

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ENTRE EL USO DEL CLORURO
DE SODIO Y EL SISTEMA CONSOLID EN ZONAS URBANAS NO
PAVIMENTADAS DE LA URBANIZACIÓN EL PARRAL DEL
DISTRITO DE LA VICTORIA, 2020**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

LUIS ARON CHAMBA DE LA CRUZ

ASESOR

ANGEL ANTONIO RUIZ PICO

<https://orcid.org/0000-0003-2638-0593>

CHICLAYO, 2021

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ENTRE EL USO DEL
CLORURO DE SODIO Y EL SISTEMA CONSOLID EN
ZONAS URBANAS NO PAVIMENTADAS DE LA
URBANIZACIÓN EL PARRAL DEL DISTRITO DE LA
VICTORIA, 2020**

PRESENTADA POR:

LUIS ARON CHAMBA DE LA CRUZ

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Lorren Palomino Angel Alberto

PRESIDENTE

Ortiz Zapata Fidel
SECRETARIO

Angel Antonio Ruiz Pico
VOCAL

Dedicatoria

Quiero dedicar la presente investigación primeramente a Dios, por la vida y la salud que me ha permitido poder contribuir con un granito de arena a la investigación ingenieril.

A mis padres por ser los guías de mi existencia en este mundo terrenal, y ser el motivo fundamental de poder esforzarme día a día y enseñarme a ser perseverante en la vida además de acompañarme, aconsejarme en cuanto a errores he cometido.

A Catalina de la Cruz, por ser un ejemplo a seguir, el poder demostrarme que la vida nos da oportunidades y que depende de nosotros mismos si las sabemos aprovechar, y que a pesar de la condición en la que empezaste a trabajar, me he sentido muy orgulloso de ti mamá. Te amo

A Luis Chamba, por ser un padre que a pesar de los errores que haya tenido en mi vida siempre seré incondicional para ti, no sabes lo muy orgulloso que me siento de ti, cada sol que ganaste para poder darme una educación digna y que tenga la oportunidad de superarme y como siempre lo repetías, que sea mejor que tú, pero sabes la grandeza no está siempre en la educación sino al contrario en ese coraje y amor que le ponías en tu trabajo para esforzarte por nosotros tus hijos quienes estamos muy agradecidos. Te amo

A Abel Moisés Chamba, hermano por ser fiel, amoroso y comprensivo; te admiro por ser la persona que eres, digno de ser respetado y valorado, sabes que estoy muy orgulloso de ti y que siempre estaré ahí para apoyarte, sigue adelante y esfuérate y lograras tus metas.

Agradecimientos

A Dios, nuestros Padres, la Universidad y nuestros Profesores por ser piezas fundamentales en el proceso de cada uno de nosotros como estudiantes y permitirnos acabar satisfactoriamente con éxito nuestra formación profesional.

Se agradece al ING. Ángel Antonio Ruiz Pico por guiarnos y aportar con su conocimiento a esta presente investigación para que la misma se realice con mucho éxito viendo reflejado el esfuerzo y el compromiso que se ha trabajado en equipo así mismo agradecer al Ing. Héctor Gamarra por acompañarnos en la fase inicial de la investigación, motivándonos a no caer en distracciones y nos enfoquemos en terminar la investigación realizada además un agradecimiento toda la plana docente universitaria que han aportado con cada uno de nosotros su valioso conocimientos con la finalidad de ser mejores personas.

Resumen

El Perú en los últimos años, una de las brechas que ha sido considerado; es el sector Transporte, uno de los sectores básicos e indispensables para que todo el país tenga una inclusión social digna. Dada la problemática de hoy día en la región Lambayeque. La presente investigación pretende generar conocimiento en torno al comportamiento físico y mecánico de la subrasante de la carpeta de un Pavimento en la Zona norte del Perú al que se ha incorporado cloruro de sodio y un aditivo denominado “sistema Consolid”. Este sistema consiste en la incorporación de dos compuestos químicos: Solidry y Consolid por la cual se cree conveniente el uso de los estabilizantes cuya evaluación se realizará en la Urb. el Parral del distrito de la Victoria, en la cual el objetivo es realizar un análisis comparativo entre dos aditivos con sus respectivas dosificaciones y comparar los efectos de un aditivo iónico con un estabilizador convencional, con las dosificaciones del 2%,6%,10%y15% para el cloruro de sodio y el CD444 con 0.045% adicionando 1%,1.5%,2% de Solidry, se optó por realizar 4 calicatas; usando técnicas, programas, así como ensayos físicos y mecánicos para analizar a los aditivos con y sin estabilizante en el laboratorio determinando así la dosificación óptima para el cloruro de sodio 6% más terreno natural ; obteniendo un CBR de 44% con una máxima densidad seca de 1.882 g/cm³ y para el sistema consolid el CD444+2% de solidry con un CBR de 55.07% con una máxima densidad seca de 1.817 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 11.26%. se realizó un análisis de resultados para realizar la comparación y finalmente la presentación final con la solución básica que resulte de menor costo y que contenga mejores propiedades.

Palabras Clave: Tesis, Sistema Consolid, Estabilización De Suelo, Cloruro De Sodio, Resultados, Conclusiones.

Abstract

Peru in recent years one of the gaps that has been considered the Transportation sector, one of the basic and indispensable sectors for the entire country to have a dignified social inclusion. Given the current problems in the Lambayeque region. This research aims to generate knowledge about the physical and mechanical behavior of the subgrade of a pavement folder in the northern zone of Peru to which sodium chloride and an additive called "Consolid system" have been incorporated. This system consists of the incorporation of two chemical compounds: Solidry and Consolid, for which the use of stabilizers is considered convenient, the evaluation of which will be carried out in the Urb. comparison between two additives with their respective dosages and compare the effects of an ionic additive with a conventional stabilizer, with dosages of 2%, 6%, 10% and 15% for sodium chloride and CD444 with 0.045% adding 1%, 1.5%, 2% Solidry, it was decided to make 4 pits; using techniques, programs, as well as physical and mechanical tests to analyze additives with and without stabilizer in the laboratory, thus determining the optimal dosage for sodium chloride 6% plus natural soil, obtaining a CBR of 44% with a maximum dry density of 1.882 g / cm³ and for the system consolidated the CD444 + 2% solidry with a CBR of 55.07% with a maximum dry density of 1.817 g / cm³ and an optimal moisture content of 11.26%. An analysis of the results was carried out to make the comparison and finally the final presentation with the basic solution that results from the lowest cost and contains the best properties.

Keywords: Thesis, Consolidated System, Soil Stabilization, Sodium Chloride, Results, Conclusions.

Índice

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. ALCANCE Y LIMITACIONES.	25
II. MARCO TEÓRICO	26
ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	26
2.1.1. REVISTAS INTERNACIONALES	26
2.1.2. TESIS INTERNACIONALES.....	27
2.1.3. TESIS NACIONALES	28
BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS.....	30
2.1.4. DEFINICIÓN DE SUELO	30
2.1.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	31
2.1.6. SUB RASANTE	35
2.1.7. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	36
2.1.5. ESTABILIZACIÓN DE SUELO-CLORURO DE SODIO.....	39
2.1.6. SISTEMA CONSOLID.....	41
2.1.7. CUADRO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN	42
2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA OBTENER LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	44
2.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. (MTC E 107)	44
2.2.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO. (MTC E 108)	46
2.2.3. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) (MTC E 110) Y LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)	47
2.2.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA. (MTC E 205).....	49
2.2.5. PH EN LOS SUELOS. (MTC E 205).....	50
2.2.6. DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS (PERDIDA POR IGNICIÓN).....	50
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA OBTENER LA RESISTENCIA DEL SUELO.	50
2.3.1. COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO (PROCTOR)	50
2.3.2. CBR DE SUELOS (LABORATORIO). (MTC E 132)	51
III. MATERIALES Y MÉTODOS	52
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	52
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.	52
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	53
3.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	53
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.	54
3.3.1. POBLACIÓN.	54

3.3.2.	MUESTRA	55
3.4.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	57
3.5.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
3.5.1.	MÉTODOS:.....	58
3.5.2.	TECNICAS:.....	58
3.5.3.	INSTRUMENTOS:	58
	PROCEDIMIENTOS.	60
3.5.4.	EXTRACCIÓN DE MUESTRAS.....	60
3.5.5.	UBICACIÓN DE CALICATAS	60
3.6.	ENSAYOS DE LABORATORIO	63
3.6.1.	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS.	63
3.6.2.	ENSAYOS DE RESISTENCIA DE SUELO.	70
3.6.3.	DOSIFICACIONES DE LAS MEZCLAS.	75
3.6.4.	DOSIFICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO A EMPLEAR	75
3.6.5.	DOSIFICACIÓN DEL SISTEMA CONSOLID A EMPLEAR	77
3.7.	PLAN DE PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS	78
3.7.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS FASES.	79
3.7.2.	FASE 1.....	79
3.7.2.	FASE 2.....	80
3.7.3.	FASE 3.....	83
3.7.4.	FASE 4.....	84
3.8.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA ZONA NO PAVIMENTADA DE LA URBANIZACIÓN EL PARRAL CON LOS ESTABILIZADORES.....	85
3.8.3.	CLORURO DE SODIO.	85
3.8.4.	TIPO DE CLORURO DE SODIO.	86
3.8.5.	SISTEMA CONSOLID.....	87
3.9.	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	89
3.10.	CONSIDERACIONES ETICAS.	90
IV.	RESULTADOS.....	90
5.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	90
5.2.	UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	92
5.2.1.	DISGRAGACIÓN DE MUESTRA	93
5.3.	DESCRIPCIÓN DE SUELOS ASTM D 2488	93
5.3.1.	PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA N°1	93
5.3.2.	PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA N°2	94
5.3.3.	PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA N°3	95
5.3.4.	PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA N°4	96
5.4.	ENSAYOS DE LABORATORIO.	97
5.4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE TERRENO NATURAL.....	97
5.4.2.	ENSAYOS DE RESISTENCIA DE LAS MUESTRAS NATURALES EN LABORATORIO.	100

5.4.3.	MATERIA ORGANICA EN SUELOS (PERDIDA POR IGNICION) MTC E 118.....	110
5.4.4.	SELECCIÓN DE LA MUESTRA MÁS DESFAVORABLE	112
5.4.5.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA.....	114
5.4.6.	PH EN LOS SUELOS (MTC E 129).....	115
5.4.7.	PH DE M.P + 2% DE CLORURO DE SODIO	115
5.4.8.	PH DE M.P + 6% DE CLORURO DE SODIO	116
5.4.9.	PH DE M.P + 10% DE CLORURO DE SODIO	116
5.4.10.	PH DE M.P + 15% DE CLORURO DE SODIO	117
5.4.11.	LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318) CON M.P + 2 % CLORURO DE SODIO.	117
5.4.12.	LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318) CON M.P +6 % CLORURO DE SODIO.	118
5.4.13.	LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318) CON M.P +10 % CLORURO DE SODIO.	119
5.4.14.	LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318) CON M.P +15 % CLORURO DE SODIO.	120
5.4.15.	ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO 2%.....	121
5.4.16.	ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO 6%.....	122
5.4.17.	ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO 10%.....	123
5.4.18.	ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO 15%.....	124
5.4.19.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR Y COMPARACIÓN DE MUESTRAS TOTALES CON CLORURO DE SODIO VS TERRENO NATURAL.	125
5.4.20.	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 2 % DE ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO.	126
5.4.21.	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 6 % DE ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO.	128
5.4.22.	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 10 % DE ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO.	130
5.4.23.	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 15 % DE ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO.	132
5.4.24.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 - (0.045%) 134	
5.4.25.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 - (0.045%) + 1% SOLIDRAY	135
5.4.26.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 - (0.045%) + 1.5 % SOLIDRAY	136
5.4.27.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 - (0.045%) + 2% SOLIDRAY	137
5.4.28.	COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE ADICIÓN DEL SISTEMA CONSOLID.	138
5.4.29.	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 0.045 % DE ADICIÓN DEL CONSOLID CD444.....	139
5.4.30.	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 0.045 % DE ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 + 1% SOLIDRY.....	141
5.4.31.	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 0.045 % DE ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 + 1.5 % SOLIDRY.....	142
5.4.32.	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 0.045 % DE ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 + 2 % SOLIDRY.....	144
5.4.33.	COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA PATRÓN Y DE LAS DOSIFICACIONES DEL SISTEMA CONSOLID.	145
5.4.34.	COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA PATRÓN Y DE LAS DOSIFICACIONES DEL CLORURO DE SODIO.....	146
5.5.	APECTO NORMATIVO.	147
5.5.1.	MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.	148
5.5.2.	MEJORAMIENTO DE SUELOS (SECCIÓN 207)	148
5.5.3.	SUELO ESTABILIZADO CON PRODUCTOS QUÍMICOS (SECCIÓN 301)	148

5.5.4.	NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS.....	149
5.6.	ANÁLISIS ECONOMICO.....	149
5.6.1.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	149
5.6.2.	PARTIDAS PARA EL PROYECTO SIN ESTABILIZAR	149
5.6.3.	PARTIDAS PARA EL PROYECTO CON 6 % DE CLORURO DE SODIO.....	152
5.6.4.	PARTIDAS PARA EL PROYECTO CON EL SISTEMA CONSOLID.....	154
VI.	DISCUSIÓN	156
7.1.	PUNTOS DE ANALISIS.....	156
7.2.	MUESTRA PATRÓN ANALIZADA.....	156
7.2.1.	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DEL TERRENO NATURAL.	159
7.3.	PROCESO DE MEZCLADO	160
7.4.	LIMITES DE ATTERBERG DE TERRENO NATURAL VS M.P MÁS DOSIFICACIONES DE CLORURO DE SODIO. 161	
7.5.	ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO	162
7.5.1.	CLORURO DE SODIO 2%,6%,10 Y 15%.....	162
7.5.2.	SISTEMA CONSOLID CON 0.045% DE C444 MÁS 1%,1.5% Y 2% DE SOLIDRY.	163
7.6.	ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R)	164
7.6.1.	C.B.R DE CLORURO DE SODIO DE 2%,6%,10% Y 15 %.	164
7.6.2.	C.B.R DEL SISTEMA CONSOLID CON 0.045% DE C444 MÁS 1%,1.5% Y 2% DE SOLIDRY.....	167
7.6.3.	COMPARACIÓN DE ENSAYO NORMALIZADO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS.....	168
7.6.4.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ESTABILIZADORES QUIMICOS.....	169
VIII.	CONCLUSIONES.....	169
IX.	RECOMENDACIONES.....	170
X.	REFERENCIAS.....	172
XI.	ANEXOS.....	175

Lista De Figuras

Figura 1: Zona de Estudio	21
Figura 2: Superficie de la Calle-1.....	22
Figura 3: Relleno y Vegetación en la Zona de estudio.....	22
Figura 4: Comparación de las Partículas de Suelo sin estabilización y con estabilización Consolid....	42
Figura 5: Ubicación de las 4 calicatas para la investigación.	61
Figura 6: Calicata N°1	61
Figura 7: Calicata N°2.....	62
Figura 8: Calicata N°3.....	62
Figura 9: Calicata N°4.....	63
Figura 10: Tamizado del material	64
Figura 11: Balanza Electrónica para el pesado de la muestra.	64
Figura 12: Girando la copa para el Limite Liquido.....	66
Figura 13: Maquina de Casagrande (ASTM N° D 4318-95ª).....	67
Figura 14: Materiales del ensayo.....	73
Figura 15: Ubicación del Proyecto satelital.....	92
Figura 16: Disgregación de las 4 Muestras	93

Lista De Gráficos

Gráfico 1: Curva de Densidad vs Contenido de Humedad C-1.....	101
Gráfico 2: Curva de Densidad vs Contenido de Humedad C-2.....	102
Gráfico 3: Curva de Densidad vs Contenido de Humedad C-3.....	103
Gráfico 4: Curva de Densidad vs Contenido de Humedad C-4.....	104
Gráfico 5: Grafico del MDS a partir del Proctor C-1.....	106
Gráfico 6: Grafico del MDS a partir del Proctor C-2.....	107
Gráfico 7: Grafico del MDS a partir del Proctor C-3.....	109
Gráfico 8: Grafico del MDS a partir del Proctor C-4.....	110
Gráfico 9: Resumen de los ensayos de Limites del Terreno Natural	113
Gráfico 10: Curva densidad máxima seca vs Contenido de Humedad de Terreno natural.	113
Gráfico 11: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de Terreno natural.....	114
Gráfico 12: Diagrama de Fluidez con 2 % adición de Cloruro de sodio.....	118
Gráfico 13: Diagrama de Fluidez con 2 % adición de Cloruro de sodio.....	119
Gráfico 14: Diagrama de Fluidez con 15 % adición de Cloruro de sodio.....	121
Gráfico 15: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con Cloruro de Sodio 2%.....	122
Gráfico 16: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con Cloruro de Sodio 6%.....	123
Gráfico 17: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con Cloruro de Sodio 10%.....	124
Gráfico 18: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con Cloruro de Sodio 15%.....	125
Gráfico 19: Resultados de Proctor Modificado de todas las muestras dosificadas vs terreno natural.	126
Gráfico 20: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición del 2% de Cloruro de Sodio. ..	128
Gráfico 21: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición del 6% de Cloruro de Sodio. ...	130
Gráfico 22: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición del 10% de Cloruro de Sodio. 132	
Gráfico 23: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición del 15 % de Cloruro de Sodio. 134	
Gráfico 24: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con CD444 (0.045%).....	135
Gráfico 25: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con CD444 (0.045%) + 1% de Solidry.....	136
Gráfico 26: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con CD444 (0.045%) + 1,5 % de Solidry.....	137
Gráfico 27: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con CD444 (0.045%) + 2 % de Solidry.....	138
Gráfico 28: Resultados de las curvas de los ensayos del Proctor Modificado con las diferentes dosificaciones con el sistema Consolid.	139
Gráfico 29: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición Del 0.045 % del CD444	140
Gráfico 30: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición Del 0.045 % del CD444 más 1 % Solidry.....	142
Gráfico 31: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición Del 0.045 % del CD444 más 1.5 % Solidry.....	143
Gráfico 32: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición Del 0.045 % del CD444 más 2 % Solidry.....	145
Gráfico 33: Comparación de CBR al utilizar el sistema Consolid.....	146
Gráfico 34: Resultados de CBR de las Calicatas de Terreno Natural.	159
Gráfico 35: Resumen de CBR de las dosificaciones de Cloruro de Sodio.....	164

Gráfico 36: Resumen de la estación Lambayeque del mes de Noviembre 2020.....	166
Gráfico 37: Promedios multianuales de temperaturas máximas y mínimas.....	166
Gráfico 38: Promedios multianuales de precipitación acumulada mensual.	167

Lista De Tablas

Tabla 1 Red vial Vecinal Registrada y No registrada	18
Tabla 2: Provincia de Chiclayo: Nivel Freático	23
Tabla 3: Prefijo y sufijo para cada tipo de suelo.	35
Tabla 4: Límites de separación entre partículas del suelo	35
Tabla 5: Información General del Cloruro de Sodio.	40
Tabla 6: Propiedades Físicas del cloruro de sodio	40
Tabla 7: Número de Tamices	45
Tabla 8: Factor para Limite Liquido.	48
Tabla 9: Métodos del Proctor Standard.	51
Tabla 10: Métodos del Proctor Modificado.....	51
Tabla 11: Métodos, Técnicas e Instrumentos.	59
Tabla 12: Rangos de índice de Plasticidad.	68
Tabla 13: Categorías de Subrasante según el ensayo de CBR	73
Tabla 14: Matriz de Consistencia.	89
Tabla 15: Resultados de la Calicata 1.....	98
Tabla 16: Resultados de la Calicata 2.....	98
Tabla 17: Resultados de la Calicata 3.....	99
Tabla 18: Resultados de la Calicata 4.....	100
Tabla 19: Datos requeridos para el Proctor Modificado para Calicata 1.....	101
Tabla 20: Resultados de Proctor Modificado de Calicata 1	101
Tabla 21: Datos requeridos para el Proctor Modificado para calicata 2.....	102
Tabla 22: Resultados de Proctor Modificado para Calicata 2	102
Tabla 23: Datos requeridos para el Proctor Modificado para calicata 3.....	103
Tabla 24: Resultados de Proctor Modificado para calicata 3	103
Tabla 25: Datos requeridos para el Proctor Modificado para calicata 4.....	104
Tabla 26: Resultados de Proctor Modificado para Calicata 4	104
Tabla 27: Resumen de resultados de la materia orgánica C-1.....	111
Tabla 28: Resumen de resultados de la materia orgánica C-2.....	111
Tabla 29: Resumen de resultados de la materia orgánica C-3.....	112
Tabla 30: Resumen de resultados de la materia orgánica C-4.....	112
Tabla 31: Resumen del ensayo por hidrometría.	115
Tabla 32: Resultados Obtenidos de los Límites de Atterberg + 2% de cloruro de sodio.	117
Tabla 33: Resultados Obtenidos de los Límites de Atterberg + 2% de cloruro de sodio.	118
Tabla 34: Resultados Obtenidos de los Límites de Atterberg + 10% de cloruro de sodio	119
Tabla 35: Diagrama de Fluidez con 10 % adición de Cloruro de sodio.	120
Tabla 36: Resultados Obtenidos de los Límites de Atterberg + 15% de cloruro de sodio.	120
Tabla 37: Partida de Trazo replanteo y controles Topográficos.....	150
Tabla 38: Partida de Corte a Nivel de Subrasante en Material Suelto.	150
Tabla 39: Partida de eliminación externa de material excedente	150
Tabla 40: Partida de Perfilado, Nivelación y Compactación de la Subrasante.	151
Tabla 41: Partida De Estabilización con Over	151
Tabla 42: Presupuesto Resumen del Mejoramiento con Over.	151
Tabla 43: Partida de Trazo replanteo y controles Topográficos con Cloruro de Sodio.	152
Tabla 44:Partida de Corte a Nivel de Subrasante en Material Suelto.	152

Tabla 45: Partida de estabilización con 6% de Cloruro de Sodio	152
Tabla 46: Partida de Perfilado, Nivelación y Compactación de la Subrasante con Cloruro de Sodio.	153
Tabla 47: Presupuesto Resumen del Mejoramiento con Cloruro de Sodio.....	153
Tabla 48: Partida de Trazo replanteo y controles Topográficos con Sistema Consolid.....	154
Tabla 49: Partida de Corte a Nivel de Subrasante en Material Suelto.	154
Tabla 50: Partida de batido de Material con sistema Consolid-Subradante.....	154
Tabla 51: Partida de perfilado nivelación y compactación de subrasante con sistema Consolid-Subradante.....	155
Tabla 52: Presupuesto Resumen del Mejoramiento con Sistema Consolid.....	155
Tabla 53: Tabla de Dosis de Consolid C444.....	160
Tabla 54: Tabla de Dosis de SOLIDRY	161
Tabla 55: Resultados de Limites de Atterberg de las dosificaciones del Cloruro de Sodio.....	161
Tabla 56: Resumen de Temperatura máxima y min en el mes de Noviembre 2020.....	165

Lista De Cuadros

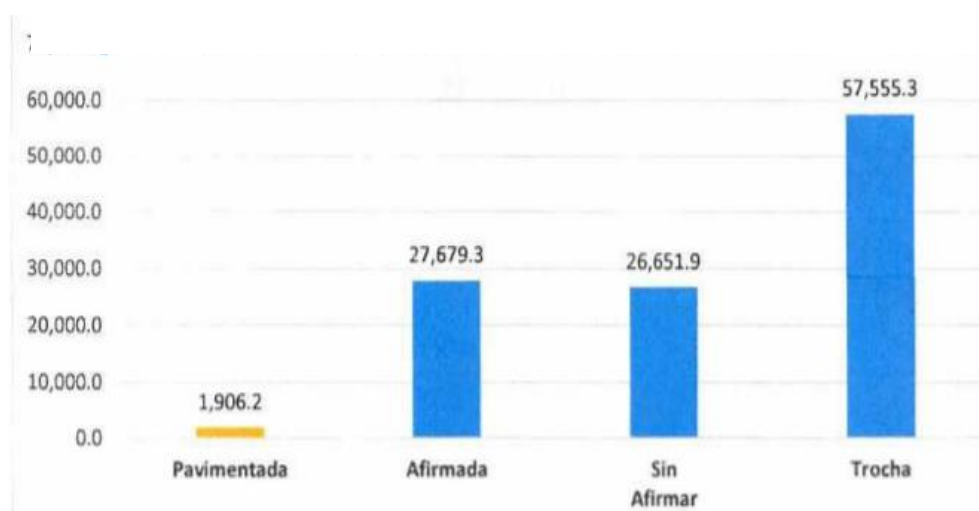
Cuadro 1: Signos convencionales para perfil de calicatas-Clasificación AASHTO	32
Cuadro 2: Signos convencionales para perfil de calicatas-Clasificación SUCS	34
Cuadro 3: Tipo de material de acuerdo al tamaño de partículas	44
Cuadro 4: Cuadro de Áreas de la Urb. El parral.....	55
Cuadro 5: Operacionalización de Variables	57
Cuadro 6: Puntos mínimos de investigación	60
Cuadro 7: Dosificación y cantidad a utilizar para el Proctor.....	76
Cuadro 8: Dosificación y cantidad a utilizar para el CBR.	77
Cuadro 9: Dosificación y cantidad a utilizar para el PROCTOR.	78
Cuadro 10: Dosificación y cantidad a utilizar para el CBR.	78
Cuadro 11: Resultados del Hinchamiento de C-1	105
Cuadro 12: Resumen de resultados de CBR de C-1.....	106
Cuadro 13: Resultados del Hinchamiento C-2.	107
Cuadro 14: Resumen de resultados de CBR.....	108
Cuadro 15: Resultados del Hinchamiento C-3.	108
Cuadro 16: Resumen de resultados de CBR C-3.....	109
Cuadro 17: Resultados del Hinchamiento C-4	109
Cuadro 18: Resumen de resultados de CBR C-4.....	110
Cuadro 19: Resultado del Ph de Calicata N°1	115
Cuadro 20: Resultado del Ph de M.P +2% cloruro de Sodio.	116
Cuadro 21: Resultado del Ph de M.P +6% cloruro de Sodio	116
Cuadro 22: Resultado del Ph de M.P +10% cloruro de Sodio	116
Cuadro 23: Resultado del Ph de M.P +15% cloruro de Sodio.	117
Cuadro 24: Densidad seca de las capas con el 2% de adición de cloruro de sodio.	127
Cuadro 25: Resultados del CBR con adición del 2% de Cloruro de Sodio.....	127
Cuadro 26: Densidad seca de las capas con el 6% de adición de cloruro de sodio.	129
Cuadro 27: Resultados del CBR con adición del 6% de Cloruro de Sodio.....	129
Cuadro 28: Densidad seca de las capas con el 10 % de adición de cloruro de sodio.	131
Cuadro 29: Resultados del CBR con adición del 10 % de Cloruro de Sodio.....	131
Cuadro 30: Densidad seca de las capas con el 15 % de adición de cloruro de sodio.	133
Cuadro 31: Resultados del CBR con adición del 15 % de Cloruro de Sodio.....	133
Cuadro 32: Densidad seca y resultados de CBR con adición del 0.045 % CD444	140
Cuadro 33: Densidad seca y resultados de CBR con adición del 0.045 % CD444 más 1 % Solidry.	141
Cuadro 34: Densidad seca y resultados de CBR con adición del 0.045 % CD444 más 1.5 % Solidry.	143
Cuadro 35: : Densidad seca y resultados de CBR con adición del 0.045 % CD444 más 2 % Solidry.	144
Cuadro 36: Categorías de Sub rasante.....	147
Cuadro 37: Resumen de resistencia de las 3 muestras.	168

I. Introducción

El Perú en los últimos años una de las brechas que ha sido considerado como talón de Aquiles ha sido el sector Transporte, siendo este, uno de los sectores básicos e indispensables para que todo el país tenga una inclusión social y digna, sin embargo, se nota la incapacidad muchas veces de las autoridades ya sea Gobierno Nacional, Gobierno Regional y Gobierno Local al no poder atender la brecha del sector la cual podría provocar un mejor progreso y desarrollo económico en el País.

Actualmente el sector transporte ha sido en las últimas décadas un sector importante para los países desarrollados e industrializados, siendo una de las razones la actividad económica y la calidad para la seguridad de toda la población teniendo así el acceso dispensado para los consumidores y productores teniendo una sana competencia de los productos, sin embargo, según el diagnóstico de las Brechas de Infraestructura o de acceso a servicios divide a la red vial en tres niveles: Red Nacional, Red departamental Regional, Red de caminos vecinales, siendo la situación de la Red Vial Vecinal o Rural la cual se rige al ámbito local con la finalidad unir a los distritos junto con los centros poblados, abarcando así alrededor de 113,792.7 km tanto entre registradas y no registradas del cual solo el 1,7 % es pavimentada y el 98,3% es no pavimentada notándose de esta manera un déficit de las gestiones y políticas de nuestras autoridades.

Gráfico N° 1: Estado de la Red Vial Vecinal



Fuente: Oficina de Programación Multianual de Inversiones

En el departamento de Lambayeque la Red vial Vecinal es muy baja y así lo denota el Clasificador de rutas emitido por el D.S.012-2011-MTC la cual ha sido actualizada

el 31 de Julio del 2019 mostrando solo que 27.6 km de Pavimentos han sido Asfaltado a diferencia de los 2,029.1 km de red vial No Pavimentada, por lo tanto, se puede considerar que en nuestra región la brecha continuará por muchos años más y se debe buscar soluciones para que la población puede tener una ciudad digna y que tenga las condiciones necesarias frente a cualquier circunstancia de la naturaleza.

Clasificador de Rutas D.S.012-2011.MTC

Tabla 1 Red vial Vecinal Registrada y No registrada

DEPARTAMENTO Provincia	EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA					Total	PROYECTADA	TOTAL
	PAVIMENTADA		NO PAVIMENTADA					
	Asfaltada	Afirmada	Sin Afirmar	Trocha	Sub Total			
Total general	1,906.2	27,679.3	26,651.9	57,555.3	111,886.6	113,792.7	140.4	113,933.1
AMAZONAS		998.4	535.4	209.1	1,742.9	1,742.9		1,742.9
ÁNCASH	112.4	1,419.4	1,602.5	4,528.9	7,550.9	7,663.3		7,663.3
APURÍMAC	7.3	873.7	1,530.5	2,536.6	4,940.9	4,948.1		4,948.1
AREQUIPA	434.3	786.7	321.0	4,613.5	5,721.2	6,155.4	7.6	6,163.1
AYACUCHO	34.3	1,814.5	2,470.8	4,341.9	8,627.2	8,661.6	19.4	8,680.9
CAJAMARCA	40.1	4,382.5	1,795.8	5,805.4	11,983.7	12,023.8	23.9	12,047.7
CUSCO	115.3	3,573.3	2,137.5	6,403.8	12,114.6	12,229.9	25.4	12,255.2
HUANCAVELICA	0.7	938.0	1,746.6	2,135.8	4,820.4	4,821.1		4,821.1
HUÁNUCO	4.0	2,035.4	1,510.6	2,080.6	5,626.7	5,630.7		5,630.7
ICA	82.0	150.6	114.2	1,717.5	1,982.2	2,064.2		2,064.2
JUNÍN	212.9	3,015.8	2,800.7	3,086.1	8,902.6	9,115.5		9,115.5
LA LIBERTAD	155.8	773.9	593.8	4,079.1	5,446.8	5,602.7	0.4	5,603.0
LAMBAYEQUE	27.6	338.6	600.5	1,090.0	2,029.1	2,056.6		2,056.6
LIMA	166.3	522.2	1,409.0	2,153.8	4,084.9	4,251.3		4,251.3
LORETO	19.1	50.3	47.8	328.3	426.4	445.5		445.5
MADRE DE DIOS	6.4	385.4	611.6	272.4	1,269.4	1,275.8	17.8	1,293.6
MOQUEGUA	99.8	315.1	154.9	695.3	1,165.3	1,265.1		1,265.1
PASCO		596.7	987.8	510.2	2,094.7	2,094.7		2,094.7
PIURA	170.6	1,105.5	1,467.5	3,864.9	6,437.9	6,608.5	16.0	6,624.5
PUNO	42.4	1,692.1	2,797.4	4,295.1	8,784.6	8,827.0	2.2	8,829.3
SAN MARTÍN	0.1	1,540.8	664.3	1,245.0	3,450.1	3,450.2	25.5	3,475.7
TACNA	163.1	304.5	276.8	650.6	1,231.8	1,394.9		1,394.9
TUMBES	9.3	53.2	158.0	346.8	558.0	567.3		567.3
UCAYALI	2.3	12.6	317.2	564.5	894.3	896.6	2.2	898.8

Fuente: Actualizado a julio 2019

Las cifras de longitud varían ligeramente por efectos de redondeo

Elaborado: GTT- Oficina de Estadística 2019

Fuente: GTT-Oficina de Estadística 2019

Uno de factores es justamente el factor económico en cuanto a obras viales vecinales y no solamente por las Propiedades mecánicas y físicas que podemos encontrar en los suelos de nuestra región, que muchas veces, son de baja capacidad de soporte; sino que además ya entra en un proceso gubernamental de autoridades que no realizan una buena gestión o existen sospechas de sobornos o alza de precios o además en muchos casos no se toma la mejor decisión de parte del Profesional encargado y propone quizás realizar un cambio de material o realizar una estabilización las cuales encarecen los presupuestos demasiados elevados y las obras finalmente terminan truncándose, es por eso que parte de lo descrito lo podemos ver reflejado en los indicadores del MTC en la Tabla N° 01.

A nivel mundial uno de los principales problemas que existen en el Medio Físico o medio Natural y que se considera el elemento fundamental de toda obra civil es la inestabilidad de los suelos y para solucionar este problema desde tiempos remotos se ha utilizado una diversidad de técnicas de estabilización de suelos, con estas técnicas se mejorará según las literaturas de investigación sobre los efectos del esfuerzo deformación de los suelos, además de la deformabilidad así como la estabilidad volumétrica ante la presencia del agua y resistencia al esfuerzo cortante.

Según [1] desde las Civilizaciones antiguas como nuestros antepasados, la Civilización Inca y en la actual México donde se encontraba la civilización Azteca en la cuales los caminos eran estabilizados y eran un factor fundamental para el progreso de sus diferentes actividades utilizando la cal y diferentes aglomerantes puzolánicos utilizados en la estabilización y es así como en el siglo XX lograron ver avances de la producción de sus actividades y comenzaron a modernizar tanto las técnicas para la ejecución como los equipos para la construcción.

Así tenemos según la información del Ministerio de transporte (MINTRANSPORTE ,2016) que las vías terciarias forman la mayor parte de la red vial en Colombia y que por ejemplo de los 206727 km de carreteras que existen en dicho país hasta el año 2015 correspondería un 69 % a vías terciarias y las cuales suelen ser no Pavimentadas además que según (DNP, 2016) solamente el 24% se puede encontrar en un buen estado y que el 76 % carecían de mantenimiento volviéndolas más vulnerables cuando caiga una fuerte precipitación y teniendo como efecto que las zonas rurales no tengan una conectividad produciendo consecuente deficiencia en el desarrollo económico del país. Según [2], uno de los problemas que más se genera en cuanto a una obra vial es que mayormente existe escases de material y opta por el material de préstamo, pero sin

embargo esta solución no se debe plantear debido a que existe discriminación y cada vez en diferentes países está restringidos a consecuencia del daño al medio ambiente, es ahí cuando se busca soluciones para mejorar las propiedades de los suelos locales.

Muchas veces por las elevadas cargas de tránsito los profesionales de las obras viales según [3] suelen rechazar materiales del sitio de ejecución del proyecto, simplemente porque éste no cumple la calidad necesaria y muchas veces toman la decisión de utilizar material traídos de canteras que se encuentren en el entorno de la ciudad, provocando así mayores costos, sobre todo en el transporte es así como termina resultando una solución muy compleja.

Justamente por tratarse de vías de bajo tránsito como ocurre en las habilitaciones urbanas, normalmente estas no cuentan con una buena estructura de pavimento y a veces se puede observar que solo contienen una capa de afirmado, según [1] estos materiales son altamente susceptibles frente a la acción del clima provocando así durante épocas de fuertes lluvias malas condiciones de transitividad afectando a la conectividad de las conexiones rurales y dificulta las actividades de la agricultura, ganadería, negocios, etc. Tomando en consideración según [4] describe que en diferentes países existe la falta de financiamiento de las autoridades por tal motivo se establece métodos de mantenimiento y construcción de obras viales para que se vuelvan más eficientes, es así como aparece la estabilización química que conforme ha pasado el tiempo se ha convertido en una alternativa muy seria para estabilizar los suelos en Cuba desde hace diez años aproximadamente ya que en este país su limitación más grande es lograr una fuente de préstamo.

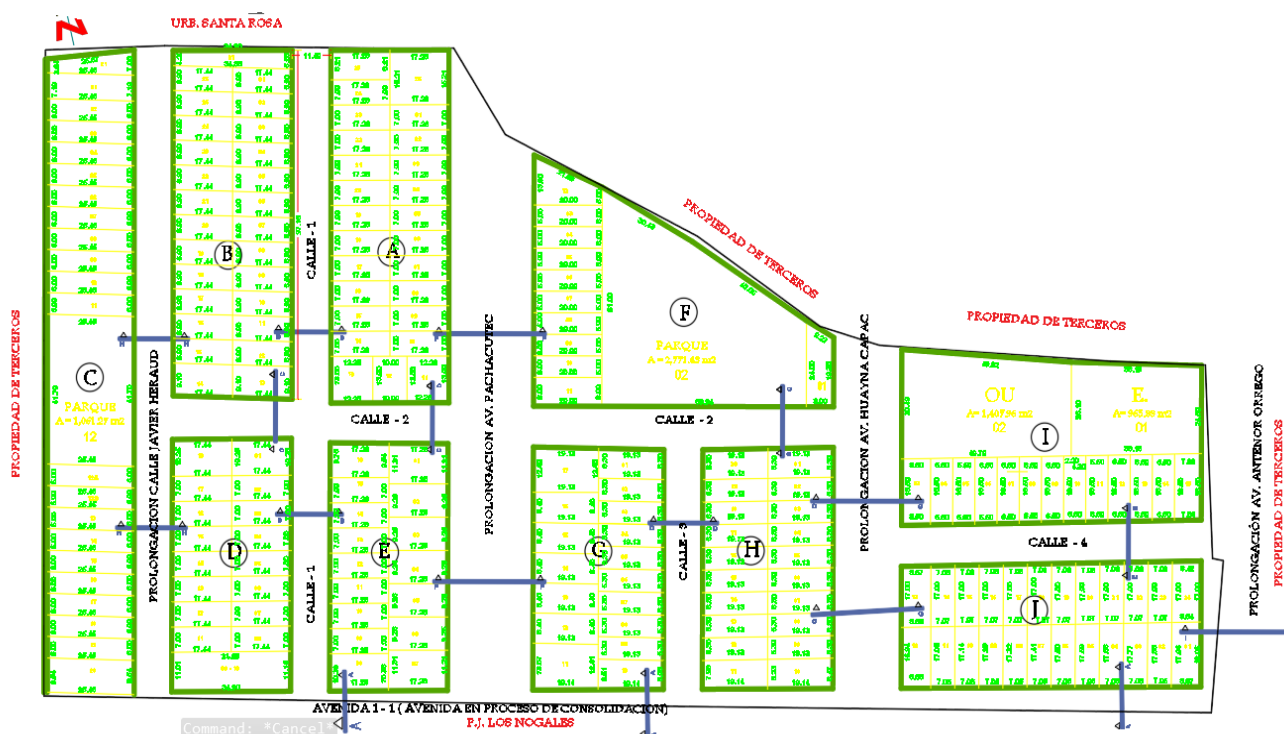
Por lo tanto será de mucha importancia buscar diferentes alternativas para determinar el uso del estabilizante para el suelo y mejorar las vías de comunicación en nuestro país, además sabemos que en nuestro país esto será limitado porque las vías urbanas pavimentadas es menor a diferencia del crecimiento poblacional que se ha elevado en el tiempo y está directamente relacionado, es así como se conoce que en la región de Lambayeque según [5] se pudo determinar mediante el censo del 2017, Chiclayo es la provincia que mayor cantidad población tiene con 799675 personas mientras que en el 2007 tenía 757542 personas es decir la tasa de crecimiento promedio anual es de 0.5 y la variación intercensal del 2007 al 2017 es de 42223 Hab. Representando el 5.6% de incremento (Ver anexo n°3, cuadro 1.) además, un dato estadístico brindado en la página del INEI observamos que tiene una proyección para el año 2050 un promedio de más de 40 millones de peruanos y que el ingreso de los varones mensual es de s/.1588.4

nuevos soles y el de las mujeres de S/.1016.9 observando una diferencia de S/. 571.5 en el último trimestre del 2013 a favor de los varones.

Esté incremento poblacional es un índice claro que conforme pasan los años las nuevas familias liderado por la cabeza del hogar buscaran tener una vivienda para brindarles seguridad y bienestar a sus hijos por lo cual hoy en día adquirir una vivienda en el distrito de la Victoria se hace más complicado lo que permite que el distrito sea extienda más; permitiendo así que las inmobiliarias sigan desarrollando habilitaciones urbanas en diferentes zonas de la región Lambayeque.

La Urbanización el Parral está compuesta con un 100 % de calles no Pavimentadas contando un área de 15024.06 m2 de pistas y veredas que solo se encuentran en un estado de terreno natural además de tener vegetación y desniveles ocasionando una dificultad de circulación del tránsito vehicular y peatonal que por consiguiente no hay un transporte rápido y seguro para las personas que viven en esta Urbanización. (Ver Figura 02 Y 03) además de acuerdo a las fotografías obtenidas en campo se observa la cantidad de polvo que existe en esta urbanización lo que sería resaltante considerar cuando se elija un estabilizador para la zona de investigación.

Figura 1: Zona de Estudio



Fuente: Municipalidad La Victoria-Área de Infraestructura (Catastro)

Figura 2: Superficie de la Calle-1



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que existe no solo vegetación sino también pequeños hundimientos , debemos considerar que esta urbanización es Propiedad de la Cooperativa de Vivienda Sub Oficiales P.N.P y que después de muchos años solo han realizado la construcción de Veredas cuyo expediente fue presentado en el año 2014 a la Municipalidad de la Victoria y que por tener una baja capacidad de soporte no se ha realizado dicha Pavimentación porque hasta ese momento tenían como finalidad solo realizar la Lotización de la Urbanización el Parral.

Figura 3: Relleno y Vegetación en la Zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

Es así en caso no se tomé acciones para poder solucionar el problema del suelo para sacar adelante el proyecto y se pueda realizar la Pavimentación, él profesional se ve en la obligación de realizar una estabilización del suelo para poder utilizar el suelo de la misma zona y así permitir que aumente su capacidad portante frente a cargas y sea más impermeable frente al agua tomando en consideración que en la zona de la URB. EL PARRAL el nivel freático está a 1.50m como se muestra en la Tabla N° 02.

Tabla 2: Provincia de Chiclayo: Nivel Freático

DISTRITO	UBICACIÓN	NIVEL FREÁTICO mts.	TIPO DE AGUA
CHICLAYO	Av. Lora y Lora y cruce con Pedro Ruíz	2.00	-----
	Luis Gonzales (entre Manuel Prado y Arica)	2.00	Limpia
	PP. JJ. Muro, Diego Ferré (entre Arenales y Lastres)	2.00	
	P.J. San Antonio (Los Laureles, San Miguel, Chalponcito)	1.50 - 2.50	Contaminada
	Av. Mariscal Nieto (entre Saenz Peña y Sarmiento)	2.50 - 3.00	-----
	Urb. Los Precursores	1.50	-----
JOSE L. ORTIZ	Urb. Los Parques	1.50	-----
	Democracia, Ferreñafe, América, Tahuantinsuyo	1.80	Limpia
	Av. A. B. Leguía / Fernando Belanunde	2.00	Limpia
LA VICTORIA	Kennedy (entre Panamá y San Antonio)	2.50	-----
	Fundo Chacupe (4 buzones finales del emisor)	1.50	Limpia

Fuente: Diagnóstico del Sistema Operacional de Agua Potable y Alcantarillado - Chiclayo, EPSEL S.A.

A lo largo del tiempo frente a esta problemática de los suelos la tecnología ha permitido conocer distintos estabilizantes y entre ellos estudiaremos en un análisis comparativo de cómo se realiza la aplicación del sistema Consolid y el cloruro de sodio o también conocido como “Sal de mesa” y realizar un análisis Comparativo. La presente investigación pretende generar conocimiento en torno al comportamiento físico y mecánico de la subrasante de la carpeta de un Pavimento en la Zona norte del Perú al que se ha incorporado cloruro de sodio y un aditivo denominado “sistema Consolid”. El aditivo se denomina “sistema consolid”. Este sistema consiste en la incorporación de dos compuestos químicos: Solidry y Consolid.

El Solidry está constituido por un polvo granulado formado por la mezcla de catalizadores e intercambiadores iónicos a base de Alquilamina grasa entre un 25-100%, Ester di-alquílico de trietanol amonio metil sulfato en un 25-100% y 2Propanol entre 5-10 % con nombre químico llamado Mezcla de tensoactivos catiónicos.

El Consolid se presenta en forma de líquido semiviscoso formado por la mezcla de monómeros y polímeros catalizadores, aceleradores de la penetración. Por su parte, el cloruro de sodio, se incorpora en forma granular.

Estos estabilizadores cumplen con el mismo fin, el cual es tener que mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, ya sea base, sub base o subrasante de un pavimento, por lo cual en esta presente tesis se realizará un análisis comparativo entre estos dos productos para poder concluir cuál es el que mejor resultados nos proporciona, en lo que respecta al presupuesto de una obra, su tiempo que se gana al usar un estabilizador con otro y su resultado final entre cada uno de ellos.

La investigación servirá al gobierno Local o Funcionarios públicos así como a la cooperativa de Vivienda de Suboficiales P.N.P de conocer una alternativa técnica de solución básica y económica para el tratamiento del material existente de la sub rasante lo cual está compuesto de arcillas, permitiendo así que se pueda mejorar la capacidad de soporte o resistencia y mejorar las propiedades físico-mecánicas con esta tecnología del sistema Consolid y el cloruro de sodio para lograr en un futuro un Pavimento Económico y que presten un mejor nivel de servicio con respecto a la circulación cómoda y segura.

Estos resultados proporcionarán un nuevo conocimiento hacia personas que recién estén conociendo dichos productos o empresas constructoras para poder así tomar una decisión adecuada para optar por cualquiera de estos dos estabilizadores.

Planteando buscar dentro de los procesos lo mejor para el desarrollo se propone opciones sostenibles, estos planteamientos buscan metodologías considerando el factor ambiental que sea sostenible y muy económicas.

Para la elección de los estabilizadores se ha visto conveniente la recomendación realizada por las especificaciones técnicas de tipos de estabilizadores y su aplicación de acuerdo a cada región en la que describe que para la región costa, en donde predominan las arcillas, se encuentran las sales y los productos químicos, entre ellos los polímeros, siendo el sistema consolid, un sistema de 2 componentes uno líquido y el otro en polvo los que se utilizarán en la presente investigación y al cloruro de sodio (NaCl) como el otro aditivo químico cumpliendo con los requerimientos establecidos antes de estabilizar.

ZONA	MATERIALES O SUELOS PREDOMINANTES	ESTABILIZADOR DE SUELOS APLICABLE
COSTA (Altitud: hasta 500 msnm)	Suelos granulares, de nula a baja plasticidad (Clasificación AASHTO: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5)	- Sales - Cemento Portland, Ceniza Volcánica, Puzolana - Emulsión asfáltica - Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)
SIERRA (Altitud: entre 500 y 4800 msnm)	Suelos granulares, de nula a plasticidad media (Clasificación AASHTO: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5)	- Cemento Portland, Ceniza Volcánica, Puzolana - Emulsión asfáltica - Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)
CEJA DE SELVA Y SELVA ALTA (Altitud: entre 400 y 1000 msnm)	Suelos granulares, de nula a plasticidad alta (Clasificación AASHTO: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7)	- Cemento Portland, Ceniza Volcánica, Puzolana - Emulsión asfáltica - Cal - Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)
SELVA BAJA (Altitud: menor a 400 msnm)	Suelos limo-arcillosos, arcillas, arcillas arenosas y arenas predominantemente finas (Clasificación AASHTO: A-2-4, A-3, A-6, A-7)	- Cemento Portland, Ceniza Volcánica, Puzolana - Emulsión asfáltica - Cal - Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)

Fuente: Especificaciones Técnicas de Tipos de Estabilizadores y su aplicación de acuerdo a cada región.

Nuestras Muestras analizadas son de la Urb. El parral está ubicado en el Departamento de Lambayeque, Ubicada en la Zona Costa.

1.1. ALCANCE Y LIMITACIONES.

Alcance: La zona o área de estudio es la Urbanización El Parral.

se Pretende estudiar la estabilización y/o mejoramiento de las propiedades del suelo existente, haciendo uso de los aditivos ya mencionados. Para ello se establecerá los indicadores que influyen en la mejora y se realizará un análisis comparativo.

Limitaciones: solo se hará la evaluación correspondiente a nivel de laboratorio; **así como no se contemplará realizar un tramo de prueba en la zona debido a las circunstancias que se encuentra el País por la Pandemia del Covid-19 y por ser una entidad Privada la Urb. EL PARRAL.**

II. Marco Teórico

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Existen investigaciones importantes acerca de los diversos estabilizantes que existen para mejorar las propiedades físicas-químicas del suelo; sin embargo, hay que destacar informaciones actualizadas con respecto al proyecto: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ENTRE EL USO DEL CLORURO DE SODIO Y EL SISTEMA CONSOLID EN ZONAS URBANAS NO PAVIMENTADAS DE LA URBANIZACIÓN EL PARRAL DEL DISTRITO DE LA VICTORIA, 2019.”** Como las siguientes:

2.1.1. REVISTAS INTERNACIONALES

[6]Realizó la investigación para la revista Redalyc: *“Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras.” -cuba-2011*

Esta investigación ha sido realizada con la finalidad de poder determinar la utilidad de aprovechamiento de los suelos locales que necesiten ser mejorados, estos se realicen utilizando sales cuaternarias, por ende, se ha utilizado muestras del país de Cuba, al cual se le ha realizado los diferentes ensayos físicos y mecánicos en el laboratorio, así como el Proctor tanto estándar, Modificado y CBR.

Después de obtener los resultados de caracterización, realizan tanto el compactado a energía estándar como el Modificado, para muestras de suelo natural y con aditivo arrojando que con el estándar el CBR solo alcanza el 1.7 % a diferencia del Modificado que tiene 11,4 %, mencionando que a pesar de poder cumplir para ser utilizado como sub rasante no tiene la misma expectativa para un tránsito pesado; sin embargo que al emplear un aditivo de sales cuaternarias solo con el estándar logra alcanzar un CBR de 11 % mientras que con el Compacto con el Modificado logra alcanzar un CBR de 19,9 % siendo este resultado el más óptimo para lo que la investigación busca.

Además, describe que se realizó adicionalmente con el aditivo Rocamix, que describe que los valores del CBR tuvo un incremento del 1.2 % al 5.6 % en suelos

arcillosos de baja capacidad de soporte que si bien para cuba es óptimo como sub rasante para carreteras en el Perú no llega a cumplir lo especificado como mínimo del 6% pero sí reduce la permeabilidad de los suelos Finos arcillosos. La investigación lograr concluir que “el sistema de Estabilización de suelos es factible su utilización dentro de la conformación del paquete estructural de un Pavimento.”

2.1.2. TESIS INTERNACIONALES

[7]Realizó la investigación Para tesis Pre Grado: *“Estabilización de Suelos Arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio”-Ecuador, 2019.*

La tesis ha sido sustentada en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en la Facultad de Ingeniería teniendo como objetivo dos tipos de sales y determinar de manera cuantitativa si pueden ser agentes de estabilización y que dosificación llevaría a un mejor desempeño para lo cual se ha realizado la caracterización del suelo natural proveniente de una mina cañaverál dentro del cual se busca un rango de límite de plasticidad entre 16 y 18 que será indispensable para su utilización en las vías; su granulometría ha sido una Grava Arcillosa mediante la clasificación SUCS y en ASSTHO dentro del grupo A-2-6 (4) además para el Proctor fue con el Modificado logrando una densidad seca máxima de 1649,2 kg/Cm³ en cuanto al CBR se logró al 95% con una penetración de 1” un CBR de 27.27 %, podríamos decir un suelo bueno y óptimo pero su alto porcentaje de finos lo convierte en un material pobre o inadecuado, además de aquellos ensayos se realizaron el PH del suelo obteniendo 8.35 del mismo, Colorimetría que ayudará para el objetivo de la tesis y su cuantificación.

Por lo tanto, para poder trabajar con la muestra se ha especificado 5 dosificaciones: 1%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% que se trabajaran con ambas sales logrando que para el cloruro de sodio se consideró el más óptimo el 15% al lograr reducir el LL en un 15% así mismo el IP se redujo de 17 % a 7.32% mientras que en la Densidad Máxima Seca incremento un 9.33% y el CBR bajo de 27.27% a 24 % al 95% de compactación.

Mientras para el cloruro de sodio el porcentaje más óptimo fue el 20% teniendo una reducción del 39 % en el LL así mismo en el IP de un 17% al 8.48% pero no aporta en el aumento del CBR al contrario baja significativamente, y tanto la DMS y la humedad óptima no varía mucho.

Finalmente concluye que el cloruro de calcio es más higroscópico que el sodio, y sería el más factible su aplicación en climas secos a diferencia del cloruro de sodio que son más recomendables en zonas costeras y con poca precipitación.

[8] Realizó la investigación Para tesis Pre Grado: ***“Estabilización de la Subrasante en la vía Cuicocha-Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, Utilizando el sistema Consolid”***

Esta tesis fue desarrollada en Quito-Ecuador teniendo como objetivo estabilizar la subrasante de la vía Cuicocha para lo cual se ha tomado 6 puntos de muestras, uno por cada kilómetro a las cuales se ha realizado sus ensayos de caracterización del suelo con el objetivo de conocer su estado y la dosificación que se emplearía para su mejoramiento.

Además, menciona que para la utilización del Sistema consolid se deben conocer los rangos proporcionados por el fabricante en la cual menciona que el C-444 tiene un rango de dosificación de (0.4 a 0.8 lt/m³) y el Solidry del 1% al 2% en peso (2 a 4 kg/m²), para lo cual realizó comparaciones de diseños tanto granular como para el sistema Consolid cuya diferencia en los costos ha sido un incremento de \$1.358.81,40 dólares a \$ 1.361.860,80 dólares.

La investigación Concluye que el sistema Consolid reduce el índice plástico, pero aún más si son altamente plásticos, la humedad no varía, pero en cuanto al CBR son menores a los proyectados, determinándose que en suelos muy plásticos no logra resultados muy óptimos.

2.1.3. TESIS NACIONALES

[9] Realizó la investigación Para tesis Pre Grado: ***“Comparación Económica del Resultado y el Mantenimiento entre los estabilizadores Proes y Consolid para el sistema de Mejoramiento de Suelos Blandos para las carreteras no Pavimentadas en la Selva Peruana.***

Esta tesis desarrollada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en el año 2016 realizo una comparación entre dos estabilizadores conocidos en el Mercado Peruano en la zona de la selva peruana, específicamente en la carretera la Joya-Infierno en Madre de Dios, en la presente se realizaron los ensayos de caracterización del suelo patrón.

Se describe que para el sistema consolid se utilizó 0.08 lt/m³ Consolid C-444 + 2 % Solidry alcanzando un CBR con 0.1” de penetración 90.4 % y un MDS de 1.975 g/Cm³ y una expansión de 0.11 mientras el Proes alcanzó un CBR de 167.7 % con una expansión de 0.00% y un MDS de 2.012%.

Se logró concluir que para este tipo de suelos es recomendable el uso del Proes; si bien es cierto a diferencia de S/5.90 que el costo sin ningún estabilizador por m² al utilizar el Proes costaría S/21.50 mientras que sistema Consolid tiene un costo de S/20.50 m² en ambos casos la vida útil es buena con mantenimiento cada 4 años para Proes y 3 años para el Sistema Consolid.

[10] Realizó la investigación Para tesis Pre Grado: ***“Estudio de estabilización de suelos con el sistema Consolid para mejorar el Camino Vecinal Yántalo- C.P.M. Buenos Aires, Moyobamba-San Martín, 2016”***

La tesis presentada en la Universidad Cesar Vallejo en el año 2016 tuvo como finalidad identificar qué tipo de estabilización optimizará a nivel de subrasante el camino vecinal Yántalo en Tarapoto para ello utilizó el sistema Consolid y realizó estabilizaciones del suelo con Aditivo Consolid y sin aditivo para determinar las propiedades de las mismas tomando un tramo Km3+00 al Km 7+00 como muestra realizando los siguientes ensayos de Laboratorio: Análisis Granulométrico , Limite Liquido y Limite Plástico ,Contenido de Humedad, Clasificación Unificada de Suelos, Proctor y CBR llegando a obtener un suelo de baja plasticidad en donde se desarrolla la investigación con una clasificación (CI)en un 90 % y el restante es de Mediana Plasticidad (CL-ML) con una capacidad de carga baja en un 70 % de la zona de estudio y en cuanto al CBR se analizó la calicata N°04 con suelo CL (Arcilla de baja plasticidad) con un CBR de 6,97% y la subrasante más crítica corresponde a la Calicata N°01 con un CBR de 6,75 % con un Suelo (CL-ML) y la dosificación más óptima para (Arcilla de Baja Plasticidad) de clasificación CL con 0.007 Lts de Consolid por m² con el cual se obtuvo un CBR de 13.57 % en la Calicata N°08.

La tesis de Investigación recomienda realizar hacer variaciones en las dosificaciones con el Sistema Consolid CON AID y determinar mejor resultados.

BASES TEÓRICO-CIENTIFICAS

2.1.4. DEFINICIÓN DE SUELO

El suelo es un agregado natural de partículas minerales que puede tener o no componentes orgánicos las cuales son descompuesta con líquido y gas entre sus vacíos que tienen las partículas del suelo y las cuales se pueden separar por medios mecánicos comunes. En el campo de la Ingeniería es un material muy importante para construir en los proyectos de ingeniería usando sus cimientos estructurales. Por ende, los ingenieros deben conocer sus propiedades, su origen, así como su formación de los suelos. [11]

2.1.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

Los suelos conforme pasan los años sufren procesos llamamos meteorización las cuales se realizan ya sea por la desintegración o por la descomposición causados por agentes del intemperismo; ya sea de manera física, química y biológica. Todas aquellas partículas que resulten por la acción de los agentes anteriormente descritos se les agrupa según [11] en: Suelos Residuales y Suelos Transportados.

Se denominan suelos Residuales a las partículas que en el lugar que se encuentran fueron formadas y que por años siguen en el mismo lugar a diferencia de los suelos transportados que son aquellas partículas que fueron transportadas por agentes físicos y que llegaron al sitio donde ahora mismo se encuentran.

2.1.4.2. PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

En una investigación de suelos se tiene que definir los diferentes tipos de suelos que se encuentren en el lugar de estudio a través de perforaciones o también conocidas como calicatas en el terreno, con el objetivo de determinar el tipo de suelo, su forma, la posición del nivel freático Y principalmente las Propiedades físicas del Suelo, considerando las normativas técnicas peruana C.E. 0.10 Pavimentos Urbanos y los manuales de ensayos de laboratorio como referencia.

2.1.4.3. RESISTENCIA

Su resistencia está directamente en función al contenido de humedad, debido a que, por ejemplo, un suelo arcilloso presenta humedad alta por lo tanto su resistencia baja,

pero al perder esa humedad su resistencia aumenta y finalmente se llega a compactar el suelo para poder incrementar más su resistencia. [11]

2.1.4.4. **PERMEABILIDAD**

La permeabilidad de los suelos, tiene dos problemas básicos: El primero que está relacionado con la desaparición en el suelo de las presiones de poro, ya que, si es excesiva, podría generar deslizamientos en explanaciones. En segundo lugar, podría generar tubificaciones y arrastres. Debemos tener en cuenta que si compactamos un suelo que contiene bajo contenido de humedad, habrá una alta permeabilidad, en lo contrario si tuviéramos un suelo con alto contenido de humedad, tendremos una baja permeabilidad, es por ello que en este caso tendrá más oportunidad de deformarse. [11]

2.1.4.5. **COMPRESIBILIDAD**

Entre todas las propiedades, esta es la que tiene mayor importancia, ya que modifica la permeabilidad, las fuerzas que están se alteran, siendo esta la que modifica la resistencia del suelo con respecto al esfuerzo al corte. También, puede generar modificaciones importantes, como: carga de aplicación al suelo, su tiempo de aplicación, entre otros. [11]

2.1.4.6. **DURABILIDAD**

La durabilidad se refiere a la resistencia al medio ambiente, al desgaste o a la abrasión al tráfico. Por lo que esta propiedad en las carreteras, se dan en superficies que están en mayor contacto con la superficie de rodamiento. Tener en cuenta que este problema afecta tanto a los suelos estabilizados como a los suelos naturales. [11]

2.1.5. **CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

Tomando en consideración las investigaciones se considera que existen bastantes tipos de suelos para el cual a lo largo del tiempo existen 2 métodos para clasificarlos que se usa en el Perú en la cual cada uno de ellos tienen su propio campo de utilidad según los requisitos y necesidad. Actualmente, encontramos dos, uno es el ASSHTO y el otro el SUSC.

2.1.5.1. SISTEMA AASHTO

La norma ASTM D – 3282. Es una nueva propuesta por un conjunto de investigadores para distintos tipos de carreteras a nivel de subrasante o bases granulares, en el año 1945

En el **Cuadro N°1** se observa la clasificación de los suelos inorgánicos en 7 distintos grupos desde la A-1 a A-7. Y estos a su vez se dividen en 12 subgrupos, teniendo desde la A-1 y las la A-3 son suelos granulares, en donde las partículas menores del 35% pasan el tamiz N°200. Y los demás grupos son Suelos Finos Limo Arcillosos que pasa el tamiz N° 200 más del 35%, donde predominan el limo y arcilla, encontrando a los Grupos A-4, A-5, A-6, A-7. [12]

Debemos conocer el Índice de Grupo (IG) por la siguiente ecuación:

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

Donde:

G: Índice de Grupo

F: % pasa por tamiz N°200

LL: límite líquido

IP: índice de plasticidad

Si da números positivos, números enteros. Si da negativos, $IG = 0$.

Cuadro 1: Signos convencionales para perfil de calicatas-Clasificación AASHTO

	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Fuente: ASSTHO, 1993

2.1.5.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

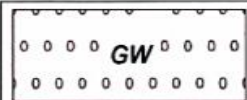
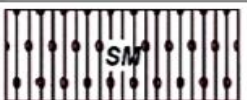






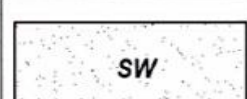




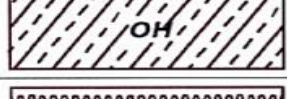

Originalmente lo propuso Casagrande en 1948, para que lo usen en construcciones de aeródromo en la II Guerra Mundial. Actualmente, según la norma ASTM D – 2487 se usa para la clasificación de suelos, donde en el CUADRO N° 2 se encuentra el SUCS, junto con su gráfica de plasticidad y sus prefijos y sufijos en la TABLA N°3 para los distintos tipos de suelos.

La clasificación los divide en:

- ✓ Suelos de Grano grueso.
- ✓ Suelos de Grano Fino.
- ✓ Suelos Orgánicos.

Los suelos de grano grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N° 200.

Cuadro 2: Signos convencionales para perfil de calicatas-Clasificación SUCS

	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fina, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

Fuente: Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la subrasante de la avenida Quitumbe - Ñan, Cantón Quito.

Se dividen en dos:

1. Suelo Grano grueso: si más del 50% de las partículas del suelo se retienen en el Tamiz N°200. Sus prefijos empiezan con G para grava y S para arena.
2. Grano fino con un porcentaje mayor de 50% que pasa por el tamiz N°200. Sus prefijos empiezan con M para limo orgánico, C para arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. [12]

Tabla 3: Prefijo y sufijo para cada tipo de suelo.

<i>Prefijo y sufijos para cada tipo de suelo</i>			
TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUBFIJO
Grava	G	Bien gradada	W
Arena	S	Mal gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite Líquido alto >50	L
Turba	Pt	Límite Líquido bajo <50	H

Fuente: Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la subrasante de la avenida Quitumbe - Ñan, Cantón Quito.

2.1.5.3. TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS

Los llamamos comúnmente tras estudios arduos como arena, grava, arcilla o limo, por lo cual dependerá de su tamaño predominante de todas sus partículas en el suelo. Es por eso que, con estos estudios, investigadores han desarrollado los llamados “límites de separación entre sus partículas de suelo” que se muestran en la **Tabla N°4**.

Siendo el que más se aceptó por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, el Sistema Unificado. [12]

Tabla 4: Límites de separación entre partículas del suelo

Nombre de la organización	Límites de separación de tamaño de suelo			
	Tamaño de grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto de tecnología de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de E.U (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U., Oficina de Reclamación de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (p. ej, limos y arcillas <0.075)	

Fuente: Fundamentos de Ingeniería geotécnica, Braja Das 2015

2.1.6. SUB RASANTE

La sub rasante se denomina como la superficie determinada para la carretera a nivel de corte y de relleno, sobre la cual se realiza la colocación de una obra vial ya sea pavimento o una vía afirmada (MTC, 2014). La subrasante será importante para que

se determinen los espesores del paquete estructural y su calidad será indispensable para el diseño del pavimento, sea flexible o sea rígido.

Según (Menéndez, 2013) “Las propiedades hidráulicas (coeficiente de drenaje, permeabilidad, coeficiente de expansión), propiedades de rigidez (módulo resiliente, módulo de elasticidad y CBR) y propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de agua), son las propiedades para analizar una sub rasante” y en la tabla se muestra las categorías que la subrasante pueda tener, según el MTC.

Los suelos aptos para la sub rasante, suelos con CBR igual o mayor de 6,00 %, ver se visualiza la estructura típica de un pavimento asfálticos, donde se aprecia que la subrasante se encuentra entre el terreno de fundación y la sub base.

2.1.6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA SUB RASANTE.

El objetivo de determinar mediante los ensayos de caracterización será un factor necesario para poder conocer las propiedades de la subrasante y así conocer mediante las calicatas que estarán como mínimo a 1.50 m de profundidad por kilómetro si es para carretera o cada 3600 metros para calles no pavimentadas como en la investigación. (MTC,2014)

2.1.6.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS.

Los suelos hallados en el terreno a exploración serán clasificados bajos dos sistemas obligatoriamente AASHTO y SUCS, se utilización los signos convencionales (MTC, 2014). vemos los signos convencionales utilizados para la clasificación por AASHTO y SUCS, que serán utilizados en la clasificación de los suelos encontramos en la sub rasante del área de estudio.

2.1.7. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Es la mejor compactación que puede tener el suelo, y tanto propiedades físicas y mecánicas de un suelo se van a mejorar, depende no solo del material sino del aditivo que se utilizará por ende existen los químicos, naturales o los sintéticos. Estos estabilizadores, son usados en suelos de subrasante, base o sub base malos, pueden ser la cal, cemento, entre otros. [13]

2.1.7.1. **CRITERIOS GEOTÉCNICOS PARA ESTABLECER LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.**

Se considerarán como suelos aptos para capas de sub rasante a los suelos con CBR mayor al 6 %. (Leiva, 2016, p. 26). Para indicar que tipo de estabilizante es preciso establecer el material en dicho lugar. Los suelos que se muestran en el grupo son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas. siendo guías para la selección de un estabilizante, que satisfaga la necesidad del tipo de suelo hallado, cumpliendo así con el MTC.

2.1.7.2. **TECNOLOGÍA DE ESTABILIZACIÓN IÓNICA**

Nace como una solución para los caminos con suelos no aptos para generar una estructura de pavimento adecuada. Estos caminos operan bajo condiciones climáticas severas, con mucha precipitación, suelos débiles o inestables y sometidos a cargas de tránsito de transporte de personas, productos e insumos.

La tecnología de estabilización iónica con cemento, cal y/o ceniza, tiene su fundamento en la interacción de los aditivos químicos y las arcillas presentes en el suelo, creando una reacción, que, aumentando su capacidad de soporte, mejora su estabilidad y resistencia frente al agua y las cargas de tránsito. Su reacción generada se basa en la ionización, ordenamiento y aglomeración de las partículas, por lo cual se utiliza agentes cementantes (cal, cemento y cenizas) más un aditivo líquido que permite la reacción mejorada de estos estabilizadores. [14]

2.1.7.3. **ESTABILIZACIÓN CON CAL**

Existen las cales aéreas cálcicas, denominadas porque endurecen con el dióxido de carbono existentes en el aire y están compuestas por hidróxido de calcio y magnesio, y óxido, sin ninguna otra adición de puzolanas. [15]

Este producto se hace calcinando la piedra caliza con baja temperatura de descomposición del óxido de calcio, por lo que estando así se denominan cal viva y cuando se apaga mediante el agua, se denomina cal apagada. [16]

Para poder usar la cal, debemos cumplir que su índice de plasticidad del suelo sea mayor de 15% y que pase 25% por el tamiz N°200. Donde podrían existir problemas es en suelos orgánicos o con poca presencia de arcillas que reaccionen con la cal.

En el caso de que tengan un índice de plasticidad menor al 15% y que mediante sus ensayos no cumplan con las especificaciones de diseño, podrían usarse la combinación de cal – cemento. [11]

2.1.7.4. ESTABILIZACIÓN POR COMBINACIÓN DE SUELOS.

Es la combinación de materiales del suelo existente disgregado en un espesor de 15 cm colocándose el material de préstamo. (MTC, 2014)

2.1.7.5. ESTABILIZACIÓN POR SUSTITUCIÓN DE LOS SUELOS

El suelo al construirlo sobre el suelo nuevo es reemplazado por un material adecuado, cumpliendo los parámetros dados por el MTC.

En el primer caso, el suelo es retirado con una profundidad de 15 cm, una vez retirado se pasa se verifica si el suelo cumpla con los rendimientos requeridos.

En la segunda opción, el mejoramiento con material traído de cantera implica la remoción total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo.

2.1.7.6. SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO.

Lo importante de la estabilización con cemento es que existe hidratación lo que permitirá que la mezcla endurezca para lo cual el suelo que será estabilizado deberá estar pulverizado además de cumplir con algunas condiciones como por ejemplo que no deberá exceder su índice de plasticidad en más del 30 % porque de lo contrario será una muestra no trabajable de ser así se tendría que utilizar la cal o el cloruro de sodio para poder reducirlo y posteriormente agregar el cemento, y así la estabilización mejores las propiedades físicas del suelo. (MTC, 2014).

Los factores importantes que están involucrados es el tipo de suelo, en este caso podrá ser cualquier material de afirmado u otro tipo de suelo pero deberá estar libre de materia orgánica para que no complique el proceso del fraguado del concreto; según las especificaciones técnicas generales nos menciona que los tipos de suelos de acuerdo a la granulometría y que estarían aptos para una estabilización con cemento sería: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7.

2.1.7.7. SUELOS ESTABILIZADOS CON ESCORIA

Las escorias provienen de las mezclas de óxidos metálicos así mismo de la misma fundiciones de los metales, como elemento pueden contener tanto átomos de metal

como sulfuros de metal, por ser un elemento que económicamente resulta barato en cuanto a estabilizaciones se puede encontrar en carpetas asfálticas brindándole impermeabilidad, mayor resistencia con la finalidad de lograr accesibilidad y transitabilidad además de reducir las emisiones de CO₂ en el medio ambiente por ende se ha considerado un elemento que a futuro puede ser un potencial de materia prima por sus bajos costos de obtenerla. (MTC, 2014).

2.1.7.8. SUELOS ESTABILIZADOS CON CLORURO DE CALCIO.

El cloruro de calcio es considerado un elemento higroscópico que proviene de una reacción del cloro con el hidrogeno teniendo como producto un ácido clorhídrico teniendo una concentración muy alta y considerado la reacción del ácido con la caliza, dentro de su proceso de estabilización llega a incrementar bastante la cohesión al disminuir las fuerzas de repulsión con las arcillas además llega absorber la humedad así como también reduce la evaporación, para este tipo de estabilizaciones se tiene que considerar que no debe tener más del 3 % de materia orgánica ni ser mayor del 15% en IP y contar con un PH de mínimo de 5.(MTC, 2014).

2.1.7.9. SUELOS ESTABILIZADOS CON CLORURO DE MAGNESIO

El cloruro de Magnesio también es un elemento higroscópico por lo tanto reduce la evaporación y absorbe la humedad del aire teniendo como objetivo la densificación esto debido al intercambio iónico tanto en los minerales como el magnesio al igual que el cloruro de calcio y el cloruro de sodio este no deberá exceder en un 3 % del contenido orgánico además de tener un pH de 5% para poder asegurar la reacción iónica.

En calles pavimentadas, el cloruro de magnesio es utilizado para evitar montículos de piedras de hielo encima de la calzada, o bien para derretir hielo sobre el pavimento, este podrá trabajar estando en los -5°C y permitir así que no haya formación de hielo. (MTC, 2014).

2.1.5. ESTABILIZACIÓN DE SUELO-CLORURO DE SODIO

2.1.5.1. DEFINICIÓN

El cloruro de sodio es también conocido como la sal este estabilizador es pertinente a todos los suelos a diferencia que no deberá tener como mínimo el 3% de materia

orgánica además es un mineral higroscópico se presenta de forma de cristales, teniendo varias formas de obtenerse denominado también como matapolvo en bases y reduce la evaporación del agua y absorber la humedad del aire así mismo debe de cumplir con algunas condiciones para poder estabilizar así el IP deberá ser mayor a 8%.

2.1.5.2. PROPIEDADES DEL CLORURO DE SODIO

Tabla 5: Información General del Cloruro de Sodio.

GENERAL	
Nombre Comercial	Cloruro de Sodio
Otros nombres	Sal Común, Sal de Cocina, Halita
Fórmula molecular	NaCl
IDENTIFICADORES	
Número CAS	7647-14-5
Número RTCES	VZ4725000

Fuente: tesis de estabilización con suelos arcillosos

Tabla 6: Propiedades Físicas del cloruro de sodio

Estado de Agregación	Sólido
Apariencia	Cristales Blancos e incoloros. Pulverizados
Densidad	2,16 g/cm ³
Punto de Congelación	(-21,12 °C)
Punto de Fusión	801 °C
Punto de Ebullición	1465 °C
Estructura cristalina	Cubos de Cristal blanco
Presente en la naturaleza	Se encuentra en grandes masas sólidas o disuelto en el agua marina.
Solubilidad	En agua, amoniaco, metanol. Etilenglicol, glicerol. Glicol y ácido fórmico
PH	Neutro

Propiedades químicas del cloruro de sodio

Solubilidad en agua	35,9 g/100 ml a 25 °C
Masa Molar	58,44 g/mol

2.1.5.3. EFECTOS EN EL SUELO COMO ESTABILIZANTE

Las garantías de poder utilizar como estabilizador el cloruro de sodio son muy buenos, sin embargo, también tiene sus antecedentes, su uso proporciona grandes ventajas a los suelos. Estos también combaten las bajas temperaturas, al absorber la humedad del suelo y aumenta la tensión superficial al evaporarse el agua.

El cloruro de sodio también es considerado como un buen conductor eléctrico para el cual se realizará la caracterización de las muestras cumpliendo algunas condiciones como que el IP deberá ser por encima del 8% y el pH entre el 5 y 8 %

2.1.6. SISTEMA CONSOLID

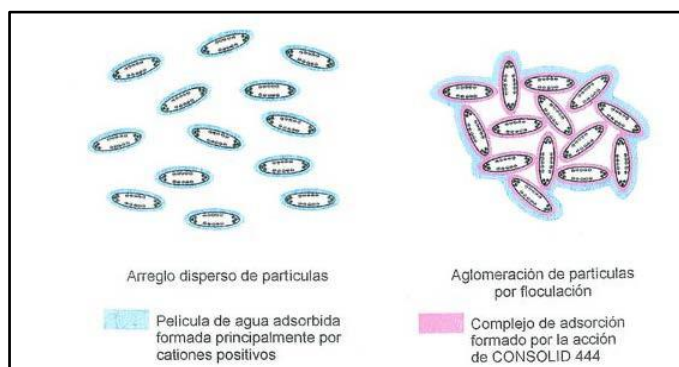
La estabilización del sistema Consolid es de manera diferente a las tradicionales, sin importar el tipo de suelo que exista ya que este sistema no presenta problemas por no ser ni Ligante ni tampoco un Reactor sino un sistema de Estabilización y de Impermeabilización de suelos de Alta Tecnología que después de la compactación del suelo lo deja en un estado totalmente irreversible, este sistema se enfoca en la unión de las partículas de los suelos sin afectar su composición química ni física, se sabe la separación de las partículas del suelo se producen por dos tipos de fuerzas naturales, tanto fuerzas Capilares y fuerzas no capilares.

Cuando existen espacios vacíos entre las unidades de suelos se retienen agua que es producido por las fuerzas Capilares, en cambio las fuerzas no capilares forman un recubrimiento de agua la cual impide que las partículas se unan produciendo una tensión superficial.

El comportamiento del Sistema Consolid es mejorar la resistencia a cargas y cortes disminuyendo el recubrimiento de agua lo más necesario posible para que se produzca la lubricación entre las partículas del suelo.

Según [17] menciona que el sistema Consolid trabaja tanto de manera individual como también en sistema junto con el solidry , en la primera formará estructura complicadas teniendo como finalidad reducir la tensión superficial de agua mediante procesos catalíticos dando pase a la evaporación teniendo la cantidad de humedad necesaria para que pueda tener una óptima compactación y una atracción electromagnética en aquellas brindándole una buena capacidad de soporte al suelo.

Figura 4: Comparación de las Partículas de Suelo sin estabilización y con estabilización Consolid



Fuente: Consolid 202

Se puede observar en la figura 4, el comportamiento de las partículas del suelo cuando están sin estabilizar y cuando un suelo está estabilizado con el sistema Consolid. En la izquierda de la imagen se puede observar que éstas contienen mayores vacíos entre ellas por ende realizarán un trabajo sin adherencia sin unirse a diferencia de las partículas que ya están estabilizadas que están más unidas y trabajan en conjunto.

Se debe señalar que aditivo Consolid 444 líquido trabaja con un complemento denominado Solidry cuya finalidad es que el agua llegue a la capa tratada ya que reduce la capilaridad de los suelos.

La empresa Consolid ha recomendado seguir los siguientes pasos para el proceso constructivo in situ:

- Remover el terreno a una Profundidad de 25 Cm
- Aplicar el aditivo Solidry, de 12 Kg/m³, estándar de 16 kg/m³
- Se mezcla el aditivo en el suelo, hasta alcanzar homogeneidad
- Se aplica el aditivo Consolid 0.6 lt/m³ a 0.8 lt/m³
- Se mezcla y luego se compacta.

2.1.7. CUADRO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN

Cuadro 3 : Cuadro comparativo de métodos de estabilización.

CUADRO COMPARATIVO DE ESTABILIZACIONES DE SUELOS				
TIPO DE ESTABILIZACIÓN	TIPOS DE SUELO	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
COMBINACIÓN DE SUELOS	GRAVA NATURAL	PUEDEN SER NECESARIO LA ADICIÓN DE FINOS PARA PREVENIR DESPRENDIMIENTOS O FALTA DE UNIFORMIDAD	EN SUELOS CON IP < 15 EN SUELOS ORGANICOS SE PUEDE REALIZAR UNA COMBINACIÓN CON CAL Y CEMENTO, ADICIONANDO EL PRIMERO CON LA FINALIDAD DE REDUCIR LA PLASTICIDAD DEL SUELO Y AL FINAL DEL MEZCLADO ADICIONAR EL CEMENTO, ASÍ EL PROCESO DE LA MEZCLA Y COMPACTACIÓN USANDO LOS 2 MATERIALES SE HARÁ EN 2 HORAS.	ANTES DE REALIZAR UNA ESTABILIZACIÓN POR COMBINACIÓN SE NECESITARÁ IDENTIFICAR LOS MATERIALES A COMBINAR PARA EVITAR UN GASTO COSTOSO CONSIDERANDO EL TIPO DE SUELO A ESTABILIZAR
SUSTITUCIÓN DE SUELOS	SUELOS LIMOSOS O SUELOS DE QUE TENGAN IG > 20 YA QUE SERÍA UN SUELO NO UTILIZABLE	ES CONSIDERADA COMBINACIÓN O MEZCLA DE LOS MATERIALES DEL SUELO EXISTENTE CON MATERIALES DE PRÉSTAMO.	EL APORTE DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO SE APLICARÁ EN LOS SITIOS INDICADOS EN LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO, EN CANTIDADES TALES QUE GARANTICEN QUE LA MEZCLA CON EL SUELO CUMPLA LAS EXIGENCIAS DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	REALIZAR UNA SUSTITUCIÓN DE MATERIAL INVOLUCRará UN COSTO DEMASIADO ALTO QUE MUY POCOS OPTAN TOMARLO SALVO QUE SEA MUY NECESARIO.
ESTABILIZACIÓN CON CAL	SUELOS ARENOSOS SUELOS ARCILLOSOS: A-2-6; A-2-7; A-6; A-7; 10% < IP < 50 % ; CMO < 3 %	ES MÁS PRÁCTICO UTILIZAR LA CAL CUANDO EL IP > 15 Y EL % DEL TAMIZ N° 200 ES MAYOR DE 25 ; SE RECOMIENDA UTILIZAR LA CAL EN SUELOS ARCILLOSOS PARA QUE TENGA UNA EXCELENTE REACCIÓN, BRINDANDO AUMENTAR EL % DE CBR	POSIBILIDAD DE REUTILIZACIÓN DE LOS SUELOS EN SITUO, DISMINUYENDO LA NECESIDAD DE PRÉSTAMOS, EL EMPLEO DE CAL MEJORA LAS CARACTERÍSTICAS PLÁSTICAS ELIMINANDO LA SUSCEPTIBILIDAD AL AGUA DE LOS SUELOS COHESIVOS; ES UN MATERIAL QUE SE PUEDE UTILIZAR EN COMBINACIÓN CON OTROS MATERIALES COMO BITUMINOSA	LAS PARTICULAS HIDRATADAS DE CAL SON FINAS SIENDO UN PROBLEMA , ES INADECUADO EN ÁREAS POBLADAS. LA CAL EN SECO REQUIERE UN CUIDADO ESPECIAL Y REQUIERE 32 %DE PESO EN AGUA PARA SER CAL HIDRATADA. LA LECHADA DE CAL SU APLICACIÓN ES LENTA Y COSTOS MÁS ALTOS DEBIDO A EQUIPOS EXTRA REQUERIDOS
ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO	SUELOS ARENOSOS SUELOS ARCILLOSOS SUELOS LIMOSOS: A-1;A-2; A-3; A-4; A-5; A-6; A-7; LL<40%; IP < 18 %	SE RECOMIENDA PARA SUELOS CON IP < 15 Y PORCENTAJES PASANTES DEL TAMIZ N° 200 NO MAYOR DEL 25% Y ARCILLAS DE MEDIANA PLASTICIDAD	DISPONIBILIDAD, BAJO COSTO, FACILIDAD DE APLICACIÓN, BUEN INDICE DE CBR Y ACEPTACIÓN Y SE PUEDE EFECTUAR CON MEZCLADORA DE CONCRETO PARA VOLÚMENES PEQUEÑOS	AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN, AUMENTAR LA RIGIDEZ, CURADO APROPIADO, PROTECCIÓN DEL TRÁFICO A TEMPRANA EDAD, NO SE ACOPIAR EL MATERIAL Y EL MEZCLADO DEBE SER MUY FINO ADEMÁS DE PULVERIZAR EL MATERIAL
ESTABILIZACIÓN CON ESCORIA	SUELOS EXPANSIVOS	ES UN SUBPRODUCTO DE LA INDUSTRIA DEL ACERO SIENDO EL INTERÉS SUS PROPIEDADES HIDRÁULICAS LATENTES QUE SE DESARROLLAN AL COMBINARSE CON OTRO ELEMENTOS.	REDUCE EL POTENCIAL DE HINCHAMIENTO DEL SUELO DEBIDO A QUE LOS IONES CALCIO INTERACTÚAN CON LAS PARTICULAS DE SUELO PARA GENERAR FLÓCULOS Y VOLVERLO MENOS SUSCEPTIBLES A LOS CAMBIOS DE VOLUMEN POR ACCIÓN DEL AGUA E INCREMENTA LA GRAVEDAD ESPECIFICA, REDUCE EL IP E INCREMENTA EL CBR	MAYORMENTE LOS SUELOS ESTABILIZADOS CON ESCORIA SE DAN POR COMBINACIÓN DE SUELOS CON LA CAL, PERO QUE NO SEA CAL VIVA PORQUE CAUSA EXPANSIÓN EN EL SUELO
ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE CALCIO	ODOS LOS SUELOS A EXCEPCIÓN QUE CONTENGAN MATERIA: A-1; A-2, A-3; IP <15%; CMO < 3%	EL OBJETIVO ES RETENER LA HUMEDAD Y MEJORAR EL CBR Y AYUDA A REDUCIR EL PUNTO DE CONGELACIÓN DEL AGUA CONTENIDA EN EL SUELO Y EN ZONAS MUY SECAS, EVITANDO ASÍ LA RÁPIDA EVAPORACIÓN DEL AGUA DE COMPACTACIÓN ADEMÁS AUMENTA LA DENSIDAD MÁXIMA	AUMENTO LA RESISTENCIA DE LA MEZCLA ASÍ MISMO ACTÚAN COMO ACELERANTES DE LAS REACCIONES EN LA PRESENCIA DE ÁCIDOS DE HÚMICOS. AYUDA AL PROCESO DE COMPACTACIÓN Y CONTRIBUYE CON LA RESISTENCIA DEL SUELO Y PREVIENE EL DESMORAMIENTO DE LA SUPERFICIE Y ES UN PALIATIVO DEL POLVO.	LA ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE CALCIO DEPENDERÁ DE LOS PORCENTAJES QUE SE UTILICE Y LOS DÍAS DE CURADO. Y ADEMÁS NO BRINDAN RESULTADOS FAVORABLES DE CBR.
ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE MAGNESIO	TODOS LOS SUELOS A EXCEPCIÓN QUE CONTENGAN MATERIA: A-1; A-2, A-3; IP <15%; CMO < 3% PH MIN= 5	ES UN CLORURO EN FORMA DE CRISTALES DE COLOR BLANCO, MÁS EFECTIVO QUE EL CLORURO DE CALCIO PARA INCREMENTAR LA TENSIÓN SUPERFICIAL PRODUCIENDO UNA SUPERFICIE DE RODADO MÁS DURA; COHESIONA LAS PARTICULAS FINAS, RESISTENTE A LA EVAPORACIÓN Y ALTAMENTE SOLUBLE EN AGUA	EL CLORURO DE MAGNESIO MEZCLADO CON EL MATERIAL ES UN POTENTE ESTABILIZADOR Y SUPRESOR DEL POLVO EN CAMINOS, SUS PROPIEDADES SON: LIGANTE DE PARTICULAS FINAS QUE ESTABILIZA LA CARPETA DE RODADO, TIENE LA CAPACIDAD DE ADSORBER HUMEDAD DEL MEDIO, RESISTENTE A LA EVAPORACIÓN REDUCIENDO LA TASA DE EVAPORACIÓN DEL AGUA HASTA 3 VECES. MANTIENE LA HUMEDAD ÓPTIMA EN LA CARPETA Y EL ACABADO DE LA SUPERFICIE ES SIMILAR A LA APLICACIÓN ASFÁLTICA.	SOLO DURA ENTRE 2 A 6 AÑOS DE PENDIENDO DE LA MEZCLA DE LOS MATERIALES UTILIZADOS Y NO BRINDAN RESULTADOS FAVORABLES DE CBR.
ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE SODIO	TODOS LOS SUELOS A EXCEPCIÓN QUE CONTENGAN MATERIA ORGANICA: A-2-4 ; A-2-5; A-2-6; A-2-7; 8% < IP <15	ES UTIL EN CLIMAS CON PROBLEMA DE CONGELAMIENTO, A HUMEDADES RELATIVAMENTE ALTAS CON DOSIFICACIÓN ENTRE 50 -80 KG/M3	PRODUCEN REACCIONES COLOIDALES A TRAVÉS DE LAS CUALES EL IÓN SODIO DEL ADITIVO DESPLAZA LOS IONES NATURALES DE LOS MINERALES ARCILLOSOS DEL SUELO	LA PRINCIPAL DESVENTAJA ES LA SOLUBILIDAD DE LA SAL, SIENDO ASÍ FÁCILMENTE LAVADA POR EL AGUA DE PERCOLACIÓN, ES DECIR TIENEN POCOA DURABILIDAD LA CAPA ESTABILIZADA PRODUCIENDO ESCASA MODIFICACIONES EN LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO.
ESTABILIZACIÓN CON SISTEMA CONSOLID	TODO TIPO DE SUELOS COHESIVOS O SEMI COHESIVOS PUEDE SER AFECTADO A LA MAGNITUD REQUERIDA, EL GRADO DE ESTABILIZACIÓN ESTÁ DETERMINADO POR LOS REQUERIMIENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN	ESTA COMBINACIÓN TANTO DEL CONSOLID 444 Y EL SOLIDRY SE APLICA EN DOS ETAPAS, PRIMERO SE MEZCLA EL SUELO CON CONSOLID 444 LUEGO SE LE AGREGA SOLIDRY A LA PARTE SUPERIOR (MITAD DEL ESPESOR A TRABAJAR YA TRATADA CON EL PRIMER COMPONENTE)	EL SISTEMA CONSOLID ACTÚA, FAVORECIENDO LA COMPACTACIÓN Y REGULANDO LA HUMEDAD ÓPTIMA DEL SUELO INDEPENDIENTEMENTE DEL MISMO, EN GENERAL UN CAMINO TRATADO CON CONSOLID MODIFICA DE FORMA IRREVERSIBLE LOS COMPONENTES DEL SUELO.	AL SER UNA ESTABILIZADOR CON BASTANTE TECNOLOGÍA SU COSTO ES MÁS ELEVADO QUE OTRAS ALTERNATIVAS, CONSIDERANDO EL TIPO DE SUELO QUE SE PRESENTE

Fuente: Elaboración Propia

2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA OBTENER LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

2.2.1. ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. (MTC E 107)

Referencia normativa: ASTM D 422: Standard Test Method for Particle – size Analysis of Soils.

Se realizará de acuerdo a la normativa la distribución de los tamaños de la muestra del suelo de cada una de las calicatas y cuantificar los porcentajes de suelo que pasan los diferentes tamices de acuerdo a la serie de tamiz utilizada.

Teniendo en cuenta el tamaño de las partículas, podemos tener los siguientes tipos de materiales:

Cuadro 3: Tipo de material de acuerdo al tamaño de partículas

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

Fuente: Cedeño 2013

Equipos:

- Dos balanzas, con sensibilidades de 0.01 gramos para utilizarlo en la muestra que pase el tamiz N°4 y la otra de 0.1% del peso del suelo, para utilizarlo en la muestra retenida en el tamiz N°4.
- Estufa.

Materiales: Tamices de diversas aberturas:

Tabla 7: Número de Tamices

Tamiz	Abertura (mm)
3"	76.20
2 ½"	63.50
2"	50.80
1 ½"	38.10
1"	25.40
¾"	19.10
½"	12.70
3/8"	9.20
¼"	6.35
N° 4	4.76
N° 10	2.00
N° 40	0.42
N° 200	0.08

Fuente: Tabla ASTM D-422

- Envases.
- Cepillo y brocha.

Cálculos: Según el MTC E 107.

- El % de la muestra que pasa por el tamiz N°200:

$$\%PasaN^{\circ}200 = \frac{PesoTotal - PesoRetenidoEnElTamizN^{\circ}200}{PesoTotal} \times 100$$

- El % que se retiene entre cada tamiz:

$$\%Retenido = \frac{PesoRetenidoEnElTamiz}{PesoTotal} \times 100$$

- El % más fino:

$$\%Pasa = 100 - \%Retenidoacumulado$$

- % de humedad higroscópica.

$$\%HumedadHigroscópica = \frac{PesoDeSueloSecadoAlAire - PesoDeSueloSecadoEnElHorno}{PesoDeSueloSecadoEnElHorno} \times 100$$

2.2.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO. (MTC E 108)

Tomando como Referencia Normativa: ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

Equipos:

- Horno para secar la muestra.
- Balanzas.

Materiales:

- Recipientes, deben ser herméticos.
- Desecador (opcional).
- Herramientas para manejar los recipientes.

Procedimiento:

Primero se determina y se registra la masa del contenedor limpio y seco, luego se selecciona las muestras de ensayos representativas para el ensayo. Posteriormente, se coloca la muestra del ensayo en su recipiente y se realiza el pesado tanto del recipiente como del material húmedo con una balanza determinada. Se colocará el recipiente correspondiente con la muestra en el horno y se dejará que se seque hasta lograr una masa constante.

Finalmente, la muestra ha tenido que secarse a peso constante, se moverá el recipiente del horno para que se enfríe a temperatura de ambiente y se pese el recipiente con la muestra seca. [18]

Cálculos:

- La presencia de humedad se calcula de la siguiente manera:

$$W = \frac{\text{PesoDeAgua}}{\text{PesoDeSueloSecadoAlHorno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

W= contenido de humedad (%)

M_{cws} = peso del recipiente + suelo húmedo, gr

M_{cs} = peso del recipiente + el suelo secado en horno, gr

M_c = peso del recipiente, gr

M_w = peso de agua, gr

M_s = peso de las partículas sólidas, gr.

2.2.3. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) (MTC E 110) Y LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)

El límite líquido es la mayor cantidad de humedad que puede obtener un suelo sin trasladarse del estado plástico al estado líquido, ya que en este caso se puede considerar que al realizarse un esfuerzo mínimo este comenzará a fluir. [11]

“Referencia Normativa: NTP 339.129: Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.”

- **LÍMITE LÍQUIDO (LL):**

- Equipos: Para almacenar, aparato para aplicar en el ensayo (o de Casagrande), acanalador, calibrador, filtros, balanza y horno.

- Materiales: Espátula.

- Insumos: Pureza del agua (agua destilada)

- Cálculos:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{ó} \quad LL = kW^n$$

N = N° de golpes para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

W^n = Contenido de humedad del suelo.

k = factor que se observa en la Tabla N°8.

Tabla 8: Factor para Limite Liquido.

N (Número de golpes)	K (factor para límite líquido)
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

Fuente: NTP 339.129

- **LÍMITE PLÁSTICO (LP)**

Este es lo contrario al límite líquido es decir se considera lo mínimo en humedad teniendo así la condición de plasticidad para el suelo en la cual el material puede distorsionarse de manera inmediata sin recuperación alguna, además para contenidos de humedad superiores que el límite plástico se tendría una baja muy pronunciada en cuanto al suelo estabilizado. [11]

- **ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):**

Lo podemos determinar mediante la diferencia entre el límite líquido con el límite plástico de un suelo. [12]

- Equipos: Recipiente almacenar, balanza, horno, tamiz N°40, vidrios de reloj o recipientes para determinar humedades y superficie de rodadura (vidrio grueso esmerilado).
- Materiales: Espátula.
- Cálculos:

$$\text{LímitePlástico} = \frac{\text{PesoDeAgua}}{\text{PesoDeSueloSecadoAlHorno}} \times 100$$

$$I.P. = L.L - L.P.$$

*Cuando el LL o LP no se puedan determinar, el IP se informará con la abreviatura (NP) no plástico.

*Cuando el LP sea igual o mayor que el LL, el IP se informará como NP.

2.2.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA. (MTC E 205)

Referencia Normativa: NTP 400.022: Peso específico y absorción del agregado fino.

Equipos:

- Balanza.
- Horno.

Materiales:

- Frasco Volumétrico con capacidad de 500 cm³ de capacidad.
- Molde cónico.
- Varilla para apisonado, metálica y recta.

PROCEDIMIENTO:

Según el MTC E 205 menciona que se debe Colocar en el frasco una muestra de 500 g de material preparado, llenarlo parcialmente con agua a una temperatura de 21 a 25°C hasta que llegue a la marca de 500 cm³, luego se agitará para eliminar las burbujas de aire de manera manual. Luego encajar su contenido y temperatura del frasco a 21 a 25°C y colmar el frasco hasta su tope de calibración, además se determina el peso total del frasco, espécimen y agua. Finalmente se remueve el agregado fino del frasco, secar en el horno hasta peso constate, enfriarlo y pesarlo. [18]

CÁLCULOS:

- Peso específico de masa Pe_m :
$$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100$$

W_0 = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos.

V = Volumen del frasco en cm³.

V_a = Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco.

- Peso específico de masa saturado con superficie seca:

$$Pe_{SSS} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

- Peso específico aparente:

$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \times 100$$

- Absorción:
$$A_b = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100$$

2.2.5. PH EN LOS SUELOS. (MTC E 205)

Tomando como referencia la norma NTP 339.176.(2002)

Es de mucha importancia determinar el grado de acidez o alcalinidad que se encuentran estáticas en el agua para lo cual de acuerdo al grado alcanzado se podrá ver si es alcalino o es ácido; si el valor es 7 quiere decir que es una solución neutral al contrario que, si encontramos valores de 0 y 14, sería los super extremos.

Para dicho ensayo que tendrá que calibrar el Potenciómetro con soluciones ya conocidas de Buffer; cuando ya se haya realizado se procederá a realizar la muestra para dejarla secar a temperatura de ambiente que luego se mezclará con 75 ml de agua destilada y se agitará en suspensión para que se puedan ir tomando las lecturas de los PH cuando esté se encuentre en equilibrio.

2.2.6. DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGANICA EN SUELOS (PERDIDA POR IGNICIÓN)

En este ensayo de logrará determinar la oxidación numérica de los suelos que contengan material vegetal siendo este un requerimiento que se debe cumplir para todos los suelos que sean estabilizados por sales al ser un requisito estos deberían estar por debajo del 3% que es la cantidad mínima aceptable de acuerdo a lo establecido por la norma.

Esta Norma se referencia de acuerdo a AASTHO T 267.

2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA OBTENER LA RESISTENCIA DEL SUELO.

2.3.1. COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO (PROCTOR)

Referencias Normativas:

- “NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³)”.
- “ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (2700 kN-m/m³).”

El objetivo de este ensayo es cuantificar la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo para lo cual se tiene que compactar la muestra dentro

de un molde de metal ya establecido por la norma y el método seleccionado teniendo como referencia la norma ASTM D1557 (MTC E 115) habiendo así 2 formas de realizar el Proctor tanto el Standard y el Modificado (Ver tabla 09 y 10)

Tabla 9: Métodos del Proctor Standard.

PROCTOR STANDARD			
	Método A	Método B	Método C
Molde	4" (101.6 mm)	4" (101.6 mm)	6" (125.4 mm)
Peso del martillo	5.5 lbs	5.5 lbs	5.5 lbs
Altura de caída	12"	12"	12"
Volumen del molde	0.000944 m ³	0.000944 m ³	0.002124 m ³
Material	Pasante N°4 (4.75mm)	Pasante 3/8" (4.75mm)	Pasante 3/4" (19.00mm)
Capas	3	3	3
Golpes por capa	25	25	56

Fuente: Construladesa S.A

Tabla 10: Métodos del Proctor Modificado

PROCTOR MODIFICADO			
	Método A	Método B	Método C
Molde	4" (101.6 mm)	4" (101.6 mm)	6" (125.4 mm)
Peso del martillo	10 lbs	10 lbs	10 lbs
Altura de caída	18"	18"	18"
Volumen del molde	0.000944 m ³	0.000944 m ³	0.002124 m ³
Material	Pasante N°4 (4.75mm)	Pasante 3/8" (4.75mm)	Pasante 3/4" (19.00mm)
Capas	5	5	5
Golpes por capa	25	25	56

Fuente: Construladesa S.A

2.3.2. CBR DE SUELOS (LABORATORIO). (MTC E 132)

References Normative: ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory – Compacted Soils.

El ensayo CBR es indispensable para obtener el esfuerzo cortante es decir el índice de los suelos de esta manera se podrá analizar la calidad de soporte que tienen dichos suelos que se utilizarían para una subrasante, sub base y base de pavimentos. Para este ensayo es indispensable tener muestras inalteradas o in situ (Muestras de campo) sobre la capa que se va a evaluar bajo los requerimientos de la norma **ASTM D 1883**.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

El proyecto de investigación se hará de tipo experimental, ya que se tendrá una determinada respuesta ante cualquier pregunta realizada todo con respecto a la incógnita sobre los análisis comparativos de los aditivos Cloruro de Sodio y Sistema Consolid teniendo un análisis cualitativo y cuantitativo.

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación será aplicada es decir el problema encontrado en la investigación es comprendido y entendido por el investigador que desarrolla las respuestas pertinentes a las preguntas que se le realizan en la cual se aplicará las teorías ya establecidas y conocimientos alcanzados.

El dicha investigación se plantearon desde preguntas, objetivos contando así con un cuadro de operacionalización la cual es fundamental para determinar las respuestas con los datos que se obtengan de los ensayos establecidos en dicha Operacionalización.

Según [19] nos describe que una investigación es considerada aplicada cuando se tiene propósitos inmediatos de campo bien establecidos es decir se hace el desarrollo de la investigación para que sea ejecutado, modificado o realizar determinados cambios en un sector de la población.

3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

Según [20] menciona que toda investigación Explicativa no solo responde a determinadas preguntas o describe un problema, sino que busca solventar las causas o fenómenos que han originado esta investigación ya sean físicos o sociales. Hay que destacar que se relacionan una o más variables dependientes buscando solucionar los enigmas existentes en la investigación siendo un nivel de investigación Cuasiexperimental.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

La presente tesis de investigación emplea un diseño de investigación Cuasiexperimental puesto que han existido teorías desarrolladas empleadas en esta investigación que han servido de mucha utilidad para desarrollar las causas o fenómenos y preguntas que se plantearon. Hay que tomar en cuenta que como nuestra investigación es Cuasiexperimental se emplea la variable independiente tanto: “El aditivo Cloruro de Sodio y el Sistema Consolid” cuya manipulación consiste en encontrar la mejor dosificación de estos aditivos con las muestras inalteradas y poder determinar los cambios existentes con la aplicación de ambos. En investigaciones de diseños cuasiexperimentales según [21] se maneja y manipula una de las variables independientes pudiendo observar sus alteraciones y relacionarlos con las variables dependientes en la cual se difieren de otros diseños en el grado de confiabilidad.

HIPÓTESIS

Al incorporar los dos aditivos estabilizadores tanto el Cloruro de Sodio como el sistema consolid se analizará las mejores dosificaciones de cada estabilizador que mejoraran las propiedades de la subrasante de la Urb. El Parral en el distrito de la Victoria.

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

El diseño empleado en la presente investigación es cuantitativa, debido que se realizó métodos y técnicas, con la finalidad de evaluar mediante ensayos, la influencia de las dosificaciones utilizada tanto para el cloruro de sodio como el sistema Consolid para estabilizar la subrasante. Permitiendo así corroborar la hipótesis planteada en la investigación.

3.2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis comparativo para contrastar los atributos técnicos del compuesto estabilizador del Cloruro de sodio y el Sistema Consolid con las dosificaciones establecidas en las propiedades físico-mecánicas en la Urbanización El parral del distrito de la Victoria.

3.2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar cuál es la clasificación SUCS del suelo natural existente en el que se empleara los aditivos cloruro de Sodio y Sistema Consolid.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural de la Urbanización El Parral del La Victoria.
- Calcular cual es el óptimo porcentaje de dosificación al emplear el aditivo cloruro de SODIO y Sistema Consolid que proporcionará una mayor capacidad de Soporte (CBR)del suelo.
- Analizar y comparar resultados de los suelos estabilizados con cloruro de SODIO y Sistema Consolid, para determinar conclusiones que permitan emitir un juicio crítico al respecto.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.

3.3.1. POBLACIÓN.

Según López describe a una población como el conglomerado de elementos cuyas propiedades a investigar y del cual deseamos la información, forma lo que se conoce como “Población”, “Universo” o “Colectivo”

Además [21] menciona que una población es un grupo finito o infinito de componentes que pueden ser susceptibles a ser analizados por contener características o cualidades comunes entre ellos.

En esta investigación la Población de estudio son las calles no Pavimentadas de la Urbanización El Parral del distrito de la Victoria.

POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

El suelo que se encuentra en la Urbanización El Parral del distrito de la Victoria se toma el número de puntos de investigación teniendo en cuenta lo que se indica en la norma C.E. 0.10 Pavimentos urbanos. Para ello se indica, el ancho y longitud de la vía (ver tabla) teniendo un área total en toda la zona de: 15024.06 m²

TIPO DE VÍA:	LOCAL
MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	1 CADA 3600 m2

Cuadro 4: Cuadro de Áreas de la Urb. El parral.

CUADRO DE ÁREAS			Reglamento
	PORCENTAJE	AREA	Porcentajes
ÁREA DEL TERRENO	100.00%	47,591.53	
VIVIENDA	55.39%	26,360.98	
OTROS USOS	2.96%	1,407.96	3.00%
EDUCACIÓN	2.03%	965.83	2.00%
PARQUE	8.05%	3,832.70	8.00%
PISTAS Y VEREDAS	31.59%	15,024.06	

Fuente: Elaboración Propia

TOTAL = 15024.06 m2

Muestras = 4.17

3.3.2. MUESTRA

Según Gómez nos indica que la muestra es una parte de la población o universo que se va a estudiar, indicando primeramente que para recopilar una muestra se tiene que delimitar una población o universo obteniendo un grupo total de objetos que se estudiaran.

Muestras = 8.3467

$$n = \frac{no}{1 + \frac{no - 1}{N}}$$

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Nivel de confianza y significancia

	α	$\alpha/2$	Z ($\alpha/2$)
90%	0.1	0.05	1.645
95%	0.05	0.025	1.96
99%	0.01	0.005	2.576

no: Tamaño de muestra

n=	Tamaño de muestra corregida	
N=	Elementos que conforman la población	4.17
Z:	Valor de distribución normal para un determinado $\alpha/2$	

Confiabilidad	95%	
Significancia	5%	
p:	proporción de éxito	0.5
q:	proporción de fracaso	0.5
e=	error asumido de 0.03	

no=	4.1722	
n=	4.17	
n=	4	muestras

Por la cual se realizarán 4 calicatas y se determinara las propiedades físicas-mecánicas del suelo.

de cada una de ellas identificando su tipo de Suelo para que después se determine el Proctor y el CBR y en base de los resultados que se obtenga se seleccionará las calicatas que contengan menor porcentaje de CBR y serán las muestra en la cual se aplicarán los 2 aditivos para poder realizar la investigación. Las calicatas serán de 1 m x 1m x 1.5 m.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Cuadro 5: Operacionalización de Variables

VARIABLE DE IDENTIFICACIÓN		DIMENSION	INDICADORES	INDICE	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
TIPO	DESCRIPCIÓN				
INDEPENDIENTE	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DE LA SUB RASANTE	PROPIEDADES FISICAS	GRANULOMETRÍA	%	TAMICES
			LIMITES DE AFTERBERG		ENSAYO DE CASAGRANDE
			RELACIÓN DENSIDAD HUMEDAD		MTC E 115
			DETERMINAR PH		NTP 339.176
			CONTENIDO ORGANICO		MTCE-1180
	PROPIEDADES MECANICAS	PROCTOR MODIFICADO	%, KN-m/M3	ASTM D 1557:2002	
		CBR		ASTM D 1633:2007	
	CARACTERIZACIÓN DE LOS ADITIVOS	ADITIVO CLORURO DE SODIO	CLORURO DE SODIO (NaCl)	% mm (base seca)	INFORME TECNICO COMPOSICIÓN DEL CLORURO DE SODIO
			SULFATOS SO4+	mg/Kg	
			MAGNESIO (Mg+)	mg/Kg	
			CALCIO (Ca+)	mg/Kg	
			YODO	mg/Kg	
			INSOLUBLES	%	
			GRANULOMETRÍA	%	
		COMPLEMENTO SOLIDRAY	ALQUILAMINA GRASA	%	INFORME TECNICO COMPOSICIÓN CONSOLID
			ESTER DI-ALQUILICO DE TRI-ETANOL AMONIO METIL SULFATO		
		CONSOLID 444	PROPANOL	%	
			COMPUESTO DE AMONIO		
			AMINA GRASA		
ÁCIDO FÓRMICO					
	OTRAS AMINAS GRASAS	%			
	XILENO ALCALINO				
DEPENDIENTE	CLASIFICACIÓN (AASHTO/D63:K99SUCS)	PROPIEDADES FISICAS	GRANULOMETRÍA	%	TAMICES
			LIMITES DE AFTERBERG		ENSAYO DE CASAGRANDE
			CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO/SUCS)		AASHTO Y SUCS
	DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA	MUESTRA DEL SUELO + % CLORURO DE SODIO	ENSAYO DE HUMEDAD	%	NTP 339.127:1999 SUELOS
			ENSAYO DE LIMITES	%	•NTP 339.129:1999 SUELOS
		MUESTRA DEL SUELO + % (PESO) CONSOLID C-444 + % SOLIDRY	ENSAYO DE PESO ESPECIFICO	g/cm3	NTP 339.131:1999 SUELOS
			ENSAYO DE GRANULOMETRÍA	%	NTP 339.128:1999 SUELOS.
			ENSAYO DE HIDRÓMETRO	HRB	MTC E 109
			PROCTOR MODIFICADO	KN-m/M3	NTP 339.141:1999 SUELOS
	COSTOS DE LAS MEZCLAS	PRECIOS UNITARIOS DE LA MEZCLA	CBR	%	NTP 339.145:1999 SUELOS
			PRECIO DE LAS MEZCLAS	S/	PROFORMA
			PRECIO SUELO NATURAL	S/	PROFORMA
			PRECIO DEL ADITIVO CLORURO DE SODIO	S/	BOLETA
		PRECIO DEL CONSOLID 444	S/	BOLETA	
		PRECIO DEL COMPLEMENTO SOLIDRAY	S/	BOLETA	
		AGUA	S/	BOLETA	
		PRECIOS PUESTO EN OBRA	COSTO DE MAQUINARIA	S/	BOLETA
COSTO DE PERSONAL	S/		BOLETA		

Fuente: Elaboración Propia

3.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Se cuantificarán los resultados para conocer las propiedades físicas, mecánicas, no obstante, se utilizarán métodos, técnicas y instrumentos que servirán durante el desarrollo de la investigación.

3.5.1. MÉTODOS:

Los métodos según la Norma C.E 0.10 de Pavimentos Urbanos consiste en realizar la explicación de la técnica establecidas por razón de que explica en cómo se realizará el ensayo en los laboratorios.

3.5.2. TECNICAS:

Las Técnicas consiste en una observación experimental dicho de otra manera los datos obtenidos en los ensayos que se realizarán será mediante la percepción intencionada y selectiva del objeto de estudio para lo cual se tendrá las condiciones controladas en los ensayos de laboratorios de caracterización física y mecánicas del suelo.

3.5.3. INSTRUMENTOS:

Los instrumentos es el medio usado para llevar a cabo las técnicas aplicadas en campo a la recolección de datos mediante fichas de registros en base a lo establecido y normalizado por el Manual de Ensayos de Materiales del MTC.

Tabla 11: Métodos, Técnicas e Instrumentos.

METODOS	TECNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN
Se especifica acerca de las calicatas , trincheras y zanjas	MTC E101-2000 Pozos	NIVEL DE INVESTIGACIÓN
Métodos para la reducción de las muestras de campo a tamaños de muestras de ensayo	NTP 339.126:1998 SUELOS	EXPLICATIVO
Metodo de ensayo para el analisis granulometrico.	NTP 339.128:1999 SUELOS	
Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.	NTP 339.129:1999 SUELOS	TIPO DE INVESTIGACIÓN
Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de solidos de un suelo.	NTP 339.131:1999 SUELOS	APLICADA
Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de suelos, SUCS).	NTP 339.134:1999 SUELOS	
Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada	NTP 339.141:1999 SUELOS	APLICATIVA
Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.	NTP 339.145:1999 SUELOS	
Método de ensayo normalizado para la determinación del valor PH en suelos y agua subterránea	NTP 339.176 (2002): SUELOS	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
Determinación del contenido orgánico en suelos con Pérdida por Ignición de aquellos materiales identificados como turbas, lodos orgánico	MTC E 118:	CUASI EXPERIMENTAL

Fuente: Elaboración Propia

PROCEDIMIENTOS.

3.5.4. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS

Para obtener muestras representativas del suelo; se realizó considerando el ensayo en campo Calicata (MTC E 101) tomando como referencia (ASTM D 420) se considera los procedimientos recomendados para las excavaciones a cielo abierto a una profundidad de 1.5 m como mínimo por debajo del nivel proyecto para la subrasante tomando las medidas preventivas por el desprendimiento del material de las paredes.

Considerando la NTE CE.010 (Pavimentos Urbanos) en el capítulo 3 en las técnicas de investigación de campo en el inciso 3.2.2 describe que el número de calicatas o también denominado “Puntos de Investigación” será de acuerdo al tipo de vía tal como lo indica la Tabla siguiente (Ver Cuadro N° 06), teniendo un mínimo de tres (03).

Para dicha investigación se consideró realizar 4 puntos de investigación considerando nuestro tipo de vía (Locales) que cada 3600 m² se deberá tomar 1 punto, hay que tener en cuenta que el área de la Urbanización el Parral consta de 47591.53 m² de superficie, sin embargo, para la investigación es de 15024.06 m², es decir 31.59 % del terreno total por lo tanto nuestros puntos de calicatas serán 4.173, tomando finalmente 4 puntos de investigación.

Cuadro 6: Puntos mínimos de investigación

TIPO DE VÍA	NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m ²)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Fuente: NTE CE. 010 pavimentos Urbanos.

3.5.5. UBICACIÓN DE CALICATAS

En el caso de la ubicación de las calicatas la NTE CE.010 (Pavimentos Urbanos) en el capítulo 3 en las técnicas de investigación de campo en el inciso 3.2.3 describe que dichos puntos se ubicarán preferentemente en los cruces de vías o puntos intermedio de éstas, considerándose dicha mención; la ubicación de las calicatas es:

En toda la urbanización del parral se realizaron 4 calicatas (Ver Figura N°06); considerando las recomendaciones de la Norma se procedió a realizar la limpieza de terreno y sacar los 30 cm de relleno por cultivo; y luego realizar dichas excavaciones a 1.5 de profundidad.

Figura 5: Ubicación de las 4 calicatas para la investigación.



Fuente: Elaboración propia

La primera calicata se ubica en la Prolongación calle Javier Heraud frente al lote 14 Mz D; con coordenadas $6^{\circ} 48' 32.46''$ S; $79^{\circ} 59' 09.81''$ O (Ver Figura N°07)

Figura 6: Calicata N°1



Fuente: Elaboración propia

La segunda calicata se ubica entre Avenida 1-1 (Avenida en proceso de Consolidación) y la Prolongación de la Av. Pachacútec; frente al Lote 07 de la Mz E con coordenadas $6^{\circ} 48' 33,99''$ S; $79^{\circ} 50' 07,09''$ O (Ver Figura N°08)

Figura 7: Calicata N°2



Fuente: Elaboración propia

La Tercera calicata se ubica entre la calle-2 y la calle-3; frente al Lote 20 de la Mz H con coordenadas $6^{\circ} 48' 33,16''$ S; $79^{\circ} 50' 04,46''$ O (Ver Figura N°09)

Figura 8: Calicata N°3



Fuente: Elaboración propia

La Cuarta calicata se ubica entre la Prolongación Av. Huayna Cápac y la Avenida 1-1 (Avenida en proceso de Consolidación); frente al Lote 12 de la Mz I con coordenadas $6^{\circ} 48' 34,74''$ S; $79^{\circ} 50' 03,45''$ O (Ver Figura N°10)

Figura 9: Calicata N°4



Fuente: Elaboración propia

3.6. ENSAYOS DE LABORATORIO

3.6.1. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS.

3.6.1.1. ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. (MTC E 107)

Reference normative: ASTM D 422: Standard Test Method for Particle – size Analysis of Soils.

Se realiza dicho ensayo introduciéndolo por las mallas y que sedimente la muestra del suelo por la cual se determinará los porcentajes de distribución de los tamaños de acuerdo a la NTP 339.128 para lo cual se seguirá los siguientes pasos.

Teniendo las muestras de cada calicata, se procede a pesar en la balanza la cantidad a ensayar posteriormente se realiza el tamizado de manera lateral seguido por un golpeteo.

Figura 10: Tamizado del material



Fuente: Elaboración propia

Después se colocará en la balanza la fracción de retenido en cada tamiz para determinar la masa y poder verificar todos los tamices y que la adición de todas estas junto con la última debe coincidir a la masa inicial.

Figura 11: Balanza Electrónica para el pesado de la muestra.



Fuente: Elaboración propia

3.6.1.2. ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DEL HIDROMETRO

Para poder realizar este análisis se deberán cumplir algunas condiciones necesarias después de realizar el ensayo de granulometría sí por el tamiz N° 200 pasa más del 50 % del material, entonces se realizará el ensayo por medio del Hidrómetro para lo cual se aplica a una muestra de suelo dispersado es decir un conjunto de partículas de diferentes formas y tamaños para que sedimenten la muestra en un líquido, aquí variara la densidad de dicha suspensión con el correr del tiempo y se medirá la distancia de su caída del grano de tamaño más grande con respecto a su densidad.

Se deberá tener agua destilada más una solución de hexametáfosfato de sodio en una proporción de 40 gr y estará a una temperatura de 20°C; se debe considerar que estará bien calibrado.

La muestra utilizada será en nuestro caso 50 gr por ser un suelo arcilloso en peso seco, las muestras de estos suelos deben estar conservadas con su contenido de humedad natural, se tendrá que mezclar el sodio que será el agente defloculante con suficiente agua destilada en una pipeta de 4 cm³ para que se disuelva, después este se mezclará con la muestra del suelo y el agente; este mezclado será colocado en el vaso de la agitadora a electricidad aquí estará batiéndose alrededor de 7 minutos para que cada una de las partículas sea alcanzada por el defloculante.

Esta mezcla será echada en una probeta teniendo mucho cuidado sin perder nada de dicha mezcla que se colocará agua hasta alcanzar los 1000 ml. Cuando ya se tendrá graduada esta mezcla se tapa con la mano y se procede agitarse por 60 segundos de manera rápida hasta que no quede nada de muestra asentada en el fondo de esta probeta.

Se prepara además otra probeta de 1000 ml y 4 cm³ de defloculante teniendo estas dos probetas se colocará los hidrómetros en ambos con mucho cuidado para no crear turbulencia en la que contiene la muestra.

Debemos considerar que se debe encender el cronometro en cuanto se haya introducido el hidrómetro y se comenzara a tomar las lecturas en ambas probetas cuando ambos no tengan movimientos fuertes sabiendo que los tiempos irán variando el doble después de la primera lectura, se tomara la temperatura de la mezcla y se tendrá cuidado de no mover el hidrómetro.

3.6.1.3. **DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) (MTC E 110) Y LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (I.P.) (MTC E 111)**

Para este ensayo se empleará la Norma 339.129 que determinará las propiedades del suelo y es una fracción fundamental de diversa manera de clasificación en la ingeniería para lo cual se debe tamizar el suelo y pasar por la malla N°40 posteriormente colocar sobre el pasillo de porcelanato debiéndose humedecer 24 horas.

Para el Limite Liquido:

según [22] Se debe tener listas las charolas tanto para el límite líquido (4) y para el Limite plástico (2) además en la copa de porcelana se colocará la porción del suelo (limite líquido) y está se debe esparcir para formar una superficie horizontal teniendo consideración que no se dejará burbujas de aire.

Después de separar la muestra que se encuentra en la copa; con el acanalador, se hará una ranura realizando una línea desde el punto más bajo al punto más bajo encima del borde de la copa debiéndose verificar que no quede material de la muestra bajo la copa.

Girando el manubrio la copa se levantará y se soltará a una velocidad considerable de 1.9 a 2.1 golpes por cada segundo que pasé hasta que ambas mitades del suelo tengan fricción en la base de la ranura a una longitud de 13 mm.

Figura 12: Girando la copa para el Limite Liquido.



Fuente: Elaboración propia

Dichos golpes tienen que cumplir con la condición del número de estos que está en un rango de 4 y 40 golpes, estos son contados y registrados; son 4 intervalos de golpes que se tienen que realizar tanto entre 30 y 40 golpes, otra entre los 20 y 30 golpes, otra entre 10 y 20 golpes y por último entre 4 y 10 golpes.

Teniendo ya la condición cumplida se procede a llevar al horno las muestras para determinar el contenido de humedad; cuando ya se tenga este resultado del Limite líquido de debe ensayar en un intervalo de 20 a 30 golpes, se tendrá que llenar en 3 capas el molde rectangular proporcionándole golpes suficientes a cada capa contra la mesa; para poder eliminar el aire atrapado y enrasar el molde,

limpiarlo la parte externa y pesarlo para poder anotar: Peso del molde más suelo húmedo.

Figura 13: Maquina de Casagrande (ASTM N° D 4318-95^a)



Fuente: Elaboración propia

Cuando son extraídas del horno dichas muestras éstas tomaran un tiempo al aire libre y se pesan con la finalidad de obtener el contenido de agua en los 4 ensayos, registrando para esto la tara más suelo seco; con esto se realizará una gráfica: número de golpes realizado con el contenido de agua ; logrando cuatro puntos, por lo cual pasa una línea recta por los puntos o parte intermedia de estos (curva de fluidez), es aquí donde se intercepta el contenido de humedad en los 25 golpes y se logrará lo correspondiente al límite líquido.

Para el Limite Plástico.

En este ensayo se realizará una esfera con un diámetro de 1.5 cm aproximadamente, de la muestra menos húmeda pero que sea trabajable; así empezaremos a realizar muestras alargadas de un diámetro aproximadamente de 3.2 mm rolando sobre la mesa de trabajo con la palma de la mano.

Si estas muestras alargadas presentan agrietamientos se describe que el suelo contiene limite plástico, aquí se tomaran el material de suelo necesario para que seque y luego cuantificar la cantidad de agua que corresponde al Limite plástico.

Cuando no se cumple la condición se tendrá que realizar nuevamente el proceso de la esfera con el suelo hasta cumplir con lo especificado.

Para el Índice de Plasticidad.

Para tener el valor del índice de plasticidad se debe sustraer el $LL - LP$, considerando el margen de humedad dentro del cual se encuentra en estado plástico.

Se debe recalcar que de acuerdo al resultado se podrá determinar a qué rango pertenece el tipo de muestra, en el caso del proyecto de investigación se caracteriza por ser un tipo de suelo CL arena arcilloso con baja plasticidad.

Tabla 12: Rangos de índice de Plasticidad.

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

Fuente: MTC, 2013.

3.6.1.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA. (MTC E 205)

La finalidad es determinar el peso específico (Gravedad específica) que nos ayudará a calcular el volumen que ocupa en las mezclas, en nuestros casos al ser arcillas determinaremos la gravedad específica en base al volumen.

Primero se mezclará uniformemente la muestra de la calicata menos desfavorable para realizar el cuarteo hasta obtener una muestra de ensayo de 1 kg. Se introducirá en un frasco 500 gr, agitamos el envase hasta que no haya burbujas de aire durante aproximadamente 15 min.

Después se ajustará la temperatura a 23° Para colocarlo en un recipiente a una temperatura de 110° reposando con agua durante 24 horas en la estufa.

Se debe tener cuidado a la hora de derramar el agua para evitar que se pierdan finos, posteriormente se colocará en el molde cónico y golpear 25 veces con la varilla para apisonarlo para retirar el molde.

3.6.1.5. **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (MTC E 108)**

El ensayo de humedad es la relación entre el peso de agua y los sólidos para lo cual para la selección de la muestra se mezcla y luego se reduce por cuarteo o por división, después se van a pesar las 5 taras en la balanza eléctrica; posteriormente se colocará las muestras en las taras llenándolas cada una de ellas a $\frac{3}{4}$ con suelo, así mismo se tomará tanto el peso de la tara como del material húmedo.

A continuación, se colocan las taras a una temperatura de 110 °c en el horno por 24 horas, una vez ya pasado el tiempo procedemos a retirar con el guante el material extraído del horno ya seco por tema de seguridad se dejará enfriar a temperatura de ambiente.

Se procede a pesar la tara con la muestra seca en gramos para finalmente se realice el cálculo para cada una de las muestras, obtenido así el porcentaje de humedad de cada muestra y el promedio que representa el estado final.

La fórmula para determinar el contenido de humedad es:

$$\% w = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

% W= Contenido de Humedad

3.6.1.6. **PH EN LOS SUELOS (MTC E 129)**

El PH es fundamental para poder determinar el grado de acidez o alcalinidad en muestras de suelo que están suspendidas en agua; el significado es del PH es Potencial de Hidrogeno y se basa en logaritmo reciproco de la acumulación del ión Hidrogeno, referenciando a la Norma NTP 339.176 (2022) mediante el método electrométrico.

La muestra de suelo lo dejaremos secando al aire a temperatura de ambiente expandida en una bandeja, esta pasará por un tamiz N°10 y se majará las partículas que se retengan, no a las piedras; al contrario, están deben quedar limpias que no tengan material fino pegado a ellas.

Se realizará el cuarteo para obtener la muestra que será utilizada aproximadamente entre 30gr; esta muestra se mezclará en un recipiente de 100ml con 0,1gr de suelo y los 30 gr del material obtenido después del secado.

Se le adicionará 75 ml de agua destilada al recipiente y se agitará por unos minutos para proceder a taparlo con una luna de vidrio y se deja reposando unas 8 horas.

Antes de ensayar de deberá agitar y ser lavado con agua destilada y sumergirlo en la suspensión del suelo para proceder a medir las lecturas de PH con breves agitaciones entre cada lectura, considerándose que las lecturas deberán alcanzar un valor constante dentro de 1 minuto.

3.6.1.7. MATERIA ORGANICA EN SUELOS (PERDIDA POR IGNICION) (MTC-E 118)

Este ensayo será fundamental para determinar la oxidación cuantitativa de materia orgánica en materiales que contengan materia vegetal como es el caso de la Urbanización el Parral, teniendo como antecedentes que ha sido campos de cultivos.

Para obtener la muestra que se ensayará; deberá pasar por el tamiz N°10 y pesar 100 gr del material que pasó dicho tamiz, esta muestra será colocada al horno a una temperatura de 110° hasta el peso constante durante 6 horas.

Moviendo la muestra se colocará en el desecador y se dejará enfriar a temperatura de ambiente.

3.6.2. ENSAYOS DE RESISTENCIA DE SUELO.

3.6.2.1. COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO). (MTC E 115)

El Proctor Modificado engloba un proceso que es indispensable para cuantificar la relación entre el peso unitario seco de los suelos para hallar la curva de compactación entre el contenido de agua dentro del proceso de compactación que es utilizado para conocer la relación óptimo contenido de Humedad y la M.D.S (máxima densidad seca) que son compactados en un molde que tiene un pistón que cae a una altura de 18 pulgadas (45.7 cm). Y es empleado para

determinar cuánto porcentaje de agua debe tener el suelo para que se obtenga una óptima compactación.

Equipos: Moldes de 4" y 6", pisón o martillo, pisón manual, pisón mecánico circular, balanza y horno.

Materiales: Regla metálica, tamices o mallas (3/4", 3/8" y N°4) de acuerdo a la ASTM E11 y herramientas de mezclas.

Procedimiento: Existen dos métodos para el desarrollo de este ensayo.

➤ MÉTODO DE PREPARACIÓN HÚMEDA

Primero se pasa a través del tamiz N°4, 3/8" ó 3/4", de acuerdo a la metodología a usar, obtener el contenido de agua del suelo procesado. Preparar entre cuatro o cinco muestras con contenidos de agua los más óptimos. Luego, utilizar aproximadamente 2.3 kg del suelo tamizado en cada muestra que se compacta con las distintas metodologías utilizadas.

Se sabe que existen 3 métodos en el Proctor Modificado: Método "A", Método "B" y Método "C", de acuerdo al porcentaje de pasante y porcentaje de retenidos de las mallas se podrá emplear el molde adecuado para cada método.

Para finalmente hallar los contenidos de agua de cada muestra, se adicionará o sino removerá el agua de la siguiente forma:

- ✓ Añadir poco a poco el agua al suelo.
- ✓ Dejarlo secar a temperatura ambiente o un horno a 60°C.
- ✓ Método de Preparación en seco. [18]

Cálculos:

- Contenido de agua.
- Peso Unitario Seco.
- Densidad Húmeda

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

ρ_m = Densidad húmeda del suelo compactado (M/m³)

M_t = Muestra húmeda + molde (Kg)

M_{md} = Molde de compactación (Kg)

V = Volumen del molde de compactación (m³).

- Densidad Seca

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

ρ_d = densidad seca de la muestra compactada (Mg/m³)

W = Presencia de agua (%)

- Peso Unitario Seco

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \dots \left(\frac{\text{lb}_f}{\text{pie}^3} \right)$$

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \dots \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

- Para dibujar la curva al 100% se deberán conocer puntos de saturación o también llamada curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100$$

3.6.2.2. CBR DE SUELOS (LABORATORIO). (MTC E 132)

Este ensayo será importante para medir la capacidad de soporte es decir calcular el CBR de base, sub base, sub rasante de los pavimentos considerando el material granular que será compactadas en laboratorio.

Aquí se determinará la resistencia de materiales cohesivos de tamaño máximo de partículas menores a 19 mm.

Para poder realizar dicho ensayo se tendrá que conocer los resultados del Proctor Modificado para conocer cuanto porcentaje de agua debe tener el suelo para que se obtenga una óptima de compactación; este resultado que nos arroje el ensayo de CBR se podrá determinar la capacidad de soporte del suelo de sub rasante y de las capas de base, subbase y de afirmado cuyas muestras se hacen en laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad.

Tabla 13: Categorías de Subrasante según el ensayo de CBR

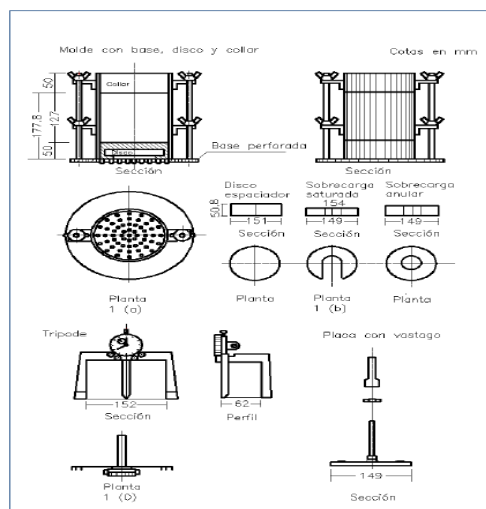
Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: MTC, 2013

➤ EQUIPOS Y MATERIALES:

- Prensa de compresión.
- Molde de metal.
- Disco espaciador de metal.
- Pisón de compactación (equipo modificado)

Figura 14: Materiales del ensayo.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2016.

- Equipo que mide la expansión el cual está combinado por una placa de metal perforada.
- Pesas.
- Pistón de penetración de metal.
- Dos diales con recorrido de 1" y divisiones lecturas en 0.001".
- Tanque para inmersiones los moldes de agua.
- Horno.

- Balanzas.
- Tamices N°4, ¾” y 2”.
- Cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

➤ **PROCEDIMIENTO:**

- Primero se pesa la muestra y se pasa por el tamiz de ¾”, luego se tiene que determinar la humedad de la muestra requerida y la densidad máxima mediante el ensayo de compactación.
- Una vez conocida la humedad de la muestra requerida, se pesa el molde con su base.
- Se prepara el molde y se vierte la muestra en su interior de este ya preparado, aplicando un sistema dinámico de compactaciones, por lo que en cada capa se necesitan cantidades de agua con el fin de humedecer la muestra.
- Se recomienda que enrasar y llenar con el suelo.
- Se utilizan número de golpes como: 55, 26 y 12 golpes por capa para obtener las curvas.
- Finalmente, se retira el collar y se vuelve a enrasar, se desmonta el molde y se va a pesar.

Cálculos:

- Humedad de compactación.

$$\%DeAguaAAñadir = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

H= humedad dada

h= humedad natural

- Densidad o peso unitario. De la misma forma que el Proctor modificado.
- Agua absorbida.
- Presión de penetración.
- Expansión.

$$\%Expansión = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$$

L1 = Primera lectura, mm

L2 = Última lectura, mm

- Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR).

Es el porcentaje de la presión que se ejerce por el pistón sobre el suelo, con una penetración dada, donde sus características están en el Cuadro N°07

Cuadro N°07: Índice resistente-CBR

Penetración		Presión		
mm	Pulgadas	MN/M2	kgf/cm2	lb/plg2
2.54	0.1	6.90	70.31	1.000
5.08	0.2	10.35	105.46	1.500

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2016.

Para su cálculo:

Primero se procede a hacer una curva de presiones vs penetraciones, viendo si se tiene un punto de inflexión, siendo el caso que no lo tuviera se toman los valores de 0.1” y 0.2” de penetración. Pero si tiene, se hará una tangente en el punto de inflexión y se cortará el eje de las penetraciones, el cual será considerado un nuevo origen para obtener las presiones. Luego en esta curva corregida, se tomarán los valores de esfuerzo-penetración para valores de 0.1” y 2” y con esto, se calcularán los valores de relación de soporte. [18].

3.6.3. DOSIFICACIONES DE LAS MEZCLAS.

3.6.4. DOSIFICACIÓN DEL CLORURO DE SODIO A EMPLEAR

La dosificación según la RAE es determinar la dosis de un medicamento para el cual interpretaremos que es la composición, cantidad y distribución de una dosis para el cual; el cloruro de Sodio se ha determinado realizar diferentes porcentajes de dosificación para poder llegar a obtener una dosis optima comparando la resistencia (capacidad de carga) y conocer que dosis proporciona mejor resultados.

LOS PORCENTAJES A DOSIFICAR SON:

2%, 6% ,10 % Y 15%

PARA EL PROCTOR:

De acuerdo a los 3 métodos alternativos que nos brinda NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando

una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)). Se tomará el método A, al describir que será utilizado cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz número 4. Se tendrán 5 capas de 25 golpes cada capa con muestras de 3500 gramos para lo cual de acuerdo de las dosificaciones quedarían de la siguiente manera:

Cuadro 7: Dosificación y cantidad a utilizar para el Proctor

CLORURO DE SODIO		
	3500 GRAMOS	
DOSIFICACIÓN	TIERRA NATURAL (Gr)	ADITIVO (Gr)
0.02	3430 gr	70
0.06	3290 gr	210
0.10	3150 gr	350
0.15	2975 gr	525

Fuente: Propia.

PARA EL CBR:

A diferencia del Proctor, el peso de la muestra sería 5500 gramos, aquí el procedimiento es el mismo para todos con la única particularidad que según el Documento técnico soluciones básicas en Carreteras no Pavimentadas en el punto 8 de especificaciones técnicas, cuadro número 01 menciona que para las sales sus parámetros son:

- ✓ CBR = 100 % (mínimo)
- ✓ CBR no saturado (MTC E 115, MTC E 112)

Se entiende como no saturado, que estas muestras ensayadas no será colocadas en el tanque de agua sin embargo se analizará que pasaría con el cloruro de sodio al ser saturado en agua y que resultados tendríamos en cuanto a la capacidad de soporte con las mismas dosificaciones para lo cual las dosificaciones de las muestras a utilizar son:

Cuadro 8: Dosificación y cantidad a utilizar para el CBR.

CLORURO DE SODIO		
	5500 GRAMOS	
DOSIFICACIÓN	TIERRA NATURAL (Gr)	ADITIVO (Gr)
0.02	5430 gr	70
0.06	5290 gr	210
0.10	5150 gr	350
0.15	4975 gr	525

Fuente: Propia.

3.6.5. DOSIFICACIÓN DEL SISTEMA CONSOLID A EMPLEAR

El sistema consolid ha sido desarrollado para estabilización de suelos en la cual el uso de CONSOLID 444 es una irreversible aglomeración de las partículas finas en donde la película de agua adherida es destruida en gran parte logrando la capacidad del suelo de ligarse además de disminuir el contenido de humedad; sin embargo puede acoplarse con un tratamiento buenísimo como el SOLIDRY que es el complemento perfecto aplicándose después de aplicarse el consolid en menor proporción diluidos en agua para obtener buenos resultados.

Debemos acotar que tenemos suelos arena arcilloso y de baja plasticidad por lo tanto las dosificaciones a utilizar son:

PARA EL PROCTOR

De acuerdo a los 3 métodos alternativos que nos brinda NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)). Se tomará el método A, al describir que será utilizado cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz número 4. Se tendrán 5 capas de 25 golpes cada capa con muestras de 3500 gramos para lo cual de acuerdo de las dosificaciones quedarían de la siguiente manera:

Cuadro 9: Dosificación y cantidad a utilizar para el PROCTOR.

SISTEMA CONSOLID					
PROCTOR		3500 GRAMOS			
DOSIFICACIÓN	CD444	CD444 MI	% SOLIDRY	SOLIDRY (Gr)	TIERRA NATURAL (Gr)
0.045% CD444	0.045	1.58 ml	0.0%	0 gr	3500 gr
0.045% CD444 + 1.0% SD	0.045	1.58 ml	1.0%	35 gr	3500 gr
0.045% CD444 + 1.5% SD	0.045	1.58 ml	1.5%	53 gr	3500 gr
0.045% CD444 + 2.0% SD	0.045	1.58 ml	2.0%	70 gr	3500 gr

Fuente: Propia.

PARA EL CBR:

A diferencia del Proctor, el peso de la muestra sería 5500 gramos y en este caso se ha utilizado en la primera dosificación solamente el CONSOLID 444 en liquido por su gran capacidad de estabilizar, sin embargo su complemento el SOLIDRY en solido se analiza al 1%, 1.5 % y el 2%.

Tanto el líquido como el sólido y la muestra de tierra natural quedaría de la siguiente manera:

Cuadro 10: Dosificación y cantidad a utilizar para el CBR.

SISTEMA CONSOLID					
CBR		5500 GRAMOS			
DOSIFICACIÓN	CD444	CD444 MI	% SOLIDRY	SOLIDRY (Gr)	TIERRA NATURAL (Gr)
0.045% CD444	0.045	2.48 ml	0.0%	0 gr	5500 gr
0.045% CD444 + 1.0% SD	0.045	2.48 ml	1.0%	55 gr	5500 gr
0.045% CD444 + 1.5% SD	0.045	2.48 ml	1.5%	83 gr	5500 gr
0.045% CD444 + 2.0% SD	0.045	2.48 ml	2.0%	110 gr	5500 gr

Fuente: Propia

3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS

FASE 1: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

1. Visita a la zona de investigación.
2. Presentación formal y coordinación con el gerente del Sistema Consolid y cloruro de sodio.
3. Recopilación de información bibliográfica y antecedentes.
4. Revisión de manuales para el desarrollo de ensayos.
5. Revisión por parte del asesor.

FASE 2: OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS Y ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

6. Calicatas y extracción de Muestras del suelo natural.
7. Determinar las Propiedades Físicas y Mecánicas del suelo inalterado.
8. Determinar la clasificación del Suelo y cuantificar los datos obtenidos.
9. Identificar las calicatas que contengan CBR menor del 6 %.
10. Estabilizar las muestras con el Sistema Consolid y cloruro de sodio.
11. Revisión parcial por parte del asesor.

FASE 3: ENSAYO DE RESISTENCIA DEL SUELO Y PROCESAMIENTO DE DATOS.

12. Realizar los ensayos de Proctor con las dosificaciones tomadas.
13. Relación del soporte de california CBR con las dosificaciones tomadas.
14. Realizar el Análisis de costos Unitario de acuerdo a la muestra utilizada.
15. Costos y presupuestos para determinar los beneficios y la rentabilidad.
16. Revisión parcial por parte del asesor.

FASE 4: ANALISIS DE RESULTADOS Y PRESENTACIÓN CON CORRECCIONES FINALES Y EXPOSICIÓN

17. Análisis de los resultados y elección de la dosificación que brinde mejores propiedades físico -mecánicas
18. Conclusiones y recomendaciones.
19. Trabajo de gabinete
20. Presentación final del proyecto.
21. Levantamiento de observaciones.
22. Presentación y sustentación final del proyecto.

3.7.1. DESCRIPCIÓN DE LAS FASES.

3.7.2. FASE 1

1.- VISITA A LA ZONA DE ESTUDIO

Se realiza la visita a la zona de investigación en la cual se ha obtenido los permisos correspondientes en la Municipalidad de la Victoria, para poder realizar las calicatas y poder empezar a realizar el desarrollo de la presente Investigación.

2.- CONTACTO CON LAS EMPRESAS PROVEEDORAS DE ADITIVOS

En la Presentación formal y coordinación con el gerente del Sistema Consolid y cloruro de sodio se evalúa la Posibilidad de obtener el Producto sin ningún costo a cambio de poder alcanzar la investigación para el análisis de la misma, esta fase será muy importante para poder estabilizar el suelo inalterado con los aditivos correspondientes y tener los resultados deseados.

3.-ANTECEDENTES E INFORMACIÓN BIBLIOGRAFICA.

Se tiene que recoger antes del desarrollo de la misma toda la información de acuerdo a los aditivos a utilizar en la investigación, así como tener además las tesis de Pregrado que ayudarán a enfocar de manera correcta la investigación y que serán los antecedentes marcados y desarrollados que conlleven a aportar en alguna información clave que se utilizaría en el proceso.

4.-MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES.

Se debe de tener información del manejo de los equipos que se utilizarán en el laboratorio y que será fundamental para poder tener concretado la fase de aplicación y estudio que se desarrollará en el Laboratorio.

5.-REVISIÓN POR PARTE DEL ASESOR DE LA TESIS DE INVESTIGACIÓN.

Dicha información será plasmada en el informe de Investigación para lo cual se rige bajo un protocolo que indica la Universidad y la cual se debe cumplir, al realizarlo este informe será asesorado y revisado por el Ing. Antonio Ruiz Pico, quién es asesor de la dicha investigación.

3.7.2. FASE 2

6. CALICATAS Y EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DEL SUELO NATURAL.

Para Obtener la muestra inalterada nos dirigimos al distrito de la Victoria en donde se encuentra la URB El Parral, siendo el lugar nuestra población y muestra de estudio, así mismo se realizará la excavación como indica la Norma C.E 0.10 de Pavimentos Urbanos en la cual describe que se debería limpiar 30 cm a nivel de terrero y desde ahí contabilizar 1.50 m como mínimo por debajo de la cota de rasante para poder observar la cantidad de estratos que contienen las calicatas, y así poder recoger las muestras , las cuales contarán con las siguientes cantidades; del primer estrato se recogerá solo 6 kg para poder realizar su clasificación correspondiente, además del estrato que se encuentre

aproximadamente en los 1.50 m será el más importante porque estará a nivel de Sub rasante y éste será evaluado por la cual se recogerá 50 kg de dicho estrato para poder realizar los ensayos de Capacidad de Soporte (PROCTOR Y CBR) finalmente este material será secado por 3 días , triturado y estará listo.

Para dicha tarea en campo se realizó el día 27 de junio del 2020 con 2 persona de apoyo que se encargó de realizar las perforaciones desde 8:30 am hasta las 2:00 pm en las cuales se realizó 4 calicatas tomándoles tomando su dirección de su campo magnético y sus coordenadas y así mismo se les mide su altitud.

Se utilizó una pizarra para mostrar la información de cada calicata además de sacos y bosas negras impermeables para evitar que se pierda la humedad de las muestras,

Una vez tomado los registros estratigráficos y también las muestras y la toma de fotografías se rellenó las excavaciones con los materiales extraídos.

Lo que se pudo observar es que en las primera calicatas solo se observó 2 estratos, teniendo el primer estrato Arcilla de color gris Oscura de consistencia rígida conteniendo 70 cm y el segundo estrato tenía un color marrón claro de consistencia Blanda que consistía en 80 cm de acuerdo a lo excavado.

En el segundo, tercero y cuarta calicata solo se observó un solo estrato a los cuales se les realizará los estudios correspondientes en laboratorio.

7.-PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO INALTERADO.

Para poder determinar las propiedades Físicas de un terreno inalterado, es decir, el suelo natural, primero de debe tener seco la muestra y se realizará la Granulometría, donde todo el material será Tamizado, y se tomará el registro de la cantidad en porcentaje que ha sido retenido en cada una de las mallas y de cada uno de los estratos que se determinen por cada calicata investigada.

Para dicha granulometría NTP 339.128.1999 se tomará 600 gr de muestra y se le colocará agua y se deja saturar por un día después este pasará por la malla N° 200, se coloca en un pocillo limpio enumeradas correctamente de acuerdo a la calicata en análisis, y se le pondrá al horno por un tiempo de 24 horas, al 3 día peso todo y pasan las mayas y de acuerdo al material que me quedé (las que pasaron son Limos y Arcillas) si esta cantidad es más del 50 % se tiene que realizar un ensayo por Hidrometría.

Para el ensayo de Límites de Atterberg NTP 339.129:1999 se utilizará la copa casa Grande además de una espátula, de acuerdo a mi muestra si está seco le echo agua destilada, conociendo que se deben realizar 3 tipos de golpes tanto de 15, 25 y 30 golpes, tendremos 300 gr, de esta muestra aplastaremos con el rodillo realizamos en forma de gusanitos muestras que se pesarán y se colocarán al horno y pasará por la malla N°50 para posteriormente echarle agua destilada y realizo el procedimiento correspondiente.

Así mismo se realizará el ensayo del contenido de humedad Natural (MTC E 108), así mismo se realizará la gravedad específica de los suelos además por ser una investigación con estabilización de sales, se tiene que realizar adicionalmente PH del suelo y el contenido de Materia orgánica del Suelo.

8.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y DATOS EN GABINETE

Después de realizar la Granulometría y Límites se considerará realizar el peso específico de los estratos, pero tan solo de los que pasan más del 50% de la malla se les realizará el ensayo de Hidrometría solo a los estratos que tengan el incidente mencionado, después de ello se podrá identificar el tipo de suelo de cada uno de las calicatas y de sus estratos.

9.- CALICATAS DE ESTUDIO POR CONTENER BAJO CBR

Posteriormente de realizar los ensayos requeridos mínimos para caracterizar el suelo inalterado y ya conociendo los resultados se seleccionará a las calicatas que hayan contenido un porcentaje de CBR menor al 6 %, a estas calicatas se les asignará los aditivos sistema Consolid y Aditivos Cloruro de Sodio con la finalidad de mejorar las propiedades e incrementar la resistencia de soporte de dichos suelos.

10.- ESTABILIZAR LAS MUESTRAS SELECCIONADAS CON LOS ADITIVOS EN INVESTIGACIÓN.

A las muestras seleccionadas se les asignará distintas dosificaciones con cada uno de los aditivos con la finalidad de poder encontrar un óptimo porcentaje, cada una de estas calicatas se debe tener 100 kg aproximadamente para que pueda realizar el ensayo del Proctor Modificado y CBR teniendo en consideración las dosificaciones con las que se van a trabajar en la calicata seleccionada posteriormente se le realizará ensayo de ph del

suelo así como el contenido orgánico y la gravedad específica que será indispensable para conocer sus propiedades físicas de la muestra en investigación.

11. REVISIÓN DEL ASESOR.

Después de haber finalizado con todos los ensayos de CBR y haber realizado con diferentes porcentajes de dosificación así como lo demás ensayos de caracterización, será el Ingeniero o asesor el encargado de revisar todos los datos obtenidos en campo.

3.7.3. FASE 3

12. REALIZAR ENSAYOS PROCTOR MODIFICADO CON LAS DOSIFICACIONES TOMADAS.

Realizar los ensayos de Proctor y CBR a las muestras estabilizadas, esta prueba, es una mejora que se realizó a la prueba estándar, incluyéndole rodillos pesados y usándolo en campo, con el fin de tener mejores resultados. Se rige bajo la Norma ASTM D – 1557 y ASSHTO T 180. Se utiliza un molde con un volumen de 943.3 cm³, y se va compactando en cinco capas por un martillo con una caída en específico 457.2 mm, teniendo que por capa sea 25 golpes.

Debemos tener en cuenta que, al aumentar el esfuerzo de compactación, existe un aumento de peso unitario seco máximo de suelo, donde este última se acompaña con una disminución del contenido de humedad óptimo. [12]

12. RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) CON LAS DOSIFICACIONES TOMADAS.

El presente ensayo tiene la finalidad de medir la resistencia al corte de un suelo, con condiciones de humedad controladas y densidad, para que así se evalué la calidad que tiene el terreno de la sub rasante, sub base o base de una carpeta de pavimento. Se rige bajo la norma ASTM 1883 – 73 denominada Relación de Soporte. [23]. Sirve también para determinar si el terreno estudiado necesita estabilizar o no.

Teniendo estos resultados se podrá obtener los resultados y determinar cual de las dosificaciones trabajadas me brinda mejores resultados, tanto para el cloruro de sodio como para el sistema Consolid.

13. REALIZAR EL ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIO DE ACUERDO A LA MUESTRA UTILIZADA.

Después de realizar el Proctor y CBR, se procede a sacar los costos unitarios de las mezclas con Dosificación además de la Elaboración de costos y presupuestos.

Se elaborarán conclusiones y determinar la dosificación más óptima entre el aditivo Cloruro de Sodio y el Sistema Consolid.

14. ELABORACIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTOS.PARA DETERMINAR LOS BENEFICIOS Y RENTABILIDAD.

Se elaborarán partidas para determinar los costos que se tendrían que asumir en caso de llegar a utilizar los aditivos correspondientes con las dosificaciones más óptimas esto nos permitirá determinar los beneficios que se tendría al utilizar ambos aditivos de estabilización tanto desde lo económico como el mejoramiento de las propiedades del suelo y determinar su rentabilidad a largo plazo.

15. REVISIÓN PARCIAL DEL ASESOR

El ingeniero que está a cargo de las asesorías será vigilante que se cumplan las expectativas previstas durante el desarrollo del mismo y será participe de los resultados que se hayan obtenido durante la investigación.

3.7.4. FASE 4

16. ANALISIS DE LOS RESULTADOS Y ELECCIÓN DE LA DOSIFICACIONES OPTIMAS PARA LA INVESTIGACIÓN.

Habiendo ya determinado los costos y presupuesto que se requiriera al utilizar cualquier de los 2 aditivos, será importante determinar las 2 dosificaciones más óptimas para cada aditivo y proceder a tomar conclusiones y realizar la comparación correspondiente.

17. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se evaluará los datos recogidos en laboratorio y se determinará las conclusiones desde todo punto de vista y los efectos que han tenido al ser implementados en la calicata más desfavorable con respecto al CBR y concluir y recomendar de manera objetiva.

18. TRABAJO DE GABINETE.

El trabajo de gabinete se realizará conforme avanza las semanas del proceso del desarrollo de tesis sin embargo aquí se procesará todos los resultados habidos en la investigación para que quede plasmado y sea considerado un antecedente para futuras investigaciones.

19. PRESENTACION FINAL DEL PROYECTO.

La entrega final tiene previa evaluación del turnitin la cual no deberá tener más del 30 % de plagio o copia de lo contrario será observado dicha investigación, además será presentado frente a 3 miembros de jurados, incluyendo al asesor de la investigación.

20. LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES.

Luego de la presentación con los jurados, estos tendrán algunas observaciones que serán plasmadas en la presentación final junto con el levantamiento de observaciones.

21. PRESENTACIÓN Y SUSTENTACIÓN FINAL DEL PROYECTO.

Aquí se terminará todo el proceso de Tesis y se presentará finalizado todo el informe.

3.8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA ZONA NO PAVIMENTADA DE LA URBANIZACIÓN EL PARRAL CON LOS ESTABILIZADORES.

3.8.3. CLORURO DE SODIO.

PASO 1. Para la urbanización el parral se utilizará la dosificación del 6% del cloruro de sodio que alcanzo un CBR de 44% al 95% de la máxima densidad seca a 1” de penetración.

PASO 2. Se utilizará el método de aplicación por salmuera con el fin de obtener una mezcla de suelo-cloruro de sodio que produzca el mejor resultado definiendo el porcentaje que se trabajará para la estabilización.

PASO 3. Escarificación de suelo propio de la Urbanización el parral en este caso con una motoniveladora, ya que tenemos que reconstruir la forma del camino.

PASO 4. Disgregación de suelo

PASO 5. Se incorporará agua con el cloruro de sodio para producir la salmuera y se realizará el mezclado del mismo, El mezclado se debe ejecutar utilizando el equipo requerido, como los arados de rastras o de discos, o con motoniveladora, procurando que el suelo no sea trasladado longitudinalmente por el Equipo.

PASO 6. El cloruro de sodio se debe aplicar (agregar) utilizando un distribuidor mecánico o automático que garantice una distribución uniforme sobre la superficie de la vía. El método que se emplee para agregar el cloruro de sodio está sujeto a la aprobación previa de la Supervisión.

PASO 7. Inmediatamente después de agregar el cloruro de sodio se procede a mezclarla con el suelo, mediante el uso de arados de rastras o de discos, o motoniveladora.

PASO 8. La aplicación del agua de requerirse se debe hacer mediante la barra de riego del camión tanque, o con el empleo de cualquier otro método que garantice un riego uniforme. Debe evitarse la concentración de agua en la superficie del material que se está mezclando.

PASO 9. El proceso de mezclado debe continuar hasta que se obtenga una mezcla homogénea.

PASO 10. Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de 2 horas desde el inicio de la mezcla.

PASO 11. El grado de compactación no debe ser menor a 100% de la máxima densidad obtenida por el ensayo MTC E 115.

PASO 12. Una vez terminada la mezcla se inicia la compactación final, utilizando un Rodillo Liso Vibratorio o un Rodillo Pata de Cabra si en el caso fuera necesario.

PASO 13. El trabajo de compactación final se termina con un Rodillo Neumático.

PASO 14. El suelo estabilizado con sal sólo podrá abrirse al tránsito después de haber transcurrido por lo menos 3 horas de concluido el proceso de compactación de la capa materia de estabilización. Luego de apertura do el tránsito se observará el comportamiento de la capa estabilizada y si este es adecuado, el Supervisor autorizará la apertura definitiva de la capa compactada.

3.8.4. TIPO DE CLORURO DE SODIO.

PROPIEDADES DEL CLORURO DE SODIO

Nombre comercial: CLORURO DE SODIO
Sinónimos: sal de mesa, halita, sal de mar
Peso molecular: 58.44
Familia química: haluros, sal inorgánica
Fórmula: NaCl

Identificadores
Número CAS: 7647-14-5
Número RTECS: VZ4725000

PROPIEDADES FÍSICAS

Estado de agregación: sólido	
Apariencia: incoloro; aunque parece blanco si son cristales finos o pulverizados	
Olor: Inodoro	
Densidad: 2200 kg/m ³ , 2.2 gr/cm ³	
Masa: 58.4 uma	
Punto de Fusión: 1074K (801 °C)	
Estado de agregación: sólido	
Apariencia: incoloro; aunque parece blanco si son cristales finos o pulverizados	
Olor: Inodoro	
Densidad: 2200 kg/m ³ , 2.2 gr/cm ³	
Masa: 58.4 uma	
Punto de Fusión: 1074K (801 °C)	

COMPONENTES

99% CLORURO DE SODIO

Riesgo	
Salud:	Ligero
Inflamabilidad:	ninguna
Reactividad:	ninguna

3.8.5. SISTEMA CONSOLID

PASO 1. Para la urbanización el parral se utilizará la dosificación: MP + 0.045% CD444 +2 % Solidry que en los ensayos preliminares ha sido que mejor dosificación se ha logrado por la cual se procederá a explicar el desarrollo del proceso constructivo.

PASO 2. Se escarifica el suelo a estabilizar, en este caso con una motoniveladora, ya que tenemos que reconstruir la forma del camino.

PASO 3. Se riega el CONSOLID 444 sobre el camino utilizando una Cisterna para luego poder ser mezclado cuidadosamente con el Arador de discos o con una Motoniveladora.

PASO 4. Finalmente se concluye la primera etapa compactando, utilizando un Rodillo liso vibratorio o un Rodillo Pata de Cabra según el tipo de suelo a estabilizar.

PASO 5. Comienza con la distribución de las bolsas de SOLIDRY sobre la superficie a tratar (polvo blanco en bolsas de 25 Kg).

PASO 6. Cabe aclarar que el SOLIDRY es un polvo que el viento se lleva con mucha facilidad, por lo que hay que evitar los días ventosos y tratar de programar su aplicación en horas que, según las regiones, habitualmente haya poco viento.

PASO 7. La cantidad de SOLIDRY a aplicar estará determinada por la forma en que hagamos la distribución de las bolsas.

PASO 8. Primero vamos a determinar la cantidad de bolsas que demandará la capa de la subrasante que queremos tratar; una vez más terminada la distribución se abrirá un extremo de la bolsa, vaciando su contenido en todo el ancho de la vía.

PASO 9: Se distribuye con una madera aproximadamente 1 metro a la que se fija en el centro y en la forma transversal un palo; nosotros tenemos escobillón.

PASO 10. Se debe evitar el desperdicio del material que se vuela, se escarifica a la mitad del espesor a trabajar una motoniveladora, ya que el SOLIDRY trabaja como sellador.

PASO 11. El mezclado del material, en el comienzo, se realiza con una motoniveladora o tractor a muy baja velocidad para evitar el venteo del material. A medida que se avanza con la mezcla, se observará que la nube de polvo que levanta la rastra de discos va disminuyendo, en cuyo caso se podrá ir aumentando la velocidad del tractor.

PASO 12. Una vez terminada la mezcla se inicia la compactación final, utilizando un Rodillo Liso Vibratorio o un Rodillo Pata de Cabra si en el caso fuera necesario.

PASO 13. El trabajo de compactación final se termina con un Rodillo Neumático.

PASO 14. se puede cubrir la superficie estabilizada con un tratamiento asfáltico tipo simple.

Sobre la superficie compactada un riego con asfalto diluido tipo R-1.

PASO 15. Inmediatamente después de aplicar el riego se distribuye material árido; El árido distribuido se rodilla para que los gránulos se incrusten en la superficie de la base estabilizada y para que se mezclen con el asfalto regado que actúa como material ligante.

PASO 16. se puede apreciar un riego asfáltico final muy liviano y sobre éste esparcirse arena fina para terminar de sellar la superficie.

3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Tabla 14: Matriz de Consistencia.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN			
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿De qué manera la aplicación del cloruro de Sodio y el Sistema Consolid con las dosificaciones adecuadas mejorará las propiedades físico – mecánicas de la subrasante como estabilizantes en la Habilitación urbana no Pavimentada El Parral?	OBJETIVO GENERAL	Al adicionar los aditivos cloruro de sodio y el sistema Consolid para la estabilización del suelo natural en dosificaciones de 2 %, 6% , 10% y 15 % en peso seco del suelo de la Urbanización el Parral para el Cloruro de Sodio; mientras para el sistema consolid, C-444 al 0.045% y CONSOLID 0.045% + 1% SOLIDRY , CONSOLID 0.045% + 1,5% SOLIDRY , CONSOLID 0.045% + 2% SOLIDRY ; estos permitirán mejorar sus Propiedades geotecnicas permitiendo obetener valores de CBR > 6 % como lo establece el manual de C.E 0.10 Pavimentos Urbanos.	VARIABLE INDEPENDIENTE	PROPIEDADES FISICAS	GRANULOMETRÍA	TIPO DE INVESTIGACIÓN
	Realizar un análisis comparativo para contrastar los atributos técnicos del compuesto estabilizador del Cloruro de sodio y el Sistema Consolid con las dosificaciones establecidas en las propiedades físico-mecánicas en la Urbanización El parral del distrito de la Victoria.		X1-CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DE LA SUB RASANTE		LIMITES DE AFTERBERG INDICE DE PLASTICIDAD	
	OBJETIVOS ESPECIFICOS		X2-CARACTERIZACIÓN DE LOS ADITIVOS		CONTENIDO DE HUMEDAD CONTENIDO ORGANICO GRAVEDAD ESPECIFICA	DE ACUERDO AL TIPO DE INVESTIGACIÓN QUE SE PERSIGUE ES APLICADA DEBIDO A QUE SE BUSCA RESPUESTAS AL PROBLEMA
	O1: Determinar cuál es la clasificación SUCS del suelo natural existente en el que se empleara los aditivos cloruro de Sodio y Sistema Consolid.		VARIABLE DEPENDIENTE		DETERMINAR PH PROCTOR MODIFICADO CBR	
	O2: Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural de la Urbanización El Parral del La Victoria.		Y1-CLASIFICACIÓN DEL SUELO	Propiedades Mecanicas Aditivo cloruro de Sodio Aditivo Consolid 444 complemento SOLIDARY	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS Y AASHTO	LA INVESTIGACIÓN EMPLEADA ES EXPLICATIVA ES DECIR NO SOLO RESPONDE A ALGUNAS PREGUNTAS O DESCRIBE UN PROBLEMA SINO QUE BUSCA SOLVENTAR LAS CAUSAS DE LA INVESTIGACIÓN
	O3: Calcular cual es el óptimo porcentaje de dosificación al emplear el aditivo cloruro de SODIO y Sistema Consolid que proporcionará una mayor capacidad de Soporte (CBR)del suelo.		Y2-DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA	MUESTRA DEL SUELO + % CLORURO DE SODIO MUESTRA DEL SUELO + % (PESO) CONSOLID C-444 + % SOLIDRY	PROCTOR MODIFICADO CBR ENSAYO DE PERMEABILIDAD ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE NO CONFINADA	SERÁ CUANTITATIVA AL PODER MEDIR CON EXACTITUD LOS RESULTADOS OBTENIDOS
			Y3- COSTOS DE LA MEZCLA	PRECIOS UNITARIOS DE LA MEZCA PRECIOS PUESTO EN OBRA	PRECIO DE LAS MEZCLAS PRECIO SUELO NATURAL PRECIO DEL ADITIVO CLORURO DE PRECIO DEL CONSOLID 444 PRECIO DEL COMPLEMENTO SOLIDRAY AGUA COSTO DE MAQUINARIA COSTO DE PERSONAL	POBLACIÓN: CALLES NO PAVIMENTADAS DE LA URBANIZACIÓN EL PARRAL DEL DISTRITO DE LA VICTORIA MUESTRA: SERÁN 4 CALICATAS DENTRO DE LA ZONA DE LOS 15024.06 M2

Fuente: Elaboración Propia

3.10. CONSIDERACIONES ETICAS.

Respeto

Siendo el valor más valorado actualmente y a la vez un principio por la validez intelectual que se le concede al autor quien es dueño y creador de temas no se haya tratado y que queden evidenciados por medios de escritos o reproducciones digitales contando con derechos fundamentales de autor y que al ser propicio de utilización este deba ser citado considerando el respeto y la valoración de su trabajo o investigación realizada dentro del marco normativo establecido por la Real academia de España.

Honestidad

Toda la investigación desarrollada en el presente informe ha sido realizada considerando los antecedente, desde la utilización de los aditivos estabilizadores hasta las dosificaciones que habían empleado, así mismo los resultados que habían obtenido con la finalidad de mejorar la investigación y se pueda obtener resultados concretos que ayuden a obtener estabilizaciones de calidad donde los más beneficiados será la población en donde se aplicarán por medio de profesionales estos resultados como antecedentes para dicha aplicación.

IV. RESULTADOS

El presente capítulo presenta todas las actividades de investigación que se hayan realizado tanto en el lugar del proyecto como en el Laboratorio, así como la descripción de cada uno de los ensayos realizados y sus resultados obtenidos.

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El distrito de la Victoria, se ubica en la Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, teniendo una superficie total de 29.36 m²; dentro del distrito se ubica la Urbanización el Parral por la Av. Pachacútec justo terminando la Urbanización Santa Rosa contando con una altitud Media de 30 m.s.n.m.

Geográficamente se encuentra a 6°48'51'' De latitud Sur y de 79°50'39'' Longitud Oeste estando a 15 min del centro de Chiclayo.

El Proyecto de investigación se ha desarrollado en la Urbanización el Parral en un área total de: 15024.06 m² en toda la zona, en la cual se realizó en ensayo de campo

(Calicatas) la cual nos permitió determinar los tipos de estratos que componen el suelo; además se realizó 4 calicatas teniendo como coordenadas:

1.- calicata: 6°48' 34,273" S; 79° 49' 56,282" W --- 25 ut

2.- calicata: 6°48' 34,210" S; 79° 50' 7,751" W --- 41 ut

3.- calicata: 6°48' 32,466" S; 79° 50' 4,409" W --- 24 ut

4.- calicata: 6°48' 32,758" S; 79° 50' 2,319" W --- 35 ut

Todas las calicatas se realizaron a una profundidad de 1.5 m; teniendo como finalidad determinar la composición del suelo de la Urbanización el Parral; obteniendo 2 estratos en la calicata 1, calicata 3y calicata 4; mientras en la calicata 2 se obtuvo solo 1 estrato; posteriormente estas muestras que se extrajeron fueron llevadas a laboratorio para que realicen los ensayos pertinentes.

Los ensayos que se realizaran en el laboratorio para obtener la caracterización del suelo son los siguientes:

- Granulometría.
- L.L., L.P.
- Contenido de Humedad.
- Gravedad específica.
- Contenido de Materia Orgánica

Estos ensayos nos permitirán conocer el tipo de suelo, así como la clasificación donde se está realizando el proyecto de investigación; obteniendo estos datos se realizará los ensayos de resistencia que comprenden:

- Proctor Modificado.
- CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)

Ambos ensayos ayudarán a determinar la capacidad de soporte del suelo; realizándose a cada una de las muestras predominantes que fueron extraídas de cada calicata.

Después de realizar estos ensayos se podrá conocer la resistencia del suelo y determinar la calicata apta para poder estabilizar; empleándose los aditivos propuestos tanto como el Cloruro de sodio y el Sistema CONSOLID ambos con

distintas dosificaciones de acuerdo a la necesidad de poder estabilizar la subrasante y poder medir su resistencia con los ensayos ya mencionados.

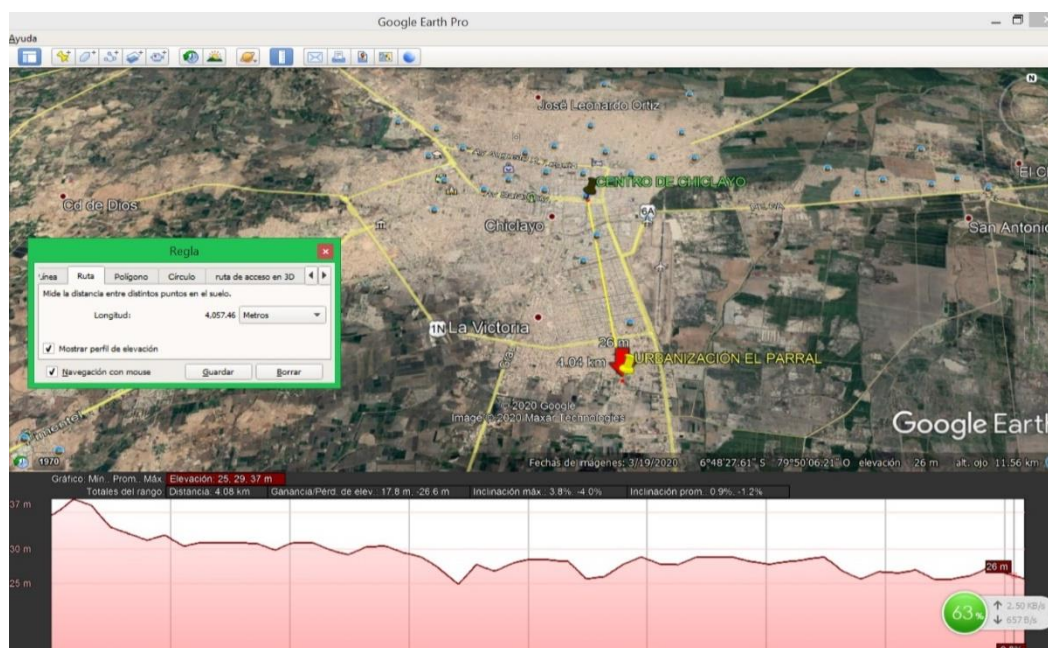
Sin embargo, por trabajar con el Cloruro de Sodio se tendrá que realizar el ensayo de PH del suelo y/o mezcla de la calicata a estabilizar, así como su contenido de Materia orgánica del suelo.

En el proyecto de investigación se ha empleado estos dos aditivos tanto el Cloruro de Sodio y el Sistema CONSOLID para el mejoramiento de Subrasante de la Urbanización el Parral en sus 15024.06 m² en toda la zona, considerando que el suelo natural es una arcilla arenosa de baja plasticidad, cuya razón ha sido importante considerando estos dos aditivos comerciales y que hayan tenido experiencia en la Zona norte del Perú para poder realizar un análisis comparativo y determinar lo más recomendable para este tipo de suelos.

5.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La ubicación del Proyecto de ubicación se encuentra en el distrito de la Victoria (Ver figura 11), provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque la cual se encuentra a 15 min del centro de la Ciudad de Chiclayo y a 12 horas de Lima, dicha urbanización cuenta con un área de 15024.06 m² en toda la zona.

Figura 15: Ubicación del Proyecto satelital.



Fuente: Elaboración propia

5.2.1. DISGRAGACIÓN DE MUESTRA

Teniendo la muestra de las 4 calicatas (Ver Figura N°16) se procede a triturar y a secar; estas fueron trituradas con un martillo de goma hasta alcanzar la finura correspondiente y así mismo poder realizar los ensayos correspondientes de laboratorio a todas muestras.

Figura 16: Disgregación de las 4 Muestras



Fuente: Elaboración propia

5.3. DESCRIPCIÓN DE SUELOS ASTM D 2488

A partir de las excavaciones de las calicatas se realizó los perfiles estratigráficos de todas las calicatas para poder determinar la columna estratigráfica de cada una de ellas, aunque sean similares, en la calicata número 2, solamente se encontró un solo estrato.

5.3.1. PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA N°1

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ENTRE EL USO DEL CLORURO DE SODIO Y EL SISTEMA CONSOLID EN ZONAS URBANAS NO PAVIMENTADAS DE LA URBANIZACIÓN EL PARRAL DEL DISTRITO DE LA VICTORIA, 2020

UBICACIÓN: LA VICTORIA -CHICLAYO

REGISTRO: CALICATA -01

NOMBRE: CHAMBA DE LA CRUZ LUIS
ARON

FECHA: 30/06/2020

PROFUNDIDAD	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRA N°	SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN VISUAL (IN SITU)	
0.0 (m)	A CIELO ABIERTO					
0.1						
0.2						
0.30					SC	MATERIAL DE RELLENO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y VEGETACIÓN Y SUELOS DIVERSOS
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1.00			M1		CL A-6(7)	EL ESTRATO ESTÁ COMPUESTO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD Y PARA EL SISTEMA SUCS LO CLASIFICA COMO CL Y EL AASHTO COMO A-6 (7)
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5			M2		CL A-6(8)	EL ESTRATO ESTÁ COMPUESTO POR UNA ARCILLA CON BAJA PLASTICIDAD DE CLASIFICACIÓN CL EN EL SISTEMA SUCS MIENTRAS PARA EL AASHTO COMO A-6(8)
1.6						
1.7						
1.8						

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar en el perfil de la calicata número 1 que a 0.30 m el estrato está compuesto relleno de residuos sólidos no compactado teniendo un contraste de color marrón.

Además, se observar es que en la primera calicata solo se observó 2 estratos, teniendo el primer estrato Arcilla de color gris Oscura de consistencia rígida conteniendo 70 cm y el segundo estrato tenía un color marrón claro de consistencia Blanda que consistía en 80 cm de acuerdo a lo excavado.

5.3.2. PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA N°2

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ENTRE EL USO DEL CLORURO DE SODIO Y EL SISTEMA CONSOLID EN ZONAS URBANAS NO PAVIMENTADAS DE LA URBANIZACIÓN EL PARRAL DEL DISTRITO DE LA VICTORIA, 2020

UBICACIÓN: LA VICTORIA -CHICLAYO

REGISTRO: CALICATA -02

NOMBRE: CHAMBA DE LA CRUZ LUIS ARON

FECHA: 30/06/2020

PROFUNDIDAD	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRA N°	SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN VISUAL (IN SITU)	
0.0 (m)	A CIELO ABIERTO					
0.1						
0.2						
0.30					SC	MATERIAL DE RELLENO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y VEGETACIÓN Y SUELOS DIVERSOS
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.80		M1		CL A-6 (8)	EL ESTRATO ESTÁ COMPUESTO POR UNA ARCILLA CON BAJA PLASTICIDAD DE CLASIFICACIÓN CL EN EL SISTEMA SUCS MIENTRAS PARA EL AASHTO COMO A-6(8)	

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar en el perfil de la calicata número 2 que a 0.30 m el estrato está compuesto relleno de residuos sólidos no compactado teniendo un contraste de color marrón. Asimismo, se observar es que en la primera calicata solo se observó 1 estrato para trabajar, teniendo Arcilla de color marrón de consistencia rígida conteniendo más de 1.5 m.

5.3.3. PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA N°3

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ENTRE EL USO DEL CLORURO DE SODIO Y EL SISTEMA CONSOLID EN ZONAS URBANAS NO PAVIMENTADAS DE LA URBANIZACIÓN EL PARRAL DEL DISTRITO DE LA VICTORIA,2020

UBICACIÓN: LA VICTORIA -CHICLAYO

REGISTRO: CALICATA -03

NOMBRE: CHAMBA DE LA CRUZ LUIS ARON

FECHA: 30/06/2020

PROFUNDIDAD	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRA N°	SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN VISUAL (IN SITU)	
0.0 (m)	A CIELO ABIERTO					
0.1						
0.2						
0.3					SC	MATERIAL DE RELLENO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y VEGETACIÓN Y SUELOS DIVERSOS
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1						
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.80		M1		CL A-4 (9)	EL ESTRATO ESTÁ COMPUESTO POR UNA ARCILLA CON BAJA PLASTICIDAD DE CLASIFICACIÓN CL EN EL SISTEMA SUCS MIENTRAS PARA EL AASHTO COMO A-4(9)	

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar en el perfil de la calicata número 3 que a 0.30 m el estrato está compuesto relleno de residuos sólidos no compactado teniendo un contraste de color marrón. Asimismo, se observar es que en la primera calicata solo se observó 1 estrato para trabajar siendo clasificado por el sistema AASHTO como A-4 (9)

5.3.4. PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA N°4



PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ENTRE EL USO DEL CLORURO DE SODIO Y EL SISTEMA CONSOLID EN ZONAS URBANAS NO PAVIMENTADAS DE LA URBANIZACIÓN EL PARRAL DEL DISTRITO DE LA VICTORIA, 2020

UBICACIÓN: LA VICTORIA -CHICLAYO

REGISTRO: CALICATA -04

NOMBRE: CHAMBA DE LA CRUZ LUIS
ARON

FECHA: 30/06/2020

PROFUNDIDAD		TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRA	SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN VISUAL (IN SITU)
0.0 (m)			N°		SUCS	
0.30	0.1	A CIELO ABIERTO			SC	MATERIAL DE RELLENO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y VEGETACIÓN Y SUELOS DIVERSOS
	0.2					
	0.3				CL A-4 (8)	EL ESTRATO ESTÁ COMPUESTO POR UNA ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD DE CLASIFICACIÓN CL EN EL SISTEMA SUCS MIENTRAS PARA EL AASHTO COMO A-4(8)
	0.4					
	0.5					
	0.6					
	0.7					
	0.8					
	0.9					
	1					
	1.1					
	1.2					
	1.3					
	1.4					
	1.5					
	1.6					
	1.7					
1.80	1.8					

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar en el perfil de la calicata número 4 que a 0.30 m el estrato está compuesto relleno de residuos sólidos no compactado teniendo un contraste de color marrón. Asimismo, se observar es que en la primera calicata solo se observó 1 estrato para trabajar siendo clasificado por el sistema AASHTO como A-4 (8).

5.4. ENSAYOS DE LABORATORIO.

5.4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE TERRENO NATURAL

Todas muestras que fueron tomadas para realizar los ensayos de laboratorios se han obtenido en campo de la Calicata N°1,2,3 y 4 sin alguna adición o alteración de las muestras es decir tal cual se encontró en el terreno.

CALICATA N°1

De cada la primera calicata se ha determinado sus ensayos de caracterización del suelo, para lo cual se ha realizado los siguientes ensayos: Granulometría, Límites Líquido, Límite Plástico, índice de plasticidad, contenido de humedad los cuales serán plasmados en el siguiente cuadro:

Tabla 15: Resultados de la Calicata 1

PROPIEDADES FÍSICAS	RESULTADOS
SUCS	CL (Arcilla de baja Plasticidad)
AASHTO	A-6 (13) MALO
% Finos que pasa tamiz N°200	85.2 %
Limite líquido	36.54 %
Limite plástico	15.39 %
Índice de Plasticidad	21.15 %
Contenido de Humedad	18.60 %
Peso específico promedio	2.049 g/Cm ³
Materia Orgánica	2.1 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior encontramos un resumen de los resultados de la Primera calicata, se debe tener en cuenta que en los anexos se adjuntará las curvas granulométricas, tablas y la curva de fluidez.

CALICATA N°2

De cada la segunda calicata se ha determinado sus ensayos de caracterización del suelo, al tener un solo estrato, se ha realizado los siguientes ensayos: Granulometría, Límites Líquido, Límite Plástico, índice de plasticidad, contenido de humedad los cuales serán plasmados en el siguiente cuadro:

Tabla 16: Resultados de la Calicata 2

PROPIEDADES FÍSICA	RESULTADOS
AASHTO	A-6 (13) MALO
SUCS	CL (BAJA PLASTICIDAD)
% Finos que pasa tamiz N° 200	87.1 %
Limite líquido	37.03 %
Limite plástico	16.03 %
Índice de Plasticidad	21.01%
Contenido de Humedad	6.8%
Peso Específico Promedio	2.439 g/Cm ³
Materia Orgánica	2.8 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior encontramos un resumen de los resultados de la segunda calicata, se debe tener en cuenta que en los anexos se adjuntará las curvas granulométricas, tablas y la curva de fluidez.

CALICATA N°3

De cada la Tercera calicata se ha determinado sus ensayos de caracterización del suelo, al tener un solo estrato, se ha realizado los siguientes ensayos: Granulometría, Límites Líquido, Límite Plástico, índice de plasticidad, contenido de humedad los cuales serán plasmados en el siguiente cuadro:

Tabla 17: Resultados de la Calicata 3

PROPIEDADES FÍSICAS	RESULTADOS
AASTHO	A-6 (13) MALO
SUCS	CL (BAJA PLASTICIDAD)
% Finos que pasa tamiz N° 200	82.4 %
Límite Líquido	36.88 %
Límite Plástico	15.33%
Índice de Plasticidad	21.56 %
Contenido de Humedad	6.40 %
Peso Específico Promedio	2.083 g/Cm ³
Materia Orgánica	2.4 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior encontramos un resumen de los resultados de la tercera calicata, se debe tener en cuenta que en los anexos se adjuntará las curvas granulométricas, tablas y la curva de fluidez.

CALICATA N°4

De cada la Tercera calicata se ha determinado sus ensayos de caracterización del suelo, al tener un solo estrato, se ha realizado los siguientes ensayos: Granulometría, Límites Líquido, Límite Plástico, índice de plasticidad, contenido de humedad los cuales serán plasmados en el siguiente cuadro:

Tabla 18: Resultados de la Calicata 4

PROPIEDADES FÍSICAS	RESULTADOS
AASTHO	A-6 (14)
SUCS	CL (BAJA PLASTICIDAD)
% Finos que pasa tamiz N° 200	74.5 %
Limite Líquido	36.49 %
Limite Plástico	10.71 %
Índice de Plasticidad	25.78 %
Contenido de Humedad	19.0 %
Peso Específico Promedio	2.392 g/Cm ³
Materia Orgánica	2.5 %

Fuente:Elaboración propia

En la tabla anterior encontramos un resumen de los resultados de la cuarto calicata, se debe tener en cuenta que en los anexos se adjuntará las curvas granulométricas, tablas y la curva de fluidez además se ha podido observar que los estratos de todas las calicatas son arcillas de baja de plasticidad.

5.4.2. ENSAYOS DE RESISTENCIA DE LAS MUESTRAS NATURALES EN LABORATORIO.

5.4.2.1. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

Se denomina compactación según MTC E (115) [18] al desarrollo de la asignación de cargas provisionales de corta duración sobre una determinada masa de suelo provocando el aumento de la densidad y la disminución del volumen. Esta compactación que se realiza provoca el aumento de la resistencia y reduce la permeabilidad, la deformabilidad y la susceptibilidad a la erosión de los suelos.

CALICATA N° 1

Para realizar el ensayo del Proctor Modificado se ha realizado 4 muestras para poder obtener los datos de la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad, utilizando el método “A” con 5 capas y 25 golpes por cada Capa.

Tabla 19: Datos requeridos para el Proctor Modificado para Calicata 1

MATERIAL :	Arena Arcillosa CL	FECHA:	08/09/2020
PESO MOLDE :	3802 gr	CALICATA:	C-1
VOLUMEN DEL CILINDRO :	0.000944 m ³	REGIÓN:	LAMBAYEQUE
MOLDE :	4" (101.6 mm)	FUENTE DEL MATERIAL	URB. EL PARRAL-LA VICTORIA
PESO DEL MARTILLO :	10 lbs	NOMBRE:	LUIS ARON CHAMBA DE LA CRUZ
ALTURA DE CAIDA :	18 " (Pulg)		

Fuente: Elaboración Propia.

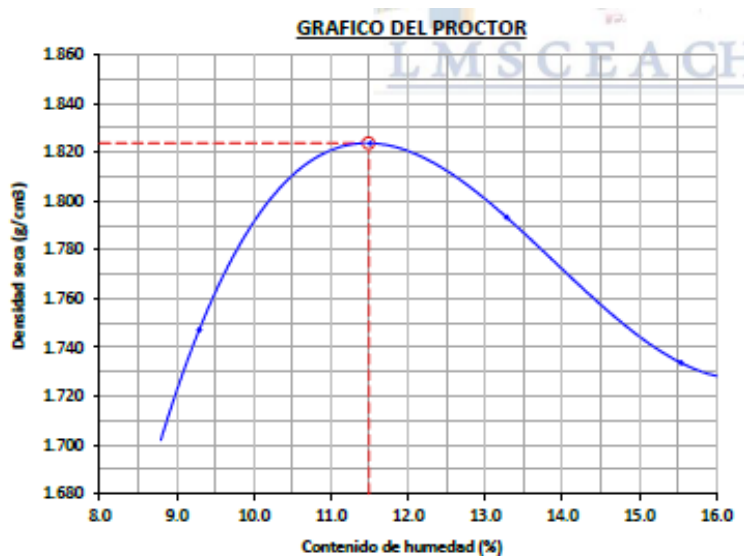
Tabla 20: Resultados de Proctor Modificado de Calicata 1

PROPIEDAD	MUESTRA NATURAL → C-1
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	Método A
MÉTODO PREPARACIÓN	Húmedo
MÁXIMA DENSIDAD SECA	1.824 g/ Cm ³
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	11.49 %

Fuente: Elaboración Propia.

De la calicata C-1 se obtuvo 1,824 g/Cm³ de Máxima Densidad Seca y un óptimo contenido de humedad de 11,49 %; teniendo como resultado la siguiente gráfica:

Gráfico 1: Curva de Densidad vs Contenido de Humedad C-1



Fuente: Elaboración Propia.

CALICATA N° 2

Tabla 21: Datos requeridos para el Proctor Modificado para calicata 2

MATERIAL :	Arena Arcillosa CL	FECHA:	08/09/2020
PESO MOLDE :	3802 gr	CALICATA:	C-2
VOLUMEN DEL CILINDRO :	0.000944 m ³	REGIÓN:	LAMBAYEQUE
MOLDE :	4" (101.6 mm)	FUENTE DEL MATERIAL	URB. EL PARRAL-LA VICTORIA
PESO DEL MARTILLO :	10 lbs	NOMBRE:	LUIS ARON CHAMBA DE LA CRUZ
ALTURA DE CAIDA :	18 " (Pulg)		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 22: Resultados de Proctor Modificado para Calicata 2

PROPIEDAD	MUESTRA NATURAL ➡ C-2
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	Método A
MÉTODO PREPARACIÓN	Húmedo
MÁXIMA DENSIDAD SECA	1.882 g/ Cm ³
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	12.73 %

Fuente: Elaboración Propia.

De la calicata C-2 se obtuvo 1,882 g/Cm³ de Máxima Densidad Seca y un óptimo contenido de humedad de 12.73 %; teniendo como resultado la siguiente gráfica:

Gráfico 2: Curva de Densidad vs Contenido de Humedad C-2



Fuente: Elaboración Propia.

CALICATA N° 3

Tabla 23: Datos requeridos para el Proctor Modificado para calicata 3

MATERIAL :	Arena Arcillosa CL	FECHA:	08/09/2020
PESO MOLDE :	3802 gr	CALICATA:	C-3
VOLUMEN DEL CILINDRO :	0.000944 m ³	REGIÓN:	LAMBAYEQUE
MOLDE :	4" (101.6 mm)	FUENTE DEL MATERIAL	URB. EL PARRAL-LA VICTORIA
PESO DEL MARTILLO :	10 lbs	NOMBRE:	LUIS ARON CHAMBA DE LA CRUZ
ALTURA DE CAIDA :	18" (Pulg)		

Fuente: Elaboración Propia.

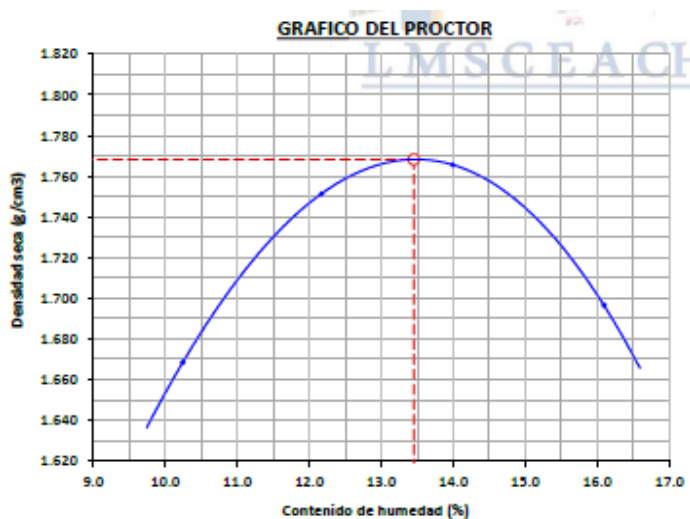
Tabla 24: Resultados de Proctor Modificado para calicata 3

PROPIEDAD	MUESTRA NATURAL → C-3
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	Método A
MÉTODO PREPARACIÓN	Húmedo
MÁXIMA DENSIDAD SECA	1.768 g/ Cm ³
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.45 %

Fuente: Elaboración Propia.

De la calicata C-3 se obtuvo 1,768 g/Cm³ de Máxima Densidad Seca y un óptimo contenido de humedad de 13.45 %; teniendo como resultado la siguiente gráfica:

Gráfico 3: Curva de Densidad vs Contenido de Humedad C-3



Fuente: Elaboración Propia.

CALICATA N° 4

Tabla 25: Datos requeridos para el Proctor Modificado para calicata 4

MATERIAL :	Arena Arcillosa CL	FECHA:	08/09/2020
PESO MOLDE :	3802 gr	CALICATA:	C-4
VOLUMEN DEL CILINDRO :	0.000944 m ³	REGIÓN:	LAMBAYEQUE
MOLDE :	4" (101.6 mm)	FUENTE DEL MATERIAL	URB. EL PARRAL-LA VICTORIA
PESO DEL MARTILLO :	10 lbs	NOMBRE:	LUIS ARON CHAMBA DE LA CRUZ
ALTURA DE CAIDA :	18 " (Pulg)		

Fuente: Elaboración Propia.

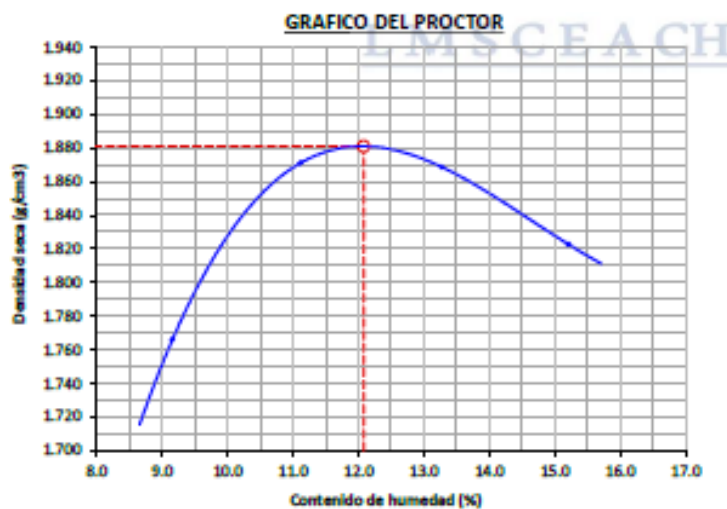
Tabla 26: Resultados de Proctor Modificado para Calicata 4

PROPIEDAD	MUESTRA NATURAL → C-4
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	Método A
MÉTODO PREPARACIÓN	Húmedo
MÁXIMA DENSIDAD SECA	1.881 g/ Cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	12.08 %

Fuente: Elaboración Propia.

De la calicata C-4 se obtuvo 1,881 g/Cm³ de Máxima Densidad Seca y un óptimo contenido de humedad de 12.08 %; teniendo como resultado la siguiente gráfica:

Gráfico 4: Curva de Densidad vs Contenido de Humedad C-4



Fuente: Elaboración Propia.

5.4.2.2. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DEL TERRENO NATURAL.

Se ha determinado el ensayo de CBR de cada una de las muestras de las calicatas de la Urbanización el Parral en el Distrito de la Victoria para poder obtener a resistencia que tiene el suelo de dicha urbanización para posteriormente ser comparados al adicionarle tanto el cloruro de Sodio como el sistema Consolid.

Se mostrarán los resultados de acuerdo a las calicatas que están en investigación.

CALICATA 1

Obtendremos la expansión además de la Densidad Seca que son los resultados del suelo compactado a 55, 26, 12 golpes e hinchamiento de acuerdo a la norma MTC E (132)

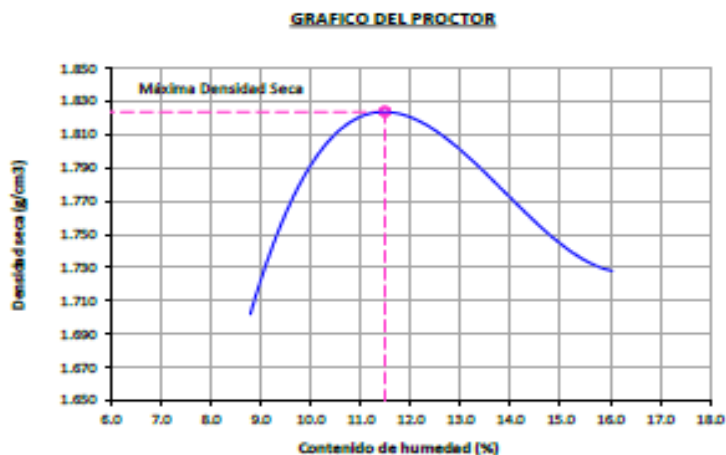
Cuadro 11: Resultados del Hinchamiento de C-1

TERRENO NATURAL					
CALICATA C-1	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	EXPANSIÓN (%)	DENSIDAD SECA (g/Cm ³)	MDS	O.C.H
M-1	55	5.7	1.827 g/Cm ³	Método "A"	
M-2	26	6.33	1.751 g/Cm ³	1.824 g/Cm ³	11.49%
M-3	12	6.78	1.663 g/Cm ³		

Fuente: Elaboración Propia.

En la primera muestra podemos observar que se ha determinado la densidad seca de acuerdo al número de golpes siendo el más elevado el de 55 golpes con 1.827 g/Cm³ sin embargo con respecto al porcentaje de expansión es el más bajo con 5.7 %, además cabe resaltar que el M.D.S es 1.824 g/Cm³ y el O.C.H es 11.49% que vendría a ser del Proctor obtenido de la Primera Calicata.

Gráfico 5: Grafico del MDS a partir del Proctor C-1



Fuente: Elaboración Propia.

Ahora en cuanto al proceso de penetración del ensayo de CBR es necesario obtenerlo a partir de la carga Unitaria y obtendrá los resultados en condiciones de Saturación.

Cuadro 12: Resumen de resultados de CBR de C-1

CBR A LA PENETRACIÓN		% MDS	CBR %
0.1 "	0.1 "	100	4.7
	0.1 "	95	2.4
0.2 "	0.2 "	100	5.1
	0.2 "	95	2.6

Fuente: Elaboración Propia.

El C.B.R al 95 % de la Máximo contenido de Humedad a 0.1” pulgadas (2.54 cm) es de 2.4 %.

CALICATA 2

Obtendremos la expansión además de la Densidad Seca que son los resultados del suelo compactado a 55, 26, 12 golpes e hinchamiento de acuerdo a la norma MTC E (132)

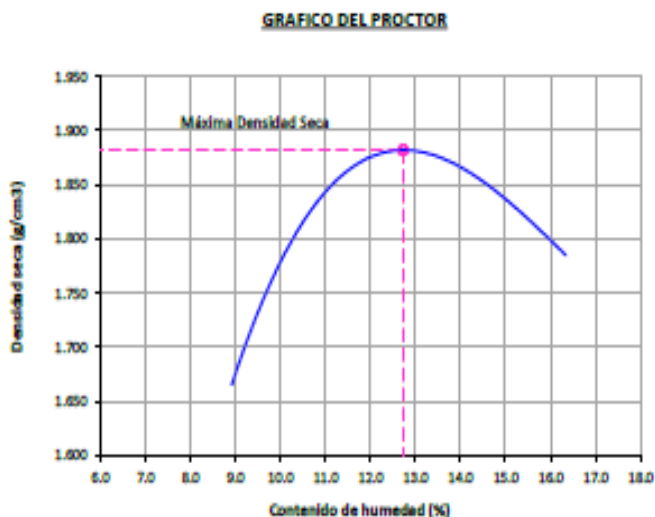
Cuadro 13: Resultados del Hinchamiento C-2.

TERRENO NATURAL					
CALICATA C-2	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	EXPANSIÓN (%)	DENSIDAD SECA (g/Cm3)	MDS	O.C.H
M-1	55	5.6	1.885 g/Cm3	Método "A"	
M-2	26	5.93	1.783 g/Cm3	1.882 g/Cm3	12.73%
M-3	12	6.31	1.692 g/Cm3		

Fuente: Elaboración Propia.

En la segunda muestra podemos observar que se ha determinado la densidad seca de acuerdo al número de golpes siendo el más elevado el de 55 golpes con 1.885 g/Cm3 sin embargo con respecto al porcentaje de expansión es el más bajo con 5.6 %, además cabe resaltar que el M.D.S es 1.882 g/Cm3 y el O.C.H es 12.73% que vendría a ser del Proctor obtenido de la Segunda Calicata.

Gráfico 6: Grafico del MDS a partir del Proctor C-2.



Fuente: Elaboración Propia.

Ahora en cuanto al proceso de penetración del ensayo de CBR es necesario obtenerlo a partir de la carga Unitaria y obtendrá los resultados en condiciones de Saturación.

Cuadro 14: Resumen de resultados de CBR.

CBR A LA PENETRACIÓN		% MDS	CBR %
0.1 "	0.1 "	100	5.7
	0.1 "	95	3.5
0.2 "	0.2 "	100	6.6
	0.2 "	95	4.0

Fuente: Elaboración Propia.

El C.B.R al 95 % de la Máximo contenido de Humedad a 0.1" pulgadas (2.54 cm) es de 3.5 %.

CALICATA 3

Obtendremos la expansión además de la Densidad Seca que son los resultados del suelo compactado a 55, 26, 12 golpes e hinchamiento de acuerdo a la norma MTC E (132).

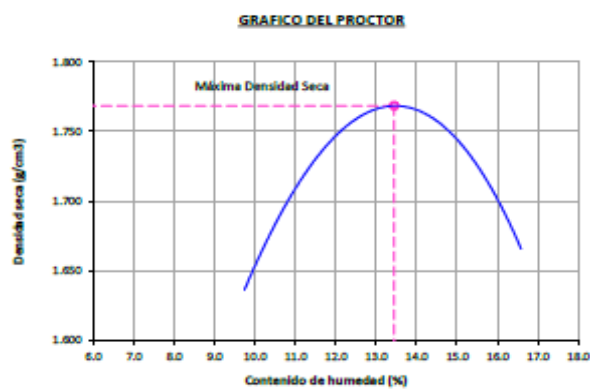
Cuadro 15: Resultados del Hinchamiento C-3.

TERRENO NATURAL					
CALICATA C-3	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	EXPANSIÓN (%)	DENSIDAD SECA (g/Cm3)	MDS	O.C.H
M-1	55	1.07	1.769 g/Cm3	Método "A"	
M-2	26	0.89	1.688 g/Cm3	1.768 g/Cm3	13.45%
M-3	12	1.68	1.602 g/Cm3		

Fuente: Elaboración Propia.

En la segunda muestra podemos observar que se ha determinado la densidad seca de acuerdo al número de golpes siendo el más elevado el de 55 golpes con 1.769 g/Cm3 sin embargo con respecto al porcentaje de expansión el más bajo es la muestra numero dos con 0.89 %, además cabe resaltar que el M.D.S es 1.768g/Cm3 y el O.C.H es 13.45% que vendría a ser del Proctor obtenido de la Tercera Calicata.

Gráfico 7: Grafico del MDS a partir del Proctor C-3.



Fuente: Elaboración Propia.

Ahora en cuanto al proceso de penetración del ensayo de CBR es necesario obtenerlo a partir de la carga Unitaria y obtendrá los resultados en condiciones de Saturación.

Cuadro 16: Resumen de resultados de CBR C-3.

CBR A LA PENETRACIÓN		% MDS	CBR %
0.1 "	0.1 "	100	5.2
	0.1 "	95	2.9
0.2 "	0.2 "	100	6.0
	0.2 "	95	3.3

Fuente: Elaboración Propia.

El C.B.R al 95 % de la Máximo contenido de Humedad a 0.1" pulgadas (2.54 cm) es de 2.9 %.

CALICATA 4

Obtendremos la expansión además de la Densidad Seca que son los resultados del suelo compactado a 56, 25, 10 golpes e hinchamiento de acuerdo a la norma ASTM D1883.

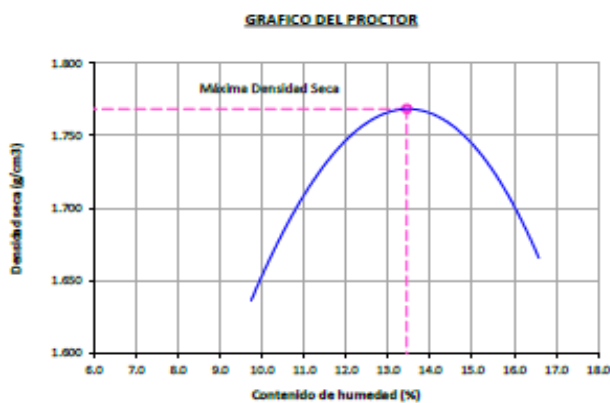
Cuadro 17: Resultados del Hinchamiento C-4

TERRENO NATURAL					
CALICATA C-4	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	EXPANSIÓN (%)	DENSIDAD SECA (g/Cm3)	MDS	O.C.H
M-1	55	0.1	1.886 g/Cm3	Método "A" 1.881 g/Cm3 12.08%	
M-2	26	0.16	1.812 g/Cm3		
M-3	12	0.2	1.709 g/Cm3		

Fuente: *Elaboración Propia.*

En la segunda muestra podemos observar que se ha determinado la densidad seca de acuerdo al número de golpes siendo el más elevado el de 55 golpes con 1.881 g/Cm³ sin embargo con respecto al porcentaje de expansión el más bajo con 0.10%, además cabe resaltar que el M.D.S es 1.881g/Cm³ y el O.C.H es 12.08% que vendría a ser del Proctor obtenido de la Cuarta Calicata.

Gráfico 8: Grafico del MDS a partir del Proctor C-4.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Ahora en cuanto al proceso de penetración del ensayo de CBR es necesario obtenerlo a partir de la carga Unitaria y obtendrá los resultados en condiciones de Saturación.

Cuadro 18: Resumen de resultados de CBR C-4.

CBR A LA PENETRACIÓN		% MDS	CBR %
0.1 "	0.1 "	100	6.0
	0.1 "	95	4.8
0.2 "	0.2 "	100	6.6
	0.2 "	95	5.0

Fuente: *Elaboración Propia.*

El C.B.R al 95 % de la Máximo contenido de Humedad a 0.1” pulgadas (2.54 cm) es de 4.8 %.

5.4.3. MATERIA ORGANICA EN SUELOS (PERDIDA POR IGNICION) MTC E

118

Este ensayo nos permitirá la oxidación cuantitativa de la materia orgánica existen en nuestras calicatas más desfavorables, este será un ensayo que condiciona la

utilización de uno de los aditivos en investigación, según las especificaciones Técnicas Generales para construcción menciona que para la utilización de estabilizantes de sales dentro del cual se encuentra el cloruro de Sodio, deben estar limpios y no deben tener más del 3 % de su peso de materia orgánica.

Tabla 27: Resumen de resultados de la materia orgánica C-1.

DATOS DEL ENSAYO	N° 1	N° 1
(A) Peso del crisol + suelo seco antes de la ignición.	69.95 g.	72.12 g.
(B) Peso del crisol + suelo seco después de la ignición.	69.45 g.	71.68 g.
(C) Peso del crisol.	44.26 g.	51.54 g.
(D) Pérdida por ignición. (A-B)	0.50 g.	0.44 g.
(E) Peso suelo seco después de la ignición. (B-C)	25.19 g.	20.14 g.
Materia Orgánica (D/E*100)	2.0 %	2.2 %

Fuente: Elaboración Propia.

La calicata número uno contiene 2.1 % de materia orgánica por lo cual cumple para que pueda ser estabilizado con cloruro de sodio.

Además, en la Calicata numero dos podemos observar que llega a un contenido de materia orgánica de 2.8 % y así pueda estar en óptimas condiciones de poder estabilizarse.

Tabla 28: Resumen de resultados de la materia orgánica C-2.

DATOS DEL ENSAYO	N° 1	N° 1
(A) Peso del crisol + suelo seco antes de la ignición.	67.50 g.	69.58 g.
(B) Peso del crisol + suelo seco después de la ignición.	66.90 g.	69.05 g.
(C) Peso del crisol.	44.26 g.	51.54 g.
(D) Pérdida por ignición. (A-B)	0.60 g.	0.53 g.
(E) Peso suelo seco después de la ignición. (B-C)	22.64 g.	17.51 g.
Materia Orgánica (D/E*100)	2.7 %	3.0 %

Fuente: Elaboración Propia.

La calicata número tres ha conseguido obtener 2.4 % de materia orgánica cumpliendo así con el requerimiento establecido por la Norma para estabilizaciones con sales la cual debería contener menos del 3%.

Tabla 29: Resumen de resultados de la materia orgánica C-3.

DATOS DEL ENSAYO	N° 1	N° 1
(A) Peso del crisol + suelo seco antes de la ignición.	68.90 g.	68.10 g.
(B) Peso del crisol + suelo seco después de la ignición.	68.20 g.	67.80 g.
(C) Peso del crisol.	44.26 g.	51.54 g.
(D) Pérdida por ignición. (A-B)	0.70 g.	0.30 g.
(E) Peso suelo seco después de la ignición. (B-C)	23.94 g.	16.26 g.
Materia Orgánica (D/E*100)	2.9 %	1.8 %

Fuente: Elaboración Propia.

La calicata número cuatro contiene 2.5 % de materia orgánica cumpliendo así con el requerimiento establecido por la Norma para estabilizaciones con sales la cual debería contener menos del 3%.

Tabla 30: Resumen de resultados de la materia orgánica C-4.

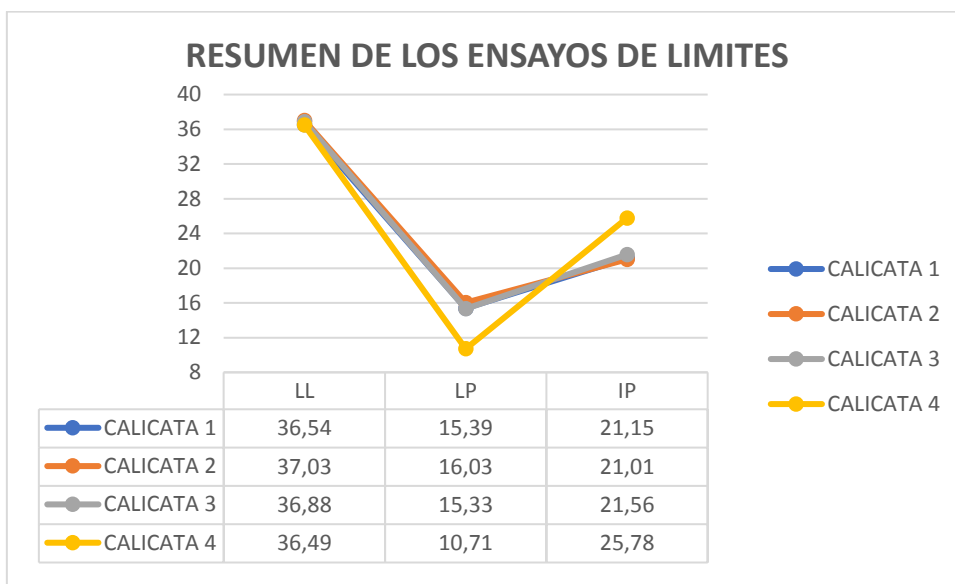
DATOS DEL ENSAYO	N° 1	N° 1
(A) Peso del crisol + suelo seco antes de la ignición.	68.10 g.	69.12 g.
(B) Peso del crisol + suelo seco después de la ignición.	67.50 g.	68.70 g.
(C) Peso del crisol.	44.26 g.	51.54 g.
(D) Pérdida por ignición. (A-B)	0.60 g.	0.42 g.
(E) Peso suelo seco después de la ignición. (B-C)	23.24 g.	17.16 g.
Materia Orgánica (D/E*100)	2.6 %	2.4 %

Fuente: Elaboración Propia.

5.4.4. SELECCIÓN DE LA MUESTRA MÁS DESFAVORABLE

Después de realizar la caracterización de las propiedades físicas y químicas de las cuatro calicatas observamos cuales son las muestras más desfavorables considerando su curva de densidad seca vs contenido de humedad y la capacidad de soporte del CBR.

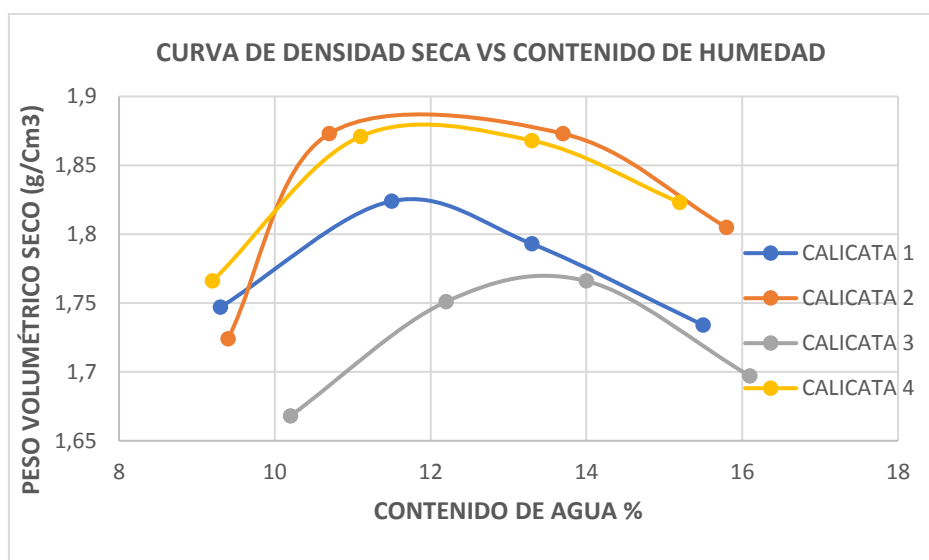
Gráfico 9: Resumen de los ensayos de Límites del Terreno Natural



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico se puede observar el resumen de los resultados de los límites de todas las calicatas que están en investigación, observando que se cumple la condición para poder utilizar una estabilización de sales en la cual menciona que estas muestran deberán tener un índice

Gráfico 10: Curva densidad máxima seca vs Contenido de Humedad de Terreno natural.

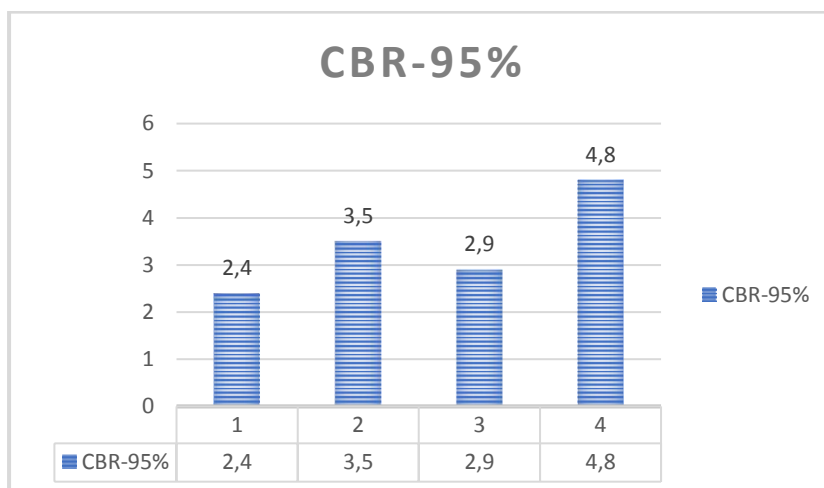


Fuente: Elaboración Propia.

En gráfico número 10: Curva de densidad vs contenido de Humedad de terreno natural se puede denotar la distribución de las 4 calicatas en investigación que han

sido utilizadas como muestras para determinar la muestra patrón, de las cuales observamos que la Calicata numero 2 tiene mayor densidad (1.873 g/Cm³) y la calicata número 3 es la más baja con (1.766 g/Cm³)

Gráfico 11: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de Terreno natural.



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico número 11: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de terreno natural se puede observar que la calicata 4 es la que presenta mayor porcentaje de CBR con 4.8 % mientras que la calicata número 1 presenta 2.4% de CBR.

Observando los resultados obtenidos en las muestras del terreno natural, podemos determinar que la **CALICATA NÚMERO 1** ha sido la más desfavorable obteniendo solo el 2.4 % de CBR describiéndolo como un suelo muy malo, casi inservible para lo cual será nuestra muestra patrón para estabilizar con el aditivo Cloruro de Sodio y sistema Consolid.

5.4.5. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA

Luego de realizar la granulometría de acuerdo a la norma MTC E 107 describe que sí en dicho ensayo la muestra que pasa por el tamiz N°200 más del 50% se tendría que realizar un análisis granulométrico por hidrometría, por tal motivo se ha realizado la hidrometría a la muestra más desfavorable siendo la calicata N°1 que pasa 85,20% obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 31: Resumen del ensayo por hidrometría.

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
24/10/2019	10:35	1	17.00	22.2	100.8	109.84	267.18	17.1	10.72	10.72	0.013	0.0426	227.63
24/10/2019	10:36	2	15.00	23.1	78.7	85.70	208.45	15.1	11.38	5.69	0.013	0.0310	177.60
24/10/2019	10:38	4	14.00	24.5	68.7	74.66	181.61	14.1	11.71	2.93	0.013	0.0222	154.73
24/10/2019	10:42	8	12.00	25.6	50.7	54.67	132.98	12.1	12.36	1.55	0.013	0.0162	113.30
24/10/2019	10:49	15	11.00	24.6	42.7	45.71	111.19	11.1	12.69	0.85	0.013	0.0120	94.73
24/10/2019	11:04	30	10.00	23.5	35.4	37.45	91.08	10.1	13.02	0.43	0.013	0.0089	77.60
24/10/2019	11:34	60	10.00	23.5	35.4	37.45	91.08	10.1	13.02	0.22	0.013	0.0063	77.60
24/10/2019	12:34	120	7.00	23.5	17.8	16.80	40.87	7.1	14.00	0.12	0.013	0.0046	34.82
24/10/2019	14:34	240	6.00	23.5	13.3	11.30	27.49	6.1	14.33	0.06	0.013	0.0033	23.42
24/10/2019	16:34	360	5.00	23.5	9.5	6.50	15.80	5.1	14.66	0.04	0.013	0.0027	13.46
24/10/2019	22:34	720	4.00	23.5	6.4	2.38	5.79	4.1	14.98	0.02	0.013	0.0019	4.94
25/10/2019	10:34	1440	3.50	23.5	5.1	0.58	1.42	3.6	15.15	0.01	0.014	0.0014	1.21

Fuente: Elaboración Propia.

5.4.6. PH EN LOS SUELOS (MTC E 129)

Aquí se determinará el valor del PH para determinar el grado de acidez o alcalinidad siendo una condicionante para la utilización del cloruro de sodio que le piden que tenga valores de 5 a 8%.

Se realizó el ensayo de PH al suelo de la muestra patrón obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 19: Resultado del Ph de Calicata N°1

PH DE SUELO (ASTM D4972-81)			
C-1	10 % (Gr)	AGUA DESTILADA	PH
	10 gr	20 ml	8.30

Fuente: Elaboración Propia.

Para la muestra patrón de la investigación se ha logrado un PH de 8.30 siendo así un suelo alcalino.

5.4.7. PH DE M.P + 2% DE CLORURO DE SODIO

Se realiza el ensayo de PH del suelo más la adición del 2% Cloruro de Sodio con la finalidad de poder determinar el potencial de hidrógeno que puede encontrarse en

una muestra y poder diferenciar si es un suelo ácido o alcalino tomando en consideración la norma ASTM D4972-18.

Cuadro 20: Resultado del Ph de M.P +2% cloruro de Sodio.

PH DE SUELO (ASTM D4972-81)			
2%	10 % (Gr)	AGUA DESTILADA	PH
	3 gr	20 ml	8.02

Fuente: Elaboración Propia.

Para la dosificación de 2 % de cloruro de sodio se ha logrado un PH de 8.02 siendo así un suelo alcalino.

5.4.8. PH DE M.P + 6% DE CLORURO DE SODIO

Se realiza el ensayo de PH del suelo más la adición del 6% Cloruro de Sodio con la finalidad de poder determinar el potencial de hidrógeno que puede encontrarse en una muestra y poder diferenciar si es un suelo ácido o alcalino tomando en consideración la norma ASTM D4972-18.

Cuadro 21: Resultado del Ph de M.P +6% cloruro de Sodio

PH DE SUELO (ASTM D4972-81)			
6%	10 % (Gr)	AGUA DESTILADA	PH
	0.8 gr	20 ml	7.81

Fuente: Elaboración Propia.

Para la dosificación de 6% se ha logrado un PH de 7.81 siendo así un suelo alcalino.

5.4.9. PH DE M.P + 10% DE CLORURO DE SODIO

Se realiza el ensayo de PH del suelo más la adición del 10 % Cloruro de Sodio con la finalidad de poder determinar el potencial de hidrógeno que puede encontrarse en una muestra y poder diferenciar si es un suelo ácido o alcalino tomando en consideración la norma ASTM D4972-18.

Cuadro 22: Resultado del Ph de M.P +10% cloruro de Sodio

PH DE SUELO (ASTM D4972-81)			
10%	10 % (Gr)	AGUA DESTILADA	PH
	0.10 gr	20 ml	7.75

Fuente: Elaboración Propia.

Para la dosificación de 10% se ha logrado un PH de 7.75 siendo así un suelo alcalino.

5.4.10. PH DE M.P + 15% DE CLORURO DE SODIO

Se realiza el ensayo de PH del suelo más la adición del 15% Cloruro de Sodio con la finalidad de poder determinar el potencial de hidrógeno que puede encontrarse en una muestra y poder diferenciar si es un suelo ácido o alcalino tomando en consideración la norma ASTM D4972-18.

Cuadro 23: Resultado del Ph de M.P +15% cloruro de Sodio.

PH DE SUELO (ASTM D4972-81)			
15%	10 % (Gr)	AGUA DESTILADA	PH
	15 gr	20 ml	7.99

Fuente: Elaboración Propia.

Para la dosificación de 15% se ha logrado un PH de 7.99 siendo así un suelo alcalino.

5.4.11. LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318) CON M.P + 2 % CLORURO DE SODIO.

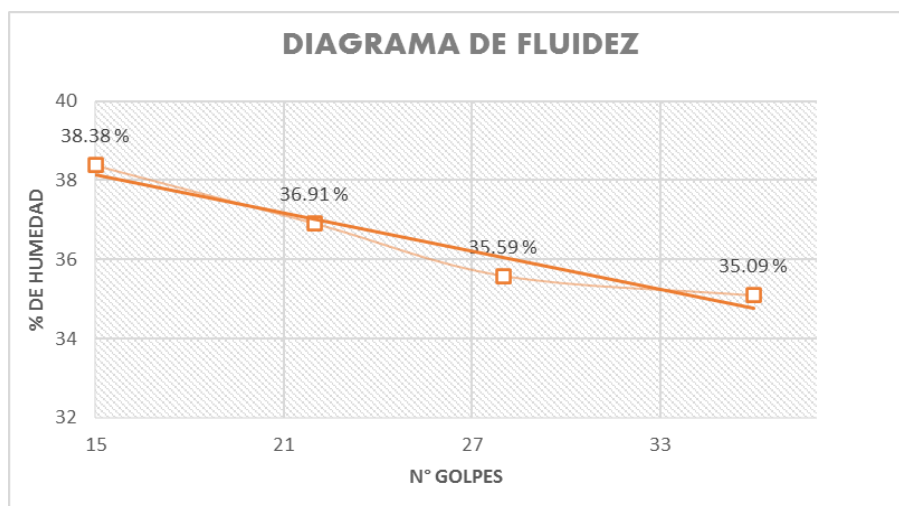
Se realiza el ensayo con el material que pasa la malla N°200 teniendo los siguientes resultados:

Tabla 32: Resultados Obtenidos de los Límites de Atterberg + 2% de cloruro de sodio.

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	A-01	A-02	A-03	A-04	A-05	A-06
Número de capsula						
Número de golpes	15	22	28	36	---	---
Peso de capsula + suelo húmedo (g)	22.54	24.74	26.22	25.6	12.43	11.45
Peso de capsula + suelo seco (g)	18.69	20.72	21.80	21.2	11.57	11.03
Peso del Agua (g)	3.85	4.02	4.42	4.4	0.86	0.42
Peso de la capsula (g)	8.66	9.83	9.38	8.66	7.13	8.72
Peso del suelo seco (g)	10.03	10.89	12.42	12.54	4.44	2.31
Porcentaje de humedad (%)	38.38	36.91	35.59	35.09	19.37	18.18

Fuente: LMSCEACH (Laboratorio)

Gráfico 12: Diagrama de Fluidez con 2 % adición de Cloruro de sodio.



Fuente: Elaboración Propia.

RESULTADOS:

- LÍMITE LÍQUIDO: 36 %
- LÍMITE PLÁSTICO: 19 %
- ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 17 %

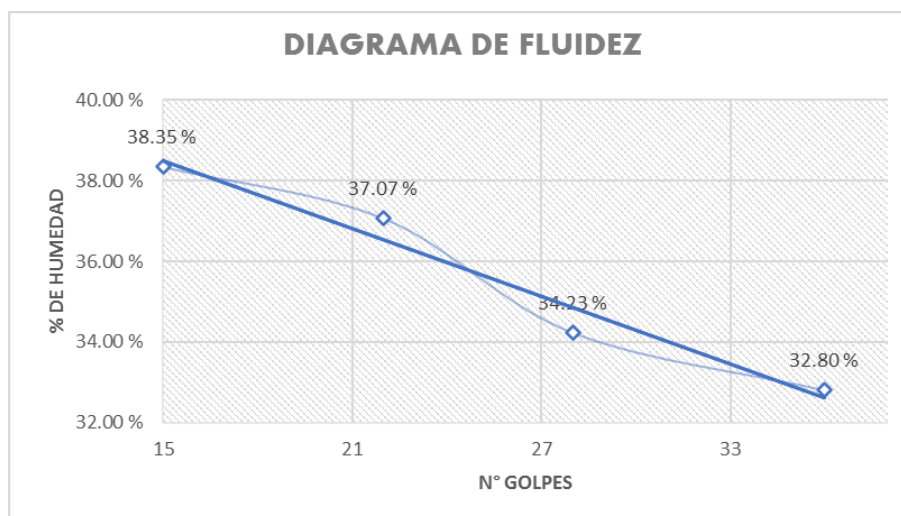
5.4.12. LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318) CON M.P +6 % CLORURO DE SODIO.

Tabla 33: Resultados Obtenidos de los Límites de Atterberg + 2% de cloruro de sodio.

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	A-01	A-02	A-03	A-04	A-05	A-06
Número de capsula						
Número de golpes	15	22	28	36	---	---
Peso de capsula + suelo húmedo (g)	26.26	25.88	24.24	26.8	11.84	11.75
Peso de capsula + suelo seco (g)	21.37	21.08	20.28	22.32	11.04	11.25
Peso del Agua (g)	4.89	4.8	3.96	4.48	0.80	0.5
Peso de la capsula (g)	8.62	8.13	8.71	8.66	7.15	8.72
Peso del suelo seco (g)	12.75	12.95	11.57	13.66	3.89	2.53
Porcentaje de humedad (%)	38.35	37.07	34.23	32.80	20.57	19.76

Fuente: LMSCEACH (Laboratorio)

Gráfico 13: Diagrama de Fluidez con 2 % adición de Cloruro de sodio.



Fuente: Elaboración Propia.

RESULTADOS:

- LÍMITE LÍQUIDO: 35 %
- LÍMITE PLÁSTICO: 20 %
- ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 15 %

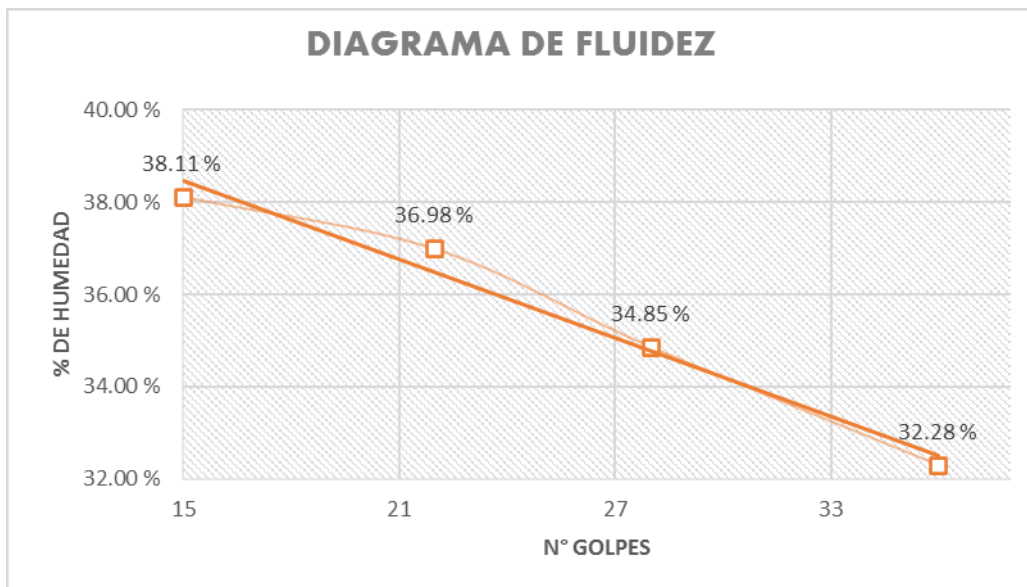
5.4.13. LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318) CON M.P +10 % CLORURO DE SODIO.

Tabla 34: Resultados Obtenidos de los Límites de Atterberg + 10% de cloruro de sodio

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	A-01	A-02	A-03	A-04	A-05	A-06
Número de capsula						
Número de golpes	15	22	28	36	---	---
Peso de capsula + suelo húmedo (g)	27.06	23.81	26.91	26.9	10.30	10.85
Peso de capsula + suelo seco (g)	22.01	19.92	22.24	22.41	9.82	10.53
Peso del Agua (g)	5.05	3.89	4.67	4.49	0.48	0.32
Peso de la capsula (g)	8.76	9.40	8.84	8.50	7.15	8.72
Peso del suelo seco (g)	13.25	10.52	13.40	13.91	2.67	1.81
Porcentaje de humedad (%)	38.11	36.98	34.85	32.28	17.98	17.68

Fuente: LMSCEACH (Laboratorio)

Tabla 35: Diagrama de Fluidez con 10 % adición de Cloruro de sodio.



Fuente: Elaboración Propia.

RESULTADOS:

- LÍMITE LÍQUIDO: 35 %
- LÍMITE PLÁSTICO: 18 %
- ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 17 %

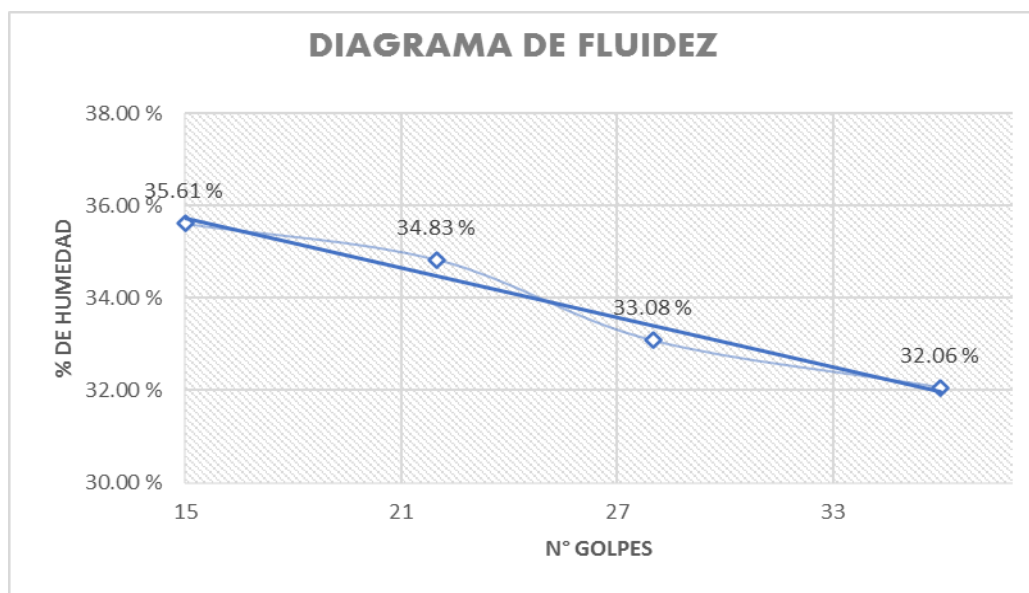
5.4.14. LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318) CON M.P +15 % CLORURO DE SODIO.

Tabla 36: Resultados Obtenidos de los Límites de Atterberg + 15% de cloruro de sodio.

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	A-01	A-02	A-03	A-04	A-05	A-06
Número de capsula						
Número de golpes	15	22	28	36	---	---
Peso de capsula + suelo húmedo (g)	24.67	27.23	25.23	28.6	11.32	11.65
Peso de capsula + suelo seco (g)	20.40	22.66	21.30	23.72	10.70	11.20
Peso del Agua (g)	4.27	4.57	3.93	4.88	0.62	0.45
Peso de la capsula (g)	8.41	9.54	9.42	8.50	7.26	8.72
Peso del suelo seco (g)	11.99	13.12	11.88	15.22	3.44	2.48
Porcentaje de humedad (%)	35.61	34.83	33.08	32.06	18.02	18.15

Fuente: LMSCEACH (Laboratorio)

Gráfico 14: Diagrama de Fluidez con 15 % adición de Cloruro de sodio.



Fuente: Elaboración Propia.

RESULTADOS:

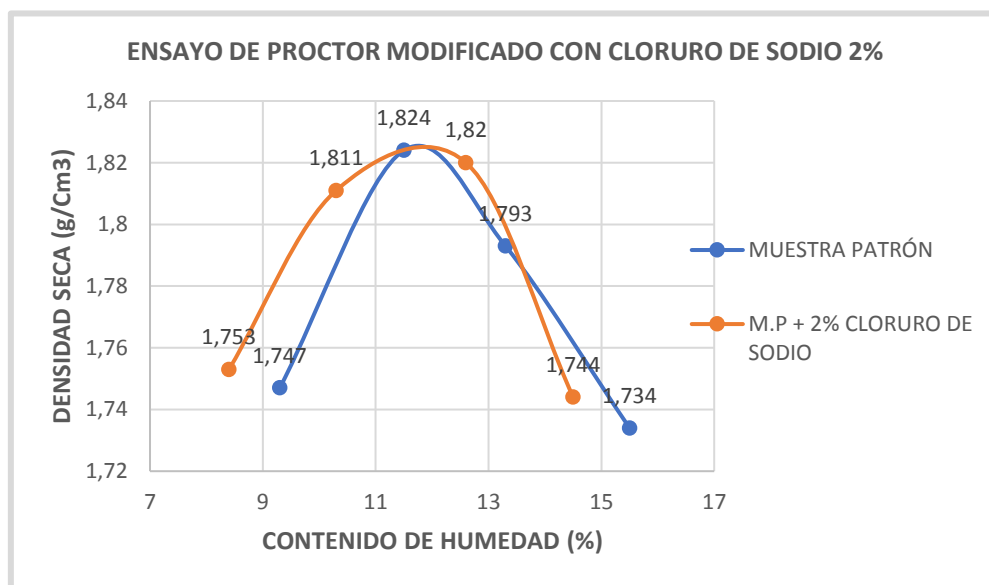
- LÍMITE LÍQUIDO: 34 %
- LÍMITE PLÁSTICO: 18 %
- ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 16 %

5.4.15. ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO 2%.

Para el ensayo de Proctor modificado con la adición del cloruro de sodio se ha tenido que seleccionar la muestra Patrón más desfavorable siendo esta la calicata N°1 al ser la muestra con resultados más bajos del ensayo de capacidad de soporte (CBR) y una de las más bajas de la densidad seca la cual será llamada en adelante muestra patrón.

Para lo cual se ha realizado el ensayo de compactación del Proctor modificado en laboratorio, con la muestra patrón y con la adición del cloruro de sodio con una dosificación del 2%, recordando que dicha calicata es de la Urbanización el Parral en el distrito de la victoria teniendo como resultados de máxima densidad seca y contenido de humedad en la siguiente tabla:

Gráfico 15: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con Cloruro de Sodio 2%.



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico podemos determinar que la adición del 2% del cloruro de sodio no ha sido determinante en el incremento de la densidad seca con relación a la muestra patrón que alcanzó 1.824 g/cm³ mientras que con el 2% de Sodio alcanzó 1.827 g/cm³.

5.4.16. ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO 6%.

se ha realizado el ensayo de compactación del Proctor modificado en laboratorio, con la muestra patrón y con la adición del cloruro de sodio con una dosificación del 6%, recordando que dicha calicata es de la Urbanización el Parral en el distrito de la victoria teniendo como resultados de máxima densidad seca y contenido de humedad en la siguiente tabla:

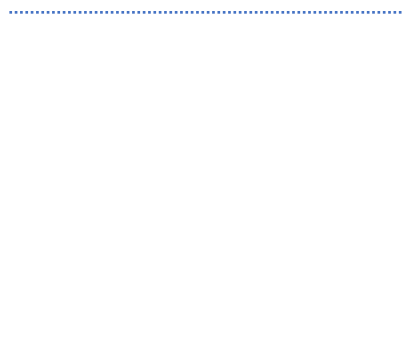
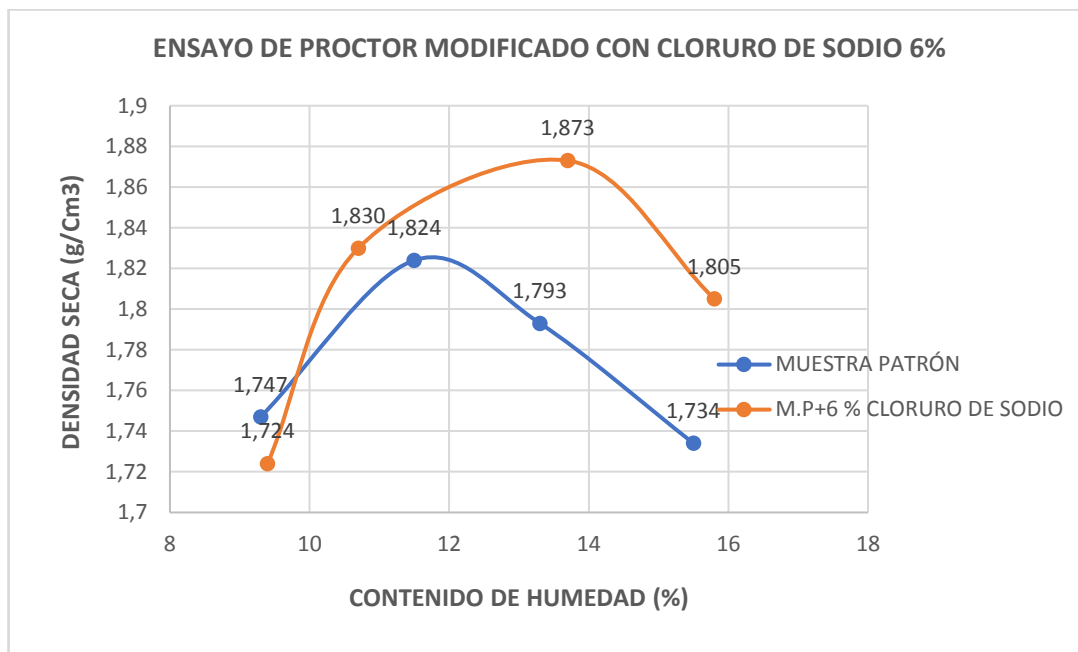


Gráfico 16: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con Cloruro de Sodio 6%.



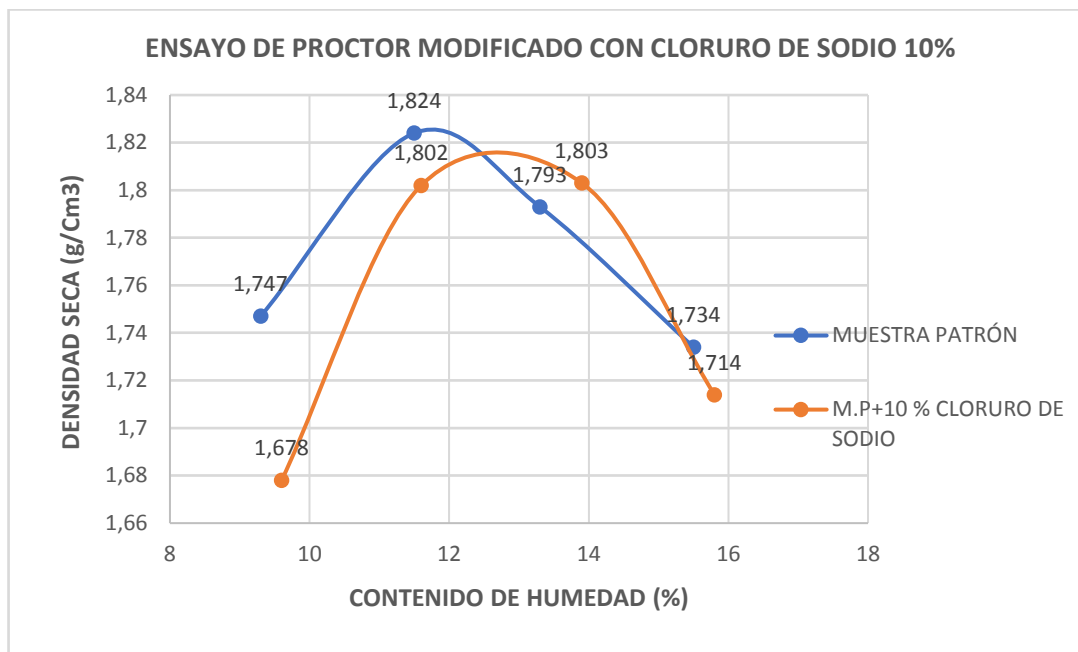
Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico podemos determinar que la adición del 6 % del cloruro de sodio ha sido visible el incremento de la densidad seca con (1.882 g/Cm3) con relación a la muestra patrón que alcanzó 1.824 g/Cm3 esto se debe a que las arcillas al estar formadas por silicatos de aluminio hidratados y tienden a tener carga negativa estos al estar en contacto con el cloruro de sodio que tiene carga positiva, llegan a tener una atracción muy fuerte brindando un incremento de la densidad máxima seca del suelo y dando un buen indicador de los resultados que podría alcanzar en los resultados de CBR.

5.4.17. ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO 10%.

Al realizar el ensayo de compactación del Proctor modificado en laboratorio, con la muestra patrón y con la adición del cloruro de sodio con una dosificación del 10%, recordando que dicha calicata es de la Urbanización el Parral en el distrito de la victoria teniendo como resultados de máxima densidad seca y contenido de humedad en la siguiente tabla:

Gráfico 17: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con Cloruro de Sodio 10%.



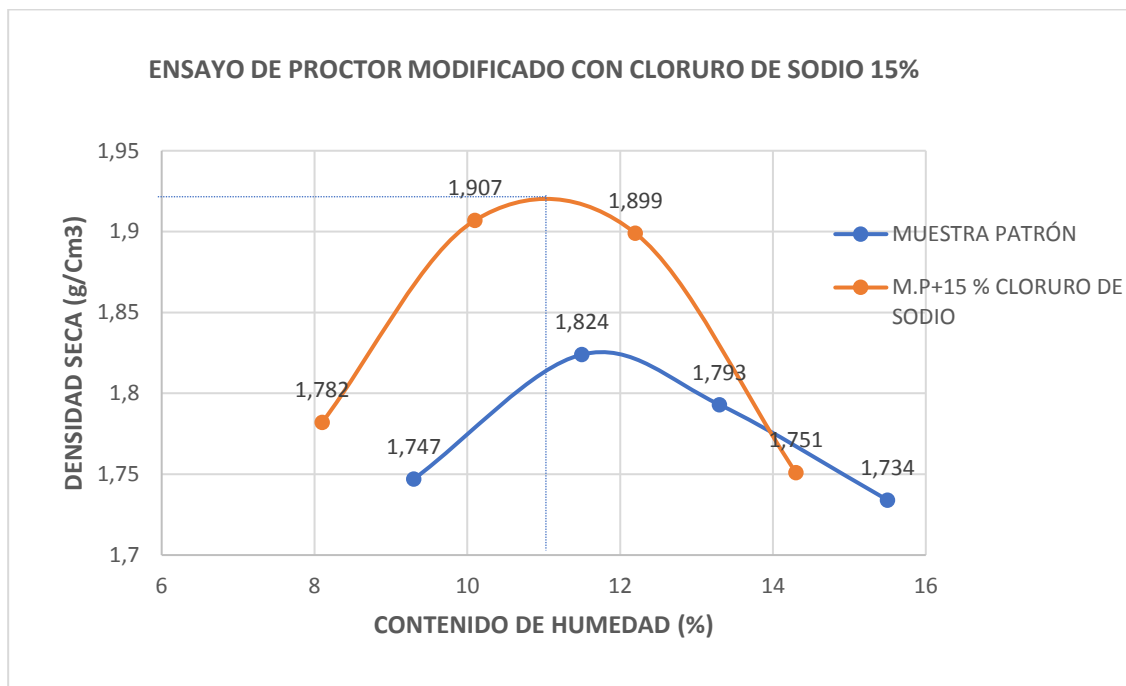
Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico podemos determinar que la adición del 10 % del cloruro de sodio ha sido indiferente en los resultados con respecto a la densidad seca logrando alcanzar solo 1.820 (g/Cm³) a diferencia de la muestra patrón que tiene 1.824 (g/Cm³) con un óptimo contenido de humedad de 12.73%.

5.4.18. ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO 15%.

Al realizar el ensayo de compactación del Proctor modificado en laboratorio, con la muestra patrón y con la adición del cloruro de sodio con una dosificación del 15%, se podrá determinar la comparación de ambos además recordando que dicha calicata es de la Urbanización el Parral en el distrito de la victoria teniendo como resultados de máxima densidad seca y contenido de humedad en la siguiente tabla:

Gráfico 18: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con Cloruro de Sodio 15%.



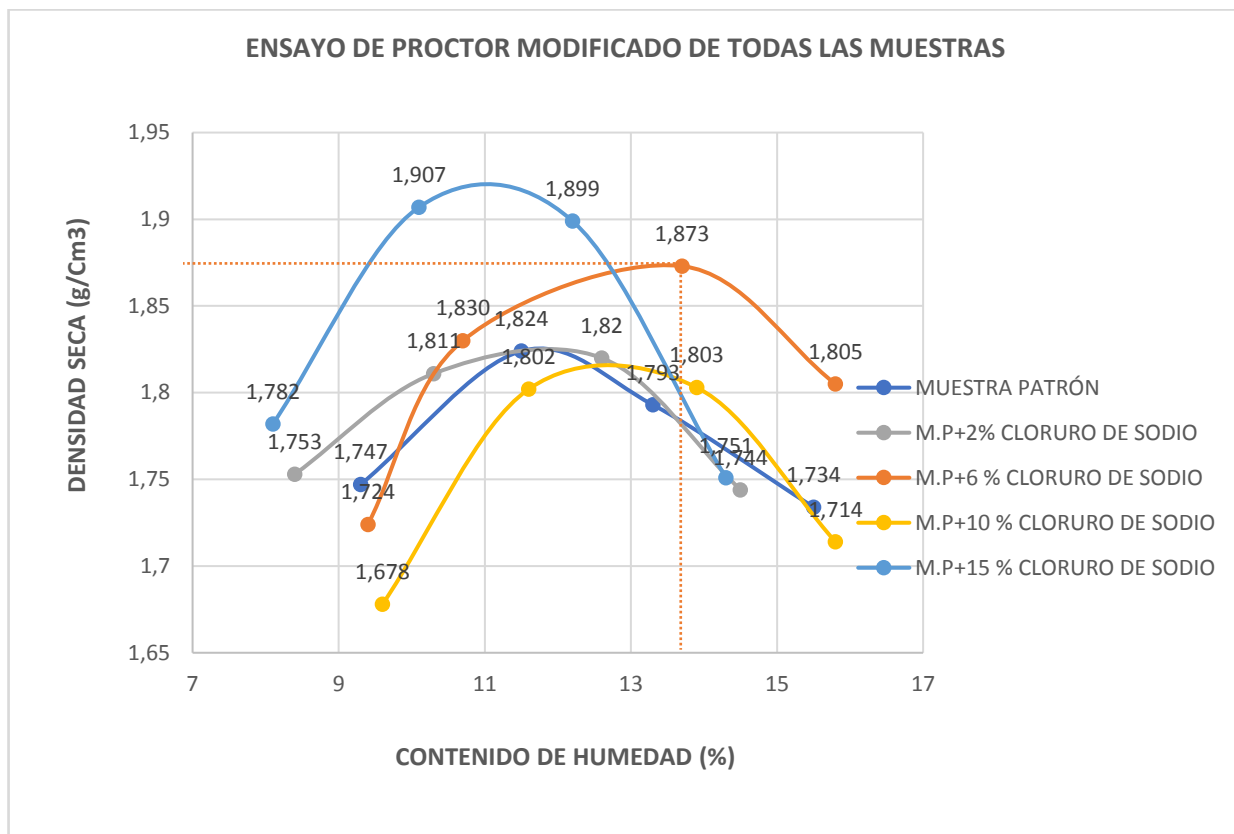
Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico podemos determinar que la adición del 15 % del cloruro de sodio ha sido importante en los resultados con respecto a la densidad seca logrando alcanzar 1.922 (g/Cm3) con un óptimo contenido de humedad de 11.07 % a diferencia de la muestra patrón que tiene 1.824 (g/Cm3) esto se debe como ya se explicó las arcillas al estar formadas por silicatos de aluminio hidratados y tienden a tener carga negativa estos al estar en contacto con el cloruro de sodio que tiene carga positiva, llegan a tener una atracción muy fuerte brindando un incremento de la densidad máxima seca del suelo y dando un buen indicador de los resultados que podría alcanzar en los resultados de CBR muy buenos.

5.4.19. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR Y COMPARACIÓN DE MUESTRAS TOTALES CON CLORURO DE SODIO VS TERRENO NATURAL.

Se ha realizado la comparación de todas las densidades secas vs el contenido de humedad para poder determinar el más conveniente para la investigación teniéndose los siguientes resultados:

Gráfico 19: Resultados de Proctor Modificado de todas las muestras dosificadas vs terreno natural.



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico podemos determinar que la adición del 15 % del cloruro de sodio ha sido importante en los resultados con respecto a las demás muestras obteniendo como densidad seca 1.922 (g/Cm³) seguida de la muestra con adición de cloruro de sodio del 6% que obtuvo 1.882 (g/ Cm³) a diferencia de la muestra patrón que tiene 1.824 (g/Cm³) pero con un porcentaje de optima humedad de 11.49% , mientras que el 6% tiene 13.70 % de optima humedad y el 15% de dosificación contiene el 11.07% de contenido de humedad optima.

5.4.20. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 2 % DE ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO.

Se ha realizado los ensayos de CBR para la muestra patrón añadiendo 2 % de cloruro de sodio es decir 70 gr serán de está adición y 5430 gr será de la muestra patrón teniendo una muestra total de 5500 gr para las tres muestras que se realizarán por cada dosificación teniendo los resultados en la siguiente tabla:

Cuadro 24: Densidad seca de las capas con el 2% de adición de cloruro de sodio.

CBR-CON ADICIÓN DEL 2% CLORURO DE SODIO				
M.P + 2 % CLORURO DE SODIO	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	DENSIDAD SECA (g/Cm3)	MDS	O.C.H
M-1	55	1.828 g/Cm3	Método "A"	
M-1	26	1.745 g/Cm3	1.827 g/Cm3	11.73%
M-2	12	1.690 g/Cm3		
M-2	55	1.829 g/Cm3		
M-2	26	1.747 g/Cm3		
M-2	12	1.694 g/Cm3		
M-2	55	1.828 g/Cm3		
M-2	26	1.747 g/Cm3		
M-2	12	1.692 g/Cm3		

Fuente: Elaboración Propia.

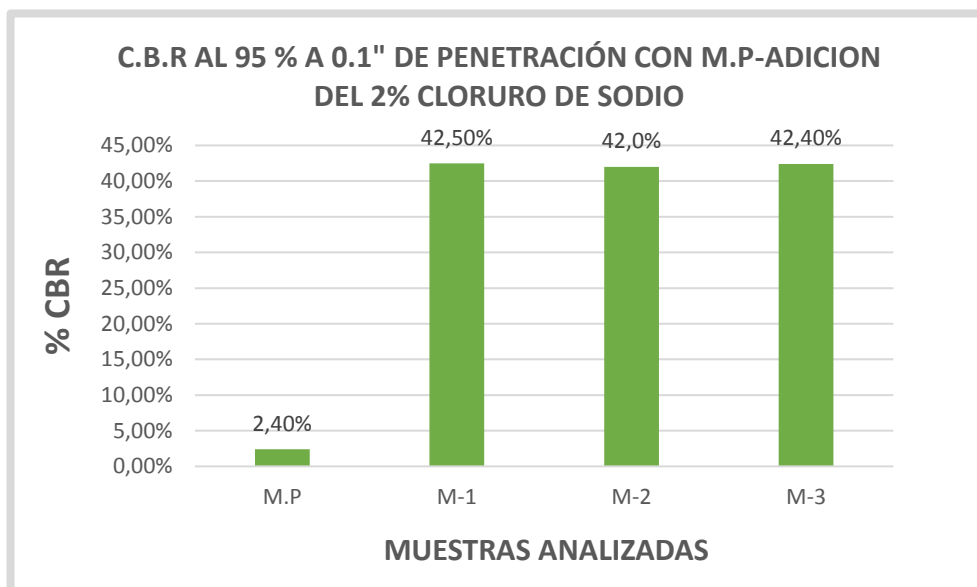
Cuadro 25: Resultados del CBR con adición del 2% de Cloruro de Sodio.

MUESTRA	CBR A LA PENETRACIÓN		% MDS	CBR %
M-1	0.1 "	0.1 "	100	69.5
		0.1 "	95	42.5
	0.2 "	0.2 "	100	71.2
		0.2 "	95	45.1
M-2	0.1 "	0.1 "	100	70.2
		0.1 "	95	42.0
	0.2 "	0.2 "	100	70.9
		0.2 "	95	44.1
M-3	0.1 "	0.1 "	100	70.8
		0.1 "	95	42.4
	0.2 "	0.2 "	100	71.4
		0.2 "	95	44.5

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó los ensayos de CBR teniendo los resultados tanto al 95% como al 100% ya sea a 1" o 2" de penetración, realizando una comparación considerando la muestra patrón.

Gráfico 20: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición del 2% de Cloruro de Sodio.



Fuente: Elaboración Propia.

Del resultado obtenido se tomará el promedio si las muestras son menores de 6 y si son similares; se observa el incremento de 2.4% al promedio alcanzado de 42.3% aproximadamente teniendo un aumento de 39.90 % al 95% de 0.1" de penetración, siendo un buen resultado para la estabilización de dicho suelo.

5.4.21. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 6 % DE ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO.

Se ha realizado los ensayos de CBR para la muestra patrón añadiendo 6 % de cloruro de sodio es decir 210 gr serán de está adición y 5290 gr será de la muestra patrón teniendo una muestra total de 5500 gr para las tres muestras que se realizarán por cada dosificación teniendo los resultados en la siguiente tabla:

Cuadro 26: Densidad seca de las capas con el 6% de adición de cloruro de sodio.

CBR-CON ADICIÓN DEL 6 % CLORURO DE SODIO				
M.P + 6 % CLORURO DE SODIO	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	DENSIDAD SECA (g/Cm3)	MDS	O.C.H
M-1	55	1.891 g/Cm3	Método "A"	
M-1	26	1.796 g/Cm3	1.882 g/Cm3	12.73%
M-2	12	1.737 g/Cm3		
M-2	55	1.892 g/Cm3		
M-2	26	1.799 g/Cm3		
M-2	12	1.738 g/Cm3		
M-2	55	1.890 g/Cm3		
M-2	26	1.797 g/Cm3		
M-2	12	1.737 g/Cm3		

Fuente: Elaboración Propia.

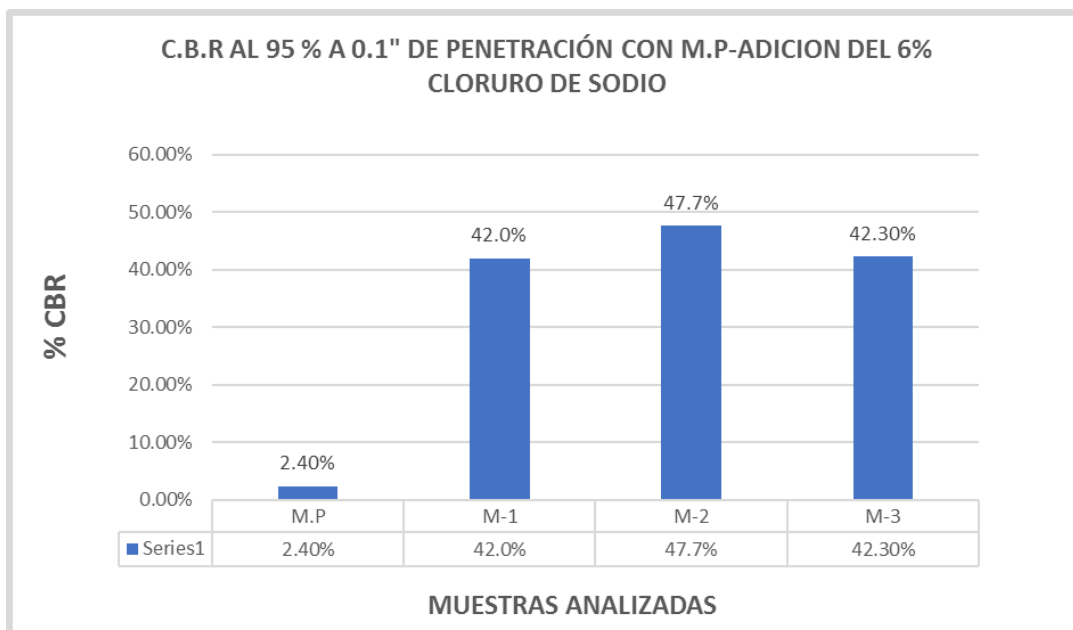
Cuadro 27: Resultados del CBR con adición del 6% de Cloruro de Sodio.

MUESTRA	CBR A LA PENETRACIÓN	% MDS	CBR %	
M-1	0.1 "	0.1 "	100	74.1
		0.1 "	95	42.0
	0.2 "	0.2 "	100	76.6
		0.2 "	95	46.7
M-2	0.1 "	0.1 "	100	74.3
		0.1 "	95	47.7
	0.2 "	0.2 "	100	77.1
		0.2 "	95	49.6
M-3	0.1 "	0.1 "	100	74.7
		0.1 "	95	42.3
	0.2 "	0.2 "	100	77.1
		0.2 "	95	46.9

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó los ensayos de CBR teniendo los resultados tanto al 95% como al 100% ya sea a 1" o 2" de penetración, realizando una comparación considerando la muestra patrón de los cuales se determinará el promedio de los resultados de CBR para el diseño de la carpeta estructural de un pavimento.

Gráfico 21: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición del 6% de Cloruro de Sodio.



Fuente: Elaboración Propia.

Del resultado obtenido se observa el incremento del promedio de los CBR de acuerdo a lo estipulado en la MTC siendo el promedio 44%; por lo tanto, de 2.4% a 44% aproximadamente ha teniendo un aumento de 41.60 % al 95% de 0.1" de penetración, siendo un buen resultado para la estabilización de dicho suelo.

Además de ser la segunda dosificación con mayor densidad seca con 1.882 g/Cm³

5.4.22. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 10 % DE ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO.

Se ha realizado los ensayos de CBR para la muestra patrón añadiendo 10 % de cloruro de sodio es decir 350 gr serán de esta adición y 5150 gr será de la muestra patrón teniendo una muestra total de 5500 gr para las tres muestras que se realizarán por cada dosificación teniendo los resultados en la siguiente tabla:

Cuadro 28: Densidad seca de las capas con el 10 % de adición de cloruro de sodio.

CBR-CON ADICIÓN DEL 10 % CLORURO DE SODIO				
M.P + 10 % CLORURO DE SODIO	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	DENSIDAD SECA (g/Cm3)	MDS	O.C.H
M-1	55	1.829 g/Cm3	Método "A"	
M-1	26	1.736 g/Cm3	1.820 g/Cm3	12.73%
M-2	12	1.660 g/Cm3		
M-2	55	1.823 g/Cm3		
M-2	26	1.737 g/Cm3		
M-2	12	1.667 g/Cm3		
M-2	55	1.826 g/Cm3		
M-2	26	1.739 g/Cm3		
M-2	12	1.666 g/Cm3		

Fuente: Elaboración Propia.

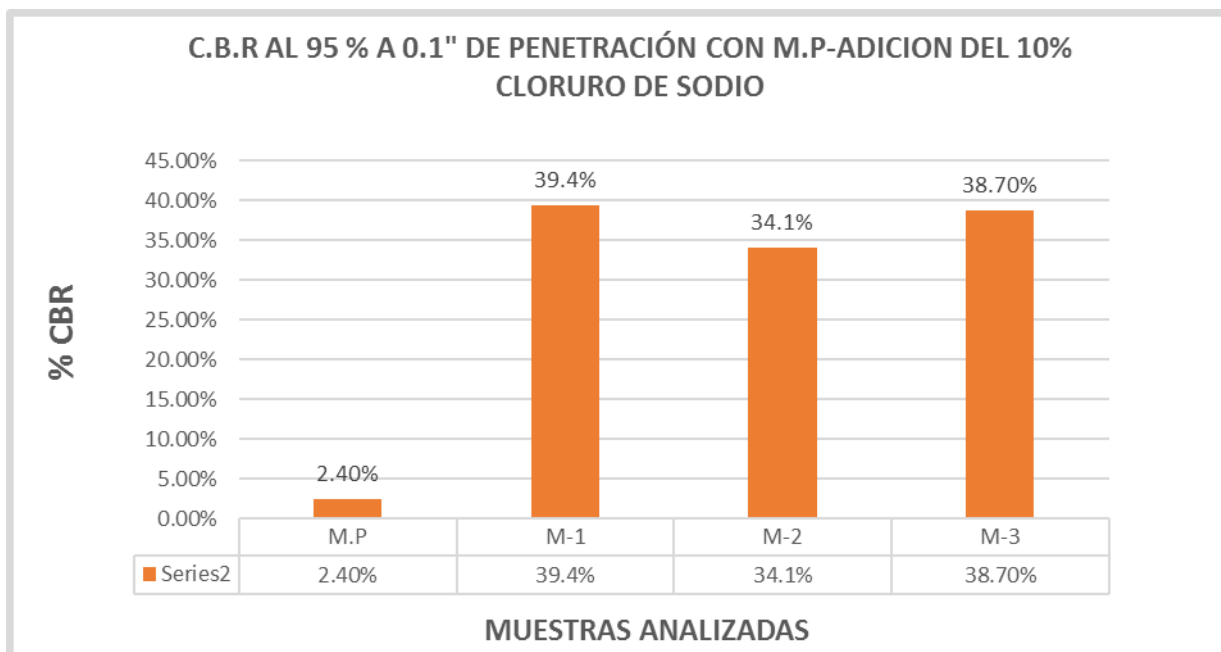
Cuadro 29: Resultados del CBR con adición del 10 % de Cloruro de Sodio.

MUESTRA	CBR A LA PENETRACIÓN		% MDS	CBR %
M-1	0.1 "	0.1 "	100	74.6
		0.1 "	95	39.4
	0.2 "	0.2 "	100	74.4
		0.2 "	95	39.4
M-2	0.1 "	0.1 "	100	77.0
		0.1 "	95	34.1
	0.2 "	0.2 "	100	76.8
		0.2 "	95	35.4
M-3	0.1 "	0.1 "	100	75.7
		0.1 "	95	38.7
	0.2 "	0.2 "	100	75.6
		0.2 "	95	38.7

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó los ensayos de CBR teniendo los resultados tanto al 95% como al 100% ya sea a 1" o 2" de penetración, realizando una comparación con el promedio de los 3 CBR de la misma dosificación considerando la muestra patrón.

Gráfico 22: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición del 10% de Cloruro de Sodio.



Fuente: Elaboración Propia.

Del resultado obtenido se observa el incremento del promedio del CBR logrado con la dosificación del 10% de cloruro de sodio de 2.4% que es el CBR de la muestra patrón, mientras que el promedio es 37.4 % aproximadamente teniendo un aumento de 35 % al 95% de 0.1" de penetración, siendo un buen resultado para la estabilización de dicho suelo.

Se debe considerar que la densidad seca con el 10% de adición del cloruro de sodio ha sido menor al de la muestra natural.

5.4.23. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 15 % DE ADICIÓN DEL CLORURO DE SODIO.

Se ha realizado los ensayos de CBR para la muestra patrón añadiendo 10 % de cloruro de sodio es decir 525 gr serán de está adición y 4975 gr será de la muestra patrón teniendo una muestra total de 5500 gr para las tres muestras que se realizarán por cada dosificación teniendo los resultados en la siguiente tabla:

Cuadro 30: Densidad seca de las capas con el 15 % de adición de cloruro de sodio.

CBR-CON ADICIÓN DEL 15 % CLORURO DE SODIO				
M.P + 15 % CLORURO DE SODIO	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	DENSIDAD SECA (g/Cm3)	MDS	O.C.H
M-1	55	1.925 g/Cm3	Método "A"	
M-1	26	1.829 g/Cm3	1.922 g/Cm3	11.07%
M-2	12	1.743 g/Cm3		
M-2	55	1.924 g/Cm3		
M-2	26	1.826 g/Cm3		
M-2	12	1.743 g/Cm3		
M-2	55	1.924 g/Cm3		
M-2	26	1.826 g/Cm3		
M-2	12	1.740 g/Cm3		

Fuente: Elaboración Propia.

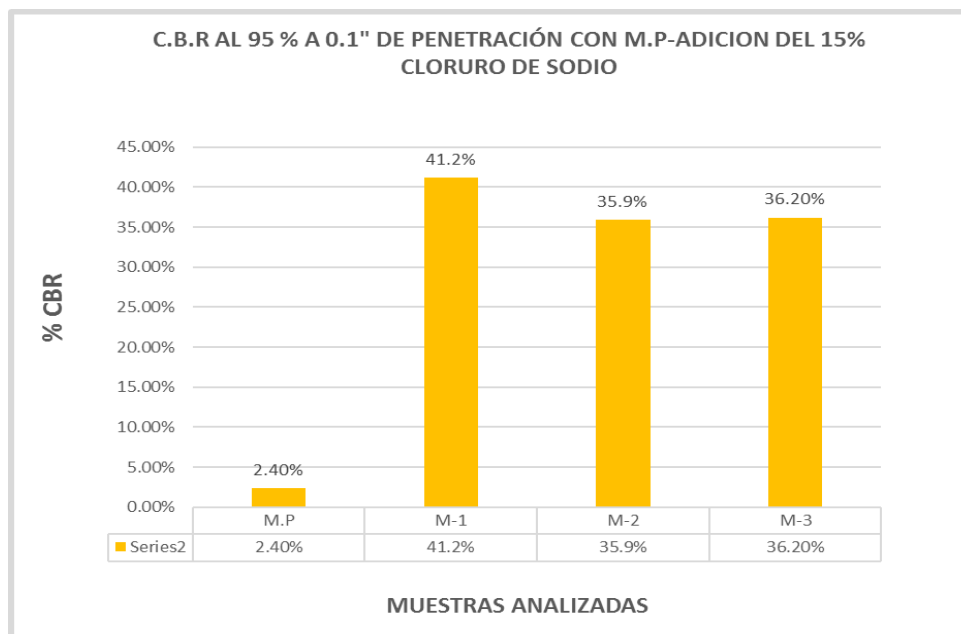
Cuadro 31: Resultados del CBR con adición del 15 % de Cloruro de Sodio.

MUESTRA	CBR A LA PENETRACIÓN		% MDS	CBR %
M-1	0.1 "	0.1 "	100	77.3
		0.1 "	95	41.2
	0.2 "	0.2 "	100	77.2
		0.2 "	95	41.2
M-2	0.1 "	0.1 "	100	77.2
		0.1 "	95	35.9
	0.2 "	0.2 "	100	77.1
		0.2 "	95	38.1
M-3	0.1 "	0.1 "	100	77.6
		0.1 "	95	36.2
	0.2 "	0.2 "	100	77.3
		0.2 "	95	38.3

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó los ensayos de CBR teniendo los resultados tanto al 95% como al 100% ya sea a 1" o 2" de penetración, realizando tres muestras de una misma dosificación para la comparación considerando la muestra patrón.

Gráfico 23: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición del 15 % de Cloruro de Sodio.



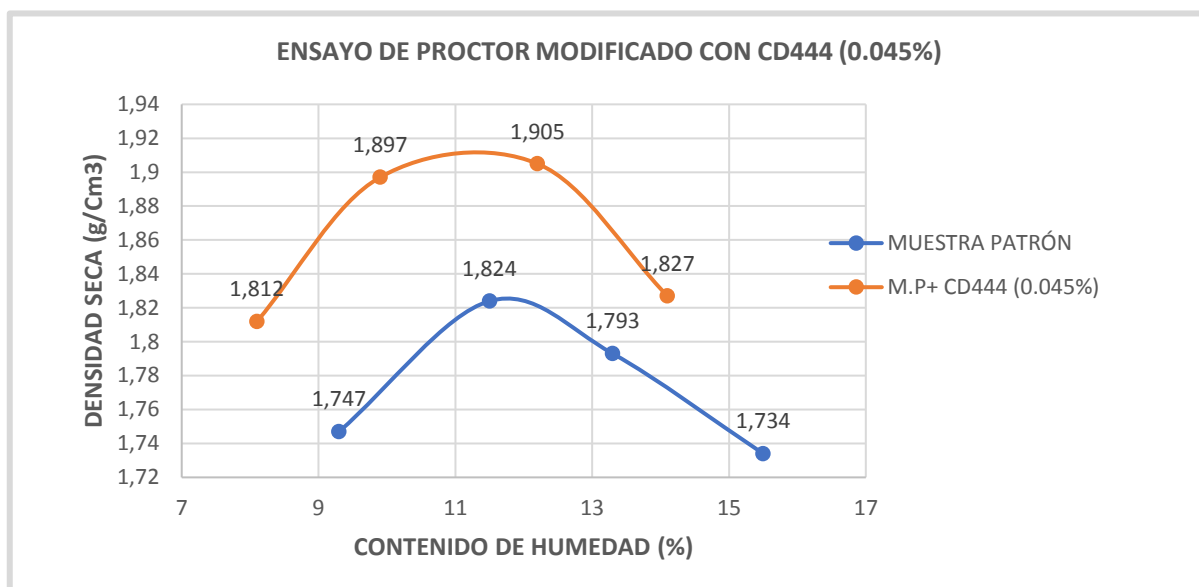
Fuente: Elaboración Propia.

Del resultado obtenido se observa el incremento del promedio del CBR logrado con la dosificación del 15 % de cloruro de sodio; considerando el CBR de 2.4% que es el CBR de la muestra patrón, mientras que el promedio es 37.76 % aproximadamente teniendo un aumento de 35.36 % al 95% de 0.1” de penetración, siendo un buen resultado para la estabilización de dicho suelo.

5.4.24. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 - (0.045%)

se ha realizado el ensayo de compactación del Proctor modificado en laboratorio, con la muestra patrón y con la adición de la adición de Consolid CD444 con una dosificación recomendada de 0.045%, recordando que dicha calicata es de la Urbanización el Parral en el distrito de la victoria teniendo como resultados de máxima densidad seca y contenido de humedad en la siguiente tabla:

Gráfico 24: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con CD444 (0.045%).



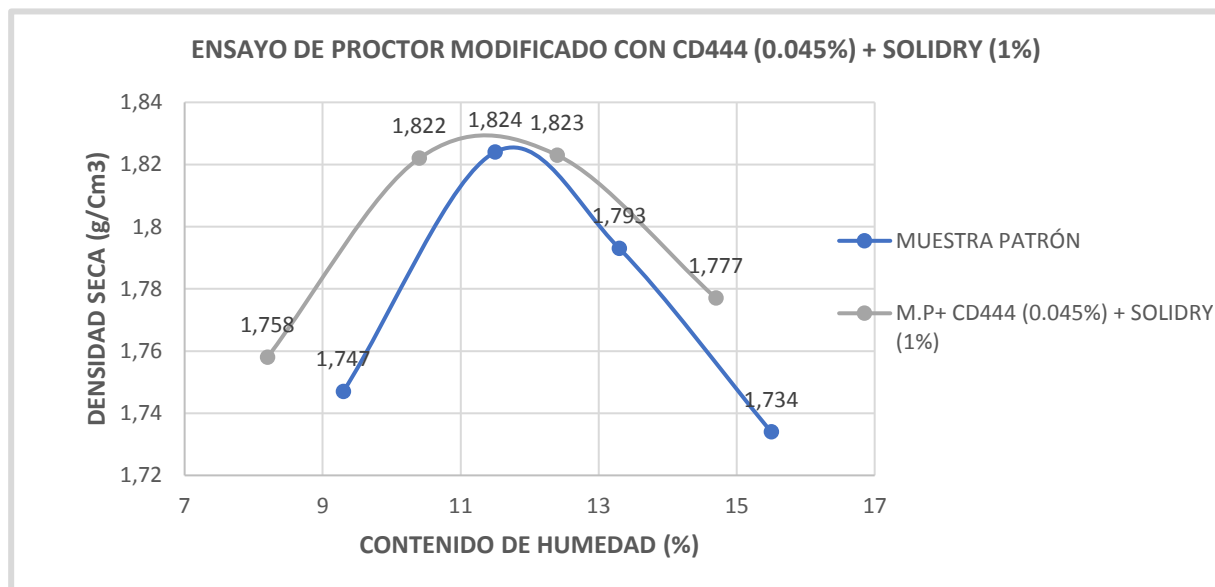
Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico podemos determinar que la adición solo del 0.045 % del Consolid CD444 (Líquido) sin la adición de solidry, el incremento de la densidad seca ha sido significativo con (1.915 g/Cm³) con una humedad óptima de 11.27 % observado en la curva del gráfico del Proctor con relación a la muestra patrón que alcanzó 1.824 g/Cm³.

5.4.25. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 - (0.045%) + 1% SOLIDRAY

se ha realizado el ensayo de compactación del Proctor modificado en laboratorio, considerando la muestra patrón y la adición del Consolid CD444 con una dosificación recomendada de 0.045% más el 1% de Solidry (Sólido), teniendo en cuenta que dicha calicata es de la Urbanización el Parral en el distrito de la victoria con un tipo de suelo CL; obteniéndose los resultados de máxima densidad seca y contenido de humedad en la siguiente tabla:

Gráfico 25: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con CD444 (0.045%) + 1% de Solidry.



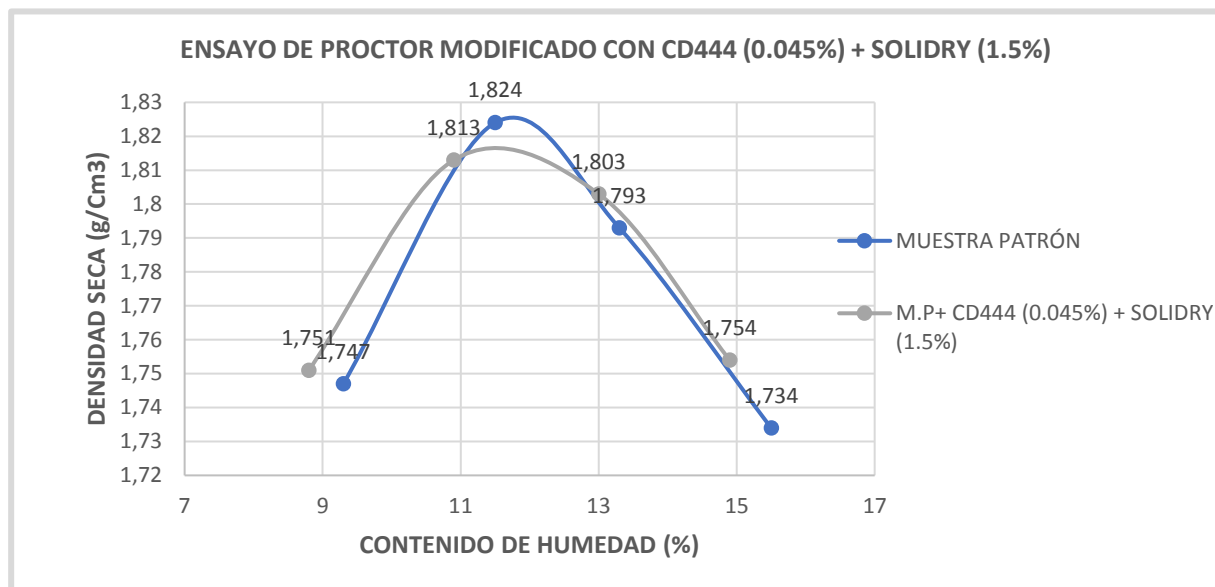
Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico podemos determinar que la adición solo del 0.045 % del Consolid CD444 (Líquido) con la adición de solidry en 1 %, teniendo la densidad máxima seca de (1.828 g/Cm³) con una humedad óptima de 11.34 % observado en la intersección de la curva del gráfico del Proctor con relación a la muestra patrón que alcanzo 1.824 g/Cm³ casi similar al anterior con una humedad de 11.49 %.

5.4.26. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 - (0.045%) + 1.5 % SOLIDRAY

se ha realizado el ensayo de compactación del Proctor modificado en laboratorio, considerando la muestra patrón y la adición del Consolid CD444 con una dosificación recomendada de 0.045% por el mismo producto más el 1,5 % de Solidry (Sólido) aditivo en polvo, teniendo en cuenta que dicha calicata es de la Urbanización el Parral en el distrito de la victoria con un tipo de suelo CL; obteniéndose los resultados de máxima densidad seca y contenido de humedad en la siguiente tabla:

Gráfico 26: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con CD444 (0.045%) + 1,5 % de Solidry.



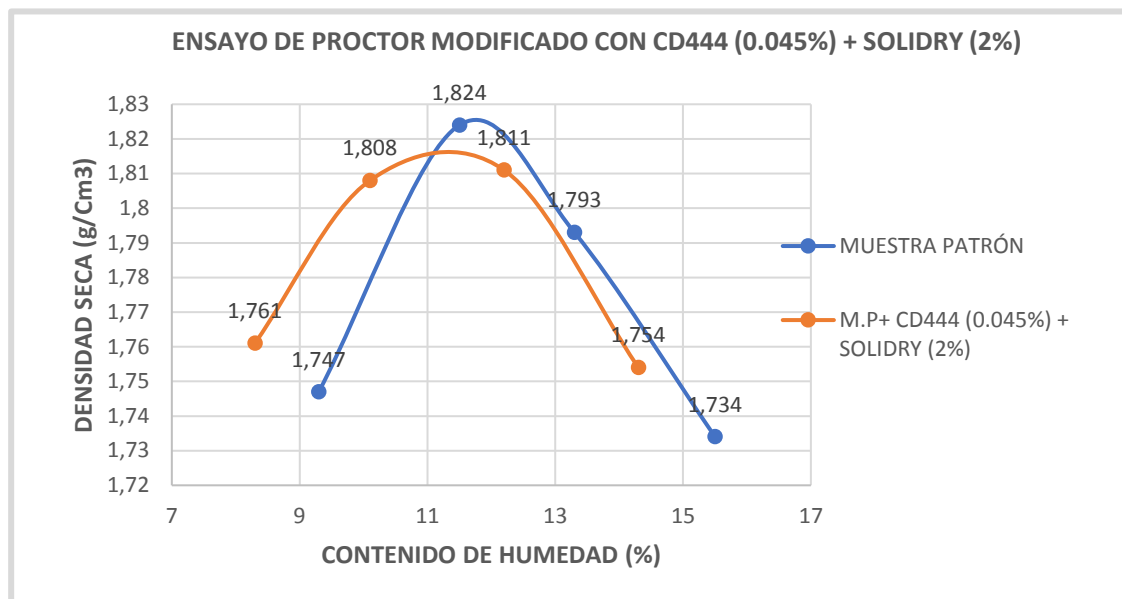
Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico podemos determinar que la adición solo del 0.045 % del Consolid CD444 (Líquido) con la adición de solidry en 1,5 %, teniendo la densidad máxima seca de (1.816 g/Cm³) con una humedad óptima de 11.56 % observado en la intersección de la curva del gráfico del Proctor con relación a la muestra patrón que alcanza 1.824 g/Cm³ casi similar al anterior variando un poco en la humedad con respecto a la adición con 11.49 %.

5.4.27. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 - (0.045%) + 2% SOLIDRAY

se ha realizado el ensayo de compactación del Proctor modificado en laboratorio, considerando la muestra patrón y la adición del Consolid CD444 con una dosificación recomendada de 0.045% por el mismo producto la cual se ha utilizado en toda las dosificaciones más el 2 % de Solidry (Sólido) aditivo en polvo, teniendo en cuenta que dicha calicata es de la Urbanización el Parral en el distrito de la victoria con un tipo de suelo CL; obteniéndose los resultados de máxima densidad seca y contenido de humedad en la siguiente tabla:

Gráfico 27: Resultados de Proctor Modificado de Muestra Patrón Vs Muestra Patrón con CD444 (0.045%) + 2 % de Solidry.



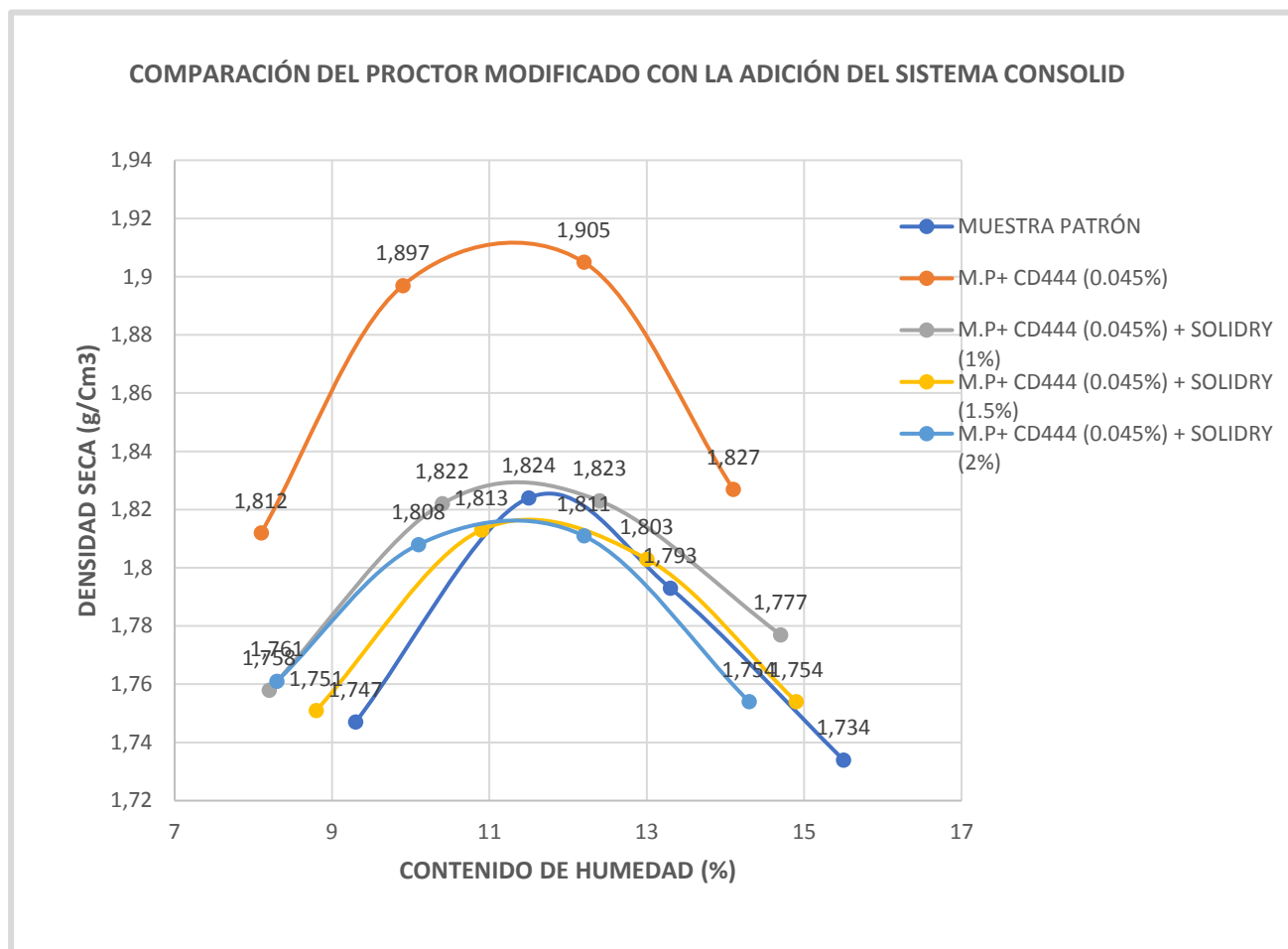
Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico podemos determinar que la adición solo del 0.045 % del Consolid CD444 (Líquido) con la adición de solidry en 2 %, teniendo la densidad máxima seca de (1.817 g/Cm³) con una humedad óptima de 11.26 % observado en la intersección de la curva del gráfico del Proctor con relación a la muestra patrón que alcanza 1.824 g/Cm³ casi similar al anterior variando un poco en la humedad con respecto a la adición con 11.49 %.

5.4.28. COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO CON LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE ADICIÓN DEL SISTEMA CONSOLID.

Se ha realizado una comparación complementaria, entre las 4 dosificaciones realizadas con el sistema consolid para poder determinar las diferentes existentes entre ellas por la cual se identificará la máxima densidad seca así como el porcentaje más óptimo del contenido de la humedad.

Gráfico 28: Resultados de las curvas de los ensayos del Proctor Modificado con las diferentes dosificaciones con el sistema Consolid.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede determinar que la dosificación del CD444 (0.045 %) sin añadir el sólido ha tenido una densidad seca sumamente elevada de (1.915 g/Cm3) con una humedad optima de 11.27 % mientras que las dosificaciones que contienen un % de Solidry se ajustan en una variación mínima con respecto a la muestra patrón.

5.4.29. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 0.045 % DE ADICIÓN DEL CONSOLID CD444

Se ha realizado los ensayos de CBR para la muestra patrón añadiendo 0.045 % de CD4444 (Líquido) es decir 2.48 ml serán de esta adición y 5500 gr será de la muestra patrón de los cuales se ha obtenido 3 muestras de esta dosificación sin añadir el SOLIDRY siendo los siguientes resultados en la siguiente tabla:

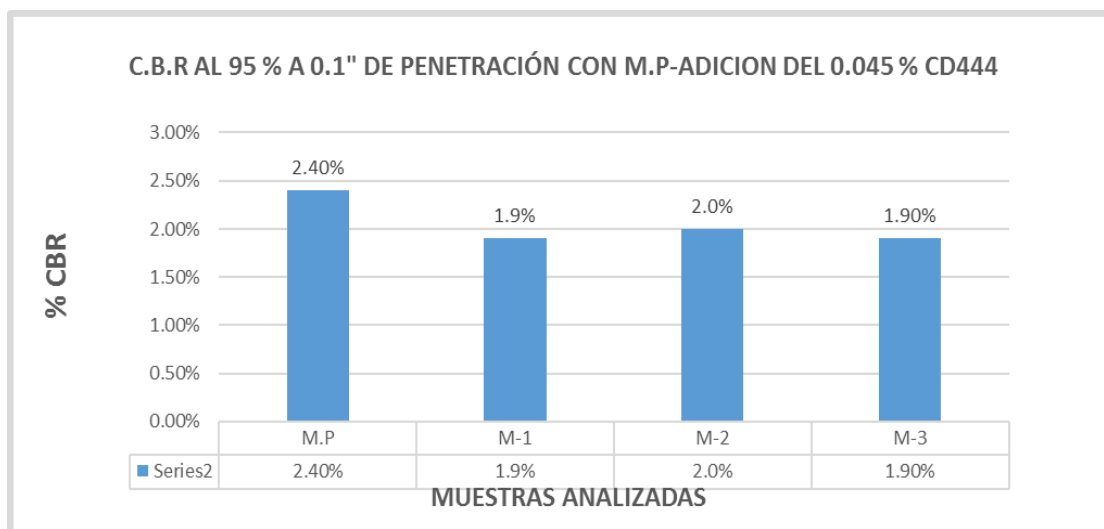
Cuadro 32: Densidad seca y resultados de CBR con adición del 0.045 % CD444

CBR-CON ADICIÓN DEL 0.045 % CD444								
M.P +0.045% CONSOLID	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	DENSIDAD SECA (g/Cm3)	MDS	O.C.H	CBR A LA PENETRACIÓN (PULG)		% MDS	CBR %
			Método "A"		0.1 "	0.1 "	100	3.20%
M-1	55	1.929 g/Cm3	1.915 g/Cm3	11.27%	0.1 "	0.1 "	95	1.90%
M-1	26	1.831 g/Cm3				0.2 "	0.2 "	100
M-1	12	1.734 g/Cm3			0.2 "	0.2 "	95	2.70%
					0.1 "	0.1 "	100	3.30%
M-2	55	1.929 g/Cm3				0.1 "	0.1 "	95
M-2	26	1.830 g/Cm3			0.2 "	0.2 "	100	4.60%
M-2	12	1.738 g/Cm3				0.2 "	0.2 "	95
					0.1 "	0.1 "	100	3.10%
M-3	55	1.924 g/Cm3				0.1 "	0.1 "	95
M-3	26	1.830 g/Cm3			0.2 "	0.2 "	100	4.50%
M-3	12	1.739 g/Cm3				0.2 "	0.2 "	95

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizo los ensayos de CBR teniendo los resultados tanto al 95% como al 100% ya sea a 1" o 2" de penetración, realizando una comparación considerando la muestra patrón. Se puede observar que se alcanzó el CBR al 95 % a 0,1" de penetración un CBR de 1.93 % (Promedio de las 3 muestras realizadas) observándose que no logró mejorar el CBR para un suelo CL; ya que el 6 % es el mínimo para sub rasante de acuerdo al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014).

Gráfico 29: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición Del 0.045 % del CD444



Fuente: Elaboración Propia.

5.4.30. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 0.045 % DE ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 + 1% SOLIDRY.

Se ha realizado los ensayos de CBR para la muestra patrón añadiendo 0.045 % de CD4444 (Líquido) es decir 2.48 ml serán de esta adición más el 1 % de Solidry que en gramos es 55 gr además de los 5500 gr será de la muestra patrón de los cuales se ha obtenido 3 muestras para evaluar los resultados del CBR siendo los siguientes resultados mostrados en la siguiente tabla:

Cuadro 33: Densidad seca y resultados de CBR con adición del 0.045 % CD444 más 1 % Solidry.

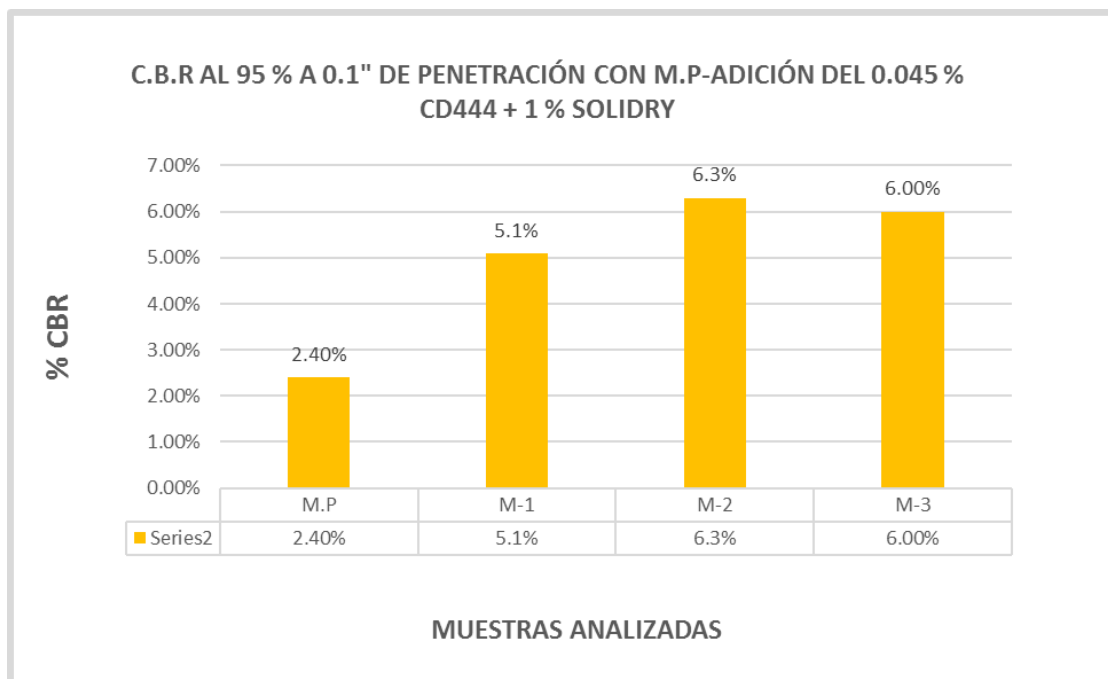
CBR-CON ADICIÓN DEL 0.045 % CD444 + 1% SOLIDRY								
M.P + 0.045 % CONSOLID + 1% SOLIDRY	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	DENSIDAD SECA (g/Cm3)	MDS	O.C.H	CBR A LA PENETRACIÓN (PULG)		% MDS	CBR %
			Método "A"					
M-1	55	1.830 g/Cm3	1.828 g/Cm3	11.34%	0.1 "	0.1 "	100	9.30%
M-1	26	1.740 g/Cm3				0.1 "	95	5.10%
M-1	12	1.642 g/Cm3			0.2 "	0.2 "	100	18.00%
						0.2 "	95	10.90%
					0.1 "	0.1 "	100	10.56%
M-2	55	1.832 g/Cm3				0.1 "	95	6.30%
M-2	26	1.742 g/Cm3			0.2 "	0.2 "	100	19.00%
M-2	12	1.632 g/Cm3				0.2 "	95	11.52%
					0.1 "	0.1 "	100	10.10%
M-3	55	1.834 g/Cm3				0.1 "	95	6.00%
M-3	26	1.740 g/Cm3			0.2 "	0.2 "	100	18.80%
M-3	12	1.656 g/Cm3				0.2 "	95	11.40%

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó los ensayos de CBR teniendo los resultados tanto al 95% como al 100% ya sea a 1" o 2" de penetración, realizando una comparación considerando la muestra patrón y el promedio de los CBR obtenidos con la adición de 0.045% C444 +1 % Solidry.

El promedio del CBR alcanzado adicionando el consolid +el 1% de Solidry es de 5,80% logrando estabilizar el CBR inicial de la muestra patrón (la más desfavorable) alcanzando pasar el 6 % que es el mínimo para subrasante de acuerdo al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014).

Gráfico 30: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición Del 0.045 % del CD444 más 1 % Solidry.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar el incremento que ha tenido el CBR con la adición del CD444 más el 1% de Solidry con respecto al CBR de la muestra patrón aumentando en un 329,16% lo que demuestra que puede mejorar y aumentar el CBR con la adición del Solidry sin tener que traer material de préstamo.

5.4.31. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 0.045 % DE ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 + 1.5 % SOLIDRY.

Se ha realizado los ensayos de CBR para la muestra patrón añadiendo 0.045 % de CD4444 (Líquido) es decir 2.48 ml serán de esta adición más el 1.5 % de Solidry que en gramos sería 110 gr además de los 5500 gr será de la muestra patrón de los cuales se ha obtenido las 3 muestras para cada dosificación obteniéndose los siguientes resultados en la siguiente tabla:

Cuadro 34: Densidad seca y resultados de CBR con adición del 0.045 % CD444 más 1.5 % Solidry.

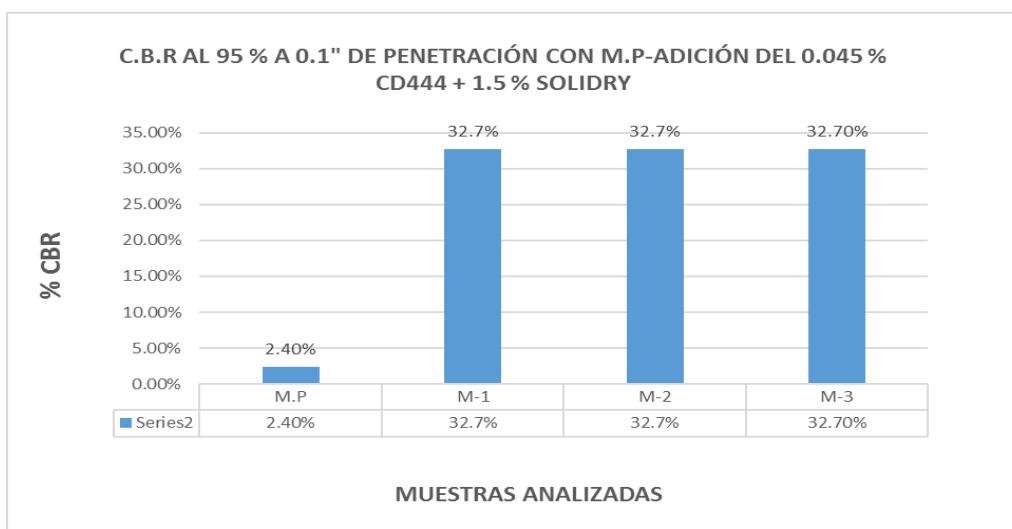
CBR-CON ADICIÓN DEL 0.045 % CD444 + 1.5% SOLIDRY								
M.P + 0.045 % CONSOLID + 1.5% SOLIDRY	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	DENSIDAD SECA (g/Cm3)	MDS	O.C.H	CBR A LA PENETRACIÓN (PULG)		CBR %	
			Método "A"		0.1 "	0.1 "	58.50%	
M-1	55	1.825 g/Cm3	1.816 g/Cm3	11.56%	0.1 "	0.1 "	32.70%	
M-1	26	1.732 g/Cm3				0.2 "	100	77.30%
M-1	12	1.510 g/Cm3			0.2 "	0.2 "	95	42.90%
						0.1 "	100	58.20%
M-2	55	1.825 g/Cm3			0.1 "	0.1 "	95	32.70%
M-2	26	1.732 g/Cm3				0.2 "	0.2 "	100
M-2	12	1.650 g/Cm3			0.2 "		95	42.90%
					0.1 "	0.1 "	100	58.80%
M-3	55	1.825 g/Cm3				0.1 "	0.1 "	95
M-3	26	1.732 g/Cm3			0.2 "		0.2 "	100
M-3	12	1.653 g/Cm3				0.2 "	95	43.20%

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizo los ensayos de CBR teniendo los resultados tanto al 95% como al 100% ya sea a 1” o 2” de penetración, realizando una comparación considerando la muestra patrón.

Se puede observar el promedio del CBR al 95 % a 0,1” de penetración de 32.70% logrando estabilizar el CBR inicial de la muestra patrón (la más desfavorable) alcanzando pasar el 6 % que es el mínimo para subrasante de acuerdo al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014).

Gráfico 31: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición Del 0.045 % del CD444 más 1.5 % Solidry.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar el incremento que ha tenido el CBR con la adición del CD444 más el 1.5% de Solidry con respecto al CBR de la muestra patrón aumentando en 1262.5 % lo que demuestra que puede mejorar y aumentar el CBR con la adición del Solidry sin tener que traer material de préstamo.

5.4.32. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA NATURAL MÁS 0.045 % DE ADICIÓN DEL CONSOLID CD444 + 2 % SOLIDRY.

Se ha realizado los ensayos de CBR para la muestra patrón añadiendo 0.045 % de CD444 (Líquido) es decir 2.48 ml serán de esta adición más el 2 % de Solidry que en gramos sería 110 gr además de los 5500 gr será de la muestra patrón de los cuales se ha obtenido 3 muestras de la misma dosificación para tener un promedio de CBR teniendo los resultados en la siguiente tabla:

Cuadro 35: : Densidad seca y resultados de CBR con adición del 0.045 % CD444 más 2 % Solidry.

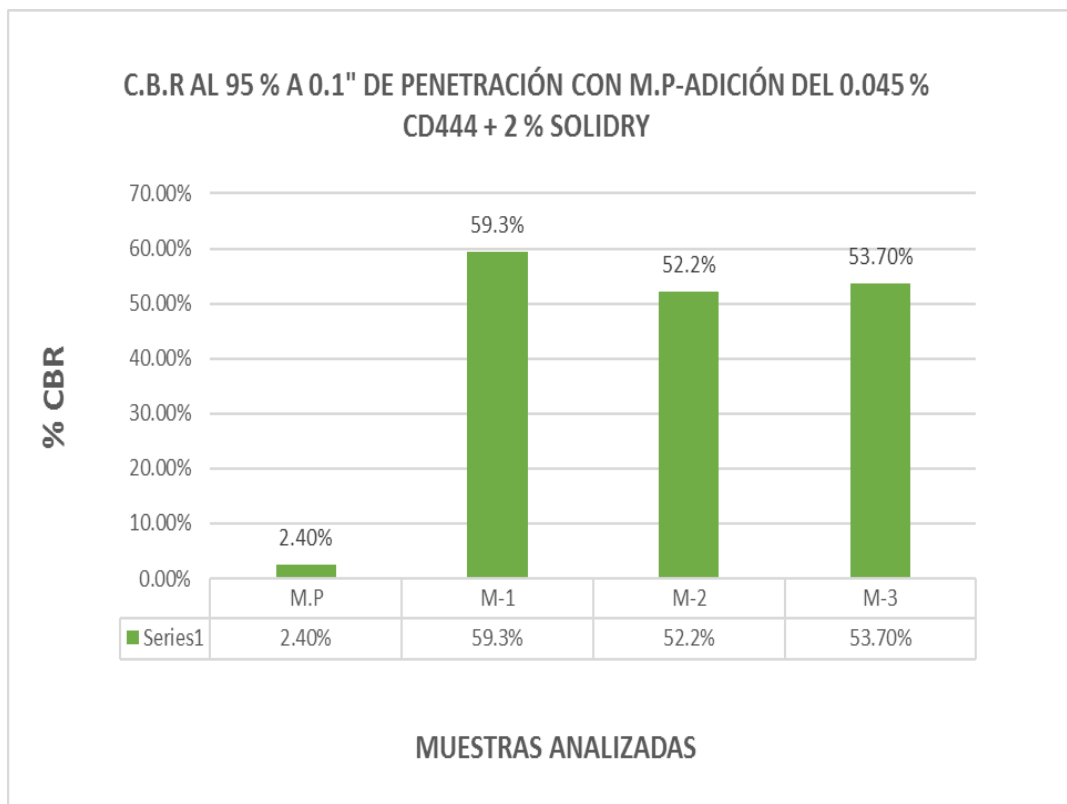
CBR-CON ADICIÓN DEL 0.045 % CD444 + 2% SOLIDRY								
M.P + 0.045 % CONSOLID + 2% SOLIDRY	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	DENSIDAD SECA (g/Cm ³)	MDS	O.C.H	CBR A LA PENETRACIÓN (PULG)		% MDS	CBR %
			Método "A"		0.1 "	0.1 "	100	78.70%
M-1	55	1.819 g/Cm ³	1.817 g/Cm ³	11.26%	0.1 "	0.1 "	95	59.30%
M-1	26	1.713 g/Cm ³				0.2 "	0.2 "	100
M-1	12	1.641 g/Cm ³			0.2 "	0.2 "	95	54.10%
					0.1 "	0.1 "	100	80.20%
M-2	55	1.814 g/Cm ³			0.1 "	0.1 "	95	52.20%
M-2	26	1.715 g/Cm ³			0.2 "	0.2 "	100	87.30%
M-2	12	1.640 g/Cm ³				0.2 "	0.2 "	95
					0.1 "	0.1 "	100	81.80%
M-3	55	1.818 g/Cm ³			0.2 "	0.1 "	95	53.70%
M-3	26	1.713 g/Cm ³				0.2 "	100	86.90%
M-3	12	1.640 g/Cm ³				0.2 "	95	54.40%

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó los ensayos de CBR teniendo los resultados tanto al 95% como al 100% ya sea a 1" o 2" de penetración, realizando una comparación considerando la muestra patrón y el promedio de los 3 CBR realizados.

Se obtuvo el promedio de CBR de la dosificación realizada obteniendo un CBR 55.07 % logrando estabilizar el CBR inicial de la muestra patrón (la más desfavorable) alcanzando pasar el 6 % que es el mínimo para subrasante y brindado el mejor resultado de CBR de acuerdo al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014).

Gráfico 32: Comparación de CBR de muestra patrón con la adición Del 0.045 % del CD444 más 2 % Solidry.

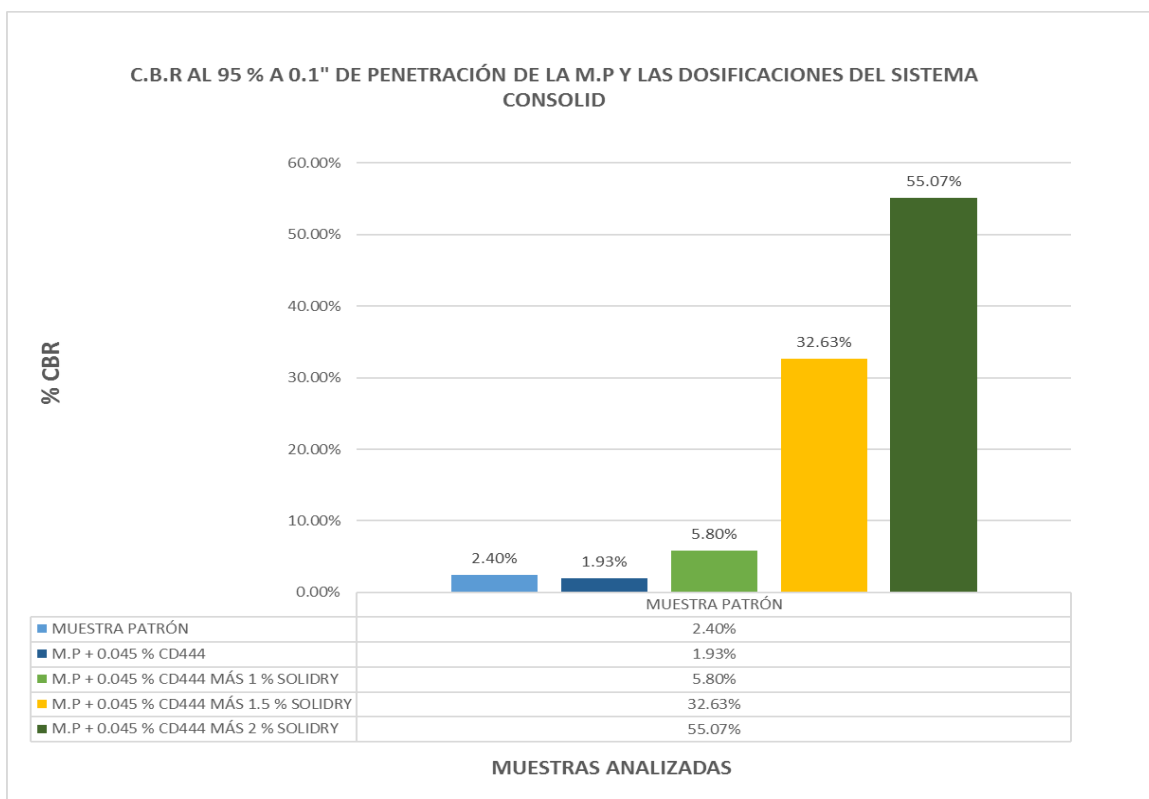


Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar el incremento que ha tenido el CBR con la adición del CD444 más el 2 % de Solidry con respecto al CBR de la muestra patrón aumentando en 2194.58 % lo que demuestra que puede mejorar y aumentar el CBR con la adición del Solidry sin tener que traer material de préstamo.

5.4.33. COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA PATRÓN Y DE LAS DOSIFICACIONES DEL SISTEMA CONSOLID.

Gráfico 33: Comparación de CBR al utilizar el sistema Consolid.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar en la gráfica que la dosificación que más CBR alcanzo al utilizar el sistema Consolid ha sido el CD444 (0.045 %) + 2 % de Solidry +Muestra natural logrando obtener 55.07 %, siendo muy apto para realizar sin ningún problema la estabilización de la Subrasante.

5.4.34. COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA MUESTRA PATRÓN Y DE LAS DOSIFICACIONES DEL CLORURO DE SODIO

Gráfico 34: Comparación de CBR al utilizar % Del Cloruro de Sodio

	MUESTRA PATRÓN	M.P + 2% DE CLORURO DE SODIO			M.P + 6% DE CLORURO DE SODIO			M.P + 10 % DE CLORURO DE SODIO			M.P + 15 % DE CLORURO DE SODIO		
		M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3
C.B.R AL 95 % DE LA M.D.S A 0.1" DE PENETRACIÓN	M.P												
	2.40%	42.50%	42.0%	42.40%	42.0%	47.7%	42.30%	39.4%	34.1%	38.70%	41.2%	35.9%	36.20%
	2.40%	42.30%			44.0%			37.4%			37.8%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.5. APECTO NORMATIVO.

Según René descartes las normas son indispensables para cualquier trabajo científico en la que se busca establecer reglas o normas para ordenar las etapas de la una investigación científica.

De acuerdo a lo que describe el Manual de Carreteras suelos, Geología, Geotecnia y pavimentación del 2013 en el capítulo III (3.3) al ser la subrasante la capa que le dará soporte a la estructura del pavimento, está deberá compactar al 95% de la máxima densidad seca que se haya obtenido del Proctor en los últimos 30 cm del suelo por debajo del nivel superior de la sub rasante.

Además, describe que el CBR como mínimo debería tener 6% para una subrasante; de los suelos del nivel superior de este; en caso de que estos no se cumplan con este porcentaje podríamos denominar (Suelo inadecuado o insuficiente) por cual el ingeniero velará por el tipo de estabilización como solución la cual se tendrá que elegir considerando la parte económica y técnica.

Después de realizar la estabilización según lo estipulado en descripción de suelos en el artículo G de ensayos CBR en el punto 2 menciona que para suelos patrones o representativos de características similares se tomará el valor promedio para sectores o investigaciones si estos son parecidos al tener menos de 6 valores de CBR; y si no es así se tomará el CBR más bajo o crítico.

Cuando ya se tenga definido el CBR de diseño tendríamos que clasificarlo de acuerdo a las categorías de subrasante según el siguiente cuadro:

Cuadro 36: Categorías de Sub rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras (2014)

5.5.1. MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.

5.5.2. MEJORAMIENTO DE SUELOS (SECCIÓN 207)

Esta sección menciona el proceso que se realiza frente a un mejoramiento de suelos en la cual se excavará el terreno por debajo de la subrasante ya sea para realizar una estabilización de suelos o reemplazarlo parcial o totalmente considerando los siguientes requerimientos:

Las capas tienen que tener espesores de 30 cm como máximo, considerando los 30 cm que está por debajo del nivel de la subrasante conteniendo dos capas de 15 cm.

Cuando se realice la escarificación no se tendrá que afectar las profundidades ni a menor a 15 cm ni mayor a 30 cm y cuando se realice la compactación las densidades deberán ser el 95 % de la MDS y para la humedad no debería cambiar en 2 % con relación al OCH.

5.5.3. SUELO ESTABILIZADO CON PRODUCTOS QUÍMICOS (SECCIÓN 301)

Se describe en la sección 301.C que se puede estabilizar cualquier tipo de material que esté libre de materia orgánica y que sean suelos tipo A-1 hasta A-7 además el tamaño máximo debería ser más de 5 cm además el límite líquido sería ser inferior a 40 y tener un índice plástico menos de 12 % de acuerdo a las normas MTC E110 Y MTC E111.

La aplicación del producto deberá seguir el diseño que haya sido aprobado y supervisado por el supervisor y la partida de pago estará dada por metro cubico (m³).

En la sección 301.D recomienda que se debería estabilizar en lugares que contengan poca altitud de hasta 500 m.s.n.m y precipitaciones pluviales de 150 mm/año además para estabilizaciones con cloruro de sodio deberá tener menos del 3% de su peso de materia orgánica.

El índice de plasticidad deberá ser mayor a 8% considerando que esta será para la muestra que pasé la malla N°200 teniendo en cuenta que le mínimo es 12 % y el tamaño máximo del agregado grueso no será mayor de 1/3 desde espesor de la capa suelo-sal además la cantidad del espesor de capa estabilizada mínima de 15 cm.

Para la estabilización con cloruro de Sodio se tendrá que realizar los siguientes ensayos previamente a la ejecución:

- Granulometría.
- Densidad máxima compactada por humedad de compactación.
- PH suelo.
- Contenido de materia orgánica del suelo.
- Dosificación del cloruro de sodio a emplear.

5.5.4. NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

De acuerdo a lo descrito en la Norma en el capítulo 3 numeral 3.5.1 se menciona que para la sub rasante se comprobará el grado de compactación al 95 % de su máxima densidad seca para el Proctor Modificado además que estos no deberán diferenciarse en más del 2% del OCH para poder lograr los porcentajes deseados.

5.6. ANÁLISIS ECONOMICO

Se realizará un análisis económico mediante el análisis de precios unitarios de acuerdo a las partidas que se utilizarían en campo de acuerdo al proceso de estabilización tanto para un suelo sin estabilizar , como para la estabilización del aditivo consolid y la estabilización con sales como es el caso del Cloruro de Sodio con la mejor dosificación que se ha determinado de acuerdo a los resultados obtenido en los ensayos de laboratorio los mismo que están en los anexos así como el análisis económico detallado.

5.6.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

El análisis de precios unitarios se realizará para las 3 muestras que hemos trabajado, tanto con terreno natural que normalmente es con over además se tiene que considerar los aditivos de cloruro de sodio con 6% de su dosificación y con el consolid CD444 añadiendo el 2% de Solidry.

5.6.2. PARTIDAS PARA EL PROYECTO SIN ESTABILIZAR

Primero se realizará un análisis de costos para el proyecto sin estabilizar tomando en consideración el proceso constructivo para la conformación de la sub rasante y

de acuerdo a los análisis de costos unitarios determinar conclusiones sobre los aditivos empleados teniendo como base el costo sin estabilizar.

Tabla 37: Partida de Trazo replanteo y controles Topográficos.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DE MEJORAMIENTO CON OVER

Partida: TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS		Costo por m2		S/.		1.89
RENDIMIENTO		1000.00		m2/día		
JONADA LAB.		8.00		horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal
Mano de obra						0.44
OPERARIO	hh	1.00	0.0080	20.97	0.17	
TOPÓGRAFO	hh	1.00	0.0080	17.59	0.14	
AYUDANTE DE TOPOGRAFÍA	hh	1.00	0.0080	15.86	0.13	
Materiales						1.13
YESO	bol		0.0410	8.50	0.35	
ACERO	kg		0.0100	3.02	0.03	
CEMENTO TIPO I	bol		0.0300	24.50	0.74	
PINTURA ESMALTE (Color Rojo)	gal		0.0005	28.70	0.01	
Equipos						0.33
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.44	0.02	
NIVEL TOPOGRAFICO (EQUIPO COMPLETO)	hm	1.00	0.0080	7.38	0.06	
ESTACION TOTAL	hm	1.00	0.0080	24.60	0.20	
WINCHA DE 30 m + CORDEL	hm	1.00	0.0080	6.25	0.05	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 38: Partida de Corte a Nivel de Subrasante en Material Suelto.

Partida: CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO		Costo por m3		S/.		10.74
RENDIMIENTO		320.00		m3/día		
JONADA LAB.		8.00		horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal
Mano de obra						1.25
OPERARIO	hh	1.00	0.0250	19.30	0.48	
PEÓN	hh	2.00	0.0500	15.30	0.77	
Equipos						9.50
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.25	0.06	
CARGADOR SOBRE LLANTAS 100-125 HP	hm	1.00	0.0250	197.37	4.93	
VOLQUETE	hm	1.00	0.0250	180.00	4.50	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 39: Partida de eliminación externa de material excedente

Partida: ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE		Costo por m3		S/.		17.24
RENDIMIENTO		200.00		m3/día		
JONADA LAB.		8.00		horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal
Mano de obra						2.04
OPERARIO	hh	1.00	0.0400	19.30	0.77	
PEÓN	hh	2.00	0.0800	15.86	1.27	
Equipos						15.20
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.04	0.10	
CARGADOR SOBRE LLANTAS 100-125 HP	hm	1.00	0.0400	197.37	7.89	
VOLQUETE	hm	1.00	0.0400	180.00	7.20	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 40: Partida de Perfilado, Nivelación y Compactación de la Subrasante.

Partida:	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE		Costo por	m2	S/.	6.16
	RENDIMIENTO		700.00	m2/día		
	JONADA LAB.		8.00	horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal
Mano de obra						0.80
OPERARIO	hh	1.00	0.0114	20.97	0.24	
OFICIAL	hh	1.00	0.0114	17.00	0.19	
PEÓN	hh	2.00	0.0229	15.86	0.36	
Materiales						0.08
AGUA	m3		0.0350	2.35	0.08	
Equipos						5.29
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.80	0.02	
CAMIÓN CISTERNA (2500 GLNS.)	hm	1.00	0.0114	110.68	1.26	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP. 7 - 9 Ton	hm	1.00	0.0114	165.35	1.89	
MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.00	0.0114	184.35	2.11	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 41: Partida De Estabilización con Over

Partida:	ESTABILIZADO CON OVER (8" - 15"), h=0.30 m.		Costo por	m2	S/.	33.55
	RENDIMIENTO		500.00	m2/día		
	JONADA LAB.		8.00	horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal
Mano de obra						0.88
CAPATAZ	hh	0.10	0.0016	21.23	0.03	
OPERARIO	hh	1.00	0.0160	20.97	0.34	
PEÓN	hh	2.00	0.0320	15.86	0.51	
Materiales						24.05
OVER	m3		0.3900	53.35	20.81	
ARENILLA	m3		0.1000	32.45	3.25	
Equipos						8.62
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.88	0.03	
CARGADOR SOBRE LLANTAS 100-125 HP	hm	1.00	0.0160	197.37	3.16	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP. 7 - 9 Ton	hm	1.00	0.0160	160.00	2.56	
MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.00	0.0160	180.00	2.88	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 42: Presupuesto Resumen del Mejoramiento con Over.

PRESUPUESTO RESUMEN-MEJORAMIENTO CON OVER					
PROYECTO :		PLAZA :		LAMBAYEQUE	
ESPECIALIDAD :		FECHA :		NOVIEMBRE 2020	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U. S/.	PARCIAL S/.
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.00	TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m2	15024.06	1.89	28,410.77
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.00	CORTE DE MATERIAL				
02.01.01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO	m3	4,507.22	10.74	48,426.11
02.01.02	ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	5,634.02	17.24	97,117.25
02.01.03	PERFILADO NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE EN VIAS E=0.30 m.	m2	15,024.06	6.16	92,609.61
02.03.00	COLOCACIÓN DE MATERIAL				
02.03.01	ESTABILIZADO CON OVER (8" - 15"), h=0.30 m.	m2	15,024.06	33.55	504,098.35
			SUB TOTAL		770,662.09
			IGV	18%	138,719.18
			COSTO TOTAL	S/.	909,381.27

El presupuesto total de la estabilización solo con Over resultaría un aproximado de S/909,381.27

5.6.3. PARTIDAS PARA EL PROYECTO CON 6 % DE CLORURO DE SODIO

Se realizará el análisis de costos ahora utilizando el cloruro de sodio que es forma parte del grupo de sales que se usan para estabilizar, en este caso se tomará la dosificación más optima por la cual se evaluará las partidas utilizando el 6% de cloruro de Sodio más Terreno natural.

Tabla 43: Partida de Trazo replanteo y controles Topográficos con Cloruro de Sodio.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DE MEJORAMIENTO CON CLORURO DE SODIO

Partida:	TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS			Costo por	m2	S/.	1.27
	RENDIMIENTO			1000.00	m2/día		
	JONADA LAB.			8.00	horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal	
Mano de obra							0.56
OPERARIO	hh	1.00	0.0080	20.97	0.17		
TOPÓGRAFO	hh	1.00	0.0080	17.59	0.14		
AYUDANTE DE TOPOGRAFÍA	hh	2.00	0.0160	15.86	0.25		
Materiales							0.36
YESO	bol		0.0410	8.50	0.35		
PINTURA ESMALTE (Color Rojo)	gal		0.0005	28.70	0.01		
Equipos							0.34
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.56	0.03		
NIVEL TOPOGRAFICO (EQUIPO COMPLETO)	hm	1.00	0.0080	11.50	0.09		
ESTACION TOTAL	hm	1.00	0.0080	24.60	0.20		
WINCHA DE 30 m + CORDEL	hm	1.00	0.0080	3.50	0.03		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 44: Partida de Corte a Nivel de Subrasante en Material Suelto.

Partida:	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO			Costo por	m3	S/.	10.74
	RENDIMIENTO			320.00	m3/día		
	JONADA LAB.			8.00	horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal	
Mano de obra							1.25
OPERARIO	hh	1.00	0.0250	19.30	0.48		
PEÓN	hh	2.00	0.0500	15.30	0.77		
Equipos							9.50
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.25	0.06		
CARGADOR SOBRE LLANTAS 100-125 HP	hm	1.00	0.0250	197.37	4.93		
VOLQUETE	hm	1.00	0.0250	180.00	4.50		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 45: Partida de estabilización con 6% de Cloruro de Sodio

Partida:	ESTABILIZADO CON CLORURO DE SODIO 6%, h=0.30 m.			Costo por	m2	S/.	265.64
	RENDIMIENTO			800.00	m2/día		
	JONADA LAB.			8.00	horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal	
Mano de obra							0.55
CAPATAZ	hh	0.10	0.0010	21.23	0.02		
OPERARIO	hh	1.00	0.0100	20.97	0.21		
PEÓN	hh	2.00	0.0200	15.86	0.32		
Materiales							262.24
CLORURO DE SODIO (50 kg)	bls		2.4600	106.60	262.24		
Equipos							2.86
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.55	0.03		
CARGADOR SOBRE LLANTAS 100-125 HP	hm	0.50	0.0050	197.37	0.99		
MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.00	0.0100	184.35	1.84		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 46: Partida de Perfilado, Nivelación y Compactación de la Subrasante con Cloruro de Sodio.

Partida:	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	Costo por	m2	S/.	4.75	
	<i>RENDIMIENTO</i>	700.00	m2/día			
	<i>JONADA LAB.</i>	8.00	horas			
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal
Mano de obra						0.62
OPERARIO	hh	1.00	0.0114	20.97	0.24	
OFICIAL	hh	1.00	0.0114	17.00	0.19	
PEÓN	hh	1.00	0.0114	15.86	0.18	
Equipos						4.13
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.62	0.03	
CAMIÓN CISTERNA (2500 GLNS.)	hm	0.50	0.0057	110.68	0.63	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP. 7 - 9 Ton	hm	1.00	0.0114	165.35	1.89	
MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	0.75	0.0086	184.35	1.58	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 47: Presupuesto Resumen del Mejoramiento con Cloruro de Sodio.

PRESUPUESTO RESUMEN-MEJORAMIENTO CON CLORURO DE SODIO					
PROYECTO :		PLAZA :		LAMBAYEQUE	
ESPECIALIDAD :		FECHA :		NOVIEMBRE 2020	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U. S/.	PARCIAL S/.
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.00	TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m2	15024.06	1.27	19,080.59
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.00	CORTE DE MATERIAL				
02.01.01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO	m3	4,507.22	10.74	48,426.11
02.01.02	BATIDO DE MATERIAL MEJORADO CON CLORURO DE SODIO 6%- SUBRASANTE EN VIAS E=0.30 M	m2	15,024.06	265.64	3,991,019.64
02.01.03	PERFILADO NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE EN VIAS E=0.30 M	m2	15,024.06	4.75	71,338.36
			SUB TOTAL		4,129,864.70
			IGV	18%	743,375.65
			COSTO TOTAL	S/.	4,873,240.34

Fuente: Elaboración Propia.

El presupuesto total de la estabilización con la mejor dosificación por su alta capacidad de soporte del 6% de Cloruro de sodio, tendría un costo aproximado de S/4,873,240.34

5.6.4. PARTIDAS PARA EL PROYECTO CON EL SISTEMA CONSOLID

Se realizará el análisis de costos ahora utilizando el sistema Consolid que es forma parte del grupo de los aditivos químicos que se usan para estabilizar, en este caso se tomará la dosificación más optima por la cual se evaluará las partidas utilizando el CD444(Liquido)+2% Solidry+Terreno natural.

Tabla 48: Partida de Trazo replanteo y controles Topográficos con Sistema Consolid.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DE MEJORAMIENTO CON SISTEMA CONSOLID

Partida:	TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS			Costo por	m2	S/.	1.26
				1000.00	m2/día		
				8.00	horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal	
Mano de obra							0.56
OPERARIO	hh	1.00	0.0080	20.97	0.17		
TOPÓGRAFO	hh	1.00	0.0080	17.59	0.14		
AYUDANTE DE TOPOGRAFÍA	hh	2.00	0.0160	15.86	0.25		
Materiales							0.36
YESO	bol		0.0410	8.50	0.35		
PINTURA ESMALTE (Color Rojo)	gal		0.0005	28.70	0.01		
Equipos							0.33
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.56	0.03		
NIVEL TOPOGRAFICO (EQUIPO COMPLETO)	hm	1.00	0.0080	7.38	0.06		
ESTACION TOTAL	hm	1.00	0.0080	24.60	0.20		
WINCHA DE 30 m + CORDEL	hm	1.00	0.0080	6.25	0.05		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 49: Partida de Corte a Nivel de Subrasante en Material Suelto.

Partida:	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO			Costo por	m3	S/.	10.79
				320.00	m3/día		
				8.00	horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal	
Mano de obra							1.29
OPERARIO	hh	1.00	0.0250	20.97	0.52		
PEÓN	hh	2.00	0.0500	15.30	0.77		
Equipos							9.50
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.29	0.06		
CARGADOR SOBRE LLANTAS 100-125 HP	hm	1.00	0.0250	197.37	4.93		
VOLQUETE	hm	1.00	0.0250	180.00	4.50		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 50: Partida de batido de Material con sistema Consolid-Subradante.

Partida:	BATIDO DE MATERIAL CON SISTEMA CONSOLID -SUBRASANTE EN VIA			Costo por	m2	S/.	161.11
				800.00	m2/día		
				8.00	horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal	
Mano de obra							0.47
ASISTENTE TÉCNICO DEL SISTEMA	hh	1.00	0.0100	16.55	0.17		
PEÓN	hh	2.00	0.0200	15.30	0.31		
Materiales							158.22
AGUA	m3		0.0350	2.35	0.08		
SOLIDRY	Kg		40.9800	3.86	158.14		
Equipos							2.42
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.47	0.02		
CAMIÓN CISTERNA	hm	0.50	0.0050	110.68	0.55		
MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.00	0.0100	184.35	1.84		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 51: Partida de perfilado nivelación y compactación de subrasante con sistema Consolid-Subradante.

Partida:		PERFILADO NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE - COLOCACION DE ADITIVO LIQUIDO CONSOLID EN VIAS E=0.30 M		Costo por	m2	S/.	50.68
		RENDIMIENTO		750.00	m2/día		
		JONADA LAB.		8.00	horas		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	SubTotal	
Mano de obra							0.33
ASISTENTE TÉCNICO DEL SISTEMA	hh	1.00	0.0107	16.55	0.18		
PEÓN	hh	1.00	0.0100	15.30	0.15		
Materiales							46.51
AGUA	m3		0.0350	2.35	0.08		
CD444	lts		1.8400	25.23	46.43		
Equipos							3.85
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.33	0.02		
CAMIÓN CISTERNA	hm	0.50	0.0053	110.68	0.59		
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP. 7 - 9 Ton	hm	1.00	0.0107	165.35	1.76		
MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	0.75	0.0080	184.35	1.47		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 52: Presupuesto Resumen del Mejoramiento con Sistema Consolid.

PRESUPUESTO RESUMEN-MEJORAMIENTO CON SISTEMA CONSOLID					
PROYECTO :		PLAZA :		LAMBAYEQUE	
ESPECIALIDAD :		FECHA :		NOVIEMBRE 2020	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U. S/.	PARCIAL S/.
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.00	TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m2	15024.06	1.26	18,915.92
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.00	CORTE DE MATERIAL				
02.01.01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO	m3	4,507.22	10.79	48,623.70
02.01.02	BATIDO DE MATERIAL CON SISTEMA CONSOLID - SUBRASANTE EN VIAS E=0.30 M	m2	15,024.06	161.11	2,420,567.87
02.01.03	PERFILADO NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE -COLOCACION DE ADITIVO LIQUIDO CONSOLID EN VIAS E=0.30 M	m2	15,024.06	50.68	761,462.37
SUB TOTAL					3,249,569.86
IGV				18%	584,922.58
COSTO TOTAL				S/.	3,834,492.44

Fuente: Elaboración Propia.

El presupuesto total de la estabilización con la mejor dosificación del sistema consolid con CD444 + 2% Solidry + Terreno Natural; por su alta capacidad de soporte alcanzando CBR de 57%, tendría un costo aproximado de S/3,834,492.44 ayudando a estabilizar la subrasante sin ninguna dificultad.

VI. DISCUSIÓN

Teniendo los resultados después de realizar los ensayos y poder cuantificar los mismos con el objetivo de lograr las mejores dosificaciones para la estabilización de la sub rasante para la urbanización El Parral en el distrito de la victoria tanto con el aditivo del sistema Consolid y la estabilización con sal (Cloruro de Sodio) para lo cual se realizó 4 dosificaciones para ambos estabilizadores para determinar la dosificación más óptima para lograr sus funciones como subrasante en un suelo CL (arcilla arenosa) por tal motivo se discutirá diferentes puntos fundamentales que será motivo de discutir.

7.1. PUNTOS DE ANALISIS

Para poder delimitar una población o Universo, nos basamos en la Norma C.E 0.10 Pavimentos Urbanos en la que describe en el ítem 3.2.2 que el número puntos de calicatas mínimo para una investigación sea cualquier tipo de vía, es decir Expresas, Arteriales, Colectoras y Locales será de 03.

Sin embargo, para dicha investigación se tomará 4 puntos de investigación basándose en resultados estadísticos de acuerdo al área de terrero cuya profundidad mínima será de 1.50 m por debajo de la cota de rasante final de la vía.

Posteriormente de conocer los resultados de los ensayos del suelo Natural y conocer sus propiedades así mismo se determinará cual o cuales de las calicatas es la contiene menor del 6 % de CBR (Resistencia de soporte), con las calicatas seleccionadas se procede analizar, pero aplicándole tanto el cloruro de Sodio como el Sistema Consolid con diferentes dosificaciones puesto que dé se les realizar los ensayos de resistencia (Proctor Modificado y CBR).

Hay que destacar que determinaremos cual de todas las dosificaciones y cuál de los 2 aditivos son los que nos brindan mayor resistencia al soporte e incluso mejora las propiedades con respecto al suelo Natural.

7.2. MUESTRA PATRÓN ANALIZADA

Las cuatro calicatas analizadas han tenido predominando el segundo estrato de arcilla teniendo como diferencias por el color, además de acuerdo a lo mencionado por la MTC (Manual de Carreteras) que todos los suelos que estén por debajo del nivel superior de la sub rasante a una distancia de profundidad de 60 cm, estos deberán ser adecuados y

estables, es por eso que de los 4 puntos analizados en la URBANIZACIÓN EL PARRAL se ha decidido escoger a la **calicata N° 1** como nuestra muestra patrón al contener el CBR al 95% de la máxima densidad seca más baja y ser la que se mezclara y se estabilizará con los aditivos propuestos; mostrándose un resumen de cada una de las calicatas.

CALICATA N°1-- SUELO NATURAL

De acuerdo a la clasificación AASTHO la primera calicata sería un suelo fino granular al pasar más del 35 % por el tamiz N°200 y ubicarse como un A-6 al contener un IP de 21% y un límite Líquido de 36 %, siendo un suelo arcilloso pobre (malo) con un IG (Índice de grupo de 13) y para el Sucs un CL (arcilla arenosa) de baja plasticidad además de 18.6 % de contenido de humedad natural.

Tomando la muestra de la primera calicata se realiza el ensayo de gravedad específica de acuerdo a la Norma MTC E-113 y ASTM C127 logrando 2.049 g/cm³ y 2.720 g/cm³ respectivamente lo que significa que de acuerdo a la tabla de densidades correspondería a una Halosita que tiene un rango de 2.0 a 2.55

Además, se ha realizado el ensayo de Materia orgánica estipulado por la Norma MTC E-118 para determinar la oxidación de materia orgánica logrando así para 2.1 % de materia orgánica logrando cumplir la condición de tener menor al 3% de materia Orgánica para la estabilización con sales. en cuanto a su Proctor Modificado logró alcanzar 1.824 g/cm³ como densidad máxima seca y con un óptimo de humedad de 11.49 % obtenido en el grafico del mismo; a diferencia del CBR que al 95 % de 1" de penetración ha obtenido 2.4 % sin cumplir con lo requerido para sub rasante de ser mayor al 6% con una expansión de 1.76 %.

CALICATA N°2--SUELO NATURAL

La calicata número dos tiene un porcentaje de 87.1 % que pasa por el tamiz N°200 conteniendo solo un estrato con resultados similares de Limite Líquido con 37 % así como el IP con 21 % con una humedad de 6.8 % con clasificación SUCS (CL) de baja plasticidad y AASTHO A-6(13).

Con respecto a la gravedad específica se ha obtenido un promedio de 2.439 g/cm³ lo que significa que sería clasificado como un mineral llamado Halosita tal cual como la primera calicata.

Para el contenido de Materia orgánica subió relativamente poco de 2.1 % a 2.8% que ha logrado obtener la calicata N°2 logrando cumplir también con el requerimiento que sea menor a 3% para estabilizaciones con sales.

Para el Proctor se ha logrado alcanzar 1.882 g/Cm³ como densidad máxima seca y como óptimo contenido de humedad alrededor de 12.73% la cual será de mucha importancia si se termina tomando dicho valor para mejorar las propiedades de resistencia al cortante.

En cuanto al CBR al 95% a 1" penetración (2.54 cm) se ha obtenido 3.5 % lo que significa que es un suelo malo que no cumple con el requerimiento de ser $\geq 6\%$ de CBR para sub rasante con una expansión de 5.16 % requiriendo así ser estabilizado.

CALICATA N° 3-- SUELO NATURAL

En la calicata N°3 ha obtenido un valor de 82.4 % que pasa el tamiz N°200 con lo cual ha obtenido valores similares a la primera calicata en cuanto a los límites de Atterberg a diferencia del contenido de Humedad de 6.4% teniendo como clasificación SUCS (CL de baja plasticidad con arena) y el AASTHO con A-6 (13).

La gravedad específica obtenida en la tercera calicata sería de 2.083 g/Cm³ con lo cual se podría clasificar como Haloisita que se encuentra en el rango de 2.0 a 2.55, al igual que las dos calicatas anteriores en cuanto al contenido de materia orgánico se ha alcanzado 2.4% logrando cumplir con los parámetros establecidos por la norma para estabilizar sales.

con respecto a la densidad máxima seca se ha obtenido 1.768 g/Cm³ con un óptimo contenido de humedad de 13.45 % siendo mayor que las dos primeras calicatas logrando un CBR de 2.9 % al 95% de la Máxima densidad seca a 0.1" de 1.07 % configurando un suelo malo al no cumplir el CBR como mínimo del 6% para subrasante.

CALICATA N° 4-- SUELO NATURAL

En la calicata N°4 el 74.5% pasa el tamiz N°200, obteniéndose 36 % del Límite Líquido, así como 11% del Límite Plástico y un 25% de índice de Plasticidad más un 19% de contenido de humedad similar a la primera calicata y que de acuerdo a la clasificación SUCS es un CL de baja de plasticidad mientras que en el AASTHO es A-6 (14) considerándose un suelo Malo.

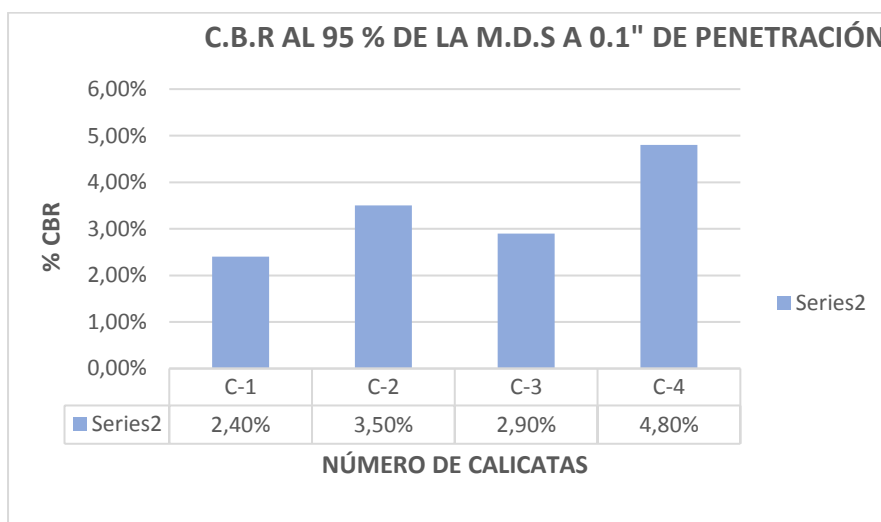
En cuanto al peso específico promedio se obtuvo 2.392 g/Cm³ que al igual que en los 3 anteriores estaría dentro de los Haloisita que tiene el rango de 2.0 hasta 2.55 además con respecto a la Materia orgánica se encontró un porcentaje de 2.5 % cumpliendo con el requerimiento de ser menor de 3%.

En cuanto al ensayo de Proctor Modificado se ha obtenido 1.881 g/Cm³ de densidad Máxima seca con 12.08 % de óptimo contenido de Humedad tomando el método A de compactación. consiguiendo resultados de CBR al 95% de densidad máxima seca de 4.8% a 1" de penetración; obteniéndose de las 4 muestra el de mayor CBR sin llegar al mínimo establecido en la norma.

7.2.1. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DEL TERRENO NATURAL.

De todas las muestras de las calicatas que se realizaron para poder determinar la muestra más desfavorable, se ha representado en un gráfico comparativos para poder observar la variación de los resultados en el siguiente cuadro:

Gráfico 34: Resultados de CBR de las Calicatas de Terreno Natural.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que la calicata con el CBR que más ha resaltado ha sido la última con 4.8 % sin embargo para nuestra muestra patrón se seleccionará la más baja en este caso la muestra N°01 con 2.4 % prácticamente un suelo malo, sin ser aprovechado.

7.3. PROCESO DE MEZCLADO

El proceso de mezclado con suelos arcillosos en una estabilización para un aditivo químico será de acuerdo a las referencias que nos proporcione o antecedentes trabajados con él aditivo químico (Sistema Consolid) así con el cloruro de Sodio por tal motivo es que hemos tomado las siguientes investigaciones considerando sus conclusiones; la primera de ellas es según Larrea y Rivas [7] que han considerado dosificar al cloruro de sodio en 1%, 5%, 10% , 15%, 20% , 25% y tomando como antecedente que la dosificación más optima ha sido la dosificación del 15 % pero para un suelo Grava arcillosa (Granular) según la clasificación SUCS con un IP 17.33 y al grupo de acuerdo a AASTHO A-2-6 (4) ; por el cual se consideró tomar el 15 % como parte de las dosificaciones a analizar; como segunda referencia tenemos a Jairon Roldán [24] que en su investigación realizó dosificaciones de 2%, 4% y 6% siendo su optimo el de 2 %; por tal motivo es que se consideró realizar las siguientes dosificaciones para la presente investigación: 2% ,6 % , 10 % y 15% conociendo que nuestro suelo es arena arcilloso CL.

Para el sistema Consolid se ha considerado también algunos antecedentes como la realizada por Chávez [25] que en dicha investigación el suelo tenía una clasificación CH; realizando una combinación de suelos con material granular pobremente graduada en una relación de 30% y 70 % del material arcilloso por la cual utilizó una dosificación de 0.045 % más su complemento solido del Solidry que varía de 1.5 % a 2 % para la investigación sin embargo nosotros nos regimos al Manual del Producto del Sistema Consolid [26] dentro del cual nos muestra tabla de dosis tanto para el CONSOLID C444 (liquido) como el SOLIDRY (Sólido) que se emplearía para la investigación.

Tabla 53: Tabla de Dosis de Consolid C444

Producto	Espesor	Dosificación (%)	Cantidad l/m ²	Producto	Espesor	Dosificación (%)	Cantidad l/m ²	Producto	Espesor	Dosificación (%)	Cantidad l/m ²
CONSOLID	20.00 cm	Máx. 0.045	0.18	CONSOLID	15.00 cm	Máx. 0.045	0.14	CONSOLID	10.00 cm	Máx. 0.045	0.09
		Med. 0.034	0.14			Med. 0.034	0.10			Med. 0.034	0.07
		Mín. 0.023	0.09			Mín. 0.023	0.07			Mín. 0.023	0.05

Fuente: Manual Consolid

Tabla 54: Tabla de Dosis de SOLIDRY

Producto	Espesor	Dosificación (%)	Cantidad	Producto	Espesor	Dosificación (%)	Cantidad	Producto	Espesor	Dosificación (%)	Cantidad
			Kg/m ²				Kg/m ²				Kg/m ²
SOLIDRY	10.00 cm	Máx. 2.0	4	SOLIDRY	7.50 cm	Máx. 2.0	3	SOLIDRY	5.00 cm	Máx. 2.0	2
		Med. 1.5	3			Med. 1.5	2.25			Med. 1.5	1.5
		Min. 1.0	2			Min. 1.0	1.5			Min. 1.0	1

Fuente: Manual Consolid

De acuerdo a las tablas mostradas se decidió utilizar el máximo del Consolid C444 (0.045%) y se varió en el porcentaje de Solidry desde (1 %; 1.5 % y 2%).

7.4. LIMITES DE ATTERBERG DE TERRENO NATURAL VS M.P MÁS DOSIFICACIONES DE CLORURO DE SODIO.

Teniendo los resultados de las calicatas que se han analizado y habiéndose elegido la calicata más desfavorable y llegar al objetivo de la investigación; por tal motivo las dosificaciones empleadas para la estabilización de la subrasante con cloruro de sodio se ha desarrollado los límites tanto del 2%, 6%, 10% y 15% obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 55: Resultados de Límites de Atterberg de las dosificaciones del Cloruro de Sodio.

RESUMEN DE RESULTADOS CLORURO DE SODIO.			
%	LL	LP	IP
2%	36%	19%	17%
6%	35%	20%	15%
10%	35%	18%	17%
15%	34%	18%	16%
C-1	36%	15%	21%

Fuente: Elaboración Propia.

Considerando los resultados presentados en la Tabla N°33 a través de los ensayos, se puede presentar algunos comportamientos de los Límites de Atterberg.

En cuanto al Límite líquido podemos observar que mientras más porcentaje de Cloruro de Sodio tenga, éste disminuirá ligeramente considerándose que la dosificación del 6% es la más óptima con 35% de límite líquido; este solo ha tenido una ligera diferencia con respecto a la muestra patrón que tiene 36% es decir la cantidad mínima de humedad de la muestra del suelo que pueda fluir por agitación.

En cuanto al límite plástico que es considerado la cantidad de humedad necesaria para que se comience a romper los cilindros de 3 mm cuando son amasados su comportamiento al adicionar cloruro de sodio a la dosificación óptima aumenta de un 15% a 20% con relación a la muestra patrón además se observa que mientras aumente la cantidad de sal disminuye el porcentaje de Límite plástico.

El índice de plasticidad es un valor muy importante para la composición y comportamiento de la granulometría de un suelo este saldrá a partir de la diferencia entre el límite líquido y límite plástico siendo un valor representativo del cambio de un estado semisólido a un estado semilíquido; por la cual se observa que al añadir el cloruro de sodio el índice de plasticidad baja con respecto a la muestra patrón que tiene un 21 % a diferencia de la dosificación óptima del cloruro de sodio que logra un 15% de Índice de plasticidad.

La muestra más desfavorable tiene un I.P. ≥ 20 , logrando obtener una arcilla de Baja plasticidad.

7.5. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO

En los ensayos de compactación por Proctor modificado se ha realizado con adición de los aditivos estabilizadores tanto el cloruro de Sodio como el sistema Consolid que han sido utilizados y analizados para determinar la mejor dosificación de ambos en busca del mejoramiento de las propiedades del suelo y la capacidad de soporte para lo cual se obtendrá el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.

7.5.1. CLORURO DE SODIO 2%,6%,10 Y 15%

Para poder encontrar la relación entre el contenido de agua y su peso unitario seco de los suelos con el cloruro de Sodio se ha realizado dicho ensayo por el método "A" con todas las dosificaciones obteniéndose para la dosificación del 2% una densidad máxima seca de 1.827 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 11.73%; a diferencia de la muestra patrón que tiene 1.824 g/cm³ con una humedad de 11.49% reduciéndose 0.24 en contenido de humedad.

Para la dosificación del 6% de cloruro de sodio se ha obtenido una densidad máxima seca de 1.882 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 12.73 % elevándose en un 1% de la dosificación del 2% e incluso de la primera muestra patrón en que aumento en un 0.055 g/cm³.

Con la adición del 10 % de cloruro de sodio se obtendrá un óptimo contenido de humedad de 12.73 % al igual que la muestra N°1; además de la densidad máxima seca de 1.820 g/cm³

Sin embargo, con la dosificación del 15% de cloruro de sodio se obtendrá como máxima densidad seca de 1.922 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 11.07% a diferencia de la muestra patrón que tiene 1.824 g/cm³ con una humedad de 11.49% teniendo una diferencia de 0.098 g/cm³ estos fueron determinados por la curva de compactación.

7.5.2. SISTEMA CONSOLID CON 0.045% DE C444 MÁS 1%,1.5% Y 2% DE SOLIDRY.

En cuanto a la adición del sistema consolid debemos considerar que este aditivo cuando es colocado forma complejas estructuras moleculares que realiza movimientos catalíticos permitiendo la reducción de la tensión superficial de agua y además permite la reducción de la óptima cantidad de humedad; por lo cual se ha utilizado el consolid liquido con una dosificación de 0.045% tanto sola como añadiendo el solidry Solido en porcentajes de 1%, 1.5% y 2%.

Cuando se le añade el 0.045 % de Consolid liquido logra obtener una densidad máxima seca de 1.915 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 11.27% a diferencia de la muestra patrón que tiene 1.824 g/cm³ con una humedad de 11.49% viéndose el aumento de 0.091 en la densidad máxima seca y un aumento ligeramente del porcentaje de agua.

En cuanto se le añada el Solidry en polvo con el 1% se puede mencionar que la densidad máxima seca disminuyo a 1.828 g/cm³ con una humedad de 11.34%, mencionar además que tiene la densidad seca casi igual que la muestra patrón.

Cuando se le adiciona 1.5% de Solidry la densidad seca sigue bajando a 1.816 g/cm³ a diferencia de cuando solo se añada el consolid liquido; incluso disminuyo menos que la de la muestra patrón, sin embargo, para el óptimo contenido de humedad aumento a 11.56%.

La última dosificación es la adición de 2% de Solidry con la cual se obtuvo una máxima densidad seca de 1.817 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 11.26% observando así bajo la misma línea se mantiene como la dosificación de añadir 1.5% de solidry y menor que la muestra patrón.

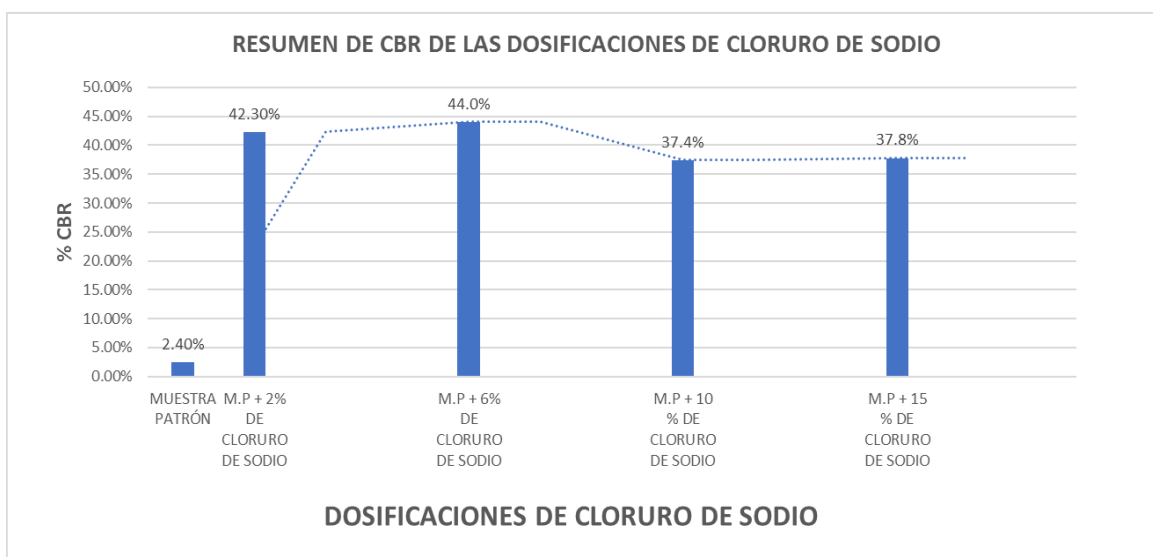
7.6. ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R)

Luego de determinar las máximas densidades seca de las dosificaciones empleadas por los aditivos se han realizado los ensayos de CBR tanto para el cloruro de sodio como para el sistema consolid para poder analizar los cambios que se realicen en las propiedades de las mezclas para ser utilizadas como sub rasante.

7.6.1. C.B.R DE CLORURO DE SODIO DE 2%,6%,10% Y 15 %.

Después de determinar las densidades máximas secas y determinar los óptimos contenidos de humedad de cada dosificación se procede a realizar el ensayo de C.B.R además se tiene que considerar que de acuerdo a lo establecido en [27] en el punto 8 de especificaciones técnicas en el cuadro N°01 menciona que cuando se realice una estabilización con sales el CBR deberá obtenerse como 100% como mínimo y este CBR es no saturado de acuerdo a lo mencionado en la MTC E 115; frente a esa descripción se ha logrado los siguientes resultados en el siguiente gráfico:

Gráfico 35: Resumen de CBR de las dosificaciones de Cloruro de Sodio



Fuente: Elaboración Propia

Esta tabla de resumen nos muestra la capacidad de soporte que se ha logrado alcanzar con el cloruro de sodio, siendo el mejor resultado alcanzado por la dosificación del 6% del cloruro de sodio que alcanzo un CBR de 44% al 95% de la máxima densidad seca a 1" de penetración, alcanzando estabilizar la sub rasante en más de 1733% de lo que se tenía en la muestra patrón que es la más desfavorable.

Cabe indicar que, por cada dosificación del cloruro de sodio, se ha realizado 3 muestras para poder corroborar los resultados y poder analizar los resultados y promediar los CBR alcanzados.

Se debe considerar la climatología, así como la precipitación en la ciudad donde se realizará la estabilización; en la cual la ciudad de Chiclayo es un clima que debería ser caluroso, húmedo y temporadas de lluvias fuertes por estar a una zona tropical cerca del país ecuatoriano sin embargo el clima que tienes es sub tropical, con fuertes vientos y sin lluvia de acuerdo a lo mencionado por el MET en la que describe lo siguiente:

Según la MET [28] La precipitación media acumulada anual es de aproximadamente 29.6 mm; así como la media anual de temperatura máxima y mínima es de 26.3°C y 20.9° sin embargo según SENAMHI [29] en los valles como olmos y motupe se incrementará una temperatura de hasta 36°C de acuerdo al aviso meteorológico que realiza senamhi.

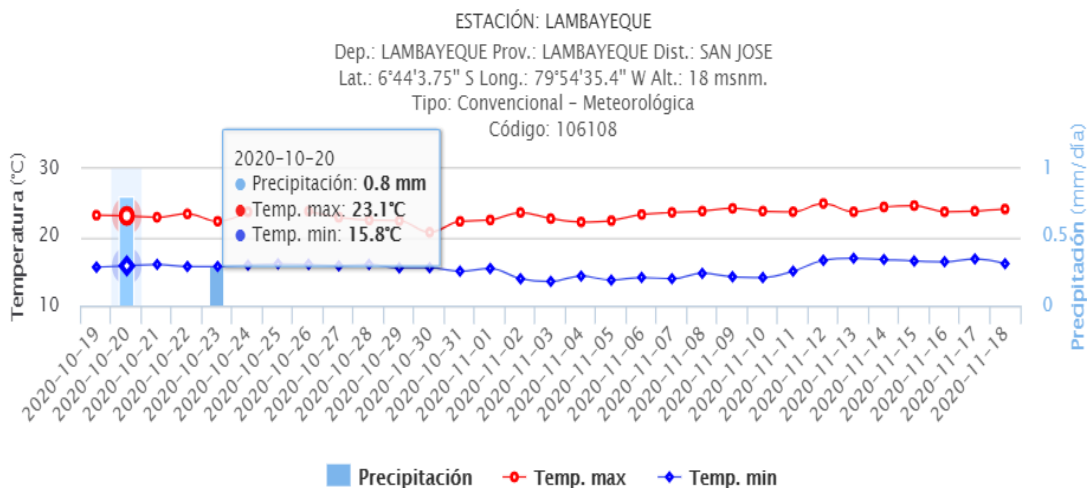
Es más, en la estación de Lambayeque se puede observar que el mes de noviembre del 2020 la temperatura máxima ha sido de 24.9°C mientras que la mínima ha registrado 13.5°C.

Tabla 56: Resumen de Temperatura máxima y min en el mes de Noviembre 2020.

Estación : LAMBAYEQUE				
Departamento : LAMBAYEQUE		Provincia : LAMBAYEQUE		Distrito : SAN JOSE
Latitud : 6°44'3.75"		Longitud : 79°54'35.4"		Altitud : 18 msnm.
Tipo : CP - Meteorológica		Código : 106108		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
01/11/2020	22.5	15.4	83.2	0
02/11/2020	23.6	13.9	83.1	0
03/11/2020	22.7	13.5	81.4	0
04/11/2020	22.2	14.3	S/D	0
05/11/2020	22.4	13.7	82.3	0
06/11/2020	23.3	14.1	80.6	0
07/11/2020	23.6	13.9	S/D	0
08/11/2020	23.8	14.7	76.5	0
09/11/2020	24.2	14.2	77.8	0
10/11/2020	23.8	14.1	79.1	0
11/11/2020	23.7	15	79.8	0
12/11/2020	24.9	16.6	79.6	0
13/11/2020	23.7	16.9	76.3	0
14/11/2020	24.4	16.7	75.5	0
15/11/2020	24.6	16.5	77.4	0
16/11/2020	23.7	16.4	83.5	0
17/11/2020	23.8	16.8	76.9	0
18/11/2020	24.1	16.1	78.1	0

Fuente: SENAMHI

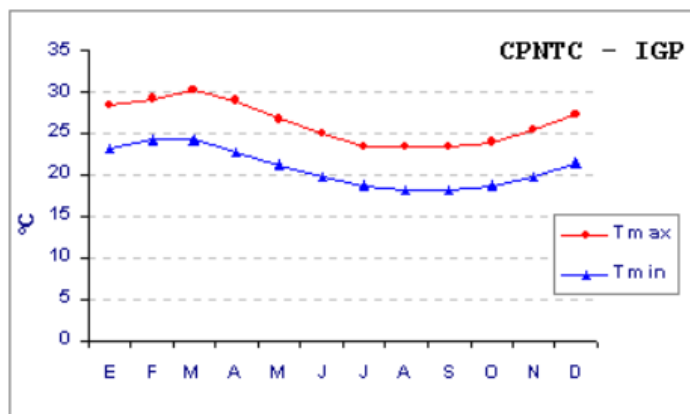
Gráfico 36: Resumen de la estación Lambayeque del mes de Noviembre 2020



Fuente: SENAMHI

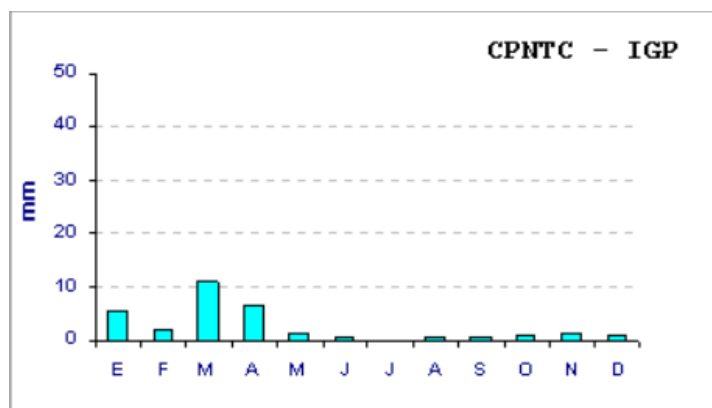
En los siguientes gráficos se mostrará el comportamiento de tanto de las temperaturas máximas y mínimas, así como los promedios multianuales de precipitación acumulada mensual desde los años 1950 hasta 1991, mostrando notoriamente el comportamiento bajo de las precipitaciones en el distrito de Chiclayo a excepción del año 1998 cuando se alcanzó un valor de 402 mm en el mes de Julio; este análisis se realiza en el lugar donde se ha analizado la muestra del mejoramiento de subrasante con el cloruro de sodio.

Gráfico 37: Promedios multianuales de temperaturas máximas y mínimas



Fuente: CPNTC-IGP

Gráfico 38: Promedios multianuales de precipitación acumulada mensual.



Fuente: CPNTC-IGP

7.6.2. C.B.R DEL SISTEMA CONSOLID CON 0.045% DE C444 MÁS 1%,1.5% Y 2% DE SOLIDRY.

Para poder realizar el ensayo de CBR en muestras compactadas a un óptimo contenido de humedad se preparan 3 especímenes utilizando para ello 3 diferentes esfuerzos de compactación para obtener los llamado pesos unitarios, el sistema consolid de acuerdo a lo mencionado en su manual es un aditivo que favorece la compactación y regula la óptima contenido de humedad ya que al ser así al tener una fuerte presión se ajustan las partículas hasta tener un cuerpo compacto y soportar grandes cargas por ende analizaremos los resultados obtenidos en las siguientes líneas:

0.045% DE CONSOLID: De acuerdo a los antecedentes solamente utilizando el aditivo líquido Consolid C444 llega a duplicar el CBR de un suelo, como por ejemplo en el “Mejoramiento y Rehabilitación del camino vecinal de nuevo progreso-congona, distrito de Cañaris en el Departamento de Lambayeque se realizó la estabilización en Limos inorgánicos de baja plasticidad (ML) y (SM) teniendo buenos resultados alcanzando CBR de 13% a 15% cuando solo tenían 5.5% al 95% de máxima densidad seca, sin embargo en la investigación que se ha realizado tenemos un suelo super malo arcilla arenosa CL con CBR de 2.4% la cual no pudo ser estabilizada por Consolid C444 alcanzando un CBR de 1.93% en el Promedio de las 3 muestras realizadas para dicha dosificación.

0.045% DE CONSOLID +1% DE SOLIDRY: a diferencia del consolid sin añadir el Solidry , al adicionar el 1% de solidry el CBR aumenta logrando así encontrar un

promedio de 5.80 %, podríamos decir que si llega a estabilizar y a cumplir ligeramente con lo mínimo establecido en la norma que es 6% para una sub rasante, ya que al tener 3 resultados de CBR de la misma dosificaciones 2 de ellas llegaron a pasar el 6% a diferencia de una de ellas que llegó a 5.10%.

Al añadir el sólido de solidry encontramos un mejoramiento en la capacidad de soporte.

0.045% DE CONSOLID +1.5 % DE SOLIDRY: Al adicionar el 1.5 de solidry vemos un aumento significativamente logrando un CBR de 32.70% siendo este un valor positivo buscando estabilizar el suelo CL de la urbanización el parral, incrementando en un 1262.5% a diferencia de la muestra patrón con un CBR de 2.4%.

0.045% DE CONSOLID +2 % DE SOLIDRY: Considerando el aumento del CBR al adicionar el sólido del SOLIDRY; encontramos que al adicionar el 2% de este sólido estaremos mejorando las propiedades de impermeabilidad, por tal motivo se determina que al aumentar más solidry el CBR aumenta, consiguiendo un CBR de 55.07%, incrementándose en 22.37% a diferencia de la anterior dosificación.

7.6.3. COMPARACIÓN DE ENSAYO NORMALIZADO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS.

Se realiza para suelos cohesivos es decir suelos arcillosos por tal motivo ha decidido realizar el ensayo a las tres muestras tanto para el suelo natural, para la mejor dosificación del cloruro de sodio y para el consolid CD444 más 2% de solidry.

Se formará una probeta que se trabajará de acuerdo a la norma, en la cual se tiene que dejar 24 horas, y al día siguiente ensayarlas, para lo cual se debe pesar la muestra, y se someterá a cargas es así como encontramos los siguientes resultados:

Cuadro 37: Resumen de resistencia de las 3 muestras.

	M.P	M.P+6% CLORURO DE SODÍO	M.P+ CD444+2% SOLIDRY
qumax	0.43 kg/cm ²	0.66 kg/cm ²	0.89 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar del grafico que el consolid más 2% de solidry tiene mejor comportamiento que las otras dos muestras logrando una resistencia de 0.89 kg/cm² a diferencia del sodio que alcanza los 0.66 kg/cm², mientras que el terreno natural logra obtener solo 0.43 kg/cm².

7.6.4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ESTABILIZADORES QUIMICOS.

CUADRO COMPARATIVO									
ESTABILIZADORES	PROCTOR MODIFICADO		CBR AL 95 % DE LA MDS	PORCENTAJE DE EXPANSIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA	DENSIDAD HUMEDAD	HUMEDAD	PARTIDA DE ESTABILIZACIÓN (m ²)	
	MÁXIMA DENSIDAD SECA	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD						S/	
MUESTRA PATRÓN	1.824 g/cm ³	11.49%	2.40%	1.76%	0.43 Kg/ Cm ²	2.022 g/cm ³	10.05%	S/	33.55
M.P + 6% CLORURO DE SODIO	1.882 g/cm ³	12.73%	44%	- %	0.66 kg/Cm ²	2.119 g/cm ³	10.05%	S/	265.64
M.P + 0.045 CD444+ 2% SOLIDRY	1.817 g/cm ³	11.26%	55.07%	0.33%	0.89 kg/ cm ²	2.015 g/cm ³	10.05%	S/	161.11

Se obtiene realiza la comparación respectiva para el análisis de las dosificaciones más optimas de cada uno de los estabilizadores, considerando la capacidad de soporte, precios y la resistencia a la compresión.

VIII. Conclusiones

Las conclusiones serán redactadas de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio y en el análisis desarrollado que serán de mucha importancia para su aplicación que ayudarán a mejorar el buen desempeño de las propuestas de estabilización.

- En la investigación se ha trabajado con un suelo de la Urbanización el Parral del distrito de la Victoria-Chiclayo, cuyo suelo es CL (arcilla arenosa) según la clasificación SUCS, mientras que para AASTHO es un A-6 (13) cuya muestra de la calicata N°1 la escogida por ser la más desfavorable y la cual será estabilizada por el cloruro de Sodio y sistema Consolid.
- Después de realizar los ensayos de caracterización a la muestra patrón y conocer las dosificaciones a utilizarse, se obtiene de la muestra patrón que su Limite liquido es 36.54; limite plástico es 15.39 y si índice de plasticidad

es 21.15 que al ser mayor de 18% son arcillosos y sobre todo por contener finos, sin embargo, los límites de Atterberg realizados con la dosificación más óptima del cloruro de sodio del 6% se ha obtenido un límite líquido de 35% con un límite plástico de 20% y un índice de plasticidad de 15%.

- De la presente investigación las dosificaciones más óptimas del cloruro de sodio ha sido el porcentaje del 6% al obtener un CBR de 44 % al 95% de compactación con una máxima densidad seca de 1.882 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 12.73%, mientras que por parte del sistema consolid ha sido la dosificación CD444+2% Solidry alcanzando un CBR de 55.07 % al 95% de compactación con una máxima densidad seca de 1.817 g/cm³ con una óptima contenido de humedad de 11.26%; superando ampliamente a la muestra patrón o inicial que contenía un CBR de 2.4% con una máxima densidad seca de 1.824 g/cm³ y el óptimo contenido de humedad de 11.49%.
- Conociendo los resultados se concluye que con respecto al cloruro de sodio en suelos arcillosos al adicionar más del 6% de cloruro de sodio comienza a bajar su CBR aumentando la densidad máxima seca, disminuyendo el contenido de humedad.
- El sistema consolid llega alcanzar a estabilizar la sub rasante adicionando el 2% de solidry; concluyendo que al adicionar más solidry (solido) llega a obtener mayor capacidad de soporte mientras que para suelos CL no llega a estabilizar un suelo para sub rasante solo con el CD444.
- De acuerdo a los resultados presentados en los costos unitarios debemos describir que con un metrado de 15024.06 m utilizando el sistema consolid saldría un Presupuesto de S/3,834,492.44 mientras que con el 6% de cloruro de sodio se ha propuesto S/4,873,240.34 habiendo una diferencia notoria de S/1038747.9 mientras que una dosificación tradicional solo con over se tuvo S/909,381.27.

IX. Recomendaciones

Las recomendaciones realizadas se hacen considerando los resultados obtenidos en la investigación cuya finalidad busca mejorar los conocimientos de los productos estabilizadores de suelos que se encuentran en el mercado.

- Al conocer que el aditivo consolid llega a mejorar la sub rasante con la dosificación de CD444+2% de Solidry alcanzando un CBR alto de 55.07% al 95% de compactación por la cual se recomienda realizar una combinación de suelo con material granular para base en una proporción de 20% Material Granular y 80% Material CL de la investigación; y ver si llega a cumplir lo estipulado por la norma C.E 0.10 de Pavimentos urbanos de obtener un CBR mayor o igual a 80% al 100% de compactación para su aceptación.
- Se recomienda utilizar la dosificación del 6% de cloruro de sodio como estabilizador en lugares de pocas precipitaciones como la costa, y que no tengan más de 500 m.s.n.m.
- Para vías locales se recomienda utilizar las estabilizaciones de sales por ser más económicas mientras que para vías principales o carreteras se puede realizar con el sistema Consolid.
- Se recomienda que esta propuesta sea manejada como referencia para que se pueda estabilizar una subrasante.

X. Referencias

- [1] L. J. Montoya Jaramillo, Vías de Bajo Volumen de Tránsito, Medellín, 2017.
- [2] J. M. Junco Del Pino y E. Tejada Piusseaut, «Influencia de la actividad de las arcillas en la estabilización de suelos con sales cuaternarias de amonio en cuba,» *CARRETERAS*, p. 197, oct 2014.
- [3] J. M. Junco Del Pino y E. Tejada Piusseaut, «Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de sub rasantes de carreteras,» *CARRETERAS*, p. 183, 2012.
- [4] J. Junco del Pino y P. Morales Quevedo, «Estabilización e impermeabilización de suelos mediante el empleo de Rocamix y su efecto en el tiempo,» Cujae, 2010.
- [5] INEI, «Instituto Nacional de Estadística e Informática,» [En línea]. Available: <http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-la-poblacion-economicamente-activa-2017/>. [Último acceso: 8 Mayo 2019].
- [6] J. Junco del Pino y E. Tejada Piusseaut, «Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de Subrasantes de Carreteras,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 5, nº 2, 2011.
- [7] B. R. Larrea Olivero y J. C. Rivas Cajo, «Estabilización de suelos Arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio,» Guayaquil, 2019.
- [8] J. Aguirre Manuel Prado, «Estabilización de la Subrasante en la vía Cuicocha-Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, Utilizando el sistema Consolid,» Quito, 2012.
- [9] E. Condor Martinez y P. Huamancayo Cuba, «Comparación Económica del Resultado y el Mantenimiento entre los estabilizadores Proes y Consolid para el Sistema de Mejoramiento de Suelos Blandos para las carreteras no Pavimentadas en la selva Peruana,» Lima, 2016.
- [10] J. C. Díaz García, «Estudio de estabilización de suelos con el sistema consolid para mejorar el camino vecinal Yántalo – C.P.M. Buenos Aires, Moyobamba – San Martín, 2016,» Tarapoto, 2016.
- [11] A. M. Fonseca, Ingeniería de Pavimentos para Carreteras, Bogotá, D.C.: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones, 2002.
- [12] D. M. Braja , Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, México: Cengage Learning Editores, S.A, 2015.
- [13] Carranza Ortíz Antonella Lizbet, Fernandez Lojas Delia Carolina del Milagro, «Aplicación de los aditivos PROES y CONAID para mejorar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P Barraza, Ladero, La Libertad-2018,» 2018.
- [14] Proestech, «Ficha Técnica,» 2017.

- [15] A. S. Rodríguez, *Tratamientos de suelos con Cal*, Madrid: Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y derivados de España, 2005.
- [16] D. R. R. López, «Estabilización de suelos cohesivos por medio de areanas volcánicas y cal viva,» 2012.
- [17] D. Scherr, «BUSSETTI & Co. GesmbH». Austria Patente 01530138, 2000.
- [18] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *Manual de ensayos de Materiales*, Lima: Perú Progreso para Todos, 2016.
- [19] S. Carrasco Díaz, *Metodología de la Investigación Científica.*, San Marcos, 2005, p. 480.
- [20] S. Hernandez , R. Fernandez y P. Baptista , *Metodología de la Investigación.*, Mexico : McGraw-Hill, 2014.
- [21] S. Valderrama Mendoza, *Pasos para elaborar Proyectos de investigación Científica*, Lima: San Marcos , 2013.
- [22] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, «MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES,» Lima, 2016.
- [23] P. E. C. Briceño, «Influencia de la Aplicación de Aditivos Químicos en la Estabilización de Suelos Cohesivos para uso como Subrasante mejorada de Pavimentos entre los sectores Calamarca-Huaso,» La Libertad, 2018.
- [24] J. Roldán De Paz, «Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) Para bases y sub bases,» Guatemala, 2010.
- [25] R. Chávez Pajuelo, «Estudio comparativo empleando el aditivo PROES y CONSOLID para la estabilización de suelos en caminos vecinales, 2018,» Lima , 2018.
- [26] SISTEMA CONSOLID-PERÚ, «Manual Consolid,» Lima.
- [27] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Documento técnico soluciones basicas en Carreteras no Pavimentadas.,» Lima, 2015.
- [28] Ministerio de Agricultura, «Ministerio de Agricultura, Senamhi, Instituto Geofísico del Perú,» [En línea]. Available: <http://www.met.igp.gob.pe/clima/HTML/chiclayo.html>. [Último acceso: 10 11 2020].
- [29] SENAMHI , «Portal de transparencia,» [En línea]. Available: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=498>. [Último acceso: 10 11 2020].
- [30] P. A. Ruiz Enero, «Influencia de los metodos comunes de curado en los especimenes de concreto de alto desempeño,» 2006.
- [31] E. Barriga Caceres y J. Bernardo Murillo, «Aplicación Y Estudio de las Propiedades de las Celulosas recicladas obtenidas del papel periódico como una adición para el concreto.,» 2016.

- [32] Ministerio del Ambiente, «Educación Ambiental para la prevención y recuperación Ambiental,» *Residuos y Areas Verdes*, 2016.
- [33] INEI, «Instituto Nacional De Estadística E Informática,» [En línea]. Available: <http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>. [Último acceso: 08 Mayo 2019].
- [34] Real Academia Española, «Real Academia Española,» [En línea]. Available: <http://www.rae.es/>. [Último acceso: 01 10 2017].
- [35] G. D. Cedeño, «Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la subrasante de la avenida Quitumbe - Ñan, Cantón Quito,» 2013.
- [36] C. Crespo, *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*, México: Limusa, 2004.
- [37] Ministerio de Transportes, «Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos,» Lima, 2016.
- [38] J. M. Junco Del Pino, «Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasante de carreteras,» *Revista Carreteras*, 2013.
- [39] M. Ramos Pereira, «Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo a Nivel de Subrasante a través de la utilización del sistema Rocamix entre la Prolongación de la avenida San Antonio de Pradua y de la Calle 04 de la Asociación de vivienda 02 de octubre,» Moquegua, 2019.
- [40] M. Ccopa Estrada y P. Fernández Gonzales, «Análisis comparativo de las propiedades fisicomecánicas de un suelo natural, comparado con un suelo estabilizado con el Sistema Consolid en la Carretera Ollantaytambo en el tramo 0+000 – 1+000. distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, Región Cusco.,» Urubamba , 2018.

XI. ANEXOS

ANEXO 1: INDICE DE FIGURAS

ANEXO 2: INDICE DE GRAFICOS

ANEXO 3: INDICE DE TABLAS

ANEXO 4: INDICE DE CUADROS

Cuadro N°36: Población Censada de 14 y más años de edad, por grupos de edad, según Provincia, Distrito.

CUADRO N° 1: POBLACIÓN CENSADA DE 14 Y MÁS AÑOS DE EDAD, POR GRUPOS DE EDAD, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, CONDICIÓN DE ACTIVIDAD ECONÓMICA Y SEXO					
Provincia, distrito, área urbana y rural, condición de actividad económica y sexo	Total	Grupos de edad			
		14 a 29 años	30 a 44 años	45 a 64 años	65 y más años
PROVINCIA CHICLAYO	613 310	211 348	165 397	162 830	73 735
Hombres	290 351	103 319	77 391	75 021	34 620
Mujeres	322 959	108 029	88 006	87 809	39 115
PEA	346 580	96 134	121 651	110 058	18 737
Hombres	209 115	57 329	71 857	66 546	13 383
Mujeres	137 465	38 805	49 794	43 512	5 354
Ocupada	328 313	87 510	116 455	106 214	18 134
Hombres	201 098	53 418	69 893	64 845	12 942
Mujeres	127 215	34 092	46 562	41 369	5 192
Desocupada	18 267	8 624	5 196	3 844	603
Hombres	8 017	3 911	1 964	1 701	441
Mujeres	10 250	4 713	3 232	2 143	162
NO PEA	266 730	115 214	43 746	52 772	54 998
Hombres	81 236	45 990	5 534	8 475	21 237
Mujeres	185 494	69 224	38 212	44 297	33 761

Fuente: Inei-censos nacionales 2017: xii de población, vii de vivienda y iii de comunidades indígenas.

Cuadro N°37: Población Censada Y tasa de crecimiento Promedio Anual, Según Provincia, 2007 Y 2017.

LAMBAYEQUE: POBLACIÓN CENSADA Y TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL, SEGÚN PROVINCIA, 2007 Y 2017 (Absoluto y porcentaje)							
Provincia	2007		2017		Variación intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
Total	1 112 868	100,0	1 197 260	100,0	84 392	7,6	0,7
Chiclayo	757 452	68,1	799 675	66,8	42 223	5,6	0,5
Ferreñafe	96 142	8,6	97 415	8,1	1 273	1,3	0,1
Lambayeque	259 274	23,3	300 170	25,1	40 896	15,8	1,5

Fuente: Inei-censos nacionales de población y vivienda 2017

ANEXO 5: PANEL FOTOGRAFICO

Foto 1: Zona de Estudio-Reconocimiento de Área de 9059.18 m²



Fuente: Google Maps.

Foto 2: Zona de Estudio-Reconocimiento de Área de 10531.79 m²



Fuente: Google Maps

Foto 3: Lugar de estudio-URB El parral-1



Fuente: Elaboración Propia

Foto 4: Lugar de estudio-URB El parral-2



Fuente: Elaboración Propia

Foto 5: Lugar de estudio-URB El parral-3



Fuente: Elaboración Propia

Foto 6: Lugar de estudio-URB El parral-4



Fuente: Elaboración Propia

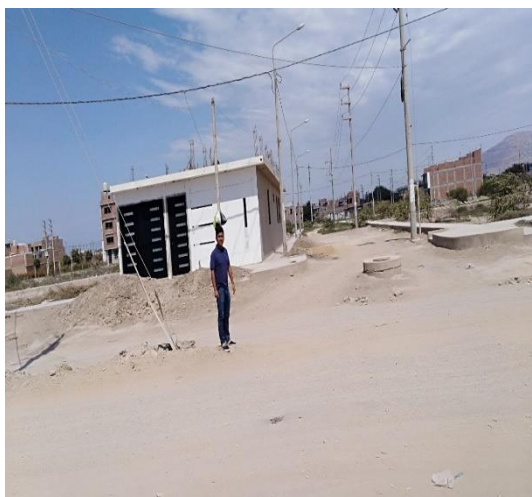
Foto 7: Lugar de las calles sin pavimentar



Foto 8: Observando el Lugar de trabajo



Foto 9: Intersección Av Pachacutec



Fuente: Elaboración Propia

Foto 10: Calicata N°1



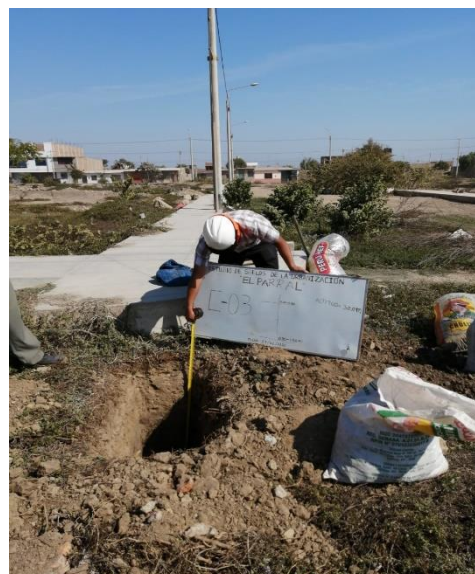
Fuente: Elaboración Propia

Foto 11: Calicata N° 2



Fuente: Elaboración Propia

Foto 12: Calicata N°3



Fuente: Elaboración Propia

Foto 13: Calicata N° 4



Foto 14: Limpiando la zona



Foto 15: Tamizado para la Granulometría



Fuente: Elaboración Propia

Foto 17: Golpeo de la manija para los Limites



Fuente: Elaboración Propia

Foto 19: Muestras ya culminadas



Foto 16: Pesado de las muestras retenidas



Fuente: Elaboración Propia

Foto 18: Muestra de trabajo.



Fuente: Elaboración Propia

Foto 20: Muestra para el Proctor



Foto 21: añadiendo el agua necesaria.



Fuente: Elaboración Propia

Foto 23: se realiza el cuarteo.



Fuente: Elaboración Propia

Foto 26: se compacta de acuerdo a los golpes.

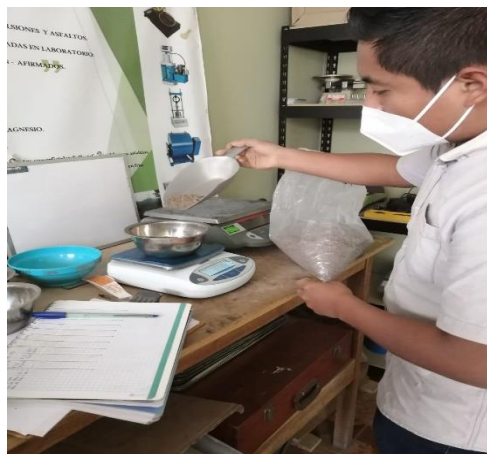


Foto 22: Colocación del agua a nuestro material



Fuente: Elaboración Propia

Foto 24: Pesando la Tara con material.



Fuente: Elaboración Propia

Foto 27: Se añaden por capas.

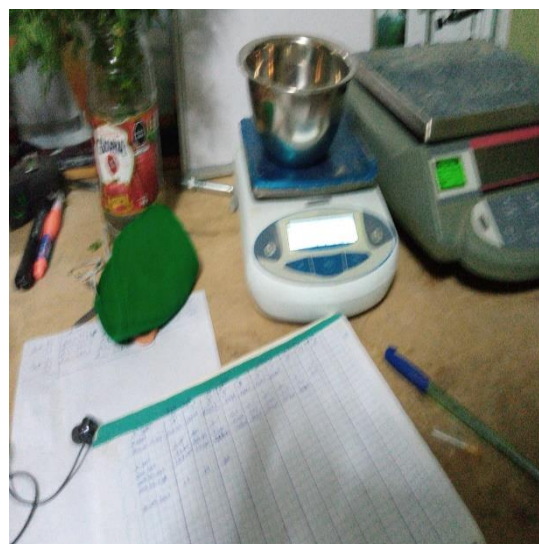


Foto 28: se pesa el molde ya enrasado



Fuente: Elaboración Propia

Foto 30: se pesa el material para el CBR



Fuente: Elaboración Propia

Foto 32: Penetración de CBR al 95%



Foto 29: Se pesa la tara para los datos



Fuente: Elaboración Propia

Foto 31: CBR en saturación



Fuente: Elaboración Propia

Foto 33: CBR penetrado



Foto 34: Cloruro de Sodio



Fuente: Elaboración Propia

Foto 36: Proctor con Cloruro de SODIO



Fuente: Elaboración Propia

Foto 38: Proctor con Cloruro de SODIO

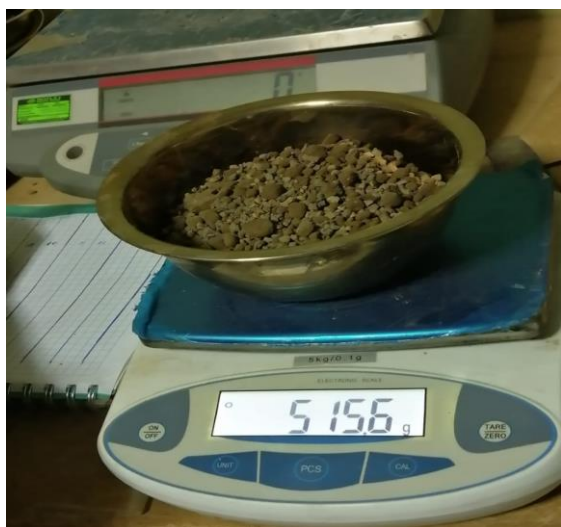


Foto 35: Sistema Consolid



Fuente: Elaboración Propia

Foto 37: Mezcla de dosificaciones

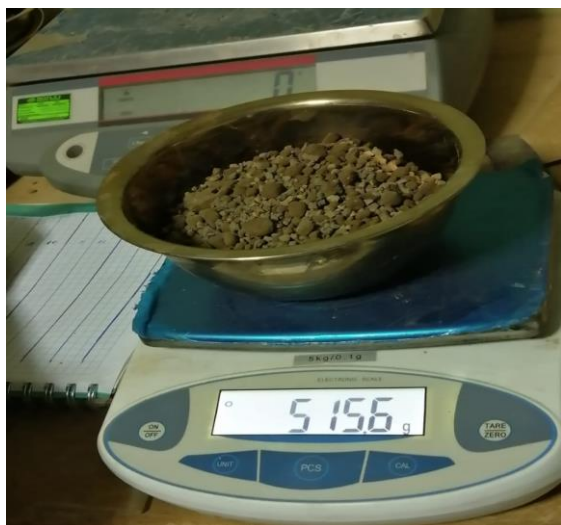


Fuente: Elaboración Propia

Foto 39: compactando los golpes



Foto 38: Proctor con Cloruro de SODIO



Fuente: Elaboración Propia

Foto 40: Enrase del Molde



Fuente: Elaboración Propia

Foto 42: Dosificaciones del Consolid más solidry



Foto 39: compactando los golpes



Fuente: Elaboración Propia

Foto 41: Peso del Material para el CBR



Fuente: Elaboración Propia

Foto 43: Preparación del Consolid



Foto 44: Compactación al 95%



Fuente: Elaboración Propia

Foto 45: Tina para el curado de los CBR



Fuente: Elaboración Propia

Foto 46: Penetración del CBR



Fuente: Elaboración Propia

Foto 47: CBR penetrados del sistema consolid



Fuente: Elaboración Propia

Foto 48: CBR de consolid y solidry



Foto 49: Preparación de la muestra

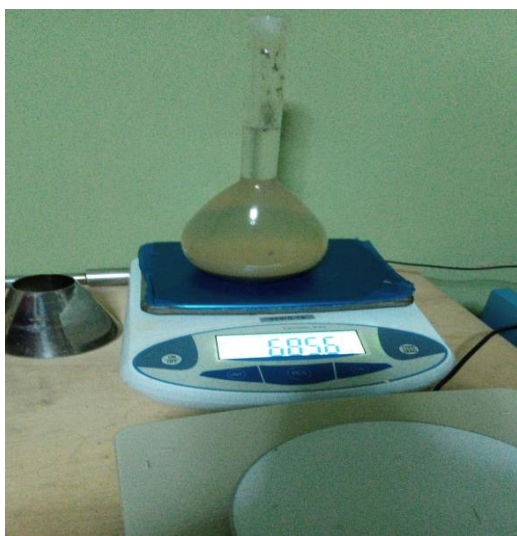


Foto 50: Dosificaciones para el ensayo



Fuente: Elaboración Propia

Foto 52: Gravedad específica de suelos



Fuente: Elaboración Propia

Foto54: Muestra en la que se toma el PH



Foto 51: Preparación de la friola



Fuente: Elaboración Propia

Foto 53: Material para el PH



Fuente: Elaboración Propia

Foto 55: Medida del PH



Foto 56: Dosificaciones del Consolid



Fuente: Elaboración Propia

Foto 58: material para la compresión simple



Fuente: Elaboración Propia

Foto 60: Dosificaciones del cloruro de sodio



Foto 57: Preparación del Consolid



Fuente: Elaboración Propia

Foto 59: Preparación para la hidrometría



Fuente: Elaboración Propia

Foto 61: Limites del Cloruro de Sodio



Foto 62: Calibración del instrumento



Fuente: Elaboración Propia

Foto 64: Muestra T.N y consolid



Fuente: Elaboración Propia

Foto 66: Resistencia a esfuerzos



Foto 63: Ensayo de Hidrometría



Fuente: Elaboración Propia

Foto 65: Muestras de cloruro de sodio



Fuente: Elaboración Propia

Foto 67: Deformación del Consolid



Figura N°17: Estructura típica de un Pavimento



ANEXO 6: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO 7: FICHAS TECNICAS

FICHA TÉCNICA DEL CLORURO DE SODIO

Características de la sal

Las propiedades típicas de la sal utilizada en el experimento son las siguientes:

Propiedades típicas	Límites
Cloruro de sodio, %	99.300 – 99.720
Humedad, %	2.011 – 3.600
Materia insoluble, %	0.007 – 0.177
Ion calcio, %	0.035 – 0.910
Ion magnesio, %	0.002 – 0.074
Ion sulfato, %	0.125 – 0.355
Malla US: 4	20 – 55%
Malla US 16	50 – 70%
pasa US 16	13% max

Tabla 3.2 Granulometría de la sal utilizada en el estudio

Malla No.	Peso retenido g	Retenido parcial %	Material que pasa %
1/2"	363.00	0.80	99.20
3/8"	1 738.00	3.90	95.30
4	14 707.00	32.40	62.90
10	20407.00	45.00	17.90
20	6782.04	15.00	2.90
40	1 150.54	2.50	0.40
70	182.04	0.40	0.00
100	6.54	0.00	
SUMA	45 336.16	100.00	

FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA CONSOLID

1. INFORME TÉCNICO

1.1. Principio y descripción

El Sistema de impermeabilización y estabilización química de suelos CONSOLID está formado por dos productos: un polvo granulado de nombre comercial SOLIDRY, y un líquido semi-viscoso de nombre comercial CONSOLID 444.

El sistema impermeabiliza los suelos tratados, así como aumenta la capacidad portante de los mismos.

La aplicación del CONSOLID 444 permite una aglomeración de las partículas finas, y de este modo una reducción de la superficie activa del suelo; se destruye la película de agua adherida en la medida de lo posible, activando así el poder de unión propio del suelo. Un tratamiento posterior con SOLIDRY permite una estabilización precisa de acuerdo a los requerimientos del lugar de construcción.

1.2 Materiales y componentes

1.2.1 SOLIDRY CONCENTRADO

Polvo granulado formado por la mezcla de catalizadores e intercambiadores iónicos.

Tabla No. 1. Identificación de la sustancia.

Nombre comercial de producto	SOLIDRY CONC
Nombre químico	Mezcla de tensoactivos catiónicos
Código	E1DR01 9 73.0082 /F
Productor	KAO CORPORATION S.A. Puig dels Tudons, 10-08210 BARRERA DEL VALLES (Barcelona, España)

Tabla No. 2. Caracterización química del SOLIDRY CONCENTRADO.

Compuesto	%
Alquilamina grasa	25- 100
Ester di-alkílico de tri-etanol amonio metil sulfato	25- 100
2 Propanol	5- 10

Tabla No. 3. Características técnicas del SOLIDRY CONCENTRADO.

Características técnicas	UM	Valor nominal
Aspecto	-	sólido
Color	-	amarillento
Olor	-	similar a las aminas
Valor pH (a 50 g/l H ₂ O) (50 °C)	-	9-10
Punto de fusión	°C	50-52
Punto de inflamación en copa cerrada	°C	>170
Densidad (75 °C)	g/cm ³	0,858
Viscosidad dinámica (75°C)	mPa.s	<100
Solubilidad en agua (20°C)	-	Insoluble
Solubilidad en Isopropanol (55 °C)	g/L	50

1.2.2 CONSOLID 444 CONCENTRADO

Líquido semi viscoso, formado por la mezcla de monómeros y polímeros catalizadores, aceleradores de la penetración.

Tabla No. 4. Identificación de la sustancia.

Nombre comercial del producto	CONSOLID 444 CONCENTRADO
Código	9706500
Productor	BUSSETTI & Co. GesmbH Rotszergasse 57 1170, Viena

Tabla No. 5. Caracterización química del CONSOLID 444 CONCENTRADO.

Compuesto	%
Compuesto de amonio cuaternario	25-50
Amina grasa	10-25
Ácido fórmico	2,5-10
Otras aminas grasas	2,5-10
Xileno alcalino	^2,5

del

Tabla No. 6. Características técnicas CONSOLID 444 CONCENTRADO.

Características	UM	Valor Nominal
Aspecto	-	líquido
Color	-	amarillo
Olor	-	característico
Punto de inflamación	°C	41
Presión de vapor a 20 °C	hPa	23
Densidad	g/cm ³	0,98-1,00
Solubilidad en agua	-	completa
Valor pH(100g/l)a20 °C	-	4,5-5

1.3 Fabricación

Los productos que componen el Sistema se fabrican a partir de productos concentrados manufacturados y embarcados desde BUSSETTI & Co. GesmbH, Austria (CONSOLID) y desde KAO CORPORATION S.A., España (SOLIDRY) a sus distribuidores autorizados en el mundo, para a partir de ellos obtener los productos finales del sistema.

BUSSETTI & Co. GesmbH presenta certificado ISO 9001: 2000, para el diseño y producción de auxiliares químicos industriales con número de registro 01530138 otorgado por el cuerpo de certificación TUV.

KAO CORPORATION SA, presenta certificado ISO 9001: 2000, para el diseño y producción de agentes tensoactivos otorgado por AENOR con numero de registro ER-0228/1995, renovado en el 2006.