



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y SU INFLUENCIA EN
EL MANTENIMIENTO PERIÓDICO DEL CAMINO
VECINAL EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR
ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN
MARTIN”**

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

ASESOR:

M.Sc. Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta

AUTORES:

ALTAMIRANO ALARCON, Deyvin Antony

ROMAN ROMAN, Noelio

TARAPOTO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

La presente tesis fue realizada con mucho esfuerzo, dedicación, perseverancia y compromiso. Esta presente investigación lo dedico a Dios que me ha dado la vida, sabiduría, fortaleza, por haberme guiado en cada instante de mi vida, desde el primer instante, de darme la oportunidad y permitir que logre esta meta trazada, tan anhelada cada día en hacerlo realidad, y poner en mi camino a las personas correctas, de conocer muchas amistades, cubrirme con su manto y misericordia de las adversidades, tragedias que día a día está expuesta mi vida, sentir de su presencia, recibir consuelo, paz, en las noches y momentos de angustia, a mis queridos padres por estar conmigo cuando más lo necesitaba, jamás me dejaron solo, por ese amor, cariño y apoyo incondicional, por inculcarme siempre los valores éticos morales, a perseverar y no desistir, y gracias a ello lo pude lograr, solo sé que jamás voy a poder compensarlos, son lo más importante en mi vida, mi dicha más grande por guiarme e inculcarme siempre a seguir el camino correcto, a mi hermana, tíos, primos y amigos por brindarme sus apoyo incondicional en cada momento y permitirme ser parte de ustedes, de compartir momentos maravillosos que perduraran para siempre.

A cada uno de mis Docentes que nos brindaron a detalle sus conocimientos, enseñanzas, de compartir sus experiencias profesionales y personales con la visión y objetivo de ser buenos profesionales y personas de bien para nuestro pueblo y la patria.

Deyvin Antony Altamirano Alarcón

La presente tesis es dedicada principalmente a Dios quien es el creador de todas las cosas, porque su amor y bondad no tiene fin, me permites sonreír cada logro alcanzado que son resultado de ayuda, y que cada error y/o mal paso que dé, me doy cuenta que lo pones frente a mí para que mejore como ser humano y crezca de diversas maneras.

De igual forma, a mis padres Donato Roman Chanta y Esmilda Roman Jiménez, por ser el pilar fundamental en mi vida, por haberme traído a este mundo, inculcarme buenos valores y darme la mejor educación, a mis hermanos (Ermes, Daniel, Joel y Dilcer), a mi hermanas (Orly, nieves, Gricelda y Yovany) y a mis sobrinos, pues si ellos su apoyo incondicional no lo hubiera logrado, también a todos mis familiares, amigos, compañeros de la universidad y docentes, por el apoyo incondicional, por siempre impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera.

Noelio Roman Roman

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darnos la vida, la sabiduría, el entendimiento, demostrando su amor infinito a todo el universo, y guiarnos por el sendero correcto

Asimismo, agradecer a mis Padres Jhames Robinson Altamirano Vera y Elcira Alarcón Quispe, por brindarme siempre su amor y apoyo incondicional en todo momento, siendo mi fortaleza y estando siempre muy pendientes de mí en este arduo camino, de mucha perseverancia, dedicación, y de hacer realidad una de mis tantas metas trazadas.

A mi hermana por su apoyo, motivación y consejos de superación para poder llegar a ser un gran profesional con valores de ética y moral.

A nuestro Asesor de Tesis por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a las sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas.

Al Programa Nacional de Beca 18, por brindarme todo el apoyo y lograr así cumplir una de mis metas para culminar mi carrera profesional.

Gracias a todos mis amigos, que siempre me han prestado su gran apoyo moral en la vida cotidiana, de las cuales han sido necesarios en los momentos difíciles durante la trayectoria de mi formación académica universitaria y profesional.

Deyvin Antony Altamirano Alarcón

Gracias a Dios por darme la salud, y permitirme tener y disfrutar de mi familia, ya que es el quien me ha guiado y me da la fortaleza para seguir luchando día a día.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis Padres; Donato Roman Chanta y Esmilda Roman Jiménez, a mis hermanos (Ermes, Daniel, Joel y Dilcer), hermanas (Orly, nieves, Gricelda y Yovany) y a mis sobrinos, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día creer y confiar en mí, y en mis expectativas, y gracias por siempre desear y anhelar lo mejor

para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi arduo camino durante mi vida universitaria.

También agradezco a la Universidad Científica del Perú, por haberme aceptado formar parte de ella y abierto las puertas para poder estudiar mi carrera, así como también a los compañeros de la universidad y a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante día a día y llegar a ser un profesional con buena moral y ética.

A nuestro Asesor de Tesis por la dedicación y apoyo que ha brindado en este proyecto de investigación, por el respeto a las sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas.

De igual forma Agradezco al programa Nacional Beca 18, por brindarme todo el apoyo y haber llegado a cumplir unos de mis objetivos de culminar mi carrera profesional.

Noelio Roman Roman

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

"INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y SU INFLUENCIA EN EL MANTENIMIENTO PERIÓDICO DEL CAMINO VECINAL EMP. 5M – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN 9"

De los alumnos: **ROMÁN ROMÁN NOELIO Y ALTAMIRANO ALARCÓN DEYVIN ANTONY**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **19% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 4 de junio del 2021.



Dr. César J. Ramal Alayag
Presidente del Comité de Ética - UCP

Urkund Analysis Result

Analysed Document:	UCP_INGENIERÍA CIVIL_2021_TESIS_DEYVINALTAMIRANO_NOELIORM (D107252252)
Submitted:	5/31/2021 7:46:00 PM
Submitted By:	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Significance:	19 %

Sources included in the report:

UCP_INGENIERÍA CIVIL_2021_TESIS_VICTORREÁTEGUI JOSÉ PISCOYA_V1.pdf (D107252255)
 Tesis_silvestre.docx (D31585051)
 3217-Ugaz Palomino, Roxana María.pdf (D34019423)
 6. Castro Inga. Rev. 1.pdf (D54439723)
 TITULACION_(CASTILLO_ENRIQUEZ).pdf (D62957473)
 EDWIN CABRERA CAPITULO IV..docx (D13122956)
 UCP_INGENIERIA_2019_TSP_DICKLEONARDOJARAMILLO_VF.pdf (D55270824)
 MORALES_PLAN DE PROYECTO DE INVESTIGACION.pdf (D77306027)
 UCP_INGENIERIA_2019_TSP_DICKLEONARDOJARAMILLO_VF.pdf (D55250174)
 GRAMATOLOGÍA SUBRASANTE 14052019 - URKUND 2.docx (D52141129)
 TESIS ADRIAN ARCE 4.docx (D12180457)
 TESIS ADRIAN ARCE 4.docx (D11918526)
 UCP_ING.CIV_2020_T_JAIMEVASQUEZ_CHRISTIANMARIN_V1.pdf (D75816608)
 UCP_ING. CIVIL_2021_TESIS_MERCYRAMOS_STHEFANYROBLEDO_V1.pdf (D96809080)
 Tesis Bruno Yadin Ramirez Ponce.docx (D39151794)
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14071/Briones%20Mart%C3%ADnez%20Alejandra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
http://www.rocarnix.es/TESIS/bisset_mandre_tania.pdf
http://biblioteca.uajms.edu.bo/opac_css/doc_num.php%3Fexplnum_jd%3D7761
<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1414/TP%20-%20UNH%20CIVIL.%200087.pdf?sequence=1>
<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1414/TP%20-%20UNH%20CIVIL.%200087.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://core.ac.uk/download/pdf/249337779.pdf>
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23685/Tantaquilla%20Otiniano%20Edson%20Wilmer%20-%20Valdivia%20Julca%20Freiser%20Anderzon.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
<https://docplayer.es/125672623-Instituto-superior-politecnico-jose-antonio-echeverria-facultad-de-ingenieria-civil-departamento-de-ingenieria-civil-trabajo-de-diploma.html>
<https://docplayer.es/85161393-Creative-commons-atribucion-nocomercial-sinderivadas-2-5-peru.html>

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 122-2021-UCP-FCEI del 09 de marzo de 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| • Ing. Caleb Rios Vargas, M. SC. | Presidente |
| • Ing. Joel Padilla Maldonado, M. SC. | Miembro |
| • Ing. Isaac Duhamel Castillo Chalco. | Miembro |

Como Asesor: Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc.

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 18:00 horas del día 07 de agosto del 2021, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaría Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: "INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y SU INFLUENCIA EN EL MANTENIMIENTO PERIÓDICO DEL CAMINO VECINAL EMP. SM - 102 BARRANQUITA - SECTOR ZAPÓTEPAMPA - ZANJA SECA, EL DORADO - SAN MARTÍN".

Presentado por los sustentantes:

DEYVIN ANTONY ALTAMIRANO ALARCON y NOELIO ROMAN ROMAN

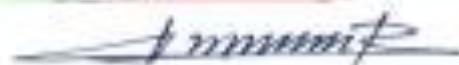
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS.**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORÍA CON LA NOTA DE (15) QUINCE.**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



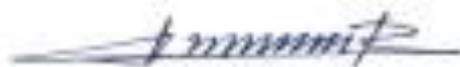
Miembro



Miembro

APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 07 de agosto a las 06:00 p.m. del 2021.



M.Sc. Ing. CALEB RÍOS VARGAS
PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Ing. JOEL PADILLA MALDONADO
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. ISAAC DUHAMEL CASTILLO CHALCO
MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA
ASESOR

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	3
APROBACIÓN	5
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	19
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	19
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	21
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	24
2.2 BASES TEÓRICAS	24
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	60
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	60
3.2 DESCRIPCIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA.....	61
3.2.1 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA	61
3.2.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	61
3.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	61
3.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	61
3.3.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	62
3.3.3 JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD.....	62
3.3.4 JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA	62
3.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.5 OBJETIVOS.....	63
3.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	63
3.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	64
3.6 HIPÓTESIS.....	65
3.6.1 HIPÓTESIS GENERAL	65
3.6.2 SUB HIPÓTESIS	65
3.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES	66
3.7.1 DEFINICIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE	66
3.7.2 DEFINICIÓN DE INDICADOR INDEPENDIENTE	66
3.7.3 VARIABLES DEPENDIENTES	66
3.7.4 DEFINICIÓN DEL INDICADOR DEPENDIENTE	67

3.7.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	68
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	69
4.1 MÉTODOLÓGÍA DE LA TESIS	69
4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	70
4.2.1. DISEÑO METODOLÓGICO.....	70
4.2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	70
4.2.2 DISEÑO DE INGENIERÍA.....	71
4.3 UNIDAD DE ESTUDIO	72
4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	72
4.4.1 POBLACIÓN	72
4.4.2 MUESTRA.....	72
4.5 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS	115
CAPÍTULO V: RESULTADOS	136
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	144
6.1 DISCUSIÓN.....	144
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
7.1 CONCLUSIONES	146
7.2 RECOMENDACIONES.....	148
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	150

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Muestra de suelo que muestra las relaciones gravimétricas y volumétricas.....	33
Ilustración 2: Límites de Atterberg y Estados de Consistencia de un Suelo.....	38
Ilustración 3: CURVA TÍPICA DE COMPACTACIÓN	41
Ilustración 4: Efecto De La Energía De Compactación En La Curva Proctor	42
Ilustración 5: Abaco De Plasticidad De Casagrande.....	46
Ilustración 6: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASTM	51
Ilustración 7: ESTADO NATURAL DEL SUELO MAS AGUA ADSORBIDA.....	57
Ilustración 8: ACCIÓN DE CON – AID: ELIMINACIÓN DE AGUA ADSORBIDA	58
Ilustración 9: ESTADO FINAL ANTES DE LA COMPACTACIÓN.....	58
Ilustración 10: CAPA ESTABILIZADORA.....	59
Ilustración 11: BALANZA.....	80
Ilustración 12: BALANZA.....	81
Ilustración 13: BADILEJO.....	81
Ilustración 14: BANDEJAS PARA ALMACENAR MATERIAL	82
Ilustración 15: COCINA INDUSTRIAL PARA SECADO DE MATERIAL	82
Ilustración 16: TARAS PARA ALMACENAR MUESTRAS	83
Ilustración 17: JUEGO DE TAMICES DE MALLA CUADRADA	83
Ilustración 18: HORNO ELECTRICO	84
Ilustración 19: Cuchara De Casagrande.....	84
Ilustración 20: MOLDE PRÓCTOR Y VÁSTAGO	85
Ilustración 21: MOLDES PARA CBR	85
Ilustración 22: PRENSA PARA ENSAYO CBR.....	86
Ilustración 23: MEZCLADO DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°40 ADICIONANDO AGUA.....	89
Ilustración 24: PREPARADO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE.....	89
Ilustración 25: PREPARADO DE SUELO MEZCLADO EN LA CUCHARA DE CASAGRANDE.	90
Ilustración 26: AMASADO DE CILINDROS HECHOS CON SUELO QUE PASA EL TAMIZ N°40.	92
Ilustración 27: COLOCADO DE LOS CILINDROS ELABORADOS PARA SU SECADO Y POSTERIOR PESADO	92
Ilustración 28: PREPARADO DE MUESTRA DE LA CANTERA PROPUESTA PARA ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO	94
Ilustración 29: PREPARACIÓN DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA ¾”, PARA SU ENSAYO DE CBR.....	96
Ilustración 30: PREPARACIÓN DE MOLDES PARA ENSAYO DE CBR.....	97
Ilustración 31: PREPARACIÓN DE MOLDES PARA ENSAYO DE CBR.....	97
Ilustración 32: SE REALIZA EL ENRASADO DEL MOLDE ENSAYADO PARA SU POSTERIOR PESADO	98
Ilustración 33: PREPARADO DE MOLDES PARA COLOCADO DE PESAS.....	98
Ilustración 34: COLOCADO DE LA SOBRECARGA Y EL DIAL SOBRE EL MOLDE ANTES DE SUMERGIRLO	99
Ilustración 35: SUMERGIDO DEL MOLDE PREPARADO CON LA SOBRECARGA DURANTE UN PERIODO DE 04 DÍAS	99
Ilustración 36: DESPUÉS DE 04 DÍAS SE EXTRAJO LAS MUESTRAS, SE DEJARON DRENAR, PARA SU APLICACIÓN EN LA PRENSA	100
Ilustración 37: COLOCACIÓN DE LOS MOLDES EN LA PRENSA CBR PARA ENSAYAR EL MATERIAL.....	101

Ilustración 38: TOMA DE MUESTRAS PARA CONTENIDO DE HUMEDAD.....	101
Ilustración 39: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA	117
Ilustración 40: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA SIN ADITIVO.	118
Ilustración 41: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.	119
Ilustración 42: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.	120
Ilustración 43: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.	121
Ilustración 44: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.	122
Ilustración 45: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA PROPUESTA SIN ADITIVO.....	127
Ilustración 46: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%	129
Ilustración 47: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%	131
Ilustración 48: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.	133
Ilustración 49: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%	135
Ilustración 50: VALORES DE ENSAYOS DE ATTERBERG.....	137
Ilustración 51: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA SIN ADICIONAR ADITIVO.	138
Ilustración 52: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 15%.	139
Ilustración 53: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 30%.	139
Ilustración 54: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 45%.	140
Ilustración 55: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 60%.	140
Ilustración 56: COMPARACIÓN DE CURVAS DE COMPACTACIÓN.....	141
Ilustración 57: VALORES DE CBR DE SUELO NATURAL COMPARADO CON SUELO ESTABILIZADO	142
Ilustración 58: COMPARACIÓN DE COSTO DE FLETE DIARIO DE CANTERA	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tamaños de la Serie de Tamices Estándar ASTM	31
Tabla 2: Valores Orientativos De Los Límites De Atterberg (Humedad Gravimétrica) Para Diferentes Suelos	40
Tabla 3: Valores Orientativos De Humedad Óptima Y Densidad Seca Máxima De Distintos Suelos	41
Tabla 4: Clasificación De Suelos Según ASTM	47
Tabla 5: Propiedades Y Aplicaciones De Los Suelos En Obras De Ingeniería	48
Tabla 6: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASTM.....	52
Tabla 7: Cuadro de Operacionalizad de variables	68
Tabla 8: MATERIALES DISPONIBLES EN EL SECTOR BARRANQUITA	73
Tabla 9: TOMA DE PESOS RETENIDOS DEL MATERIAL DE LA CANTERA.....	88
Tabla 10: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA.....	91
Tabla 11: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA.....	93
Tabla 12: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA EN ESTADO NATURAL	95
Tabla 13: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA EN ESTADO NATURAL	95
Tabla 14: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL.....	102
Tabla 15: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL	102
Tabla 16: DOSIFICACIÓN PROPUESTA PARA LOS DISEÑOS CON ADITIVO CON-AID EN LOS DIFERENTES ENSAYOS.....	104
Tabla 17: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.....	106
Tabla 18: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.....	106
Tabla 19: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.....	107
Tabla 20: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.....	107
Tabla 21: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.....	108
Tabla 22: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%..	108
Tabla 23: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%..	109
Tabla 24: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.....	109
Tabla 25: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%	110

Tabla 26: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.	110
Tabla 27: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%	110
Tabla 28: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.	111
Tabla 29: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.	111
Tabla 30: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.	111
Tabla 31: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.	112
Tabla 32: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.	113
Tabla 33: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.	113
Tabla 34: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.	113
Tabla 35: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.	114
Tabla 36: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.	114
Tabla 37: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.	114
Tabla 38: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.	115
Tabla 39: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA.....	115
Tabla 40: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA	116
Tabla 41: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA SIN ADITIVO.	117
Tabla 42: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.	118
Tabla 43: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTO CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.	119
Tabla 44: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.	120
Tabla 45: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.	121
Tabla 46: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.	122

Tabla 47: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.....	123
Tabla 48: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.....	123
Tabla 49: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.....	124
Tabla 50: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA SIN ADITIVO.....	124
Tabla 51: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.....	124
Tabla 52: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.....	125
Tabla 53: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.....	125
Tabla 54: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.....	125
Tabla 55: RESULTADO DE LOS ENSAYO DE LIMITES DE ATTENBERG DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA.....	125
Tabla 56: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTO SIN ADITIVO.....	126
Tabla 57: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.....	128
Tabla 58: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTO CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.....	130
Tabla 59: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.....	132
Tabla 60: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.....	134
Tabla 61: RESULTADO DEL ENSAYO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA ESTABILIZADO CON ADITIVO CON-AID Y COMPARADO CON EL SUELO NATURAL.....	136
Tabla 62: COMPARACIÓN DEL COSTO DE FLETE DE LAS DIFERENTES CANTERAS.....	142

RESUMEN

La presente investigación busca mejorar las propiedades físico mecánicas del suelo del material del camino vecinal EMP SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, adicionándole aditivo de característica ionizante llamado (CONAID).

Para el desarrollo experimental del trabajo de investigación, se realizó los ensayos de laboratorio adicionando aditivo químico CONAID al 15%, 30%, 45% y 60% para determinar la plasticidad del suelo, el grado de compactación, la capacidad de soporte CBR, y costos del suelo estabilizado.

Logrando así demostrar que al incrementar aditivo iónico al material de cantera se obtuvo incrementos del grado de compactación de dicho material, también se demostró que se incrementa la capacidad de soporte CBR en un 244.35 % al añadir un 60% de aditivo CONAID.

El tratamiento adecuado de suelos para intensificar sus propiedades físicas y mecánicas es de suma importancia. Ya que, en algunas regiones del país existen suelos que no son aptos para construir sobre ellos, es por eso que es necesario recurrir a la estabilización de suelos con algunos métodos que representan un costo adicional.

Palabras claves: Aditivos, suelos, índice CBR, aditivo CONAID.

ABSTRACT

This research seeks to improve the physical mechanical properties of the soil of the material of the neighborhood road EMP SM - 102 BARRANQUITA - ZAPOTEPAMPA SECTOR - ZANJA SECA, EL DORADO - SAN MARTIN, adding an ionizing characteristic additive called (CONAID).

For the experimental development of the research work, laboratory tests were carried out adding CONAID chemical additive at 15%, 30%, 45% and 60% to determine the plasticity of the soil, the degree of compaction, the CBR support capacity, and stabilized soil costs.

Thus, achieving to demonstrate that by increasing the ionic additive to the quarry material, increases in the degree of compaction of said material were obtained, it was also demonstrated that the CBR support capacity is increased by 244.35% when adding 60% of CONAID additive.

Proper soil treatment to enhance its physical and mechanical properties is of utmost importance. Since, in some regions of the country there are soils that are not suitable to build on them, that is why it is necessary to resort to soil stabilization with some methods that represent an additional cost.

Keywords: Additives, soils, CBR index, CONAID additive.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En estos tiempos, está en boga hablar de liderazgo, innovación, investigación e iniciativa, pero, sin embargo, la mayoría de nosotros no aplicamos ni las llevamos a la práctica ni mucho menos a la teoría, esta responsabilidad no recae únicamente en nuestras autoridades o representantes.

Sino también en nosotros y con mayor rigor en los estudiantes y profesionales jóvenes, los cuales tenemos la obligación de innovar, crear, desarrollar nuevas prácticas y tecnologías.

Es así que el presente trabajo de investigación es un esfuerzo por innovar en la tecnología de estabilización del suelo, con el fin último de aportar en el desarrollo de la ciencia y la tecnología y por ende en nuestra polarizada sociedad.

La investigación que se llevará a cabo tiene como objetivo incrementar la capacidad de soporte CBR, grado de compactación, plasticidad del material, de cantera a utilizar para el mantenimiento periódico del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, adicionando a este material estabilizante iónico.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El presente trabajo consistirá en proponer las condiciones de Transitabilidad de la vía, por medio de uso de aditivos en la estabilización del afirmado para el mejoramiento del Camino Vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN.

En este proyecto de investigación nos apoyamos en otras investigaciones relevantes.

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

La presente investigación en mención cuenta con estudios similares de carácter internacional, los cuales son los siguientes:

- En Colombia, Bucaramanga, en la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías físico mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, en el año 2015 fue presentada una tesis por parte de JESÚS ALBERTO DÍAZ ARIZA, JULIO CESAR MEJÍA VARGAS denominada: “**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE EL USO DE UN ADITIVO QUÍMICO A BASE DE COMPUESTO INORGÁNICO**”. La cual tiene como resumen:

“La aplicación de un estabilizante químico llamado STABTOS el cual es comercializada en Colombia, la cual se usa para mejorar las propiedades del suelo e incrementar la resistencia de los suelos (ruitoque, Barrancabermeja, Lebrija) suelos finos plásticos arcillosos. En la cual se determinó de acuerdo a las pruebas mecánicas se demuestra que mejoro la resistencia del suelo, incremento el CBR y disminución de absorción de agua.”

- ROLDÁN, Jairon. En su trabajo de investigación titulado: **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CLORURO DE SODIO (NACL) PARA BASES Y SUB BASES**. (Tesis de pre grado). Universidad de

San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala. 2010. Concluyó que: debe evitarse el uso de NaCl en un terreno de capilaridad alta, donde haya una fuente de agua a poca profundidad (nivel freático) o en un lugar con infiltración lateral; a menos que se tomen las precauciones adecuadas para interceptar este flujo de agua y drenarlo de la base o sub base estabilizada, ya que el cloruro de sodio es soluble en agua y se le debe proteger contra la cantidad excesiva de humedad.

- QUINCHE, Wilson. En su trabajo de investigación titulado: **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA USO EN VÍAS TERRESTRES URBANIZACIÓN BELLA MARÍA.** (Tesis de pre grado), Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador. 2006. Concluyó que: en el estudio experimental, destinado a evaluar la estabilización con Cloruro de Sodio (NaCl), Cal y Cloruro de Calcio (CaCl₂), en suelos arcillosos y limosos, y cuyos resultados se encaminan a la aplicación en terracerías de las vías terrestres. Se trabajó con dos tipos de suelos, el primero de ellos, con un alto potencial de expansión, para ser usado con NaCl y Cal; y el segundo, de baja plasticidad, para CaCl₂, presentan las siguientes conclusiones: El índice de plasticidad para cada tipo de suelo disminuye al aplicar el estabilizante al suelo.

Las características de compactación para cada uno de los suelos son similares, debido a que existe un incremento en la densidad seca máxima y una disminución en el contenido óptimo de humedad.

En lo referente al ensayo CBR, existe un incremento en la capacidad de soporte para los tres tipos de estabilización en comparación con el suelo en estado natural.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

La presente investigación se presenta como una nueva faceta de investigación dentro de nuestra zona de influencia del estudio, cabe mencionar que cuenta con estudios similares anteriormente realizados, los cuales se mencionan:

- En Perú, en la ciudad del Cusco, en la Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingenierías, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, en el año 2015 fue presentada una tesis por parte de CANDÍA TORRES KELLY, PAZ OVIEDO ANDERSON, para optar al título profesional de ingeniero civil, con la tesis de nombre: **“DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE UNA BASE ESTABILIZADA CON ADITIVO QUÍMICO MAS CEMENTO CON SUELO DE LA CANTERA KM 126+140 APLICADO EN EL TRAMO ACOMAYO – ACCOS.”** La cual tiene como resumen:

“Analizar y determinar el coeficiente estructural de una base estabilizada con aditivo químico CON-AID más cemento al 0.5% respecto al peso del material para obtener el cálculo exacto de espesores para la conformación del paquete estructural y de esta manera evitar sub dimensionar o sobre dimensionar el mismo.

De esta manera lograron obtener el valor del coeficiente estructural de 0.14 que garantizara resultados de calidad para futuros proyectos de la región del Cusco donde se empleó este tipo de estabilización”.

- En Perú, Piura, en la Universidad de Piura, Departamento de Ingeniería Civil, en el año 2015 fue presentada una tesis por parte de RAVINES MERINO, MARÍA ALEJANDRA denominada **“PRUEBAS CON UN PRODUCTO ENZIMÁTICO COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUELOS EN CARRETERAS”**. La cual tiene como resumen:

“La evaluación y aplicación de un estabilizante Perma - Zyme 22X, como aditivo a base de enzimas orgánicas, para estabilizar los suelos

al incrementar la resistencia de suelos finos plásticos arcillosos en las carreteras del Perú.

En la cual se determinó de acuerdo a las pruebas mecánicas se demuestra que existe una tendencia a mejorar las propiedades de los suelos finos plásticos arcillosos; tales como: Aumento del valor de soporte relativo y de la resistencia teniendo la tendencia a la disminución de absorción de agua e hinchamiento en carreteras no pavimentadas.”

- **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.** En el Manual de Carreteras titulado: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013. Lima, Perú. 2013. Concluyó que:

La estabilización de suelos, en el capítulo III: Afirmados, cuenta con 5 secciones para estabilización de suelos:

Sección 301. A: Suelos estabilizados con cemento.

Sección 301. B: Suelos estabilizados con cal. Sección.

301. C: Suelos estabilizados con productos químicos.

Sección 301. D: Suelos estabilizados con sales.

Sección 301. E Suelos estabilizados con emulsión asfáltica.

- **DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES.** En la Norma de ensayo sobre Estabilización Química de suelos titulado: **NORMA TÉCNICA DE ESTABILIZADORES QUÍMICOS (MTC E 1109 – 2004). LIMA, PERÚ. 2004.** Concluyó que: esta Norma Técnica ha sido desarrollada para establecer un procedimiento de verificación en que los estabilizadores químicos cumplan con las características técnicas inherentes a su elaboración, las mismas que han sido previamente definidas por su representante en el ámbito nacional y establecer los métodos de ensayo que se deben utilizar en la evaluación de las propiedades de comportamiento del suelo mejorado.

- **GOBIERNO REGIONAL DE ANCASH.** En el proyecto titulado: **CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA RUTA AN-103: EMP. PE-1N - DV. NEPEÑA - SAN**

JACINTO - MORO - HORNILLO - PAMPAROMAS – DV. HUATA – PUEBLO LIBRE – EMP. PE–3N. ANCASH, PERÚ. 2009. Concluyó que: la aplicación del sistema Consolid en el proyecto de Conservación vial incrementó considerablemente el CBR, tal es así que en un suelo tipo SM (areno limoso) se incrementó el CBR 95% de 22.80% a 36% y para un suelo tipo SC (areno arcilloso) el CBR 95% se incrementó de 4.20 % a 48.50%.

- **CHOQUE, Héctor.** En su trabajo de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE ADITIVOS QUÍMICOS EN LA EFICIENCIA DE LA CONSERVACIÓN DE SUPERFICIES DE RODADURA EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS.** (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 2012. Concluyó en lo siguiente: los aditivos aplicados bajo las mismas condiciones en la investigación no resultaron efectivos. El uso de los aditivos no resulta económicamente y técnicamente favorables para el mejoramiento superficial en carreteras no pavimentadas bajo las mismas condiciones.
- **GUTIÉRREZ, Carlos.** En su trabajo de investigación titulado: **ESTABILIZACIÓN QUÍMICA DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN EL PERÚ Y VENTAJAS COMPARATIVAS DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE CALCIO.** (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. 2010. Concluyó que: se ha demostrado técnica, económica y ambientalmente que el Cloruro de Magnesio hexahidratado tiene grandes desventajas frente al Cloruro de Calcio. Con los grandes salares los cuales se producen Cloruro de calcio ubicados en Huacho y Lima se pueden estabilizar a un bajo costo las carreteras de BVT de la costa norte, centro y sur del Perú. Para las carreteras de bajo volumen de tránsito es conveniente privilegiar la creación de carreteras más económicas que sería con el Cloruro de Calcio, el cual presenta mejores aspectos técnicos, económicos y ambientales.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

ALIPIO, Aquiles. En su trabajo de investigación titulado: **USO DE ADITIVO A BASE DE AMINA PARA ASFALTO, EN EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA CIUDAD DE TARAPOTO.** (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto, Perú. 2013. Concluyó que: el uso de aditivo a base de amina para asfalto mejora sustancialmente la adhesividad entre los componentes de la mezcla asfáltica y la dosificación recomendada es el 0.5 % del peso del cemento asfáltico.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 DEFINICIÓN DE SUELO.

Desde el punto de vista de la ingeniería, suelo es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras, del que importan las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas. Se diferencia del término roca al considerarse específicamente bajo este término un sustrato formado por elementos que pueden ser separados sin un aporte significativamente alto de energía.

Se considera el suelo como un sistema multifase formado por:

- Fase sólida, que constituyen el esqueleto de la estructura del suelo.
- Fase líquida (generalmente agua).
- Fase gaseosa (generalmente aire) espacios vacíos.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez, (2005), Pág. 51.

Tradicionalmente, el suelo ha sido definido como un “agregado de partículas minerales, a la suma parcialmente cementadas”. Si nos adentramos en el campo de la ciencia y de la técnica esta definición se difumina, adoptando una significación distinta dependiendo de la disciplina que lo estudie, así para un ingeniero geotécnico, el suelo es un material natural que, a diferencia de la roca, presenta una marcada modificación de sus propiedades en presencia de agua.

Luis Bañón Blázquez, (2007), Pág. 02.

2.2.1.1 FORMACIÓN DE LOS SUELOS

Fundamentalmente, en la formación de los suelos como descomposición de la roca madre, podemos diferenciar en grandes rasgos la Erosión o Degradación que a su vez puede ser Física como también Química o mecánica.

Dentro de estas acciones debemos saber que la primera solamente dará como productor granos de gravas arenas o limos, ya que para las arcillas se requiere de transformaciones químicas.

2.2.1.1.1 EROSIÓN IN-SITU

2.2.1.1.1.1 CAMBIOS DE TEMPERATURA

Los efectos del sol en la superficie de la roca actuando sobre la misma durante varias horas del día, hace que la temperatura de la misma se incremente en varios grados y que dicha temperatura además penetre en la masa rocosa. Posteriormente cuando cae el sol la temperatura de la superficie baja en forma brusca, haciendo que, entre la parte superficial de la misma y la parte interna, se produzcan un gradiente de temperatura que dilata la roca en distintas magnitudes generando esfuerzos internos de gran magnitud que por una acción repetitiva (varios años) fatiga a la roca y finalmente la rompe.

2.2.1.1.1.2 CRECIMIENTO DE CRISTALES

Es una de las acciones que se producen en las rocas agrietadas, o micro fisuradas es la penetración del agua libre que luego por la acción de un cambio de temperatura puede congelarse, provocando grandes esfuerzos de compresión en la grieta que la contiene, logrando con ello ensanchar y desgastar a las paredes de la misma.

2.2.1.1.1.3 TENSIONES DE LA CORTEZA TERRESTRE

Es una de las acciones que suelen ocurrir en la corteza terrestre, y que pueden derivar en la formación de partículas de menor tamaño, son todos los movimientos que se generan tales como los terremotos y que, además, provocan la formación de diaclasas, plegamientos, etc.

2.2.1.1.1.4 EFECTOS DE LA GRAVEDAD

Rotura y desprendimientos de macizos rocosos sin contención lateral, que son arrastrados por acción de la gravedad cayendo de alturas considerables y que por efectos del golpe generan partículas de menor tamaño.

2.2.1.1.2 EROSIÓN POR TRANSPORTE

La erosión por transporte, tiene una importancia fundamental en la formación de suelos, la misma, además, resulta como la acción repetitiva de muchos años (miles) sobre la misma partícula hasta que la misma se deposita en lo que nosotros imaginamos como disposición final y que sin duda en un futuro, tal vez muy lejano, cambiará.

Dentro de la erosión por transporte podemos mencionar:

- Al agua como transporte fluvial y/o marítimo.
- Al viento con su acción de transporte eólico.
- A los glaciares con su acción de transporte y de grandes presiones.

2.2.1.1.3 EROSIÓN QUÍMICA

La erosión química es la gran generadora de suelos finos y fundamentalmente de las partículas de arcilla. Dentro de este tipo de acción podemos mencionar a las siguientes:

2.2.1.1.3.1 HIDRATACIÓN

Resulta como consecuencia de la adición de agua a un compuesto químico para formar como conclusión otro compuesto químico, por ejemplo, si a la “Anhidrita” le adicionamos agua habremos formado el yeso con un incremento de volumen de 1 a 1,6 veces y desarrollando presiones del orden de los 20 kg/cm² si impedimos el aumento de volumen.

2.2.1.1.3.2 HIDRÓLISIS

Es la descomposición química de una sustancia por medio del agua, se produce como efecto de que el agua libre, de los climas tropicales de intensa pluviosidad, donde las rocas están formadas fundamentalmente de Silicatos y óxidos de Fe y Al, el agua libre afloja la ligazón con estos elementos y provoca su descomposición.

2.2.1.1.3.3 DISOLUCIÓN

Aun cuando la Disolución es un fenómeno físico, en la erosión de los suelos y rocas, actúa casi siempre acompañado de una importante combinación y transformación química, por lo tanto, se lo encuadra en este tipo de fenómenos. Si bien las formaciones calcáreas (roca caliza) son en general poco solubles en agua, (0,065 gr/litros) cuando en el agua de contacto está presente al anhídrido carbónico, el carbonato de calcio es disuelto lentamente en forma de bicarbonato de calcio que puede llegar a una concentración en agua de 160 gr/litros.

2.2.1.1.3.4 OXIDACIÓN

La oxidación que sufren los óxidos ferrosos liberados debido a la hidrólisis, los lleva a transformarse en óxidos férricos.

Una evidencia de este accionar se da en la erosión química que sufren los basaltos que primeramente se descomponen en Saprófitos de color amarillo y posteriormente por una fuerte oxidación debido al oxígeno disuelto que aportan las lluvias, se transforman en Lateritas con un fuerte color rojo.

2.2.1.2 SUELO COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL

La mecánica del suelo forma parte de la teoría de las estructuras. En general, se acostumbra a proyectar las estructuras en el esquema simple de que la misma comienza a nivel del suelo de fundación, olvidándose de la parte inferior.

Pero en realidad la estructura está constituida no solo por la parte superior, sino también por la que se encuentra debajo, y ésta debe dimensionarse como parte integrante de la misma, para que resista de manera similar.

El material de fundación es el determinante de aquellos desplazamientos (movimientos diferenciales) que se adoptaron para la determinación de los esfuerzos adicionales en los cálculos realizados en Teoría de las Estructuras, resultantes de los asentamientos provocados por la deformación del suelo.

Cuando se proyecta una estructura es necesario analizar las condiciones de los suelos. Estrictamente, nos interesan las propiedades hidráulicas y las mecánicas: resistencia y deformabilidad, y las propiedades físicas.

Por ejemplo, la resistencia no permitirá dimensionar las bases con un cierto coeficiente de seguridad a la rotura, la deformabilidad indicará cual será la magnitud de los desplazamientos a tener en cuenta a través del tiempo.

El ingeniero utiliza el suelo en las condiciones en que se encuentra en la naturaleza, o bien como materia prima o como material de

construcción, y con esa materia prima fabrica un material nuevo (Suelo cal, Suelos cemento, Terraplenes, Diques de materiales sueltos, etc.).

Las propiedades de ese material nuevo, o más bien, la utilidad potencial de la materia prima para producir ese material nuevo de características determinadas, está ligado, por la experiencia, a las propiedades físicas de los suelos. Dicho de otra manera: si se ha empleado un suelo de determinadas características físicas del cual se conoce, por ejemplo, su comportamiento mecánico, se puede, entonces, predecir que, utilizando otros suelos de las mismas propiedades físicas, se obtendrán comportamientos similares.

Un tercer propósito no menos importante que los anteriores, se sirve de las propiedades físicas. En fundaciones y mecánicas de suelo, más que en cualquier otra rama de la ingeniería civil, es necesaria la experiencia para actuar con éxito. El proyecto de las estructuras comunes fundadas sobre suelos, o de aquellas destinadas a retener suelos, debe necesariamente basarse en modelos matemáticos que funcionan en entornos muy definidos, así que éstas pueden ser utilizadas con propiedad, solamente por el ingeniero que posee un bagaje suficiente de experiencia.

Las obras de mayor envergadura, con características poco comunes, suelen justificar la aplicación de métodos científicos en su proyecto pero, a menos que el ingeniero a cargo de las mismas posea una gran experiencia, no podrá preparar inteligentemente el programa de ensayos requeridos ni interpretar sus resultados en la forma debida.

Como la experiencia personal no llega nunca a ser lo suficientemente extensa, el ingeniero se ve muchas veces obligado a basarse en informes sobre experiencias ajenas. Si estos informes contienen una descripción adecuada de las condiciones del suelo, los mismos constituyen una fuente estimable de conocimientos de otro modo, pueden conducir a conclusiones totalmente erróneas.

Por esta razón, uno de los principales propósitos perseguidos para reducir los riesgos inherentes a todo trabajo con suelos, ha consistido en buscar métodos para diferenciar los distintos tipos de suelos de una misma categoría. Las propiedades físicas en que se basa dicha diferenciación se conoce con el nombre de propiedades índice.

La naturaleza de cualquier suelo puede ser alterada si se lo somete a un tratamiento adecuado. Por ejemplo, una arena suelta puede transformarse en densa si se la vibra adecuadamente.

Por eso, el comportamiento de los suelos en el terreno depende no sólo de las propiedades significativas de los granos de su masa, sino que también de aquellas propiedades que tiene su origen en el acomodamiento de las partículas dentro de la misma. De ahí que resulta conveniente dividir las propiedades índices en dos clases:

- Propiedades de los granos del suelo.
- Propiedades de los agregados del suelo

2.2.1.3 PROPIEDADES ELEMENTALES DE LOS SUELOS

2.2.1.3.1 GRANULOMETRÍA

La granulometría indica la distribución por tamaños de partículas de un suelo determinando la curva granulométrica por tamizado en columna de tamices de la serie normalizada. Los tamices que se emplean se acoplan de manera que van disminuyendo sus aberturas de arriba abajo. La muestra se deposita en el tamiz superior y se somete el conjunto de tamices a la acción de un agitador mecánico o manual.

José Javier Márquez, 2006, Pág.05.

Tabla 1: Tamaños de la Serie de Tamices Estándar ASTM

malla N°	abertura (mm)
4	4.75
6	3.35
8	2.36
10	2.00
16	1.18
20	0.85
30	0.60
40	0.43
50	0.30
60	0.25
80	0.18
100	0.15
140	0.11
170	0.09
200	0.08
270	0.05

Fuente: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez

La curva granulométrica sirve para determinar las aberturas por las que pasa el 10, 30 y 60% de suelo.

El análisis granulométrico es un ensayo de identificación del que no se obtendrán índices que expresen cuantitativamente las propiedades mecánicas de un suelo. La granulometría junto con otros ensayos pondrá de manifiesto desde un punto de vista cualitativo cuando dos suelos son similares y cabe esperar un comportamiento semejante.

Son de interés los siguientes parámetros:

- **Diámetro eficaz (D10):** Abertura del tamiz por la que pasa el 10% de partículas del suelo. Juega un importante papel en el valor de la conductividad hidráulica del suelo.
- **Coefficiente de uniformidad:** Determina la uniformidad del suelo. Un suelo con $C_u \leq 2$ se considera uniforme, mientras que un valor de $C_u \geq 10$ indica que se trata de un suelo de una granulometría muy diversa. Siendo D60 la luz del tamiz por la que pasa el 60 % de partículas del suelo.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

- **Coefficiente de concavidad:** Proporciona información sobre si el suelo está bien o mal graduado. Un suelo bien graduado tiene proporciones equilibradas de arena, limo y arcilla. Si hay tamaños de partícula no presentes estará mal graduado. Un valor cercano a uno indica que el suelo está bien graduado, mientras que valores mucho menores o muchos mayores indican suelos con una granulometría muy diversa. En general los suelos bien graduados se compactan mejor y pueden adquirir permeabilidad y deformabilidad más bajas. Siendo D30 la luz del tamiz por la que pasa el 30 % de partículas del suelo

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

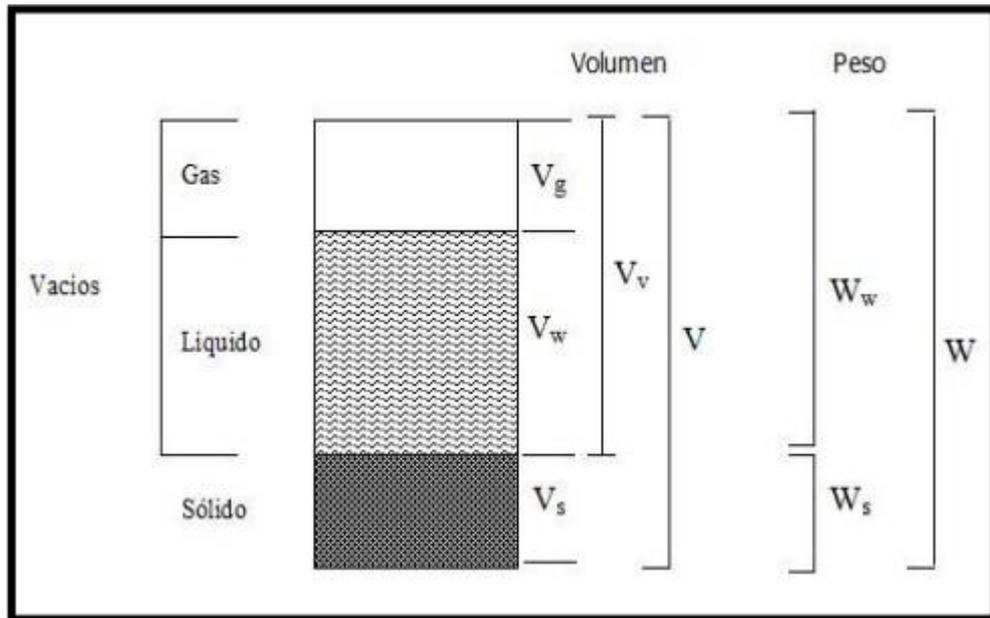
2.2.1.3.2 RELACIONES VOLUMÉTRICAS Y GRAVIMÉTRICAS DE LOS SUELOS.

2.2.1.3.2.1 POROSIDAD (n).

Un suelo es un sistema multifásico: sólido, líquido (agua) y gaseoso (aire). Si el suelo está seco sólo tendrá dos fases (sólido y aire).

José Javier Márquez, 2006, Pág.07.

Ilustración 1: Muestra de suelo que muestra las relaciones gravimétricas y volumétricas



Fuente: Ingeniería de cimentaciones - Peck, Hanson, Thornburn.

- V_g : Volumen de aire.
- V_w : Volumen de agua.
- V_s : Volumen de sólido.
- V_v, V_p : Volumen de poros.
- V, V_t : Volumen de total.
- W_w : Peso del agua.
- W_s : Peso del sólido.
- W : peso total.

2.2.1.3.2.2 RELACIÓN DE VACÍOS (e).

La relación de vacíos u oquedad (e) se define como el volumen de vacíos entre el volumen de sólidos:

$$e = \frac{v_v}{v_s}$$

Peck, Hanson, Thornburn, (2012), Pág.38.

2.2.1.3.3 CONTENIDO DE HUMEDAD

Se trata de la humedad gravimétrica.

$$\omega = \frac{W_{H_2O}}{W_s}$$

Siendo W_{H_2O} el peso del agua que contiene el suelo y W_s el peso del suelo seco (peso de las partículas sólidas).

José Javier Márquez, 2006, Pág.08.

2.2.1.3.4 PESO ESPECÍFICO.

2.2.1.3.4.1 PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS (G_s).

Es el cociente entre el peso de las partículas sólidas y el volumen de partículas sólidas.

$$G_s = \frac{W_s}{V_s}$$

El valor de típico de G_s de las arenas es aproximadamente 2,65 T/ m³ y el de las arcillas entre 2,5 y 2,9 T/ m³.

2.2.1.3.4.2 PESO ESPECÍFICO SECO DE UN SUELO (γ_d).

Es el cociente entre el peso de las partículas sólidas y el volumen total.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_T}$$

Sustituyendo y operando se obtiene:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_T} = \frac{G_s V_s}{V_T} = \frac{G_s V_s}{V_s + V_p} = \frac{G_s}{1 + e}$$

2.2.1.3.4.3 PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL SUELO (γ).

Depende del contenido de humedad del suelo.

$$\gamma = \frac{W_T}{V_T} = \frac{W_s + W_{H_2O}}{V_T} = \frac{W_s}{V_T} + \frac{W_{H_2O}}{V_T} = \gamma_d + \frac{W_s \omega}{V_T} = \gamma_d + \gamma_d \omega = \gamma_d (1 + \omega)$$

2.2.1.3.4.4 PESO ESPECÍFICO SATURADO (γ_{sat}).

Es el mayor valor que puede tomar el peso específico saturado y se produce cuando todos los poros están ocupados por agua.

$$\gamma_{sat} = \frac{W_s + W_{H_2O}}{V_T}$$

Teniendo en cuenta que el peso específico del agua es:

$$\gamma_w = \frac{W_{H_2O}}{V_{H_2O}} = \frac{W_{H_2O}}{V_p}$$

Se obtiene:

$$\gamma_{sat} = \frac{W_s + \gamma_w V_p}{V_T} = \gamma_d + \frac{V_p \gamma_w}{V_T} = \gamma_d + n \gamma_w = \gamma_d + \frac{V_p}{V_T} \frac{W_{H_2O}}{V_p} = \gamma_d + \frac{W_{H_2O}}{V_T} = \gamma_d (1 + \omega)$$

Puesto que, en este caso, el suelo se encuentra en saturación, el contenido de humedad será (ω_{sat}), por lo que:

$$\gamma_{sat} = \gamma_d (1 + \omega_{sat})$$

2.2.1.3.4.5 PESO ESPECÍFICO SUMERGIDO (γ_{sum} o γ').

Se produce cuando un material está por debajo del nivel freático. Se determina como la diferencia del peso específico saturado y el peso específico del agua.

$$\gamma_{sum} = \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = \gamma_d + n \gamma_w - \gamma_w = \gamma_d + \gamma_w (n - 1)$$

2.2.1.3.5 GRADO DE SATURACIÓN

Es la fracción de poros rellena de agua.

$$S = \frac{V_{H_2O}}{V_p}$$

José Javier Márquez, 2006, Pág.09

En suelo seco $S = 0$ y en suelo saturado $S = 1$.

Teniendo en cuenta que

$$V_{H_2O} = \frac{W_{H_2O}}{\gamma_w} = \frac{\omega W_s}{\gamma_w}$$

Y que

$$G_s = \frac{W_s}{V_s}$$

Obtenemos:

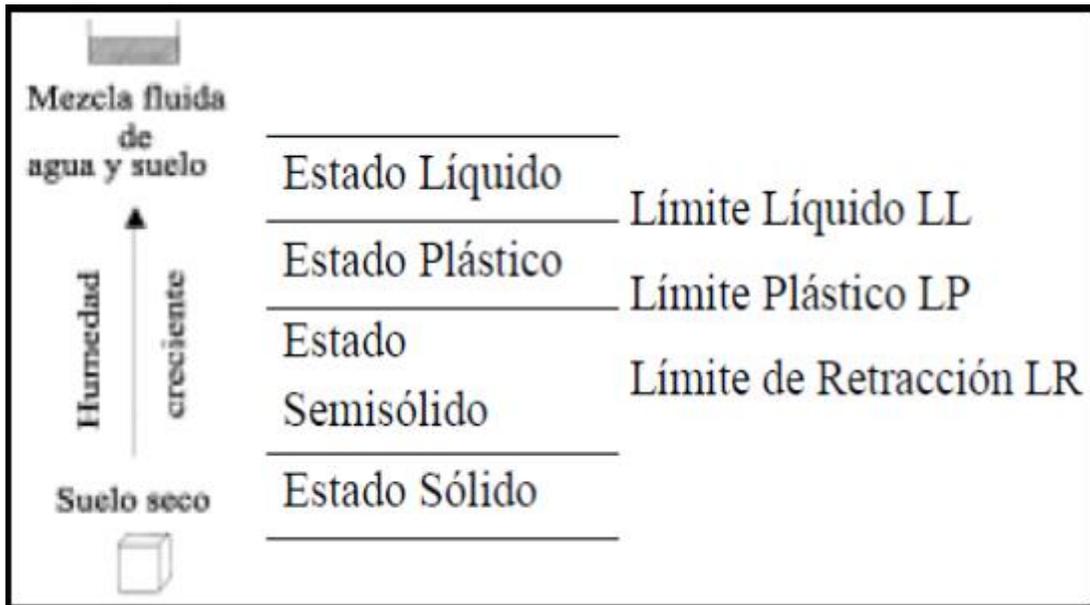
$$S = \frac{\omega W_s}{V_p \gamma_w} = \frac{\omega V_s G_s}{V_p \gamma_w} = \frac{(\omega V_s G_s) / V_s}{(V_p \gamma_w) / V_s} = \frac{\omega G_s}{e \gamma_w}$$

2.2.1.3.6 PLASTICIDAD (LÍMITES DE ATTERBERG)

Los límites de Atterberg dan información sobre el estado de consistencia o coherencia de las partículas de un suelo. El parámetro que regula el estado de coherencia de un suelo es el contenido de humedad y a medida que ésta disminuye el suelo puede pasar por los estados líquido, plástico, semisólido y sólido, estableciéndose entre ellos los límites líquidos, plástico y de retracción.

José Javier Márquez, 2006, Pág.09.

Ilustración 2: Límites de Atterberg y Estados de Consistencia de un Suelo



Fuente: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez

Si tomamos un terrón de suelo arcilloso, seco, presenta un estado sólido que hace difícil desmenuzarlo manualmente. Si sobre este terrón hacemos gotear agua, poco a poco, llega un momento en que se aprecia que se hincha, se ha alcanzado el límite de retracción (LR); si continuamos echando agua, el terrón comienza a desmenuzarse, pero sin poderse moldear, estamos en el estado semisólido, que finaliza en el momento en el cual se obtiene una masa que se amasa fácilmente sin roturas ni desmenuzamiento.

Se ha llegado al límite plástico (LP). Si se sigue añadiendo agua, la masa se va convirtiendo en demasiado moldeable, estamos en el estado plástico, hasta que la masa fluye, llegando al límite líquido (LL), a partir del cual se está en el estado líquido.

Para la determinación de los Límites de Atterberg se utiliza solamente la porción de suelo que pasa por el tamiz de 0,40 mm (Nº40 ASTM).

2.2.1.3.6.1 LÍMITE LÍQUIDO

El límite líquido se determina con el ensayo de la cuchara de Casagrande. En el fondo de una cuchara mecánica se pone una porción de suelo amasado con una cierta cantidad de agua, formando un casquete esférico que se divide en dos partes iguales, con un acanalador normalizado, formando un surco. Se agita la cuchara a razón de dos golpes por segundo, hasta que los bordes del surco en el fondo de la cuchara se unan, y se cuenta el número de golpes para cada diferente porcentaje de humedad. El porcentaje de humedad que corresponde a 25 golpes, es el límite líquido.

2.2.1.3.6.2 LÍMITE PLÁSTICO

El Límite Plástico corresponde a la menor humedad de un suelo que permite realizar con él pequeños cilindros de 3 mm de diámetro.

Si los cilindros se rompen con un diámetro superior a 3 mm, la humedad es inferior al LP y si se rompen con un diámetro inferior, la humedad del suelo supera al LP.

2.2.1.3.6.3 LÍMITE DE RETRACCIÓN

El Límite de Retracción es el contenido de humedad por debajo del cual, una pérdida de agua por secado, no produce una reducción de volumen de suelo.

2.2.1.3.6.4 ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Otro parámetro importante es el Índice de Plasticidad (IP) que es la diferencia entre los límites líquido y plástico e indica el intervalo de humedades entre las cuales el suelo se comporta como un material plástico, es decir mide la plasticidad del suelo.

$$IP = LL-LP$$

Un límite líquido alto indica una alta elasticidad del suelo. Un valor muy alto del índice plástico significa una alta probabilidad de hinchamiento.

La plasticidad se corresponde con otras propiedades del suelo como son la cohesión, la permeabilidad, el entumecimiento o la compresibilidad. No interesa que el material tenga plasticidad porque si se aplica una carga el material se deforma. Es recomendable, por tanto, suelos que tengan comportamiento elástico con deformaciones recuperables por lo que conviene que el IP sea pequeño

Tabla 2: Valores Orientativos De Los Límites De Atterberg (Humedad Gravimétrica) Para Diferentes Suelos

TIPO DE SUELO	ARENA	LIMO	ARCILLA
Limite Líquido	15-20	30-40	41-150
Limite Plástico	-	20-25	25-50
Límite de Retracción	dic-18	14-15	ago-35

FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez.

2.2.1.3.7 COMPACTACIÓN DE SUELOS

La consolidación de un suelo es un proceso natural de disminución de volumen de poros de un suelo, producido por la acción de cargas estáticas durante un período de tiempo amplio.

La compactación es un proceso mecánico cuyo objetivo es reordenar las partículas del suelo para disminuir el volumen de poros y aumentar la densidad.

2.2.1.3.7.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

El ingeniero R. Proctor demostró que para contenidos de humedad crecientes y una determinada energía de compactación, la densidad lograda aumenta ya que el agua actúa como lubricante entre las partículas del suelo,

incrementándose la densidad hasta un cierto punto en el cual, al seguir añadiendo agua, la densidad empieza a decrecer.

El agua ha dejado de desplazar aire y como es incompresible, empieza a desplazar las partículas de suelo, incrementando el volumen y disminuyendo la densidad.

Para cada suelo existe un contenido en humedad que proporciona la máxima densidad seca.

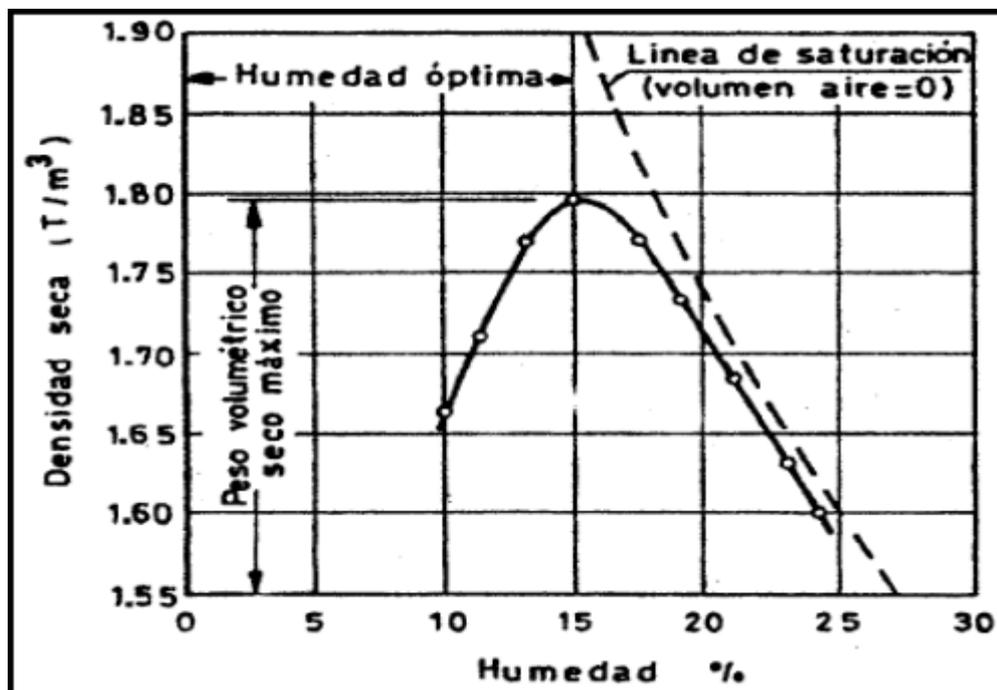
Este es el contenido de humedad óptimo que es el que se debe utilizar en obra cuando se va a compactar un suelo.

Tabla 3: Valores Orientativos De Humedad Óptima Y Densidad Seca Máxima De Distintos Suelos

TIPO DE SUELO	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	DENSIDAD SECA (kg/m^3)
Arcilloso	20-30	1450-1700
Limo – Arcilloso	15-20	1600-1850
Areno – Arcilloso	ago-15	1750-2150

FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez

Ilustración 3: CURVA TÍPICA DE COMPACTACIÓN



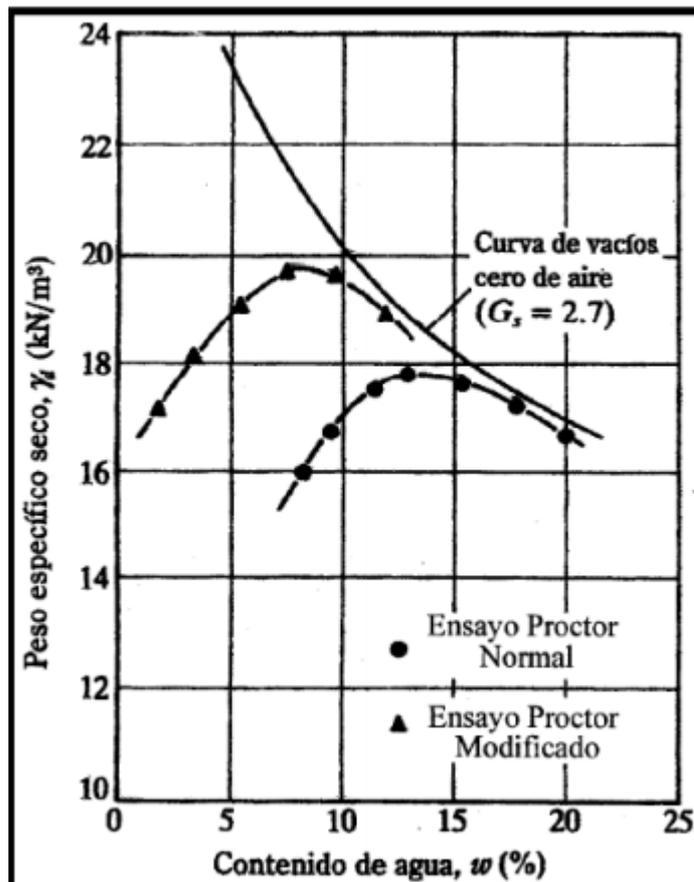
FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez.

2.2.1.3.7.2 ENERGÍA Y MÉTODO DE COMPACTACIÓN EMPLEADO

Al aumentar la energía de compactación se obtiene un aumento de la densidad seca máxima y una disminución del contenido óptimo de humedad, lo que produce que la curva Proctor de compactación se traslade hacia la izquierda y hacia arriba.

Esta circunstancia que se produce en el ensayo de Proctor modificado, en el cual se emplea una mayor energía de compactación que en el normal, se aprecia en la siguiente figura.

Ilustración 4: Efecto De La Energía De Compactación En La Curva Proctor



FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez.

Los compactadores actuales permiten aplicar una gran energía de compactación por lo que es fácil obtener con un reducido número de pasadas la densidad seca máxima obtenida en

laboratorio mediante el ensayo Proctor modificado. Por este motivo, en la mayoría de los casos se exigen grados de compactación referenciados al ensayo Proctor modificado y no al normal

Existen dos métodos de compactación:

- Aplicación de energía dinámica o por impacto: es un determinado peso que se deja caer a una determinada altura del suelo. Si se aumenta el peso o el número de golpes se incrementa la energía de compactación. En la obra se consigue con rodillos compactadores, tales como los rodillos vibratorios lisos; es el sistema más empleado porque consigue mejores resultados en suelos no coherentes (arcillas).
- Aplicación de energía estática: se trata de cilindros que no vibran y cuya superficie exterior no es lisa, sino que tiene unos salientes, como el rodillo de tipo “pata de cabra”. Consiguen remodelar el terreno y aplicar una energía estática. Son los más usados en arcillas.

2.2.1.3.8 CBR O RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA

El ensayo CBR (la ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.

El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, pero de la aseveración anterior es evidente que este número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

Joseph E. Bowles, 1980, Pág.190.

El número CBR (o simplemente CBR) se obtiene como la relación de la carga unitaria (en libras por pulgada cuadrada) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un

contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerido para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

En forma de ecuación esta es:

$$\text{CBR} = \frac{\text{carga unitaria del ensayo.}}{\text{carga unitaria patron.}} \times 100\%$$

Joseph E. Bowles, 1980, Pág.190

De esta ecuación se puede ver que el número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica, el símbolo de porcentaje se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero, como 3, 45, 98.

El número de CBR usualmente es en basa en la relación de carga para una penetración de 2.5mm. Sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5.0 mm es mayor, el ensayo debería repetirse (ordinariamente).

Si un segundo ensayo produce un valor de CBR mayor de 5.0mm de penetración, dicho valor debe aceptarse como valor final del ensayo.

PENETRACION		CARGA UNITARIA PATRON.	
mm	pulg	Mpa	psi
2.50	0.10	6.9	1,000
5.00	0.20	10.3	1,500
7.50	0.30	13	1,900
10.00	0.40	16	2,300
12.70	0.50	18	2,600

Joseph E. Bowles, 1980, Pág.190.

2.2.1.3.9 CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

La clasificación nos proporciona información cualitativa de las propiedades mecánicas y comportamiento de un suelo. Existen

diversos sistemas de clasificación pero nos centraremos en los dos siguientes:

- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, creado por Casagrande e incluido en las normas de la ASTM (American Society for Testing and Materials).
- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). José Javier Márquez, 2006, Pág.15.

2.2.1.3.9.1 CLASIFICACIÓN ASTM.

Se determina a partir de la granulometría, la uniformidad, los límites de Atterberg y el contenido en materia orgánica. En la clasificación se usará únicamente el material pasante por el tamiz de 3”.

El sistema divide los suelos en dos grupos principales, gruesos y finos, en función del pasante por el tamiz nº 200 ASTM. Los suelos de grano grueso se dividen en gravas y arenas según el pasante por el tamiz nº 4 ASTM.

Estas gravas o arenas, a su vez, se clasifican dependiendo del porcentaje de finos que presentan (% del pasante por el tamiz nº 200 ASTM) en limpias y sucias.

Las gravas y arenas limpias se dividen en bien graduadas o mal graduadas en función de los coeficientes C_c y C_u . Las gravas y arenas sucias se diferencian en función del índice de plasticidad y la línea A del ábaco de plasticidad de Casagrande.

En el caso de gravas y arenas pueden existir, además, símbolos dobles si el porcentaje de finos está entre el 5 y 12 % o si el suelo se encuentra sobre la línea A, del ábaco de plasticidad de Casagrande, y el índice de plasticidad entre 4 y 7. Una simbología corresponderá a uno de los grupos de las gravas o arenas limpias, aquella que cumpla los requisitos, y

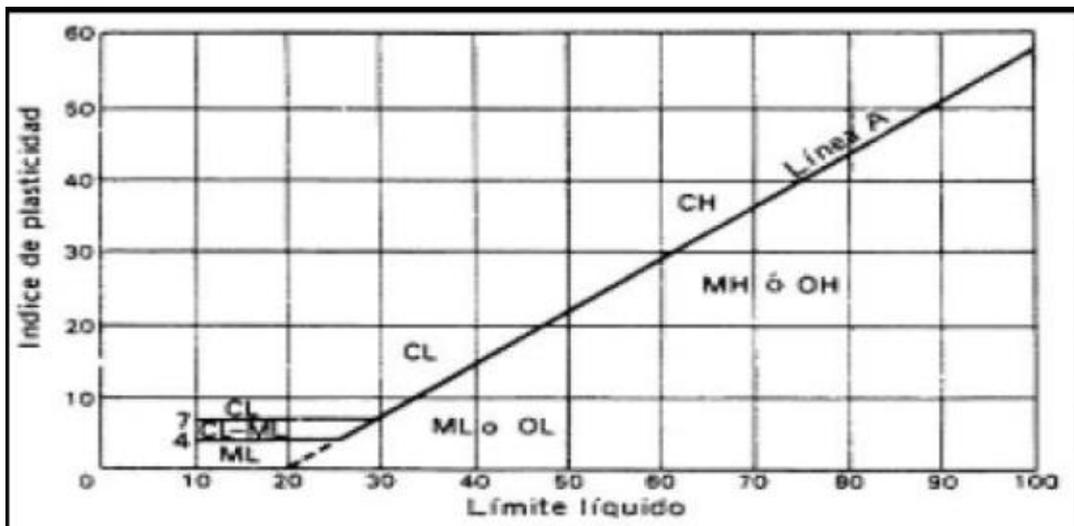
otra a uno de los grupos de las gravas o arenas con finos, el que cumpla los requisitos.

Las gravas con símbolo doble podrán ser GC-GW, GM-GW, GC-GP o GM-GP. Las posibles arenas con símbolo serán SC-SW, SM-SW, SC-SP o SM-SP.

Con el Índice de Plasticidad y el Límite Líquido se obtiene la posición del suelo en el gráfico de plasticidad de Casagrande. La ecuación de la línea A es:

$$IP = 0.73 (LL - 20)$$

Ilustración 5: Abaco De Plasticidad De Casagrande



FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez.

Los suelos de grano fino se clasifican en función del IP y LL, haciendo uso del ábaco de plasticidad de Casagrande.

Tabla 4: Clasificación De Suelos Según ASTM

Descripción			Símbolos de grupo	Criterios de laboratorio			
				Finos (%)	Gradación	Plasticidad	Notas
Grano grueso (Más de 50% de tamaño mayor que la medida del tamiz No.200 (0.074 mm))	Gravas [Más de 50% de la fracción gruesa, es retenida por el tamiz n° 4 (4.76 mm)]	Gravas bien escalonadas, gravas arenosas, con escasos finos o sin ellos	GW	0 - 5	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} < 3$		Símbolos duales si los finos van de 5 a 12% . Símbolos duales si están sobre la línea A, y $4 < I_p < 7$
		Gravas pobremente escalonadas, arenosas, con escasos finos o sin ellos	GP	0 - 5			
		Gravas sedimentarias, gravas arenosas arcillosas	GM	> 12		Por debajo de la línea "A" o $I_p < 4$	
		Gravas arcillosas, gravas arenosas arcillosas	GC	> 12		Por encima de la línea "A" con $I_p > 7$	
	Arenas [Más de 50% de la fracción gruesa, pasa por el tamiz n° 4 (4.76 mm)]	Arenas bien escalonadas, arenas con grava, con pocos finos o sin ellos	SW	0 - 5	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} < 3$		
		Arenas pobremente escalonadas, arenas con gravas, con pocos finos o sin ellos	SP	0 - 5			
		Arenas sedimentarias	SM	> 12		Por debajo de la línea "A" o $I_p < 4$	
		Arenas arcillosas	SC	> 12		Por encima de la línea "A" con $I_p > 7$	
Grano fino (Más de 50% de tamaño menor que la medida del tamiz No. 200 (0.074 mm))	Sedimentos y arcillas (Límite líquido inferior a 50)	Sedimentos inorgánicos, arenas finas sedimentarias o arcillosas, con leve plasticidad	ML	Usar diagrama de plasticidad			
		Arcillas inorgánicas, sedimentarias, arenosas de baja plasticidad	CL	Usar diagrama de plasticidad			
		Sedimentos orgánicos y arcillas sedimentarias orgánicas de baja plasticidad	OL	Usar diagrama de plasticidad			
	Sedimentos y arcillas (Límite líquido superior a 50)	Sedimentos orgánicos de alta plasticidad	MH	Usar diagrama de plasticidad			
		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	CH	Usar diagrama de plasticidad			
		Arcillas orgánicas de alta plasticidad	OH	Usar diagrama de plasticidad			
Suelos altamente orgánicos	Turba y suelos altamente orgánicos	Pt					

FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez.

Tabla 5: Propiedades Y Aplicaciones De Los Suelos En Obras De Ingeniería

Tipo de suelo	Propiedades más importantes			Aptitud relativa para presas de tierra		
	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Homogéneas	Núcleo	Espaldones
GW	Permeable	Excelente	Despreciable	No apto	No apto	Buena
GP	Muy permeable	Buena	Despreciable	No apto	No apto	Buena
GM	Semipermeable a impermeable	Buena	Despreciable	Buena	Regular	No apto
Tipo de suelo	Propiedades más importantes			Aptitud relativa para presas de tierra		
	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Homogéneas	Núcleo	Espaldones
GC	Impermeable	Buena a regular	Muy baja	Buena	Buena	No apto
SW	Permeable	Excelente	Despreciable	No apto	No apto	Buena
SP	Permeable	Buena	Muy baja	No apto	No apto	Regular
SM	Semipermeable a impermeable	Buena	Baja	Regular	Regular	No apto
SC	Impermeable	Buena a regular	Baja	Buena	Buena	No apto
ML	Semipermeable a impermeable	Regular	Media	Regular	Regular	No apto
CL		Regular	Media	Regular	Buena	No apto
OL	Semipermeable a impermeable	Deficiente	Media	Mala	Mala	No apto
MH	Semipermeable a impermeable	Regular a deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
CH	Impermeable	Deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
OH	Impermeable	Deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
Pt	-	-	-	-	No apto	No apto

FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez.

2.2.1.3.9.2 CLASIFICACIÓN AASHTO

Se usa principalmente en la construcción de explanaciones de caminos y carreteras. Este sistema clasifica los suelos en siete grupos y varios subgrupos, y los ensayos necesarios se reducen a análisis granulométricos (tamices nº 10, 40, y 200 ASTM), determinación de los límites de Atterberg y cálculo del índice de grupo (IG) que es un número entero comprendido entre 0 y 20 que se obtiene a partir de la siguiente fórmula empírica:

$$IG = (F-35)(0.2+0.005(LL-40))+0.01(F-15)(PI-10)$$

En la cual:

F : Porcentaje que pasa la maya N°200.

LL : limite líquido.

PI : índice de plasticidad.

El índice del grupo indica la idoneidad de un suelo determinado para construir explanaciones. Cuanto más bajo es el Índice de Grupo, mejor es el suelo.

La clasificación utiliza la letra A seguida de un índice, del 1 al 7, que a su vez puede tener otro índice más. La calidad del suelo decrece al aumentar el correspondiente índice, de forma que A-1 es mejor que A-2. Lo mismo puede decirse en los segundos índices.

La separación entre suelos granulares y limo-arcillosos se establece por la cantidad que pasa por el tamiz N°200 ASTM. Los suelos en que esta fracción es igual o menor al 35%, son granulares, en tanto que aquellos suelos en los que dicha fracción es superior al 35%, son limo-arcillosos.

Con el resultado de los ensayos se opera en la tabla, de izquierda a derecha por eliminación. El primer grupo a partir de la izquierda en el que coincidan los resultados de los ensayos será el que corresponda al suelo analizado.

Los tipos de suelo que establece el sistema son:

A-1-a: Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.

A-1-b: Arena con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.

A-2-4: Materiales granulares con partículas finas limosas.

A-2-5: Intermedio.

A-2-6: Materiales granulares con partículas finas arcillosas.

A-2-7: Intermedio.

A-3 : Arena de granulometría deficiente que casi no contiene partículas finas ni gravas

A-4: Principalmente partículas finas limosas.

A-5: Tipos de suelos poco frecuentes que contienen partículas finas limosas, generalmente elásticas y difíciles de compactar.

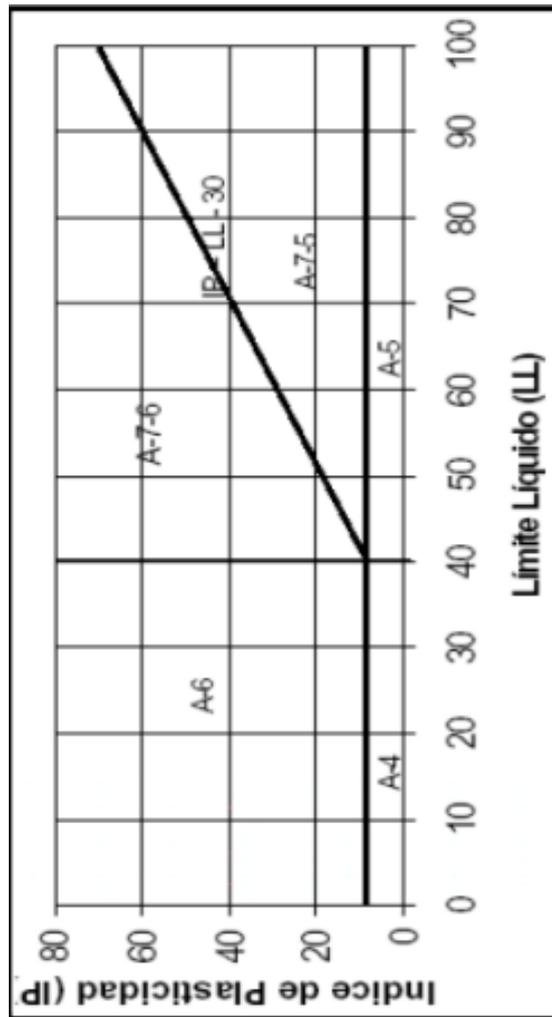
A-6: Contienen partículas finas limosas o arcillosas con un límite líquido bajo.

A-7-5: Las arcillas y limos más plásticos.

A-7-6: Las arcillas y limos más plásticos.

Para la clasificación de los suelos A-4, A-5, A-6 y A-7, conocidos el IP y el LL, se debe recurrir, además, al gráfico siguiente

Ilustración 6: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASTM



FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez

Tabla 6: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASTM

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (Menos del 35% pasa por el tamiz nº 200)				MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (Más del 35% pasa por el tamiz nº 200)			
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-7
Grupo	A-1-a	A-2-4	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-7
Subgrupo	A-1-b	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-2-8	A-2-9	A-2-10	A-2-11
Análisis granulométrico: % que pasa el tamiz:								
Nº 10	50 máx.							
Nº 40	30 máx.		51 mín.					
Nº 200	15 máx.	35 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa por el tamiz nº 40								
Límite líquido		40 máx.		40 máx.	41 mín.	40 máx.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad (1)	6 máx.	10 máx.	No plástico	10 máx.	10 máx.	11 mín.	10 máx.	11 mín.
Índice del grupo (2)	0	0	0	0	4 máx.	8 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de materiales geoespaciales	Fragmentos de piedra, grava y arena	Grava y arena limosa o arcillosa	Arena fina	Suelos limosos	Suelos limosos	Suelos arcillosos	Suelos arcillosos	Suelos arcillosos
Valor general como cimiento	Excelente a bueno			Regular a malo				

(1) El Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que el Límite Líquido menos 30. El Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que el Límite Líquido menos 30.

(2) El índice de grupo debe poseerse en un paréntesis después del símbolo del grupo.

FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez

2.2.2 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

La estabilización de un suelo es el proceso mediante el cual, se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose una capa de asiento del firme estable y durable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas y por ende asegure geotécnicamente el comportamiento de la explanada.

La estabilización del suelo también es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su índice de plasticidad. Las tres formas de lograrlo son: estabilización física, estabilización química y estabilización mecánica.

Para el proceso de estabilización del suelo existente dos opciones de ejecución, mezcla en central o planta móviles y mezcla in situ. Se define un suelo estabilizado “in situ” a la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con cal o con cemento, y eventualmente agua, en la propia traza de la carretera, la cual convenientemente compactada, tiene por objeto disminuir la susceptibilidad al agua del suelo o aumentar su resistencia, para su uso en la formación de explanadas.

Las propiedades más importantes que se deben mejorar con la estabilización son:

- Resistencia. El incremento de resistencia aumenta la estabilidad y la capacidad de carga.
- Estabilidad del volumen. Proporciona el control de los procesos de hinchamiento-colapso causados por los cambios de humedad.
- Durabilidad. Una mayor durabilidad aumenta la resistencia a la erosión, responde de manera más eficaz a los cambios climáticos y al uso del tráfico.
- Permeabilidad. La reducción de la permeabilidad y por lo tanto de la circulación de agua, mejora la estabilidad.

Wilfredo Alfonso, (2010), Pág.13

2.2.2.1 TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

2.2.2.1.1 ESTABILIZACIÓN FÍSICA

- Mezclas de Suelos: Este tipo de estabilización es de amplio uso pero por si sola no logra producir los efectos deseados, necesitándose siempre de por lo menos la compactación como complemento.

Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las grava-arenas tienen una alta fricción interna lo que le permiten soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como capa de asiento del firme de una carretera ya que, al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino

Las arcillas, por lo contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad.

La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas.

- Geo textiles.
- Vibro flotación (Mecánica de Suelos).
- Consolidación Previa

Wilfredo Alfonso, (2010), Pág.18

2.2.2.1.2 ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

Se refiere principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso.

Dentro de este grupo de estabilización, las sustancias químicas más comunes son: cal y cemento. Cal: disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica. Cemento portland: aumenta la resistencia de los suelos y se usa principalmente para arenas o gravas finas.

Otros productos también utilizados son:

- Productos Asfálticos: es una emulsión muy usada para material triturado sin cohesión.
- Cloruro de sodio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.
- Cloruro de calcio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.
- Escorias de fundición: se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.
- Polímeros: este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.
- Caucho de Neumáticos: este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

Wilfredo Alfonso, (2010), Pág.20

2.2.2.1.3 ESTABILIZACIÓN MECÁNICA

Es aquella con la que se logra mejorar considerablemente un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia. Compactación: esta mejora generalmente se hace en la sub base, base y en las carpetas asfálticas.

Wilfredo Alfonso, 2010, Pág.20 (44)

2.2.3 ESTABILIZANTE PROPUESTO

2.2.3.1 ESTABILIZANTE QUÍMICO CON-AID

La estabilización iónica con aditivo CON-AID consiste en un intercambio iónico capaz de reducir la capa de “agua adsorbida” de las partículas de arcilla, mejorando su comportamiento mecánico al disminuir la plasticidad y su expansión. Sus moléculas pueden disociar fácilmente cationes débiles (como los del agua y otros materiales) y

reemplazarlos permanentemente, además, los sitios iónicos libres pueden ser ocupados por moléculas del estabilizador.

El tratamiento del suelo con este estabilizador provee la acción química requerida para repeler el agua de los minerales de arcilla. Después de que las reacciones han tenido lugar, la compactación puede ser lograda con un mínimo esfuerzo mecánico y las partículas de arcilla tratadas quedan ahora unidas en una asociación muy cerrada. Esto es debido a la eliminación de la capa de agua adsorbida, que permite un acercamiento mayor de las partículas de arcilla, dando por resultado un contacto más íntimo entre unas y otras.

La densidad adquirida, sumada al carácter hidrofóbico que ahora presenta el material, evita que el agua pueda entrar en cantidades importantes en el sistema, produciendo un aumento en la capacidad de soportar cargas de la capa tratada por mayor fricción entre partículas.

Estabilización química de suelos CON-AID, Pág.01.

2.2.3.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL ESTABILIZANTE CON-AID

Las características del producto estabilizante CON-AID, según catálogo del producto son:

2.2.3.1.1.1 AUMENTA DE LA DENSIDAD DEL SUELO

Aumenta cambiando la atracción electro-química en las partículas del suelo y liberando agua retenida, CON-AID, ayuda disminuir los vacíos entre las partículas del suelo. Se produce así una fundación del camino más firme, seca, densa y con menos polvo

2.2.3.1.1.2 REDUCE EL ESFUERZO DE COMPACTACIÓN Y HACE MÁS FÁCIL TRABAJAR EL SUELO

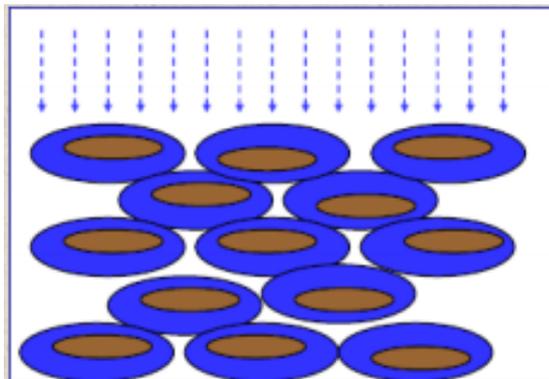
Con el estabilizante CON-AID, incrementa la lubricación de las partículas del suelo. Hace el suelo más fácil de nivelar y permite que se logre la densidad deseada con menos pasadas del compactador (rodillo).

2.2.3.1.1.3 FASES DEL ESTABILIZANTE CON-AID

➤ FASE I:

En un primer momento, las moléculas de CON-AID, comienzan a desarrollar las reacciones y enlaces químicos explicados. La película de agua adsorbida comienza a desprenderse de la superficie de las partículas del suelo.

Ilustración 7: ESTADO NATURAL DEL SUELO MAS AGUA ADSORBIDA

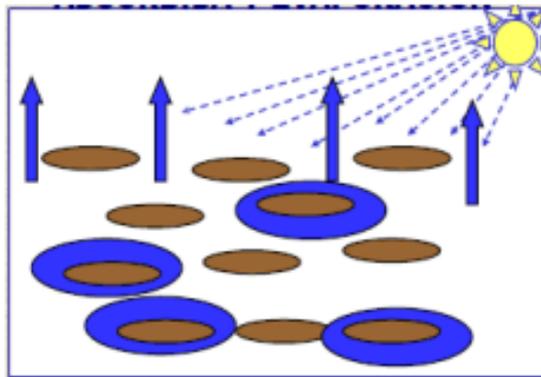


FUENTE: TDM, CON-AID CBR PLUS, 2012, Augusto Alza, Pág.16

➤ FASE II:

Ocasionando desprendimiento de agua adsorbida y evaporación, dejando espacio libre entre partículas.

Ilustración 8: ACCIÓN DE CON – AID: ELIMINACIÓN DE AGUA ADSORBIDA

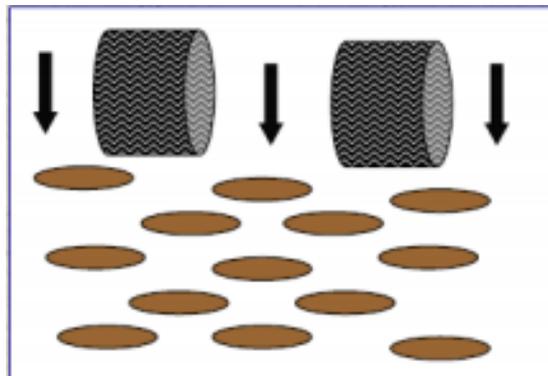


FUENTE: TDM, CON-AID CBR PLUS, 2012, Augusto Alza, Pág.16

➤ **FASE III:**

Compactación y acción del tránsito. Provee el esfuerzo mecánico necesario para reacomodar las partículas de suelo estabilizadas. Durante esta fase se realizan riegos de curado con agua sola, a fin de evitar el secado violento de la superficie.

Ilustración 9: ESTADO FINAL ANTES DE LA COMPACTACIÓN

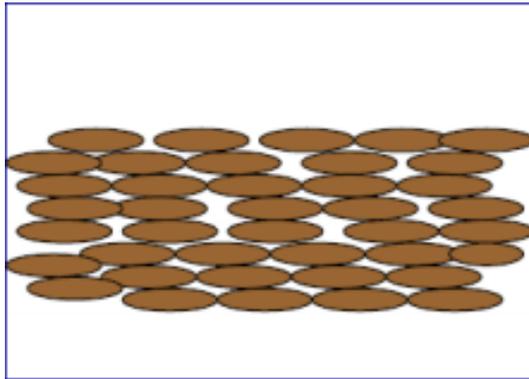


FUENTE: TDM, CON-AID CBR PLUS, 2012, Augusto Alza, Pág.16

➤ **FASE IV:**

Finalmente, los efectos químicos y físicos descritos generan en la capa estabilizada un aumento de densidad y sus partículas se encuentran hidrofobias.

Ilustración 10: CAPA ESTABILIZADORA



FUENTE: TDM, CON-AID CBR PLUS, 2012, Augusto Alza, Pág.16

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las vías afirmadas a nivel local y departamental, conforman un porcentaje importante dentro del camino EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, y en su gran mayoría se encuentran desatendidas o en mal estado por diversas circunstancias, presentando deformaciones, ahuellamientos, desprendimiento de polvo en exceso; dichas patologías ocasionan el mal estado de la vía. Usualmente para realizar la rehabilitación de la vía se opta por el reemplazo de la capa de afirmado y subrasante con material adecuado o material granular, demandado para tal fin usar una cantera que provea de material granular que cumpla con las características exigidas por el manual de carreteras de bajo volumen de tránsito, y que se encuentre cerca para ahorrar costos en transporte teniendo en cuenta que esta última exige elevados costos.

Atendiendo a dicha circunstancia se observa que existen canteras cercanas a la zona, pero no cumplen con los parámetros exigidos por la norma peruana para la utilización del material, por dicha razón son dejados y no utilizados, actualmente la tecnología ha desarrollado productos que pueden repotenciar las propiedades que aportan los agregados, logrando desarrollar vías en buen estado alarga su vida útil y obteniendo bajo costo de ejecución, operación y mantenimiento.

La presente investigación busca mejorar las propiedades físicas mecánicas del suelo del material de la cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, adicionando a esta, aditivo ionizante (CON-AID), para lograr construir vías afirmadas con alta capacidad de soporte, larga vida útil y bajos costos de construcción, operación y mantenimiento.

3.2 DESCRIPCIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA

3.2.1 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA

¿En qué medida influye la adición de estabilizante iónico en las propiedades de plasticidad, grado de compactación, capacidad de soporte (CBR) y costos del material de la cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN?

3.2.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS

PRIMER PROBLEMA

¿La adición de estabilizantes iónico al material de cantera, modificará su plasticidad?

SEGUNDO PROBLEMA

¿Mejorará el grado de compactación del material de cantera adicionándole estabilizantes iónicos?

TERCER PROBLEMA

¿Cuál será la variación de la capacidad de soporte (CBR) con la adición de estabilizantes iónico al material de cantera?

CUARTO PROBLEMA

¿Cómo varía el costo del material de cantera al adicionar estabilizante iónico?

3.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Como justificación técnica se tiene los resultados obtenidos de la presente investigación los cuales establecen un precedente para la nueva formulación de procedimientos constructivos para la solución

de problemas de estabilización de suelos aplicados en el departamento de San Martín, demostrando además la reducción en costos y operación en la ejecución de los mismos, invitando a la investigación de nuevas técnicas y procedimientos para mejorar las propiedades del suelo.

3.3.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La investigación es necesaria desde el punto de vista social, porque en la actualidad aún se mantienen las técnicas basadas en procedimientos antiguos que no se resguardan en la tecnología de vanguardia, que se encuentra al alcance gracias al internet y la mejor simplificación de libros.

Por lo que los conocimientos y técnicas empleados en la presente investigación servirán de precedente para su aplicación de estabilización de suelos con estabilizante iónico en nuestra región de san Martín y con más énfasis a los alumnos de la carrera profesional de ingeniería civil.

3.3.3 JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD

La presente investigación es viable debido a que cuenta con materiales y equipos necesarios para la realización de pruebas y ensayos, teniendo diferentes accesos a la cantera y contando con disposición del aditivo iónico (CON-AID).

Así mismo se plantea una dosificación en proporción a porcentaje según el peso de agua de material ensayado sin aditivo con tales porcentajes se estabiliza el material de cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN.

3.3.4 JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA

Este trabajo de investigación involucra también que se aportará a la renovación de conocimientos tecnológicos en la estabilización, puesto

que la aplicación de estabilizante iónico como alternativa de solución para el mejoramiento del comportamiento del material de cantera resulta novedosa dentro de nuestro ámbito de estudio e invita a la investigación en el campo de ingeniería geotécnica

3.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- La investigación se limita al estudio del suelo (con contenido de grabas, limos y arcillas), que provee la cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN.
- La investigación se limita a la utilización del aditivo de característica iónica de nombre CON-AID reconocido por la TDM (tecnología de materiales) del Perú, procedente de argentina vendido en lima –Perú (alameda los horizontes 905. Los Huertos de villa. Chorrillos. Telf. 6174700 Fax 6174701.
- El trabajo de investigación se verá afectado a las condiciones ambientales que se presentan en la región san martin en general.
- Durante la investigación el factor económico fue una limitante muy importante ya que realizar estudios de mecánica de suelos es ya de por si costoso, añadiéndose también el costo del lt de aditivo Conaid.
- La investigación se limita a no contemplar pruebas químicas de las mezclas de material de cantera y porcentajes de aditivo ionizante CONAID.

3.5 OBJETIVOS

3.5.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de innovación tecnológica para mejorar el Mantenimiento Periódico del Camino Vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín.

Determinar la variación de plasticidad, grado de compactación, capacidad de soporte (CBR) y costo del material de cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, adicionando estabilizante iónico (CON-AID)

3.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar una propuesta de innovación tecnológica para mejorar la duración del Mantenimiento Periódico del Camino Vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín.
- Comparar la propuesta de innovación tecnológica con los costos del Mantenimiento Periódico del Camino Vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín.

PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar la plasticidad del material de cantera, con la adición de estabilizante iónico.

SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar el grado de compactación del material de cantera, adicionando estabilizantes iónicos.

TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO

Analizar la capacidad de soporte (CBR) del suelo de cantera, aplicando estabilizantes iónicos.

CUARTO OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar el costo del material de cantera al adicionar estabilizante iónico.

3.6 HIPÓTESIS

3.6.1 HIPÓTESIS GENERAL

La estabilización del material de cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín, más la adición de estabilizante iónico, modificara la plasticidad, mejorara el grado de compactación, aumentara la capacidad de soporte (CBR), incrementara significativamente el costo.

3.6.2 SUB HIPÓTESIS

PRIMERA SUB HIPÓTESIS

La adición de estabilizante iónico al material de cantera incrementará la plasticidad del suelo.

SEGUNDA SUB HIPÓTESIS

La adición del estabilizante iónico aumentará el grado de compactación del suelo de cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín.

TERCERA SUB HIPÓTESIS

La adición del estabilizante iónico incrementará la capacidad de soporte (CBR) del material de cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín.

CUARTA SUB HIPÓTESIS

Al adicionar estabilizante iónico al material de cantera incrementa el costo significativamente.

3.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES

3.7.1 DEFINICIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE

3.7.1.1 Material de Cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín

El material de cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín, material de característica gravosa con contenido de limo.

3.7.1.2 Estabilizante iónico (CON-AID)

Aditivo de característica química con propiedad iónica.

3.7.2 DEFINICIÓN DE INDICADOR INDEPENDIENTE

3.7.2.1 Propiedades físico-mecánicas del Material de cantera

Medición o indicador de propiedades que tienen los materiales con el cual se indicara su uso.

3.7.2.2 Cantidad de estabilizante iónico.

Peso en LT (litros) de aditivo según la cantidad de m3 a estabilizar.

3.7.3 VARIABLES DEPENDIENTES

3.7.3.1 Plasticidad del suelo estabilizado.

Baja o alta plasticidad de suelo con estabilizante o sin estabilizante

3.7.3.2 Grado de compactación del suelo estabilizado.

Baja o alta compactación del suelo con estabilizante por proceso mecánico.

3.7.3.3 Capacidad de soporte CBR del suelo estabilizado.

Baja o alta capacidad de soporte del suelo por proceso mecánico.

3.7.3.4 Costos

Valor monetario de consumo, ejercicio de una actividad.

3.7.4 DEFINICIÓN DEL INDICADOR DEPENDIENTE

3.7.4.1 Índice de plasticidad (IP).

Rango e límite plástico según la humedad del material.

3.7.4.2 Relación de Contenido de agua y Peso unitario seco.

Cantidad de agua que contienen sus partículas del material.

3.7.4.3 Máxima Densidad Seca.

Rango de valor de densidad según la cantidad de agua en el material.

3.7.4.4 Valor de la compactación del suelo.

Bajo o alto valor de soporte del suelo al ser compactado.

3.7.4.5 Valor de la capacidad de soporte del material (CBR).

Baja o alta capacidad de soporte del suelo al soportar cargas.

3.7.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7: Cuadro de Operacionalización de variables

	DENOMINACIÓN DE LA VARIABLE.	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE.	NIVEL.	INDICADORES.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.
DEPENDIENTES.	PRIMERA VARIABLE.				
	• Plasticidad del suelo estabilizado.	Determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo estabilizado.	• Cantidad de Plasticidad del suelo estabilizado.	• Índice de plasticidad (P).	Espátula, balanza, homo, tamiz, agua destilada, vidrio de reloj, superficie de rodadura, cuchara de Casagrande, etc.
	SEGUNDA VARIABLE.				
	• Grado de compactación del suelo estabilizado.	Determinar en laboratorio la relación entre contenido de agua y peso unitario seco.	• Valor de compactación del suelo estabilizado.	• Relación de Contenido de agua y Peso unitario seco. • Máxima Densidad Seca. • Valor de la compactación del suelo.	Molde cilíndrico, picón o martillo, balanza, homo, tamices, etc.
	TERCERA VARIABLE.				
	• Capacidad de soporte CBR de laboratorio del suelo estabilizado.	Determinar en laboratorio la capacidad de soporte, el ensayo se realiza normalmente sobre el suelo preparado en condiciones de humedad y densidad determinadas	• Valor de la capacidad de soporte CBR de laboratorio del suelo estabilizado.	• Valor de la capacidad de soporte del material (CBR).	Prensa, molde de metal cilíndrico, disco espaciador, picón de compactación, pesas, balanza, estufa, tamices, etc.
CUARTA VARIABLE.					
• Costos.	Análisis de costos por medio de precios unitarios y partidas.	• Cantidad de costo unitario.	• Costos • Mano de obra. • Equipos. • Materiales.	Hojas de cálculo.	
INDEPENDIENTE.	PRIMERA VARIABLE.				
	• Material de la cantera Km 02-700 de la ruta CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba. • Estabilizante iónico (CON-AID).	• Material de cantera Km 2-700. • El estabilizante es de característica iónica (CON-AID).	• Cantidad de Material de la cantera Km 02-700. • Cantidad en valor de estabilizante iónico (CON-AID).	• Propiedades físico-mecánicas del Material de cantera Km 2-700 • Cantidad de estabilizante iónico.	Guías de observación de campo.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 METODOLOGÍA DE LA TESIS

4.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La Investigación es del tipo cuantitativa, alcanza el nivel descriptivo, y el método usado es el hipotético - deductivo.

4.1.1.1. TIPO CUANTITATIVO

El tipo de investigación es cuantitativa porque nos permite evaluar la realidad en función de parámetros que son medibles, replicables y que estos pueden ser reproducidos con las mismas condiciones en cualquier momento. Además, nos permite hacer el uso de datos numéricos.

La presente investigación presenta un tipo cuantitativo debido a que está orientada a describir, predecir y explicar datos medibles y observables. Asimismo, se realiza la comparación de grupos o relaciones de variables, resultados con predicción y estudios previos.

4.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.2.1. NIVEL DESCRIPTIVO

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga.

La presente investigación será descriptiva porque se va a recolectar datos e información relacionados a los conceptos que involucran a las variables, asimismo se describen tendencias de un grupo o población.

4.1.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.3.1. MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO

El método hipotético-deductivo es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. El método hipotético-deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

La presente investigación utilizará el método hipotético deductivo debido a que se parte de una hipótesis, el cual será demostrado mediante la serie de pasos con el fin de tener una respuesta clara el cual indique la comprobación de dicha hipótesis.

4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.2.1. DISEÑO METODOLÓGICO.

4.2.1.1. EXPERIMENTAL

Para el desarrollo de la presente tesis de investigación se hará el uso de diseño experimental, en el cual se realizará:

- Manipulación intencional de variables.
- Medición de variables.
- Control y Validez.
- Comparación de grupos.

4.2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.2.1.1. DISEÑO TRANSVERSAL

Se caracterizan por analizar los cambios que sufren los datos en el tiempo, tanto desde un enfoque de medición cuantitativa que se hacen sobre las categorías, conceptos, variables y datos en general ya que

en los ensayos que se realizarán en laboratorio las muestras sufrirán cambios en las propiedades mecánicas del suelo a estabilizar.

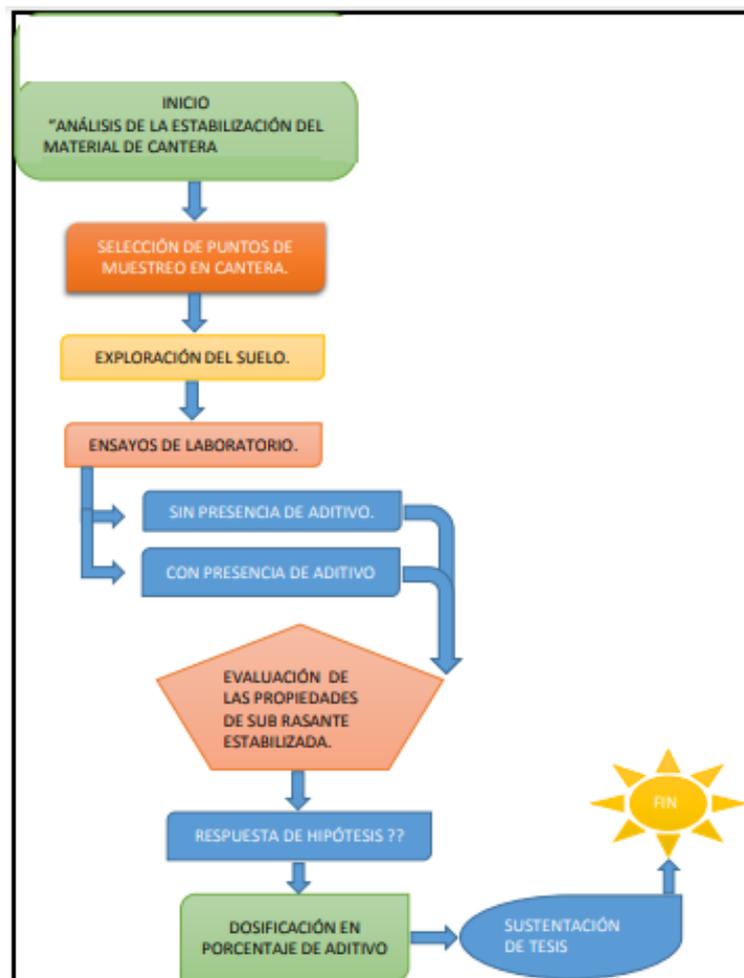
4.2.2 DISEÑO DE INGENIERÍA

4.2.2.1. PASO DE LA INVESTIGACIÓN

En la primera etapa comenzamos con la recopilación de datos, elaboración, y presentación de conceptos de los materiales utilizados como prueba, de los cuales evaluaremos sus características necesarias para la investigación.

En la segunda etapa procederemos a realizar ensayos de laboratorio de suelos sin aditivo y con aditivo.

En la tercera etapa procederemos a analizar resultados los cuales serán discutidos de acuerdo a la variación de los mismos.



4.3 UNIDAD DE ESTUDIO

Aditivos lónicos.

4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

4.4.1 POBLACIÓN

4.4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

Para poder cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación, se ha visto por conveniente delimitar la población que se tuvo en cuenta Todas las carreteras A Nivel de Afirmado de la PROVINCIA DEL DORADO-SAN MARTÍN.

4.4.2 MUESTRA

4.4.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Como muestra en muestra tesis de investigación se considero camino vecinal EMP SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN

En lo referente se identificará los materiales a utilizar y referenciar su lugar de procedencia, así como describir sus características físicas y mecánicas, basándose en la realización de ensayos de laboratorio para la obtención de las propiedades de los materiales.

La muestra se obtendrá de las canteras en cumplimiento con las normas del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Para el tema de investigación se plantea escoger los siguientes materiales con su respectivo lugar de procedencia como se identifica en el siguiente cuadro:

Tabla 8: MATERIALES DISPONIBLES EN EL SECTOR BARRANQUITA

MATERIAL	CANTERA
MATERIAL GRANULAR	CANTERA PROPUESTA
ESTABILIZANTE QUÍMICO	CON-AID

Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente el material a utilizar es de la cantera propuesta para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín, el cual tiene presencia de limos y arcillas. En lo que se refiere al estabilizante químico se opta por el producto CON-AID, por considerarse un estabilizante químico iónico el cual se aplica en suelos limo arcilloso, el cual se dosificará en diferentes porcentajes.

- Considerando para los ensayos de Atterberg (límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad), el porcentaje del 15%,30%,45%,60%. Se obtendrá del promedio del contenido de peso de agua del ensayo de límite líquido sin aditivo.
- Considerando para los ensayos de Proctor modificado y CBR de suelos, el porcentaje del 15%,30%,45%,60%. Se obtendrá del promedio del contenido de humedad del ensayo de Proctor modificado sin aditivo.

La cantidad de elementos a evaluar serán los siguientes:

- a) Material de cantera propuesta para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín.
- b) Material de cantera propuesta para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín, más la adición de estabilizante iónico CON-AID al 15%.
- c) Material de cantera propuesta para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín, más la adición de estabilizante iónico CON-AID al 30%.

- d) Material de cantera propuesta para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín, más la adición de estabilizante iónico CON-AID al 45%.
- e) Material de cantera propuesta para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín, más la adición de estabilizante iónico CON-AID al 60%.

4.4.2.2. CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

En la cuantificación de la muestra contaremos con:

- Material de la cantera propuesta para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín, sin la adición de estabilizante iónico (CON-AID).
 - 01 ensayo de contenido de humedad.
 - 01 ensayo de granulometría.
 - 01 ensayo de límite líquido y plástico.
 - 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
 - 01 ensayo de CBR en laboratorio
- Material de la cantera propuesta para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín, con la adicionando de Estabilizante químico iónico (CONAID) en diferentes porcentajes.
 - a) Con 15% Estabilizante Químico CON-AID
 - 01 ensayo de límite líquido y plástico.
 - 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
 - 01 ensayo de CBR en laboratorio.
 - b) Con 30% Estabilizante Químico CON-AID
 - 01 ensayo de límite líquido y plástico.
 - 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
 - 01 ensayo de CBR en laboratorio.
 - c) Con 45% Estabilizante Químico CON-AID

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

d) Con 60% Estabilizante Químico CON-AID.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

4.4.2.3. MÉTODO DE MUESTREO

El método de muestreo se ha considerado de tipo no probabilístico por conveniencia ya que para evaluar a la muestra se usa como elementos de evaluación diferentes ensayos.

4.4.2.4. CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA

Se tuvieron 5 criterios de evaluación de muestra que fueron medidos como se indica a continuación:

- Ensayo de humedad del suelo sin estabilizar.
- Ensayo de granulometría del suelo sin estabilizar.
- Plasticidad del suelo estabilizado sin estabilizante y con estabilizante.
- Grado de compactación del suelo sin estabilizante y con estabilizante.
- Capacidad de soporte CBR del suelo sin estabilizante y con estabilizante.

4.4.3 CRÍTERIO DE INCLUSIÓN

- Los elementos muestrales son fabricados con material de cantera propuesta para el camino vecinal EMP. SM – 102 Barranquita – Sector Zapotepampa – Zanja Seca - El Dorado – San Martín. - A los elementos muestrales se les adicionara estabilizante iónico (CONAID). - El material de cantera será sometidos a los ensayos de contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, compactación de suelo modificado y CBR en laboratorio.

4.4.4 INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA

Se consideran dentro de los instrumentos de ingeniería aquellos equipos y herramientas usados en los ensayos de laboratorio. Se usaron los siguientes instrumentos de ingeniería:

4.4.1. ENSAYO DE DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

- **Horno de secado:** Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- **Balanzas:** De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0.01 g para muestras de menos de 200 g de 0.1 g para muestras de más de 200 g.
- **Recipientes:** Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de PH variable, y a limpieza. Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.
- **Utensilios para manipulación de recipientes:** Se requiere el uso de guantes, tenazas o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- **Otros utensilios:** Se requiere el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

4.4.2. ENSAYOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

- Una balanza. Con sensibilidad de 0.1 g.
- Serie de tamices gruesos 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8").
- Serie de tamices finos 4,76 mm (N°4), 2,00 mm(N°10), 0,840 mm(N°20), 0,425 mm(N°40), 0,250 mm (N°60), 0,106 mm(N°140), y 0,075 mm (N°200).

- Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices

4.4.3. ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LIMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS.

- Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm ($4 \frac{1}{2}$ ") de diámetro aproximadamente.
- Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud y 20 mm ($\frac{3}{4}$ ") de ancho aproximadamente.
- Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
- Acanalador.
- Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d", y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de 10.00 ± 0.2 mm ($0.394" \pm 0.008"$) de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) para secar la muestra.
- Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

4.4.4. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS MODIFICADO

- **Molde de 6 pulgadas:** Un molde que tenga en promedio $6,000 \pm 0,026$ pulg. ($152,4 \pm 0,7$ mm) de diámetro interior, una altura de: $4,584 \pm 0,018$ pulg ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,075 \pm 3$ 0,0009 pie (2 124 \pm 25 cm).

- **Pisón o Martillo:** Un pisón operado manualmente. El pisón debe caer libremente a una distancia de $18 \pm 0,05$ pulg ($457,2 \pm 1,6$ mm) de la superficie de espécimen.
- **Horno de Secado:** Con control termostático, capaz de mantener una temperatura uniforme de 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C) a través de la cámara de secado.
- **Regla:** Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,005$ pulg ($\pm 0,1$ mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 1/8 pulg (3 mm).
- **Tamices o Mallas:** De $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm), $\frac{3}{8}$ pulg (9,5 mm) y N°4 (4,75mm), conforme a los requisitos de las especificaciones ASTM E11 (“Especificación para mallas metálicas con fines de ensayo”).
- **Herramientas de Mezcla:** Diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. o un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

4.4.5. ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO.

- Prensa utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal.
- El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0.05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44.5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.
- Molde, de metal, cilíndrico, de $152,4\text{mm} \pm 0.66$ mm (6 ± 0.026 ") de diámetro interior y de $177,8 \pm 0.46$ mm (7 ± 0.018 ") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm ($\frac{3}{8}$ ") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm ($\frac{28}{16}$ ") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro. La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150.8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127$ mm ($2,416 \pm 0,005$ ") de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado.
- Aparato medidor de expansión compuesto por: Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149.2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura.
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001").
- Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.
- Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49.63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 2 2 0,005$ ") de diámetro, área de 19.35 cm (3 pulg) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4").
- Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
- Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

- Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0.1 g, respectivamente.
- Tamices, de 4.76 mm (No. 4), 19.05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").
- Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

PANEL FOTOGRAFICO DE LOS INSTRUMENTOS DE INGENIERIA

Ilustración 11: BALANZA



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 12: BALANZA



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 13: BADILEJO



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 14: BANDEJAS PARA ALMACENAR MATERIAL



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 15: COCINA INDUSTRIAL PARA SECADO DE MATERIAL



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 16: TARAS PARA ALMACENAR MUESTRAS



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 17: JUEGO DE TAMICES DE MALLA CUADRADA



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 18: HORNO ELECTRICO



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 19: Cuchara De Casagrande



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 20: MOLDE PRÓCTOR Y VÁSTAGO



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 21: MOLDES PARA CBR



Fuente: Fotografías de laboratorio

Ilustración 22: PRENSA PARA ENSAYO CBR



Fuente: Fotografías de laboratorio

4.4.5 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

4.4.5.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE SUELOS

4.4.5.1.1 INSTRUMENTOS

- Balanza de precisión.
- Tamices malla cuadrada.
- Serie de tamices gruesos 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8").
- Serie de tamices finos 4,76 mm (N°4), 2,00 mm(N°10), 0,840 mm(N°20), 0,425 mm(N°40), 0,250 mm (N°60), 0,106 mm(N°140), y 0,075 mm (N°200).
- Máquina para el tamizado mecánico.

- Cocina eléctrica.
- Bandejas para almacenar muestras.
- Estufas.
- Taras para almacenado y secado de muestras.
- Cepillo y brochas.

4.4.5.1.2 PROCEDIMIENTOS

- Durante la presente investigación se realizó la selección de la muestra por medio del procedimiento de cuarteo de material el cual será extraído de la cantera propuesta, seleccionando aleatoriamente 02 porciones del material, para la utilización en los diferentes ensayos de laboratorio de suelos.
- Con la porción de material granular seleccionada y adecuada, se procedió a realizar el secado del material, para lo cual se utilizó la estufa eléctrica, y la cocina a gas industrial poniendo el material en bandejas, para lograr de forma eficiente y en menor tiempo el secado del material para su correspondiente análisis granulométrico.
- Una vez secado el material se procedió a tamizarlo por la malla N°04 para separarlo en dos fracciones, la fracción fina y gruesa respectivamente, las cuales se procederán a analizar posteriormente.
- Seguidamente se realizó el tamizado mecánico en dos series como anteriormente se mencionó, la fracción fina y gruesa, posteriormente se realizó el pesado de las fracciones retenidas en las respectivas mallas, para lo cual se utilizó la balanza de precisión, para su posterior anotación en los formatos correspondientes.
- Teniendo un control de todo este proceso.

4.4.5.1.3 TOMA DE DATOS

Del análisis granulométrico anteriormente realizado, y tomando apunte de los pesos retenidos en las respectivas mallas, teniendo los siguientes datos:

Tabla 9: TOMA DE PESOS RETENIDOS DEL MATERIAL DE LA CANTERA

Peso inicial		5125.00 g
MALLA.	DIÁMETRO (mm).	PESO RET (gr).
3"	75.000	0.00
2"	50.800	0.00
1 ½"	38.100	173.50
1"	25.400	566.83
¾"	19.000	196.29
⅜"	9.500	1044.13
N° 4	4.760	673.43
N° 10	2.000	193.21
N° 20	0.840	211.66
N° 40	0.425	201.41
N° 60	0.250	241.90
N° 140	0.106	353.11
N° 200	0.075	417.67
FONDO.		851.61
PERDIDAS.		0.25
TOTAL.		5125.00

Fuente: Elaboración Propia

4.4.5.2 ENSAYO DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

4.4.5.2.1 ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO DE SUELOS

4.4.5.2.1.1 PROCEDIMIENTOS

- Se tomó una muestra de aproximadamente 200 gr, de una porción de agregado que pasa el tamiz de 0.425 mm (N°40).
- Se colocó la muestra de suelo en la vasija de porcelana para mezclarse con 20 ml de agua, para amasarlo y tajarlo con la espátula en forma alternada y repetida.

Ilustración 23: MEZCLADO DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°40 ADICIONANDO AGUA



Fuente: Fotografías de laboratorio

- Se procedió a colocar una porción de la mezcla en la cuchara de Casagrande, extendiéndolo con la espátula, teniendo cuidado de incluir burbujas en la masa. Se procedió a nivelar el suelo con la espátula emparejándolo, hasta conseguir una superficie pareja con una profundidad máxima de 1 cm.

Ilustración 24: PREPARADO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE



Fuente: Fotografías de laboratorio

- Se procedió a dividir la masa de suelo de la cazuela, con pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro de la cuchara, pasando suavemente con el acanalador se penetra

poco a poco hasta que se logró separar totalmente las dos partes.

- Se procedió a elevar y golpear la cuchara de Casagrande girando la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, hasta lograr que las dos mitades se junten en una longitud de 0.5" a lo largo de la ranura, anotando los golpes necesarios para lograr este objetivo.

Ilustración 25: PREPARADO DE SUELO MEZCLADO EN LA CUCHARA DE CASAGRANDE.



Fuente: Fotografías de laboratorio

- Luego se procedió a sacar una tajada de la masa de la cuchara de Casagrande, para luego depositarlo en un envase para su internado en un horno para su posterior seca y registro de pesos.

4.4.5.2.1.2 TOMA DE DATOS

Luego de realizado la prueba de límite líquido en la referida cuchara de Casagrande, se tomaron apunte de los presentes datos que se presentan a continuación.

Tabla 10: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA

Determinación de Límite Líquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	23.25	24.52	23.88	25.78	23.57	26.42
Peso de Suelo seco + lata.	20.88	22.17	21.12	23.16	20.69	23.66
Peso de Lata.	9.18	9.55	7.96	9.83	8.59	11.51
Peso de agua.	2.37	2.35	2.76	2.62	2.88	2.76
Peso de Suelo seco.	11.70	12.62	13.16	13.33	12.10	12.15
Numero de Golpes, N.	30.00	29.00	26.00	25.00	21.00	20.00

Fuente: Elaboración Propia

4.4.5.3 ENSAYO DE LIMITE PLÁSTICO DE SUELOS

4.4.5.3.1 PROCEDIMIENTOS

- Se preparó 20 gr. de la muestra que pasa el tamiz N°40, se procedió a amasar con agua destilada hasta que se logró formarse una masa homogénea de suelo.
- Se moldeó cilindros con la masa de suelo, sobre la superficie de vidrio hasta lograr un cilindro de 3.20 mm, sin que se haya desmoronado el cilindro. Se repitió el proceso hasta que el cilindro elaborado se comience a desmoronar.

Ilustración 26: AMASADO DE CILINDROS HECHOS CON SUELO QUE PASA EL TAMIZ N°40.



Fuente: Fotografías de laboratorio

- Los trozos obtenidos se colocan en la tara para su colocado en el horno y posterior secada y pesada del mismo.

Ilustración 27: COLOCADO DE LOS CILINDROS ELABORADOS PARA SU SECADO Y POSTERIOR PESADO



Fuente: Fotografías de laboratorio

4.4.5.3.2 TOMA DE DATOS

Para el ensayo de límite plástico, se practicaron 03 repeticiones, de dichos procedimientos se tomaron los siguientes datos:

Tabla 11: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA

<u>Determinación del Límite Plástico.</u>						
Lata N°.	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	17.47	16.51	17.19	17.06	16.99	17.33
Peso de Suelo seco + lata.	16.87	15.76	16.49	16.37	16.31	16.68
Peso de Lata.	11.8	10.01	10.93	10.91	10.90	11.36

Fuente: Elaboración Propia

4.4.5.4 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS MODIFICADO

4.4.5.4.1 PROCEDIMIENTOS

- Se preparó previamente una muestra con humedad natural, de material de la cantera propuesta, en una cantidad aproximada de 24.00 kg. Se realizó el secado de material en una estufa eléctrica para luego realizar el correspondiente tamizado a través de las mallas N°04, 3/8" y 3/4", de esta manera se observó que más del 30% del material se retuvo en la malla de 3/8" y menos del 30% del material en peso es retenido en el tamiz de 3/4". Por lo que corresponde ensayar dicho material con el Método "C".

Ilustración 28: PREPARADO DE MUESTRA DE LA CANTERA PROPUESTA PARA ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO



Fuente: Fotografías de laboratorio

- Una vez seco y tamizado el material se procedió a preparar 04 especímenes, cada uno de 6.00kg. cada uno fue adicionado con contenidos de agua distintos, diferenciados en 2%, de manera que se pueda encontrar el contenido de agua más cercano al óptimo. Por lo que se ensayaron con muestras que tuvieron contenidos de agua desde el 2%, 4%, 6% y 8% de contenido de humedad respectivamente.
- Teniendo las 03 muestras preparadas para cada ensayo de Próctor modificado, se procedió a la compactación en 05 capas, cada una compactada con 56 golpes.
- Luego de acabado la compactación de las 05 capas, se quita el collarín y se enrasa con la regla metálica para luego registrar el peso del molde + suelo húmedo.
- Finalmente se tomó el contenido de humedad de cada muestra, para que sea representativa se tomó una muestra con material de la parte superior y otra de la base de la muestra ensayada.

4.4.5.4.2 TOMA DE DATOS

Luego de ensayar las cuatro muestras de ensayo de Próctor modificado, se tomaron apunte de los siguientes datos expresados en el presente cuadro:

Tabla 12: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA EN ESTADO NATURAL

Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	60	35	45	55	38	41	25	35	45	55	48	65
Peso de Suelo húmedo + lata	82.20	153.40	58.40	154.20	121.35	83.32	89.70	50.80	85.20	106.20	85.50	148.90
Peso de Suelo seco + lata	78.20	144.80	55.80	144.80	113.41	78.30	83.90	48.50	78.90	98.00	78.90	135.80
Peso de Lata	23.90	26.30	25.10	26.20	25.40	24.20	23.80	25.70	23.50	25.30	23.50	26.40

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA EN ESTADO NATURAL

Altura	11.65 cm					
Volumen	2136.30 cm ³					
Diámetro	15.28 cm					
Muestra N°	1	2	3	4	5	6
Peso del Molde.	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0
Peso de suelo + molde	10367.0	10510.0	10607.0	10544.0	10438.5	10435.5

Fuente: Elaboración Propia

4.4.5.5 ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DE SUELOS

4.4.5.5.1 PROCEDIMIENTOS

- Se procedió a preparar material en una cantidad de aproximadamente unos 15kg. para ser ensayado, se tamiza a través de la malla de $\frac{3}{4}$ ", se obtiene que más del 75% en peso del total del material pasa la mencionada malla, dicho material es con el cual se ha desarrollado el ensayo de CBR.

- Para realizar el proceso de compactación en cada molde, se debe de conocer como dato el contenido de humedad optimo necesario para alcanzar la máxima densidad seca, por lo que se debe conocer el contenido de humedad natural, para así agregar la cantidad necesaria de agua para alcanzar la humedad óptima.

Ilustración 29: PREPARACIÓN DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA $\frac{3}{4}$ ", PARA SU ENSAYO DE CBR



Fuente: Fotografías de Laboratorio

- Se prepararon los tres moldes CBR de 12, 25, 56 golpes en cada molde se pone una pesa de 4kg para continuar llenando el molde con material en 5 pacas cada capa siendo compactada según el número de golpes el cual se realice el molde prosiguiendo a poner los dos anillos para finalizar se saca una muestra de humedad del material de cada molde.

Ilustración 30: PREPARACIÓN DE MOLDES PARA ENSAYO DE CBR



Fuente: Fotografías de Laboratorio

- Se compacta el material en 05 capas, cada molde con diferente energía de compactación, siendo respectivamente de 12, 25, 56 golpes.

Ilustración 31: PREPARACIÓN DE MOLDES PARA ENSAYO DE CBR



Fuente: Fotografías de Laboratorio

- Una vez compactado el material, se quitó el collarín y se enrasa a nivel con la regla metálica, para posteriormente realizar el pesado del molde más el suelo húmedo.

Ilustración 32: SE REALIZA EL ENRASADO DEL MOLDE ENSAYADO PARA SU POSTERIOR PESADO



Fuente: Fotografías de Laboratorio

- Se giró el molde de manera que se retira el disco espaciador, para colocar la sobrecarga, según sea el caso, en el caso de análisis de capa de sub base o afirmado se coloca una sobrecarga de 4.54kg.

Ilustración 33: PREPARADO DE MOLDES PARA COLOCADO DE PESAS



Fuente: Fotografías de Laboratorio

- Se fijó a la placa de la base, luego se colocó un papel filtro sobre la parte superior de la muestra. Luego se

sitúa la placa perforada del vástago ajustable y sobre ella se colocan las pesas de la sobrecarga.

- El trípode con el dial medidor de deformaciones se colocó sobre el canto del molde y se ajustó al vástago de la placa perforada. Luego se registró la lectura inicial y se quita el trípode.

Ilustración 34: COLOCADO DE LA SOBRECARGA Y EL DIAL SOBRE EL MOLDE ANTES DE SUMERGIRLO



Fuente: Fotografías de Laboratorio

- Se sumerge el molde en una poza con agua (capaz de cubrirlo en su totalidad), dejándolo saturar durante el periodo de cuatro días teniendo que registrar la expansión de cada molde a la misma hora de cada día.

Ilustración 35: SUMERGIDO DEL MOLDE PREPARADO CON LA SOBRECARGA DURANTE UN PERIODO DE 04 DÍAS



Fuente: Fotografías de Laboratorio

- Después de cuatro días, se sacó el molde, se deja drenar durante 10 a 15 minutos aproximadamente, para luego colocar el molde sobre el soporte de carga de la prensa, para ajustarlo de manera tal que el pistón de penetración quede centrado en la muestra.

Ilustración 36: DESPUÉS DE 04 DÍAS SE EXTRAJO LAS MUESTRAS, SE DEJARON DRENAR, PARA SU APLICACIÓN EN LA PRENSA



Fuente: Fotografías de Laboratorio

- Se calibra el dial indicador de la presión del anillo de carga y el dial de deformación. La velocidad de penetración del pistón en el suelo es de 1.27 mm por minuto. La velocidad se controla por tiempo con un cronometro.
- Se registran las lecturas de la presión del dial de 0.0, 3.0, 8.0, 10.0, 9.0, 11.0, 12.0.

Ilustración 37: COLOCACIÓN DE LOS MOLDES EN LA PRENSA CBR PARA ENSAYAR EL MATERIAL



Fuente: Fotografías de Laboratorio

- Luego de terminada la prueba, se retira las sobrecargas, se recupera el suelo ensayado y se toma muestra para determinar la humedad final.

Ilustración 38: TOMA DE MUESTRAS PARA CONTENIDO DE HUMEDAD



Fuente: Fotografías de Laboratorio

4.4.5.5.2 TOMA DE DATOS

Del ensayo de CBR de laboratorio se extrajeron tres cuadros de resumen de datos, el primero de densidad y humedad, el segundo de penetración y el tercero de absorción y expansión. Los cuales se presentan a continuación

Tabla 14: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL

<i>Muestra N°</i>	1		2		3	
<i>Numero de Golpes</i>	12		25		56	
<i>Lata de Humedad N°</i>	60	45	38	41	55	25
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	401.60	400.40	421.13	420.24	406.30	405.60
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	378.70	377.80	396.80	396.00	381.00	381.20
<i>Peso de Lata</i>	23.90	25.10	25.40	24.20	26.20	23.80

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL

<i>Muestra N°</i>	1	2	3
<i>Altura molde</i>	12.6	12.5	12.5
<i>Diámetro "cm"</i>	15.15	15.40	15.45
<i>Volumen Molde</i>	2271.36	2328.31	2343.46
<i>Numero de golpes</i>	12	25	56
<i>Peso del Molde</i>	8208	8207	8208
<i>Peso de suelo + molde</i>	12866	13152	13360

Fuente: Elaboración Propia

4.4.6 ENSAYOS CON MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA PARA EL CAMINO VECINAL EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE IÓNICO (CON-AID).

Para realizar los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se consideró el promedio del contenido del agua del ensayo del límite líquido sin aditivo como dosificación, siendo considerado a este el 100%.

Para realizar los ensayos de compactación de suelos modificados y determinación de CBR de laboratorio se consideró el promedio del contenido de humedad del ensayo de Proctor Modificado sin aditivo como dosificación, siendo considerado a este el 100%.

Considerando trabajar con los siguientes porcentajes 15%,30%,45%,60%. Para los diferentes ensayos.

Tabla 16: DOSIFICACIÓN PROPUESTA PARA LOS DISEÑOS CON ADITIVO CON-AID EN LOS DIFERENTES ENSAYOS

DOSIFICACIÓN PROPUESTA PARA LA PRESENTE INVESTIGACIÓN.					
Limite Líquido.	CON ADITIVO.	1	CON-AID.	100%	2.62 gr
				15%	0.39 gr
		2	CON-AID.	100%	2.62 gr
				30%	0.79 gr
		3	CON-AID.	100%	2.62 gr
				45%	1.18 gr
		4	CON-AID.	100%	2.62 gr
				60%	1.57 gr
Limite Plástico.	CON ADITIVO.	1	CON-AID.	100%	0.68 gr
				15%	0.10 gr
		2	CON-AID.	100%	0.68 gr
				30%	0.20 gr
		3	CON-AID.	100%	0.68 gr
				45%	0.31 gr
		4	CON-AID.	100%	0.68 gr
				60%	0.41 gr
Proctor Modificado CBR de Laboratorio.	CON ADITIVO.	1	CON-AID.	100%	6.7 gr
				15%	1.0 gr
		2	CON-AID.	100%	6.7 gr
				30%	2.0 gr
		3	CON-AID.	100%	6.7 gr
				45%	3.0 gr
		4	CON-AID.	100%	6.7 gr
				60%	4.0 gr

Fuente: Elaboración Propia

Se consideró el 100% de aditivo al peso del agua, que contienen los ensayos de límite líquido e índice de plasticidad.

Se consideró para los ensayos de proctor modificado, CBR de laboratorio al 100% de aditivo iónico al promedio del peso del agua del ensayo de humedad realizado en el ensayo de proctor modificado.

4.4.7 ENSAYO DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

4.4.7.1 PROCEDIMIENTOS

- Se tomó una muestra de aproximadamente 200 gr, de una porción de agregado que pasa el tamiz de 0.425 mm (N°40).
- Se colocó la muestra de suelo en la vasija de porcelana para mezclarse con agua y aditivo, para amasarlo y tajarlo con la espátula en forma alternada y repetida.
- Se procedió a colocar una porción de la mezcla en la cuchara de Casagrande, extendiéndolo con la espátula, teniendo cuidado de incluir burbujas en la masa. Se procedió a nivelar el suelo con la espátula emparejándolo, hasta conseguir una superficie pareja con una profundidad máxima de 1 cm.
- Se procedió a dividir la masa de suelo de la cazuela, con pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro de la cuchara, pasando suavemente con el acanalador se penetra poco a poco hasta que se logró separar totalmente las dos partes.
- Se procedió a elevar y golpear la cuchara de Casagrande girando la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, hasta lograr que las dos mitades se junten en una longitud de 0.5" a lo largo de la ranura, anotando los golpes necesarios para lograr este objetivo.
- Luego se procedió a sacar una tajada de la masa de la cuchara de Casagrande, para luego depositarlo en un envase para su internado en un horno para su posterior seca y registro de pesos.

4.4.7.2 TOMA DE DATOS

Luego de realizado la prueba de límite líquido en la referida cuchara de Casagrande, se tomaron apunte de los presentes datos que se presentan a continuación.

Tabla 17: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	15.00%	0.39				
<u>Determinación de Limite Liquido.</u>						
Lata N°	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	20.5	18.99	21.3	23.4	19.98	19.4
Peso de Suelo seco + lata.	18.16	17.05	18.87	20.24	17.5	17.08
Peso de Lata.	6.48	6.54	6.56	6.73	6.75	6.43
Numero de Golpes, N.	35.00	32.00	26.00	21.00	18.00	18.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	30.00%	0.79				
<u>Determinación de Limite Liquido.</u>						
Lata N°	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	26.67	28.44	26.94	29.48	27.76	31.27
Peso de Suelo seco + lata.	23.78	24.86	23.75	25.57	24.2	26.94
Peso de Lata.	7.43	7.48	7.54	7.56	7.75	7.73
Numero de Golpes, N.	35.00	31.00	29.00	25.00	19.00	17.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	45.00%	1.18				
<u>Determinación de Limite Liquido.</u>						
Lata N°	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	35.57	31.36	32.03	32.34	34.79	36
Peso de Suelo seco + lata.	32.42	28.8	29.29	29.52	31.44	32.31
Peso de Lata.	15.44	15.48	15.76	15.56	15.54	15.73
Numero de Golpes, N.	36.00	31.00	27.00	23.00	21.00	18.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	60.00%	1.57				
<u>Determinación de Limite Liquido.</u>						
Lata N°	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	34.78	31.81	31.53	31.39	34.34	33.27
Peso de Suelo seco + lata.	30.91	28.1	27.85	27.84	30.14	29.3
Peso de Lata.	10.14	10.05	9.9	10.31	10.43	10.24
Numero de Golpes, N.	34.00	25.00	23.00	21.00	19.00	18.00

Fuente: Elaboración Propia

4.4.8 ENSAYO DE LIMITE PLÁSTICO DE SUELOS

4.4.8.1 PROCEDIMIENTO

- Se preparó 20 gr. de la muestra que pasa el tamiz N°40, se procedió a amasar con agua destilada hasta que se logró formarse una masa homogénea de suelo.
- Se moldeó cilindros con la masa de suelo, sobre la superficie de vidrio hasta lograr un cilindro de 3.20 mm, sin que se haya

desmoronado el cilindro. Se repitió el proceso hasta que el cilindro elaborado se comience a desmoronar.

- Los trozos obtenidos se colocan en la tara para su colocado en el horno y posterior secada y pesada del mismo.

4.4.8.2 TOMA DE DATOS

Para el ensayo de límite plástico, se practicaron 03 repeticiones, de dichos procedimientos se tomaron los siguientes datos:

Tabla 21: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	15.00%	0.10				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	17.81	16.03	17.14	16.63	17.00	16.86
Peso de Suelo seco + lata.	17.06	15.41	16.32	15.87	16.25	16.11
Peso de Lata.	10.3	10.16	10.25	10.05	10.23	10.15

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	30.00%	0.20				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	26.64	24.57	26.12	25.89	26.00	26.24
Peso de Suelo seco + lata.	25.09	23.41	24.32	23.87	24.25	24.10
Peso de Lata.	10.68	10.03	10.02	9.82	10.00	9.92

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	45.00%	0.31				
<u>Determinación del Limite Plástico.</u>						
Lata N°.	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	20.40	19.76	19.97	18.78	20.00	19.30
Peso de Suelo seco + lata.	19.34	18.76	18.98	18.09	19.05	18.54
Peso de Lata.	11.45	11.08	11.47	11.01	11.65	11.35

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	60.00%	0.41				
<u>Determinación del Limite Plástico.</u>						
Lata N°.	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	23.27	22.89	24.18	22.42	23.09	23.33
Peso de Suelo seco + lata.	22.16	21.91	23.06	21.39	22.04	22.23
Peso de Lata.	13.19	13.26	13.36	12.98	13.23	13.17

Fuente: Elaboración Propia

4.4.9 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS MODIFICADO

4.4.9.1 TOMA DE DATOS

Del ensayo de compactación de suelos modificado, aplicado a la muestra adicionada con estabilizantes iónico se obtuvo:

Tabla 25: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%

CON-AID	100%	6.7 gr										
	15%	1.0 gr										
<u>Determinación de Contenido de Humedad.</u>												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	55	45	35	35	41	60	45	55	65	25	38	48
Peso de Suelo húmedo + lata	83.71	156.12	59.13	158.00	124.75	86.65	93.13	51.56	88.18	109.40	88.59	152.14
Peso de Suelo seco + lata	79.35	147.05	56.07	147.08	115.69	80.58	86.17	48.75	81.18	100.27	81.24	138.03
Peso de Lata	20.62	21.33	20.65	21.82	21.34	20.17	19.83	21.28	20.78	21.33	20.39	21.61
Peso de Suelo seco	58.73	125.72	35.42	125.26	94.35	60.41	66.34	27.47	60.40	78.94	60.85	116.42
Peso de agua	4.36	9.07	3.06	10.92	9.06	6.07	6.96	2.81	7.00	9.13	7.35	14.11
Contenido de humedad %	7.42%	7.21%	8.64%	8.72%	9.60%	10.05%	10.49%	10.23%	11.59%	11.57%	12.08%	12.12%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.

CON-AID		100%	6.7 gr				
		15%	1.0 gr				
Altura	11.64 cm						
Volumen	2140.06 cm ³						
Diámetro	15.30 cm						
Muestra N°	1	2	3	4	5	6	
Peso del Molde.	6673.0	6673.1	6672.5	6673.7	6672.8	6673.8	
Peso de suelo + molde	10440.7	10583.7	10680.7	10617.7	10512.2	10509.2	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%

CON-AID	100%	6.7 gr										
	30%	2.0 gr										
<u>Determinación de Contenido de Humedad.</u>												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	35	35	38	45	45	65	55	25	48	41	60	55
Peso de Suelo húmedo + lata	100.13	171.33	76.33	172.13	139.28	101.25	107.63	68.73	103.13	124.13	103.43	166.83
Peso de Suelo seco + lata	94.99	160.61	72.14	160.14	129.25	94.04	99.53	64.47	94.88	113.77	95.03	151.21
Peso de Lata	24.20	25.10	25.40	23.80	25.70	26.40	25.30	23.90	26.20	23.50	26.30	23.50

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.

CON-AID		100%		6.7 gr			
		30%		2.0 gr			
Altura		11.65 cm					
Volumen		2139.10 cm ³					
Diámetro		15.29 cm					
Muestra N°		1	2	3	4	5	6
Peso del Molde.		6673.1	6673.8	6672.8	6672.5	6673.0	6673.7
Peso de suelo + molde		10487.7	10601.7	10703.7	10630.7	10540.2	10527.2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID	100%	6.7 gr										
	45%	3.0 gr										
<u>Determinación de Contenido de Humedad.</u>												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	55	41	38	35	35	45	25	45	65	60	55	48
Peso de Suelo húmedo + lata	63.58	135.57	40.75	136.63	103.17	64.87	70.89	31.99	66.00	87.14	65.97	130.19
Peso de Suelo seco + lata	60.87	127.46	39.45	127.51	96.07	60.93	66.56	31.16	61.56	80.66	61.56	118.46
Peso de Lata	25.30	24.20	25.10	25.40	26.20	23.80	26.40	23.50	23.90	26.30	25.70	23.50

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.

CON-AID	100%	6.7 gr										
	60%	4.0 gr										
<u>Determinación de Contenido de Humedad.</u>												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	45	38	41	45	35	48	35	25	60	55	55	65
Peso de Suelo húmedo + lata	63.77	70.91	77.74	71.43	78.24	64.63	71.13	81.41	65.73	90.73	84.03	85.04
Peso de Suelo seco + lata	60.86	67.46	73.14	67.46	73.07	60.96	66.56	75.84	61.56	83.66	77.57	78.46
Peso de Lata	23.80	23.50	23.90	23.50	24.20	26.40	25.40	25.30	26.30	25.10	25.70	26.20

4.4.10 ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO DE LOS SUELOS

4.4.10.1 INSTRUMENTOS

- Los mismos elementos utilizados en el ensayo de determinación de CBR, aplicada a la muestra natural.
- El 15%, 30%, 45%, 60% de la dosificación de Estabilizante químico CONAID, del material de cantera para el camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, es un porcentaje equivalente al 100% del contenido de agua del ensayo de proctor modificado

4.4.10.2 TOMA DE DATOS

Del ensayo de determinación de CBR de laboratorio, aplicado a la muestra adicionada con estabilizante se obtuvo cuadros de toma de datos, el primero mostrando datos de N° de muestra, los N° de golpes, peso del suelo húmedo más tara, etc.

Tabla 31: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.

CON-AID		100%		6.7 gr		
		15%		1.0 gr		
<i>Muestra N°</i>	1	2		3		
<i>Numero de Golpes</i>	12	25		56		
<i>Lata de Humedad N°</i>	55	35	60	45	38	25
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	386.75	394.47	786.58	258.48	357.16	654.74
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	367.45	377.27	769.67	240.86	335.73	632.75
<i>Peso de Lata</i>	26.20	26.30	23.90	25.10	25.40	23.80

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.

CON-AID	100%		6.7 gr	
	15%		1.0 gr	
<i>Muestra N°</i>	1	2	3	
<i>Altura molde</i>	12.6	12.5	12.5	
<i>Diámetro "cm"</i>	15.15	15.40	15.45	
<i>Volumen Molde</i>	2271.36	2328.31	2343.46	
<i>Numero de golpes</i>	12	25	56	
<i>Peso del Molde</i>	8208	8207	8208	
<i>Peso de suelo + molde</i>	13254	13558	13986	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.

CON-AID	100%		6.7 gr	
	30%		2.0 gr	
<i>Muestra N°</i>	1	2	3	
<i>Numero de Golpes</i>	12	25	56	
<i>Lata de Humedad N°</i>	41	55	38	45
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	247.88	159.62	234.75	287.79
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	239.88	151.02	223.76	275.45
<i>Peso de Lata</i>	24.20	26.20	25.40	25.10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.

CON-AID	100%		6.7 gr	
	30%		2.0 gr	
<i>Muestra N°</i>	1	2	3	
<i>Altura molde</i>	12.6	12.5	12.5	
<i>Diámetro "cm"</i>	15.15	15.40	15.45	
<i>Volumen Molde</i>	2271.36	2328.31	2343.46	
<i>Numero de golpes</i>	12	25	56	
<i>Peso del Molde</i>	8208	8207	8208	
<i>Peso de suelo + molde</i>	14017	14293	14633	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID		100%		6.7 gr		
		45%		3.0 gr		
<i>Muestra N°</i>	1	2		3		
<i>Numero de Golpes</i>	12	25		56		
<i>Lata de Humedad N°</i>	45	25	55	35	38	60
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	316.32	228.06	303.19	356.23	273.96	283.32
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	302.71	214.75	288.74	341.83	261.44	270.33
<i>Peso de Lata</i>	25.10	23.80	26.20	26.30	25.40	23.90

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID	100%		6.7 gr	
	45%		3.0 gr	
<i>Muestra N°</i>	1	2	3	
<i>Altura molde</i>	12.6	12.5	12.5	
<i>Diámetro "cm"</i>	15.15	15.40	15.45	
<i>Volumen Molde</i>	2271.36	2328.31	2343.46	
<i>Numero de golpes</i>	12	25	56	
<i>Peso del Molde</i>	8208	8207	8208	
<i>Peso de suelo + molde</i>	14381	14612	15148	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.

CON-AID		100%		6.7 gr		
		60%		4.0 gr		
<i>Muestra N°</i>	1	2		3		
<i>Numero de Golpes</i>	12	25		56		
<i>Lata de Humedad N°</i>	38	55	60	65	45	17
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	341.73	253.47	328.60	381.64	299.37	308.73
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	328.85	240.65	311.92	365.48	285.36	294.57
<i>Peso de Lata</i>	25.40	26.20	23.90	26.40	25.10	26.48

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.

CON-AID	100%		6.7 gr	
	60%		4.0 gr	
<i>Muestra N°</i>	1	2	3	
<i>Altura molde</i>	12.6	12.5	12.5	
<i>Diámetro "cm"</i>	15.15	15.40	15.45	
<i>Volumen Molde</i>	2271.36	2328.31	2343.46	
<i>Numero de golpes</i>	12	25	56	
<i>Peso del Molde</i>	8208	8207	8208	
<i>Peso de suelo + molde</i>	15420	15634	15841	

Fuente: Elaboración Propia

4.5 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

4.5.1 CONCLUSIONES PARCIALES

Los resultados obtenidos del ensayo de humedad del material de cantera propuesta para el camino EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN. La muestra varía entre 7.26% a 11.97% con un promedio de 9.63% habiéndose analizado un total de 12 capsulas.

Tabla 39: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA

<i>Muestra N°</i>	<i>CAPSULA N°</i>	<i>CONTENIDO DE HUMEDAD (W%).</i>
A	60	7.37%
	35	7.26%
B	45	8.47%
	55	7.93%
C	38	9.02%
	41	9.28%
D	25	9.65%
	35	10.09%
E	45	11.37%
	55	11.28%
F	48	11.91%
	65	11.97%
PROMEDIO.		9.63%

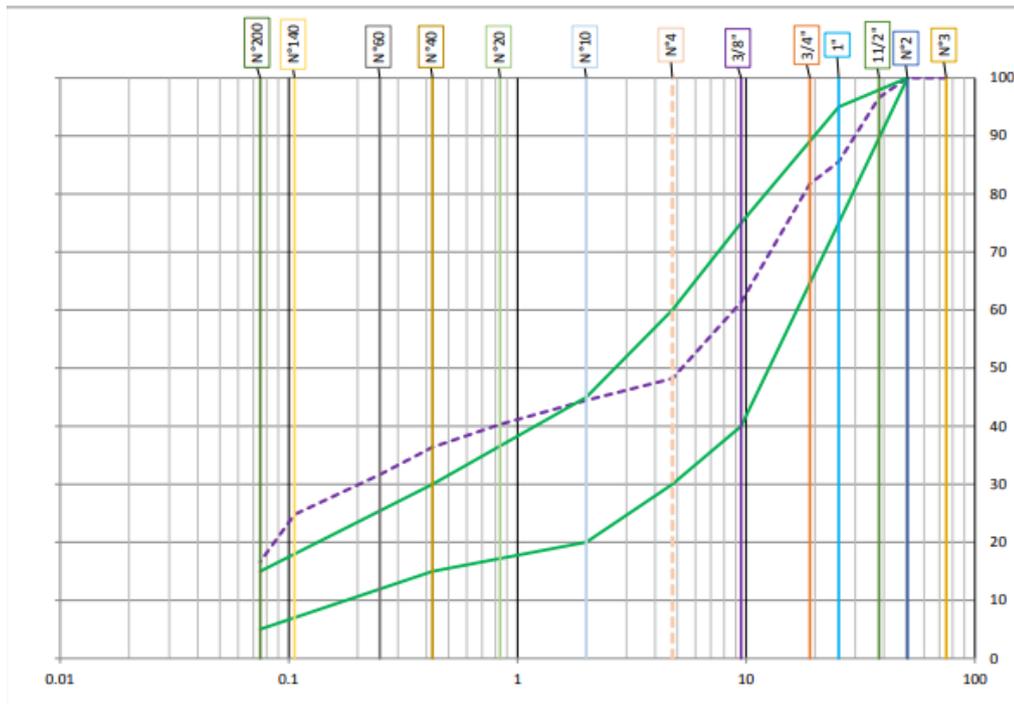
4.5.2 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

Tabla 40: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA

PESO SECO TOTAL DE MUESTRA EN GRAMOS (g)		5,125.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS			
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (g)	%
SERIE	ABERTURA (mm)		
3"	75.000	0.00	0.00%
2"	50.800	0.00	0.00%
1 ½"	38.100	173.50	3.39%
1"	25.400	566.83	11.06%
¾"	19.000	196.29	3.83%
3/8"	9.500	1,044.13	20.37%
N° 4	4.760	673.43	13.14%
N° 10	2.000	193.21	3.77%
N° 20	0.840	211.66	4.13%
N° 40	0.425	201.41	3.93%
N° 60	0.250	241.90	4.72%
N° 140	0.106	353.11	6.89%
N° 200	0.075	417.67	8.15%
FONDO.		851.61	16.62%
PERDIDAS.		0.25	0.00%
TOTAL.		5,125.00	

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 39: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA



Fuente: Elaboración Propia

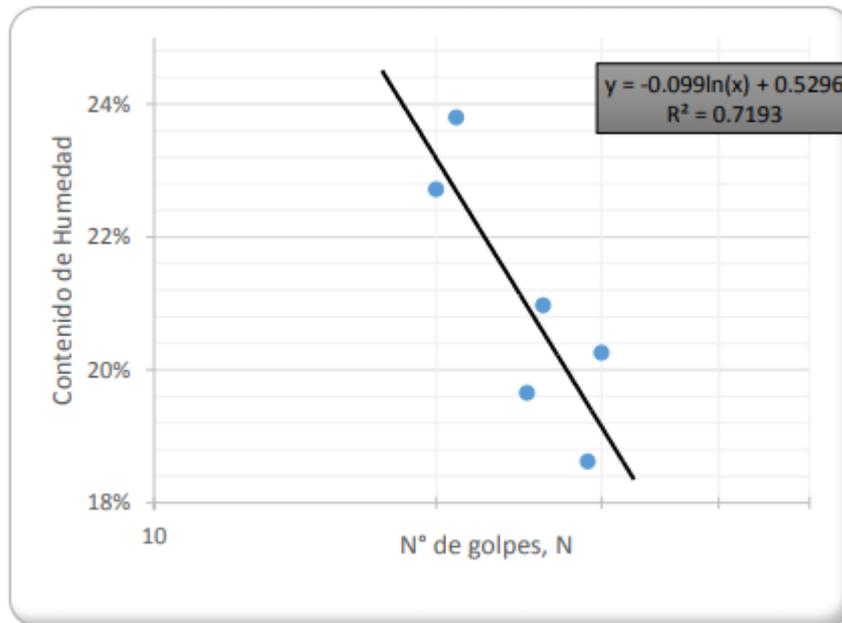
4.5.3 LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA SIN ADITIVO

Tabla 41: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA SIN ADITIVO.

<u>Determinación de Limite Líquido.</u>						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	23.25	24.52	23.88	25.78	23.57	26.42
Peso de Suelo seco + lata.	20.88	22.17	21.12	23.16	20.69	23.66
Peso de Lata.	9.18	9.55	7.96	9.83	8.59	11.51
Peso de agua.	2.37	2.35	2.76	2.62	2.88	2.76
Peso de Suelo seco.	11.70	12.62	13.16	13.33	12.10	12.15
Contenido de humedad %.	20%	19%	21%	20%	24%	23%
Numero de Golpes, N.	30.00	29.00	26.00	25.00	21.00	20.00

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 40: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA SIN ADITIVO.



Fuente: Elaboración Propia

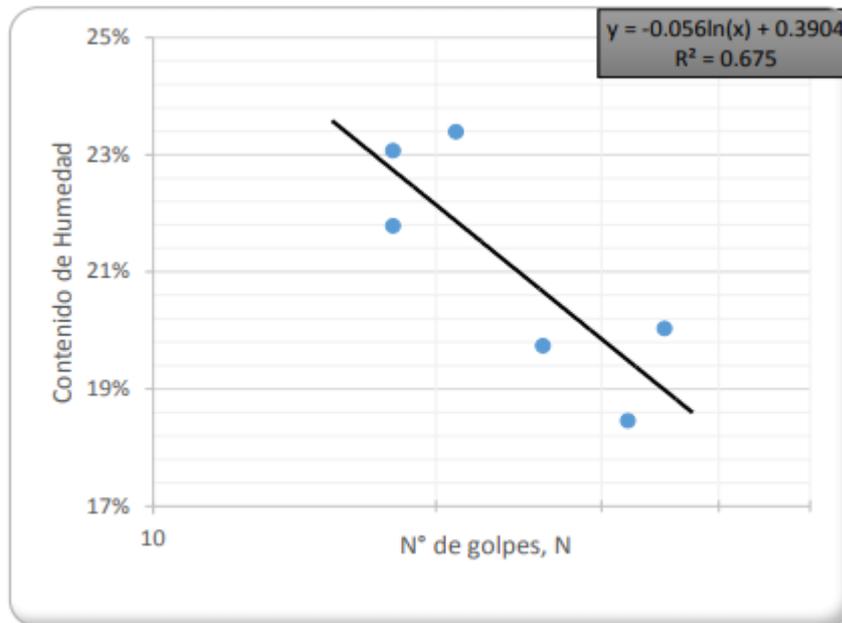
4.5.4 LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO CON-AID.

Tabla 42: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	15.00%	0.39				
Determinación de Limite Líquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	20.5	18.99	21.3	23.4	19.98	19.4
Peso de Suelo seco + lata.	18.16	17.05	18.87	20.24	17.5	17.08
Peso de Lata.	6.48	6.54	6.56	6.73	6.75	6.43
Peso de agua.	2.34	1.94	2.43	3.16	2.48	2.32
Peso de Suelo seco.	11.68	10.51	12.31	13.51	10.75	10.65
Contenido de humedad %.	20%	18%	20%	23%	23%	22%
Numero de Golpes, N.	35.00	32.00	26.00	21.00	18.00	18.00

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 41: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.



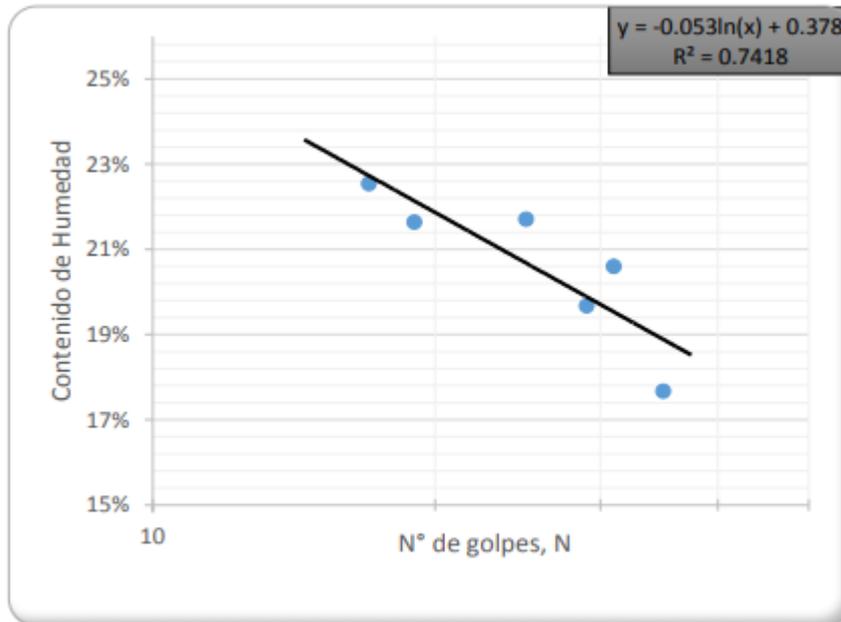
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTO CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	30.00%	0.79				
Determinación de Límite Líquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	26.67	28.44	26.94	29.48	27.76	31.27
Peso de Suelo seco + lata.	23.78	24.86	23.75	25.57	24.2	26.94
Peso de Lata.	7.43	7.48	7.54	7.56	7.75	7.73
Peso de agua.	2.89	3.58	3.19	3.91	3.56	4.33
Peso de Suelo seco.	16.35	17.38	16.21	18.01	16.45	19.21
Contenido de humedad %.	18%	21%	20%	22%	22%	23%
Numero de Golpes, N.	35.00	31.00	29.00	25.00	19.00	17.00

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 42: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.



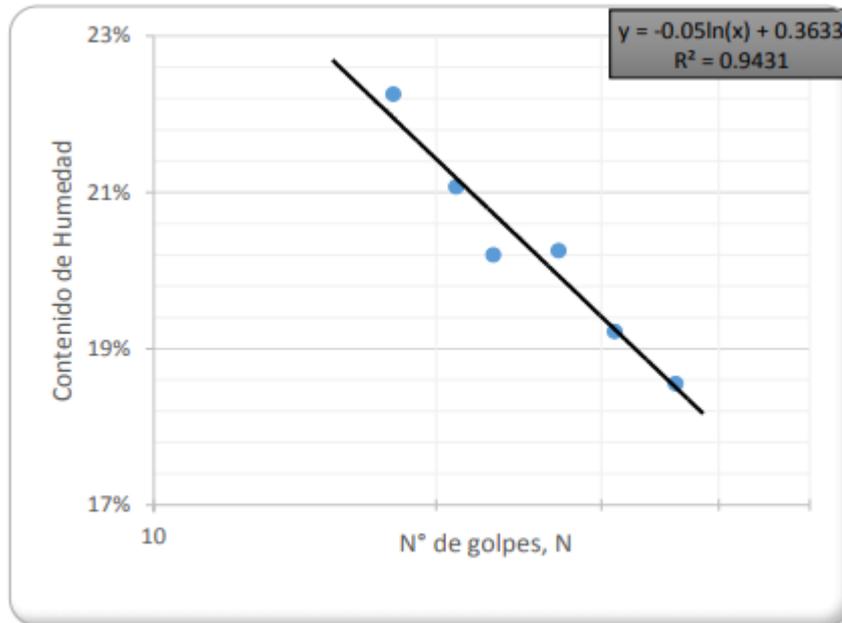
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	45.00%	1.18				
Determinación de Limite Líquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	35.57	31.36	32.03	32.34	34.79	36
Peso de Suelo seco + lata.	32.42	28.8	29.29	29.52	31.44	32.31
Peso de Lata.	15.44	15.48	15.76	15.56	15.54	15.73
Peso de agua.	3.15	2.56	2.74	2.82	3.35	3.69
Peso de Suelo seco.	16.98	13.32	13.53	13.96	15.90	16.58
Contenido de humedad %.	19%	19%	20%	20%	21%	22%
Numero de Golpes, N.	36.00	31.00	27.00	23.00	21.00	18.00

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 43: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.



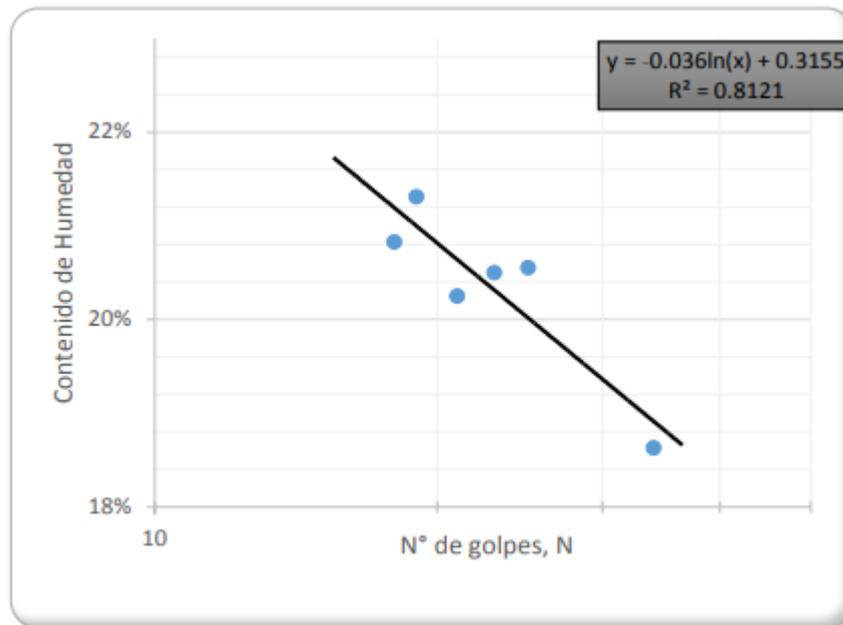
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	60.00%	1.57				
Determinación de Limite Líquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	34.78	31.81	31.53	31.39	34.34	33.27
Peso de Suelo seco + lata.	30.91	28.1	27.85	27.84	30.14	29.3
Peso de Lata.	10.14	10.05	9.9	10.31	10.43	10.24
Peso de agua.	3.87	3.71	3.68	3.55	4.20	3.97
Peso de Suelo seco.	20.77	18.05	17.95	17.53	19.71	19.06
Contenido de humedad %.	19%	20.6%	20.5%	20.3%	21%	21%
Numero de Golpes, N.	34.00	25.00	23.00	21.00	19.00	18.00

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 44: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.



Fuente: Elaboración Propia

4.5.5 LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO.

Tabla 46: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	15.00%	0.10				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	17.81	16.03	17.14	16.63	17.00	16.86
Peso de Suelo seco + lata.	17.06	15.41	16.32	15.87	16.25	16.11
Peso de Lata.	10.3	10.16	10.25	10.05	10.23	10.15
Peso de agua.	0.75	0.62	0.82	0.76	0.75	0.75
Peso de Suelo seco.	6.76	5.25	6.07	5.82	6.02	5.96
Contenido de humedad %.	11%	12%	14%	13%	12%	13%

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 47: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA
PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.**

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	30.00%	0.20				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	26.64	24.57	26.12	25.89	26.00	26.24
Peso de Suelo seco + lata.	25.09	23.41	24.32	23.87	24.25	24.10
Peso de Lata.	10.68	10.03	10.02	9.82	10.00	9.92
Peso de agua.	1.55	1.16	1.8	2.02	1.75	2.15
Peso de Suelo seco.	14.41	13.38	14.3	14.05	14.25	14.175
Contenido de humedad %.	11%	9%	13%	14%	12%	15%

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 48: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA
PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.**

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	45.00%	0.31				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	20.40	19.76	19.97	18.78	20.00	19.30
Peso de Suelo seco + lata.	19.34	18.76	18.98	18.09	19.05	18.54
Peso de Lata.	11.45	11.08	11.47	11.01	11.65	11.35
Peso de agua.	1.06	1	0.99	0.69	0.95	0.77
Peso de Suelo seco.	7.89	7.68	7.51	7.08	7.4	7.185
Contenido de humedad %.	13%	13%	13%	10%	13%	11%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA
PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	60.00%	0.41				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	23.27	22.89	24.18	22.42	23.09	23.33
Peso de Suelo seco + lata.	22.16	21.91	23.06	21.39	22.04	22.23
Peso de Lata.	13.19	13.26	13.36	12.98	13.23	13.17
Peso de agua.	1.11	0.98	1.12	1.03	1.06	1.11
Peso de Suelo seco.	8.97	8.65	9.7	8.41	8.81	9.055
Contenido de humedad %.	12%	11%	12%	12%	12%	12%

Fuente: Elaboración Propia

4.5.6 ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTO SIN ADITIVO.

Tabla 50: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA
PROPUESTA SIN ADITIVO.

Limite Liquido.	21.093%
Limite Plástico.	12.482%
Índice de Plasticidad (IP).	8.611%

Fuente: Elaboración Propia

4.5.7 ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTO CON LA ADICIÓN DE ADITIVO.

Tabla 51: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA
PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.

Limite Liquido.	21.014%
Limite Plástico.	12.419%
Índice de Plasticidad (IP).	8.595%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

Limite Liquido.	20.740%
Limite Plástico.	12.301%
Índice de Plasticidad (IP).	8.439%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 53: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

Limite Liquido.	20.236%
Limite Plástico.	12.145%
Índice de Plasticidad (IP).	8.091%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

Limite Liquido.	19.962%
Limite Plástico.	11.946%
Índice de Plasticidad (IP).	8.016%

Fuente: Elaboración Propia

4.5.8 CONCLUSIONES PARCIALES

Resultados obtenidos del ensayo de límites de attenberg.

Tabla 55: RESULTADO DE LOS ENSAYO DE LIMITES DE ATTENBERG DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA.

MUESTRA N°	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
SIN ADITIVO	21.093%	12.482%	8.611%
ADI + 15%.	21.014%	12.419%	8.595%
ADI + 30%.	20.740%	12.301%	8.439%
ADI + 45%.	20.236%	12.145%	8.091%
ADI + 60%.	19.962%	11.946%	8.016%

Fuente: Elaboración Propia

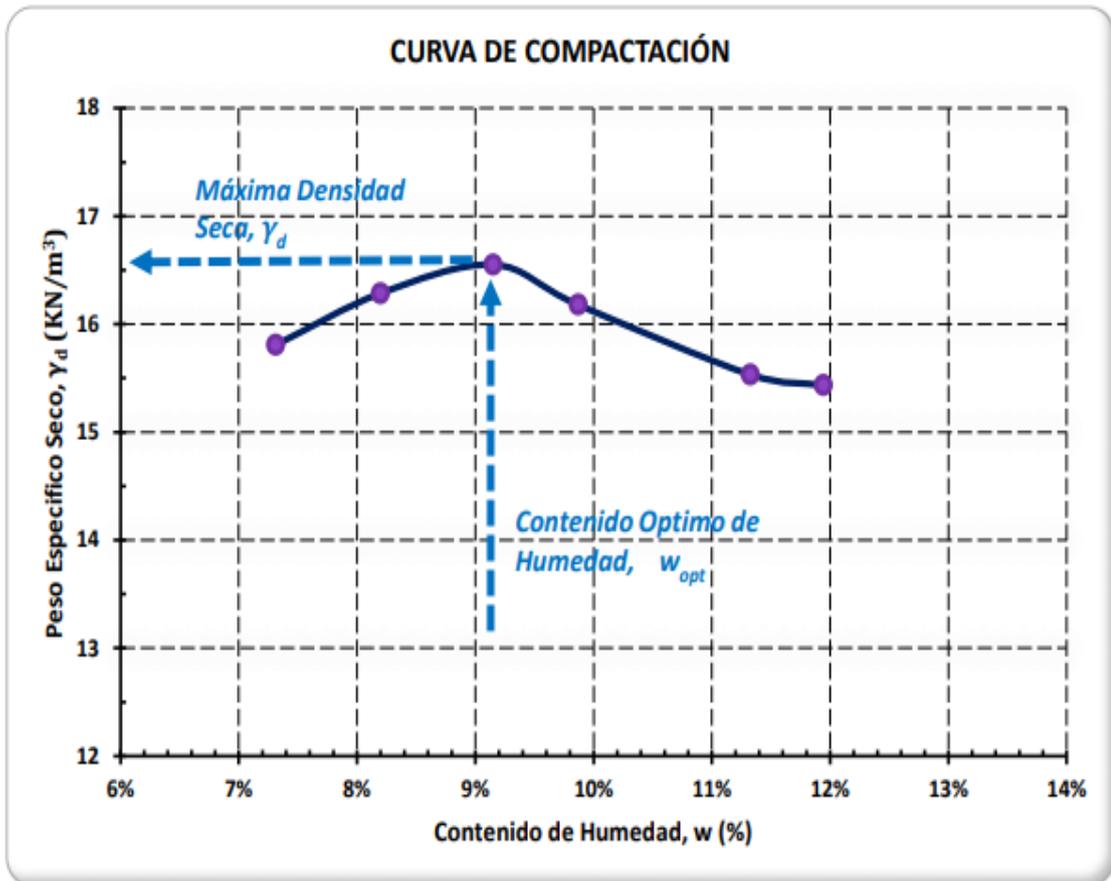
4.5.9 ANÁLISIS DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO DE LA CANTERA PROPUESTO SIN ADITIVO.

Tabla 56: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTO SIN ADITIVO.

Determinación de Contenido de Humedad.												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	60	35	45	55	38	41	25	35	45	55	48	65
Peso de Suelo húmedo + lata	82.20	153.40	58.40	154.20	121.35	83.32	89.70	50.80	85.20	106.20	85.50	148.90
Peso de Suelo seco + lata	78.20	144.80	55.80	144.80	113.41	78.30	83.90	48.50	78.90	98.00	78.90	135.80
Peso de Lata	23.90	26.30	25.10	26.20	25.40	24.20	23.80	25.70	23.50	25.30	23.50	26.40
Peso de Suelo seco	54.30	118.50	30.70	118.60	88.01	54.10	60.10	22.80	55.40	72.70	55.40	109.40
Peso de agua	4.00	8.60	2.60	9.40	7.94	5.02	5.80	2.30	6.30	8.20	6.60	13.10
Contenido de humedad %	7.37%	7.26%	8.47%	7.93%	9.02%	9.28%	9.65%	10.09%	11.37%	11.28%	11.91%	11.97%
Determinación de la densidad.												
Diámetro.	15.28 cm				Volumen.				2136.30 cm ³			
Altura.	11.65 cm				Peso del Pistón.				4.54 kg			
N° Capas.	5				N° de Golpes.				56			
Método Usado.	"C".				Molde.				6.0 pulg			
Aditivo.	Sin Aditivo.				Tamices.				3/4", 3/8"			
Contenido de humedad deseado.	7%	8%	9%	10%	11%	12%						
Contenido de humedad, wm.	7.31%	8.20%	9.15%	9.87%	11.33%	11.94%	9.63%					
Peso del Molde.	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0						
Peso de suelo + molde.	10367.0	10510.0	10607.0	10544.0	10438.5	10435.5						
Peso de suelo seco en molde, g.	3694	3837	3934	3871	3766	3763						
Densidad húmeda KN/m ³	16.96	17.62	18.07	17.78	17.29	17.28						
Densidad seca, (γ _{seca}) KN/m ³	15.81	16.28	16.55	16.18	15.53	15.43	15.96					
Curva de ceros vacíos de aire.	0.58	0.55	0.53	0.51	0.47	0.46						

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 45: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA PROPUESTA SIN ADITIVO.



Fuente: Elaboración Propia

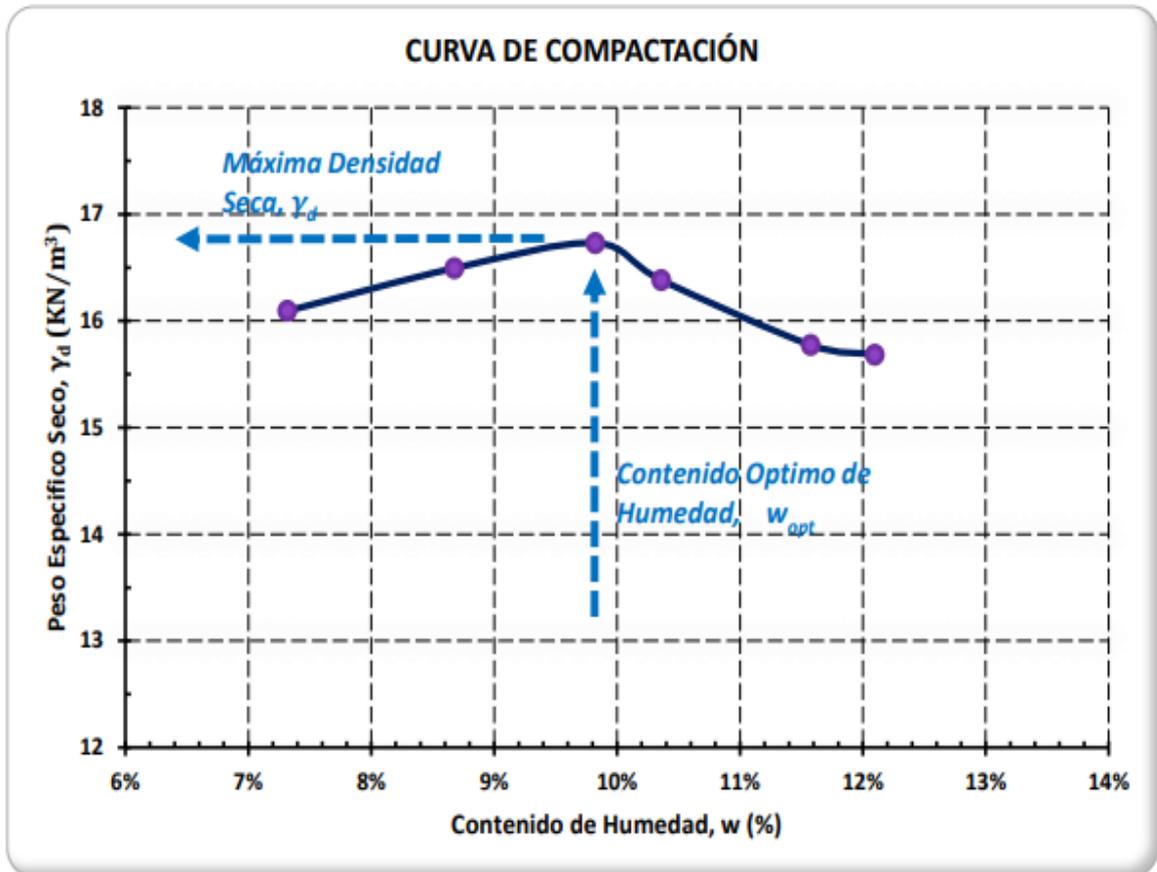
4.5.10 ANÁLISIS DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO DE LA CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO.

Tabla 57: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.

CON-AID	100%	6.7 gr										
	15%	1.0 gr										
Determinación de Contenido de Humedad.												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	55	45	35	35	41	60	45	55	65	25	38	48
Peso de Suelo húmedo + lata	83.71	156.12	59.13	158.00	124.75	86.65	93.13	51.56	88.18	109.40	88.59	152.14
Peso de Suelo seco + lata	79.35	147.05	56.07	147.08	115.69	80.58	86.17	48.75	81.18	100.27	81.24	138.03
Peso de Lata	20.62	21.33	20.65	21.82	21.34	20.17	19.83	21.28	20.78	21.33	20.39	21.61
Peso de Suelo seco	58.73	125.72	35.42	125.26	94.35	60.41	66.34	27.47	60.40	78.94	60.85	116.42
Peso de agua	4.36	9.07	3.06	10.92	9.06	6.07	6.96	2.81	7.00	9.13	7.35	14.11
Contenido de humedad %	7.42%	7.21%	8.64%	8.72%	9.60%	10.05%	10.49%	10.23%	11.59%	11.57%	12.08%	12.12%
Determinación de la densidad.												
Diámetro.	15.30 cm				Volumen.	2140.06 cm ³						
Altura.	11.64 cm				Peso del Pistón.	4.54 kg						
N° Capas.	5				N° de Golpes.	56						
Método Usado.	"C".				Molde.	6.0 pulg						
Aditivo.	Sin Aditivo.				Tamices.	3/4", 3/8"						
Contenido de humedad deseado.	7%	9%	10%	10%	12%	12%						
Contenido de humedad, wm.	7.32%	8.68%	9.83%	10.36%	11.58%	12.10%	9.98%					
Peso del Molde.	6673.0	6673.1	6672.5	6673.7	6672.8	6673.8						
Peso de suelo + molde.	10440.7	10583.7	10680.7	10617.7	10512.2	10509.2						
Peso de suelo seco en molde, g.	3768	3911	4008	3944	3839	3835						
Densidad húmeda KN/m ³	17.27	17.93	18.37	18.08	17.60	17.58						
Densidad seca, (γseca) KN/m ³	16.09	16.49	16.73	16.38	15.77	15.68	16.19					
Curva de ceros vacíos de aire.	0.58	0.54	0.51	0.5	0.47	0.46						

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 46: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%



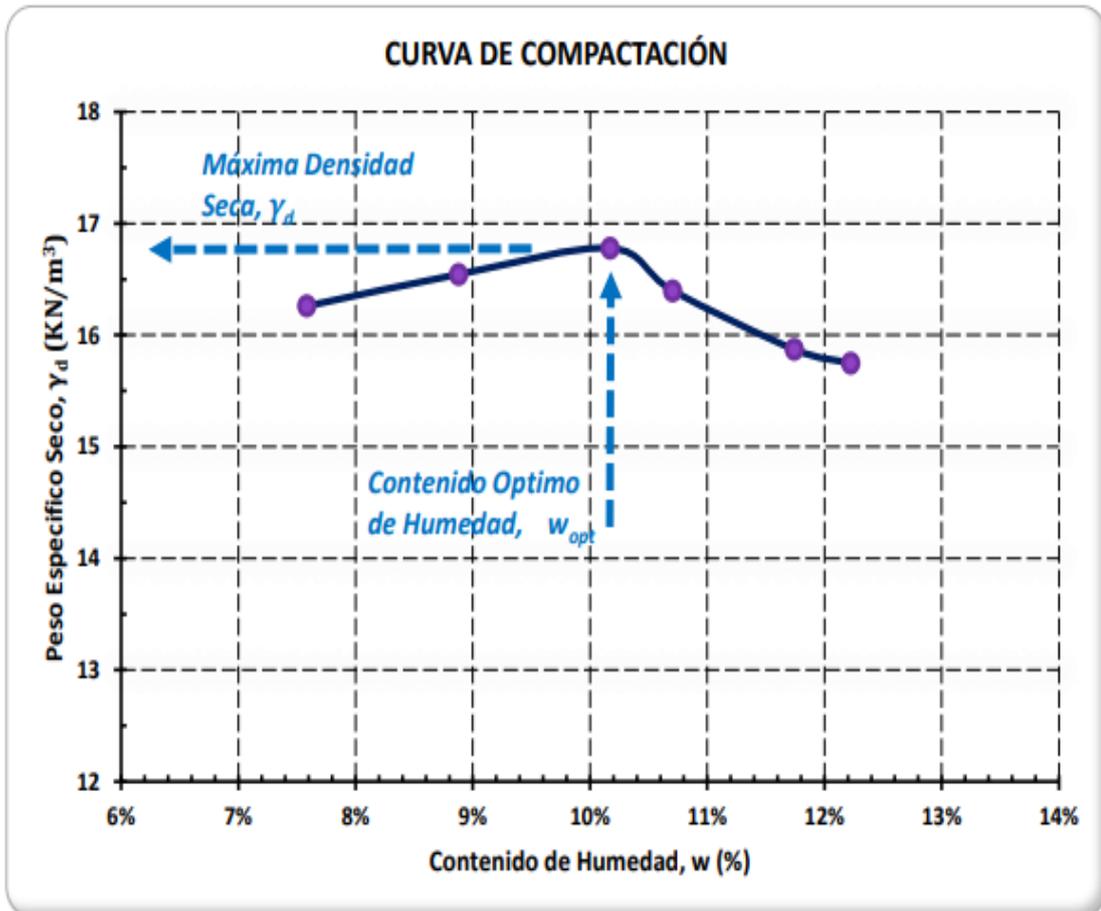
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTO CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

CON-AID	100%	6.7 gr										
	30%	2.0 gr										
<u>Determinación de Contenido de Humedad.</u>												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	35	35	38	45	45	65	55	25	48	41	60	55
Peso de Suelo húmedo + lata	100.13	171.33	76.33	172.13	139.28	101.25	107.63	68.73	103.13	124.13	103.43	166.83
Peso de Suelo seco + lata	94.99	160.61	72.14	160.14	129.25	94.04	99.53	64.47	94.88	113.77	95.03	151.21
Peso de Lata	24.20	25.10	25.40	23.80	25.70	26.40	25.30	23.90	26.20	23.50	26.30	23.50
Peso de Suelo seco	70.79	135.51	46.74	136.34	103.55	67.64	74.23	40.57	68.68	90.27	68.73	127.71
Peso de agua	5.14	10.72	4.19	11.99	10.03	7.21	8.10	4.26	8.25	10.36	8.40	15.62
Contenido de humedad %	7.26%	7.91%	8.96%	8.79%	9.69%	10.66%	10.91%	10.50%	12.01%	11.48%	12.22%	12.23%
<u>Determinación de la densidad.</u>												
Diámetro.	15.29 cm				Volumen.	2139.10 cm ³						
Altura.	11.65 cm				Peso del Pistón.	4.54 kg						
N° Capas.	5				N° de Golpes.	56						
Método Usado.	"C".				Molde.	6.0 pulg						
Aditivo.	Sin Aditivo.				Tamices.	3/4", 3/8"						
Contenido de humedad deseado.	8%	9%	10%	11%	12%	12%						
Contenido de humedad, wm.	7.59%	8.88%	10.17%	10.71%	11.74%	12.23%	10.22%					
Peso del Molde.	6673.1	6673.8	6672.8	6672.5	6673.0	6673.7						
Peso de suelo + molde.	10487.7	10601.7	10703.7	10630.7	10540.2	10527.2						
Peso de suelo seco en molde, g.	3815	3928	4031	3958	3867	3854						
Densidad húmeda KN/m ³	17.49	18.01	18.49	18.15	17.74	17.67						
Densidad seca, (y seca) KN/m ³	16.26	16.54	16.78	16.40	15.87	15.75	16.27					
Curva de ceros vacíos de aire.	0.57	0.53	0.5	0.49	0.46	0.45						

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 47: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%



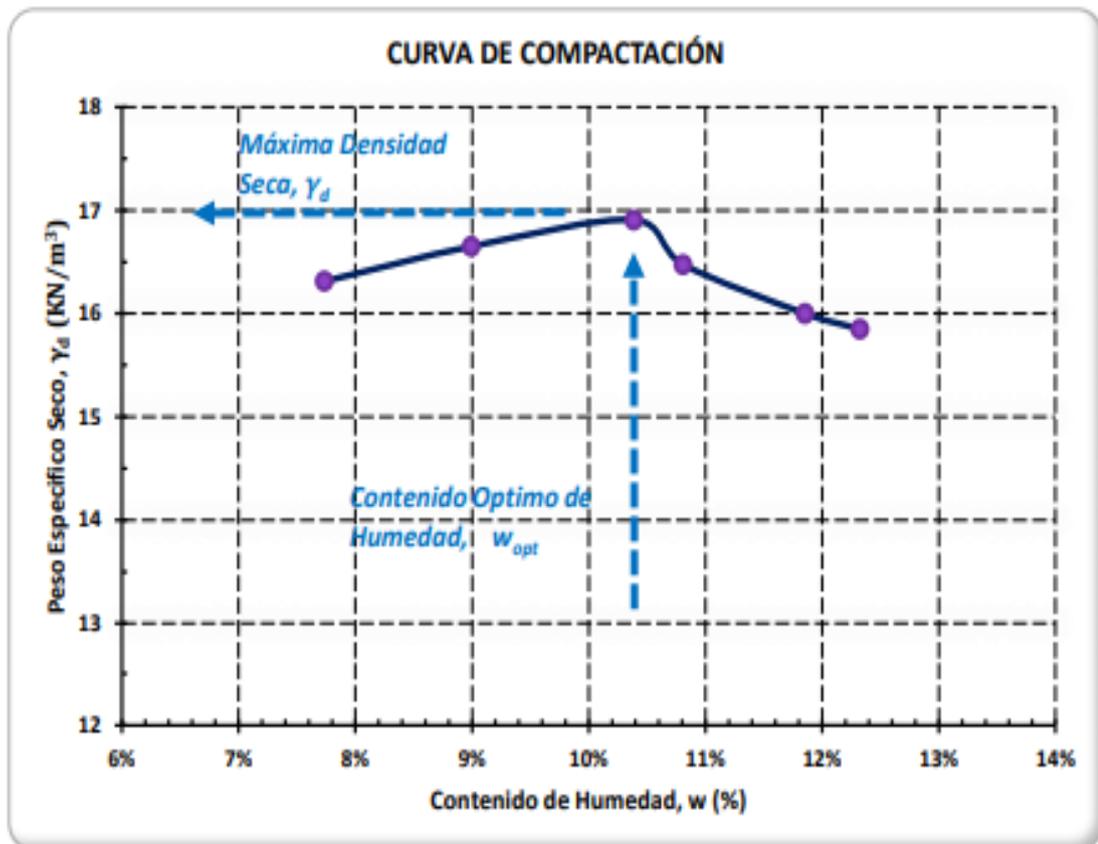
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.

CON-AID	100%	6,7 gr										
	45%	3,0 gr										
<u>Determinación de Contenido de Humedad.</u>												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	55	41	38	35	35	45	25	45	65	60	55	48
Peso de Suelo húmedo + lata	63,58	135,57	40,75	136,63	103,17	64,87	70,89	31,99	66,00	87,14	65,97	130,19
Peso de Suelo seco + lata	60,87	127,46	39,45	127,51	96,07	60,93	66,56	31,16	61,56	80,66	61,56	118,46
Peso de Lata	25,30	24,20	25,10	25,40	26,20	23,80	26,40	23,50	23,90	26,30	25,70	23,50
Peso de Suelo seco	35,57	103,26	14,35	102,11	69,87	37,13	40,16	7,66	37,66	54,36	35,86	94,96
Peso de agua	2,71	8,11	1,30	9,12	7,10	3,94	4,33	0,83	4,44	6,48	4,41	11,73
Contenido de humedad %	7,62%	7,85%	9,06%	8,93%	10,16%	10,61%	10,78%	10,84%	11,79%	11,92%	12,30%	12,35%
<u>Determinación de la densidad.</u>												
Diámetro.	15,28 cm				Volumen.	2136,30 cm ³						
Altura.	11,65 cm				Peso del Pistón.	4,54 kg						
N° Capas.	5				N° de Golpes.	56						
Método Usado.	"C".				Molde.	6,0 pulg						
Aditivo.	Sin Aditivo.				Tamices.	3/4", 3/8"						
Contenido de humedad deseado.	8%	9%	10%	11%	12%	12%						
Contenido de humedad, wm.	7,74%	9,00%	10,39%	10,81%	11,86%	12,33%	10,35%					
Peso del Molde.	6672,5	6673,8	6673,7	6673,0	6672,8	6673,1						
Peso de suelo + molde.	10499,7	10625,8	10738,0	10648,7	10570,2	10550,2						
Peso de suelo seco en molde, g.	3827	3952	4064	3976	3897	3877						
Densidad húmeda KN/m ³	17,57	18,15	18,66	18,26	17,90	17,80						
Densidad seca, (γseca) KN/m ³	16,31	16,65	16,91	16,48	16,00	15,85	16,37					
Curva de ceros vacíos de aire.	0,57	0,53	0,5	0,49	0,46	0,45						

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 48: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.



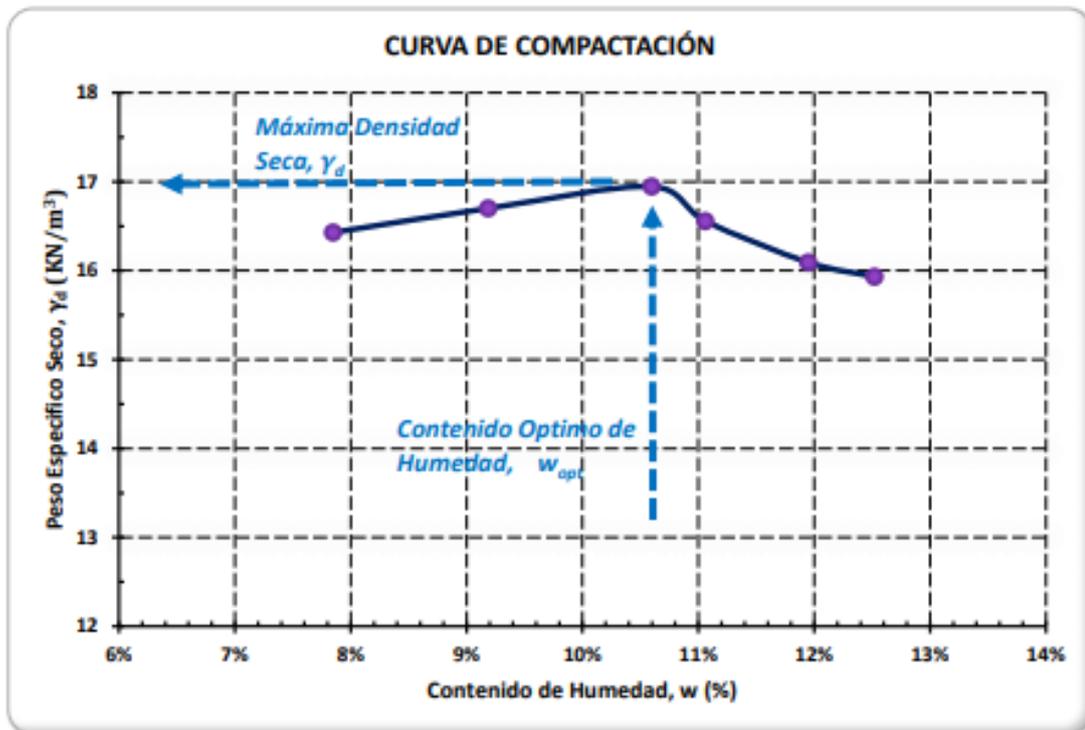
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.

CON-AID	100%	6.7 gr										
	60%	4.0 gr										
<u>Determinación de Contenido de Humedad.</u>												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	45	38	41	45	35	48	35	25	60	55	55	65
Peso de Suelo húmedo + lata	63.77	70.91	77.74	71.43	78.24	64.63	71.13	81.41	65.73	90.73	84.03	85.04
Peso de Suelo seco + lata	60.86	67.46	73.14	67.46	73.07	60.96	66.56	75.84	61.56	83.66	77.57	78.46
Peso de Lata	23.80	23.50	23.90	23.50	24.20	26.40	25.40	25.30	26.30	25.10	25.70	26.20
Peso de Suelo seco	37.06	43.96	49.24	43.96	48.87	34.56	41.16	50.54	35.26	58.56	51.87	52.26
Peso de agua	2.91	3.45	4.60	3.97	5.17	3.67	4.57	5.57	4.17	7.07	6.46	6.58
Contenido de humedad %	7.85%	7.85%	9.34%	9.03%	10.58%	10.62%	11.10%	11.02%	11.83%	12.07%	12.45%	12.59%
<u>Determinación de la densidad.</u>												
Diámetro.	15.30 cm				Volumen.	2140.06 cm ³						
Altura.	11.64 cm				Peso del Pistón.	4.54 kg						
N° Capas.	5				N° de Golpes.	56						
Método Usado.	"C".				Molde.	6.0 pulg						
Aditivo.	Sin Aditivo.				Tamices.	3/4", 3/8"						
Contenido de humedad deseado.	8%	9%	11%	11%	12%	13%						
Contenido de humedad, wm.	7.85%	9.19%	10.60%	11.06%	11.95%	12.52%	10.53%					
Peso del Molde.	6673.1	6672.8	6673.8	6673.7	6672.5	6673.0						
Peso de suelo + molde.	10538.5	10650.5	10762.2	10684.8	10602.5	10583.5						
Peso de suelo seco en molde, g.	3865	3978	4088	4011	3930	3911						
Densidad húmeda KN/m ³	17.72	18.23	18.74	18.39	18.02	17.93						
Densidad seca, (y seca) KN/m ³	16.43	16.70	16.95	16.56	16.09	15.93	16.44					
Curva de ceros vacíos de aire.	0.56	0.53	0.49	0.48	0.46	0.45						

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 49: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA PROPUESTA CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 RESULTADO GENERAL

Las propiedades geotécnicas del material de cantera propuesta del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, estabilizado químicamente con estabilizante iónico CON-AID comparado con suelo natural que pueda representar mejoras técnicas, económicas y constructivas.

Tabla 61: RESULTADO DEL ENSAYO DEL MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA ESTABILIZADO CON ADITIVO CON-AID Y COMPARADO CON EL SUELO NATURAL.

MUESTRA N°	INDICE DE PLASTICIDAD.	DENSIDAD AL 95%. Kg/Cm3.	C.B.R. AL 95%.
SIN ADITIVO.	8.611%	1.952	54.01%
ADI + 15%.	8.595%	2.225	76.35%
ADI + 30%.	8.439%	2.467	94.41%
ADI + 45%.	8.091%	2.672	115.83%
ADI + 60%.	8.016%	2.938	131.97%

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de índice de plasticidad disminuyen en 0.68% con aditivo ionizante al 15% y en un 1.02% con aditivo ionizante al 30% y en un 1.24% con aditivo ionizante al 45% y en un 1.45% con aditivo ionizante al 60%.

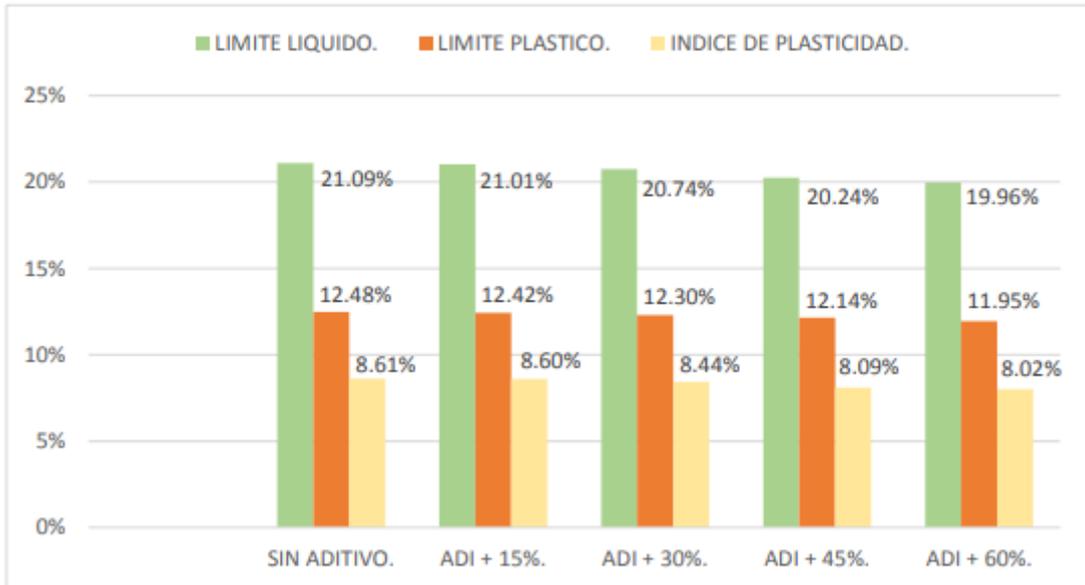
Los valores de densidad máxima al 95% se incrementan en un 0.273 Kg/Cm3 con aditivo ionizante al 15% y en un 0.404 Kg/Cm3 con aditivo ionizante al 30% y en un 0.618 Kg/Cm3 con aditivo ionizante al 45% y en un 0.780 Kg/Cm3 con aditivo ionizante al 60%.

Finalmente, los valores de CBR al 95% se incrementan en un 22.35% con aditivo ionizante al 15% y en un 40.40% con aditivo ionizante al 30% y en un 61.82% con aditivo ionizante al 45% y en un 77.97% con aditivo ionizante al 60%.

5.2 PRIMER RESULTADO

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad del suelo de la cantera propuesta sin la adición de estabilizante iónico CON-AID, comparado con los ensayos realizados adicionando estabilizante iónico.

Ilustración 50: VALORES DE ENSAYOS DE ATTERBERG



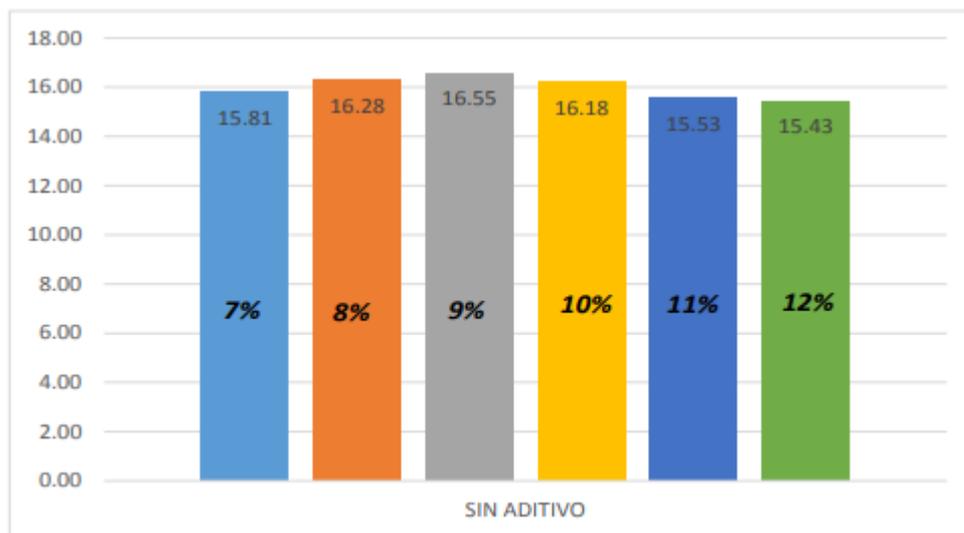
Fuente: Elaboración Propia

- Los valores límite líquido se disminuyeron en un 0.08% de límite plástico en 0.06% y de índice de plasticidad en 0.02% con aditivo ionizante al 15%.
- Los valores límite líquido se disminuyeron en un 0.35% de límite plástico en 0.18% y de índice de plasticidad en 0.17% con aditivo ionizante al 30%.
- Los valores límite líquido se disminuyeron en un 0.86% de límite plástico en 0.34% y de índice de plasticidad en 0.52% con aditivo ionizante al 45%.
- Los valores límite líquido se disminuyeron en un 1.13% de límite plástico en 0.54% y de índice de plasticidad en 0.60% con aditivo ionizante al 60%

5.3 SEGUNDO RESULTADO

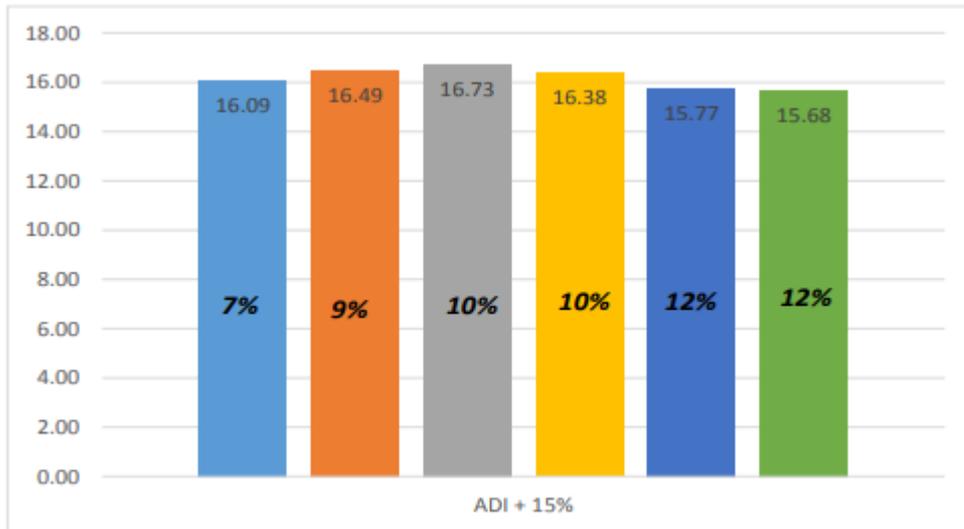
Los siguientes gráficos muestra las máximas densidades secas obtenidas del ensayo de Proctor modificado del suelo de la cantera propuesta camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN sin la adición de estabilizante iónico CON-AID, comparado con los ensayos realizados adicionando estabilizante iónico en diferentes porcentajes.

Ilustración 51: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA PROPUESTA SIN ADICIONAR ADITIVO.



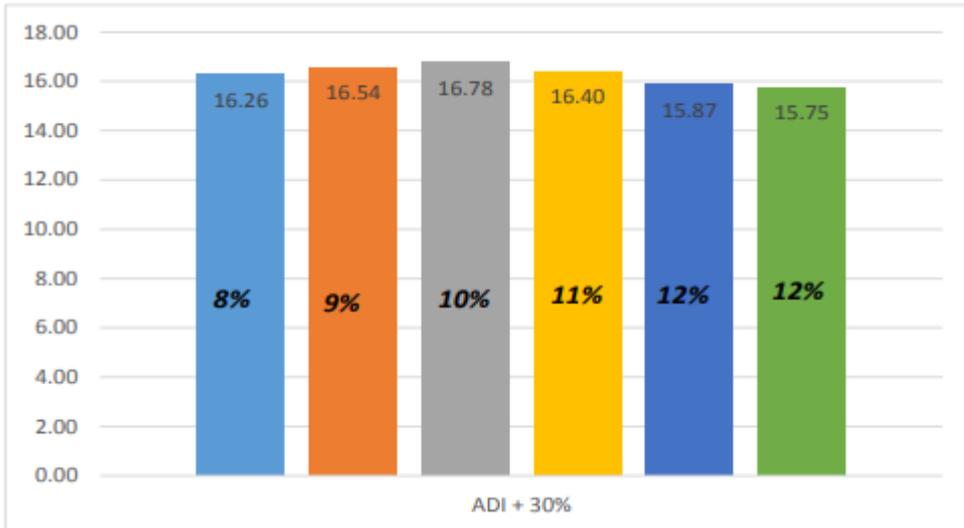
Fuente: Elaboración Propia

**Ilustración 52: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA
PROPUESTA ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 15%.**



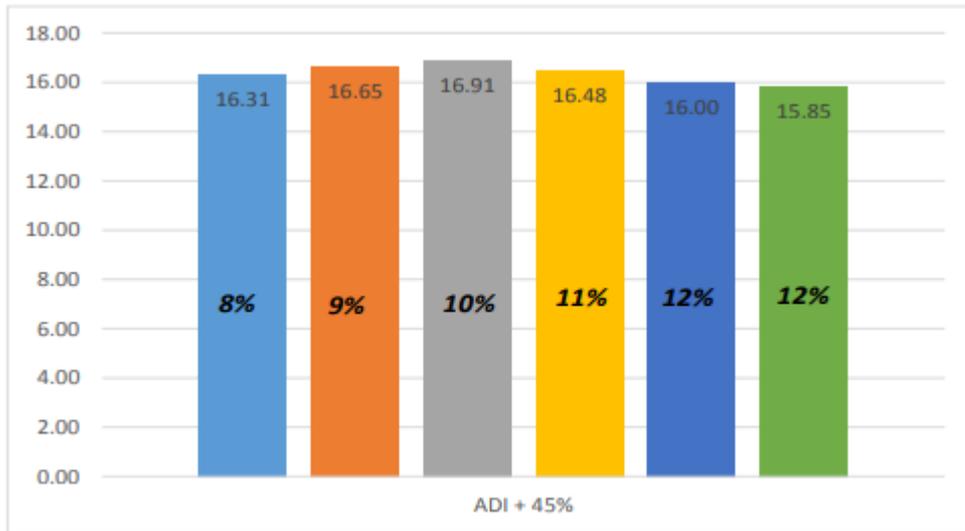
Fuente: Elaboración Propia

**Ilustración 53: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA
PROPUESTA ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 30%.**



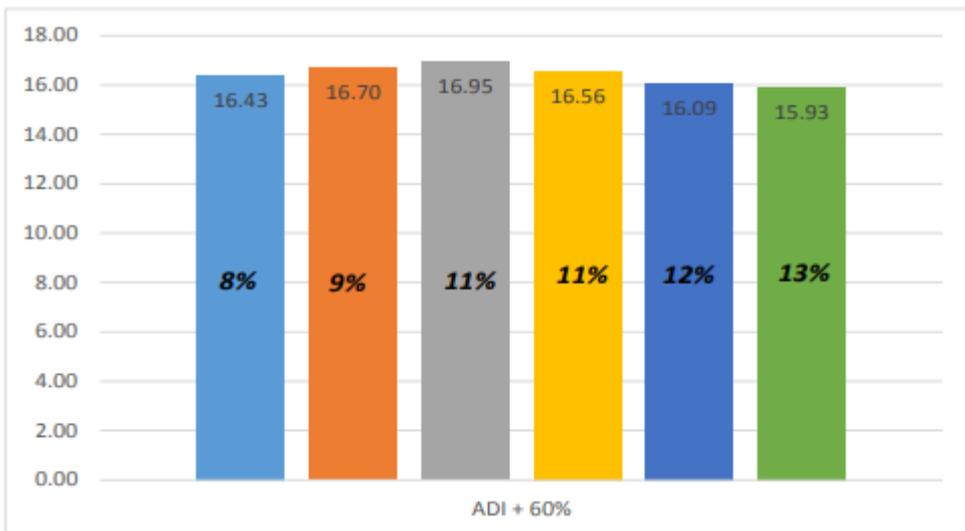
Fuente: Elaboración Propia

**Ilustración 54: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA
PROPUESTA ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 45%.**



Fuente: Elaboración Propia

**Ilustración 55: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA
PROPUESTA ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 60%.**

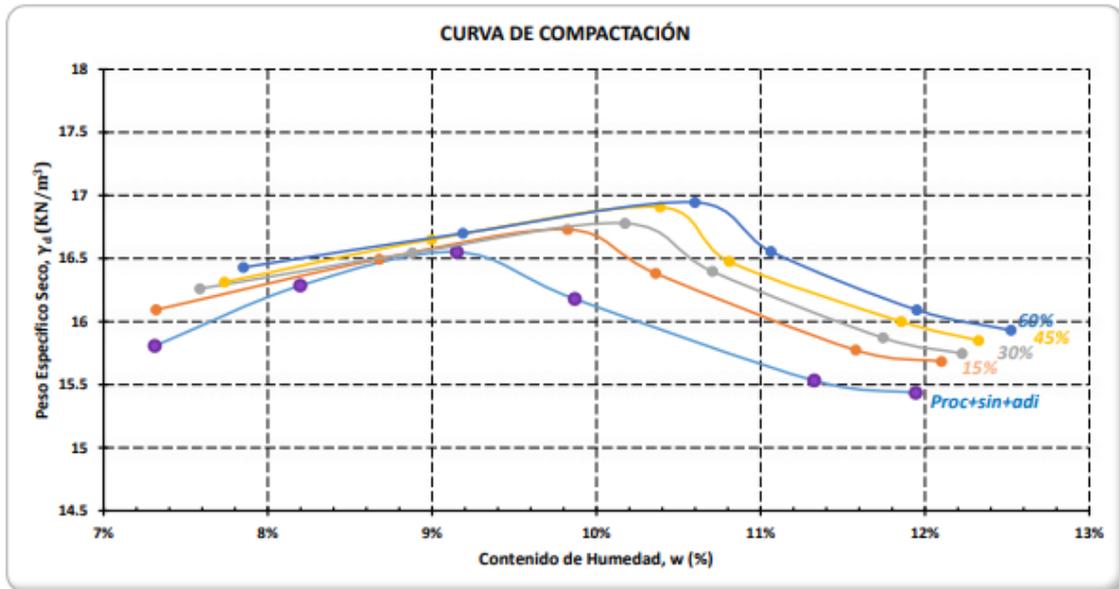


Fuente: Elaboración Propia

Teniendo una densidad máxima del ensayo de suelo sin aditivo de 16.55 KN/m³ dicho valor según muestran los resultados a aumentando según se aumenta la dosificación de aditivo, teniendo como densidad máxima de material de cantera con aditivo al 60% una densidad de 16.95 KN/m³.

De los resultados se deduce que es directamente proporcional a mayor aditivo ionizante CON-AID, mayor resultado de densidad máxima seca.

Ilustración 56: COMPARACIÓN DE CURVAS DE COMPACTACIÓN



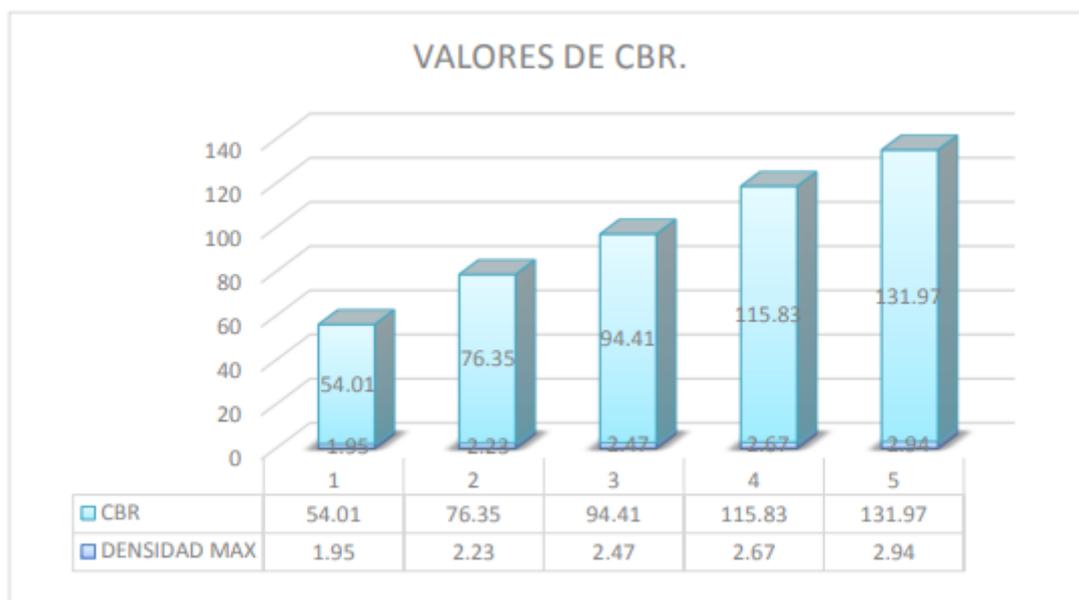
Fuente: Elaboración Propia

5.4 TERCER RESULTADO

De acuerdo a los resultados obtenidos, los valores de CBR al 90% por tratarse de estabilización de material de cantera para afirmado.

De los resultados se deduce que es directamente proporcional a mayor aditivo ionizante CON-AID, mayor CBR.

Ilustración 57: VALORES DE CBR DE SUELO NATURAL COMPARADO CON SUELO ESTABILIZADO



Fuente: Elaboración Propia

5.5 CUARTO RESULTADO

La variación del costo del material de la cantera propuesta estabilizado con aditivo químico CON-AID, comparado con el material sin estabilizar de la cantera del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN.

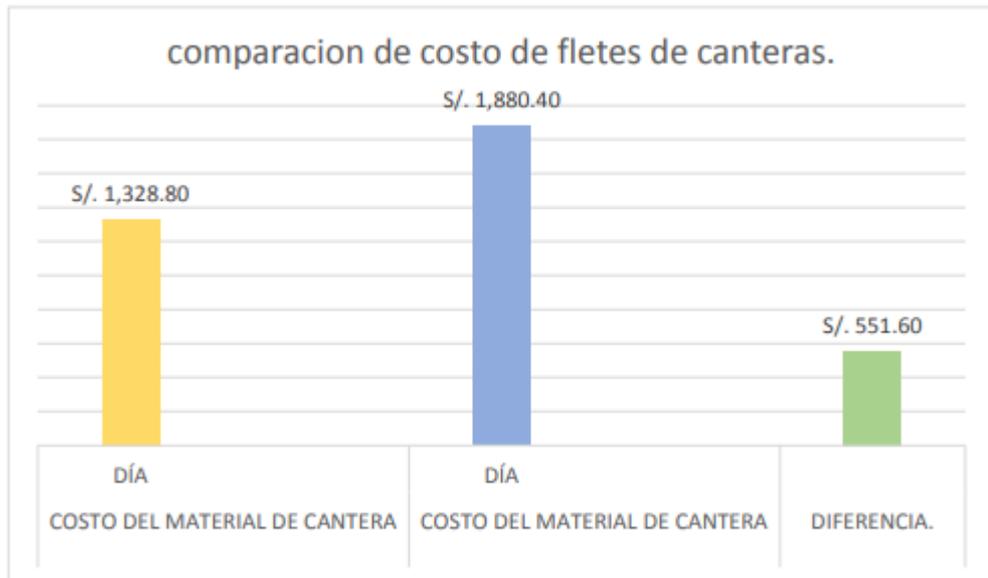
Tabla 62: COMPARACIÓN DEL COSTO DE FLETE DE LAS DIFERENTES CANTERAS

DESCRIPCIÓN	UND	COSTO	PORCENTAJE
COSTO DEL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA	DÍA	S/ 1,328.00	100.00%
COSTO DEL MATERIAL DE LA CANTERA ADICIONAL	DIA	S/ 1,880.40	141.51%
DIFERENCIA		S/ 551.60	41.51%

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo una diferencia de variación de costo de flete al día de S/ 551.60 soles

Ilustración 58: COMPARACIÓN DE COSTO DE FLETE DIARIO DE CANTERA



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

6.1 DISCUSIÓN

6.1.1. ¿POR QUE SE ELIGIO ESTABILIZAR CON ADITIVO IONIZANTE CON-AID?

Se eligió como aditivo estabilizante al aditivo ionizante iónico CON-AID porque según sus manuales del mismo aditivo recomienda usarse solo en suelos de clasificación limosa, arcillosa, limo-arcillosa o arcillosa-limosa mas no en suelos granulares como el suelo de la cantera del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, teniendo en cuenta que nuestro suelo tiene un porcentaje de limos y arenas, se consideró aplicar este a aditivo ionizante para mejorar las propiedades físico- mecánicas del suelo.

6.1.2. ¿A QUE SE DEBE QUE SE SUPERO EL 100% DE VALOR DE CBR CON LA MEZCLA DE SUELO DE CANTERA PROPUESTA CON ESTABILIZANTE IÓNICO?

Esto es posible ya que el material de cantera propuesta del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, contiene material granular, teniendo que estabilizar el material fino con aditivo ionizante considerando que este aditivo mejora la humedad del material a no permitir que adsorba más agua que la que debe.

6.1.3. ¿A QUE RAZÓN SE DEBE QUE SE ESCOGIÓ EL MATERIAL DE LA CANTERA PROPUESTA DE LA RUTA CU-123 DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA?

Para aceptar cualquier material en obra, para fines de sub base es necesario que cumpla con la normativa ASTM teniendo en cuenta que el material de la cantera propuesta del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL

DORADO – SAN MARTIN, no cumple con las normativas para suelos de sub base, el cual no sería aceptado en obra. También se escogió dicha cantera por su cercanía a obra.

Por consiguiente, se opta por usar un material adecuado procedente de otra cantera que usualmente se encuentra a grandes distancias, incrementando el costo por flete, de tal manera surgió la idea de estabilizar el material de la cantera propuesta del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, tratando de mejorar sus propiedades físico mecánicas con aditivo estabilizante iónico CONAID.

6.1.4. ¿A QUE SE DEBE LOS PORCENTAJES DE 15%, 30%, 45%, Y 60% DE ESTABILIZANTE IÓNICO CON-AID?

Teniendo en cuenta las propiedades iónicas del estabilizante CON-AID, se consideró jugar con el peso del agua del material ensayado teniendo como resultado el promedio de peso de agua.

Tal promedio es el 100% al cual se remplaza en peso el contenido de aditivo a usarse.

Por tal razón no se añadiría más agua de lo que se debe añadir en ningún ensayo.

6.1.5. ¿LOS TRABAJOS CON ADITIVO ESTABILIZANTE IÓNICO CON-AID SON DAÑINOS PARA LA SALUD?

La bibliografía indica que usando las medidas de protección necesarias al trabajar con cualquier material y o aditivo deberá ser seguro.

El aditivo CON-AID es un material con las siguientes características:

- No inflamable.
- No corrosivo.
- no peligroso.
- no toxico.
- Totalmente benigno para el usuario y el medio ambiente.

(TDN, Especificaciones generales para CON-AID SÚPER, 2010), pág.41.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

7.1.1 CONCLUSIÓN N°01

Se logró demostrar la hipótesis general: “La estabilización del material de la cantera propuesta del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, más la adición de estabilizante iónico, modificara la plasticidad, mejorara el grado de compactación, aumentara la capacidad de soporte (CBR), incrementara significativamente el costo”, ya que al incrementar la cantidad de aditivo iónico en los porcentajes trabajados de 15%, 30%, 45% y 60% al material de la cantera propuesto del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN, los valores de límites de atterberg disminuyeron por lo cual no se logró demostrar la primera sub hipótesis, con este incremento de aditivo iónico los valores de grado de compactación aumentaron por tal razón se logró demostrar la segunda sub hipótesis y la tercera sub hipótesis ya que los valores de capacidad de soporte CBR también subieron teniendo en cuenta que este incremento no favoreció para demostrar la cuarta sub hipótesis ya que el costo de traslado o flete de dicha cantera es menor al costo de traslado o flete de las canteras propuestas.

7.1.2 CONCLUSIÓN N°02

No se logró demostrar la primera sub hipótesis: “La adición de estabilizante iónico al material de la cantera propuesta incrementará

la plasticidad del suelo”, ya que al adicionar aditivo químico CON-AID al material de la cantera propuesta en los diferentes porcentajes propuestos los cuales son:

- CON-AID al 15%.
- CON-AID al 30%.
- CON-AID al 45%.
- CON-AID al 60%

Se obtuvo que a mayores cantidades de aditivo tendremos menor porcentaje de límites de atterberg (LL, LP, IP).

7.1.3 CONCLUSIÓN N°03

Al incrementar aditivo iónico al material de cantera propuesta en los diferentes porcentajes se obtuvo incrementos en la curva de compactación de dicho material, teniendo como resultado el promedio de densidad seca del material sin aditivo de 15.96 KN/m³, el cual comparado con el promedio de densidad seca del material con aditivo al 60% es de 16.44 KN/m³. Teniendo un incremento de 0.48 KN/m³ demostrando de esta manera la segunda sub hipótesis: “La adición del estabilizante iónico aumentará el grado de compactación del suelo de la cantera propuesta del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN”.

7.1.4 CONCLUSIÓN N°04

Se logró demostrar la tercera sub hipótesis: “La adición del estabilizante iónico incrementará la capacidad de soporte (CBR) del material de la cantera propuesta del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN”, ya que al adicionar aditivo iónico en los porcentajes del 15%,30%,45%,60% se incrementó la capacidad de soporte CBR del material de cantera propuesta del camino vecinal EMP. SM – 102 BARRANQUITA – SECTOR ZAPOTEPAMPA – ZANJA SECA, EL DORADO – SAN MARTIN.

7.1.5 CONCLUSIÓN N°05

No se logró demostrar la cuarta sub hipótesis: “Al adicionar estabilizante iónico al material de la cantera propuesta incrementa el costo significativamente”. Ya que al comparar los costos de traslado o flete de equipos de la cantera propuesta adicionando aditivo CON-AID, resulta mucho más barato estabilizar dicha cantera.

7.2 RECOMENDACIONES

7.2.1 RECOMENDACIÓN N°01

Realizar un análisis químico y mineralógico del aditivo iónico CON-AID, para poder analizar las reacciones que podría causar si se quisiera estabilizar un suelo mezclándolo con cemento, cal y/o otros aditivos.

7.2.2 RECOMENDACIÓN N°02

Se recomienda utilizar el material de la cantera Km 02+700 adicionando aditivo iónico CON-AID para uso en base, sub base, afirmado etc.

7.2.3 RECOMENDACIÓN N°03

Para tener adecuados resultados en estabilización de los suelos con aditivo iónico CON-AID, se recomienda respetar los plazos de curado, recomendando como mínimo 4 días.

7.2.4 RECOMENDACIÓN N°04

Para tener resultados óptimos se recomienda usar aditivo ionizante en 45% del contenido de humedad ya que con esta dosificación se obtuvo un CBR mayor al 100%.

7.2.5 RECOMENDACIÓN N°05

Procurar que la mezcla del material de cantera Km 02+700 con aditivo ionizante sea lo más uniforme posible.

7.2.6 RECOMENDACIÓN N°06

Que las mediciones, en especial los pesos de los materiales sean los más precisos y exactos posibles, ya que, las cantidades de aditivo ionizante sugeridas en la presente investigación representa un porcentaje del contenido de humedad del material de cantera.

7.2.7 RECOMENDACIÓN N°07

Se recomienda usar el 30% y/o 45% de aditivo CONAID para material de sub rasante ya que alcanza el 94.41%, 115.83% respectivamente de CBR al 95%

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Campos, C. (2005). Laboratorio de Ensayo de Materiales. Lima-Perú: FIC Universidad Nacional de Ingeniería.
- Carbajal, E. P. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú.
- Díaz Farfán, J. (1999). Tecnología del Concreto. Cusco-Perú: Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco.
- Harmsen, T. (2005). Diseño de Estructuras de Concreto Armado (Cuarta Edición ed.). Lima-Perú: Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Pasquel Carbajal, E. (2001). Tópicos de Tecnología del Concreto. Lima Perú: Editorial: Colegio de Ingenieros del Perú Concejo Nacional.
- Permuy, P. (2002). Hormigón y Materiales Compuestos. Lima-Perú: Editorial ICG.
- Riva, L. (2010). Concreto: Diseño de Mezclas (Primera Edición ed.). Lima Perú: Editorial ICG.
- Varios. (2010). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima-Perú: Macro.
- Joseph E. Bowles, (1980). Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. Bogotá – Colombia: Editorial: McGRAW-HILL LATINO AMERICANA, S.A.

NORMAS MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

- Norma ASTM 150.
- Norma técnica peruana NTP 334.090.
- MTC E101-2000 Guía para muestreo de suelos y rocas.
- MTC E103-2000 Métodos para la reducción de muestras de campo a tamaños de muestras de laboratorio.
- MTC E104-2000 Conservación y transporte de muestras de suelos.