERATURA DE SECADO:	110 °C
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA			MÉTODO:	Horno 110°C ± 5°C
FECHA DE MUESTREO:	31 de agosto de 2023			FECHA DE ENSAYO:	03 de setiembre del 2023
DATOS DE MUESTRA					
Material	: AFIRMADO			CANTIDAD DE MUESTRA	: 100 gr
Procedencia	: CANTERA DE CERRO				
Material adicionado / %	: MUESTRA NATURAL INALTERADA				
LÍMITE LÍQUIDO					
ENSAYO N°	UND	1	2	3	
N° de Golpes	-	34	24	16	
Recipiente N°	-	T - 01	T - 02	T - 03	
Peso del Recipiente + Suelo Hum.	g	47.03	42.64	42.81	
Peso del Recipiente + Suelo Seco	g	44.00	40.10	40.22	
Peso de agua	g	3.03	2.54	2.59	
Peso de Recipiente	g	27.59	27.11	27.65	
Peso de S. Seco	g	16.41	12.99	12.57	
% de Humedad	%	18.46	19.55	20.60	
LÍMITE PLÁSTICO					
ENSAYO N°	UND	1	2		
Recipiente N°	-	T - 01	T - 02		
Peso del Recipiente + Suelo Hum.	g	31.26	32.09		
Peso del Recipiente + Suelo Seco	g	30.8	31.67		
Peso de agua	g	0.46	0.42		
Peso de Recipiente	g	27.65	28.49		
Peso de S. Seco	g	3.15	3.18		
% de Humedad	%	14.60	13.21		
DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO					
					
RESULTADOS					
Límites Líquido:		19.37			
Límite Plástico:		13.91			
Índice de Plasticidad:		5.46			
OBSERVACIONES:					
INVESTIGADOR		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR DE TESTS	
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	
Firma:		Firma:		Firma:	
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA		Ing. LUIS E. HERRERA TERAN		M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJÁS	
Fecha:	27-11-2023	Fecha:	27-11-2023	Fecha:	28-11-2023

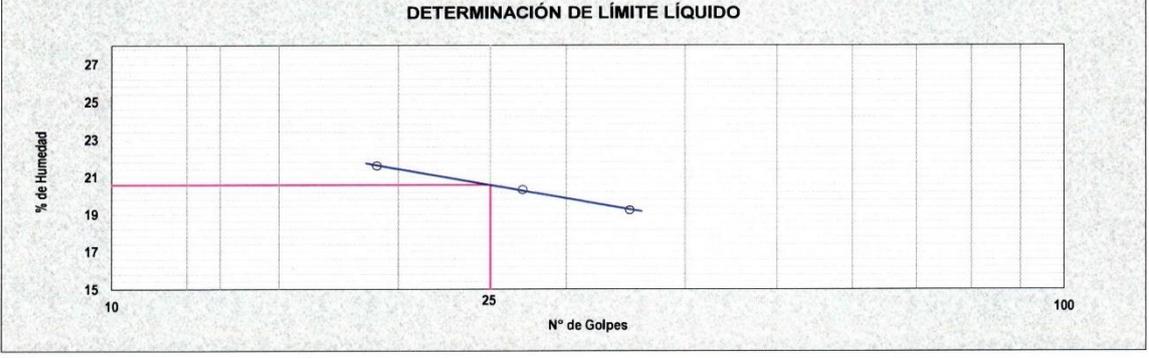
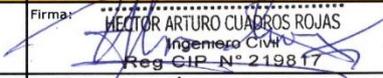
Anexo 26

Protocolo del ensayo de Límites de Atterberg (Plasticidad del Suelo), de la cantera Edgar, material con adición de cloruro de potasio al 2%.

LÍMITES DE ATTERBERG (PLASTICIDAD DE SUELOS) MTG E110-111 / ASTM D4318 / NTP339.130 / AASHTO T89-98					
PROTOCOLO N° 4					
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:		"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"		Página: 1 DE 1	
INVESTIGADOR:		Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA			
CANTERA:	"EDGAR"		TEMPERATURA DE SECADO	: 110 °C	
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA		MÉTODO	: Horno 110°C ± 5°C	
FECHA DE MUESTREO:	31 de agosto de 2023		FECHA DE ENSAYO	: 03 de setiembre del 2023	
DATOS DE MUESTRA					
Material	: AFIRMADO	CANTIDAD DE MUESTRA	: 100 gr		
Procedencia	: CANTERA DE CERRO				
Material adicionado / %	: CLORURO DE POTASIO 2%				
LÍMITE LÍQUIDO					
ENSAYO N°	UND	1	2	3	
N° de Golpes	-	35	24	16	
Recipiente N°	-	T - 01	T - 02	T - 03	
Peso del Recipiente + Suelo Hum.	g	40.62	40.10	39.65	
Peso del Recipiente + Suelo Seco	g	38.32	37.78	37.27	
Peso de agua	g	2.30	2.32	2.38	
Peso de Recipiente	g	27.67	27.41	27.05	
Peso de S. Seco	g	10.65	10.37	10.22	
% de Humedad	%	21.60	22.37	23.29	
LÍMITE PLÁSTICO					
ENSAYO N°	UND	1	2		
Recipiente N°	-	T - 01	T - 02		
Peso del Recipiente + Suelo Hum.	g	30.32	30.00		
Peso del Recipiente + Suelo Seco	g	29.86	29.67		
Peso de agua	g	0.46	0.33		
Peso de Recipiente	g	26.7	27.33		
Peso de S. Seco	g	3.16	2.34		
% de Humedad	%	14.56	14.10		
DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO					
					
RESULTADOS					
Límites Líquido:		22.31			
Límite Plástico:		14.33			
Índice de Plasticidad:		7.98			
OBSERVACIONES:					
INVESTIGADOR		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR DE TESIS	
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	
Firma:		Firma:		Firma:	
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA		Ing. LUIS E. HERRERA TERAN		M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJAS	
Fecha:	27-11-2023	Fecha:	27-11-2023	Fecha:	28-11-2023

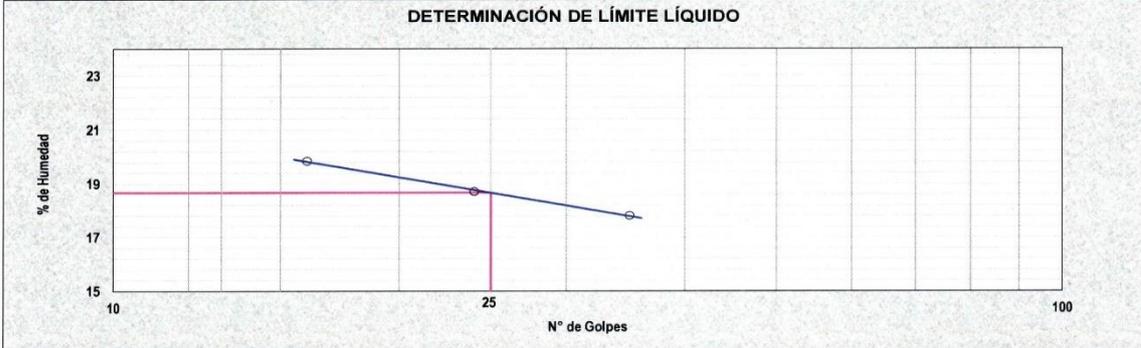
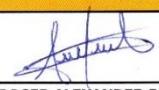
Anexo 27

Protocolo del ensayo de Límites de Atterberg (Plasticidad del Suelo), de la cantera Edgar, material con adición de cloruro de potasio al 4%.

LÍMITES DE ATTERBERG (PLASTICIDAD DE SUELOS) MTC E110-111 / ASTM D4318 / NTP339.130 / AASHTO T89-98					
PROTOCOLO N° 5					
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:		"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"			Página: 1 DE 1
INVESTIGADOR:		Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA			
CANTERA:	"EDGAR"			TEMPERATURA DE SECADO	: 110 °C
UBICACIÓN:	C.P. PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA			MÉTODO	: Horno 110°C ± 5°C
FECHA DE MUESTREO:	31 de agosto de 2023			FECHA DE ENSAYO	: 03 de setiembre del 2023
DATOS DE MUESTRA					
Material	: AFIRMADO		CANTIDAD DE MUESTRA		: 100 gr
Procedencia	: CANTERA DE CERRO				
Material adicionado / %	: CLORURO DE POTASIO 4%				
LÍMITE LÍQUIDO					
ENSAYO N°	UND	1	2	3	
N° de Golpes	-	35	27	19	
Recipiente N°	-	T - 01	T - 02	T - 03	
Peso del Recipiente + Suelo Hum.	g	46.30	41.90	42.40	
Peso del Recipiente + Suelo Seco	g	43.30	39.40	39.70	
Peso de agua	g	3.00	2.50	2.70	
Peso de Recipiente	g	27.70	27.10	27.20	
Peso de S. Seco	g	15.60	12.30	12.50	
% de Humedad	%	19.23	20.33	21.60	
LÍMITE PLÁSTICO					
ENSAYO N°	UND	1	2		
Recipiente N°	-	T - 01	T - 02		
Peso del Recipiente + Suelo Hum.	g	33.00	33.40		
Peso del Recipiente + Suelo Seco	g	32.25	32.70		
Peso de agua	g	0.75	0.7		
Peso de Recipiente	g	26.9	27.90		
Peso de S. Seco	g	5.35	4.80		
% de Humedad	%	14.02	14.58		
DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO					
					
RESULTADOS					
Límites Líquido:		20.56			
Límite Plástico:		14.30			
Índice de Plasticidad:		6.26			
OBSERVACIONES:					
INVESTIGADOR		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR DE TESIS	
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	
Firma:		Firma:		Firma:	
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA		Ing. LUIS E. HERRERA TERAN		M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJAS	
Fecha:	27-11-2023	Fecha:	27-11-2023	Fecha:	28-11-2023

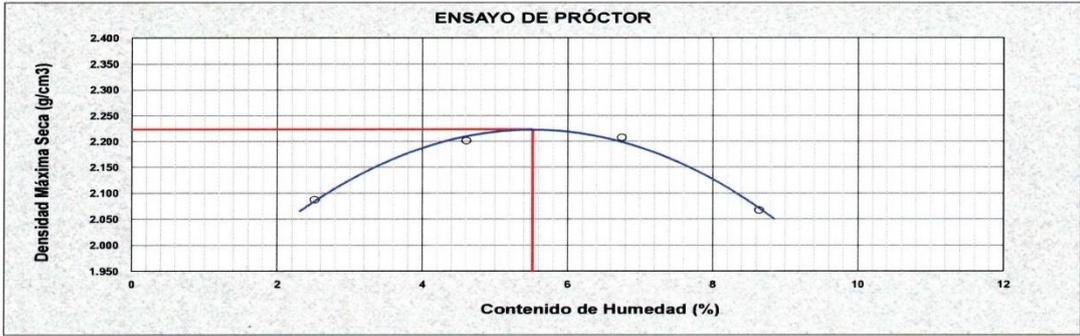
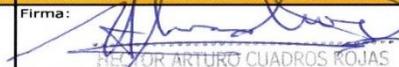
Anexo 28

Protocolo del ensayo de Límites de Atterberg (Plasticidad del Suelo), de la cantera Edgar, material con adición de cloruro de potasio al 6%.

LÍMITES DE ATTERBERG(PLASTICIDAD DE SUELOS) NTC E110-111 / ASTM D4318 / NTP339.130 / AASHTO T89-98					
PROTOCOLO N° 6					
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:		"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"		Página: 1 DE 1	
INVESTIGADOR:		Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA			
CANTERA:	"EDGAR"		TEMPERATURA DE SECADO	: 110 °C	
UBICACIÓN:	C.P. PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA		MÉTODO	: Horno 110°C ± 5°C	
FECHA DE MUESTREO:	31 de agosto de 2023		FECHA DE ENSAYO	: 03 de setiembre del 2023	
DATOS DE MUESTRA					
Material	: AFIRMADO		CANTIDAD DE MUESTRA	: 100 gr	
Procedencia	: CANTERA DE CERRO				
Material adicionado / %	: CLORURO DE POTASIO 6%				
LÍMITE LÍQUIDO					
	ENSAYO N°	UND	1	2	3
N° de Golpes	-	-	35	24	16
Recipiente N°	-	T - 01	T - 02	T - 03	
Peso del Recipiente + Suelo Hum.	g	47.31	46.26	46.77	
Peso del Recipiente + Suelo Seco	g	44.33	43.24	43.60	
Peso de agua	g	2.98	3.02	3.17	
Peso de Recipiente	g	27.60	27.10	27.63	
Peso de S. Seco	g	16.73	16.14	15.97	
% de Humedad	%	17.81	18.71	19.85	
LÍMITE PLÁSTICO					
	ENSAYO N°	UND	1	2	
Recipiente N°	-	T - 01	T - 02		
Peso del Recipiente + Suelo Hum.	g	20.87	25.68		
Peso del Recipiente + Suelo Seco	g	20.51	25.28		
Peso de agua	g	0.36	0.4		
Peso de Recipiente	g	17.99	22.48		
Peso de S. Seco	g	2.52	2.80		
% de Humedad	%	14.29	14.29		
DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO					
					
RESULTADOS					
Límites Líquido:		18.66			
Límite Plástico:		14.29			
Índice de Plasticidad:		4.37			
OBSERVACIONES:					
INVESTIGADOR		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR DE TESIS	
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	
Firma:		Firma:		Firma:	
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA		Ing. LUIS E. HERRERA TERAN		M. Sc. Ing. HÉCTOR CUÁDROS ROJAS	
Fecha:	27-11-2023	Fecha:	27-11-2023	Fecha:	
				28-11-2023	

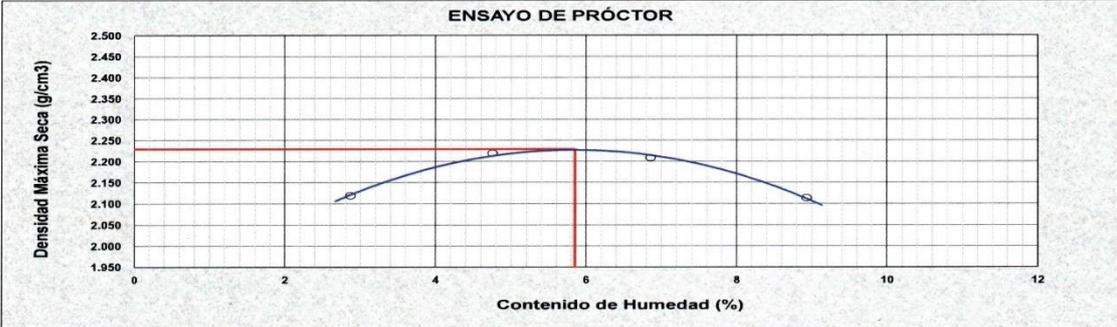
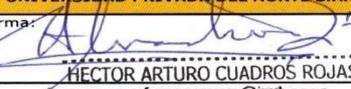
Anexo 32

Protocolo del ensayo de Proctor Modificado, de la cantera Edgar, material natural sin adición de cloruro.

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO MTC.E 115 / ASTM D1557 / AASHTO T180 / NTP 339.141						
		PROTOCOLO N° 10						
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:	"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"		Página: 1 DE 1					
INVESTIGADOR:	Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA							
CANTERA:	"EDGAR"	TEMPERATURA DE SECADO:	: 110 °C					
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA	MÉTODO:	: Horno 110°C ± 5°C					
FECHA DE ENSAYO:	19 de septiembre del 2023	TIPO DE PRÓCTOR:	: Modificado					
DATOS DE MUESTRA								
Material adicionado / %	: MUESTRA NATURAL INALTERADA	Peso del molde	: 6559 gr					
Altura de molde (cm)	: 11.7 cm	Volúmen del molde	: 2123.06 m ³					
Diametro del molde (cm)	: 15.2 cm	Metódo de próctor	: "C"					
COMPACTACIÓN								
ENSAYO N°	1	2	3	4				
N° Capas	5	5	5	5				
N° Golpes	56	56	56	56				
Peso suelo + molde (g)	11102	11448	11562	11328				
Peso molde (g)	6559	6559	6559	6559				
Peso suelo compactado (g)	4543	4889	5003	4769				
Volúmen del molde (cm ³)	2123	2123.06	2123.06	2123.06				
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.140	2.303	2.357	2.246				
HUMEDAD (%)								
Tara N°	A	B	C	D	E	F	G	H
Tara + suelo húmedo (g)	295.20	277.90	252.31	254.69	228.22	222.95	237.26	237.04
Tara + suelo seco (g)	288.80	271.59	242.81	244.30	215.50	210.76	220.31	220.74
Peso de agua (g)	6.4	6.31	9.5	10.39	12.72	12.19	16.95	16.3
Peso de tara (g)	27.20	27.70	27.49	27.76	27.09	29.95	27.60	28.67
Peso de suelo seco (g)	261.6	243.89	215.32	216.54	188.41	180.81	192.71	192.07
Humedad (%)	2.45	2.59	4.41	4.80	6.75	6.74	8.80	8.49
Prom. Humedad (%)	2.52		4.61		6.75		8.64	
Densidad Seca (g/cm ³)	2.087		2.201		2.208		2.068	
RESULTADO DE PRÓCTOR								
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):		2.223						
Óptimo Contenido de Humedad(%):		5.52						
ENSAYO DE PRÓCTOR								
								
OBSERVACIONES:								
INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.						
Firma: 	Firma: 	Firma: 						
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA	Ing. LUIS E. HERRERA TERAN	M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJAS						
Fecha: 27-11-2023	Fecha: 27-11-2023	Fecha: 28-11-2023						

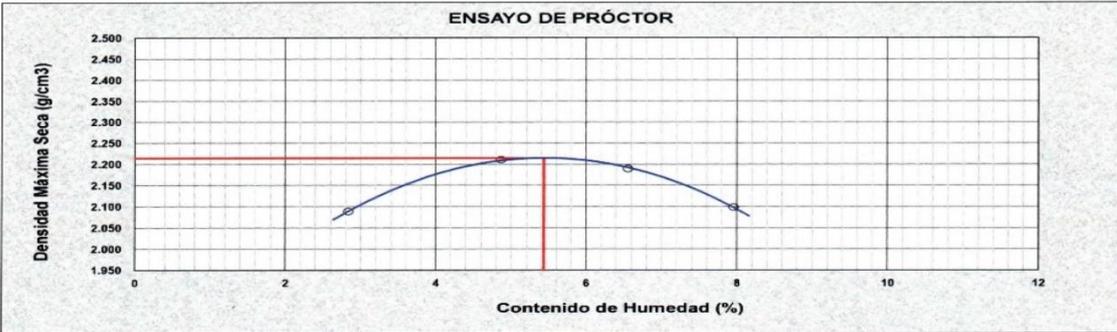
Anexo 33

Protocolo del ensayo de Proctor Modificado, de la cantera Edgar, material con adición de cloruro de potasio al 2%.

COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 115 / ASTM D1557 / AASHTO T180 / NTP 339.141								
PROTOCOLO N° 11								
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:	"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"							
INVESTIGADOR:	Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA							
Página:	1 DE 1							
Fecha:								
CANTERA:	"EDGAR"							
TEMPERATURA DE SECADO:	: 110 °C							
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA							
MÉTODO:	: Horne 110°C ± 5°C							
FECHA DE ENSAYO:	19 se septiembre del 2023							
TIPO DE PRÓCTOR:	: Modificado							
DATOS DE MUESTRA								
Material adicionado / %	: Cloruro de potasio 2%							
Peso del molde	: 6559 gr							
Altura de molde (cm)	: 11.7 cm							
Volúmen del molde	: 2123.06 m³							
Diametro del molde (cm)	: 15.2 cm							
Metódo de próctor	: "C"							
COMPACTACIÓN								
ENSAYO N°	1	2	3	4				
N° Capas	5	5	5	5				
N° Golpes	56	56	56	56				
Peso suelo + molde (g)	11187	11495	11569	11447				
Peso molde (g)	6559	6559	6559	6559				
Peso suelo compactado (g)	4628	4936	5010	4888				
Volúmen del molde (cm3)	2123	2123	2123	2123				
Densidad húmeda (g/cm3)	2.180	2.325	2.360	2.302				
HUMEDAD (%)								
Tara N°	A	B	C	D	E	F	G	H
Tara + suelo húmedo (g)	304.82	270.37	242.19	245.29	231.99	235.73	241.57	232.77
Tara + suelo seco (g)	297.30	263.40	232.70	235.11	218.60	222.70	223.80	216.10
Peso de agua (g)	7.52	6.97	9.49	10.18	13.39	13.03	17.77	16.67
Peso de tara (g)	27.76	27.00	27.28	26.84	27.87	27.87	27.14	27.09
Peso de suelo seco (g)	269.54	236.4	205.42	208.27	190.73	194.83	196.66	189.01
Humedad (%)	2.8	2.9	4.6	4.9	7.0	6.7	9.0	8.8
Prom. Humedad (%)	2.87		4.75		6.85		8.93	
Densidad Seca (g/cm3)	2.119		2.220		2.208		2.114	
RESULTADO DE PRÓCTOR								
Máxima Densidad Seca (g/cm3):	2.229							
Óptimo Contenido de Humedad(%):	5.85							
ENSAYO DE PRÓCTOR								
								
OBSERVACIONES:								
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>								
INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.						
Firma: 	Firma: 	Firma: 						
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA	Ing. LUIS E. HERRERA TERAN	M. Sc. Ing. HÉCTOR ARTURO CUADROS ROJAS						
Fecha: 27-11-2023	Fecha: 27-11-2023	Fecha: 28-11-2023						

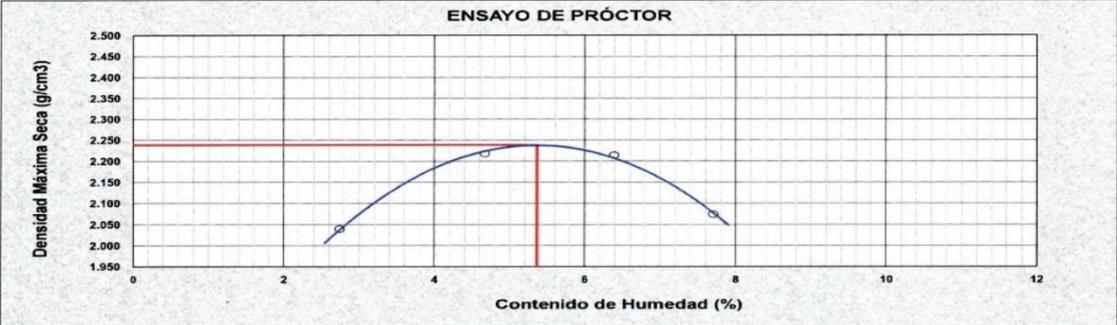
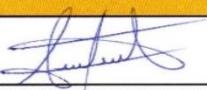
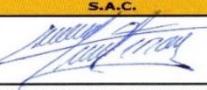
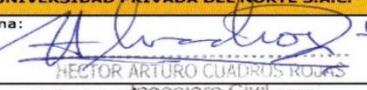
Anexo 34

Protocolo del ensayo de Proctor Modificado, de la cantera Edgar, material con adición de cloruro de potasio al 4%.

COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 115 / ASTM D1557 / AASHTO T180 / NTP 339.141								
PROTOCOLO N° 12								
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:	"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 3%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"							
INVESTIGADOR:	: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA							
CANTERA:	"EDGAR"							
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA							
FECHA DE ENSAYO:	20 de septiembre del 2023							
TEMPERATURA DE SECADO:	: 110 °C							
MÉTODO:	: Horne 110°C ± 5°C							
TIPO DE PRÓCTOR:	: Modificado							
DATOS DE MUESTRA Material adicionado / % : Cloruro de potasio 4% Peso del molde : 6559 gr Altura de molde (cm) : 11.7 cm Volúmen del molde : 2123.06 m ³ Diametro del molde (cm) : 15.2 cm Metódo de próctor : "C"								
COMPACTACIÓN								
ENSAYO N°	1	2	3	4				
N° Capas	5	5	5	5				
N° Golpes	56	56	56	56				
Peso suelo + molde (g)	11120	11481	11512	11369				
Peso molde (g)	6559	6559	6559	6559				
Peso suelo compactado (g)	4561	4922	4953	4810				
Volúmen del molde (cm ³)	2123.06	2123.06	2123.06	2123.06				
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.148	2.318	2.333	2.266				
HUMEDAD (%)								
Tara N°	A	B	C	D	E	F	G	H
Tara + suelo húmedo (g)	233.16	244.04	232.64	229.93	231.88	233.20	233.49	231.06
Tara + suelo seco (g)	228.00	237.50	223.50	220.20	219.73	220.22	217.12	217.26
Peso de agua (g)	5.16	6.54	9.14	9.73	12.15	12.98	16.37	13.8
Peso de tara (g)	27.21	26.86	27.79	27.87	28.77	27.60	27.51	27.78
Peso de suelo seco (g)	200.79	210.64	195.71	192.33	190.96	192.62	189.61	189.48
Humedad (%)	2.6	3.1	4.7	5.1	6.4	6.7	8.6	7.3
Prom. Humedad (%)	2.84		4.86		6.55		7.96	
Densidad Seca (g/cm³)	2.089		2.211		2.190		2.099	
RESULTADO DE PRÓCTOR								
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):							2.214	
Óptimo Contenido de Humedad(%):							5.44	
ENSAYO DE PRÓCTOR								
								
OBSERVACIONES:								
INVESTIGADOR			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR DE TESIS		
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.			UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.			UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.		
Firma: 			Firma: 			Firma: 		
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA			Ing. LUIS E. HERRERA TERAN			M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJAS		
Fecha: 27-11-2023			Fecha: 27-11-2023			Fecha: 28-11-2023		

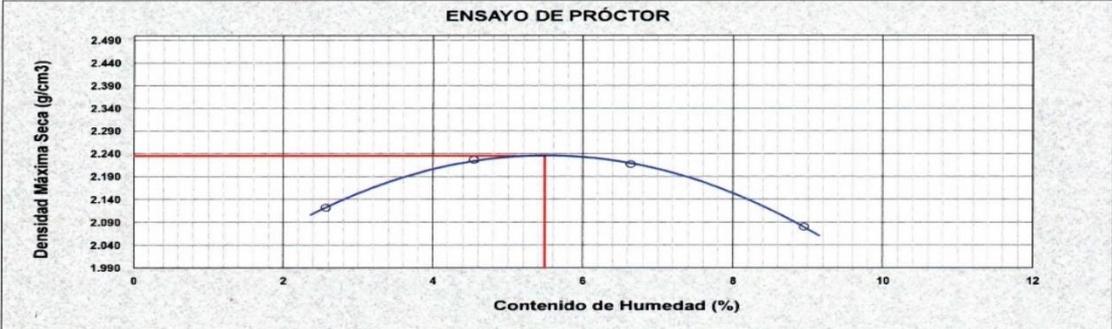
Anexo 35

Protocolo del ensayo de Proctor Modificado, de la cantera Edgar, material con adición de cloruro de potasio al 6%.

COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 115 / ASTM D1557 / AASHTO T180 / NTP 339.141								
PROTOCOLO N° 13								
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:	"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"							
INVESTIGADOR:	: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA							
CANTERA:	"EDGAR"							
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA							
FECHA DE ENSAYO:	20 de septiembre del 2023							
TEMPERATURA DE SECADO:	: 110 °C							
MÉTODO:	: Horno 110°C ± 5°C							
TIPO DE PRÓCTOR:	: Modificado							
DATOS DE MUESTRA Material adicionado / % : Cloruro de potasio 6% Peso del molde : 6559 gr Altura de molde (cm) : 11.7 cm Volúmen del molde : 2123.06 m ³ Diametro del molde (cm) : 15.2 cm Metódo de próctor : "C"								
COMPACTACIÓN								
ENSAYO N°	1	2	3	4				
N° Capas	5	5	5	5				
N° Golpes	56	56	56	56				
Peso suelo + molde (g)	11008	11487	11560	11302				
Peso molde (g)	6559	6559	6559	6559				
Peso suelo compactado (g)	4449	4928	5001	4743				
Volúmen del molde (cm ³)	2123.06	2123.06	2123.06	2123.06				
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.096	2.321	2.356	2.234				
HUMEDAD (%)								
Tara N°	A	B	C	D	E	F	G	H
Tara + suelo húmedo (g)	238.31	235.71	232.58	233.31	228.40	229.50	242.35	245.02
Tara + suelo seco (g)	232.98	229.87	224.06	223.46	216.43	217.26	227.68	228.76
Peso de agua (g)	5.33	5.84	8.52	9.85	11.97	12.24	14.67	16.26
Peso de tara (g)	27.75	27.28	26.93	26.96	27.70	27.10	27.17	27.90
Peso de suelo seco (g)	205.23	202.59	197.13	196.5	188.73	190.16	200.51	200.86
Humedad (%)	2.6	2.9	4.3	5.0	6.3	6.4	7.3	8.1
Prom. Humedad (%)	2.74		4.67		6.39		7.71	
Densidad Seca (g/cm³)	2.040		2.218		2.214		2.074	
RESULTADO DE PRÓCTOR								
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.238							
Óptimo Contenido de Humedad(%):	5.36							
ENSAYO DE PRÓCTOR								
								
OBSERVACIONES:								
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>								
INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.						
Firma: 	Firma: 	Firma: 						
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA	Ing. LUIS E. HERRERA TERAN	M. Sc. Ing. HÉCTOR ARTURO CUÁDROS ROJAS						
Fecha: 27-11-2023	Fecha: 27-11-2023	Fecha: 28-11-2023						

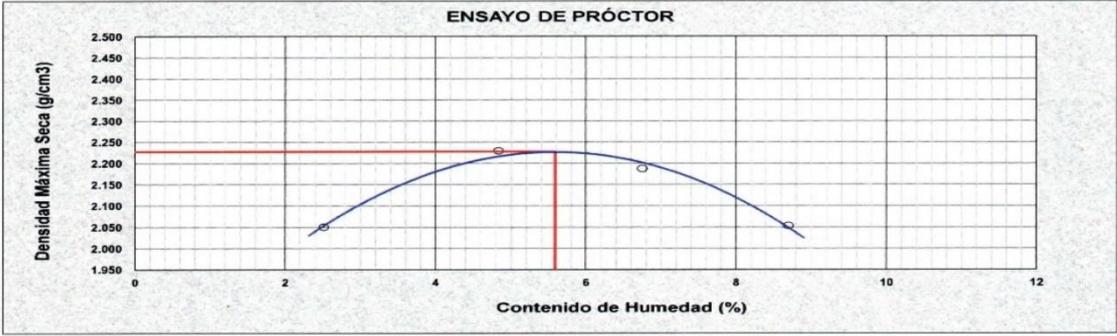
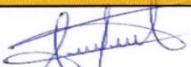
Anexo 36

Protocolo del ensayo de Proctor Modificado, de la cantera Edgar, material con adición de cloruro de sodio al 2%.

COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 115 / ASTM D1557 / AASHTO T180 / NTP 339.141										
PROTOCOLO N° 14										
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:	"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"						Página:	1 DE 1		
INVESTIGADOR:	: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA									
CANTERA:	"EDGAR"				TEMPERATURA DE SECADO	: 110 °C				
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA				MÉTODO	: Horne 110°C ± 5°C				
FECHA DE ENSAYO:	21 de septiembre del 2023				TIPO DE PRÓCTOR	: Modificado				
DATOS DE MUESTRA										
Material adicionado / %	: Cloruro de sodio 2%				Peso del molde	: 6559 gr				
Altura del molde (cm)	: 11.7 cm				Volúmen del molde	: 2123.06 m ³				
Diametro del molde (cm)	: 15.2 cm				Método de próctor	: "C"				
COMPACTACIÓN										
ENSAYO N°	1	2	3	4						
N° Capas	5	5	5	5						
N° Golpes	56	56	56	56						
Peso suelo + molde (g)	11180	11500	11578	11371						
Peso molde (g)	6559	6559	6559	6559						
Peso suelo compactado (g)	4621	4941	5019	4812						
Volúmen del molde (cm ³)	2123.06	2123.06	2123.06	2123.06						
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.177	2.327	2.364	2.267						
HUMEDAD (%)										
Tara N°	A	B	C	D	E	F	G	H		
Tara + suelo húmedo (g)	274.06	287.24	236.67	233.45	231.87	230.19	235.53	236.56		
Tara + suelo seco (g)	268.31	280.29	227.53	224.58	219.40	217.28	217.78	220.09		
Peso de agua (g)	5.75	6.95	9.14	8.87	12.47	12.91	17.75	16.47		
Peso de tara (g)	27.86	27.09	27.77	27.88	27.24	26.88	27.82	27.28		
Peso de suelo seco (g)	240.45	253.2	199.76	196.7	192.16	190.4	189.96	192.81		
Humedad (%)	2.4	2.7	4.6	4.5	6.5	6.8	9.3	8.5		
Prom. Humedad (%)	2.57		4.54		6.63		8.94			
Densidad Seca (g/cm³)	2.122		2.226		2.217		2.080			
RESULTADO DE PRÓCTOR										
Máxima Densidad Seca (g/cm³):								2.235		
Óptimo Contenido de Humedad(%):								5.48		
ENSAYO DE PRÓCTOR										
										
OBSERVACIONES:										
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>										
INVESTIGADOR			COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.				ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.			
Firma: 			Firma: 				Firma: 			
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA			Ing. LUIS E. HERRERA TERAN				HECTOR ARTURO CUADROS ROJAS M. Sc. Ing. HECTOR ARTURO CUADROS ROJAS			
Fecha: 27-11-2023			Fecha: 27-11-2023				Fecha: 27-11-2023			

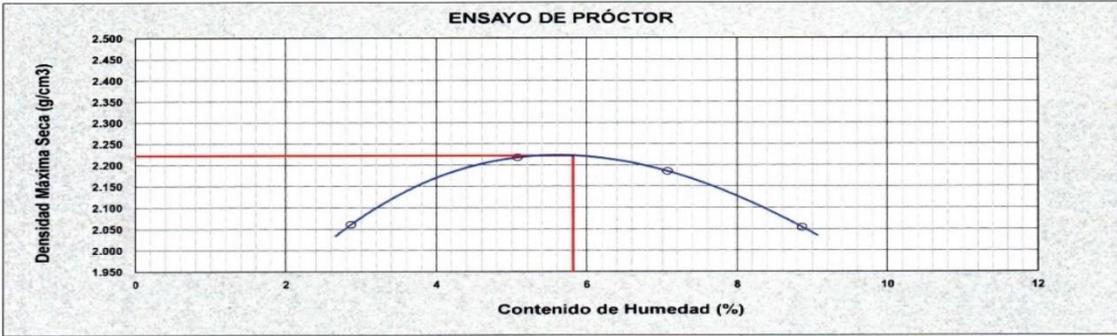
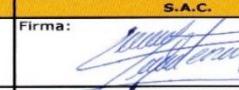
Anexo 37

Protocolo del ensayo de Proctor Modificado, de la cantera Edgar, material con adición de cloruro de sodio al 4%.

COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 115 / ASTM D1557 / AASHTO T180 / NTP 339.141										
PROTOCOLO N° 15										
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:		"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"					Página:		1 DE 1	
INVESTIGADOR:		: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA								
CANTERA:		"EDGAR"					TEMPERATURA DE SECADO		: 110 °C	
UBICACIÓN:		C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA					MÉTODO		: Horne 110°C ± 5°C	
FECHA DE ENSAYO:		25 de septiembre del 2023					TIPO DE PRÓCTOR		: Modificado	
DATOS DE MUESTRA										
Material adicionado / %		: Cloruro de sodio 4%			Peso del molde		: 6559 gr			
Altura de molde (cm)		: 11.7 cm			Volúmen del molde		: 2123.0l m ³			
Diametro del molde (cm)		: 15.2 cm			Método de próctor		: "C"			
COMPACTACIÓN										
ENSAYO N°	1	2	3	4						
N° Capas	5	5	5	5						
N° Golpes	56	56	56	56						
Peso suelo + molde (g)	11022	11521	11516	11298						
Peso molde (g)	6559	6559	6559	6559						
Peso suelo compactado (g)	4463	4962	4957	4739						
Volúmen del molde (cm ³)	2123.06	2123.06	2123.06	2123.06						
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.102	2.337	2.335	2.232						
HUMEDAD (%)										
Tara N°	A	B	C	D	E	F	G	H		
Tara + suelo húmedo (g)	233.66	257.18	230.52	232.60	229.58	231.97	234.39	230.56		
Tara + suelo seco (g)	229.15	251.00	221.20	223.17	217.07	218.79	218.12	213.96		
Peso de agua (g)	4.51	6.18	9.32	9.43	12.51	13.18	16.27	16.6		
Peso de tara (g)	29.95	27.78	27.65	28.78	27.53	27.75	27.07	26.95		
Peso de suelo seco (g)	199.2	223.22	193.55	194.39	189.54	191.04	191.05	187.01		
Humedad (%)	2.3	2.8	4.8	4.9	6.6	6.9	8.5	8.9		
Prom. Humedad (%)	2.52		4.83		6.75		8.70			
Densidad Seca (g/cm³)	2.051		2.229		2.187		2.054			
RESULTADO DE PRÓCTOR										
Máxima Densidad Seca (g/cm³):					2.227					
Óptimo Contenido de Humedad(%):					5.59					
ENSAYO DE PRÓCTOR										
										
OBSERVACIONES:										
<hr/> <hr/> <hr/>										
INVESTIGADOR			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR DE TESIS				
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.				
S.A.C.			S.A.C.			S.A.C.				
Firma:			Firma:			Firma:				
										
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA			Ing. LUIS E. HERRERA TERAN			M. Sc. Ing. HÉCTOR ARTURO CUADROS ROJAS				
Fecha:			Fecha:			Fecha:				
27-11-2023			27-11-2023			27-11-2023				

Anexo 38

Protocolo del ensayo de Proctor Modificado, de la cantera Edgar, material con adición de cloruro de sodio al 6%.

COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 115 / ASTM D1557 / AASHTO T180 / NTP 339.141									
PROTOCOLO N° 16									
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:		"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"				Página:		1 DE 1	
INVESTIGADOR:		: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA							
CANTERA:		"EDGAR"				TEMPERATURA DE SECADO		: 110 °C	
UBICACIÓN:		C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA				MÉTODO		: Horne 110°C ± 5°C	
FECHA DE ENSAYO:		26 de septiembre del 2023				TIPO DE PRÓCTOR		: Modificado	
DATOS DE MUESTRA									
Material adicionado / %		: Cloruro de sodio 6%				Peso del molde		: 6559 gr	
Altura de molde (cm)		: 11.7 cm				Volúmen del molde		: 2123.06 m³	
Diámetro del molde (cm)		: 15.2 cm				Método de próctor		: "C"	
COMPACTACIÓN									
ENSAYO N°	1	2	3	4					
N° Capas	5	5	5	5					
N° Golpes	56	56	56	56					
Peso suelo + molde (g)	11059	11506	11526	11306					
Peso molde (g)	6559	6559	6559	6559					
Peso suelo compactado (g)	4500	4947	4967	4747					
Volúmen del molde (cm³)	2123	2123	2123	2123					
Densidad húmeda (g/cm³)	2.120	2.330	2.340	2.236					
HUMEDAD (%)									
Tara N°	A	B	C	D	E	F	G	H	
Tara + suelo húmedo (g)	232.24	232.85	236.65	237.18	230.58	233.05	233.53	234.81	
Tara + suelo seco (g)	226.66	227.03	225.97	227.66	217.51	219.06	216.70	217.98	
Peso de agua (g)	5.58	5.82	10.68	9.52	13.07	13.99	16.83	16.83	
Peso de tara (g)	27.80	27.29	27.53	27.85	26.88	27.09	27.91	27.02	
Peso de suelo seco (g)	198.86	199.74	198.44	199.81	190.63	191.97	188.79	190.96	
Humedad (%)	2.8	2.9	5.4	4.8	6.9	7.3	8.9	8.8	
Prom. Humedad (%)	2.86		5.07		7.07		8.86		
Densidad Seca (g/cm³)	2.061		2.218		2.185		2.054		
RESULTADO DE PRÓCTOR									
Máxima Densidad Seca (g/cm³):		2.222							
Óptimo Contenido de Humedad(%):		5.82							
ENSAYO DE PRÓCTOR									
									
OBSERVACIONES:									
<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>									
INVESTIGADOR			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR DE TESIS			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.			
S.A.C.			S.A.C.			S.A.C.			
Firma: 			Firma: 			Firma: 			
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA			Ing. LUIS E. HERRERA TERAN			M. Sc. Ing. HECTOR ARTURO CUADROS ROJAS			
Fecha: 27-11-2023			Fecha: 27-11-2023			Fecha: Reg GIB N° 219833			

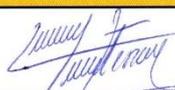
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR) MTC E 132 / ASTM D1883 / AASHTO T193 / NTP 339.145								
PROTOCOLO N° 17								
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:	"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"					Página:	2 DE 3	
INVESTIGADOR:	: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA							
CANTERA:	"EDGAR"			TIPO DE MATERIAL	: AFIRMADO			
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA			PROCEDECENCIA	: CANTERA DE CERRO			
FECHA DE ENSAYO:	24 de octubre del 2023			MATERIAL ADICIONADO (%)	: MATERIAL NATURAL			

CARGA - PENETRACIÓN							
Datos		D pisón (pulg)= 2.00		A pisón (pulg ³)= 3.14		F de carga = 7.5	
Penetración		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
mm	Pulg.	Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²	Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²	Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	440.37	140.24	933.09	297.16	1025.44	326.57
1.27	0.050	655.98	208.91	1271.62	404.97	1794.43	571.47
1.91	0.075	771.45	245.68	1671.45	532.31	2356.87	750.60
2.54	0.100	1056.21	336.37	1934.56	616.10	2689.56	856.55
3.18	0.125	1179.31	375.58	2623.88	835.63	3697.45	1177.53
3.81	0.150	1271.62	404.97	3084.21	982.23	4156.98	1323.88
4.45	0.175	1394.67	444.16	3256.45	1037.09	4646.77	1479.86
5.08	0.200	1548.45	493.14	3499.45	1114.47	5045.67	1606.90

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



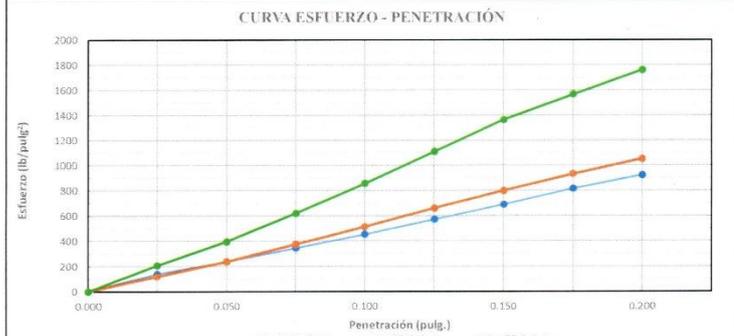
OBSERVACIONES:

INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA	Ing. LUIS E. HERRERA TERAN	M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJAS
Fecha: 27-11-2023	Fecha: 27-11-2023	Fecha: 28-11-2023

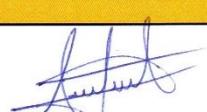
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR) MTC E 132 / ASTM D1883 / AASHTO T193 / NTP 339.145							
PROTOCOLO N° 18							
	NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN: "INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"					Página:	2 DE 3
	INVESTIGADOR: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA						
CANTERA:	"EDGAR"			TIPO DE MATERIAL	: AFIRMADO		
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA			PROCEDENCIA	: CANTERA DE CERRO		
FECHA DE ENSAYO:	24 de octubre del 2023			MATERIAL ADICIONADO (%)	: Cloruro de Potasio 2%		

CARGA - PENETRACIÓN							
Datos		D pisón (pulg.)= 2.00		A pisón (pulg.)= 3.14		F de carga = 7.5	
Penetración		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
mm	Pulg.	Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²	Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²	Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	440.37	140.24	378.75	120.62	655.98	208.91
1.27	0.050	748.37	238.33	748.37	238.33	1240.85	395.17
1.91	0.075	1086.99	346.18	1179.31	375.58	1948.11	620.42
2.54	0.100	1425.43	453.96	1609.96	512.73	2685.27	855.18
3.18	0.125	1794.43	571.47	2071.03	659.57	3482.88	1109.20
3.81	0.150	2163.21	688.92	2501.07	796.52	4279.47	1362.89
4.45	0.175	2562.48	816.07	2930.80	933.38	4922.11	1567.55
5.08	0.200	2900.12	923.60	3298.91	1050.61	5533.54	1762.27

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN

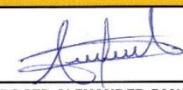
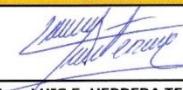
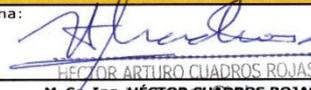


OBSERVACIONES:

INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA	Ing. LUIS E. HERRERA TERAN	M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJAS
Fecha: 97-11-2023	Fecha: 27-11-2023	Fecha: 28-11-2023

Anexo 41

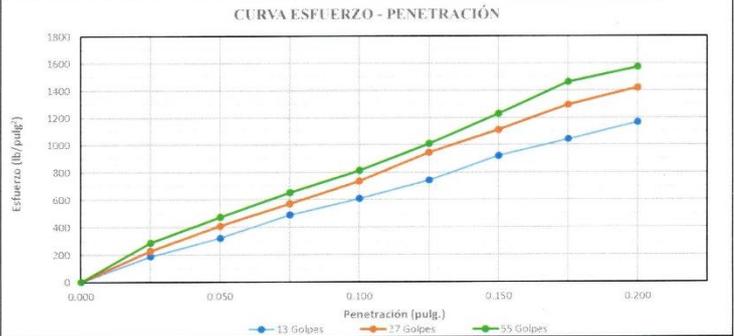
Protocolos del Ensayo de CBR de la cantera Edgar con adición de cloruro de potasio al 4%.

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR) MTC E 132 / ASTM D1883 / AASHTO T193 / NTP 339.145																			
PROTOCOLO N° 19																			
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:		"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"						Página:		1 DE 3									
INVESTIGADOR:		: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA																	
CANTERA:		"EDGAR"				TEMPERATURA DE SECADO		: 110 °C											
UBICACIÓN:		C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA				MÉTODO		: Horno 110°C ± 5°C											
FECHA DE ENSAYO:		24 de octubre del 2023				MATERIAL ADICIONADO (%)		: Cloruro de Potasio 4%											
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR																			
Cantidad de Muestra		18000.00 gr																	
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		5											
N° Capas		5		5		5		5											
N° Golpes por Capa		13		27		55													
Condición de Muestra		Antes		Desp.		Antes		Desp.											
Peso Molde	gr	7232.00	7232.00	7700.00	7700.00	7188.00	7188.00	7188.00	7188.00										
Peso Muestra Húmeda + Molde	gr.	12296.00	12401.00	12930.00	12998.00	12630.00	12655.00	12655.00	12655.00										
Peso Muestra Húmeda	gr.	5064.00	5169.00	5230.00	5298.00	5442.00	5467.00	5467.00	5467.00										
Diámetro del Molde	cm	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20										
Altura del Molde	cm	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64										
Altura del Disco Espaciador	cm	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00										
Altura Muestra Compactada	cm	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64										
Volumen Muestra Húmeda	cm3	2293.63	2293.63	2293.63	2293.63	2293.63	2293.63	2293.63	2293.63										
Densidad Húmeda (Dh)	gr/cm3	2.21	2.25	2.28	2.31	2.37	2.38	2.38	2.38										
CONTENIDO DE HUMEDAD																			
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	1 - A	1 - B	1 - C	1 - A	1 - B	1 - C									
Peso Recipiente	gr.	27.01	25.54	27.05	28.00	22.32	27.15	35.60	26.34	29.96									
Peso Muestra Húmeda + Recipiente	gr.	236.24	274.35	242.17	246.40	212.45	228.11	233.60	295.34	240.25									
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr.	225.43	261.78	226.81	234.70	202.57	213.09	223.50	279.54	224.03									
Peso del Agua	gr.	10.81	12.57	15.36	11.70	9.88	15.02	10.10	15.80	16.22									
Peso Muestra Seca	gr.	198.42	236.24	199.76	206.70	180.25	185.94	187.90	253.20	194.07									
Contenido de Humedad (W%)	%	5.45	5.32	7.69	5.66	5.48	8.08	5.38	6.24	8.36									
Promedio Contenido de Humedad	%	5.39			7.69			5.57			8.08			5.81			8.36		
Ds (gr./cm ³)	gr/cm3	2.097			2.089			2.160			2.137			2.240			2.196		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO																			
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03											
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento										
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%									
24	01	0.0070	0.178	0.101	0.0050	0.127	0.072	0.0045	0.114	0.065									
48	02	0.0070	0.178	0.101	0.0050	0.127	0.072	0.0050	0.127	0.072									
72	03	0.0075	0.191	0.108	0.0050	0.127	0.072	0.0055	0.140	0.079									
96	04	0.0075	0.191	0.108	0.0050	0.127	0.072	0.0055	0.140	0.079									
OBSERVACIONES:																			
INVESTIGADOR		COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.				ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.													
Firma:		Firma:				Firma:													
																			
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA		Ing. LUIS E. HERRERA TERAN				M. Sc. Ing. HÉCTOR ARTURO CUADROS ROJAS													
Fecha: 27-11-2023		Fecha: 27-11-2023				Fecha: 27-11-2023													

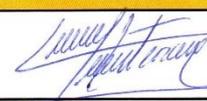
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR) MTC E 132 / ASTM D1883 / AASHTO T193 / NTP 339.145								
PROTOCOLO N° 19								
		NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN: "INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"				Página:	2 DE 3	
INVESTIGADOR:		: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA						
CANTERA:	"EDGAR"				TIPO DE MATERIAL	: AFIRMADO		
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA				PROCEDENCIA	: CANTERA DE CERRO		
FECHA DE ENSAYO:	28 de octubre del 2023				MATERIAL ADICIONADO (%)	: Cloruro de Potasio 4%		

CARGA - PENETRACIÓN							
Datos		D pisón (pulg)= 2.00		A pisón (pulg ²)= 3.14		F de carga = 7.5	
Penetración		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
mm	Pulg.	Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²	Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²	Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	584.69	186.21	712.95	227.05	897.64	285.87
1.27	0.050	1005.38	320.18	1276.84	406.64	1483.67	472.51
1.91	0.075	1534.84	488.80	1789.45	569.89	2045.67	651.49
2.54	0.100	1909.95	608.26	2302.56	733.30	2554.76	813.62
3.18	0.125	2333.09	743.02	2956.82	941.66	3169.03	1009.25
3.81	0.150	2886.79	919.36	3486.95	1110.49	3858.34	1228.77
4.45	0.175	3271.90	1042.01	4065.38	1294.71	4593.18	1462.80
5.08	0.200	3656.78	1164.58	4456.78	1419.36	4934.56	1571.52

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



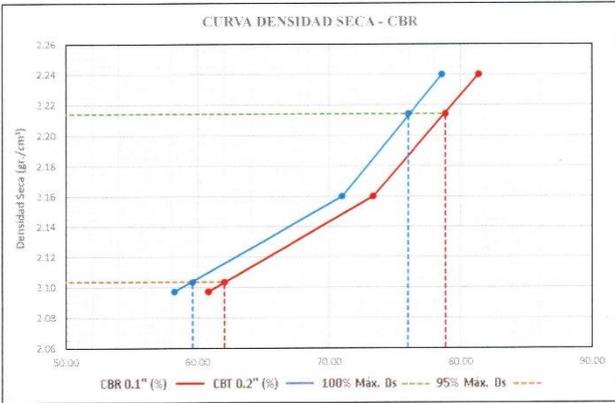
OBSERVACIONES:

INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA	Ing. LUIS E. HERRERA TERAN	M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJAS <small>REG. CIP. N° 210817</small>
Fecha: 27-11-2023	Fecha: 27-11-2023	Fecha: 28-11-2023

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR) MTC E 132 / ASTM D1883 / AASHTO T193 / NTP 339.145			
PROTOCOLO N° 19			
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:	"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"		Página: 3 DE 3
INVESTIGADOR:	: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA		
CANTERA:	"EDGAR"	TIPO DE MATERIAL	: AFIRMADO
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA	PROCEDENCIA	: CANTERA DE CERRO
FECHA DE ENSAYO:	28 de octubre del 2023	MATERIAL ADICIONADO (%)	: Cloruro de Potasio 4%

ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA			
MOLDE N°	MOLDE N° 01	MOLDE N° 02	MOLDE N° 03
Esfuerzo del suelo 0.1" (lb/pulg ²)	608.26	733.30	813.62
Esfuerzo del suelo 0.2" (lb/pulg ²)	1164.58	1419.36	1571.52
Esfuerzo patrón 0.1" (lb/pulg ²)	1000	1000	1000
Esfuerzo patrón 0.2" (lb/pulg ²)	2000	2000	2000
CBR 0.1" (%)	60.83	73.33	81.36
CBR 0.2" (%)	58.23	70.97	78.58
Ds (gr/cm³)	2.097	2.160	2.240

CURVA DENSIDAD SECA - CBR



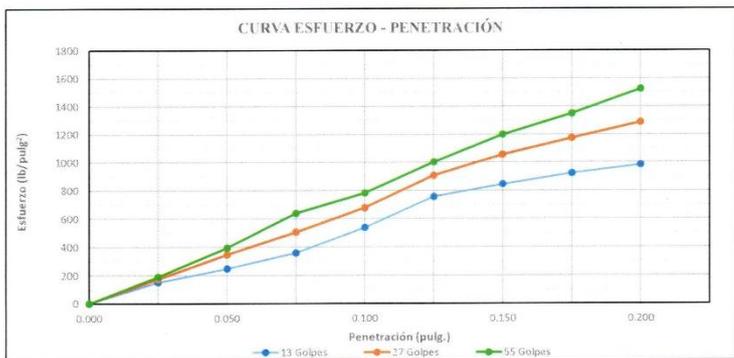
RESULTADOS	
100% Máxima Densidad Seca (gr./cm3)	2.214
95% Máxima Densidad Seca (gr./cm3)	2.103
CBR 0.1" (%) al 100% Máx. Ds	78.85 %
CBR 0.2" (%) al 100% Máx. Ds	76.02 %
CBR 0.1" (%) al 95% Máx. Ds	62.05 %
CBR 0.2" (%) al 95% Máx. Ds	59.62 %

OBSERVACIONES:

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR) MTC E 132 / ASTM D1883 / AASHTO T193 / NTP 339.145								
PROTOCOLO N° 20								
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:		"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"				Página:	2 DE 3	
INVESTIGADOR:		: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA						
CANTERA:		"EDGAR"			TIPO DE MATERIAL:		: AFIRMADO	
UBICACIÓN:		C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA			PROCEDENCIA:		: CANTERA DE CERRO	
FECHA DE ENSAYO:		28 de octubre del 2023			MATERIAL ADICIONADO (%):		: Cloruro de Potasio 6%	

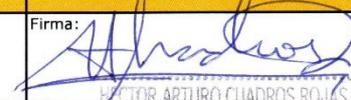
CARGA - PENETRACIÓN							
Datos		D pisón (pulg.)= 2.00		A pisón (pulg.)= 3.14		F de carga = 7.5	
Penetración		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
		Carga	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo
mm	Pulg.	Lb	Lb/pulg ²	Lb	Lb/pulg ²	Lb	Lb/pulg ²
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	478.53	152.40	550.27	175.25	597.86	190.40
1.27	0.050	774.82	246.76	1085.87	345.82	1234.10	393.03
1.91	0.075	1123.90	357.93	1584.09	504.49	2005.78	638.78
2.54	0.100	1686.78	537.19	2125.44	676.89	2456.76	782.41
3.18	0.125	2375.69	756.59	2843.96	905.72	3145.67	1001.81
3.81	0.150	2657.12	846.22	3312.67	1054.99	3765.89	1199.33
4.45	0.175	2896.74	922.53	3682.07	1172.63	4235.89	1349.01
5.08	0.200	3083.96	982.15	4041.67	1287.16	4789.90	1525.45

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



Legend: 13 Golpes (blue), 27 Golpes (orange), 55 Golpes (green)

OBSERVACIONES:

INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA	Ing. LUIS E. HERRERA TERAN	M. Sc. Ing. HÉCTOR CUADROS ROJAS
Fecha: 27-11-2023	Fecha: 27-11-2023	Fecha: 28-11-2023

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR) MTC E 132 / ASTM D1883 / AASHTO T193 / NTP 339.145			
PROTOCOLO N° 20			
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:	"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"	Página:	3 DE 3
INVESTIGADOR:	: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA		
CANTERA:	"EDGAR"	TIPO DE MATERIAL	: AFIRMADO
UBICACIÓN:	C.P. PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA	PROCEDENCIA	: CANTERA DE CERRO
FECHA DE ENSAYO:	28 de octubre del 2023	MATERIAL ADICIONADO (%)	: Cloruro de Potasio 6%

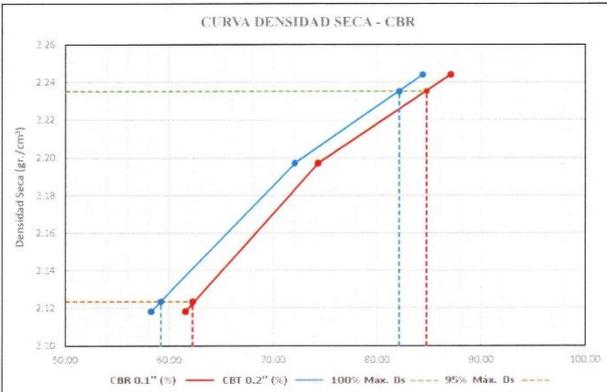
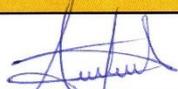
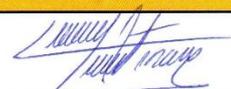
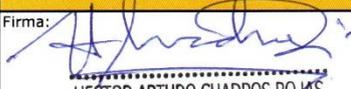
ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA			
MOLDE N°	MOLDE N° 01	MOLDE N° 02	MOLDE N° 03
Esfuerzo del suelo 0.1" (lb/pulg ²)	537.19	676.89	782.41
Esfuerzo del suelo 0.2" (lb/pulg ²)	982.15	1287.16	1525.45
Esfuerzo patrón 0.1" (lb/pulg ²)	1000	1000	1000
Esfuerzo patrón 0.2" (lb/pulg ²)	2000	2000	2000
CBR 0.1" (%)	53.72	67.69	78.24
CBR 0.2" (%)	49.11	64.36	76.27
Ds (gr/cm³)	2.123	2.166	2.263

CURVA DENSIDAD SECA - CBR



RESULTADOS	
100% Máxima Densidad Seca (gr./cm ³)	2.238
95% Máxima Densidad Seca (gr./cm ³)	2.126
CBR 0.1" (%) al 100% Máx. Ds	75.67 %
CBR 0.2" (%) al 100% Máx. Ds	73.42 %
CBR 0.1" (%) al 95% Máx. Ds	54.59 %
CBR 0.2" (%) al 95% Máx. Ds	50.43 %

OBSERVACIONES:

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR) MTC E 132 / ASTM D1883 / AASHTO T193 / NTP 339.145																																							
PROTOCOLO N° 21																																							
	NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:		"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"																																				
	INVESTIGADOR:		: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA																																				
CANTERA:	"EDGAR"	TIPO DE MATERIAL	: AFIRMADO																																				
UBICACIÓN:	C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA	PROCEDENCIA	: CANTERA DE CERRO																																				
FECHA DE ENSAYO:	01 de noviembre del 2023	MATERIAL ADICIONADO (%)	: Cloruro de Sodio 2%																																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA</th> </tr> <tr> <th>MOLDE N°</th> <th>MOLDE N° 01</th> <th>MOLDE N° 02</th> <th>MOLDE N° 03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Esfuerzo del suelo 0.1" (lb/pulg²)</td> <td style="text-align: center;">615.71</td> <td style="text-align: center;">743.24</td> <td style="text-align: center;">871.01</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo del suelo 0.2" (lb/pulg²)</td> <td style="text-align: center;">1164.63</td> <td style="text-align: center;">1441.23</td> <td style="text-align: center;">1687.51</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo patrón 0.1" (lb/pulg²)</td> <td style="text-align: center;">1000</td> <td style="text-align: center;">1000</td> <td style="text-align: center;">1000</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo patrón 0.2" (lb/pulg²)</td> <td style="text-align: center;">2000</td> <td style="text-align: center;">2000</td> <td style="text-align: center;">2000</td> </tr> <tr> <td>CBR 0.1" (%)</td> <td style="text-align: center;">61.57</td> <td style="text-align: center;">74.32</td> <td style="text-align: center;">87.10</td> </tr> <tr> <td>CBR 0.2" (%)</td> <td style="text-align: center;">58.23</td> <td style="text-align: center;">72.06</td> <td style="text-align: center;">84.38</td> </tr> <tr> <td>Ds (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">2.118</td> <td style="text-align: center;">2.197</td> <td style="text-align: center;">2.244</td> </tr> </tbody> </table>				ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA				MOLDE N°	MOLDE N° 01	MOLDE N° 02	MOLDE N° 03	Esfuerzo del suelo 0.1" (lb/pulg ²)	615.71	743.24	871.01	Esfuerzo del suelo 0.2" (lb/pulg ²)	1164.63	1441.23	1687.51	Esfuerzo patrón 0.1" (lb/pulg ²)	1000	1000	1000	Esfuerzo patrón 0.2" (lb/pulg ²)	2000	2000	2000	CBR 0.1" (%)	61.57	74.32	87.10	CBR 0.2" (%)	58.23	72.06	84.38	Ds (gr/cm ³)	2.118	2.197	2.244
ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA																																							
MOLDE N°	MOLDE N° 01	MOLDE N° 02	MOLDE N° 03																																				
Esfuerzo del suelo 0.1" (lb/pulg ²)	615.71	743.24	871.01																																				
Esfuerzo del suelo 0.2" (lb/pulg ²)	1164.63	1441.23	1687.51																																				
Esfuerzo patrón 0.1" (lb/pulg ²)	1000	1000	1000																																				
Esfuerzo patrón 0.2" (lb/pulg ²)	2000	2000	2000																																				
CBR 0.1" (%)	61.57	74.32	87.10																																				
CBR 0.2" (%)	58.23	72.06	84.38																																				
Ds (gr/cm ³)	2.118	2.197	2.244																																				
																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100% Máxima Densidad Seca (gr./cm³)</td> <td style="text-align: center;">2.235</td> </tr> <tr> <td>95% Máxima Densidad Seca (gr./cm³)</td> <td style="text-align: center;">2.123</td> </tr> <tr> <td>CBR 0.1" (%) al 100% Máx. Ds</td> <td style="text-align: center;">84.76 %</td> </tr> <tr> <td>CBR 0.2" (%) al 100% Máx. Ds</td> <td style="text-align: center;">82.11 %</td> </tr> <tr> <td>CBR 0.1" (%) al 95% Máx. Ds</td> <td style="text-align: center;">62.28 %</td> </tr> <tr> <td>CBR 0.2" (%) al 95% Máx. Ds</td> <td style="text-align: center;">59.18 %</td> </tr> </tbody> </table>				RESULTADOS		100% Máxima Densidad Seca (gr./cm ³)	2.235	95% Máxima Densidad Seca (gr./cm ³)	2.123	CBR 0.1" (%) al 100% Máx. Ds	84.76 %	CBR 0.2" (%) al 100% Máx. Ds	82.11 %	CBR 0.1" (%) al 95% Máx. Ds	62.28 %	CBR 0.2" (%) al 95% Máx. Ds	59.18 %																						
RESULTADOS																																							
100% Máxima Densidad Seca (gr./cm ³)	2.235																																						
95% Máxima Densidad Seca (gr./cm ³)	2.123																																						
CBR 0.1" (%) al 100% Máx. Ds	84.76 %																																						
CBR 0.2" (%) al 100% Máx. Ds	82.11 %																																						
CBR 0.1" (%) al 95% Máx. Ds	62.28 %																																						
CBR 0.2" (%) al 95% Máx. Ds	59.18 %																																						
OBSERVACIONES:																																							
INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.																																					
Firma: 	Firma: 	Firma: 																																					
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA	Ing. LUIS E. HERRERA TERAN	HECTOR ARTURO CUADROS ROJAS M. Sc. Ing. HECTOR CUADROS ROJAS Ingeniero Civil																																					
Fecha: 27-11-2023	Fecha: 27-11-2023	Fecha: Reg. CIP N° 219817 27-11-2023																																					

Anexo 45

Protocolo del Ensayo de CBR de la cantera Edgar con adición de cloruro de sodio al 6%.

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LABORATORIO (CBR) MTC E 132 / ASTM D1883 / AASHTO T193 / NTP 339.145										
PROTOCOLO N° 23										
NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN:			"INFLUENCIA DEL USO DE CLORUROS DE POTASIO Y SODIO AL 2%, 4% Y 6% EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EDGAR, CAJAMARCA 2023"				Página:		1 DE 3	
INVESTIGADOR:			: Br. ROGER ALEXANDER SÁNCHEZ MEDINA							
CANTERA:			"EDGAR"				TEMPERATURA DE SECADO		: 110 °C	
UBICACIÓN:			C.P PARIMARCA - CASERIO AGOMARCA SAN ANTONIO - CAJAMARCA				MÉTODO		: Horno 110°C ± 5°C	
FECHA DE ENSAYO:			01 de noviembre del 2023				MATERIAL ADICIONADO (%)		: Cloruro de Sodio 6%	

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
Cantidad de Muestra		18000.00 gr					
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Desp.	Antes	Desp.	Antes	Desp.
Peso Molde	gr.	7232.00	7232.00	7700.00	7700.00	7188.00	7188.00
Peso Muestra Húmeda + Molde	gr.	12308.00	12378.00	12975.00	13035.00	12634.00	12646.00
Peso Muestra Húmeda	gr.	5076.00	5146.00	5275.00	5335.00	5446.00	5458.00
Diámetro del Molde	cm	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20
Altura del Molde	cm	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64
Altura del Disco Espaciador	cm	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Altura Muestra Compactada	cm	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64
Volumen Muestra Húmeda	cm ³	2293.63	2293.63	2293.63	2293.63	2293.63	2293.63
Densidad Húmeda (Dh)	gr/cm ³	2.21	2.24	2.30	2.33	2.37	2.38

CONTENIDO DE HUMEDAD											
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	1 - A	1 - B	1 - C	1 - A	1 - B	1 - C	
Peso Recipiente	gr.	27.14	25.46	26.98	28.83	28.56	27.19	26.91	34.25	27.75	
Peso Muestra Húmeda + Recipiente	gr.	236.05	265.78	249.87	267.46	287.45	218.47	244.06	265.78	186.09	
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr.	225.34	253.83	238.34	254.78	272.99	208.45	232.09	252.56	176.93	
Peso del Agua	gr.	10.71	11.95	11.53	12.68	14.46	10.02	11.97	13.22	9.16	
Peso Muestra Seca	gr.	198.20	228.37	211.36	225.95	244.43	181.26	205.18	218.31	149.18	
Contenido de Humedad (W%)	%	5.40	5.23	5.46	5.61	5.92	5.53	5.83	6.06	6.14	
Promedio Contenido de Humedad	%	5.32			5.46	5.77		5.53	5.95		6.14
Ds (gr./cm ³)	gr/cm ³	2.098			2.124	2.175		2.208	2.237		2.242

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
24	01	0.0010	0.025	0.014	0.0010	0.025	0.014	0.0005	0.013	0.007
48	02	0.0010	0.025	0.014	0.0010	0.025	0.014	0.0005	0.013	0.007
72	03	0.0020	0.051	0.029	0.0015	0.038	0.022	0.0008	0.020	0.012
96	04	0.0020	0.051	0.029	0.0020	0.051	0.029	0.0010	0.025	0.014

OBSERVACIONES:

INVESTIGADOR	COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	ASESOR DE TESIS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Br. ROGER ALEXANDER SANCHEZ MEDINA	Ing. LUIS E. HERRERA TERAN	M. Sc. Ing. HÉCTOR ARTURO CUADROS ROJAS
Fecha: 27-11-2023	Fecha: 27-11-2023	Fecha: 28-11-2023

