

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

---

---

**“Diseño de pavimento estabilizando la subrasante con cal y cemento en asentamiento humano Ampliación La Unión, Chimbote - 2020 ”**

---

---

**Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**Autores:**

**Bach. Huamallylli Flores, Joel Angel  
Código ORCID: 0009-0007-6543-9283  
Bach. Méndez Valverde, Kevin Samir  
Código ORCID: 0009-0008-9133-7456**

**Asesor:**

**Ms. Villavicencio Gonzáles, Felipe Eleuterio  
Código ORCID: 0000-0002-7951-3372**

**Nuevo Chimbote - Perú  
2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

La presente tesis titulada: **“DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020”**. Para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, presentado por **Bach., HUAMAYALLI FLORES Joel Ángel** y **Bach. MENDEZ VALVERDE Kevin Samir**, ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación.

Por tal motivo, firmo la presente tesis de investigación en calidad de Asesor. Designado por resolución Decanal N° 750-2022-UNS-FI.



---

Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González

Asesor

DNI: 26673663

Código ORCID: 0000-0002-7951-3372

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR**

Terminada la sustentación de la tesis titulada: **“DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020”**, sustentada el 08 de junio del 2023. Tiene la aprobación del jurado evaluador, firmando en señal de conformidad.

Ms. Rivasplata Díaz, Julio César

DNI: 32770844

ORCID: 0000-0002-4180-9362

**Presidente**

Ms. Villavicencio González, Felipe

DNI: 26673663

ORCID: 0000-0002-7951-3372

**Integrante**

Dr. López Carranza, Atilio Rubén

DNI: 32965940

ORCID: 0000-0002-3631-2001

**Accesitario**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
**- EPIC -**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**

A los 08 días del mes de junio del año dos mil veintitrés, siendo las 12: 00 horas , en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 185-2023-UNS-CFI, con fecha 20.03.2023, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Secretario), Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Integrante), en base a la Resolución Decanal N° 319-2023-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE -2020", presentado por los Bachilleres: HUAMAYALLI FLORES JOEL ANGEL con cód. N° 0201113033, y MÉNDEZ VALVERDE KEVIN SAMIR con cód. N° 0201413035, quienes fueron asesorados por el docente Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 750-2022-UNS-FI, de fecha 25.11.2022.

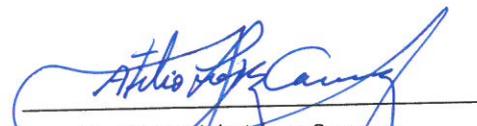
El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
HUAMAYALLI FLORES JOEL ANGEL	17	BUENO

Siendo la 01.00 de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 08 junio de 2023.

  
Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Presidente

  
Dr. Atilio Rubén López Carranza  
Secretario

  
Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González  
Integrante



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**  
**- EPIC -**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**

A los 08 días del mes de junio del año dos mil veintitrés, siendo las 12: 00 horas , en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 185-2023-UNS-CFI, con fecha 20.03.2023, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Secretario), Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Integrante), en base a la Resolución Decanal N° 319-2023-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE -2020", presentado por los Bachilleres: HUAMAYALLI FLORES JOEL ANGEL con cód. N° 0201113033, y MÉNDEZ VALVERDE KEVIN SAMIR con cód. N° 0201413035, quienes fueron asesorados por el docente Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 750-2022-UNS-FI, de fecha 25.11.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
MENDEZ VALVERDE KEVIN SAMIR	17	BUENO

Siendo la 01.00 de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 08 junio de 2023.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Presidente

Dr. Atilio Rubén López Carranza  
Secretario

Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González  
Integrante

## **DEDICATORIA**

A Dios por iluminarme por el buen caminar, y otorgarme fuerzas imprescindibles a fin de seguir delante de cada tropiezo que nos pone la vida, y por llenarme de gozo, fortaleza y sabiduría.

A mi madre **MARIA VALVERDE** por sus consejos motivadores y alentadores que me da día a día, por darme La mano cuando más lo necesitaba, para poder lograr mis sueños y metas propuestas.

A mi padre **JULIAN MENDEZ** que me preparó para no rendirme y no darme por vencido ante cualquier adversidad y obstáculos que nos pone la vida y enseñarme los valores.

**KEVIN MENDEZ**

A mi padre Juan por todo su apoyo durante estos años de formación académica, por sus consejos, por los valores inculcados y por creer en mí en todo momento.

A mi madre Emilia por el esfuerzo día a día que tuvo con mi educación. por ser buena consejera y estar siempre conmigo, por los valores que me hicieron una buena persona.

A mi familia, que me apoyó y me otorgó sus sabios consejos con el objetivo de realizar mi profesión.

**JOEL HUAMAYALLI**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero Dios, darle las gracias por otorgarnos la vida y por la bendición de un nuevo día.

A nuestros padres, que con su apoyo y dedicación enteramente esto fue concebible.

A los docentes de la Universidad Nacional del Santa, por toda la atención que nos ofrecieron y el profesionalismo que nos inculcaron.

A nuestro asesor el Ms. Felipe Villavicencio Gonzales por su colaboración con este informe de investigación y sus consejos como profesional.

**KEVIN Y JOEL**

## ÍNDICE GENERAL

<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>vi</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	<i>vii</i>
<i>ÍNDICE GENERAL</i> .....	<i>viii</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....	<i>xiv</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> .....	<i>xvi</i>
<i>ÍNDICE DE ECUACIONES</i> .....	<i>xx</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>xxi</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>xxii</i>
<i>CAPITULO I</i> .....	<i>1</i>
1. <i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>1</i>
1.1    ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	<i>2</i>
1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	<i>3</i>
1.2.1    PROBLEMA GENERAL.....	<i>3</i>
1.2.2    PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	<i>3</i>
1.3    OBJETIVOS.....	<i>4</i>
1.3.1    OBJETIVO GENERAL.....	<i>4</i>
1.3.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	<i>4</i>
1.4    JUSTIFICACIÓN.....	<i>4</i>
1.4.1    JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	<i>4</i>
1.4.2    JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	<i>4</i>
1.4.3    JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	<i>4</i>

1.4.4	JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	5
1.5	LIMITACIONES DEL TRABAJO .....	5
1.5.1	LIMITACIÓN TÉCNICA. ....	5
1.5.2	LIMITACIÓN SOCIAL. ....	5
1.5.3	LIMITACIÓN ECONÓMICA.....	5
1.5.4	LIMITACIÓN AMBIENTAL. ....	5
1.6	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	5
	<i>CAPITULO II.....</i>	<i>6</i>
2.	<i>MARCO TEÓRICO.....</i>	<i>6</i>
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1.1	ANTECEDENTES INTERNACIONALES. ....	6
2.1.2	ANTECEDENTES NACIONALES.....	7
2.2	BASE TEÓRICA .....	9
2.2.1	PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO.....	9
2.2.2	SUELOS ESTABILIZADOS CON CAL.....	23
2.2.3	SUELOS QUE SE ESTABILIZAN CON CEMENTO.....	26
2.2.4	DISEÑO DEL PAVIMENTO.....	28
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	31
2.4	MARCO NORMATIVO .....	33
	<i>CAPITULO III .....</i>	<i>36</i>
3.	<i>MATERIALES Y METODOS .....</i>	<i>36</i>

3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	36
3.2	NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	36
3.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	36
3.4	UNIDAD DE ANÁLISIS .....	37
3.5	UBICACIÓN .....	37
3.6	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	38
3.6.1	POBLACIÓN.....	38
3.6.2	MUESTRA. ....	38
3.7	VARIABLES .....	41
3.7.1	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	41
3.7.2	VARIABLE DEPENDIENTE. ....	41
3.7.3	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	42
3.7.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. ....	44
3.8	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
3.8.1	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
3.8.2	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
3.8.3	VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.....	50
3.9	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL .....	51
3.9.1	PROCEDIMIENTOS PARA DEFINIR PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO NATURAL.....	51

3.9.2	PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO CON LA ADICIÓN DE CAL DE CONSTRUCCIÓN Y CEMENTO TIPO I, POR SEPARADO, EN PROPORCIONES 2%, 5% Y 8%.....	58
3.9.3	PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LOS ESPESORES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO SEGÚN LOS PARÁMETROS DE LA GUÍA A.A.S.H.T.O. 1993. 60	
3.10	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS .....	67
3.10.1	INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS. ....	68
	<i>CAPITULO IV</i> .....	69
4.	<i>RESULTADOS Y DISCUSIONES</i> .....	69
4.1	INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. ....	69
4.1.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PARA DEFINIR PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO NATURAL.....	69
4.1.2	RESULTADOS DE ENSAYOS PARA DEFINIR LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO CON CAL DE CONSTRUCCIÓN EN PROPORCIONES 2%, 5% Y 8%.....	79
4.1.3	RESULTADOS DE ENSAYOS PARA DEFINIR LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO CON CEMENTO TIPO I EN PROPORCIONES 2%, 5% Y 8%. 86	
4.1.4	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO SEGÚN LOS PARÁMETROS DE LA GUÍA A.A.S.H.T.O. 1993.....	93
4.1.5	PRUEBA DE HIPÓTESIS. ....	111
4.2	DISCUSIÓN .....	112

<i>CAPITULO V</i> .....	117
5. <i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i> .....	117
5.1 CONCLUSIONES .....	117
5.2 RECOMENDACIONES.....	121
<i>CAPITULO VI</i> .....	122
6. <i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES</i> .....	122
<i>CAPITULO VII</i> .....	126
7. <i>ANEXOS</i> .....	126
7.1 DE LO REALIZADO DURANTE LA INVESTIGACIÓN .....	126
7.1.1 ANEXO 1: PERFIL ESTRATIGRÁFICO.....	126
7.1.2 ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO.....	130
7.1.3 ANEXO 3: CONFIABILIDAD Y VALIDEZ DE LOS INSTRUMENTOS DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE.....	140
7.1.4 ANEXO 4: VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE.....	149
7.1.5 ANEXO 5: ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS.....	165
7.1.6 ANEXO 6: CÁLCULO DEL TRÁFICO Y ESAL. ....	243
7.1.7 ANEXO 7: DISEÑOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES .....	249
7.1.8 ANEXO 8: DISEÑOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS .....	277
7.1.9 ANEXO 9: FICHA TÉCNICA DE LA CAL DE CONSTRUCCIÓN.....	312
7.1.10 ANEXO 10: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO TIPO I .....	313

7.2	PLANOS .....	315
7.2.1	ANEXO 11: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN .....	315
7.2.2	ANEXO 12: PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS .....	316
7.3	DE LA ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	317
7.3.1	ANEXO 13: REPORTE DE TURNITIN .....	317

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Clase de material respecto a la dimensión del grano</i> .....	9
<i>Tabla 2 Tamices y su abertura en milímetros</i> .....	12
<i>Tabla 3 Tipos de suelos respecto al IP</i> .....	16
<i>Tabla 4 Clasificación según S.U.C.S.</i> .....	18
<i>Tabla 5 Clasificación según A.A.S.H.T.O.</i> .....	20
<i>Tabla 6 Las subrasantes y sus tipos</i> .....	30
<i>Tabla 7 Cantidad de puntos de investigación</i> .....	39
<i>Tabla 8 Coordenadas de las muestras extraídas</i> .....	39
<i>Tabla 9 Cantidad de ensayos realizados</i> .....	40
<i>Tabla 10 Matriz de consistencia</i> .....	42
<i>Tabla 11 Operacionalización de variables</i> .....	44
<i>Tabla 12 Porcentaje de confiabilidad recomendados</i> .....	62
<i>Tabla 13 El valor de Zr respecto de la confiabilidad</i> .....	63
<i>Tabla 14 Error estándar combinado (So)</i> .....	64
<i>Tabla 15 Coeficiente del drenaje en pavimentación flexible</i> .....	64
<i>Tabla 16 Coeficiente del drenaje de pavimentación rígida</i> .....	66
<i>Tabla 17 Valores de coeficientes de transferencias de cargas (J)</i> .....	66
<i>Tabla 18 Ejemplo de un cuadro de estadística descriptiva</i> .....	68
<i>Tabla 19 Porcentajes de contenidos de humedad</i> .....	69
<i>Tabla 20 Porcentajes que pasa por cada calicata para cada tamiz en el suelo natural</i> .....	70
<i>Tabla 21 Gravedades específicas del suelo natural</i> .....	72
<i>Tabla 22 Límites de consistencia del suelo natural</i> .....	73
<i>Tabla 23 La clasificación del suelo natural</i> .....	75
<i>Tabla 24 O.C.H. y M.D.S del suelo natural</i> .....	76

<b>Tabla 25</b> Valores del C.B.R. del suelo natural.....	77
<b>Tabla 26</b> Límites de consistencia del suelo con cal.....	79
<b>Tabla 27</b> OCH y MDS para los suelos con adición de cal.....	81
<b>Tabla 28</b> C.B.R. respecto al suelo con adición de cal y sus proporciones.....	84
<b>Tabla 29</b> Límites de Atterberg de las calicatas con adición de cemento .....	86
<b>Tabla 30</b> OCH y MDS para los suelos con adición de cemento y sus proporciones .....	88
<b>Tabla 31</b> C.B.R. respecto al suelo y sus proporciones .....	91
<b>Tabla 32</b> IMDA según el tipo de vehículo .....	93
<b>Tabla 33</b> Valores calculados del ESAL .....	95
<b>Tabla 34</b> Parámetros de diseño.....	96
<b>Tabla 35</b> Valores calculados del módulo resiliente ( $M_r$ ) de la subrasante .....	97
<b>Tabla 36</b> Espesor total del pavimento flexible .....	101
<b>Tabla 37</b> Parámetros de la pavimentación rígida.....	104
<b>Tabla 38</b> Valores de los módulos de reacción de la subrasante ( $k$ ).....	104
<b>Tabla 39</b> Espesores totales de las capas de la pavimentación rígida .....	108
<b>Tabla 40</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	111
<b>Tabla 41</b> Prueba de correlación de Pearson.....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Forma de curvas de granulometría</i> .....	11
<i>Figura 2: Estados de consistencia</i> .....	13
<i>Figura 3: Gráfica donde se representa el límite líquido</i> .....	14
<i>Figura 4: Darle forma de cilindro de 3.2 mm</i> .....	15
<i>Figura 5: Carta de Casagrande</i> .....	19
<i>Figura 6: Curva que relaciona la MDS con el OCH</i> .....	22
<i>Figura 7: Ubicación de calicatas en el A.H. Ampliación La Unión, Chimbote</i> .....	40
<i>Figura 8: Representación de gráficas de estadísticas descriptivas</i> .....	68
<i>Figura 9: Comparación de porcentajes de contenidos de humedad</i> .....	69
<i>Figura 10: Porcentaje que pasó la malla #200 del suelo natural</i> .....	71
<i>Figura 11: Comparación de la gravedad específica del suelo natural</i> .....	73
<i>Figura 12: Límites de consistencia del suelo de la muestra C1</i> .....	74
<i>Figura 13: Comparación de óptimos contenidos de humedad del suelo natural</i> .....	76
<i>Figura 14: Comparación de máximas densidades secas del suelo natural</i> .....	77
<i>Figura 15: Valores de C.B.R. para el suelo natural al 0.1”</i> .....	78
<i>Figura 16: Límites de consistencia de la muestra C1 más cal</i> .....	80
<i>Figura 17: Relación del LL y el LP entre el suelo natural y la muestra de suelo C1 más cal</i>	80
<i>Figura 18: Comparación del OCH de la muestra C1 y C2 más cal</i> .....	82
<i>Figura 19: Relación del OCH entre el suelo natural y suelo más cal en proporciones 2%, 5% y 8%</i> .....	82

<i>Figura 20: Comparación del MDS del suelo más cal .....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 21: Relación de la MDS entre el suelo natural y suelo más cal en proporciones 2%, 5% y 8%.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 22: Comparación del CBR 0.1" con adición de cal .....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 23: Relación del C.B.R. entre el suelo natural y suelo más cal en proporciones 2%, 5% y 8%.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 24: Límites de consistencia de la muestra C1 más cemento.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 25: Relación del LL y el LP entre el suelo natural y la muestra de suelo C1 más cemento</i>	<i>87</i>
<i>Figura 26: Comparación del OCH de la muestra C1 y C2 más cemento .....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 27: Relación del OCH entre el suelo natural y suelo más cemento en proporciones 2%, 5% y 8% .....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 28: Comparación del MDS del suelo más cemento .....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 29: Relación de la MDS entre el suelo natural y suelo más cemento en proporciones 2%, 5% y 8% .....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 30: Comparación del CBR 0.1" con adición de cemento.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 31: Relación del C.B.R. entre el suelo natural y suelo con cemento en proporciones 2%, 5% y 8% .....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 32: Comparación del IMDA .....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 33: Distribución del IMDA en % según el tipo de vehículo .....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 34: Comparación de valores de ESAL según el tipo de pavimento.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 35: Espesores del pavimento flexible del suelo natural.....</i>	<i>97</i>

<i>Figura 36: Espesores del pavimento flexible del suelo + 2% de cal.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 37: Espesores del pavimento flexible del suelo + 5% de cal.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 38: Espesores del pavimento flexible del suelo + 8% de cal.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 39: Espesores del pavimento flexible del suelo + 2% de cemento .....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 40: Espesores del pavimento flexible del suelo + 5% de cemento .....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 41: Espesores del pavimento flexible del suelo + 8% de cemento .....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 42: Comparación de la dimensión total del pavimento flexible respecto del suelo natural y su suelo con cal.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 43: Comparación de la dimensión total del pavimento flexible respecto del suelo natural y su suelo con cemento .....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 44: Relación entre los espesores del pavimento flexible respecto a la cantidad de aditivo de la subrasante .....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 45: Espesores del pavimento rígido para el suelo natural.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 46: Espesores del pavimento rígido para el suelo + 2% de cal.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 47: Espesores del pavimento rígido para el suelo + 5% de cal.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 48: Espesores del pavimento rígido para el suelo + 8% de cal.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 49: Espesores del pavimento rígido para el suelo + 2% de cemento.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 50: Espesores del pavimento rígido para el suelo + 5% de cemento.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 51: Espesores del pavimento rígido para el suelo + 8% de cemento.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 52: Comparación de dimensión de espesor del pavimento rígido entre el suelo natural y el suelo más cal .....</i>	<i>109</i>

*Figura 53: Comparación de dimensión de espesor del pavimento rígido entre el suelo natural y el suelo más cemento..... 109*

*Figura 54: Relación entre los espesores del pavimento rígido respecto a la cantidad de aditivo de la subrasante ..... 110*

*Figura 55: Relación indirecta entre el C.B.R. de diseño y los espesores..... 112*

*Figura 56: Estructura del pavimento adecuado, para una subrasante con adición de cal 118*

*Figura 57: Estructura del pavimento adecuado, para una subrasante con adición de cemento 118*

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1.</i>	<i>Cálculo del Cc.....</i>	<i>10</i>
<i>Ecuación 2.</i>	<i>Cálculo del LL.....</i>	<i>14</i>
<i>Ecuación 3.</i>	<i>Valor del CBR.....</i>	<i>23</i>

## **RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación fue diseñar el pavimento adecuado, luego de estabilizar el suelo con cal de construcción y cemento tipo I, por separado, en el Asentamiento Humano Ampliación La Unión.

El tipo de investigación es aplicada, el nivel es aplicativo, el enfoque es cuantitativo. Se empleó el diseño de investigación experimental. Se extrajeron 4 muestras de suelo, se consiguió valores de C.B.R. iniciales los cuales fueron 4.51% y 6.42%, para las muestras 1 y 2, debido al valor C.B.R. bajo del terreno; se hicieron los ensayos con la adición de cal y de cemento, por separados, en las cantidades de 2%, 5% y 8% para determinar sus nuevas características. La mejor proporción para incrementar el C.B.R. del suelo es la del 8% en la cal y 2% en el cemento. Una vez realizado esto se procedió a diseñar los pavimentos, el diseño adecuado de un pavimento flexible con una subrasante estabilizada con cal es de una dimensión total igual a 10.5 pulgadas, también se escogió un pavimento flexible adecuado con una subrasante estabilizada con cemento igual a 11.0 pulgadas de estructura total.

**PALABRAS CLAVES:** cal, cemento, estabilización, subrasante, diseño de pavimento.

## **ABSTRACT**

The objective of the present investigation was to design the adequate pavement, after stabilizing the soil with construction lime and type I cement, separately, in the La Unión Expansion Human Settlement.

The type of research is applied, the level is applicative, the approach is quantitative. The experimental research design was used. 4 soil samples were extracted, C.B.R. initials which were 4.51% and 6.42%, for samples 1 and 2, due to the C.B.R. under the ground; The tests were made with the addition of lime and cement, separately, in the amounts of 2%, 5% and 8% to determine their new characteristics. The best ratio to increase the C.B.R. of the soil is 8% lime and 2% cement. Once this was done, the pavements were designed, the adequate design of a flexible pavement with a subgrade stabilized with lime is of a total dimension equal to 10.5 inches, an adequate flexible pavement with a subgrade stabilized with cement equal to 11.0 inches was also chosen. inches of overall structure.

**KEY WORDS:** lime, cement, stabilization, subgrade, pavement design.

## **CAPITULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

Las redes viales en Perú están formadas mayormente por pavimentos flexibles, que tienen una estructura que está conformada por capa de rodadura de concreto asfáltico, una base, una subbase y una subrasante, asimismo hay pavimentos rígidos minoritariamente, que están formados con una estructura: subrasante, base y losa de concreto (Choque, 2021).

Actualmente la investigación está orientada a la finalidad de determinar estabilizaciones para diseñar pavimentos flexibles o rígidos, para conseguir estructuras duraderas y reducir el precio en mantenerlos.

En la investigación presente se averiguó, un óptimo diseño de un pavimento mediante la estabilización de la subrasante, añadiendo cal o cemento con distintas dosificaciones para aumentar la capacidad del CBR de la subrasante en el A.H. Ampliación La Unión – Chimbote.

A continuación, se detallan los capítulos de la presente investigación:

Los antecedentes del problema, la formulación del problema, objetivos de la investigación, justificación, limitaciones y formulación de la hipótesis se encontró en el capítulo I. Los antecedentes de la investigación, las bases teóricas, definición de términos y el marco normativo estuvo descrito en el capítulo II. El tipo de investigación, nivel de investigación, enfoque de investigación, diseño de investigación, unidad de análisis, población, muestra, variables, matriz de consistencia, operacionalización de variables, instrumentos de recolección de datos, procedimiento experimental y métodos de análisis de datos se describió en el capítulo III. Los resultados de ensayos hechos en el laboratorio y gabinete y las discusiones se detallaron en el capítulo IV. Las conclusiones con las recomendaciones se desarrollaron en el capítulo V. Las referencias bibliográficas y virtuales se mostraron en el capítulo VI. Los Anexos de los ensayos realizados con los diseños, así como un panel de fotos se presentó en el capítulo VII.

## **1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

El Asentamiento Humano Ampliación La Unión tiene como ubicación en el distrito de Chimbote. Hoy en día el lugar cuenta con muchas viviendas habitadas y con otras en construcción, lo que se puede entender que es una zona por urbanizarse en un futuro, por ello la necesidad de contar con vías adecuadas para movimiento vehicular que nos sirven para trasladar pobladores. Sin embargo, este lugar no posee adecuada infraestructura vial. La construcción de vías urbanas significa el desarrollo de un pueblo y una óptima condición de vida en los ciudadanos. Muchas de estas vías presentan un cúmulo de dificultades debido a suelos de bajo valor de C.B.R., territorio accidentado, etc., por eso es necesario realizar ensayos de mecánica de suelos para determinar cómo se caracteriza el suelo, siendo posiblemente necesario realizarse estabilización de suelos para alcanzar un C.B.R. adecuado para diseñar el pavimento.

El Asentamiento Humano Ampliación La Unión; en la actualidad no tiene vías adecuadas, menos posee estudios para recomendar un diseño del pavimento, por eso es necesario tener información mediante un informe de Investigación.

Los suelos con un contenido de California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R.) del 6% o más se consideran materiales adecuados para subrasantes. La subrasante será insuficiente o inadecuada en caso sea menor, como consecuencia se analizan soluciones factibles, tales por ejemplo la estabilización mecánica, estabilización química del suelo, uso de geosintéticos (Matías, 2019)

En base a alguna característica del suelo de la zona, es por eso que en esta investigación propusimos adicionar la cal y el cemento, en separado, como aditivo con el propósito de incrementar el C.B.R. El porqué de la utilización de la cal y el cemento, se debe a la facilidad de conseguirse estos materiales en ferreterías locales, siendo estos aditivos

recomendados por la norma técnica CE.020 denominada Estabilización de suelos y taludes.

La demanda de infraestructura vial es creciente y requiere de materiales de calidades altas que varias ocasiones son difíciles de conseguir. Para esta situación aparecen alternativas de construcción, una de estas es la estabilización del suelo con diferentes aditivos estabilizantes: asfaltos, cementos, cales y aceites, que proporcionan una mejoría de las características técnicas del suelo y los vuelven adecuados para su uso en diferentes partes de la estructura del pavimento (Alarcón et al., 2020)

Considerando la falta de vías adecuadas para el tránsito vehicular, nació la idea de estabilizar el suelo con cal y cemento, determinando así el diseño de pavimento adecuado.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL.**

¿Cuál es el diseño de pavimento más adecuado para el asentamiento humano Ampliación La Unión, luego de estabilizar la subrasante con cal y cemento por separado?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.**

- ¿Qué propiedades geotécnicas posee el suelo natural del asentamiento humano Ampliación La Unión?
- ¿Qué propiedades geotécnicas tiene el suelo del asentamiento humano Ampliación La Unión, estabilizado con cal en las proporciones 2%, 5% y 8%?
- ¿Qué propiedades geotécnicas tiene el suelo del asentamiento humano Ampliación La Unión, estabilizado con cemento en las proporciones 2%, 5% y 8%?
- ¿Cuáles son las dimensiones del pavimento utilizando la guía A.A.S.H.T.O. 1993?

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar el pavimento adecuado, luego de adicionar cal y cemento, por separado, al suelo del Asentamiento Humano Ampliación La Unión.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Definir las propiedades geotécnicas del suelo natural.
- Definir las propiedades geotécnicas del suelo con adición de cal en proporciones 2%, 5% y 8%.
- Definir las propiedades geotécnicas del suelo con adición de cemento en proporciones 2%, 5% y 8%.
- Determinar las dimensiones del pavimento según los parámetros de la guía A.A.S.H.T.O. 1993.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

#### **1.4.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.**

Debido al aumento de la población, las zonas pobladas en la ciudad de Chimbote requieren mejoras de las vías vecinales, que por medio de los trabajos de mejoramiento de subrasantes y pavimentación de las calles serán útiles para el transporte de vehículos, optimizar la condición de vida de los residentes.

#### **1.4.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.**

En esta investigación se planteó el diseño de un pavimento, el cual favorece a los residentes que proporciona mejor transitabilidad vehicular, de esta manera se permite un mejor traslado de los pobladores a sus centros de trabajo.

#### **1.4.3 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.**

Se diseñó el pavimento teniendo en consideración las características de una subrasante estabilizada con cal y cemento, ocurre que en posibles construcciones pueda

ocasionarse la deformación en la estructura, debido al diseño del pavimento sin estabilizar con un CBR de poca capacidad de soporte y características inadecuadas.

#### **1.4.4 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.**

Se diseñó un pavimento para las calles no pavimentadas, el contar con pavimento reduce la contaminación del medio ambiente, de esa manera ya no se verán calles en abandono; también se logrará tener un mejor aspecto en la zona.

### **1.5 LIMITACIONES DEL TRABAJO**

#### **1.5.1 LIMITACIÓN TÉCNICA.**

Se diseñó el pavimento flexible y rígido con la aplicación únicamente de la guía AASHTO 93.

#### **1.5.2 LIMITACIÓN SOCIAL.**

Al extraer las muestras de suelos se encontró a algunos pobladores con molestias por que se quiso extraer muestra de suelo en el lugar de estudio.

#### **1.5.3 LIMITACIÓN ECONÓMICA.**

Para hacer la presente de investigación se necesitó dinero, por lo que se tuvo problemas un poco en lo económico.

#### **1.5.4 LIMITACIÓN AMBIENTAL.**

Durante la realización de la investigación ocurrió la pandemia del COVID 19, por eso surgieron ciertas restricciones.

### **1.6 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Al adicionar cal y cemento, por separado, al suelo del Asentamiento Humano Ampliación La Unión, se incrementará su C.B.R. y se reducirán las dimensiones de la estructura del pavimento diseñado con la guía AASHTO 1993.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Watson & Manrique (2021) en su trabajo de grado titulado: *“Dimensionamiento de estructuras de pavimento en función del contenido de cal o cemento en la subrasante”*, publicado en la Universidad Militar Nueva Granada ubicada en Bogotá - Colombia, trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil, se plantearon explorar incidencia que poseían las subrasantes con porcentajes de cal o cemento con el fin de hallar las dimensiones del pavimento. Se adicionó los porcentajes de 3%, 4%, 5% y 6% de cal o cemento, cuando se le añadió cal a la subrasante, el valor de módulo resiliente conseguido aumentó su resistencia observándose cantidades desde 121092.657 Kpa con un 3%, hasta llegar a 203412.609 Kpa con un 6%. Pero cuando se adicionó el cemento el módulo resiliente del 2% tuvo cantidades de 51898.6591 Kpa, inferior al valor del suelo sin aditivo. A pesar del aumento del Mr cuando adicionamos la cal, no disminuye la altura de las capas pavimento.

García (2022) en su trabajo de grado titulado: *“Estabilización de suelos con cal como una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de caminos rurales en Colombia”*, publicado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia ubicada en Colombia, se propuso como fin estudiar el suelo con la utilización de cal en dosificaciones 2%, 4% y 6%. En cuanto a la plasticidad se observa que, a mayor cantidad adicionada de cal, entonces la plasticidad se reduce, mientras el límite líquido aumenta. La capacidad portante aumentó cuando se aplicó una dosificación de cal inferior, siendo la proporción de 2% la óptima. El autor concluyó que el mejoramiento

del suelo más cal optimiza las propiedades de los no que no son adecuados como estructura en obras de pavimentación.

Alzate (2019) en su trabajo de investigación titulado: *“Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden”*, publicado en la Universidad Libre Seccional Pereira ubicada en Pereira - Colombia, el fin fue estudiar un aditivo como el cemento en dosificaciones de 7%, 10% y 13%. Al ser el cemento una sustancia muy fina en comparación con suelo en investigación se adhirió con el suelo, lo que genera más impermeabilidad. Cuando se incrementó el porcentaje de cemento, también se tiene que aumentar el contenido de agua, porque esta sustancia provoca pérdida del porcentaje de humedad. Para determinar la proporción de cemento más eficiente, se realizaron de pruebas de resistencia a la compresión en cilindros, se concluyó que la proporción óptima de cemento que dio mejores resultados es del 13%. Estabilizar con cemento ofrece resultados positivos, se garantizó una durabilidad superior, aumenta la resistencia, conserva las propiedades adquiridas y es menos costoso.

### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.**

Gongora (2019) en su tesis de pregrado denominada: *“Influencia de la cal y el cemento portland tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia, provincia de Pataz – 2019”*, publicada en la Universidad Privada del Norte, para optar el título profesional de Ingeniera Civil, su finalidad fue encontrar cuanto pudo influir la cal y el cemento tipo I en el suelo de dicha camino, para ello se adicionaron 2% y 4% del conglomerante a la muestra patrón, se emplearon 4 muestras de estudio de un suelo de tipo SP-SM. Tras analizar sus resultados, confirmó su hipótesis de que el uso de una dosificación de cal y el cemento tipo I, tuvo una influencia positiva y se mejoró la capacidad de soporte de la subrasante.

En la muestra C3, se entendió que el cemento tipo I adicionándose (4%) aumentó a un 57.33, asimismo la capacidad de soporte del terreno natural fue un 2.77%, mejorándose la subrasante, obteniéndose mejores características que la cal con dosificación (4%) que aumenta a 3.73 de su C.B.R.

Gonzales & Manay (2020) en su tesis de pregrado titulada: *“Diseño de pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad en el Centro Poblado Ramiro Priale, distrito de José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo – departamento de Lambayeque”*, publicada en la Universidad San Martín de Porres, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, tuvo como finalidad el diseñar un pavimento empleando la guía AASHTO 93, con la finalidad de que la zona sea más transitable. Se hizo una evaluación del tránsito, se obtuvo que el IMDA promedio es 3258 vehículos diarios, y un ESAL de 16 624 751 KN. Mediante ensayos de laboratorio se identificó el suelo como (A- 4(9)). Se obtuvo un CBR de 6.9, al que le consideró como un suelo regular – malo. Se determinaron medidas de las capas del pavimento flexible: 6 centímetros de concreto asfáltico, 36 centímetros de la base, y 60 centímetros de la sub-base, se consiguió la dimensión completa en 102 centímetros.

Ramirez & Guerra (2021) en su tesis de pregrado titulada: *“Estabilización de la subrasante con cemento Pórtland y su influencia en el diseño del pavimento flexible, en el camino vecinal, Morales - Polvoraico, en el distrito de Morales, provincia y región San Martín – 2020”*, publicada en la Universidad Científica del Perú, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, plantearon los objetivos de la investigación, hallar que tanto influye la adición de cemento al diseñar un pavimento flexible para la zona de estudio. Se estabilizó el suelo de tipo CL, con combinaciones 4%, 8% y 12% dando como resultados del CBR el valor de 7.70, 13.90 y 22.50 correspondientemente, mientras el terreno natural tuvo la cantidad de CBR de 2.45. Se entendió que el cemento

mejora el valor del C.B.R. del suelo, influyendo al diseñar un pavimento flexible de posible costo inferior al estabilizado. También se observó que el cemento, para el terreno en investigación, tiene una función de aumentar el límite plástico de esa manera disminuir el límite líquido. Usando la guía AASHTO 93, se concluyó que la estructura de las capas del pavimento flexible es: 5 centímetros para el concreto asfáltico, 18 centímetros de base, 25 centímetros de sub-base.

## 2.2 BASE TEÓRICA

### 2.2.1 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO.

Algunas son: Granulometría, límites de consistencia, clasificación del suelo, compactación, resistencia.

#### a. GRANULOMETRÍA.

Explica cómo se distribuye el agregado respecto al tamaño del grano después de tamizarse. En el análisis, los diversos elementos se clasifican en función de sus tamaños y se determina la proporción de cada uno (MTC, 2014, p. 33).

**Tabla 1**

*Clase de material respecto a la dimensión del grano*

CLASE DE MATERIAL		DIMENSIÓN DEL GRANO
gravas		Desde 75 hasta 4.75 milímetros gruesas: desde 4.75 hasta 2 milímetros
arenas		medias: desde 2.00 hasta 0.425 milímetros finas: desde 0.425 hasta 0.075 milímetros
materiales finos	limos arcillas	Desde 0.075 hasta 0.005 milímetros inferior que 0.005 milímetros

FUENTE: MTC (2014, p. 33)

Luego de obtener los resultados de tamizar las partículas o con el ensayo del hidrómetro, se realiza la representación de cantidades mediante gráficos semilogarítmicos. La ordenada significa un porcentaje de peso del grano que pasó al tamizar y la abscisa la dimensión del grano.

Según Braja (2014) con la curva granulométrica podemos hallar 3 indicadores característicos: diámetro efectivo, coeficiente de uniformidad (Cu), coeficiente de gradación (Cc) (p.40).

**- DIÁMETRO EFECTIVO.**

El diámetro en la curva de granulometría que corresponde al 10% más fino es llamado diámetro efectivo o D10 (Braja, 2014, p. 40).

**- COEF. UNIFORMIDAD.**

Se calcula dividiendo el diámetro que le corresponde a los 10% más finos en las curvas de granulometría (D10) entre los diámetros que le corresponden a los 60% más finos en las curvas granulométricas (D60).

**- COEF. GRADACIÓN.**

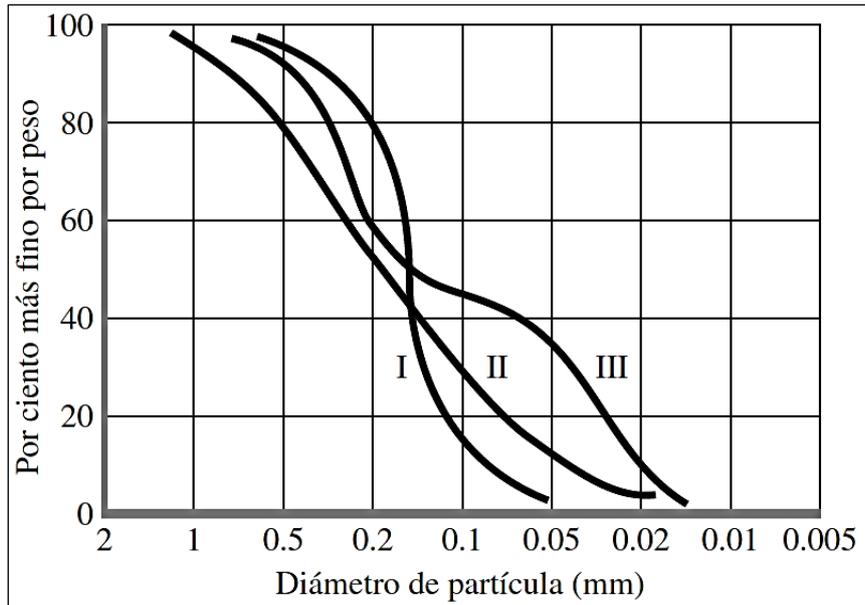
**Ecuación 1.** Cálculo del Cc.

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \text{----- (1)}$$

Donde:

D30: diámetro que le corresponde al 30% más fino en la curva de granulometría.

Braja (2014), nos dice que el suelo es bien gradado si el coeficiente de uniformidad es superior a cuatro en gravas y el coeficiente de uniformidad es mayor que seis en las arenas y el coeficiente de gradación menor que tres y mayor que 1 en las gravas y arenas (p.41).



**Figura 1:** Forma de curvas de granulometría

FUENTE: Braja (2014, p. 41)

Braja M. (2014), menciona que: la curva I corresponde al suelo con tamaños similares (suelo pobremente clasificado), la curva II corresponde al suelo con granos distribuidos en espectro mayor (suelos bien clasificados), la curva III corresponde a la mezcla de las anteriores, llamada brecha clasificada.

La lista de tamices a continuación se usa para el análisis de granulometría en tamices (p.41).

**Tabla 2***Tamices y su abertura en milímetros*

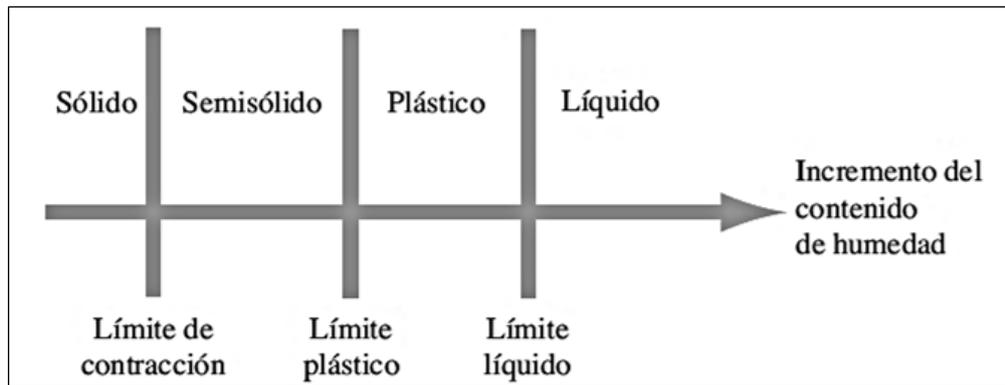
TAMIZ	ABERTURA (milímetro)
3"	75.00
2"	50.80
1 ½"	38.10
1"	25.40
¾"	19.00
3/8"	9.50
#4	4.76
#10	2.00
#20	0.84
#40	0.425
#60	0.26
#140	0.106
#200	0.075

FUENTE: MTC (2016, p. 44)

Esta prueba se trata en que el suelo seleccionado pasa por los tamices gradualmente, su finalidad es hallar un porcentaje del suelo que se retiene en cada tamiz, este valor nos sirve para realizar la curva de granulometría en el gráfico semilogarítmico (MTC, 2016, p. 44).

**b. LÍMITES DE CONSISTENCIA.**

Braja (2014), menciona que los límites de consistencia según la cantidad de agua en el terreno, la manera de comportarse puede dividirse en estos básicos estados: líquido, plástico, semisólido y sólido (p. 64).



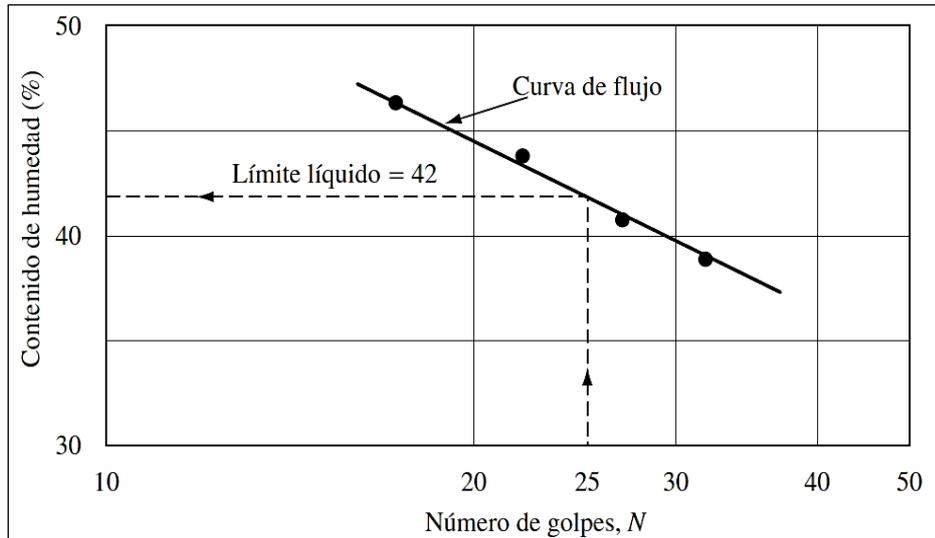
**Figura 2:** *Estados de consistencia*

FUENTE: Braja (2014, p. 64)

**- LÍMITE LÍQUIDO (LL).**

El (MTC, 2014), lo define de la siguiente manera: “en el momento que el suelo se transforma del estado semilíquido al plástico y podrá ser moldeado.” (p.33).

Según el (MTC, 2016), colocamos el suelo en pasta sobre la copa de casa grande y se esparce a la profundidad de 10mm, se forma la superficie similar a la horizontal. Con el uso del acanalador dividimos la porción, se hace la ranura a partir del punto muy alto al menos bajo (p.68). Se cuenta la cantidad de golpes cuando se eleva y se deja caer la copa, se hace el giro del manubrio con la rapidez de 1,9 hasta 2,1 golpes por minuto, con el fin de unir ambas cantidades de la muestra con un tamaño de ½” (13mm) (p.69). Coger la cantidad de suelo de lado a lado conseguida ortogonalmente a la ranura, así hallar su contenido de humedad. Hacer en 3 ocasiones la prueba, para golpes de 25 a 35, 20 a 30 y 15 a 25, sus cantidades serán representadas sobre una gráfica semilogarítmica, en el cual las abscisas vendrán a ser la cantidad de golpes con su ordenada que indicará el contenido de humedad. Trazamos la raya recta, la cantidad de límite líquido vendrá a ser la que corresponda a 25 golpes (p.70)



**Figura 3:** Gráfica donde se representa el límite líquido

FUENTE: Braja (2014, p. 67)

Para calcular el límite líquido para la muestra, hay que proceder a la aplicación de la ecuación expresada a continuación:

**Ecuación 2. Cálculo del LL**

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \text{ ----- (2)}$$

En el cual:

N: Cantidad de golpes que se necesitan con lo que se juntará la ranura

$W^n$ : contenido de humedad

**- LIMITE PLÁSTICO (LP).**

El MTC (2014), lo define de la siguiente manera: “El suelo se agrieta a medida que va desde el estado plástico hasta el estado semisólido.” (p.33).

Según el MTC (2016), los pasos del cálculo del límite plástico se detallan a continuación:

Escoger la porción de suelo con proximidad a 20g, se amasa con agua destilada con el fin de darle forma de esfera (p.72).

Escoger entre 1,5 hasta 2,0g de esa esfera con el fin de realizar ensayos, se le hace rodar utilizando dedos encima de alguna base lisa para darle forma de cilindros de 3.2 mm de magnitud diametral (p.73).



**Figura 4:** *Darle forma de cilindro de 3.2 mm*

FUENTE: Braja (2014, p. 69)

Luego de observar como se desmorona o fisurarse a través de la extensión de estos cilindros, procede a calcular el contenido de humedad (p.73).

Los LP son expresados en porcentajes de humedades, es calculado diviendo los pesos del agua entre los pesos del suelo seco, a esto se le multiplica por 100.

**- INDICE DE PLASTICIDAD (IP).**

Braja M. (2014), menciona que “Al obtener las cantidades de LL y LP, ya podemos hallar el índice de plasticidad restando el valor de LL menos el valor de LP” (p.65).

El MTC (2014), lo define como: “Es un índice que precisa cuan consistente plásticamente es el terreno, con ello clasificarlo” (p.33).

**Tabla 3***Tipos de suelos respecto al IP*

<b>I.P.</b>	<b>Plasticidad</b>	<b>Tipo de suelo</b>
I.P. mayor que 20	alta	muy arcilloso
I.P. menor que 20	media	arcilloso
I.P. mayor que 7	baja	poco arcilloso
I.P. menor que 7	No plásticos (N.P.)	exento de arcilla

FUENTE: MTC (2014, p.34)

**c. CLASIFICACIÓN DE SUELO.****- CLASIFICACIÓN SUCS.**

Utilizado en la descripción de texturas tamaños de los granos del suelo. El suelo grueso y fino son diferentes entre sí en su proporción de materiales retenidos sobre el tamiz N°200, al superar el 50% de cantidad de suelo que se retuvo en aquel tamiz, estaremos hablando de un suelo grueso, de ser otro caso será suelos finos. Este suelo llamado grueso, están dividido en grava (G) y arena(S). Es denominado grava cuando supera el 50% de suelo que se retuvo en el tamiz N°4, en otro caso vendrá a ser arena (Braja, 2014, p. 82).

Grava y arena bien graduadas (GW y SW): Los suelos serán bien graduados cuando la cantidad de finos tenga que ser inferior al 5%. Los requisitos para que las gravas se consideren bien graduadas deben tener el  $C_u$  mayor a 4 y  $1 < C_c < 3$  en cambio para la arena su  $C_u$  debe ser mayor a 6.

Grava y arena mal graduada (GP y SP): Material de graduación uniforme, deben cumplir esas características de suelos clasificado como GW y SW.

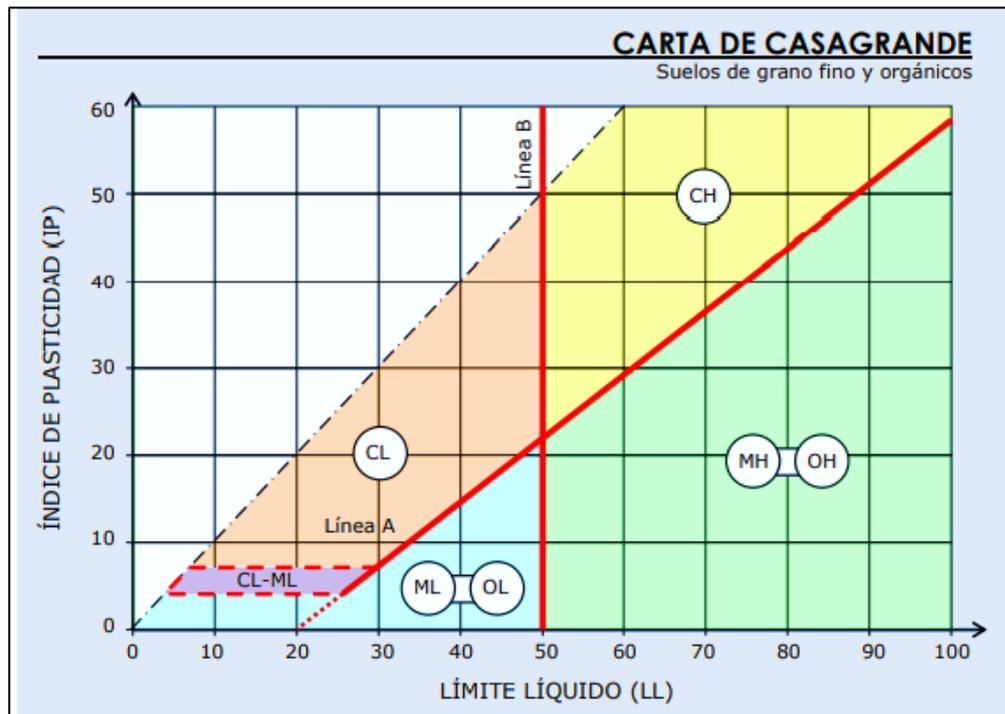
Grava y arena arcillosa (GC y SC): Deben presentar una proporción de material fino superior a 12% de su peso, el IP debe ser superior de 7, la plasticidad va desde media hasta alta (Braja, 2014, p. 83).

El suelo fino se divide: limo inorgánico (M), arcilla inorgánica (C), y arcillas y limos (O). A la vez estos se vuelven a dividir respecto a su LL, cuando el LL es inferior al 50% decimos que el material tiene alta compresibilidad añadiéndose el carácter (H), en otro caso el material será de una compresibilidad baja añadiéndose el carácter (L) (Braja, 2014, p. 83).

**Tabla 4***Clasificación según S.U.C.S*

REPRESENTACIÓN	CARACTERÍSTICA GENERAL		
GW GP GM GC	GRAVA (>50% en malla N°4)	Limpias	Bien graduada
		(Finos menor al 5%)	Pobrementemente graduada
		Con finos	Componente limoso
		(Finos mayor al 12%)	Componente arcilloso
SW SP SM SC	ARENA (<50% en malla N°4)	Limpias	Bien graduada
		(Finos menor al 5%)	Pobrementemente graduada
		Con finos	Componente limoso
		(Finos mayor al 12%)	Componente arcilloso
ML MH	LIMO	Plasticidad baja (LL menor a 50)	
		Plasticidad alta (LL mayor a 50)	
CL CH	ARCILLA	Plasticidad baja (LL menor a 50)	
		Plasticidad alta (LL mayor a 50)	
OL	SUELO	Plasticidad baja (LL menor a 50)	
OH	ORGÁNICO	Plasticidad alta (LL mayor a 50)	
Pt	TURBA	Suelo altamente orgánico	

FUENTE: Bañon &amp; Beviá (2010, p.21)



**Figura 5:** Carta de Casagrande

FUENTE: Bañon & Beviá (2010, p. 22)

**- CLASIFICACIÓN DE LA A.A.S.H.T.O.**

Ésta lo dividen en siete agrupaciones (A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7), se basan en los límites de consistencia (LL y LP), también del análisis granulométrico. (Montejo, 2002, p. 44)

**Tabla 5**

*Clasificación según A.A.S.H.T.O.*

DIVISIÓN GENERAL	MATERIAL GRANULAR (menos del 35% pasa por la malla N° 200)							MATERIAL LIMO-ARCILLOSO (más del 35% pasa por la malla N° 200)				
GRUPO	A-1		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7	
SUBGRUPO	A-1-a	A-1-b									A-7-5	A-7-6
GRANULOMETRÍA (% que pasa por cada malla)												
SERIES #10	≤50											
ASTM #40	≤30	≤50	≥ 51									
ASTM #200	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	≥36	≥36	≥36	≥36	≥36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por la malla A.S.T.M. N°40)												
LÍMITE LÍQUIDO			N.P.	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤40	> 41 (IP<LL-30)	> 41 (IP>LL-30)
LÍMITE PLÁSTICO	≤6			≤10	≤10	≥11	≥11	≤10	≤10	≥11	≥11	≥11
ÍNDICE DE GRUPO	0		0	0		≤4		≤8	≤12	≤20		≤20
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedras, gravas y arenas		Arenas finas	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelo limoso			Suelo arcilloso	
CALIDAD	EXCELENTES A BUENAS							ACEPTABLES A MALAS				

FUENTE: Bañon & Beviá (2010, p. 25)

**d. COMPACTACIÓN.**

El procedimiento de compactación al suelo otorga como producto un incremento del peso volumétrico. Conocer la densidad máxima seca (DMS) y el contenido de humedad óptimo (OCH) de suelos variados vienen a ser fundamentales para controlar los procesos de las construcciones. Cuando un material se compacta con una mezcla de agua en porcentajes variables, el resultado es un peso seco máximo, que se conoce como su densidad máxima. Las cantidades de aguas que tienen estar presentes para que los suelos tengan su MDS es conocido como OCH (Montejo, 2002, p. 64).

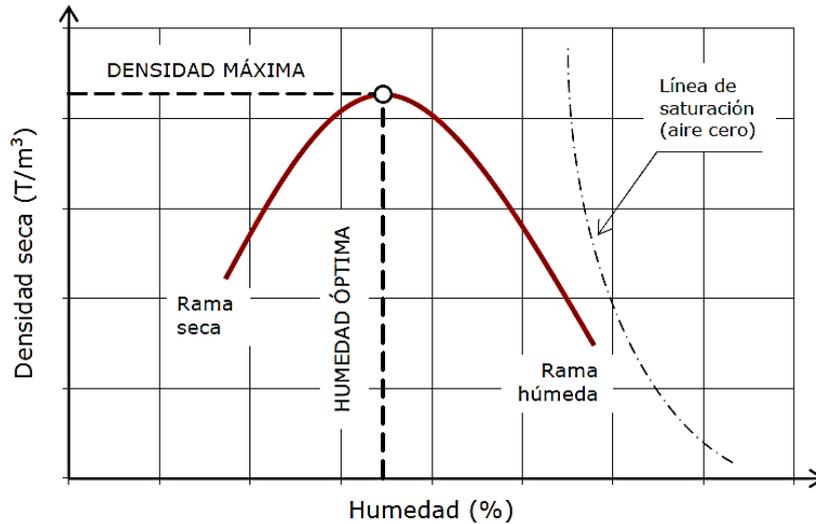
Para determinar la compactación existen estos ensayos: Proctor Modificado y el Proctor estándar.

**- ENSAYO PROCTOR MODIFICADO.**

Según el MTC (2016), hay tres procedimientos:

- PROCEDIMIENTO A: Es empleado si los granos del suelo quedaron retenidos sobre la malla N°4 desde 20% hasta valores inferiores.
- PROCEDIMIENTO B: Se emplea si lo granos del suelo quedaron retenidos en tamiz 3/8" desde 20% hasta valores inferiores y en el tamiz N°4 desde 20% hasta valores superiores.
- PROCEDIMIENTO C: Es empleado siempre que los granos del suelo queden retenidos sobre el tamiz 3/4" desde 30% hasta valores inferiores y en el tamiz 3/8" desde 20% hasta valores superiores. (p. 105 y 106)

Este ensayo nos servirá para hallar el OCH cuando el terreno compactado alcanza su MDS mediante la gráfica siguiente:



**Figura 6:** Curva que relaciona la MDS con el OCH

FUENTE: Bañon & Beviá (2010, p. 13)

La humedad es decisiva para compactar suelos, cuando un material seco requiere la energía determinada para compactarse con el fin de vencer los rozamientos entre sus granos, un material más húmedo requerirá esfuerzos menores, porque el agua tiene un comportamiento de lubricar haciéndose algo parecido a una película que rodea las partículas que a su vez disminuye su roce (Bañon & Beviá, 2010, p. 12).

Al añadir más agua, este se acercará a tener momentos que logre ocupar totalmente sus propios huecos. Esto ocasionará el incremento del volumen y será más difícil de evacuarse, así su compactación decrecerá. Es así que se entiende la existencia de la humedad óptima para obtener una compactación máxima siempre que se aplique la misma energía para compactar (Bañon & Beviá, 2010, p. 13).

**e. RESISTENCIA DEL SUELO.**

“Se le llama capacidad de soporte a una carga que pueda soportar el suelo y que no se deforme” (Bañon & Beviá, 2010, p. 17).

Los C.B.R. (California Bearing Ratio) vienen a indicar las capacidades de soportes en los terrenos. En primer lugar, hay que realizar la colocación del material de los suelos que están en etapas de hinchamientos, esta tiene que consistir en inmersiones del suelo en el tiempo de cuatro días, se aplica la sobrecarga permisible respecto a tipo de utilización que tenga la vía. Lo siguiente es la prueba de penetración, en este ensayo utilizamos un espécimen del suelo para determinar una capacidad de carga del suelo aumentando la presión con una prensa unida a un pisón en forma de anillo. La penetración de la muestra tiene que igualar a 1,27 milímetro/minuto (Bañon & Beviá, 2010, p. 17).

En la siguiente ecuación encontramos como se calcula el CBR.

***Ecuación 3. Valor del CBR***

$$CBR = \frac{\text{Presión en muestra problema}}{\text{Presión en muestra patrón}} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

Generalmente se obtienen pares de valores de penetración y de presión. Los valores se miden a profundidades igual a 2,54 milímetros y 5,08 milímetros y tiene que compararse con las cantidades halladas del suelo en referencia. El valor más alto se toma para el índice CBR (Bañon & Beviá, 2010, p. 18).

**2.2.2 SUELOS ESTABILIZADOS CON CAL.**

En principio, casi todos los suelos se pueden estabilizar con cal. Tanto los suelos finos (el 100% pasa por una malla No. 10) como los suelos más gruesos que contienen texturas finas tiene opción de mejora en sus propiedades con la adición de cal (Montejo, 2002, p. 101)

La cal viene a ser el producto que se obtiene al descomponerse la piedra caliza al calentarse. Esto nos dice que, el carbonato de calcio tiene que descomponerse en óxido

de calcio y dióxido de carbono, será eliminada con gases combustibles (Montejo, 2002, p. 101).

**a. CONSECUENCIA DE ADICIONAR CAL EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.**

Según Montejo (2002), “la cal reduce principalmente la densidad del suelo, modifica su plasticidad, incrementa su capacidad de soporte, es más resistente al corte y disminuye el hinchamiento” (p. 104).

Según el MTC (2014), “el límite de plasticidad aumentado y la humedad de compresión óptima facilitan su uso en obras de construcción” (p. 97).

**b. CONSECUENCIA DE ADICIONAR CAL EN LA PLASTICIDAD DE UN SUELO.**

Una consecuencia de adicionar cal al suelo es un cambio significativo en su plasticidad. Esto es, en el suelo que tenga plasticidad I.P. inferior a quince, acrecen el L.L. y el L.P., así mismo muy levemente el I.P.; sin embargo, cuando un suelo con plasticidad de I.P. mayor que quince decrece el I.P. (MTC, 2014, p. 97).

**c. CONSECUENCIA EN LA TEXTURA ELEMENTAL.**

Cuando los granos arcillosos se floculan mediante adicionando cal, se modifica la textura elemental. Así se demuestra analizando mecánicamente el sedimento, donde disminuye la proporción arcillosa, aumenta la cantidad granos limosos y de arenas finas, en inferior cantidades la última mencionada (Montejo, 2002, p. 105).

**d. CONSECUENCIA EN LA DENSIDAD SECA.**

En general, la compactación de mezclas de suelo-cal resulta en densidades secas más bajas que las correspondientes al suelo únicamente bajo similares

situaciones compactadas. La reducción llega al 5%. Esta disminución observada sobre su densidad se podría explicar con la consecuencia al aplicar cal en la textura de un suelo (Montejo, 2002, p. 105).

**e. CONSECUENCIA EN SU CAPACIDAD DE SOPORTE.**

Se disminuye la densidad de compactación al aplicarse cal, más no su capacidad de resistir cargas. Contrariamente, al adicionarse cal, esta incrementa su capacidad de soporte.

Los ensayos de CBR en suelos más la adición de cal, demuestran una estabilidad significativamente mejorada en comparación con los suelos en la mayoría de los casos (Montejo, 2002, p. 106).

**f. HALLAR LA CANTIDAD ADECUADA DE CAL.**

Indudablemente, desde los puntos de vistas técnicos y económicos, las proporciones óptimas de cales con la que hay que realizar la estabilización de suelos viene a ser el porcentaje inferior que puede cambiar la característica de los suelos en la medida necesaria para el fin que se le va a dar en el proyecto.

El propósito buscado generalmente contempla dos casos. Esto significa aumentar la resistencia al esfuerzo y el hinchamiento.

Algunas de las siguientes pruebas se pueden utilizar para medir el primer factor.: CBR, compresión confinada, ensayo triaxial.

Se debe hacer una comparación de resultados entre valores correspondientes solo a suelos mezclados con diferentes proporciones de cal.

Elegir la cantidad óptima se reducirá al menor porcentaje de aplicación al suelo que pueda impartir las propiedades deseadas.

Una vez elegido este porcentaje, por razones prácticas es recomendable sumar entre un 0,5% y un 1% para tener en cuenta las pérdidas que son inevitables durante la obra (Montejo, 2002, p. 107).

### **2.2.3 SUELOS QUE SE ESTABILIZAN CON CEMENTO.**

El llamado suelo más la adición de cemento es obtenida mezclando íntimamente un suelo suficientemente disgregado con cementos, agua y otras adiciones ocasionales, le sigue el proceso de compactado además de curados óptimos. Se convierte endurece el material que estaba suelto, y se incrementa su resistencia. Sin embargo, en desigualdad del concreto, el grano de suelo no queda envuelto en una pasta de endurecida de cemento, por el contrario, ambas se adhieren fuertemente. Debido a esto, el suelo más la adición de cemento posee menos resistencia y módulo elástico comparado con el concreto. (M.T.C., 2014, p. 98).

Generalmente, las cantidades de MDS y OCH de la materia prima no difieren significativamente de los obtenidos tras la adición de cemento. En suelos estabilizados con cemento, la acción floculante del cemento hace que se aumente el OCH y la reducción de la MDS; pero, por otro lado, una mayor gravedad específica del cemento en relación con el suelo conduce a un aumento de la densidad. El mayor o menor predominio de estos dos efectos opuestos depende del tipo de suelo. Así, se suele observar un aumento de la densidad en arenas y suelos arenosos, y una disminución en los limos. En el caso de la arcilla, las fluctuaciones son muy pequeñas. En cuanto al contenido óptimo de humedad, suele disminuir en arcilla y aumentar en limo; en arenas y suelos arenosos los cambios son insignificantes (ANCADE et al., 2008, p. 50 y 51).

Las características del suelo con adición de cemento vienen a ser afectadas por el tipo y los porcentajes de suelo, cemento y agua, la duración y la edad de la mezcla de compactación y la clase de curado.

Los tipos de grano grueso A-1, A-2 y A-3 con granos finos de poca plasticidad o regular (L.L. menor a cuarenta, I.P. menor a dieciocho) viene a ser los mejores suelos que se puedan estabilizar con el cemento. A medida que aumenta la cantidad de cemento y su tiempo de mezclado, incrementa la resistencia de los suelos con adición de cemento. Antes de que fragüe el cemento, la IP del suelo se reduce, el L.L. tiene una variación ligera, según el tipo de suelo, la MDS y el OCH incrementan o se reducen en una variación ligera (MTC, 2014, p. 98).

Debe estar presente entre un 1% y un 4% de cemento para lograr una estabilización de tipo flexible, que permita una ligera disminución de la plasticidad y un ligero aumento de la resistencia. Para su control se utilizan pruebas de laboratorio, al igual que los materiales estabilizados con cal. El porcentaje de cemento utilizado debe oscilar entre el 6 y el 14 por ciento para conseguir una estabilización de tipo rígido. Esto mejorará el comportamiento de las bases y evitará fracturas de la capa superficial al aumentar su módulo de elasticidad (CE.020, 2012).

Los coeficientes de permeabilidad para suelos estabilizados con cemento son típicamente  $1,7 \cdot 10^{-7}$  a  $10^{-9}$  m/s. Los suelos con los valores más bajos suelen contener una alta proporción de partículas arcillosas. Cuando los suelos granulares se mezclan con cemento, su permeabilidad se reduce notablemente comparado con el suelo inicial, pero si el suelo es arcilloso o limoso, ocasionalmente puede aumentar. Cuando todo lo demás es igual, la permeabilidad disminuye al aumentar el contenido de cemento (ANCADE et al., 2008, p. 51).

En comparación con los suelos limosos y arcillosos, la grava y la arena limpias y bien graduadas requieren un contenido de cemento significativamente menor para lograr una resistencia determinada. El suelo con la menor cantidad de finos generalmente produce los mejores resultados porque la superficie del suelo es más pequeña y la matriz de pasta

que rodea las partículas del suelo es más resistente. La humedad ideal, por otro lado, suele ser mayor cuanto más fina sea la tierra (ANCADE et al., 2008, p. 54).

En efectos inmediatos tenemos principalmente a la condición hídrica del suelo, que se perjudica negativamente por la adición de alguna materia seca y, en inferior medida, por la pérdida de agua utilizada para hidratar el ligante. Aunque estas cantidades numéricas no tienen contado la evaporación, que igualmente la cal, se producen durante la mezcla in situ, este secado tiene una variación teórica desde el 0,3 hasta el 0,5 por ciento del porcentaje de contenidos de humedades por punto porcentual de aglomerante (ANCADE et al., 2008, p. 34).

#### **2.2.4 DISEÑO DEL PAVIMENTO.**

El pavimento es una estructura conformada por capas y están apoyadas sobre el terreno que se preparó para soportarlos en un tiempo del diseño, en el rango de serviciabilidad. Al definirlo se está incluyendo pista, estacionamiento, acera o vereda, pasaje peatonal y ciclovía (CE.020, 2012).

##### **a. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS.**

###### **- PAVIMENTOS FLEXIBLES.**

Se conforma de una capa de bitumen soportada por una base y una subbase. No obstante, dependiendo de las exigencias de la obra, se puede saltar cualquiera de estas capas. Capas de rodaduras, bases y subbases son algunas de las capas del pavimento flexible (Montejo, 2002, p. 2)

###### **- PAVIMENTOS SEMIRRÍGIDOS.**

Las capas asfálticas de espesor en su totalidad de bitumen (carpeta de asfalto en caliente encima de la base asfáltica) son el componente principal de los pavimentos semirrígidos. También se incluyen en esta categoría las capas

asfálticas sobre bases tratadas con cemento o cal. Los pavimentos adoquinados se han categorizado como un tipo de pavimento semirrígido (MTC, 2014, p. 25).

- ***PAVIMENTOS RÍGIDOS.***

En esencia, consisten en una losa de concreto hidráulico que está apoyado en una subrasante o una subbase. Las tensiones se dispersan en un área considerable como resultado de la alta rigidez del concreto. La resistencia estructural de la pavimentación rígida está determinada por cuanto resiste las losas.; como resultado, la capacidad de las capas subyacentes para soportar el diseño del pavimento tiene poco impacto en sus dimensiones. (Montejo, 2002, p. 5).

**b. LO QUE SE DEBE TENER EN CUENTA AL DISEÑAR PAVIMENTOS.**

- ***EL TRÁFICO.***

El ESAL se calcula con el estudio de tráfico, analizados a lo largo de la fase de diseño de proyecto. Es un tráfico ligero cuando la cantidad numérica de aplicaciones es inferior de 104 ESALs. Es un tráfico medio siempre y cuando la cantidad numérica de aplicaciones es igual o superior a 104 ESALs e inferior de 106 ESALs; es alto cuando la cantidad numérica de aplicaciones es superior a 106 ESALs (CE.020, 2012).

- ***LA SUBRASANTE.***

La Subrasante es la superficie de término de las vías hasta el nivel de los movimientos de tierra (primero el corte y luego el relleno), en la que estará colocada las capas de un pavimento. Para las capas de subrasante se considerarán adecuados suelos con un C.B.R. mayor o igual al 6%. Si es menor (pobre o inadecuado), se tienen que estabilizar, por lo que se tienen que analizar soluciones posibles, en concordancia con el origen del suelo, se puede estabilizar mecánicamente, reemplazar al suelo de fundación, estabilizar con

aditivos químico, estabilizar con material geosintética, se puede elevar la rasante, cambio de trazado de la vía, eligiendo soluciones técnicas y económicas más prácticas (MTC, 2014, p. 24)

**Tabla 6**

*Las subrasantes y sus tipos*

Tipos de subrasantes	C.B.R.
Inadecuado	C.B.R. < 3%
Insuficiente	$3\% \leq \text{C.B.R.} < 6\%$
Regular	$6\% \leq \text{C.B.R.} < 10\%$
Bueno	$10\% \leq \text{C.B.R.} < 20\%$
Muy bueno	$20\% \leq \text{C.B.R.} < 30\%$
Excelente	C.B.R. $\geq 30\%$

FUENTE: MTC (2014, p.120)

- ***EL CLIMA.***

Las principales variables que pueden afectar la pavimentación son la precipitación y las temperaturas variadas. El impacto directo de la lluvia en las elevaciones de los niveles freáticos tiene un impacto en cómo puede resistir, que tan compresible es y cambio volumétrico del suelo de la subrasante. Debido al peso de los vehículos que transitan sobre ellos, el cambio posible de temperatura en las losas de pavimento rígido originar esfuerzos muy altos; en los pavimentos flexibles, sin embargo, una alteración de la temperatura puede resultar en cambios en el módulo elástico de la carpeta asfáltica, lo que puede resultar en deformaciones o grietas en la carretera (Montejo, 2002, p. 9)

**c. CAPAS DEL PAVIMENTO.**

- ***SUBBASE.***

La base y la carpeta están soportadas por esta capa, que está hecha de un material específico y tiene un espesor específico. También, sirve como capa de drenaje y regulador de capilaridad. Esta capa puede ser necesaria o no, dependiendo del tipo, diseño y dimensiones del pavimento. Esta capa puede ser de material granular (C.B.R. mayor o igual a 40%) o tratada con asfalto, cal o cemento (MTC, 2014, p.25).

- ***BASE.***

El propósito principal de esta capa, que se encuentra debajo de la capa superficial, es la de sostenimiento, distribución y transmisión de cargas provocadas por el tráfico. Estas capas serán de materiales granulares drenantes (C.B.R. mayor o igual a 80%) pueden ser tratadas con asfalto, cal o cemento (MTC, 2014, p.25).

- ***CAPA DE RODADURA.***

Viene a ser la capa superior del pavimento, que puede ser de material bituminoso (flexibles), concretos de cementos Portland (rígidos) o adoquín, y cuyo propósito es soportar directamente el tráfico (MTC, 2014, p.25).

### **2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

- **CBR:** “El ensayo relación de soporte California (C.B.R.) es un ensayo que mide cuan resistencia es un suelo, se comparan su capacidad de carga del suelo respecto a piedras trituradas de graduación buena” (NTIRENGANYA et al., 2020)
- **Consistencia:** Según diccionario de la RAE (2022) la consistencia “se denomina así a la coherencia o entrelazamiento entre un conjunto de elementos o una masa.

- **Densidad:** Según diccionario de la RAE (2022) la densidad viene a ser “una medida que indica relaciones de las masas y volúmenes de un material. En el Sistema Internacional se mide en kg/m<sup>3</sup>”.
- **Granulometría:** Según diccionario de la RAE (2022) la granulometría es “mide el tamaño del grano, finos y rocas del suelo, también es una función petrográfica de suelos”.
- **Gravedad específica:** Según la SGS-LATAM (2022) manifiesta que, “En términos de agua, la densidad de los materiales se mide por su gravedad específica. La gravedad específica de las rocas varía porque están compuestas de distintas fases minerales”.
- **Humedad:** Según diccionario de la RAE (2022) la humedad viene a ser el “la impregnación de agua en un cuerpo, al vaporizarse se combina con el aire”
- **IMDA:** Según el MTC (2022), manifiesta que, “I.M.D.A. (Índice Medio Diario Anual) vienen a ser los valores numéricos aproximados para tráficos vehiculares para tal tramo en las carreteras para un determinado año”
- **Módulo resiliente:** “Viene a ser lo que mide la capacidad de un material para almacenamiento o absorción de energía sin experimentar deformaciones permanentes. Se determinará a través de pruebas triaxiales, también viene a ser un parámetro de mucha importancia para analizar y diseñar el pavimento flexible” (Munera & Aguiar, 2019)
- **Número de ejes equivalentes:** El diccionario de la Construcción (2022) lo define como “aquel número de pasadas de un eje estándar que resultaría en fallas del pavimento de igual severidad a aquellas causadas por un conjunto de ejes de tráfico realmente pesado que lo circularían. Es un parámetro que permite calcular espesores en pavimentos flexible y rígidos”

- **Plasticidad:** Según diccionario de Oxford Languages (2022), manifiesta que es una “característica propia de los materiales de moldearse o trabajarse cambiándose de aspecto”
- **Serviciabilidad:** “Viene a ser el indicador que va a representar niveles de comodidades así también de seguridad que los pavimentos otorgan a las personas durante su tiempo de uso” (Ávila et al., 2018)

## 2.4 MARCO NORMATIVO

- N.T.P. 339.089 SUELOS. Obtención de muestras representativas (cuarteo) en laboratorio.

La norma detalla sobre la obtención de la muestra que se necesita para la realización de algún ensayo.

- NORMA A.S.T.M. D 422: Método de prueba estándar para análisis de tamaño de partículas de suelos.

Esta Norma Técnica especifica el método para analizar las partículas y sus tamaños.

- NORMA A.S.T.M. D 2216: Método de prueba estándar para determinar el contenido de agua (humedad) en laboratorio.

Esta Norma, especifica el procedimiento de ensayo con el fin de determinarse los contenidos de humedades de los suelos.

- N.T.P. 339.129 SUELOS. Métodos de ensayos para las determinaciones del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.

El límite líquido, plástico y el índice de plasticidad de una muestra de suelo se pueden determinar utilizando los procedimientos de ensayos establecidos por esta Norma Técnica.

- N.T.P. 339.131 SUELOS. Métodos de ensayos para la determinación del peso específico relativo de los suelos.

Con la ayuda de un picnómetro, se puede medir el peso específico relativo de las partículas sólidas del suelo aplicando el procedimiento de prueba descrito en esta Norma Técnica Peruana.

- NORMA A.S.T.M. D 1557: Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo aplicando esfuerzo modificado ((2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

En esta Norma Técnica se aplica una energía modificada de 2.700 kN-m/m<sup>3</sup> (56.000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) para establecer el método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio.

- NORMA A.S.T.M. D 1883: Método de prueba estándar para CBR de suelos compactados en laboratorio.

Esta norma permite la determinación de la resistencia del suelo a través de ensayos.

- N.T.P. 339.134 SUELOS: Método para la clasificación del suelo con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, S.U.C.S.)

La presente norma detalla el método para clasificar un suelo mediante el sistema S.U.C.S.

- NORMA A.A.S.H.T.O. M 145: Clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados para fines de construcción de carreteras.

En esta norma se detallan las clasificaciones de los suelos de acuerdo a la tabla de A.A.S.H.T.O.

- NORMA TÉCNICA CE.010: Pavimentos urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.).

En esta Norma Técnica están detalladas indicaciones y parámetros para pavimentos urbanos.

- NORMA TÉCNICA CE.020: Estabilización de suelos y taludes del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.).

En esta Norma Técnica están detalladas indicaciones y parámetros para estabiliaciones de suelos y taludes.

## **CAPITULO III**

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Aplicada, porque nos centramos en utilizar conocimientos y saberes en mecánica de suelos y pavimentos para dar resolución práctica de un problema de subrasante pobre mediante la adición del cal y cemento; el objetivo fue recomendar las dimensiones del pavimento para el Asentamiento Humano Ampliación La Unión, todo esto con la intención de contribuir a la construcción de nuevos conocimientos y aumentar la condición de vida.

#### **3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Aplicativo, porque se tuvo la finalidad de mejorar una subrasante mediante la aplicación de aditivos, comparando la muestra de suelo natural con el suelo con cal y cemento para finalmente realizar el diseño de un pavimento.

Se tuvo un enfoque cuantitativo porque se midieron y estimaron magnitudes de los problemas de investigación. “Los datos de esta investigación vienen a ser productos de las mediciones y los representamos mediante cantidades numéricas y se analizaron con métodos estadísticos” (Hernández et al., 2014, p.4). Se recolectaron datos de las muestras del suelo mediante ensayos que se midieron en cantidades numéricas, para luego analizarlos mediante el uso de diagramas.

#### **3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Se empleó en esta investigación el diseño experimental, porque se manipularon intencionalmente las variables a través de la existencia de 2 grupos de estudio; un grupo experimental: suelo estabilizado con cal y cemento tipo I por separado, y un grupo de control: suelo natural sin estabilizar. Ambos grupos con características equivalentes.

Al suelo estabilizado se le aplicaron los estímulos como lo fue la adición de la cal y cemento en dosificaciones y al grupo de control en ningún momento se le aplicó el estímulo, de esta manera este grupo sirvió como patrón de comparación.

Se pudo relacionar la variable independiente y la variable dependiente, mediante lo siguiente: La estabilización de suelos influyó en el cálculo de los espesores del pavimento, ya que se pudo interpretar que al aumentar los valores del C.B.R. en un suelo entonces las dimensiones del pavimento variaron.

Durante toda la investigación hubo el control aleatorizado, manipulación, observación y medición de la variable independiente, mientras la variable dependiente no fue manipulada, más bien que se midió con el fin de observar los efectos que tuvo la variable independiente tuvo en ella; es decir, al adicionarle cal y cemento, por separado, en las dosificaciones de 2%, 4% y 8% a la muestra de suelo natural, esta tuvo una variación en cuanto a sus propiedades básicas, las cuales se evaluaron en laboratorio para realizarse los cálculos en software Excel con lo que se logró definir el aditivo estabilizador más adecuado; por otro lado, para determinar las dimensiones adecuadas para el pavimento se realizaron varios diseños, en los cuales el C.B.R. y otras propiedades influyeron en el cálculo del diseño de la estructura.

### **3.4 UNIDAD DE ANÁLISIS**

La unidad de análisis fue el suelo natural, el suelo con adición de cal y el suelo con adición de cemento tipo I en las proporciones de 2%, 5% y 8% respectivamente.

### **3.5 UBICACIÓN**

Localidad : Asentamiento Humano Ampliación La Unión

Distrito : Chimbote

Provincia : Santa

Departamento : Ancash

## **3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.6.1 POBLACIÓN.**

“Al grupo de componentes que será el foco de la investigación se conoce como población” (Borja, 2016, p. 30). En la presente investigación se consideró que el suelo del Asentamiento Humano Ampliación La Unión es la población, ya que se estudiaron sus características básicas y sobre la cual se generalizaron los efectos obtenidos al realizar los cálculos de la pavimentación.

Finita, porque se cogió el suelo limitado por el Asentamiento Humano Ampliación La Unión de coordenadas UTM WGS-84, Este: 766773.24 E, Norte: 8999037.02 N Altitud: 26 m.s.n.m., que se ubica en el distrito Chimbote, provincia Santa, departamento Áncash.

### **3.6.2 MUESTRA.**

“Se utiliza un subconjunto representativo de la población como muestra de estudio con el fin de recopilar datos” (Borja, 2016). La muestra fué tomada del asentamiento humano Ampliación La Unión

#### **a. TÉCNICA DE MUESTREO.**

El muestreo fue no probabilístico. “Para esta técnica, los criterios del investigador, en lugar de las probabilidades, determinan qué elementos se eligen” (Borja, 2016, p. 32). Se aplicaron las indicaciones de la Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbano, con el fin de calcular el tamaño de la muestra.

#### **b. TAMAÑO DE LA MUESTRA.**

Se realizó la excavación de 04 calicatas que representan a la muestra, siendo este una representación fiel de la población en su conjunto. En concordancia con la norma CE.010 Pavimentos Urbanos, en la siguiente figura se indica el número de puntos de investigación para el tipo de vía local.

**Tabla 7***Cantidad de puntos de investigación*

TIPOS DE VÍAS	N° DE PUNTO DE INVESTIGACIÓN	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
Expresa	Uno por cada	1000
Arterial	Uno por cada	1200
Colectora	Uno por cada	1500
Local	Uno por cada	1800

FUENTE: CE.010 (2012, p.5)

Debido a que se realizó el dimensionamiento de capas para un tipo de vía local y utilizando la figura anterior, se determinó que números de puntos de investigación son 04, es por ello por lo que se extrajeron 04 calicatas del suelo del Asentamiento Humano ampliación La Unión, en el distrito de Chimbote, que según la norma CE.010, estos tuvieron que ubicarse de preferencia en los cruces de vías. En el cuadro 5 se encuentran las coordenadas de las calicatas.

**Tabla 8***Coordenadas de las muestras extraídas*

Muestra	Coordenadas	Fondo de calicatas
C-01	8999135.46 m N 766813.09 m E	1.50 metros
C-02	8998923.24 m N 766888.15 m E	1.50 metros
C-03	8999008.73 m N 766817.44 m E	1.50 metros
C-04	8999062.42 m N 766689.77 m E	1.50 metros



**Figura 7:** Ubicación de calicatas en el A.H. Ampliación La Unión, Chimbote

FUENTE: Google Earth Pro, versión 2022

**Tabla 9**

*Cantidad de ensayos realizados*

Ensayo	Suelo natural	Suelo con adición de cal			Suelo con adición de cemento		
		2%	5%	8%	2%	5%	8%
Granulométrico	4						
Contenido de Humedad	4						
LL	4	4	4	4	4	4	4
LP	4	4	4	4	4	4	4
Gravedad Específica	4						
OCH	4	2	2	2	2	2	2
DMS	4	2	2	2	2	2	2
CBR	4	2	2	2	2	2	2

### **3.7 VARIABLES**

#### **3.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.**

Estabilización de subrasante.

#### **3.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE.**

Diseño del pavimento.

### 3.7.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA.

**Tabla 10**

*Matriz de consistencia*

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>
<p><b>GENERAL:</b></p> <p>¿Cuál es el diseño de pavimento más adecuado para el asentamiento humano Ampliación La Unión, luego de estabilizar la subrasante con cal y cemento por separado?</p>	<p><b>GENERAL:</b></p> <p>Diseñar el pavimento, luego de adicionar cal y cemento, por separado, al suelo del Asentamiento Humano Ampliación La Unión.</p>	<p>Al adicionar cal y cemento, por separado, al suelo del Asentamiento Humano Ampliación La Unión, se incrementará su C.B.R. y se reducirán las dimensiones de la estructura del pavimento diseñado con la guía A.A.S.H.T.O. 1993.</p>	<p><b>INDEPENDIENTE:</b></p> <p>Estabilización de subrasante.</p>
<p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <p>1. - ¿Qué propiedades geotécnicas posee el suelo natural del asentamiento humano Ampliación La Unión?</p>	<p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <p>1. - Definir las propiedades geotécnicas del suelo natural.</p>		<p><b>DEPENDIENTE:</b></p> <p>Diseño del pavimento.</p>
<p>2. - ¿Qué propiedades geotécnicas tiene el suelo del asentamiento humano Ampliación La Unión, estabilizado con cal en las proporciones 2%, 5% y 8%?</p>	<p>2. - Definir las propiedades geotécnicas del suelo con adición de cal en proporciones 2%, 5% y 8%.</p>		

---

<<continuación>>

3. - ¿Qué propiedades geotécnicas tiene el suelo del asentamiento humano Ampliación La Unión, estabilizado con cemento en las proporciones 2%, 5% y 8%?

3. - Definir las propiedades geotécnicas del suelo con adición de cemento proporciones en 2%, 5% y 8%.

4.- ¿Cuáles son las dimensiones del pavimento utilizando la guía AASHTO 1993?

4.- Determinar las dimensiones del pavimento según los parámetros de la guía A.A.S.H.T.O. 1993.

---

### 3.7.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

**Tabla 11**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTOS	
INDEPENDIENTE	Estabilización de subrasante	Según el MTC (2014), consisten en mejorar las propiedades del terreno a través técnicas mecánicas y la suma de aditivo natural o químico o sintético. Las más reconocidas como estabilización son: suelo más cemento, suelo más cal, suelo más asfalto y	Evaluación de la estabilización, a través de ensayar muestra en el laboratorio de mecánica de suelos con la finalidad de conseguir resultados de sus características: Características físicas y mecánicas, límite de consistencia, compactación y capacidad de soporte.	Propiedades geotécnicas del suelo natural	Granulometría	Observación directa (ensayos) y documental de la norma A.S.T.M., N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para el ensayo del análisis de granulometría con tamices (M.T.C. E 107) (N.T.P. 339.128) (A.S.T.M. D 422)
					Contenido de Humedad	Observación directa (ensayos) y documental de la norma A.S.T.M., N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para el contenido de humedad (M.T.C. E 108) (A.S.T.M. D 2216) (N.T.P. 339.127)
					Límites de Atterberg	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para los límites de Atterberg (M.T.C. E 110) (N.T.P. 339.129) (M.T.C. E 111)
					Clasificación S.U.C.S./ A.A.S.H.T.O.	Observación y documental de la N.T.P. y la norma A.A.S.H.T.O.	Ficha técnica: clasificación S.U.C.S. (N.T.P. 339.134), clasificación A.A.S.H.T.O. (A.A.S.H.T.O. M-145)

<<continuación >>	variados aditivos, se aplican típicamente a suelos con subrasante insuficiente o inadecuada.	Gravedad específica	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para el ensayo de gravedad específica del suelo (M.T.C. E 113) (N.T.P. 339.131)
		Humedad óptima	Observación directa (ensayos) y documental de la norma A.S.T.M., N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para ensayo de Proctor modificado (M.T.C. E 115) (N.T.P. 339.141) (A.S.T.M. D 1557)
		Densidad máxima	Observación directa (ensayos) y documental de la norma A.S.T.M., N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para el valor de soporte relativo C.B.R. (A.S.T.M. - D 1883) (M.T.C. E 132) (N.T.P. 339.145)
		C.B.R.	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para determinar el límite líquido (M.T.C. E 110) (N.T.P. 339.129)
	Propiedades geotécnicas del suelo con adición de cal en 2%, 5% y 8%.	Límite líquido	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para determinar el límite plástico (M.T.C. E 111) (N.T.P. 339.129)
		Límite Plástico	Observación directa (ensayos) y	Ficha técnica determinar la humedad óptima (M.T.C.
		Índice de plasticidad	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	
		Humedad óptima	Observación directa (ensayos) y	Ficha técnica determinar la humedad óptima (M.T.C.

<<continuación >>		documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	E 115) (N.T.P. 339.141) (A.S.T.M. D 1557)
Propiedades geotécnicas del suelo con adición de cemento en 2%, 5% y 8%.	Densidad máxima	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica determinar la máxima densidad seca (M.T.C. E 115) (N.T.P. 339.141) (A.S.T.M. D 1557)
	C.B.R.	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para el valor de soporte relativo C.B.R. (A.S.T.M. - D 1883) (M.T.C. E 132) (N.T.P. 339.145)
	Límite líquido	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para determinar el límite líquido (M.T.C. E 110) (N.T.P. 339.129)
	Límite Plástico	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	Ficha técnica para determinar el límite plástico (M.T.C. E 111) (N.T.P. 339.129)
	Índice de plasticidad	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C.	
	Humedad óptima	Observación directa (ensayos) y documental de la	Ficha técnica determinar la humedad óptima (M.T.C.)

DEPENDIENTE	<<continuación >>				N.T.P. y el manual del M.T.C.	E 115) (N.T.P. 339.141) (A.S.T.M. D 1557)
					Densidad máxima	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C. Ficha técnica determinar la máxima densidad seca (M.T.C. E 115) (N.T.P. 339.141) (A.S.T.M. D 1557)
					C.B.R.	Observación directa (ensayos) y documental de la N.T.P. y el manual del M.T.C. Ficha técnica para el valor de soporte relativo C.B.R. (A.S.T.M. - D 1883) (M.T.C. E 132) (N.T.P. 339.145)
					Estudio de tráfico	Observación documental del formato recomendado por el M.T.C. Formato de clasificación vehicular, estudio de tráfico (M.T.C.)
	Diseño del pavimento	Según el MTC (2014) es el proceso para dimensionar las secciones del pavimento, generalmente influyen 2 parámetros esenciales: tráfico vehiculares que tienen las propiedades del suelo en	Guía A.A.S.H.T.O. 1993 para diseñar pavimentos, la cual tiene los siguientes parámetros: Tránsito, confiabilidad, niveles de serviciabilidad, drenaje, módulo de resiliencia. Al realizar iteraciones, se asumirán las	Tráfico	Ejes equivalentes ESAL	Observación documental de la Guía A.A.S.H.T.O. 1993 y el manual del M.T.C. Ficha técnica para el cálculo de ejes equivalentes ESAL (M.T.C.) (Guía A.A.S.H.T.O. 1993)
				Diseño del pavimento flexible	ESAL	Observación documental de la Guía A.A.S.H.T.O. 1993 y el manual del M.T.C. Ficha técnica para el cálculo de ejes equivalentes ESAL (M.T.C.) (Guía A.A.S.H.T.O. 1993)
				Confiabilidad		

<<continuación >>	donde se asentará el pavimento. El método comúnmente utilizado es el Método A.A.S.H.T.O. 1993.	dimensiones de la capa de pavimento con el fin de llegar a equilibrar la ecuación A.A.S.H.T.O.	Diseño de pavimento rígido	Desviación estándar Error estándar combinado Serviciabilidad Módulo resiliente Drenaje  ESAL  Confiabilidad Desviación estándar Error estándar combinado Serviciabilidad Módulo de ruptura Módulo de reacción de la subrasante Drenaje Transferencia de carga (J) Módulo de elasticidad del C°	Observación documental de la Guía A.A.S.H.T.O. 1993 y la norma CE.010.  Observación documental de la Guía A.A.S.H.T.O. 1993 y el manual del M.T.C.  Observación documental de la Guía A.A.S.H.T.O. 1993 y la norma CE.010	Ficha técnica para el diseño del pavimento flexible (Guía A.A.S.H.T.O. 1993) (CE.010)  Ficha técnica para el cálculo de ejes equivalentes ESAL (M.T.C.) (Guía A.A.S.H.T.O. 1993)  Ficha técnica para el diseño del pavimento rígido (Guía A.A.S.H.T.O. 1993) (CE.010)
----------------------	--	--	----------------------------	--	---	---

### **3.8 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.8.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

En la presente investigación se aplicó la observación directa, ya que se realizaron visitas de campo al área de estudio para extraer cuatro calicatas; además, se realizaron los ensayos de laboratorio y se registraron en una base de datos utilizando fichas técnicas estandarizadas recopiladas de normas, manuales y guías especializadas en el tema de investigación.

Observación documental, se utilizaron normas, manuales y bibliografía para realizar con precisión los ensayos de granulometría, clasificación S.U.C.S. y A.A.S.H.T.O., ensayos de límites de consistencia, el Proctor modificado, y el ensayo de C.B.R. Se revisó la guía AASHTO 1993 con la finalidad de aplicar sus parámetros en el diseño del pavimento.

#### **3.8.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Se usó fichas técnicas o formatos estándar, dónde se recopilaron datos de los ensayos de mecánica de suelos realizado en laboratorio. Estos formatos fueron creados en base a las indicaciones y parámetros de las normas A.S.T.M., Norma Técnica Peruana, Reglamento Nacional de Edificaciones, manuales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, la norma A.A.S.H.T.O. y la guía para el diseño de pavimentos A.A.S.H.T.O. 1993.

Fichas o formatos para recopilar datos de ensayo hechos en un laboratorio de mecánica de suelos:

- Ficha técnica para el análisis granulométrico de suelos por tamizado (M.T.C. E 107) (N.T.P. 339.128) (A.S.T.M. D 422)
- Ficha técnica para determinar el contenido de humedad (M.T.C. E 108) (A.S.T.M. D 2216) (N.T.P. 339.127)

- Ficha técnica para el ensayo de gravedad específica del suelo con el uso de picnómetro de agua (M.T.C. E 113) (N.T.P. 339.131)
- Ficha técnica para hallar el LL (M.T.C. E 110) (N.T.P. 339.129)
- Ficha técnica para definir el LP y el IP (M.T.C. E 111) (N.T.P. 339.129)
- Ficha técnica para clasificar el suelo mediante el método S.U.C.S. (N.T.P. 339.134)
- Ficha técnica para clasificar el suelo mediante la norma A.A.S.H.T.O. (A.A.S.H.T.O. M-145)
- Ficha técnica para ensayo de Proctor modificado (M.T.C. E 115) (N.T.P. 339.141) (A.S.T.M. D 1557)
- Ficha técnica determinar el valor de soporte relativo C.B.R. (A.S.T.M. - D 1883) (M.T.C. E 132) (N.T.P. 339.145)

Fichas o formatos para recopilar datos del tráfico y diseñar los pavimentos:

- Formato de clasificación vehicular, estudio de tráfico (M.T.C.)
- Ficha técnica para calcular los ejes equivalentes ESAL (M.T.C.) (Guía A.A.S.H.T.O. 1993)
- Ficha técnica del diseño del pavimento flexible (Guía A.A.S.H.T.O. 1993) (CE.010)
- Ficha técnica del diseño del pavimento rígido (Guía A.A.S.H.T.O. 1993) (CE.010)

### **3.8.3 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.**

Las fichas técnicas fueron desarrolladas en base a la Norma Técnica Peruana, los manuales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, la norma A.A.S.H.T.O., las normas A.S.T.M., el Reglamento Nacional de Edificaciones y la Guía A.A.S.H.T.O. 1993. Estos instrumentos representan y miden los conceptos teóricos presentados en esta investigación.

La validez y confiabilidad de los instrumentos de ensayos de suelos fue aprobado por:

- Jefatura del Laboratorio de Mecánica de Suelo a cargo del Ms. Julio Rivasplata Diaz.

La validez de los instrumentos para diseñar los pavimentos fue aprobada por:

- Ing. Jesús David Huamayalli Flores

### **3.9 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

Este capítulo explica y detalla, paso a paso, cómo se aplicaron todos los fundamentos teóricos adaptados al objetivo del presente estudio, con la finalidad de aplicarse en el Asentamiento Humano Ampliación La Unión.

Se extrajo el suelo del terreno natural, se trasladaron al aula de ensayos de mecánica de suelos donde se ensayaron las muestras. Esto permitió clasificar a la subrasante, también permitió definir algunas características: porcentaje de humedad, límites de consistencia, el OCH y la MDS, así como su C.B.R. que presentó el terreno natural y las muestras estabilizadas al adicionar cal y cemento tipo I por separado. Y finalmente se diseñó el pavimento de tipo flexible y rígido.

#### **3.9.1 PROCEDIMIENTOS PARA DEFINIR PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO NATURAL.**

En el aula ensayos de mecánica suelos, fue evaluado los materiales de suelo de las calicatas después de haber sido tomadas a una profundidad de 1.50 metros mediante ensayos aplicado las indicaciones del Manual de Ensayos de Materiales 2016.

##### **a. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO MEDIANTE EL TAMIZADO (MTC E 107).**

- Se realizó este ensayo a las 4 calicatas de suelo natural.
- Se procedió a cuartear el suelo y se separó una cantidad que pesaba mínimo 1000 gramos.
- Se le colocó al suelo en el juego de tamices, a continuación, se procedió a tamizar con la máquina tamizadora en un lapso de diez minutos.

- Después de tamizar, se pesó el suelo, que se retuvo sobre las mallas, en una balanza y se procedió a recopilar los datos en la ficha técnica.

**b. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDADES (MTC E 108).**

- Se realizó este ensayo a las 4 calicatas de suelo natural.

- Se procedió a pesar cada recipiente que fue utilizado para el depósito de suelo húmedo.

- Cada muestra de suelo húmedo se pesó junto a su respectivo recipiente, se dejaron en el horno en un lapso cercano a veinticuatro horas.

- Se retiró, usando guantes, cada recipiente que tenía muestra de suelo seco, a continuación, se registró el peso en la ficha técnica y luego se realizó el cálculo.

**c. DETERMINAR LAS GRAVEDADES ESPECÍFICAS DE SÓLIDOS DE SUELO USANDO EL PICNÓMETRO DE AGUA (MTC E 113).**

- Se realizó este ensayo a las 4 calicatas de suelo natural.

- Se procedió a cuartear el suelo para obtener muestras representativas.

- Cada muestra fue llevada a un horno con temperatura de 110°C por un tiempo aproximado de veinticuatro horas.

- Se sacó cada recipiente que poseía las muestras de suelos, a continuación, tenían que enfriarse.

- En una balanza se observó su peso en seco.

- Un picnómetro que se le vació agua destilada para registrar el peso.

- Se vertió el suelo, el agua destilada fue vertida a unas  $\frac{3}{4}$  partes del volumen del picnómetro,

- Con la estufa calentada, al picnómetro se le fue girando en un lapso de diez minutos.

- Cuando el aire fue eliminado, se llenó con agua destilada al picnómetro.

- Alrededor de veinticuatro horas de dejó reposar el picnómetro, y se enrasó con agua destilada, por último, se apuntó el peso en la ficha técnica que le corresponde.

**d. DETERMINAR EL LIMITE LÍQUIDO (MTC E 110).**

- Se realizó este ensayo a las 4 calicatas de suelo natural.

- Se secó las muestras de suelo para el ensayo, luego se pasaron a de la malla N°40.

- Fue colocado doscientos gramos del suelo sobre un recipiente de porcelana y fue agregado de quince a veinte mililitros de agua destilada.

- Una uniforme pasta fue formada para que con el uso de una espátula fuera colocado una pequeña parte de pasta del material sobre una cazuela de la copa de Casagrande de dimensión de un centímetro.

- Se procedió a hacerle la ranura por la parte central de la cazuela usando el acanalador, dividiendo esta pasta del material en 2 mitades.

- Se hizo girar la manivela de una copa de Casagrande, se le elevó, se dejó que cayera la cazuela con la rapidez de 1.9 hasta 2.1 golpes/seg., con el fin de que las dos partes de la pasta del material estuviera tocándose sobre la base de su ranura.

- Se anotó la cantidad numérica de golpes necesarias que cierran la ranura en la ficha técnica.

- Se quitó una porción del material y se le colocó sobre la tara respectiva y se le llevó al horno eléctrico alrededor de veinticuatro horas.

- Ahora se calculó el contenido de humedad del material que fue colocado adentro del horno.

- Otra vez fue mezclado el material de suelo más agua destilada con el fin de aumentarle su porcentaje húmedo de esa manera disminuirse la cantidad numérica de golpes.

- Esta parte se repitió hasta conseguir la obtención encima de 25 hasta 35 golpes, 20 hasta 30 golpes y un último entre 15 hasta 25 golpes.

- Solo la primera calicata obtuvo valores de L.L, las otras no presentaron L.L.

**e. DETERMINAR EL LP E IP (MTC E 111).**

- Se realizó este ensayo a las 4 calicatas de suelo natural.

- A través de la malla N° 40 fue pasado el suelo.

- Se tomó alrededor de veinte gramos de suelo y se le mezcló con agua destilada empleando un recipiente de porcelana.

- Se le dio la forma de esfera con la muestra de suelo del ensayo.

- El suelo fue enrollado sobre las palmas de las manos, se le colocó encima del vidrio para forma cilindros de tres milímetros diametralmente en toda su longitud.

- Al verse grietas transversalmente en su longitud del suelo en forma de cilindro, se le colocó al suelo sobre su tara respectiva para al ser trasladados a un horno.

- Luego se le halló el porcentaje húmedo del suelo.

- Fue hecho similares procesos para la obtención de alrededor seis gramos de la muestra.

- La media de estos contenidos de humedades, viene a ser el L.P.

- El I.P. se halla restando la cantidad de L.L. y L.P. del material del suelo.

**f. COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO, CON LA APLICACIÓN DE ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115).**

- Se realizó este ensayo a la calicata 1 y calicata 2.
- Se seleccionó cual método sería utilizado.
- Fue escogido el método A ya que menor al 20% del peso del suelo se retuvo en la malla N°4.
- Fue empleado alrededor 2.5 kilogramos de material seco.
- El espécimen fue preparado con adición de agua, se mezcló hasta conseguir la homogeneidad.
- Se ensambló cada molde de forma cilíndrica sobre su placa de base, utilizando una balanza fue determinado el peso.
- Fue colocado el collar de extensión, a continuación, el material fue colocado adentro a altura de  $\frac{3}{4}$  del molde.
- Se compactó con un pisón aplicando veinticinco golpes para la capa primera.
- Fue colocado otro material de suelo a la altura de  $\frac{2}{3}$  del molde para compactar la nueva capa aplicando veinticinco golpes.
- Una última capa fue colocada, igualmente se hizo la compactación aplicando veinticinco golpes.
- Cuando se compactó las tres capas, fue retirado el collar de extensión, fue enrasado usando una regla.
- Al colocarse cada molde con el material compactado encima de una balanza y se anotó su peso en la ficha técnica respectiva.
- Se quitó 2 muestras compactadas del lugar ubicado arriba y abajo del molde sobre taras, luego se llevó al horno eléctrico.

- El contenido de humedad fue calculado para todas las muestras.
- Este proceso fue repetido agregándose agua a razón de 2%, para cuando se forme la curva Proctor, se pueda hallar la MDS, así como su OCH.

**g. C.B.R. (MTC E 132).**

- Se aplicó este ensayo a la calicata 1 y calicata 2.
- El suelo fue preparado, y se mezcló con cantidades de agua necesarias para el OCH al ensayarse con el Proctor modificado.
- Un molde con forma cilíndrica fue ensamblado junto a una placa base y se le pesa.
- El papel de filtro fue colocado para su respectivo molde junto a su placa que expande.
- Al colocarse esas placas que expanden, fue colocado el collar de extensión con el fin de que se puede realizar la colocación del material húmedo sobre tres moldes hasta una altura de 1/5 de dicho molde; se realizó la compactación usando un pisón, doce golpes para su primera capa, fue colocado una 2da capa de altura 2/5 del molde, eso se realizó con el fin de que se completen sus cinco capas.
- Se repitió este procedimiento para 3 moldes, de cinco capas, veintiséis golpes, más 3 moldes de cinco capas con cincuenta y cinco golpes para cada capa.
- El collar de extensión fue retirado, se hizo enrasar, al suelo que compactado, con una regla.
- El molde se invirtió para volverse a montar esta vez con disco espaciador quitado para pesarse.
- Encima de la placa perforada con vástago, se colocaron sobrecargas, esto antes de colocarse en las tinas con agua

- Un trípode con dial de deformación fue colocado encima del molde, el vástago de la placa perforada fue ajustado.
- Las lecturas fueron anotadas en su respectiva ficha técnica y luego fue sumergido cada molde.
- Los moldes fueron sumergidos adentro de la tina llena de agua durante un tiempo de cuatro días.
- Al terminar el tiempo sumergido, se volvió a dar lectura del dial, el hinchamiento se midió.
- Los moldes fueron sacados del agua, igualmente fue quitado el dial, trípode, sobrecarga, así también la placa de expansiones.
- Se drenó alrededor de quince minutos.
- Cada molde con la muestra fue pesado, a continuación, se hizo la prueba de penetración.
- La sobrecarga se colocó dentro de cada molde, se inició la prueba de penetración, fue colocado el pisón para penetrar.
- Luego se realizó la colocación en 0.00 del indicador de presión de su anillo de carga y su dial de deformación.
- Ahora se empezó con la prueba, se aplicó la carga en el pisón a rapidez uniforme a 0.05 pulgadas por minuto.
- Se leyó las presiones a 0.025", 0.05", 0.075", 0.1", 0.15", 0.20", 0.25", 0.3", 0.4", 0.4" de penetración, luego fueron anotadas en la ficha técnica.
- Para terminar, fue desmontado cada molde, se tomó por arriba, cercana al lugar de la penetración, se extrajeron 2 muestras suelo que fueron colocados en taras, para poder calcular el porcentaje húmedo.

**3.9.2 PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS  
DEL SUELO CON LA ADICIÓN DE CAL DE CONSTRUCCIÓN Y CEMENTO  
TIPO I, POR SEPARADO, EN PROPORCIONES 2%, 5% Y 8%.**

**a. DETERMINACIÓN DE L.L. (MTC E 110).**

- Se preparó la muestra de suelo, fue pesado en la balanza para calcular el 2% de su peso.
- Se adicionó cal de construcción en la muestra de suelo, la proporción de 2%.
- Se pesó otra muestra y se le calculó el 5% de su peso.
- Se adicionó cal de construcción a la muestra de suelo en la proporción de 5%.
- Se pesó otra muestra y se le calculó el 8% de su peso en gramos.
- Se adicionó cal de construcción a la muestra de suelo en la proporción de 8%.
- Los mismos procedimientos se realizaron en la estabilización con cemento tipo I en proporciones de 2%, 5% y 8% de su peso de los suelos que fueron estudiados.
- Se hizo el mismo procedimiento para las 4 calicatas.
- Los siguientes procedimientos son los mismos que fueron descritos en la sección 3.3.1 de la presente investigación.

**b. DETERMINAR EL L.P. E I.P. (MTC E 111).**

- La muestra fue preparada, se le pesó en la balanza y se le calculó el 2% de su peso.
- Se adicionó cal de construcción en la muestra de suelo, la proporción de 2%.
- Se pesó otra muestra y se le calculó el 5% de su peso.
- Se adicionó cal de construcción a la muestra de suelo en la proporción de 5%.
- Se peso otra muestra y se le calculó el 8% de su peso en gramos.
- Se adicionó cal a la muestra de suelo en la proporción de 8%.

- Los mismos procedimientos se realizaron en la estabilización con cemento tipo I en proporciones de 2%, 5% y 8% del peso de que se estudió.

- Se realizó el mismo procedimiento para las 4 calicatas.

- Los siguientes procedimientos son los mismos que fueron descritos en la sección 3.3.1 de la presente investigación.

**c. COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO, CON LA APLICACIÓN DE ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E 115).**

- La muestra de suelo fue preparada, se le pesó en la balanza y se le calculó el 2% de su peso.

- Se adicionó cal de construcción en la muestra de suelo, la proporción de 2%.

- Se pesó otra muestra y se le calculó el 5% de su peso.

- Se adicionó cal a la muestra de suelo en la proporción de 5%.

- Se peso otra muestra y se le calculó el 8% de su peso en gramos.

- Se adicionó cal al material de suelo en la proporción de 8%.

- Los mismos procedimientos se realizaron en la estabilización con cemento tipo I en proporciones de 2%, 5% y 8% de su peso del material de suelo que se estudió.

- Se hizo el mismo procedimiento para la calicata 1 y calicata 2.

- Los siguientes procedimientos son los mismos que fueron descritos en la sección 3.3.1 de la presente investigación.

**d. C.B.R. (MTC E 132).**

- La muestra de suelo fue preparada, se le pesó en la balanza y se le calculó el 2% de su peso.

- Se adicionó cal de construcción en la muestra de suelo, la proporción de 2%.

- Se pesó otra muestra y se le calculó el 5% de su peso.
- Se adicionó cal al material de suelo en la proporción de 5%.
- Se peso otra muestra y se le calculó el 8% de su peso en gramos.
- Se adicionó cal al material de suelo en la proporción de 8%.
- Los mismos procedimientos se realizaron en la estabilización con cemento tipo I en proporciones de 2%, 5% y 8% de su peso al material de suelo que se estudió.
- Se hizo el mismo procedimiento para la calicata 1 y calicata 2.
- Los siguientes procedimientos son los mismos que fueron descritos en la sección 3.3.1 de la presente investigación.

**3.9.3 PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LOS ESPESORES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO SEGÚN LOS PARÁMETROS DE LA GUÍA A.A.S.H.T.O. 1993.**

**a. TRÁFICO (MTC, 2014).**

- Se escogió la ubicación para la estación en el Jirón Olaya cruce con la calle Angamos.
- Se realizó el conteo de vehículos livianos y pesados.
- La cantidad de vehículos contabilizados se registró en el formato de estudio de tráfico del MTC.
- Luego de completar el registro de vehículo durante 7 días, se procedió a calcular el valor de los IMDs y del IMDA.
- Con la ficha técnica calcular los ejes equivalentes, se halló el valor numérico de repeticiones de ejes equivalentes. A continuación, están detallados los pasos con el fin de calcular el ESAL.
- Según la guía AASHTO 1993, se determinó el periodo de diseño.

- La tasa de crecimiento anual de vehículos livianos, se determinó en utilizando la tasa del crecimiento poblacional de Áncash, la tasa del crecimiento de vehículos pesados fue igual al crecimiento de PBI de Áncash.
- Utilizando la guía AASHTO 1993, determinamos que el valor para el factor direccional y el valor para el factor carril.
- El factor de crecimiento acumulado de vehículo ligero fue calculado, mientras que el valor del factor de crecimiento acumulado de vehículos pesados también se determinó en la ficha técnica del cálculo del ESAL.
- Finalmente, con los valores determinados, fue conseguido el valor numérico de la repetición de eje equivalente.

**b. DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (GUÍA A.A.S.H.T.O. 1993).**

Los procedimientos para hacer el diseño del pavimento flexible fueron realizado a la muestra de suelo sin estabilizar, a la muestra estabilizada con cal en proporciones de 2%, 5% y 8% igualmente a la muestra estabilizada con cemento en proporciones de 2%, 5% y 8%. En todos los casos se realizó el mismo procedimiento, variando los valores del CBR y el módulo resiliente.

- Para comenzar se clasificó para el tipo de vía urbana, como una vía local.
- El ESAL calculado se utilizó como primer dato para diseñar el pavimento.
- La confiabilidad se determinó que el tipo de camino es local, se obtuvo el valor de la tabla siguiente.

**Tabla 12**

*Porcentaje de confiabilidad recomendados*

<b>TIPOS DE VÍAS</b>	<b>CONFIABILIDAD</b>	
	<b>ZONAS URBANAS</b>	<b>ZONAS RURALES</b>
Rural interestatal y autopista	85.00 a 99.90	80.00 a 99.90
Arteria principal	80.00 a 99.00	75.00 a 99.00
Colectora	80.00 a 95.00	75.00 a 95.00
Local	50.00 a 80.00	50.00 a 80.00

FUENTE: Guía A.A.S.H.T.O. 1993 parte II (p.10)

- En función de la confiabilidad se seleccionó el valor de la desviación estándar (Zr), de la tabla siguiente.

**Tabla 13**

*El valor de  $Z_r$  respecto de la confiabilidad*

<b>PORCENTAJE DE CONFIABILIDAD</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR <math>Z_r</math></b>
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.90	-3.090
99.99	-3.750

FUENTE: Guía A.A.S.H.T.O. 1993 parte I (p.93)

- Se determinó el error estándar combinado ( $S_o$ ) para pavimento flexible de la siguiente tabla.

**Tabla 14***Error estándar combinado (So)*

<b>0.30</b>	-	<b>0.40</b>	Pavimento rígido
<b>0.40</b>	-	<b>0.50</b>	Pavimento flexible

FUENTE: Guía A.A.S.H.T.O. 1993 parte I (p.95)

- La serviciabilidad, aplicando la CE.010, se empleó la serviciabilidad final para vías locales y la serviciabilidad inicial para pavimentos flexibles es. La pérdida de serviciabilidad fue la diferencia de ambas.

- Se calcularon los módulos resilientes ( $M_r$ ) de la subrasante para todas las muestras de estudio, según su valor de CBR correspondiente.

- Se determinaron el coeficiente estructural:  $a_1$  para la capa superficial,  $a_2$  para la capa base,  $a_3$  para la capa subbase. Estos valores se obtuvieron de recomendaciones de la norma técnica CE.010.

- Se determinó los coeficientes de drenaje con la tabla 15, de regular de calidad de drenaje, un tiempo del pavimento a ser saturado desde 5% al 25%.

**Tabla 15***Coefficiente del drenaje en pavimentación flexible*

<b>CALIDAD DE DRENAJES</b>	% de tiempos en que los pavimentos están expuestos a niveles de humedades próximas a saturaciones			
	Menor a 1 %	1 hasta 5 %	5 hasta 25%	Mayor a 25%
Excelentes	1.40 a 1.35	1.35 a 1.30	1.30 a 1.20	1.20
Buenos	1.35 a 1.25	1.25 a 1.15	1.15 a 1.00	1.00
Regulares	1.25 a 1.15	1.15 a 1.05	1.00 a 0.80	0.80
Pobres	1.15 a 1.05	1.05 a 0.80	0.80 a 0.60	0.60
Muy pobres	1.05 a 0.95	0.95 a 0.75	0.75 a 0.40	0.40

FUENTE: Guía A.A.S.H.T.O. 1993 parte II (p.32)

- Aplicando la ecuación A.A.S.H.T.O., con el fin de diseñar de pavimentos flexibles, se obtuvieron los números estructurales requeridos “SN” para cada diseño realizado.

- Para calcular las dimensiones del pavimento flexible, se aplicó un valor mínimo de 5 centímetros para la capa superficial (valor mínimo recomendado por la CE.010 para vías locales), se tabularon las dimensiones para la capa subbase y base. Luego se comparó el número estructural requerido con el número estructural calculado, ambos “SN” tenían que ser similares o aproximados.

**c. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO (GUÍA A.A.S.H.T.O. 1993).**

Los procedimientos para diseñar el pavimento flexible se realizaron a la muestra de suelo sin estabilizar, a la muestra estabilizada con cal en proporciones de 2%, 5% y 8% igualmente a la muestra estabilizada con cemento en proporciones de 2%, 5% y 8%. En todos los casos se realizó el mismo procedimiento, variando el valor de C.B..R y el módulo (k).

- Se comenzó, se clasificó para el tipo de vía, como una vía local.

- El ESAL calculado se utilizó como primer dato.

- La confiabilidad es la misma es el mismo valor del pavimento flexible.

- La desviación estándar es igual a la utilizada en el pavimento flexible.

- El error combinado estándar utilizado fue el un pavimento rígido.

- Para la serviciabilidad final ( $p_i$ ) se utilizó el recomendado para un pavimento rígido, para la serviciabilidad se aplicó el concepto de vía local. La diferencia de serviciabilidad fue la pérdida de serviciabilidad

- Se estimó que se emplearía una resistencia de concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

- Para el módulo de ruptura se tomó una resistencia del concreto de 280.

- Se escogió la calidad de drenaje como regular en un intervalo de % del tiempo de saturación desde 5% al 25%.

**Tabla 16**

*Coefficiente del drenaje de pavimentación rígida*

<b>CALIDAD DE DRENAJES</b>	% de tiempos en que los pavimentos están expuestos a niveles de humedades próximas a las saturaciones			
	Menor a 1%	1 hasta 5%	5 hasta 25%	Mayor a 25%
Excelentes	1.25 a 1.20	1.20 a 1.15	1.15 a 1.10	1.10
Buenos	1.20 a 1.15	1.15 a 1.10	1.10 a 1.00	1.00
Regulares	1.15 a 1.10	1.10 a 1.00	1.00 a 0.90	0.90
Pobres	1.10 a 1.00	1.00 a 0.90	0.90 a 0.80	0.80
Muy pobres	1.00 a 0.90	0.90 a 0.80	0.80 a 0.70	0.70

FUENTE: Guía A.A.S.H.T.O. 1993 parte II (p.33)

- Se consideró el coeficiente de transferencia de carga considerando la junta sencilla y junta reforzada, berma de asfalto y disp. de transferencia, según la tabla siguiente.

**Tabla 17**

*Valores de coeficientes de transferencias de cargas (J)*

<b>TIPOS DE PAVIMENTOS</b>	<b>Bermas de Asfaltos</b>		<b>Bermas de Ho. vinculadas</b>	
	<b>Disp. de transferencias sí</b>	<b>Disp. de transferencias no</b>	<b>Disp. de transferencias sí</b>	<b>Disp. de transferencias No</b>
Juntas sencillas y juntas reforzadas	3.2	3.8 hasta 4.4	2.5 a 3.1	3.6 a 4.2
Continuamente reforzadas	2.9 hasta 3.2	N/D	2.3 a 2.9	N/D

FUENTE: Guía A.A.S.H.T.O. 1993 parte II (p.34)

- Para el I módulo elástico de concreto ( $E_c$ ) se empleó la resistencia de concreto de 280.
- El módulo de reacción de la subrasante ( $k$ ), se obtuvo a partir de los datos de los CBR correspondientes a cada muestra, se aplicó la correlación C.B.R. y módulo de reacción de la subrasante.
- Se calculó la dimensión de la losa de concreto, fue necesario comparar el valor del “SN” requerido con el “SN” calculado, ambos debían tener valores similares para que la dimensión de la losa sea correcta, por ello se realizó la tabulación de valores intentando conseguir los valores más exactos. Se utilizó un valor de 15 centímetros o 5.9 pulgadas para la subbase granular para los diseños de pavimento rígido.

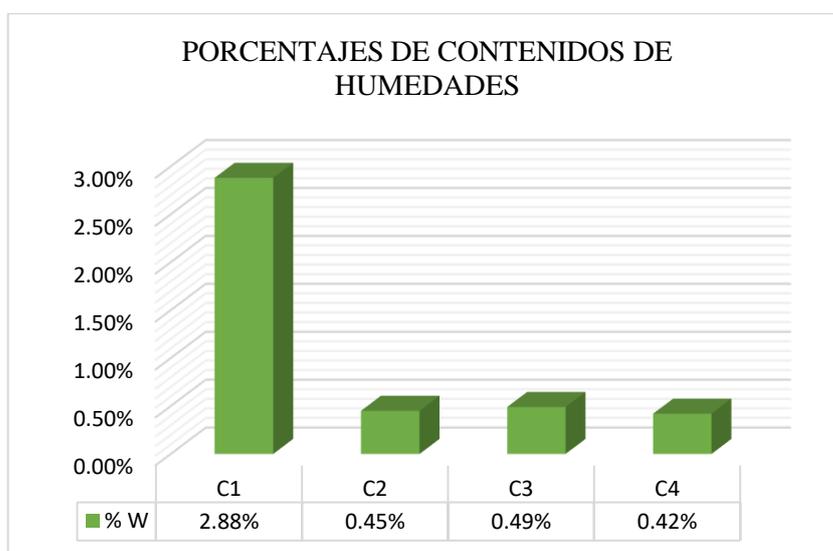
### **3.10 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

Esta investigación es cuantitativa que se encargó de la descripción y comunicación de datos numéricos que representan fenómenos, aplicando herramientas con la finalidad de hacerse un análisis de estadística. La estadística descriptiva se tomó en consideración con el fin de procesar los datos obtenidos en laboratorio y permitió presentarlo en textos, figuras, cuadros o gráficas. La estadística inferencial permitió la constatación de hipótesis, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de correlación de Pearson.

**Tabla 18**

*Ejemplo de un cuadro de estadística descriptiva*

MUESTRA	% DE CONTENIDOS DE HUMEDADES
C1	2.88
C2	0.45
C3	0.49
C4	0.42



**Figura 8:** *Representación de gráficas de estadísticas descriptivas*

### **3.10.1 INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.**

Para el análisis estadístico de los datos se procedió con la tabulación de los instrumentos de forma manual; se empleó el software de Microsoft Excel en su versión 2021, el cual permitió organizar las tablas y crear gráficas para su mayor entendimiento. Para su diagramación se empleó el software Microsoft Word. Se utilizó el software SPSS para la estadística inferencial.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

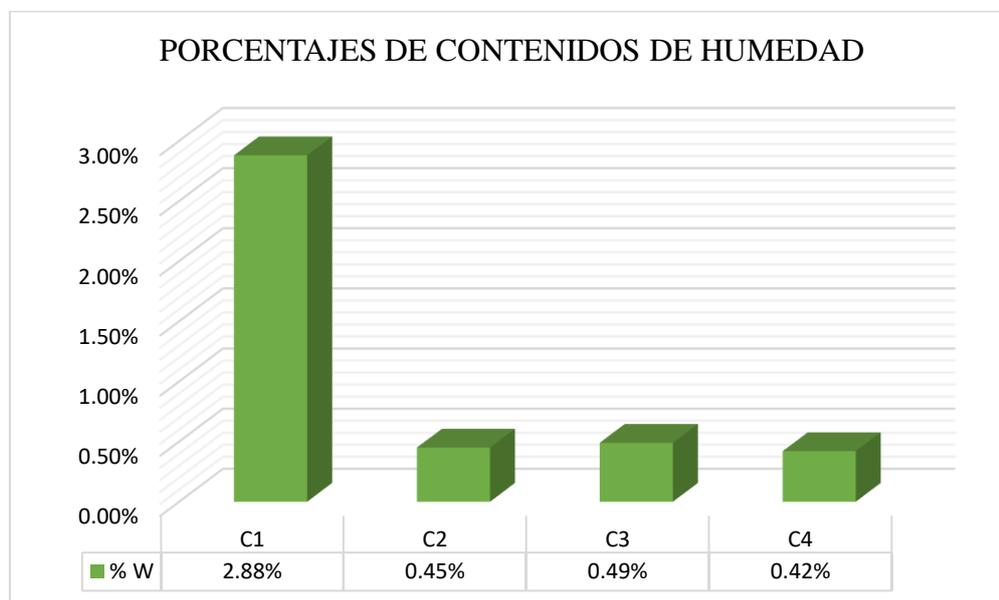
##### 4.1.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PARA DEFINIR PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO NATURAL.

###### a. PORCENTAJES DE CONTENIDOS DE HUMEDAD.

**Tabla 19**

*Porcentajes de contenidos de humedad*

MUESTRAS	PORCENTAJES CONTENIDOS DE HUMEDAD
C1	2.88
C2	0.45
C3	0.49
C4	0.42



**Figura 9:** *Comparación de porcentajes de contenidos de humedad*

**INTERPRETACIÓN:** La C1 tuvo un contenido de humedad igual a 2.88%, C2 igual a 0.45%, C3 - 0.49%, C4 - 0.42%; la primera muestra logró un contenido de humedad mayor en comparación a las otras muestras.

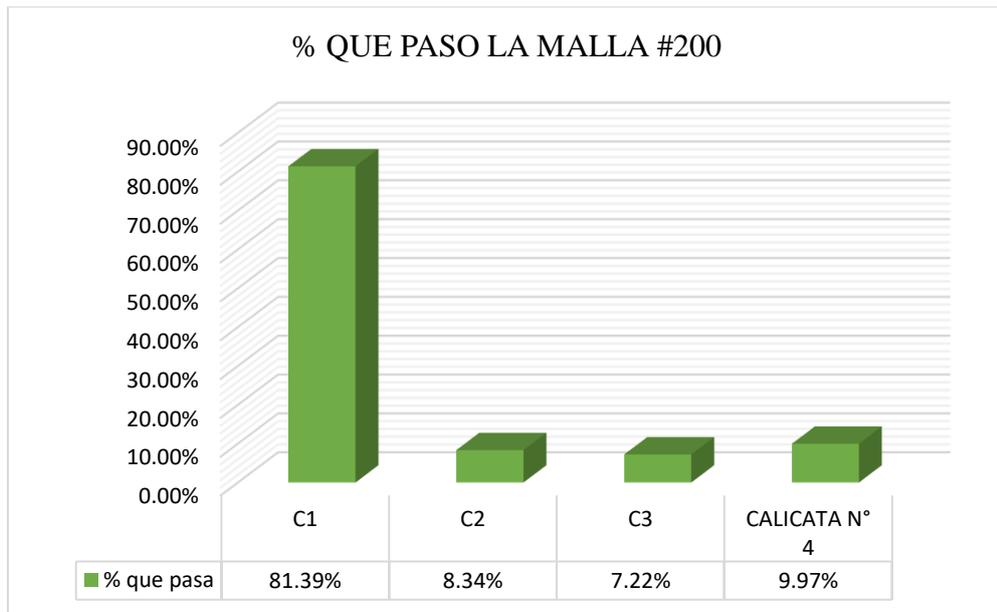
**ANÁLISIS:** Se observó que la muestra N° 1 tuvo un porcentaje del contenido de humedad mayor al de las otras muestras 2, 3 y 4 las cuales tenían porcentajes similares; esta diferencia se debió a que la calicata 1 contiene una mayor cantidad de agua. Es así como se entendió que el suelo estudiado fue uno con poco contenido de humedad.

**b. GRANULOMETRÍA.**

**Tabla 20**

*Porcentajes que pasa por cada calicata para cada tamiz en el suelo natural*

Diámetro de malla	Aberturas (milímetros)	% que pasó			
		C1	C2	C3	C4
N° 10	2.000	100.00	100.00	99.99	99.97
N° 20	0.840	99.99	99.99	99.96	99.88
N° 40	0.420	99.98	99.96	99.82	99.67
N° 60	0.250	98.96	54.72	63.63	66.25
N° 100	0.150	96.40	16.26	18.51	27.25
N° 200	0.074	81.39	8.34	7.22	9.97



**Figura 10:** *Porcentaje que pasó la malla #200 del suelo natural*

**INTERPRETACIÓN:** El cuadro 11 y la gráfica 2 nos indicó que:

- Para la calicata 1 tuvimos un % que pasa la malla #10 de 100%, 99.99% para la malla #20, 99.98% para la malla #40, 98.96% para la malla #60, 96.40% para la malla #100, 81.39% para la malla #200. Siendo este el caso donde se obtuvo un mayor porcentaje que pasó la malla #200, con un valor superior al 50%. También tuvo el mayor valor del % que pasa en la malla N° 60.
- Para la calicata 2 tuvimos un % que pasa de 100% en el tamiz N° 10, 99.99% para la malla #20, 99.96% para la malla #40, 54.72% para la malla #60, 16.26% para la malla #100, 8.34% para la malla #200. Más del 50% suelo quedó retenido en la malla N° 200.
- Para la calicata 3 tuvimos un % que pasa de 99.99% en el tamiz N° 10, 99.96% para la malla #20, 99.82% para la malla #40, 63.63% para la malla #60, 18.51% para la malla #100, 7.22% para la malla #200. Más del 50% suelo quedó retenido en la malla N° 200.

- Para la calicata 4 tuvimos un % que pasa de 99.97% en el tamiz N° 10, 99.88% para la malla #20, 99.67% para la malla #40, 66.25% para la malla #60, 27.25% para la malla #100, 9.97% para la malla #200. Más del 50% suelo quedó retenido en la malla N° 200.

#### **ANÁLISIS:**

Las diferencias entre los porcentajes que pasaron la malla N° 60, se debió a que la textura es diferente entre la calicata 1 y las demás calicatas.

El porcentaje que pasó la malla N° 200 fue mayor al 50% para la calicata 1 ya que se era suelo de grano fino.

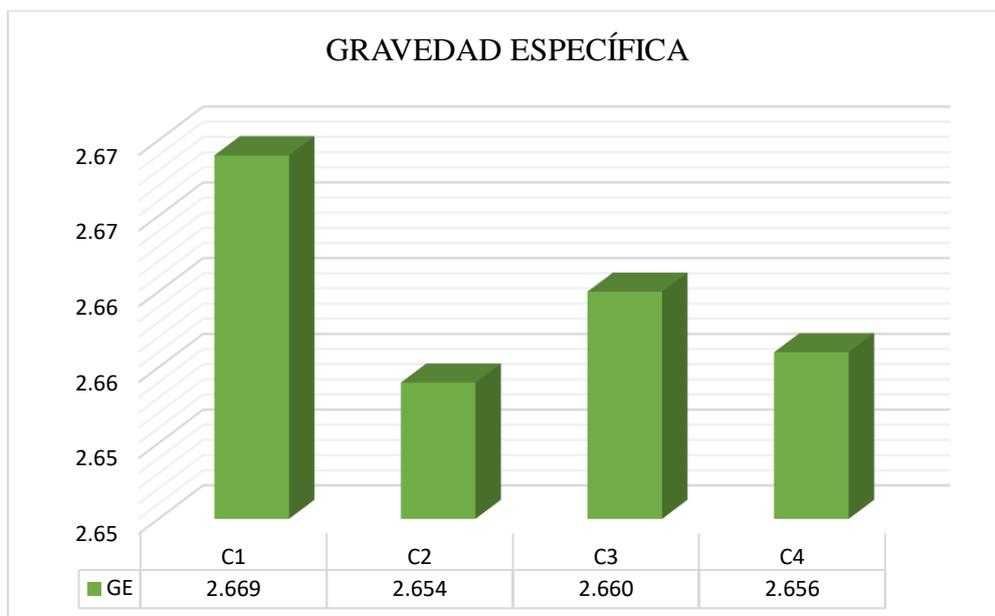
En la calicata 2, 3 y 4 los porcentajes de finos fueron menores a 50% ya que no se trataba de un suelo de grano fino, sino que eran de grano grueso, se observó que el porcentaje que pasó la malla N° 4 era mayor que 50%, ya que era un suelo clasificado como arena.

#### **c. GRAVEDAD ESPECIFICA.**

**Tabla 21**

*Gravedades específicas del suelo natural*

MUESTRAS	GRAVEDAD ESPECIFICA
	PROMEDIO
C1	2.699
C2	2.654
C3	2.660
C4	2.656



**Figura 11:** Comparación de la gravedad específica del suelo natural

**INTERPETACIÓN:** La calicata Ni 1 tuvo un valor de gravedad específica mayor, en cambio la calicata N° 2 tuvo el valor menor.

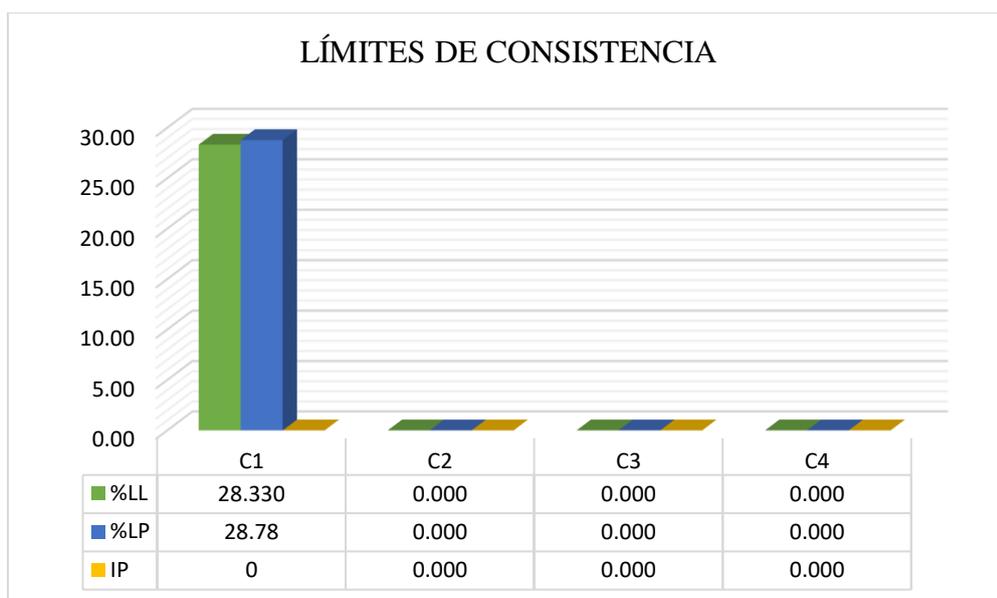
**ANÁLISIS:** Estuvieron en el rango establecido para suelo arenoso para las calicatas 2, 3 y 4; suelo limoso para la calicata 1.

**d. LÍMITES DE CONSISTENCIA.**

**Tabla 22**

*Límites de consistencia del suelo natural*

MUESTRAS	L.L. %	L.P. %	I.P.
C1	28.33	28.78	0.00
C2	No presentó	No presentó	No presentó
C3	No presentó	No presentó	No presentó
C4	No presentó	No presentó	No presentó



**Figura 12:** *Límites de consistencia del suelo de la muestra C1*

**INTERPRETACIÓN:** Se observó que la primera muestra si presentó, su LL es 28.33 y LP es 28.78, tuvo un valor de 0.00 de índice de plasticidad mientras que las muestras 2, 3 y 4 no presentaron LL, LP ni IP.

**ANÁLISIS:**

En la calicata 1 se observó que tuvo un valor de límite líquido menor que 50, esto porque es un suelo poco plástico y con bajo LL. El IP es igual a cero, esto nos debido a que es un suelo no plástico. Al tener un índice de plasticidad que equivale a cero, y debido a que más del 50% pasaba el tamiz N° 200, entonces se determinó que posiblemente sea un suelo clasificado como limo.

La calicata 2,3 y 4 resultaron ser no plásticas, sin LL ni LP, debido a que no se pudieron realizar los ensayos de límite de Atterberg, ya que posiblemente era un suelo arenoso.

El tipo de suelo del Asentamiento Humano La Unión, es un suelo compuesto con material de baja o sin plasticidad.

e. **CLASIFICACIÓN DE SUELOS.**

**Tabla 23**

*La clasificación del suelo natural*

MUESTRAS	S.U.C.S.		A.A.S.H.T.O.	
	GRUPO	DESCRIPCIÓN	GRUPO	DESCRIPCIÓN
C1	ML	Limos con arenas	A-4(0)	Suelo Limoso
C2	SP-SM	Arenas Mal Graduadas con limos	A-3(0)	Arena Fina
C3	SP-SM	Arenas Mal Graduadas con limos	A-3(0)	Arena Fina
C4	SP-SM	Arenas Mal Graduadas con limos	A-3(0)	Arena Fina

**INTERPRETACIÓN:** La calicata 01 obtuvo una clasificación S.U.C.S. de Limo con arena, y una clasificación A.A.S.H.T.O. de Suelo limoso. Las calicatas 2, 3 y 4, obtuvieron una clasificación S.U.C.S. de arenas mal graduadas con limos, y una clasificación A.A.S.H.T.O. de arena fina.

**ANÁLISIS:** La calicata 1 tuvo una clasificación distinta a las otras 3 calicatas, ya que su granulometría fue muy diferente a las otras, donde se observó que tenía una gran cantidad de finos a diferencia de las otras calicatas; asimismo presentó límite líquido y límite plástico, mientras que las otras calicatas no presentaron ningún límite de consistencia debido a que este último contenía arena.

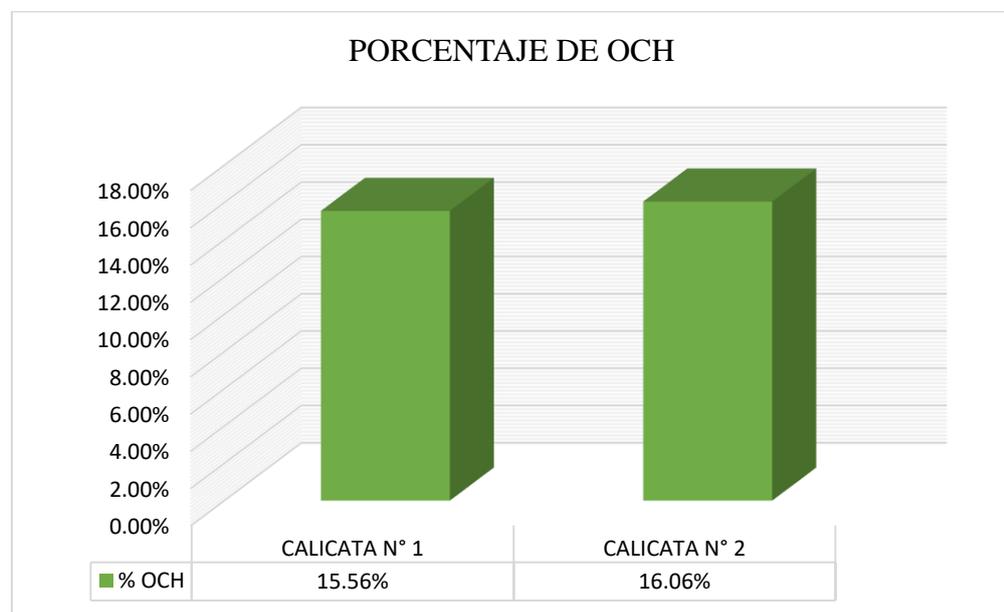
El tipo de suelo del Asentamiento Humano La Unión, es un suelo compuesto en su mayoría por arenas y limos.

f. **ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD Y MÁXIMA DENSIDAD SECA.**

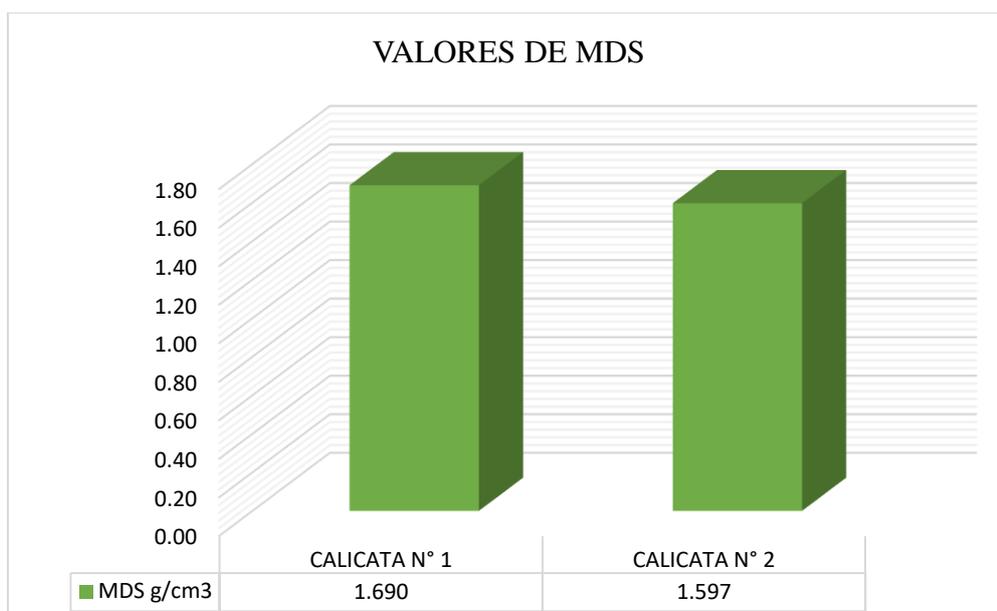
**Tabla 24**

*O.C.H. y M.D.S del suelo natural*

MUESTRA	PROCTOR MODIFICADO	
	O.C.H.	M.D.S.
C1	15.56	1.690
C2	16.06	1.597



**Figura 13:** *Comparación de óptimos contenidos de humedad del suelo natural*



**Figura 14:** Comparación de máximas densidades secas del suelo natural

**INTERPRETACIÓN:** La calicata N° 1 alcanzó su MDS de 1.690 con un OCH de 15.56%. La calicata N° 2 alcanzó su MDS de 1.597 con un porcentaje de OCH de 16.06%.

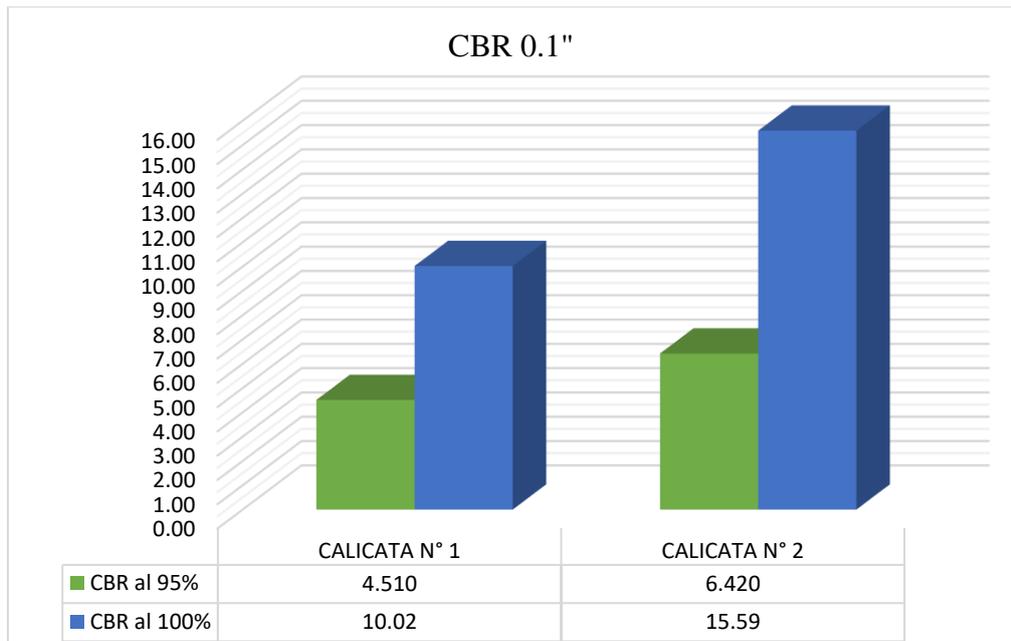
**ANÁLISIS:** El OCH de la calicata N° 2 fue mayor ya que se necesitó mayor contenido de agua para alcanzar su máxima densidad seca, porque era un suelo clasificado como SP-SM, tipo de suelo que necesita más agua para ser compactado.

**g. ENSAYO C.B.R.**

**Tabla 25**

*Valores del C.B.R. del suelo natural*

MUESTRAS	C.B.R. 0.1"	
	95% DE LA MDS	100% DE LA MDS
C1	4.51	10.02
C2	6.42	15.32



**Figura 15:** *Valores de C.B.R. para el suelo natural al 0.1"*

**INTERPRETACIÓN:** La calicata 1 tuvo un CBR al 95% de 4.510 y un CBR al 100% e 10.02. La calicata 2 tuvo CBR al 95% de 6.42 y un CBR al 100% de 15.59. La calicata 2 tuvo un valor de CBR mayor al de la calicata 1.

**ANÁLISIS:** La calicata 2 obtuvo un valor de CBR mayor al de la calicata 1 ya que esta última tuvo mayor cantidad de finos y es más plástico, parámetros que disminuyen el valor del CBR.

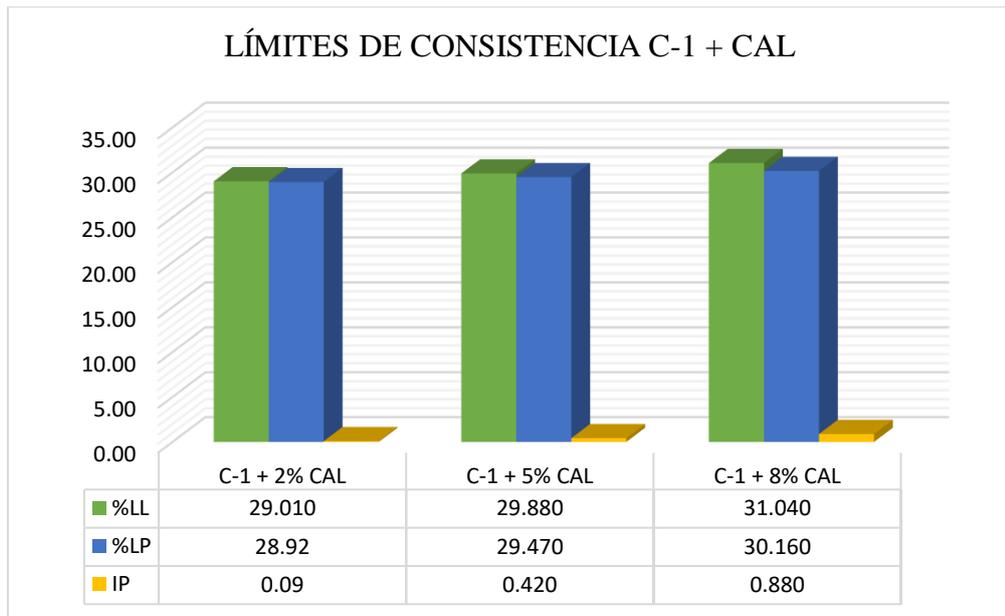
**4.1.2 RESULTADOS DE ENSAYOS PARA DEFINIR LAS PROPIEDADES  
GEOTÉCNICAS DEL SUELO CON CAL DE CONSTRUCCIÓN EN  
PROPORCIONES 2%, 5% Y 8%.**

**a. LÍMITES DE CONSISTENCIA.**

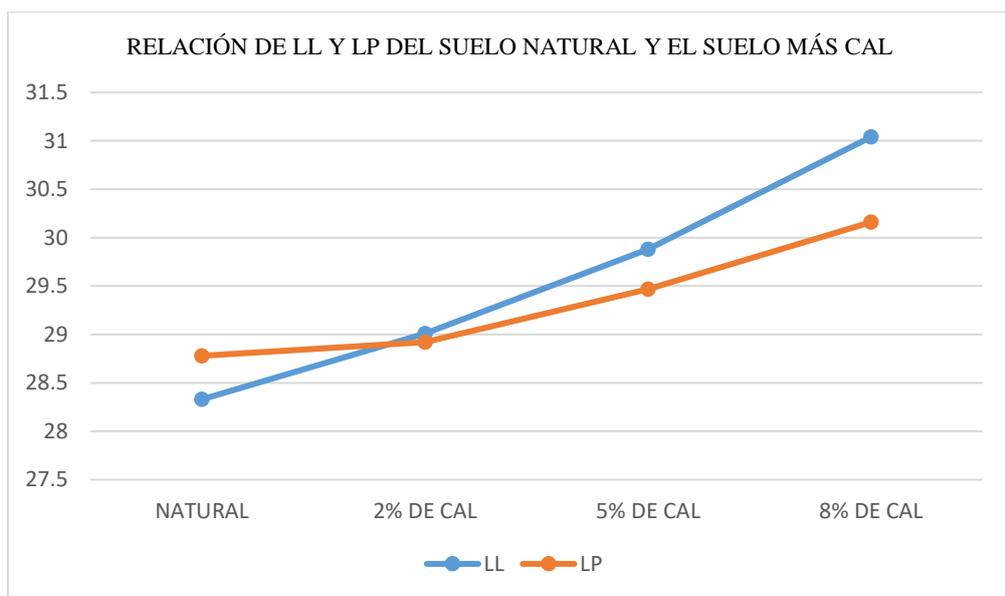
**Tabla 26**

*Límites de consistencia del suelo con cal*

CALICATAS	L.L. %	L.P. %	I.P.
C1+2% de Cal	29.01	28.92	0.09
C1+5% de Cal	29.88	29.47	0.42
C1+8% de Cal	31.04	30.16	0.88
C2+2% de Cal	N.P	N.P	N.P
C2+5% de Cal	N.P	N.P	N.P
C2+8% de Cal	N.P	N.P	N.P
C3+2% de Cal	N.P	N.P	N.P
C3+5% de Cal	N.P	N.P	N.P
C3+8% de Cal	N.P	N.P	N.P
C4+2% de Cal	N.P	N.P	N.P
C4+5% de Cal	N.P	N.P	N.P
C4+8% de Cal	N.P	N.P	N.P



**Figura 16:** Límites de consistencia de la muestra C1 más cal



**Figura 17:** Relación del LL y el LP entre el suelo natural y la muestra de suelo C1 más cal

**INTERPRETACIÓN:** Se observó en la calicata N°01, esta presentó en sus todas sus proporciones de cal, el LL, LP e IP, mientras que en las calicatas N°02, N°03 y N°04 no presentó LL, LP ni IP en ninguna de sus proporciones de cal. El aditivo cal ofreció resultados mayores tanto en LL como en LP en

comparación con el suelo natural, se observó que, a mayor proporción de cal añadida, mayores eran los valores del LL y LP.

#### **ANÁLISIS:**

En la C1 con la adición de cal, se vio que cuando se aumenta la cantidad de aditivo existió un aumento del LL, LP e IP, ya que las cales elevan el LL de tal manera que el IP sube ligeramente en suelo con IP menores a 15.

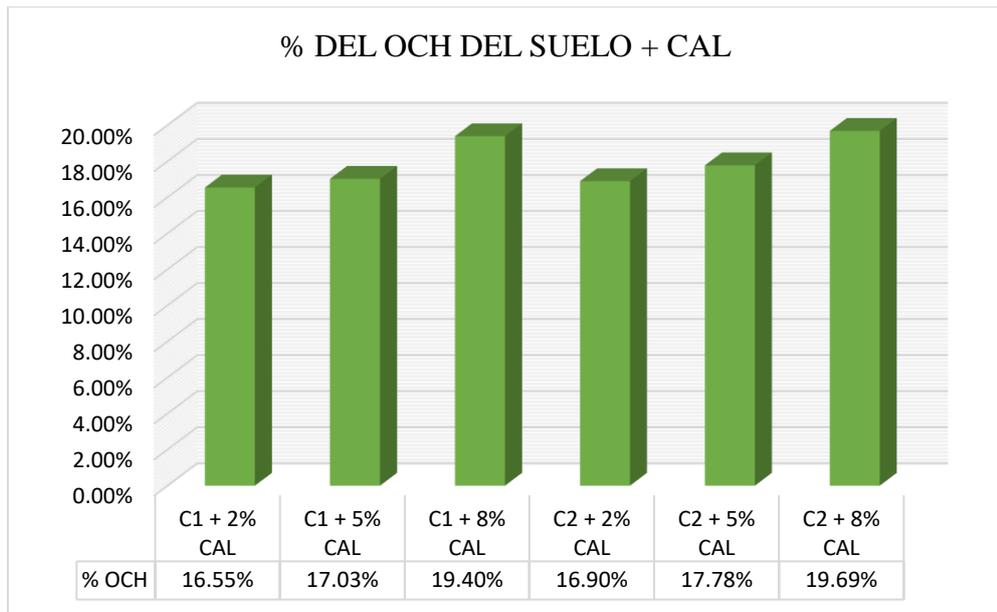
En las calicatas C-2, C-3 y C-4 con adición de cal, no presentaron plasticidad, debido a que el tipo de suelo es arena, con IP menor a 10, mayormente este tipo de suelo no reacciona fácilmente con la cal.

#### **b. PROCTOR MODIFICADO.**

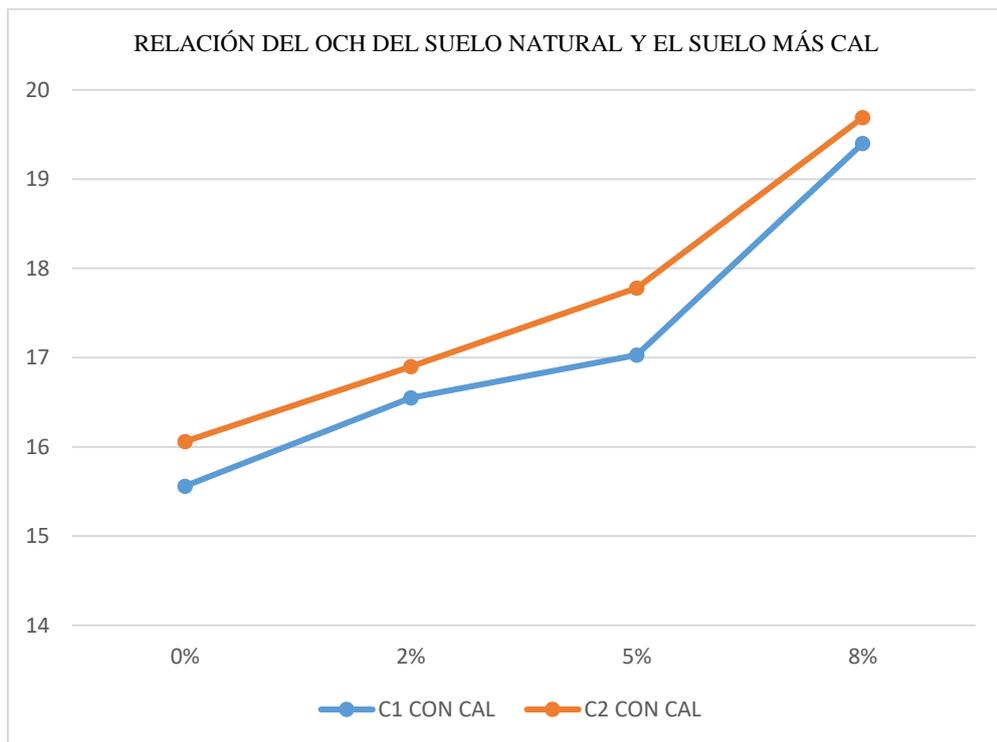
**Tabla 27**

*OCH y MDS para los suelos con adición de cal*

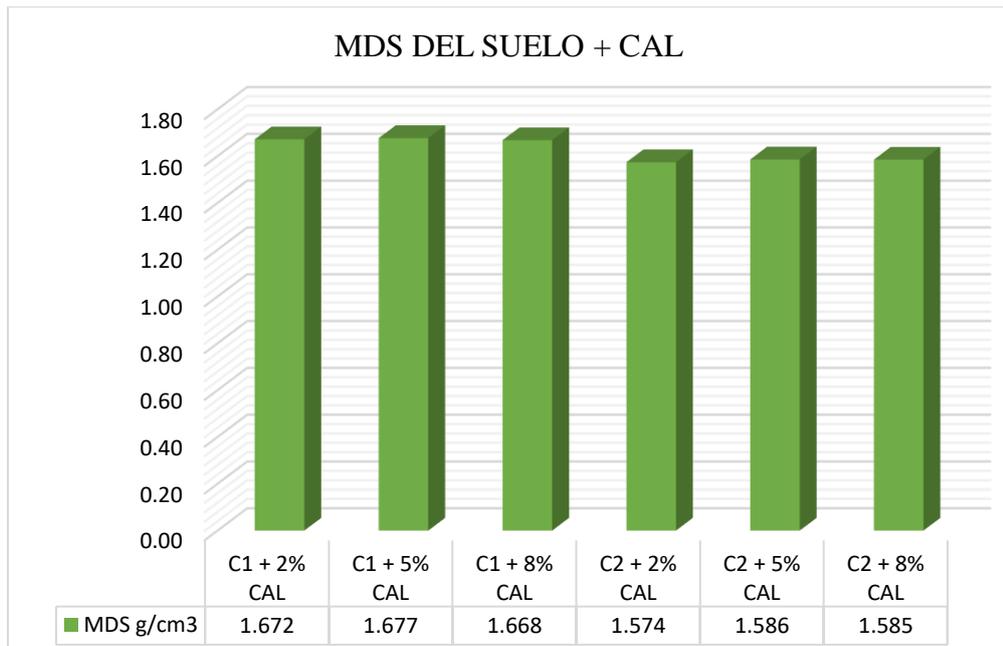
MUESTRAS	O.C.H.	M.D.S.
C1+2% de Cal	16.55	1.6716
C1+5% de Cal	17.03	1.6769
C1+8% de Cal	19.40	1.6681
C2+2% de Cal	16.90	1.5739
C2+5% de Cal	17.78	1.5857
C2+8% de Cal	19.69	1.5849



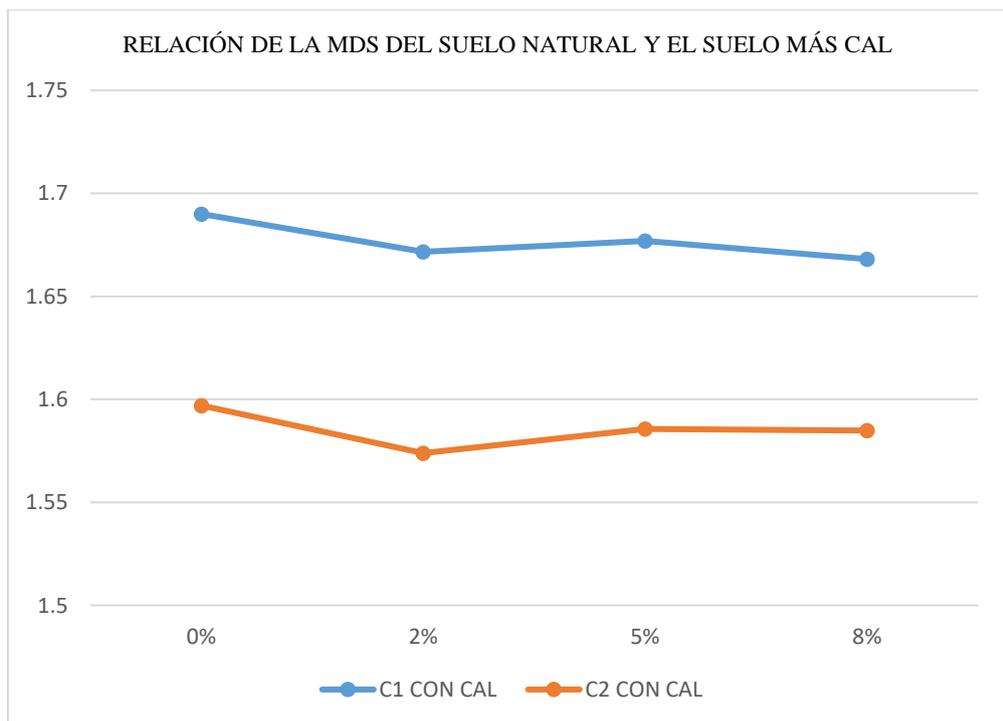
**Figura 18:** Comparación del OCH de la muestra C1 y C2 más cal



**Figura 19:** Relación del OCH entre el suelo natural y suelo más cal en proporciones 2%, 5% y 8%



**Figura 20:** Comparación del MDS del suelo más cal



**Figura 21:** Relación de la MDS entre el suelo natural y suelo más cal en proporciones 2%, 5% y 8%

**INTERPRETACIÓN:** Mientras mayor fue el contenido de cal que se adicionó entonces los porcentajes de OCH fueron subiendo. La MDS obtuvo valores que

no tuvieron una relación con el aumento en la proporción del aditivo. No existió una relación de aumento o disminución entre el OCH y la MDS.

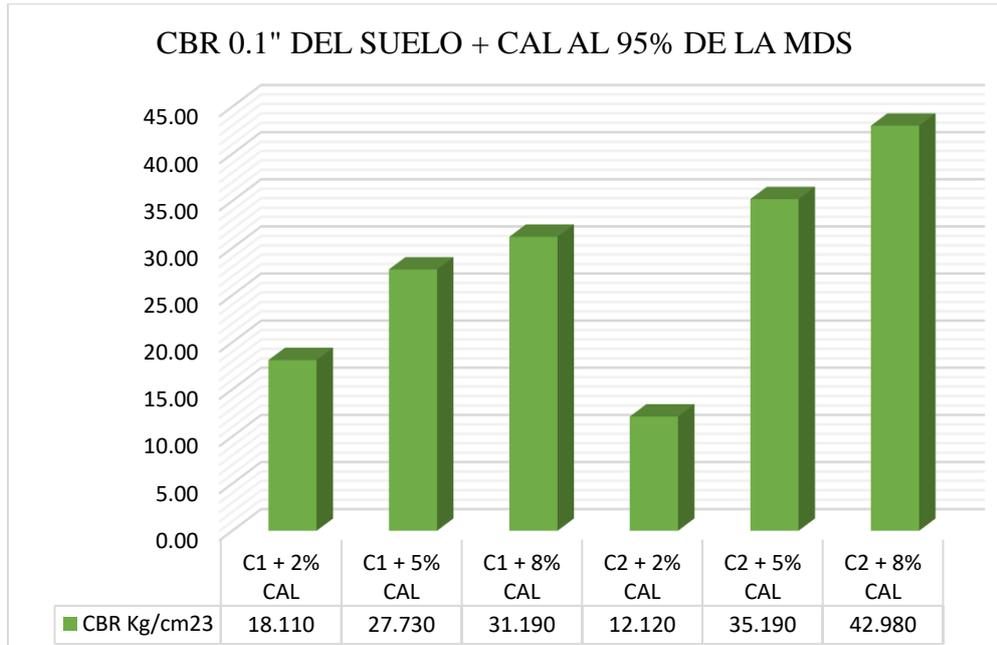
**ANÁLISIS:** La cal fue un aditivo que aumentó los porcentajes del OCH, ya que este tiene tendencia a secar los suelos, haciendo por consiguiente que se necesite una mayor cantidad de agua para alcanzar su compactación. Mientras su MDS disminuyó y luego aumentó, no tuvo relación con el aumento de proporción de cal.

**c. ENSAYO C.B.R.**

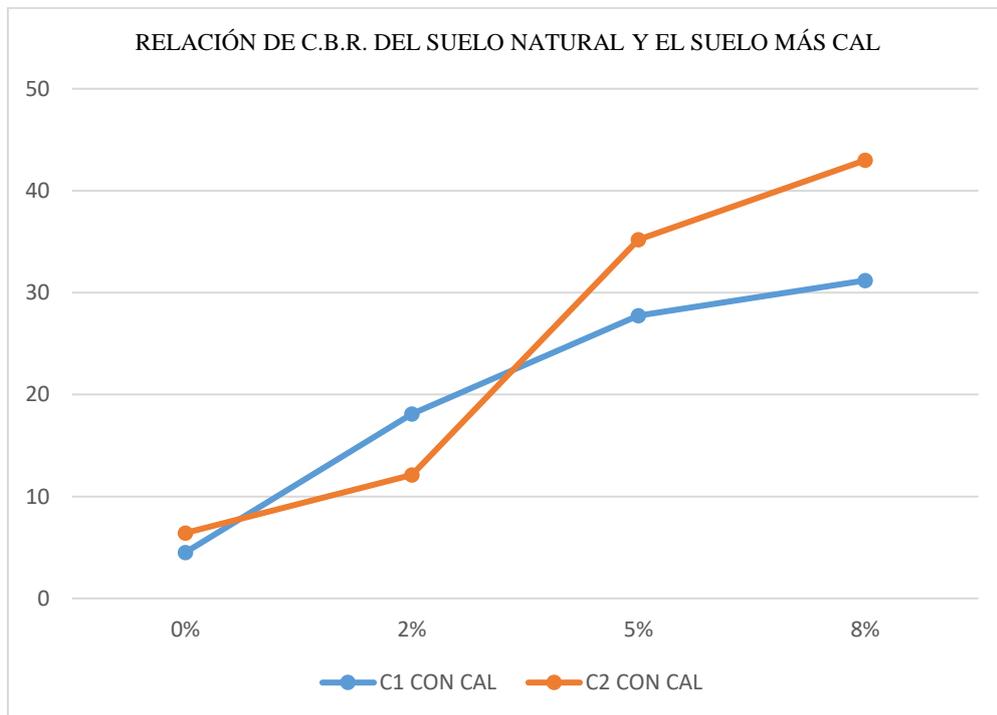
**Tabla 28**

*C.B.R. respecto al suelo con adición de cal y sus proporciones*

MUESTRA	C.B.R. 0.1"	
	AL 95%	AL 100%
C1+2% de Cal	18.11	27.98
C1+5% de Cal	27.73	58.81
C1+8% de Cal	31.19	60.92
C2+2% de Cal	12.12	14.46
C2+5% de Cal	35.19	39.74
C2+8% de Cal	42.98	63.96



**Figura 22:** Comparación del CBR 0.1" con adición de cal



**Figura 23:** Relación del C.B.R. entre el suelo natural y suelo más cal en proporciones 2%, 5% y 8%

**INTERPRETACIÓN:** El número de C.B.R. más cal obtuvo su mayor resultado al adicionar el 8% de cal, se obtuvo cantidades de 31.19 y 42.98 al 95% de su MDS.

**ANÁLISIS:** Cuanto mayor fue la cantidad de aditivo mayor fue el valor de CBR que se obtuvo, esto sucedió ya que la cal sirve para mejorar el C.B.R. de un suelo. A mayor cantidad de cal que adicionó se produjo reacciones más rápidas de floculación e intercambio iónico.

#### **4.1.3 RESULTADOS DE ENSAYOS PARA DEFINIR LAS PROPIEDADES**

##### **GEOTÉCNICAS DEL SUELO CON CEMENTO TIPO I EN PROPORCIONES**

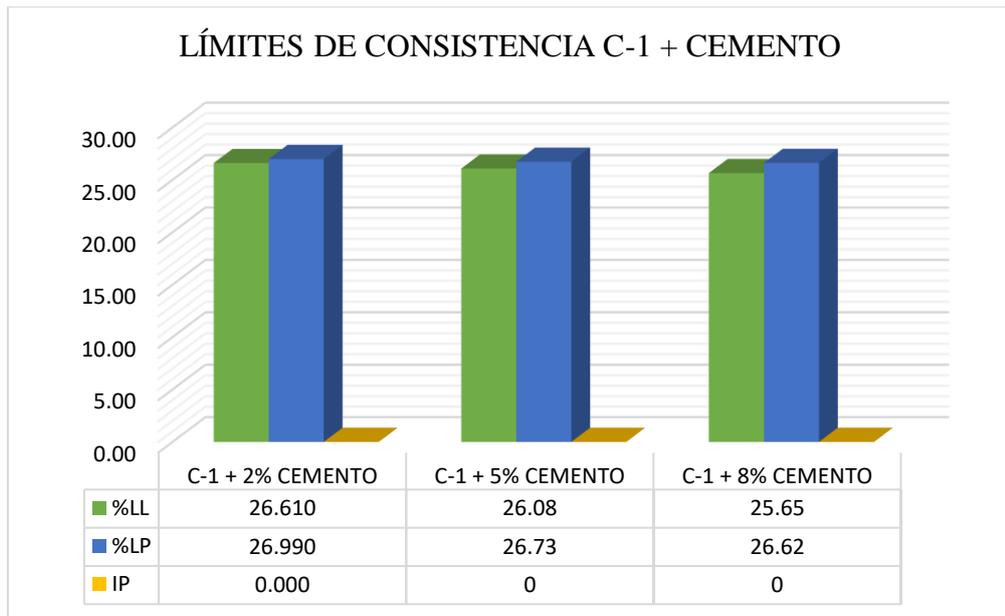
**2%, 5% Y 8%.**

##### **a. LÍMITES DE CONSISTENCIA.**

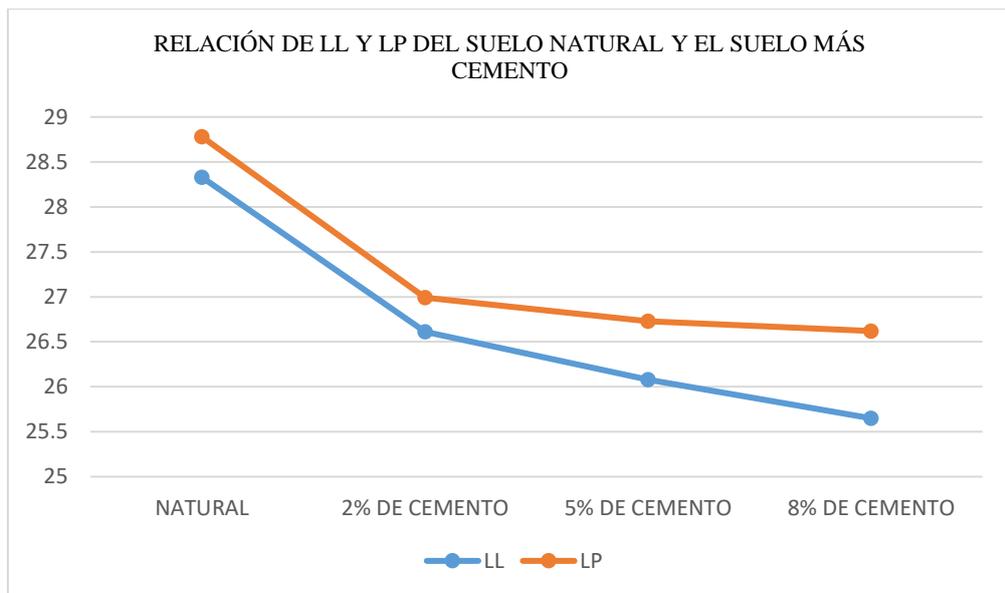
**Tabla 29**

*Límites de Atterberg de las calicatas con adición de cemento*

CALICATAS	L.L. %	L.P. %	I.P.
C1+2% de Cemento	26.61	26.99	0.00
C1+5% de Cemento	26.08	26.73	0.00
C1+8% de Cemento	25.65	26.62	0.00
C2+2% de Cemento	N.P	N.P	N.P
C2+5% de Cemento	N.P	N.P	N.P
C2+8% de Cemento	N.P	N.P	N.P
C3+2% de Cemento	N.P	N.P	N.P
C3+5% de Cemento	N.P	N.P	N.P
C3+8% de Cemento	N.P	N.P	N.P
C4+2% de Cemento	N.P	N.P	N.P
C4+5% de Cemento	N.P	N.P	N.P
C4+8% de Cemento	N.P	N.P	N.P



**Figura 24:** Límites de consistencia de la muestra C1 más cemento



**Figura 25:** Relación del LL y el LP entre el suelo natural y la muestra de suelo C1 más cemento

**INTERPRETACIÓN:** Se observó en la calicata N°01, esta presentó en sus combinaciones de suelo más cemento el LL, LP e IP, mientras que en las calicatas N°02, N°03 y N°04 no presentó LL, LP ni IP en ninguna de sus proporciones de cemento. El cemento resultó en valores inferiores al suelo natural tanto en LL como en LP.

### **ANÁLISIS:**

En la C1 con adición de cemento, el LL e IP variaron disminuyendo ligeramente cuando aumentabamos la proporción de cemento a adicionarse, el IP es cero debido a que el LP es superior al LL.

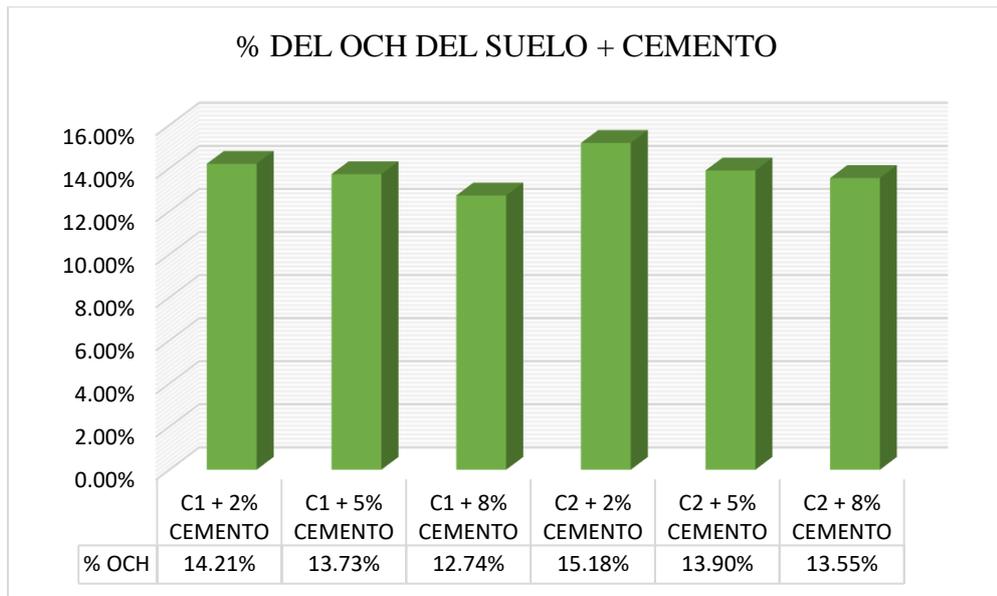
En las calicatas C-2, C-3 y C-4 con adición de cemento, no presentaron plasticidad, ya que el cemento no alteró notoriamente sus propiedades plásticas de la arena.

### **b. PROCTOR MODIFICADO.**

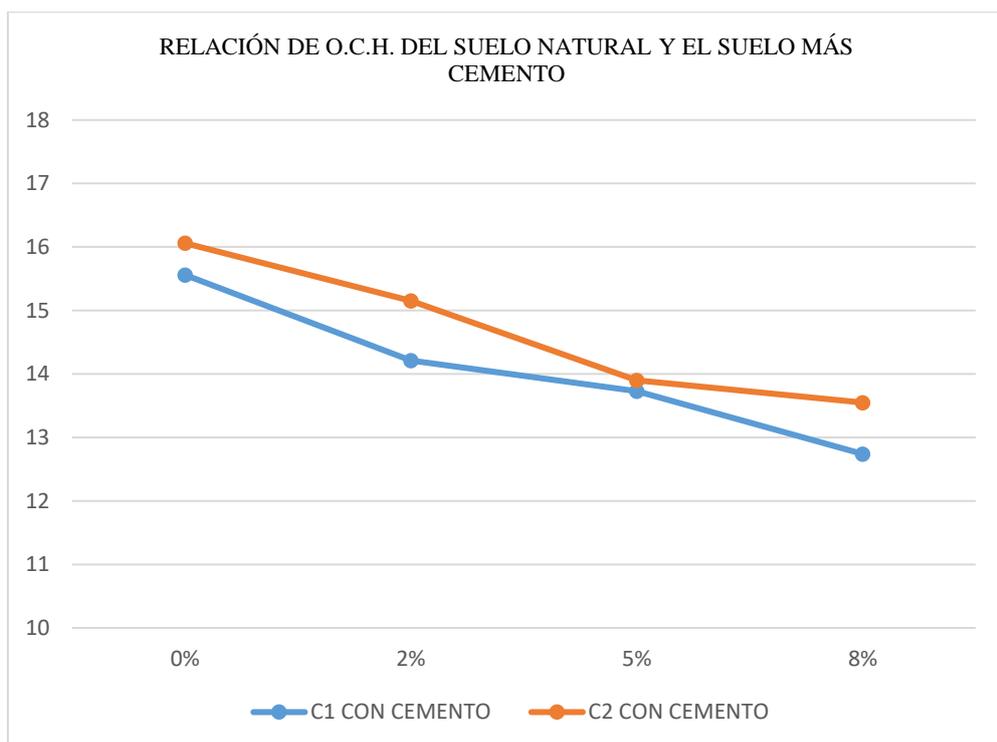
**Tabla 30**

*OCH y MDS para los suelos con adición de cemento y sus proporciones*

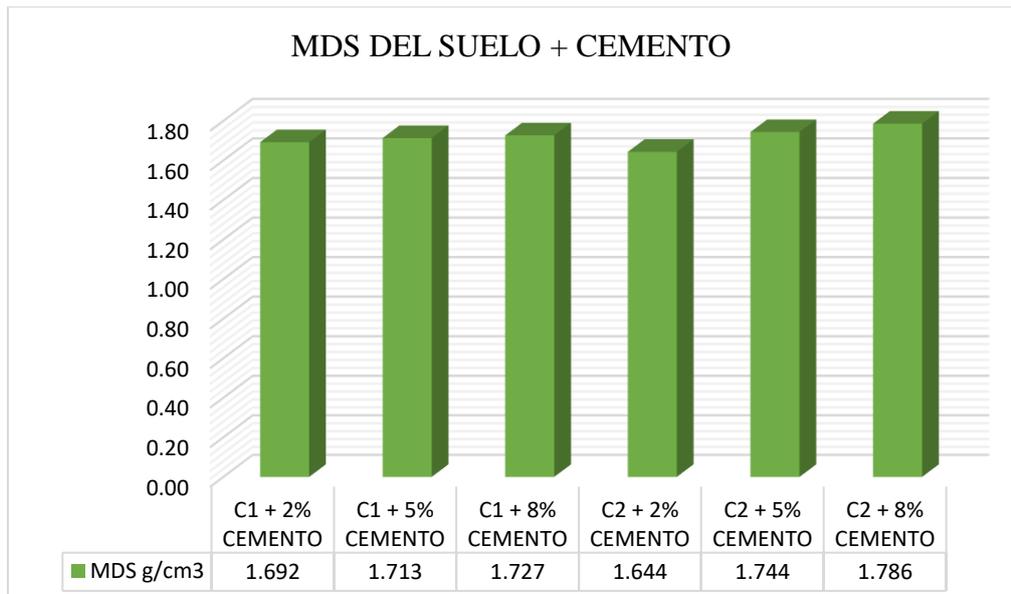
MUESTRAS	O.C.H.	M.D.S.
C1+2% de Cemento	14.21	1.6921
C1+5% de Cemento	13.73	1.7134
C1+8% de Cemento	12.74	1.7267
C2+2% de Cemento	15.18	1.6435
C2+5% de Cemento	13.90	1.7435
C2+8% de Cemento	13.55	1.7858



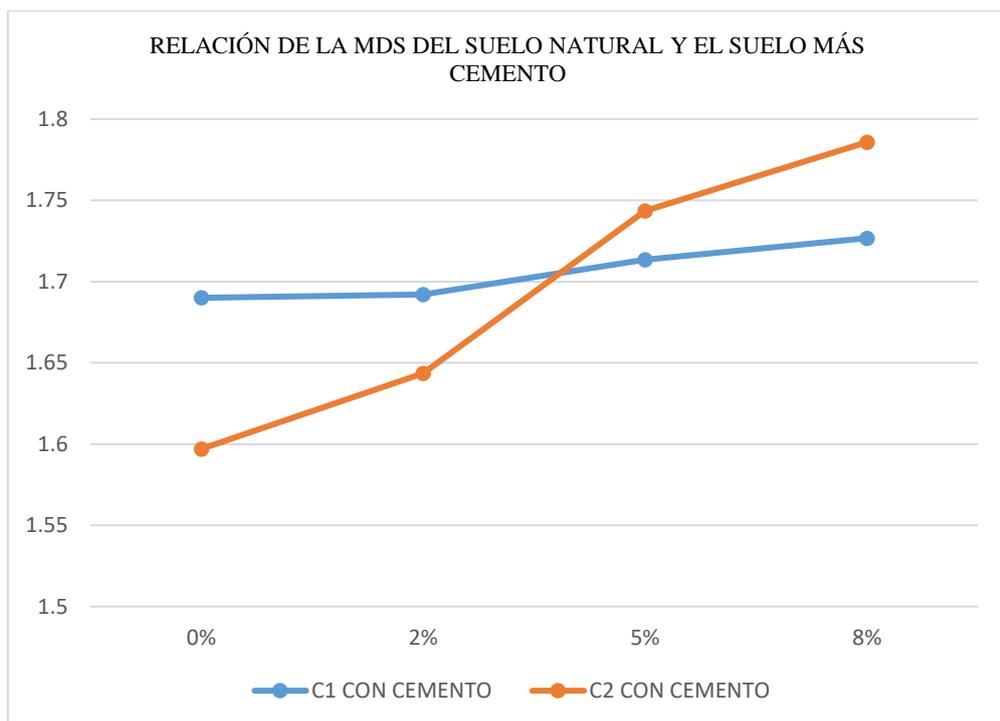
**Figura 26:** Comparación del OCH de la muestra C1 y C2 más cemento



**Figura 27:** Relación del OCH entre el suelo natural y suelo más cemento en proporciones 2%, 5% y 8%



**Figura 28:** Comparación del MDS del suelo más cemento



**Figura 29:** Relación de la MDS entre el suelo natural y suelo más cemento en proporciones 2%, 5% y 8%

**INTERPRETACIÓN:** Mientras mayor fue el contenido de cemento que se adicionó entonces los porcentajes de OCH fueron disminuyendo. Cuando mayor

fue la cantidad de cemento adicionado entonces mayor fue el valor de la MDS.

Cuando el OCH disminuía entonces la MDS aumentaba.

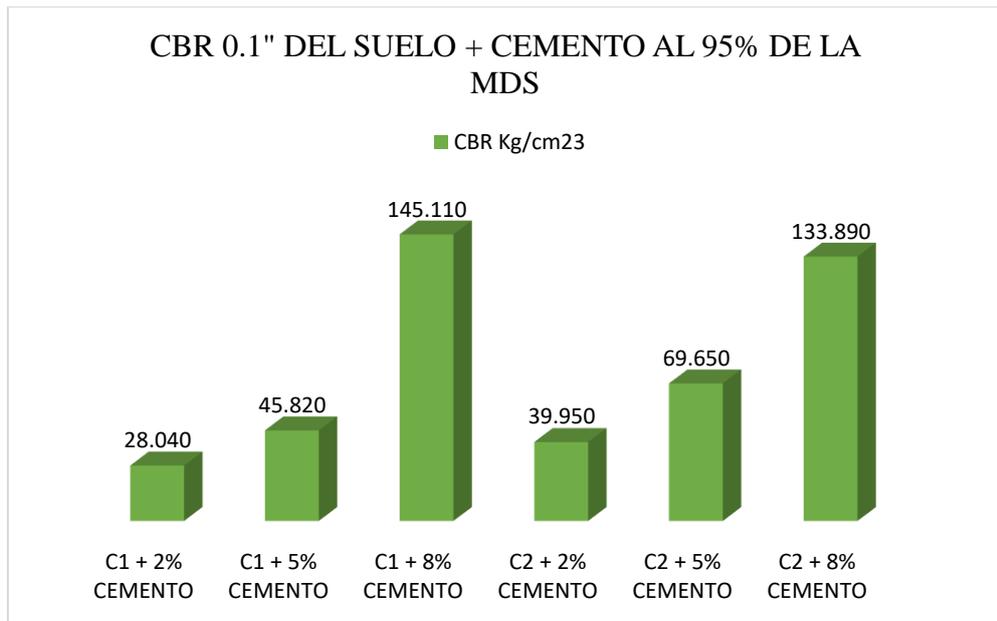
**ANÁLISIS:** El cemento fue el aditivo que disminuyó los porcentajes del OCH y aumento la MDS, ya que se necesitó menos agua cuando se aumentaba la cantidad del aditivo.

**c. ENSAYO C.B.R.**

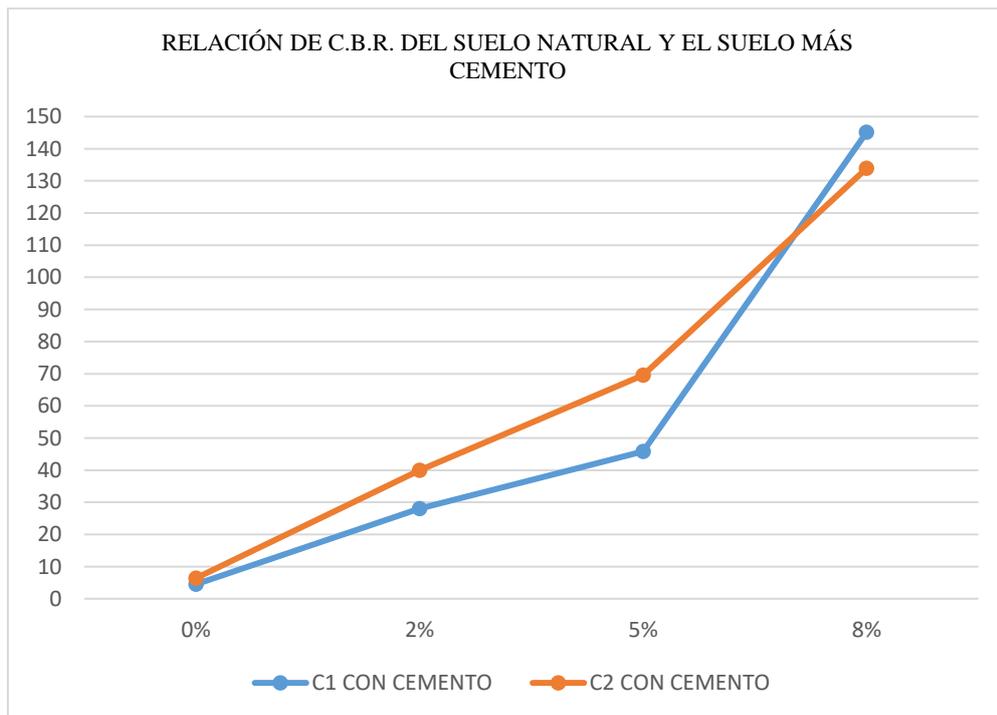
**Tabla 31**

*C.B.R. respecto al suelo y sus proporciones*

MUESTRA	C.B.R. 0.1"	
	AL 95%	AL 100%
C1+2% de Cemento	28.04	49.97
C1+5% de Cemento	45.82	83.93
C1+8% de Cemento	145.11	155.91
C2+2% de Cemento	39.95	62.98
C2+5% de Cemento	69.56	96.99
C2+8% de Cemento	133.89	174.98



**Figura 30:** Comparación del CBR 0.1" con adición de cemento



**Figura 31:** Relación del C.B.R. entre el suelo natural y suelo con cemento en proporciones 2%, 5% y 8%

**INTERPRETACIÓN:** Al adicionar el 8% de cemento se obtuvo los mayores valores de C.B.R., 145.11 y 133.89.

**ANÁLISIS:** Cuanto mayor fue la cantidad de aditivo mayor fue el valor de CBR que se obtuvo, esto sucedió ya que el cemento es un aditivo que sirve para mejorar el C.B.R. de un suelo. El tipo de suelo y la cantidad de cemento añadido favorecieron a que se obtuvieran resultados muy altos para el CBR.

**4.1.4 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO SEGÚN LOS PARÁMETROS DE LA GUÍA A.A.S.H.T.O. 1993.**

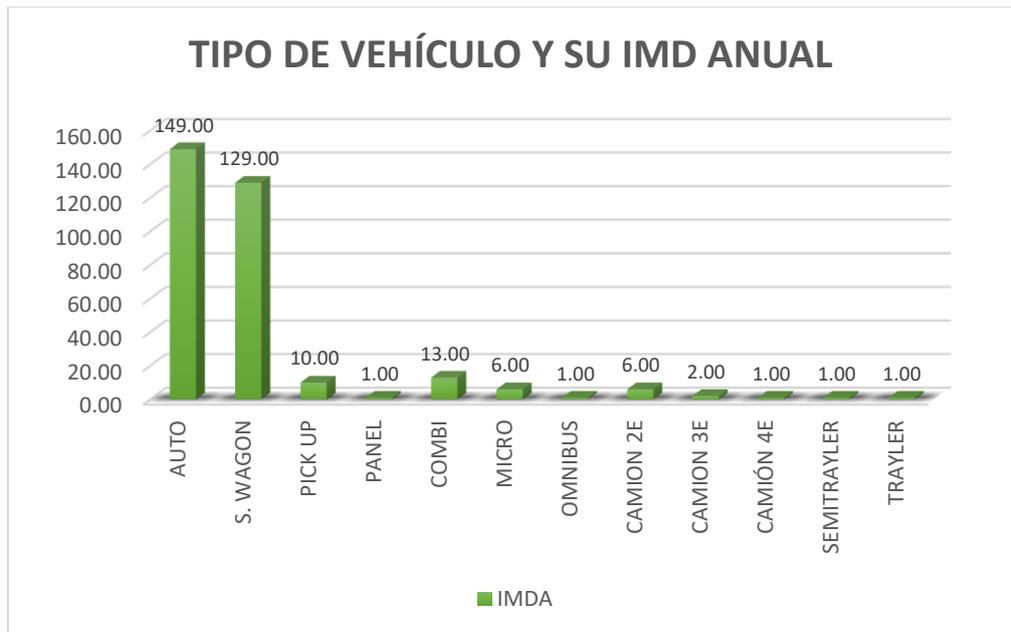
**a. TRÁFICO.**

**- IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR.**

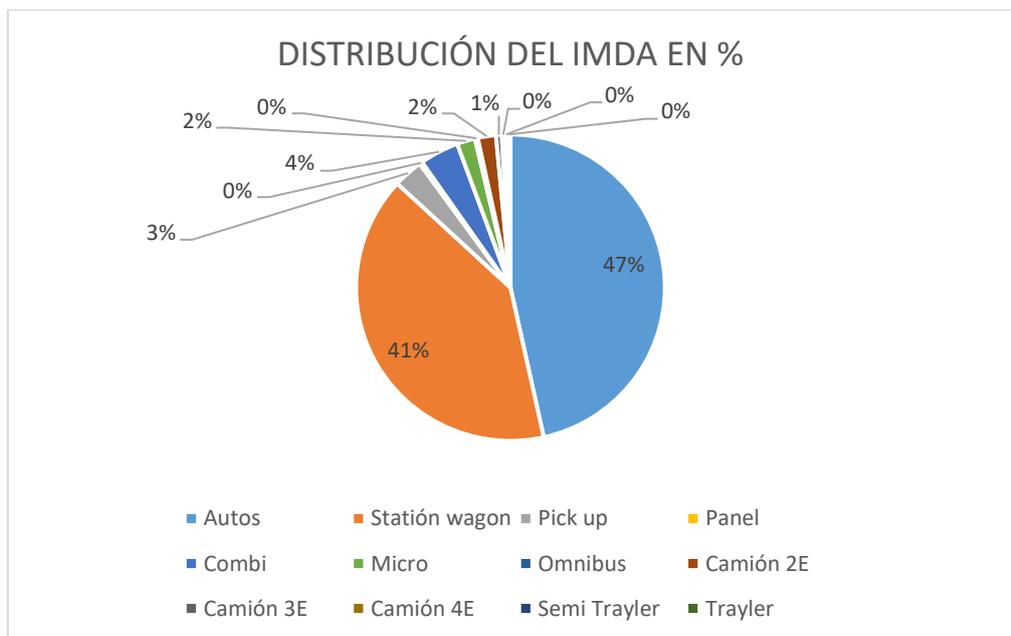
**Tabla 32**

*IMDA según el tipo de vehículo*

Tipo de vehículos	IMD	Distribución %
Auto	149	46.5
Station wagon	129	40.3
Pick up	10	3.1
Panel	1	0.3
Combi rural	13	4.1
Micro	6	1.9
Omnibus	1	0.3
Camión 2E	6	1.9
Camión 3E	2	0.6
Camión 4E	1	0.3
Semi trayler	1	0.3
Trayler	1	0.3



**Figura 32:** Comparación del IMDA



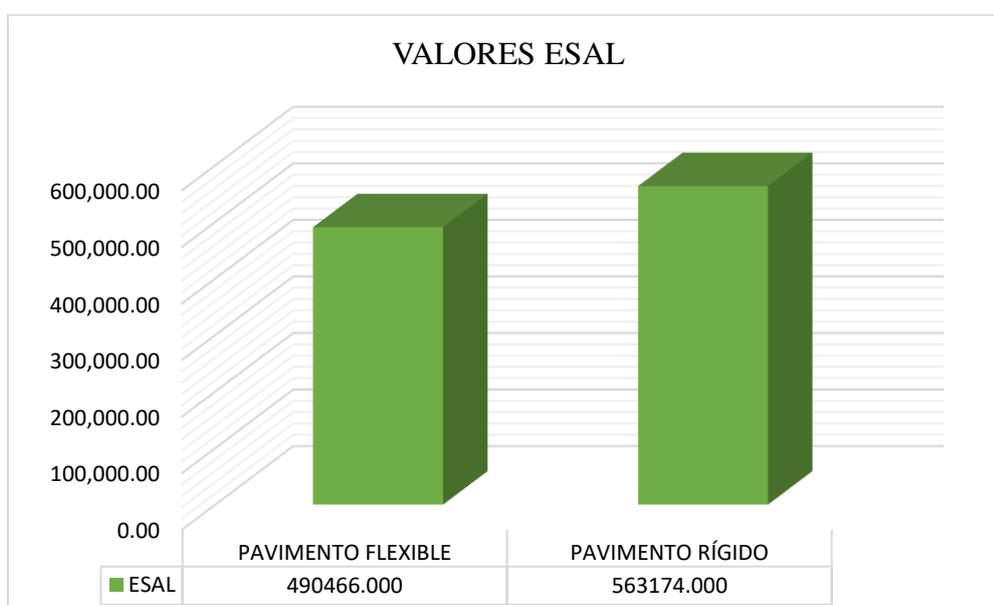
**Figura 33:** Distribución del IMDA en % según el tipo de vehículo

**- EJES EQUIVALENTES ESAL.**

**Tabla 33**

*Valores calculados del ESAL*

PAVIMENTO	ESAL
FLEXIBLE	490,466
RÍGIDO	563,174



**Figura 34:** Comparación de valores de ESAL según el tipo de pavimento

**INTERPRETACIÓN:** El mayor valor del IMDA se obtuvo para los autos, con 149. Asimismo, las cantidades inferiores se obtuvieron con el conteo de camioneta panel, ómnibus, camión 4E, semi trayler y trayler con un valor de IMDA igual a 1. El ESAL calculado fue mayor para el pavimento rígido, un valor de 5631,174 EE.

**ANÁLISIS:** Los autos obtuvieron un porcentaje de 46.5% del IMDA total, ya que fue el tipo de vehículo más transitado de la zona en estudio, mientras que los vehículos menos transitados fueron las camionetas panel, ómnibus, camión 4E, semi trayler y trayler con un porcentaje de 0.3% cada uno. El pavimento

rígido tuvo un ESAL mayor al ESAL del pavimento flexible debido a que la relación de carga para calcular ejes equivalentes es mayor en la pavimentación rígida.

**b. PAVIMENTOS FLEXIBLES.**

**- PARÁMETROS.**

**Tabla 34**

*Parámetros de diseño*

Parámetro	
Periodo del diseño	20 años
ESAL	490,466
R (Confiabilidad)	80.00
Zr (Desviación normal estándar)	-0.841
So (Desviación estándar total)	0.45
Po (Serviciabilidad inicial)	4.20
Pt (Serviciabilidad final)	2.00
$\Delta PSI$ (Pérdida de serviciabilidad)	2.20
a1 (Coeficiente de capa de la carpeta asfáltica)	0.44
a2 (Coef. de capa de la base)	0.14
m2 (Coef. de drenaje – base)	0.90
a3 (Coef. de capa de la subbase)	0.11
m3 (Coef. de drenaje – subbase)	0.90

**- MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE.**

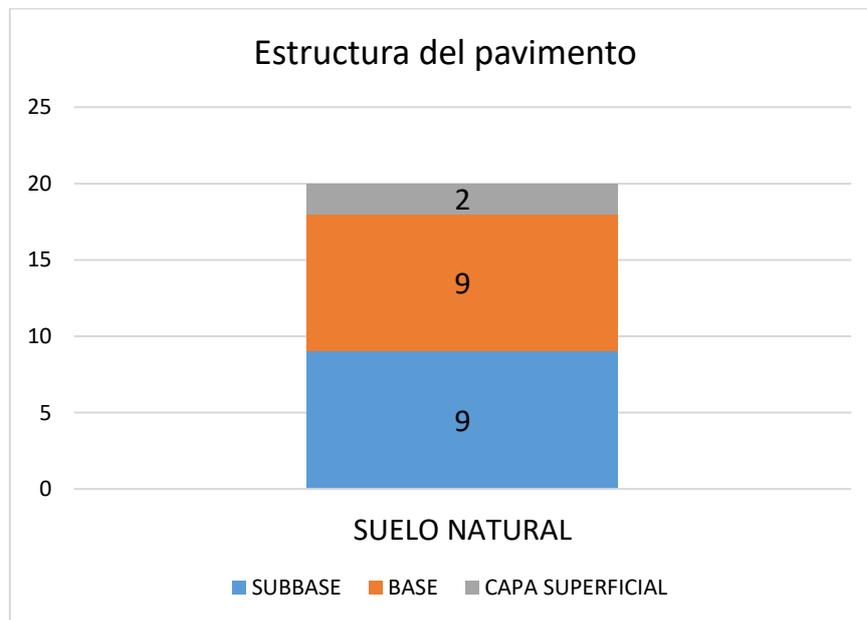
**Tabla 35**

*Valores calculados del módulo resiliente (Mr.) de la subrasante*

Muestra	Mr.
SUELO NATURAL	6699.83
SUELO + 2% de Cal	12613.41
SUELO + 5% de Cal	21422.93
SUELO + 8% de Cal	23097.27
SUELO + 2% de Cemento	21575.90
SUELO + 5% de Cemento	29543.79
SUELO + 8% de Cemento	58682.65

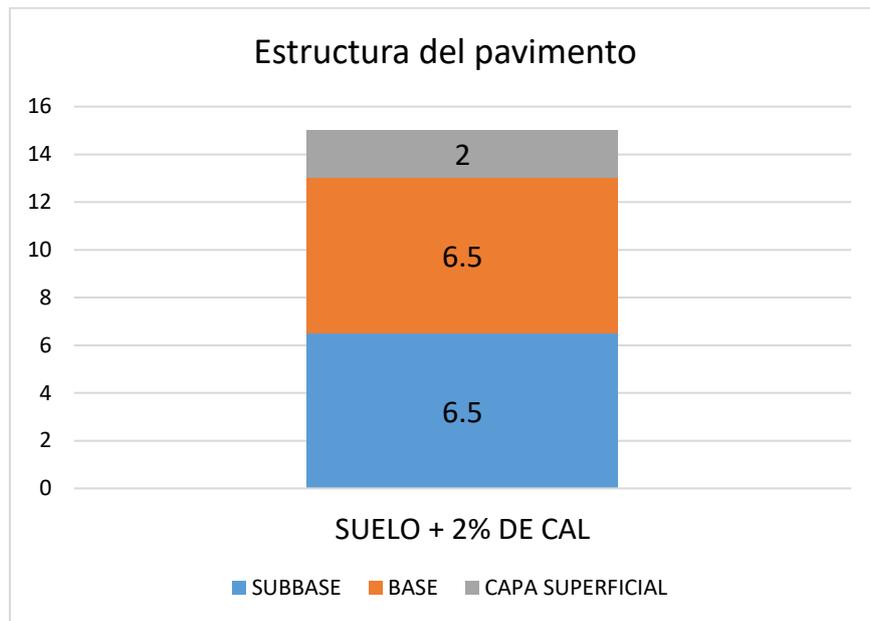
**- DETERMINACIÓN DE ESPESORES.**

**- SUELO NATURAL.**



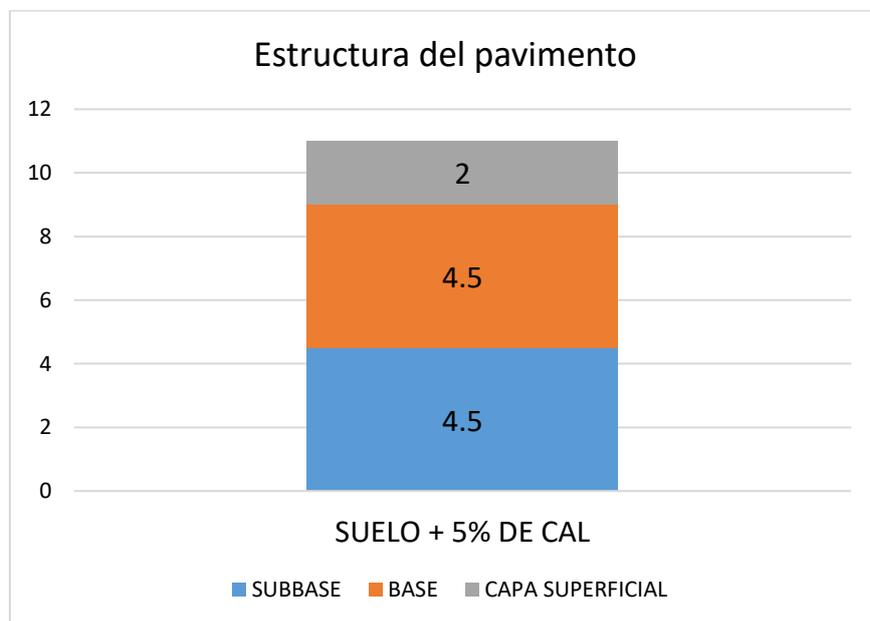
**Figura 35:** *Espesores del pavimento flexible del suelo natural*

**- SUELO + 2% DE CAL.**



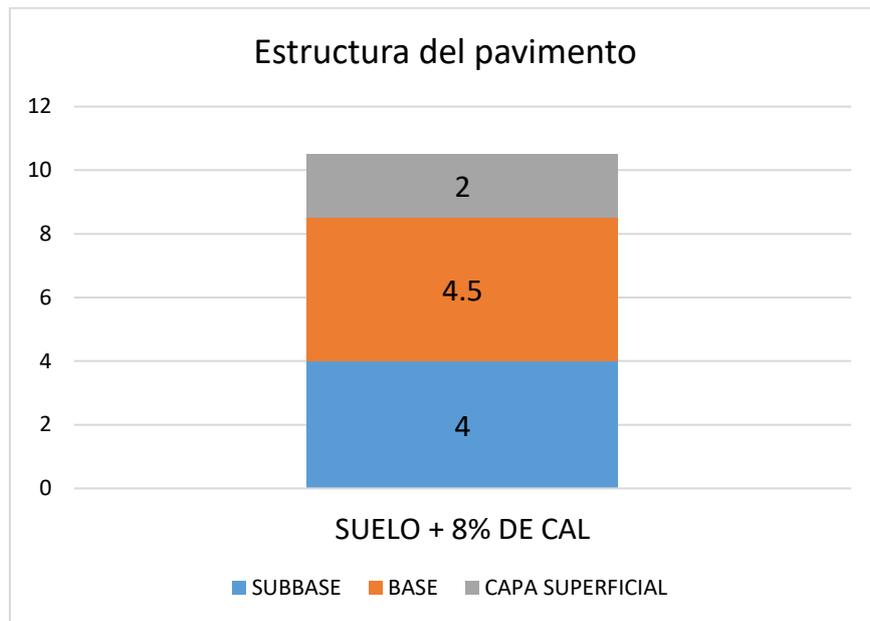
**Figura 36:** *Espesores del pavimento flexible del suelo + 2% de cal*

**- SUELO + 5% DE CAL.**



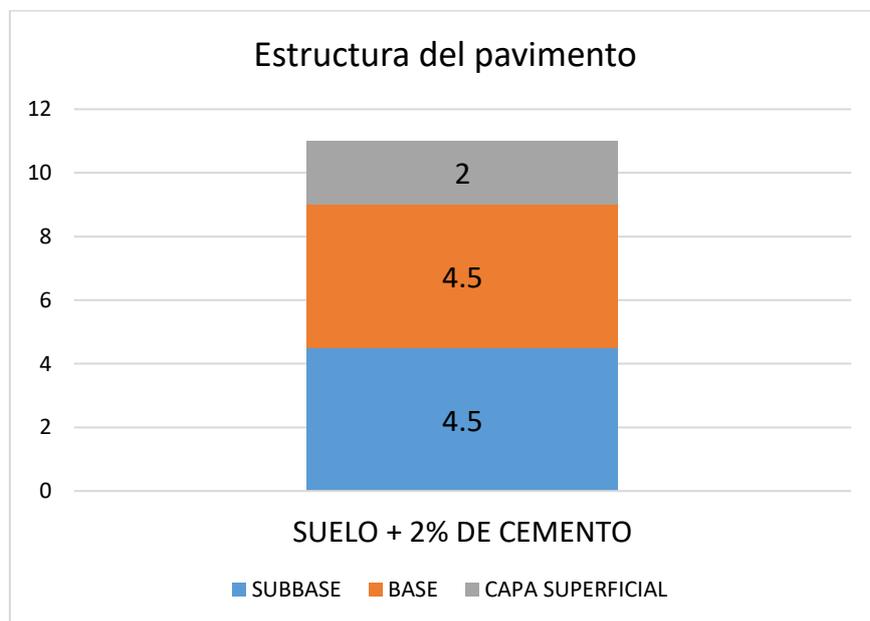
**Figura 37:** *Espesores del pavimento flexible del suelo + 5% de cal*

**- SUELO + 8% DE CAL.**



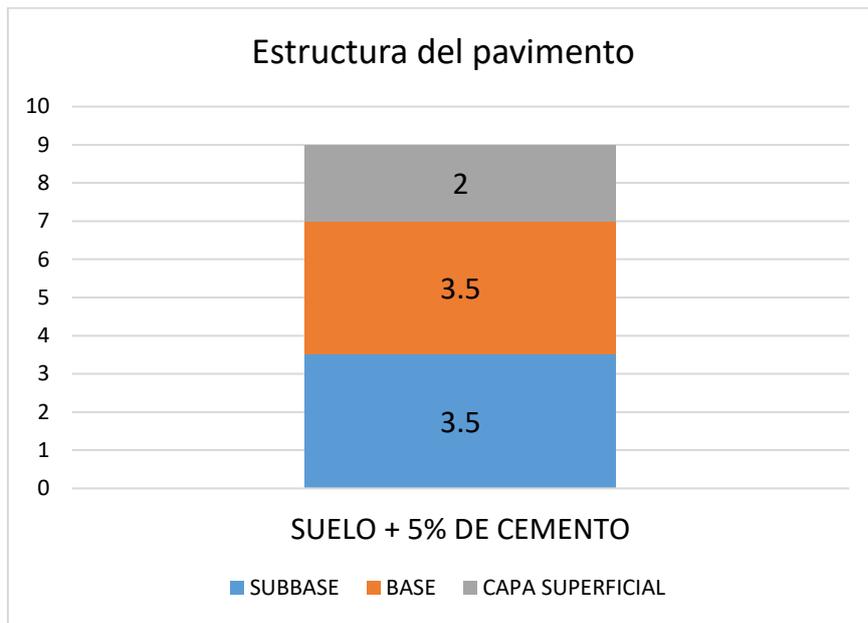
**Figura 38:** *Espesores del pavimento flexible del suelo + 8% de cal*

**- SUELO + 2% DE CEMENTO.**



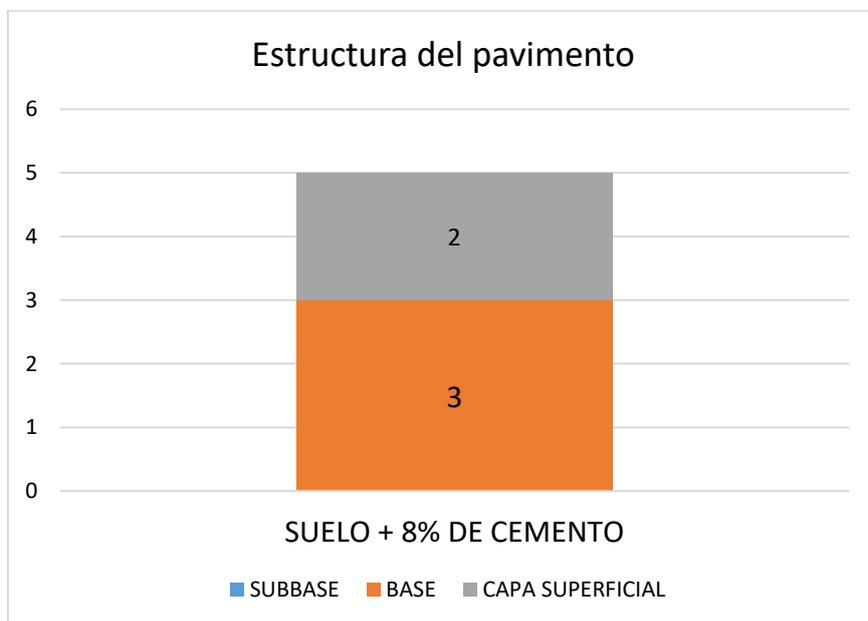
**Figura 39:** *Espesores del pavimento flexible del suelo + 2% de cemento*

**- SUELO + 5% DE CEMENTO.**



**Figura 40:** *Espesores del pavimento flexible del suelo + 5% de cemento*

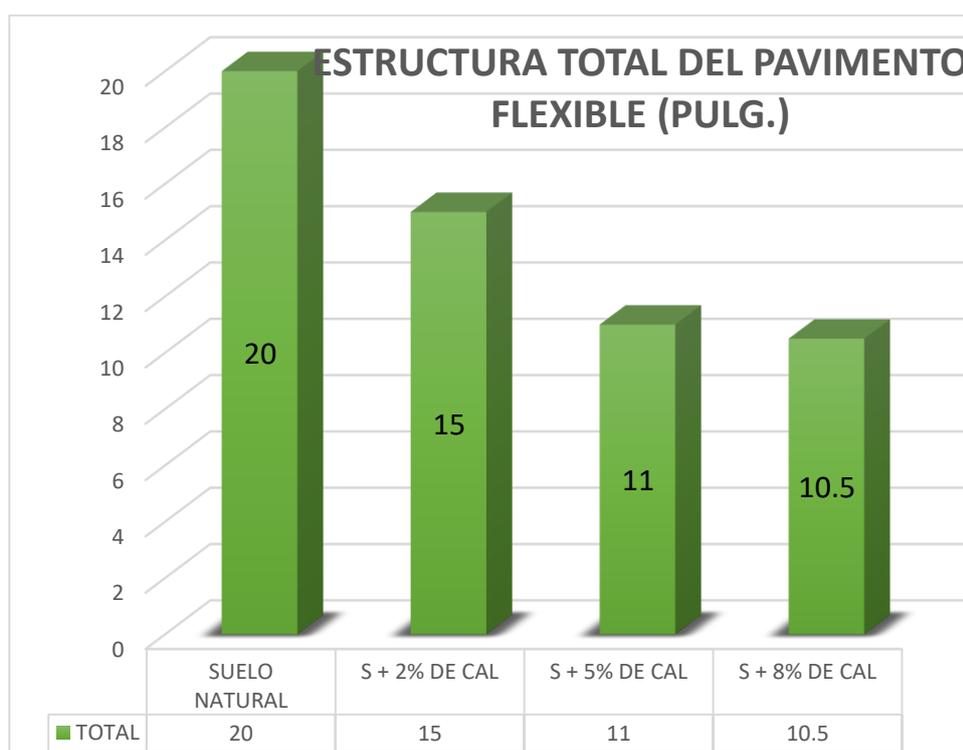
**- SUELO + 8% DE CEMENTO.**

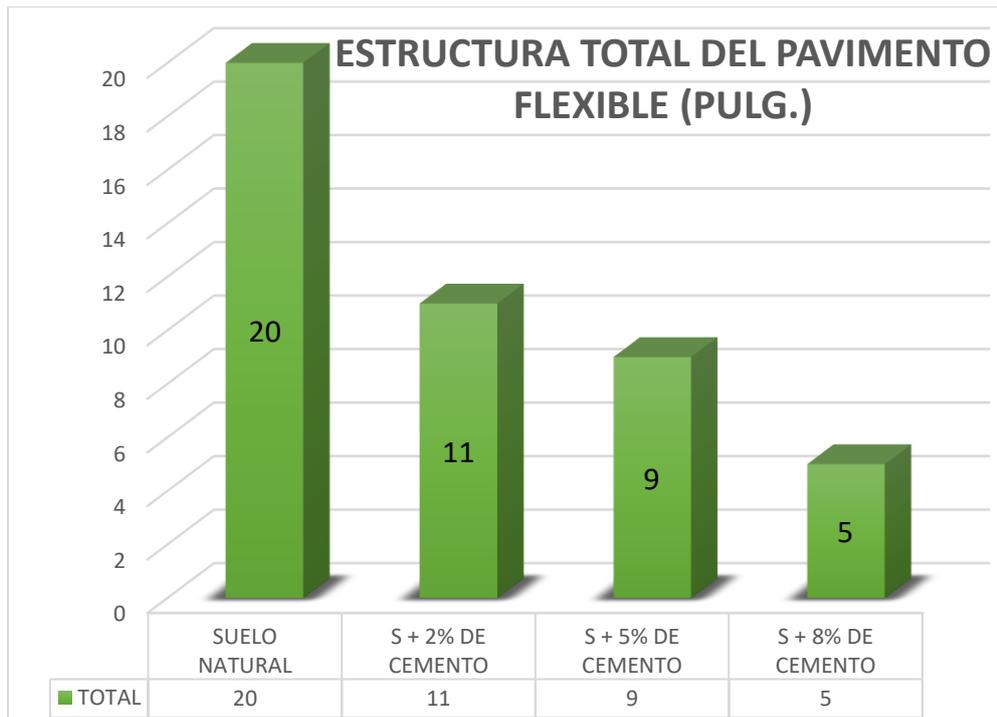


**Figura 41:** *Espesores del pavimento flexible del suelo + 8% de cemento*

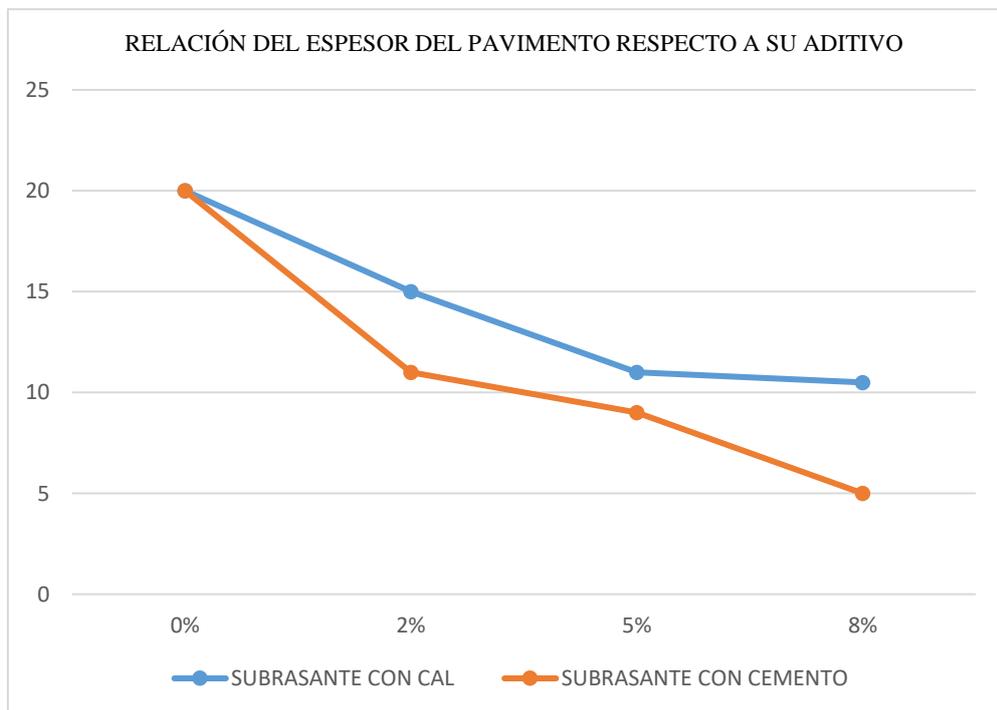
**Tabla 36***Espesor total del pavimento flexible*

	CARPETA ASFÁLTICA	BASE	SUBBASE
SUELO NATURAL	2"	9"	9"
SUELO + 2% de cal	2"	6.5"	6.5"
SUELO + 5% de cal	2"	4.5"	4.5"
SUELO + 8% de cal	2"	4.5"	4"
SUELO + 2% de cemento	2"	4.5"	4.5"
SUELO + 5% de cemento	2"	3.5"	3.5"
SUELO + 8% de cemento	2"	3"	0"

**Figura 42:** *Comparación de la dimensión total del pavimento flexible respecto del suelo natural y su suelo con cal*



**Figura 43:** Comparación de la dimensión total del pavimento flexible respecto del suelo natural y su suelo con cemento



**Figura 44:** Relación entre los espesores del pavimento flexible respecto a la cantidad de aditivo de la subrasante

**INTERPRETACIÓN:** El diseño estructural del suelo natural con un espesor total de 20” tuvo el valor más alto y el menor fue el suelo + 8% de cemento con un espesor total de 5”. Se pudo observar que, con la adición de cal, los espesores totales del pavimento fue mayor comparado al de los espesores totales con adición del cemento.

**ANÁLISIS:** A mayor cantidad de cal o cemento los valores de CBR aumentaban, lo que ocasionó en el diseño que los valores del módulo de resiliencia de la subrasante aumenten, con ello los números estructurales disminuían, de esa manera se necesitaron espesores cada vez más menores para el cálculo del “SN”.

Los espesores totales del pavimento con adición de cal fueron mayores debido a que el CBR del suelo más cal fueron menores a los CBR del suelo con cemento. Tanto CBR como espesor del pavimento tuvieron crecimientos inversos.

**c. PAVIMENTOS RÍGIDOS.**

**- PARÁMETROS.**

**Tabla 37**

*Parámetros de la pavimentación rígida*

Parámetro	
Periodo del diseño	20.00 años
ESAL	563,174.00
R (Confiabilidad)	80.00
Zr (Desviación normal estándar)	-0.841
So (Desviación estándar total)	0.35
Po (Serviciabilidad inicial)	4.50
Pt (serviciabilidad final)	2.00
$\Delta PSI$ (Pérdida de serviciabilidad)	2.50
F'c (Resistencia de concreto)	280
Ec (Módulo de elasticidad del concreto)	3,604,996.53
S'c (Modulo Rotura del Concreto)	614.03
Cd (Coef. de drenaje)	0.95
J (Coef. de Transmisión de carga)	3.20
Dimensión recomendada de base	15.00 cm

**- MÓDULOS DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE.**

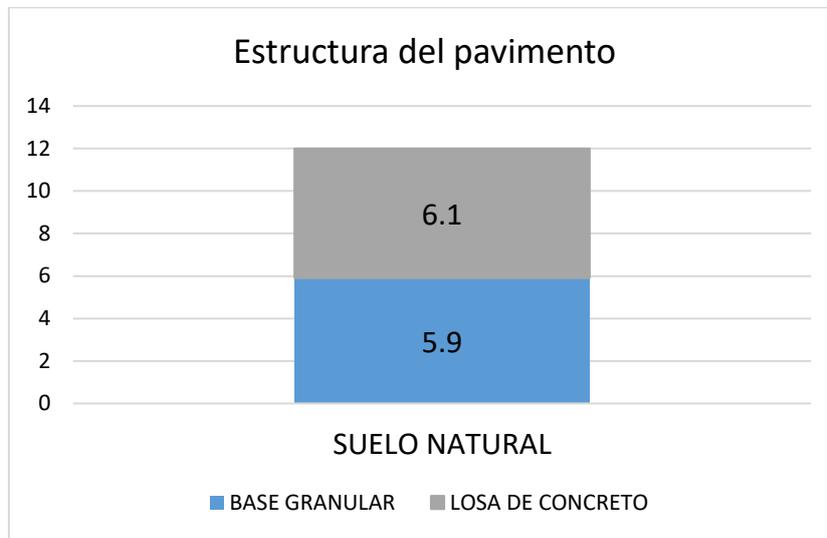
**Tabla 38**

*Valores de los módulos de reacción de la subrasante (k)*

Muestra	K
SUELO NATURAL	121.57
C2 + 2% de Cal	210.60
C1 + 5% de Cal	314.42
C1 + 8% de Cal	343.25
C1 + 2% de Cemento	317.00
C1 + 5% de Cemento	465.17
C2 + 8% de Cemento	999.08

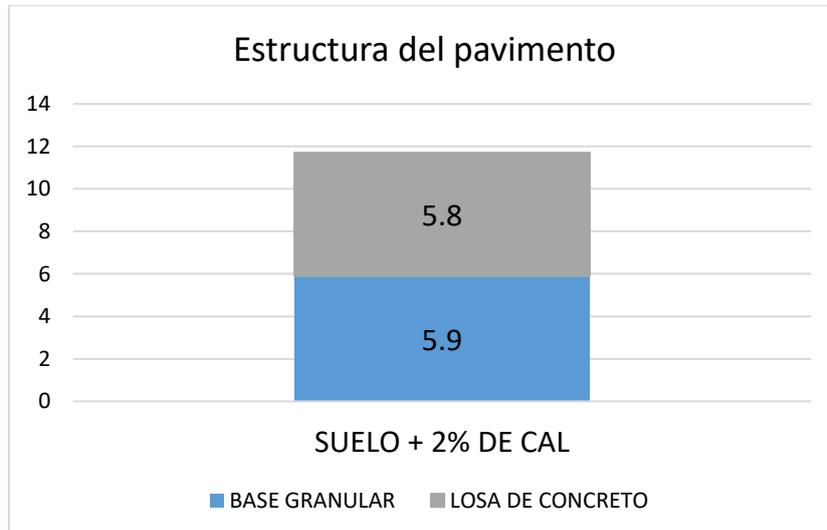
**- DETERMINACIÓN DE ESPESORES.**

**- SUELO NATURAL.**



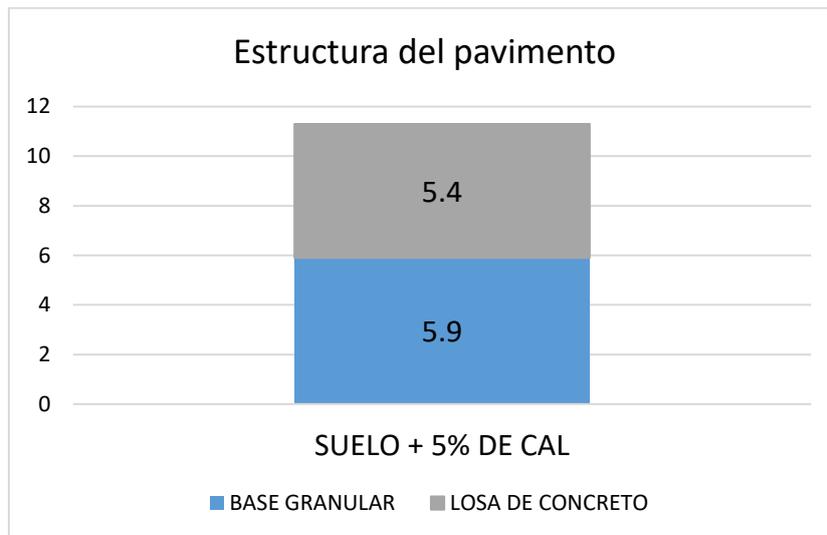
**Figura 45:** *Espesores del pavimento rígido para el suelo natural*

**- SUELO + 2% DE CAL.**



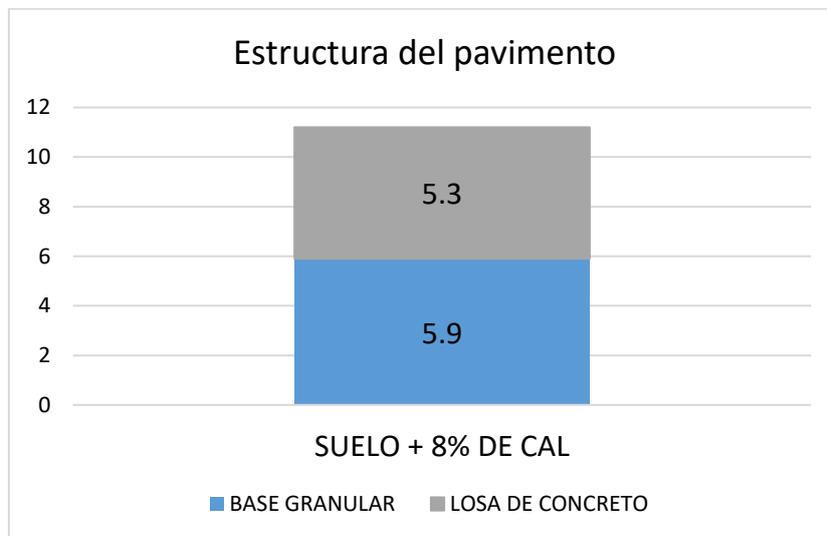
**Figura 46:** *Espesores del pavimento rígido para el suelo + 2% de cal*

**- SUELO + 5% DE CAL.**



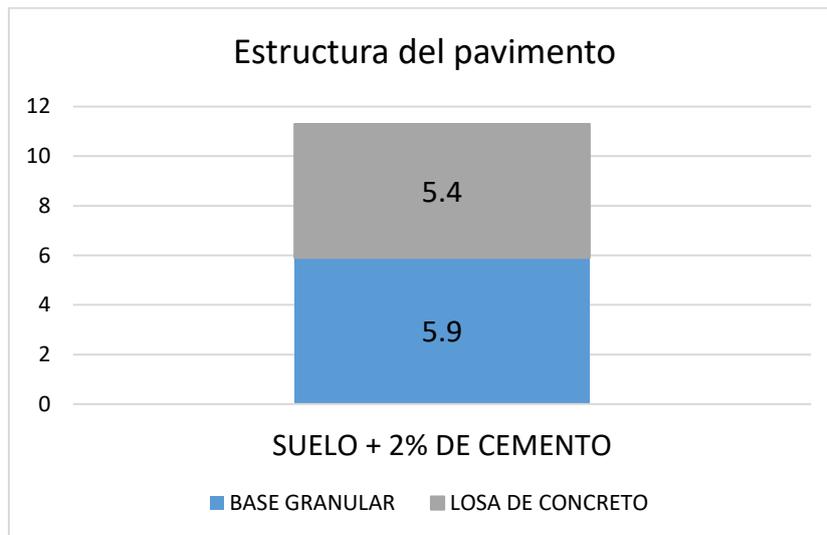
**Figura 47:** *Espesores del pavimento rígido para el suelo + 5% de cal*

**- SUELO + 8% DE CAL.**



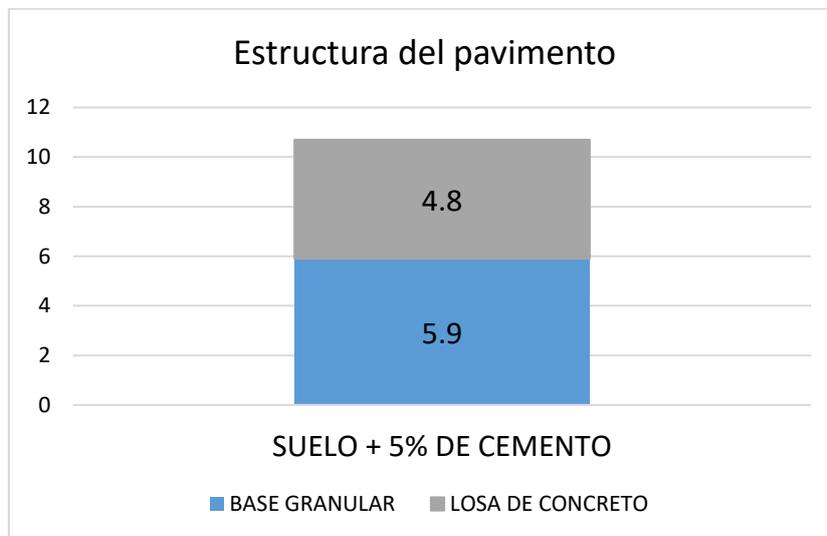
**Figura 48:** *Espesores del pavimento rígido para el suelo + 8% de cal*

**- SUELO + 2% DE CEMENTO.**



**Figura 49:** *Espesores del pavimento rígido para el suelo + 2% de cemento*

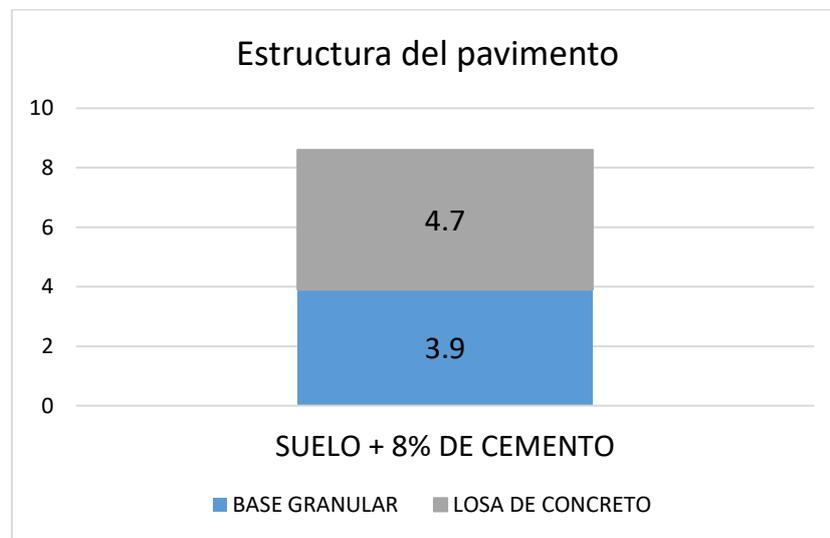
**- SUELO + 5% DE CEMENTO.**



**Figura 50:** *Espesores del pavimento rígido para el suelo + 5% de cemento*

**- SUELO + 8% DE CEMENTO.**

**Gráfica 1:** *Espesores del pavimento rígido para el suelo + 8% de cemento*

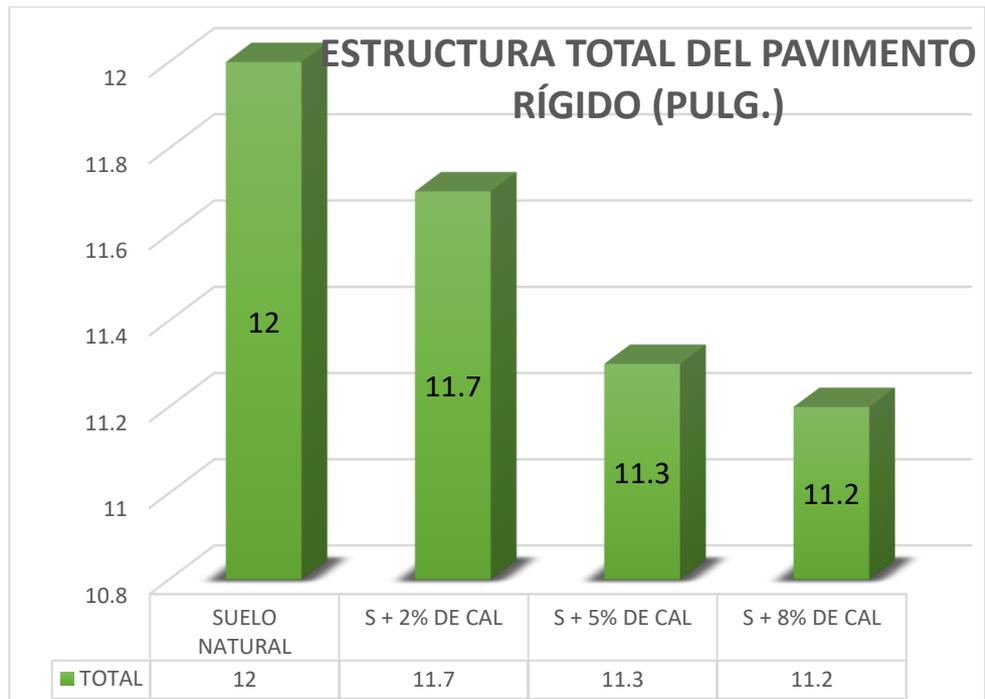


**Figura 51:** *Espesores del pavimento rígido para el suelo + 8% de cemento*

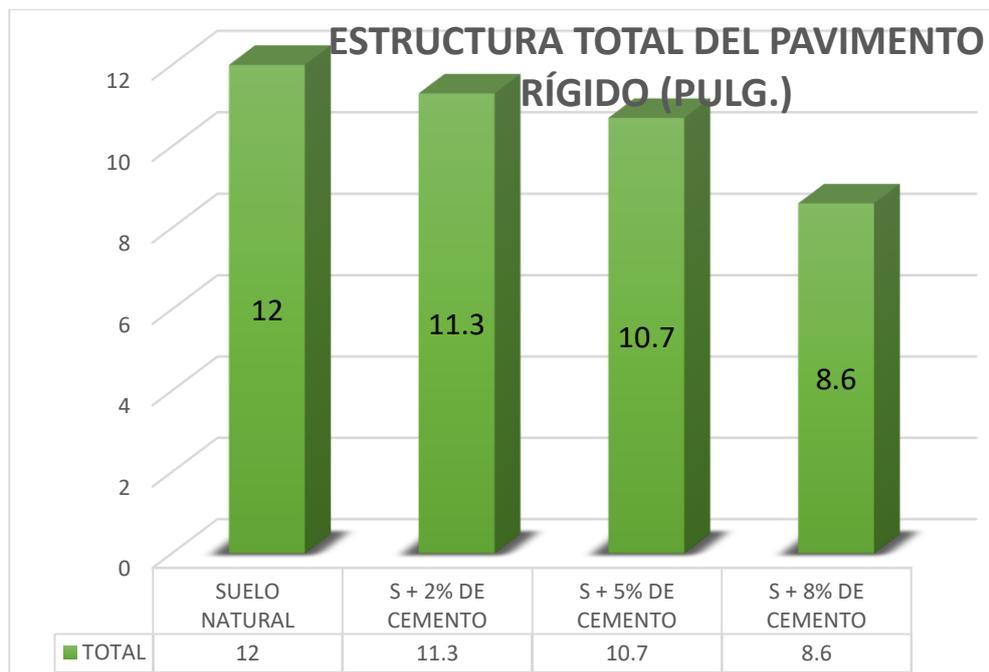
**Tabla 39**

*Espesores totales de las capas de la pavimentación rígida*

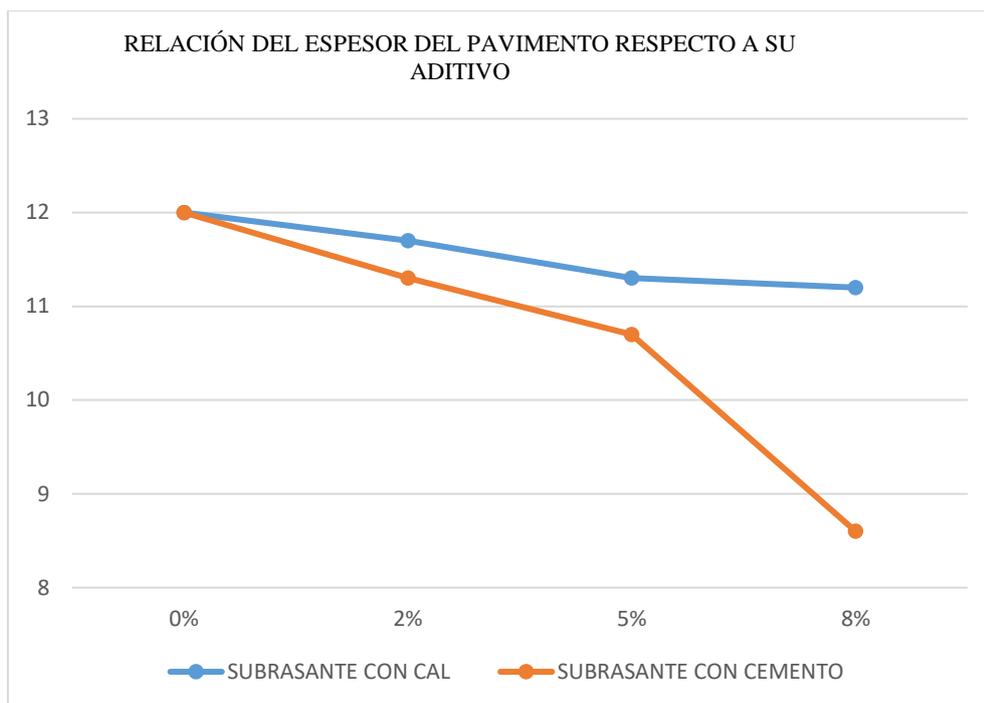
	LOSA DE CONCRETO	SUBBASE
SUELO NATURAL	6.1"	5.9"
SUELO + 2% CAL	5.8"	5.9"
SUELO + 5% CAL	5.4"	5.9"
SUELO +8% CAL	5.3"	5.9"
SUELO + 2% CEMENTO	5.4"	5.9"
SUELO + 5% CEMENTO	4.8"	5.9"
SUELO + 5% CEMENTO	4.7"	3.9"



**Figura 52:** Comparación de dimensión de espesor del pavimento rígido entre el suelo natural y el suelo más cal



**Figura 53:** Comparación de dimensión de espesor del pavimento rígido entre el suelo natural y el suelo más cemento



**Figura 54:** *Relación entre los espesores del pavimento rígido respecto a la cantidad de aditivo de la subrasante*

**INTERPRETACIÓN:** El espesor mayor fue para la estructura del suelo natural con un espesor total de 12” y la menor fue el suelo + 8% de cemento con un espesor total de 8.6”. Los espesores del pavimento de la subrasante con cal fueron mayores a los espesores del pavimento de la subrasante con cemento.

**ANÁLISIS:** A mayor cantidad de cal y cemento los valores de CBR aumentaban, lo que ocasionó en el diseño, que el módulo de reacción de la subrasante aumente, con ello los números estructurales disminuían, de esa manera se necesitaron espesores cada vez más menores para el cálculo del “SN”. Los espesores respecto a la subrasante con cal fueron menores ya que el valor del C.B.R. fue mayor en comparación con el C.B.R. de la subrasante con cal.

#### 4.1.5 PRUEBA DE HIPÓTESIS.

**Tabla 40**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CBR DE DISEÑO	.741	7	.010
ESPEJOR PAV. FLEXIBLE	.940	7	.634
ESPEJOR PAV. RÍGIDO	.785	7	.029

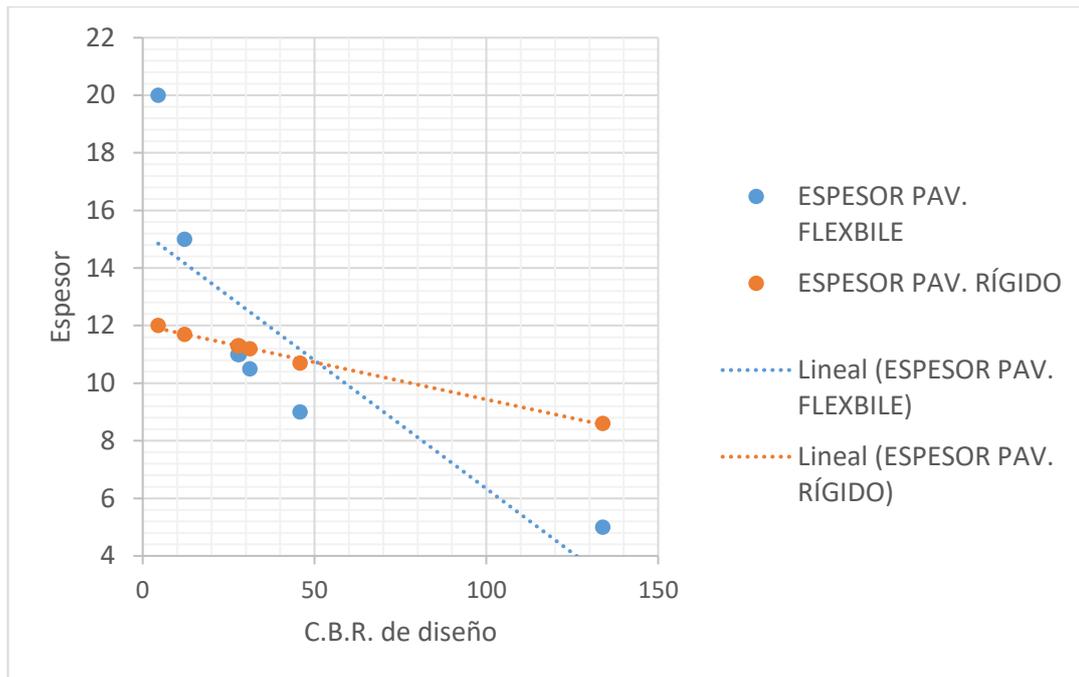
**Decisión y conclusión:** Ya que la sig. en espesor pav. flexible fue mayor que 0.05, se aceptó la Ho y se rechazó la Ha, esto quiso decir que los datos tenían una distribución normal, es por ello por lo que se aplicó una prueba estadística paramétrica.

**Tabla 41**

*Prueba de correlación de Pearson*

Correlaciones			
		ESPEJOR PAV. FLEXIBLE	ESPEJOR PAV. RÍGIDO
	Correlación de Pearson	-.816*	-.998**
	Sig. (bilateral)	.025	<.001
CBR DE DISEÑO	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-1003.626	-291.025
	Covarianza	-167.271	-48.504
	N	7	7

\*. En el nivel 0,05 (bilateral), la correlación es significativa.  
 \*\*. En el nivel 0,01 (bilateral), la correlación es significativa.



**Figura 55:** *Relación indirecta entre el C.B.R. de diseño y los espesores*

**Decisión:** Ya que la sig. fue menor que 0.05, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna.

**Conclusión:** La evidencia estadística fue suficiente para concluir que el coeficiente de correlación es diferente de 0. Existió una correlación negativa alta.

## 4.2 DISCUSIÓN

- En la presente investigación, cuando aumentaba la proporción de aditivo, los valores del CBR fueron aumentando desde 12.12 hasta 42.98 en el caso del suelo más cal, y desde 28.04 hasta 145.11 en el caso del suelo más cemento; los valores del módulo resiliente aumentaron desde 12613.41 hasta 23097.27 en el caso del suelo más cal, y desde 21575.90 hasta 58682.65 en el caso del suelo más cemento; al aumentar estos valores las dimensiones de las capas del pavimento disminuyeron. Se coincidió parcialmente con la investigación de Watson & Manrique (2021), donde los valores de CBR y módulo resiliente aumentaron conforme iba

aumentando la proporción de cal y cemento, pero cuanto mayor fue el módulo resiliente mayor fue la dimensión de la capa del pavimento subbase y base.

- En esta presente investigación conforme se aumentó el porcentaje de cemento, el porcentaje de O.C.H. disminuyó, para el 2% de cemento se tuvo un valor de OCH igual a 14.21, mientras que para el 8% de cemento adicionado se obtuvo un valor del OCH igual a 12.74 para la calicata 1. Para la calicata 2, cuando se adicionó 2% de cemento, se consiguió un valor de OCH igual a 15.18, sin embargo, cuando se adicionó el 8%, el OCH disminuyó hasta 13.55, de esa manera se refutó lo investigado por Alzate (2019), quién adicionó 7%, 10% y 13% de cemento, tuvo resultados positivos ya que la adición del cemento aumentó la resistencia.
- En esta investigación, el adicionar cal y cemento influyó mejorando positivamente el C.B.R. del suelo natural que se obtuvo un valor mínimo de 4.51 en la calicata 1 y un valor máximo de 6.42 en la calicata 2; cuando se adicionó la cal se obtuvo porcentajes mayores al suelo natural, desde 12.12 que fue valor mínimo que se obtuvo con 2% de cal a la calicata número 2 y se logró hasta 42.98 de C.B.R. que se obtuvo con la adición de 8% de cal a la calicata número 2; también cuando se adicionó el cemento produjo un aumento del valor de CBR mayor al del suelo natural, se consiguió 28.04 de C.B.R. como mínimo, dicho valor se obtuvo al adicionar 2% de cemento tipo I, mientras que se logró un valor máximo de 145.11 cuando se adicionó 8% de cemento tipo I. Conforme se iba aumentando la proporción de aditivo, entonces el CBR también aumentó, lo que coincide con la investigación de Gongora (2019), dicho autor añadió el 2% y 4% empleándose un suelo de tipo SM-SP. El cemento tipo I que se adicionó (4%) aumentó hasta un 57.33, asimismo la capacidad de soporte del terreno natural fue un 2.77, de esa manera dicho

autor logro mejoras la capacidad de soporte del terreno natural, también obtuvo mayor capacidad de soporte en la cal con dosificación (4%) que aumenta hasta 3.73.

- Se diseñó los pavimentos flexible o rígido con la guía AASHTO 1993, donde se realizó el estudio de tráfico para posteriormente realizar el dimensionamiento de las capas del pavimento, se consiguió un valor de ESAL para pavimento flexible de 490466, mientras que para el pavimento rígido el ESAL fue 563,174; se pudo entender que la dimensión de la capa dependerá del valor del ESAL obtenido del estudio de tráfico, cuan mayor fue el ESAL las capas del pavimento fueron aumentando, se coincidió con la investigación de Gonzales & Manay (2020), dicho autor utilizó dos valores de ESAL distintos, la capa de pavimento fue mayor cuando mayor fue el valor del ESAL calculado.
- Con la finalidad de incrementar el C.B.R. del suelo se adicionó cemento tipo I en proporciones de 2%, 5% y 8%, el cual tuvo influencia en la disminución de la estructura del pavimento, cuanto mayor fue la cantidad de cemento adicionado, los valores disminuyeron desde 20” en el suelo natural hasta que se consiguió 5” de pavimento cuando se adicionó 8% de cemento, se coincidió con la investigación de Ramirez & Guerra (2021), dicho autor utilizó proporciones de 4%, 8% y 12% para estabilizar un suelo de tipo CL y obtuvo un valor mínimo de 7.70 hasta un valor mínimo de 22.50, así demostró que al adicionar más cantidad de cemento entonces mayor es el valor del C.B.R. ya que el suelo natural tuvo un valor de 2.45; dicho autor también disminuyó la dimensión de la estructura del pavimento flexible cuando iba aumentando las proporciones de cemento. En la presente investigación el cemento disminuyó el LL y LP en la calicata que contenía limos, mientras que en las calicatas clasificadas como arena, este aditivo no tuvo una influencia en los límites de consistencia ya que no presentaron valores; no se coincidió con el autor

mencionado ya que el suelo de su zona de estudio fue clasificado como arcillas, donde el aditivo empleado aumentó el límite plástico y disminuyó su límite líquido.

- En la presente investigación cuando aumentó la proporción de cal adicionada, el valor del CBR también aumentó, Se obtuvo un valor menor de 12.12 cuando se adicionó un 2% en la calicata 2, cuando se adicionó el 5% de cal el CBR aumentó hasta 27.73 en la calicata 1 y 35.19 en la calicata 2, y cuando se adicionó 8% el valor del CBR aumentó hasta 42.98 en la calicata 2, de esa manera se refutó lo investigado por García (2022), dicho autor utilizó una proporción de 2%, 4% y 6% de cal, obtuvo mayor valor de C.B.R. cuando añadió la cantidad mínima de 2%. En la presente investigación, la adición de cal en la calicata 1 aumentó el valor del límite líquido desde 29.01 con adición de 2% hasta un valor de 31.04 con la adición de 8% de aditivo, también aumentó el valor del LP desde 28.92 con la adición del 2% hasta 30.16 con la adición de 8% de cal, también aumentó el IP desde 0.09 con la adición de 2% hasta 0.88 con la adición de 8% de cal, este aumento sucedió ya que el tipo de suelo poseía originalmente plasticidad menor que 10, no se coincidió en este punto con el autor mencionado ya que el suelo de su zona de estudio poseía una plasticidad alta, mientras que la presente investigación tenía una plasticidad baja.
- Para la prueba de hipótesis, se aplicó la prueba de correlación de Pearson, se tuvo un valor de -0.816 entre los valores del C.B.R. de diseño y los espesores de pavimento flexible. También se obtuvo -0.998 entre los valores del C.B.R. de diseño y los espesores de pavimento rígido. En ambas correlaciones se obtuvo una correlación negativa alta. La significancia menor fue menor que 0.05 para ambas correlaciones, por consiguiente, se rechazó la hipótesis nula, y se aceptó la hipótesis

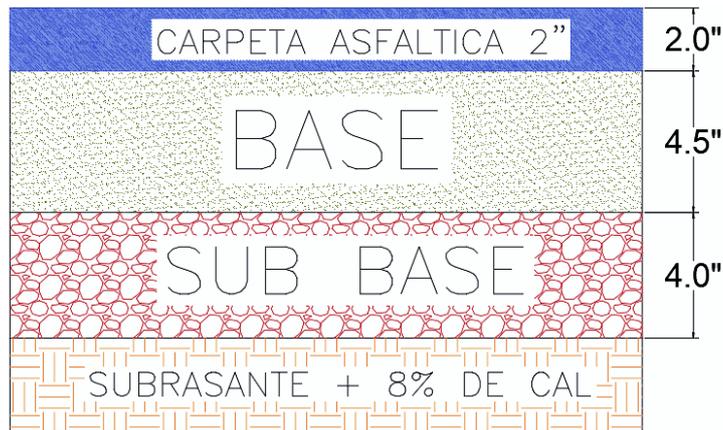
alterna. Esto quiere decir que la hipótesis que se planteó inicialmente en la presente investigación es verdadera.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Con la prueba de hipótesis se pudo aceptar la hipótesis planteada y rechazar la hipótesis nula ya que se obtuvo, en el software SPSS, un valor de significancia de 0.025 para la correlación entre el C.B.R. de diseño y los espesores del pavimento flexible, esto significó que hubo una relación significativa. También se obtuvo una significancia menor a 0.001 entre la correlación del C.B.R. de diseño y los espesores del pavimento rígido, lo que significó una relación muy significativa. Esto demostró que, al añadir cal y cemento, por separado, se incrementó el C.B.R. y disminuyó las capas del pavimento. Se demostró que existió una correlación negativa alta.
- El mejor diseño del pavimento en el suelo con adición de cal (en proporción de 8%) fue de una pavimentación flexible de dimensión de 10.5 pulgadas, conformada por una carpeta asfáltica de dimensión igual a 2", la base igual a 4.5" y la subbase de 4" tal como se observa en la figura 56. El diseño adecuado del pavimento en el suelo con adición con cemento (en proporción de 2%) fue de una pavimentación flexible de dimensión de 11 pulgadas, estaba conformada por una carpeta asfáltica de dimensión igual a 2", la base igual a 4.5" y la subbase de 4.5" como se observa en la figura 57. No se recomienda el diseño de pavimento para el suelo con 5% de cemento porque sus capas subbase y base son inferiores a las recomendadas por la norma AASHTO 1993.



**Figura 56:** Estructura del pavimento adecuado, para una subrasante con adición de cal



**Figura 57:** Estructura del pavimento adecuado, para una subrasante con adición de cemento

- Aplicando la clasificación S.U.C.S. y A.A.S.H.T.O. la primera muestra clasificada en S.U.C.S. es ML, descrito como limos con arenas y clasificada según A.A.S.H.T.O. es A-4(0) descrito como suelo limoso. La muestra 2, 3 y 4 en S.U.C.S. es SP-SM descrito como arena mal graduada con limo y aplicando la A.A.S.H.T.O. es clasificada como A-3(0) descrito como arena fina. La calicata 1 tuvo una plasticidad baja, con LL y LP inferiores a 30, mientras que la calicata 2, 3 y 4 no presentó valores de plasticidad. El valor de C.B.R. de la calicata 1 fue 4.51 (subrasante pobre) y la calicata 2 fue 6.42 (subrasante regular).

- En la calicata 1 con adición de cal, sus valores de límites de consistencia (LL, LP e IP) aumentaron cuando aumentó la proporción de aditivo; las calicatas 2, 3 y 4 con adición de cal, no presentaron plasticidad en ninguna de sus proporciones añadidas al suelo. A mayor proporción de aditivo añadido, el valor del OCH fue aumentando en las calicatas 1 y 2. El aumento de la proporción de cal añadida no tuvo relación con su MDS que disminuyó y luego aumentó. Con 2% de cal se logró una subrasante con C.B.R. de 18.11 y 12.12 para la calicata 1 y 2 respectivamente, valores de una subrasante buena. Con 5% de cal para la calicata 1 se obtuvo un valor de 27.73 (subrasante muy buena) y en la calicata C2 se logró un valor de 35.19 (subrasante excelente). Con 8% de cal en la calicata 1 se obtuvo un valor de CBR de 31.19 (subrasante excelente), en la calicata 2 se obtuvo un valor de 42.98 (subrasante excelente). Se observó que cuando se aumentó la proporción de cal, también aumentó y el valor de C.B.R. La proporción más adecuada de cal, para el mayor incremento del C.B.R., es del 8%. No hay que utilizar más del 8% de cal, ya que puede aumentar su plasticidad y compresibilidad en valores muy elevados. La proporción del 8% es suficiente para conseguir una subrasante estabilizada y así lograr hacer el diseño del pavimento óptimo. A mayor el porcentaje de cal añadido, los valores de C.B.R. aumentaron, como consecuencia los espesores del pavimento flexible y rígido disminuyeron.

Se añadió cemento en proporciones de 2, 5 y 8% a la calicata 1, cuando aumentó la cantidad de aditivo añadido entonces el valor del LL y LP disminuyó; en las calicatas 2, 3 y 4 no se presentó plasticidad en ninguna de las proporciones. Con mayor proporción de cemento añadido, el valor de OCH disminuyó; mientras que cuando la cantidad de este aditivo fue mayor, entonces el valor de MDS aumentó. En los ensayos del C.B.R. se consiguió los valores con 95% de la M.D.S.: C1 + 2%

de cemento = 28.04, C1 + 5% de cemento = 45.82, C1 + 8% de cemento = 145.11, C2 + 2% de cemento = 39.95, C2 + 5% de cemento = 69.56, C2 + 8% de cemento = 133.98. Se observó que cuando se aumentó la cantidad de cemento añadido, también aumentó el valor de C.B.R. La proporción más adecuada de cemento, para el incremento del C.B.R., es del 2%. Lo más adecuado es utilizar la cantidad mínima para alterar poco sus propiedades de límites de consistencia, a su vez que disminuye el porcentaje de OCH. No es necesario valores mayores al 2% ya que se obtienen C.B.R. muy altos e innecesarios para el diseño del pavimento óptimo. Cuanto más fue el porcentaje de cemento que se añadió el C.B.R. aumentó, de esa manera que los espesores del pavimento disminuyeron. Entre la cal y el cemento, se concluyó que este último es el más recomendado para estabilizar el suelo de esta zona, debido a que disminuyó su OCH, no se alteró considerablemente los valores de plasticidad y que con menos porcentaje se incrementó el C.B.R. a valores requeridos.

- Se diseñó el pavimento flexible para el suelo natural más las adiciones, en la muestra de suelo natural se obtuvo una dimensión de 20 pulgadas y en las adiciones de 2%, 5% y 8% de cal fue 15 pulgadas, 11 pulgadas y 10.5 pulgadas respectivamente. Con la combinación de 2%, 5% y 8% de cemento se obtuvo 11 pulgadas, 09 pulgadas y 07 pulgadas respectivamente. Se hizo el diseño estructural de la pavimentación rígida al suelo natural y a sus diferentes combinaciones, se obtuvo una dimensión de 12 pulgadas en la muestra sin aditivos, en las adiciones de 2%, 5% y 8% de cal se obtuvo 11.7, 11.3 y 11.2 pulgadas respectivamente. Con la combinación de 2%, 5% y 8% de cemento se obtuvo 11.3, 10.7 y 8.6 pulgadas respectivamente.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los estudiantes o investigadores que los ensayos de mecánica de suelos deben realizarse necesariamente empleando todas las normas y reglamentos para una correcta ejecución.
- Se recomienda a investigadores diversos, utilizar dosificaciones de 2% a 8% de cal para suelos similares de la presente investigación, asimismo se recomienda evaluar el empleo de dosificaciones del 1% al 5% de cemento, para otras investigaciones similares.
- Se recomienda a las empresas dedicadas a la ejecución de obras viales, el empleo de cal o cemento como estabilizador para mejoramiento del suelo con subrasantes pobres.
- Se recomienda a las entidades públicas, considerar el uso de cal o cemento para la elaboración de proyectos viales en las que sea necesario mejorar el C.B.R. del suelo para diseñar capas de vías.
- Se recomienda a los tesisistas realizar más ensayos de laboratorio al suelo de estudio para tesis de temas similares.
- Se recomienda a otros investigadores realizar el estudio en otros tipos de suelo para ampliar en el conocimiento de la estabilización de suelos.
- Se recomienda a investigadores o empresas de construcción realizar la comparación de costos – beneficios para obtener resultados en cuanto al costo de la adición de cal o cemento.
- Se recomienda a los investigadores y proyectistas, utilizar la guía A.A.S.H.T.O 1993 para el diseño de pavimentos.

## CAPITULO VI

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Alarcón, J., Jiménez, M., & Benítez, R. (Abril de 2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. *Revista ingeniería de construcción*, 35(1), 5-20. Consultado el 16 de Diciembre de 2022, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732020000100005>
- Alzate Buitrago, A. (2019). *Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden* [Tesis de grado. Universidad Libre Seccional Pereira]. Repositorio Institucional, Colombia. <https://repository.unilibre.edu.co/>
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993*. (1. AASHTO, Ed.) U.S.A.
- ANCADE; ANTER; IECA. (2008). *Manual de Estabilización de Suelos con Cemento o Cal*. (I. E. Aplicaciones, Ed.) España.
- Bañon Blázquez, L., & Beviá García, J. (2010). *Manual de Carreteras. Construcción y Mantenimiento*. (Vol. II). España: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Borja Suárez, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Perú.
- Braja M., D. (2014). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Cuarta ed.). Estados Unidos: Engage Learning Editores.
- Choque, E. (07 de Abril de 2021). *Vías PUCP*. Consultado el 17 de Diciembre de 2022, <http://blog.pucp.edu.pe/blog/viaspucp/>
- Diccionario de la construcción*. (2022). Términos técnicos del sector de la construcción, <https://www.diccionariodelaconstruccion.com/>
- García Restrepo, A. L. (2022). *Estabilización de suelos con cal como una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de caminos rurales en Colombia* [Tesis de grado,

- Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional, Colombia.  
<https://repository.unad.edu.co/>
- Gongora Velasquez, C. K. (2019). *Influencia de la cal y el cemento portland tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia, provincia de Pataz – 2019* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Perú.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/>
- Gonzales Acosta, O., & Manay Briones, D. M. (2020). *Diseño de pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad en el Centro Poblado Ramiro Prialé, distrito de José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo – departamento de Lambayeque* [Tesis de grado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio Institucional, Perú. <https://repositorio.usmp.edu.pe/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6ta Edición). (I. EDITORES, Ed.) México: McGRAW-HILL.
- Matías Amaro, D. Z. (2019). *Aplicación de bolsas de polietileno para mejorar la subrasante del pavimento rígido de la Av. Metropolitana Yanahuara – Arequipa, 2019* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional, Perú.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/>
- Ministerio de la Producción. (2019). *Norma Técnica Peruana*. Perú: Instituto Nacional de Calidad. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (Abril de 2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: suelos y pavimentos*. Perú.
- Ministerio de transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). *Norma Técnica CE.010 PAVIMENTOS URBANOS del Reglamento Nacional de Edificaciones*. (El Peruano,

- Ed.) Perú: Empresa Peruana de Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú.  
<https://www.construccion.org/normas/rne2012/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). *Norma Técnica CE.020 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y TALUDES del Reglamento Nacional de Edificaciones*. (El Peruano, Ed.) Perú: Empresa Peruana de Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú. <https://www.construccion.org/normas/rne2012/>
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Múnera Miran, J. C., & Aguiar Moya, J. P. (Junio de 2020). Estimación del módulo resiliente para materiales granulares de Costa Rica. *Infraestructura Vial*, 21(12-20), 37. <https://doi.org/10.15517/iv.v21i37.42614>
- NTIRENGANYA, N., Basher, B., Suliman, E., & Shallal, M. M. (2020). Development of Correlation between Soaked CBR and In-Situ CBR Determined by DCP for Soil in the Southern Province of Rwanda. 8, 314-318. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*. <http://10.18535/ijssrm/v8i01.ec02>
- RAMIREZ PINCHI, P., & GUERRA SÁNCHEZ, E. F. (2021). *Estabilización de la subrasante con cemento Pórtland y su influencia en el diseño del pavimento flexible, en el camino vecinal, Morales - Polvoraico, en el distrito de Morales, provincia y región San Martín – 2020* [Tesis de grado, UCP]. Repositorio Institucional, Perú. <http://repositorio.ucp.edu.pe/>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2022). *Diccionario de la lengua española*. 23°. <https://dle.rae.es>
- Salazar Rodríguez, A. (1998). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. Mexico: Imcyc.

SGS-LATAM. (2022). *GRAVEDAD ESPECÍFICA Y DENSIDAD APARENTE*. Consultado el 15 de Diciembre de 2022, sgs-latam.com. <https://www.sgs-latam.com/es-es/mining/analytical-services/physical-testing/specific-gravity-and-bulk-density>

Watson Blancoy, E. H., & Manrique Medina, M. (Noviembre de 2021). *Dimensionamiento de estructuras de pavimento en función del contenido de cal o cemento en la subrasante* [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional, Colombia. <https://repository.unimilitar.edu.co/>

## CAPITULO VII

### 7. ANEXOS

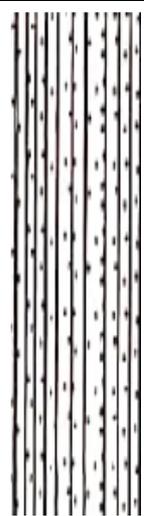
#### 7.1 DE LO REALIZADO DURANTE LA INVESTIGACIÓN

##### 7.1.1 ANEXO 1: PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

<b>TESIS:</b>	<b>“DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020”</b>	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	<b>Lugar:</b> A.H. Ampliación La Unión <b>Distrito:</b> Chimbote <b>Provincia:</b> Santa <b>Departamento:</b> Ancash	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 100%;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>PERFORACIÓN</b></p> <p style="font-size: 2em; text-align: center; margin: 10px 0 0 0;"><b>C1</b></p> </div>
<b>TECNICAS DE INVESTIGACIÓN</b>	Extracción de calicatas	
<b>DIMENSIONES</b>	<b>Abertura:</b> 1x1 metros <b>Profundidad:</b> 1.50m	

#### PERFIL DE ESTRATIGRAFÍA

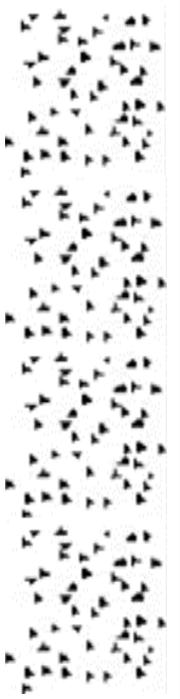
<b>CALICATAS</b>	C1	<b>Nivel freático</b>	N.P.	<b>COORDENADAS</b>	8999135.46 m N 766813.09 m E
------------------	----	-----------------------	------	--------------------	---------------------------------

Profun. (m)	Altura de los estratos (m.)	Muestra	NF	Estrato descrito visualmente	Clasificación S.U.C.S. / A.A.S.H.T.O.	Simbologías	Observaciones
0.10	0.10			<b>0.00 – 0.10-</b> RELLENO INADECUADO, PRESENCIA DE MATERIALES INAPROPIADOS TALES COMO RESTOS DE PLANTAS Y RAICES			
0.15	0.15	M - 1		<b>0.10 – 0.25-</b> ARENA MAL GRADUADA COLOR BEIGE			
1.25	1.25	M - 2	NO	<b>0.25 - 1.50-</b> MATERIAL LIMO ARCILLOSO: 0.00% DE GRAVAS, 18.61% DE ARENAS, 81.39% DE FINOS. LL=28.33, LP= 28.78, IP=0	ML A - 4 (0)		----
1.50							

<b>TESIS:</b>	<b>“DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020”</b>	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	<b>Lugar:</b> A.H. Ampliación La Unión <b>Distrito:</b> Chimbote <b>Provincia:</b> Santa <b>Departamento:</b> Ancash	<b>PERFORACIÓN</b>  <b>C2</b>
<b>TECNICAS DE INVESTIGACIÓN</b>	Extracción de calicatas	
<b>DIMENSIONES</b>	<b>Abertura:</b> 1x1 metros <b>Profundidad:</b> 1.50m	

### PERFIL DE ESTRATIGRAFÍA

<b>CALICATAS</b>	C2	<b>Nivel freático</b>	N.P.	<b>COORDENADAS</b>	8998923.24 m N 766888.15 m E
------------------	----	-----------------------	------	--------------------	---------------------------------

Profun. (m)	Altura de los estratos (m.)	Muestra	NF	Estrato descrito visualmente	Clasificación S.U.C.S. / A.A.S.H.T.O.	Simbologías	Observaciones
	0.20			<b>0.00 - 0.20-</b> RELLENO INADECUADO, PRESENCIA DE MATERIALES INAPROPIADOS TALES COMO RESTOS DE PLANTAS Y RAICES			
	1.30	M - 1	NO	<b>0.30 - 1.50-</b> ARENA MAL GRADUADA COLOR BEIGE, NO PRESENTO PLASTICIDAD, 0.0% DE GRAVAS, 91.66% DE ARENA, 8.34% DE FINOS.	SP - SM A - 3 (0)		----
1.50							

<b>TESIS:</b>	<b>“DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020”</b>	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	<b>Lugar:</b> A.H.Ampliación La Unión <b>Distrito:</b> Chimbote <b>Provincia:</b> Santa <b>Departamento:</b> Ancash	<b>PERFORACIÓN</b>  <b>C3</b>
<b>TECNICAS DE INVESTIGACIÓN</b>	Extracción de calicatas	
<b>DIMENSIONES</b>	<b>Abertura:</b> 1x1 metros <b>Profundidad:</b> 1.50m	

### PERFIL DE ESTRATIGRAFÍA

<b>CALICATAS</b>	C3	<b>Nivel freático</b>	N.P.	<b>COORDENADA S</b>	8999008.73 m N 766817.44 m E

Profun. (m)	Altura de los estratos (m.)	Muestra	NF	Estrato descrito visualmente	Clasificación S.U.C.S. / A.A.S.H.T.O.	Simbologías	Observaciones
	0.20	M - 1	N O	<b>0.00 – 0.20-</b> RELLENO INADECUADO, PRESENCIA DE MATERIALES INAPROPIADOS TALES COMO RESTOS DE PLANTAS Y BASURA	SP-SM A - 3 (0)		-----
	1.30			<b>0.20 - 1.50-</b> ARENA MAL GRADUADA COLOR BEIGE, NO PRESENTO PLASTICIDAD, 0.0% DE GRAVAS, 92.78% DE ARENA, 7.22% DE FINOS.			
1.50							

<b>TESIS:</b>	<b>“DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020”</b>	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	<b>Lugar:</b> A.H. Ampliación La Unión <b>Distrito:</b> Chimbote <b>Provincia:</b> Santa <b>Departamento:</b> Ancash	<b>PERFORACIÓN</b>  <b>C-4</b>
<b>TECNICAS DE INVESTIGACIÓN</b>	Extracción de calicatas	
<b>DIMENSIONES</b>	<b>Abertura:</b> 1x1 metros <b>Profundidad:</b> 1.50m	

**PERFIL ESTRATIGRAFICO DE SUELO**

<b>CALICATAS</b>	C4	<b>Nivel freático</b>	N.P.	<b>COORDENADAS</b>	8999062.42 m N 766689.77 m E
------------------	----	-----------------------	------	--------------------	---------------------------------

Profun. (m)	Altura de los estratos (m.)	Muestra	NF	Descripción Visual del Estrato	Clasificación S.U.C.S. / A.A.S.H.T.O.	Simbologías	Observaciones
0.00 - 0.15	0.15			0.00 - 0.15- RELLENO INADECUADO, PRESENCIA DE MATERIALES INAPROPIADOS TALES COMO RESTOS DE PLANTAS Y BASURA			
0.15 - 1.50	1.35	M1	NO	0.15 - 1.50 - ARENA MAL GRADUADA COLOR BEIGE, NO PRESENTO PLASTICIDAD, 0.0% DE GRAVAS, 90.03% DE ARENA, 9.97% DE FINOS.	SP-SM A - 3 (0)		----
1.50							

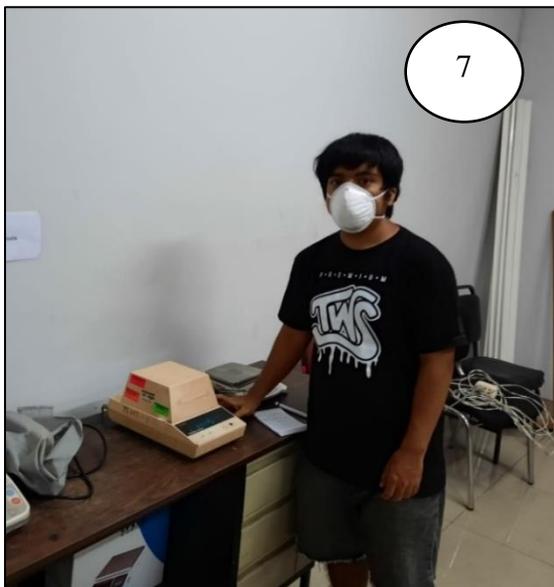
7.1.2 ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO.



FOTOGRAFÍA N° 1, 2, 3 y 4: Excavación y extracción de muestras C1, C2, C3 y C4



FOTOGRAFÍA N° 5 y 6: Rotulación de taras.



FOTOGRAFÍA N° 7: Peso de las taras en la balanza de precisión.



FOTOGRAFÍA N° 8: Se cuarteó de la muestra representativa.



FOTOGRAFÍA N° 9: Muestras en taras que fueron llevadas al horno.



FOTOGRAFÍA N° 10: Secado de muestras para determinar el porcentaje de contenido de humedad.



FOTOGRAFÍA N° 11: Muestra representativa del suelo, pasado por el tamiz N°40.



FOTOGRAFÍA N° 12: Ensayos de límite líquido usando la copa de Casagrande para la muestra C1.



FOTOGRAFÍA N° 13: Materiales utilizados para el ensayo de límite líquido.



FOTOGRAFÍA N° 14: Ensayo del límite plástico de la muestra C1.



FOTOGRAFÍA N° 15 y 16: Realización de tamizaje, para determinar su análisis granulométrico.



FOTOGRAFÍA N° 17: Llenado con agua destilada y vertido de una muestra representativa, hasta la marca de calibración en el picnómetro.

FOTOGRAFÍA N° 18: Proceso de ebullición para posteriormente determinar la gravedad específica de sólidos del suelo, mediante picnómetro de agua.



19



20

FOTOGRAFÍA N° 19: Se realizó el pesado del molde para el ensayo de Proctor modificado.

FOTOGRAFÍA N° 20: Compactación, mediante un pisón manual dando 25 golpes por capa.



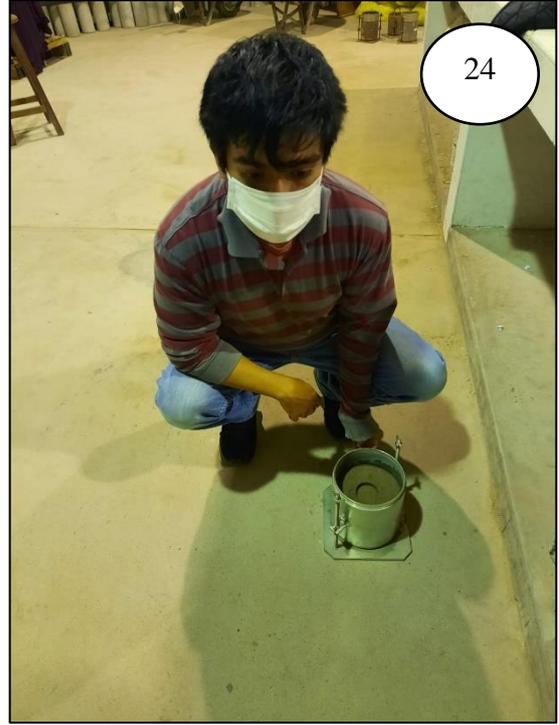
21



22

FOTOGRAFÍA N° 21: Los moldes fueron colocados en una tina con agua durante 4 días para el proceso de saturación.

FOTOGRAFÍA N° 22: Previamente se colocaron las cargas en los moldes del C.B.R.



FOTOGRAFÍA N° 23 y 24: Se realizó la penetración con la máquina de C.B.R.



FOTOGRAFÍA N° 25: Ensayo de límites de consistencia a las muestras de suelo con adición de cal o cemento.



FOTOGRAFÍA N° 26 y 27: Se colocó los moldes con muestras de suelo con adición de cal o cemento para el proceso de saturación.



FOTOGRAFÍA N° 28 y 29: Se colocó el molde, con muestra de suelo más cal o cemento, en la máquina para el ensayo de C.B.R.



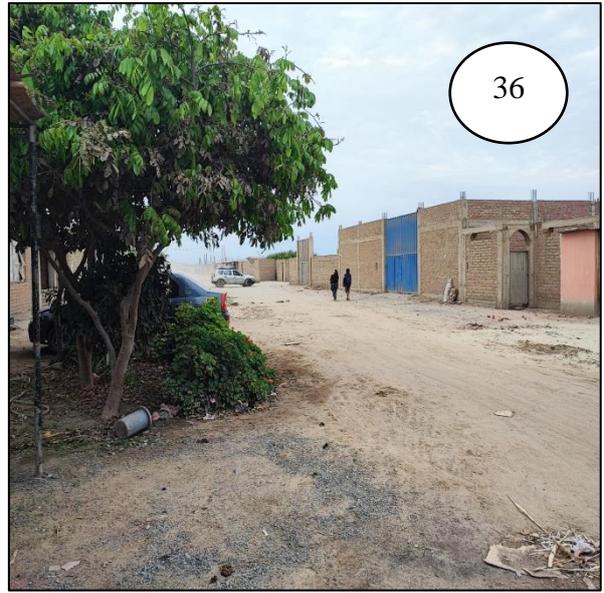
FOTOGRAFÍA N° 30: Se usó el cemento Portland tipo I para estabilizar el suelo.



FOTOGRAFÍA N° 31: Se usó la cal de construcción para estabilizar el suelo.



FOTOGRAFÍA N° 32: Se realizó el conteo del tráfico vehicular en formatos.



FOTOGRAFÍA N° 33, 34, 35 y 36: Estado actual de las vías de la zona de estudio.

7.1.3 ANEXO 3: CONFIABILIDAD Y VALIDEZ DE LOS INSTRUMENTO DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE.

**CUADRO PARA LA EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

TESIS: “Diseño de pavimento estabilizando la subrasante con cal y cemento en asentamiento humano Ampliación La Unión, Chimbote - 2020”

EXPERTO: JEFATURA DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO - UNS

INTRUCCIONES: Marcar con una X en las columnas de SI o NO luego de evaluar las preguntas del cuadro. De existir observaciones, indicarlas en el cuadro.

N°	PREGUNTA	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿Los instrumentos presentan un diseño adecuado?	X		
2	¿Los instrumentos tienen relación con el título de la investigación?	X		
3	¿Los instrumentos facilitarán lograr los objetivos de investigación?	X		
4	¿Los instrumentos se relacionan con las variables de estudio?	X		
5	¿Los instrumentos facilitarán el análisis y procesamiento de datos?	X		
6	¿Los instrumentos son claros, precisos y sencillos de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	X		
7	¿En los instrumentos se mencionan las variables de investigación?	X		
8	¿Los instrumentos se relacionan con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		



JEFATURA DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO - UNS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**Proyecto** : DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO  
 AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN**  
**MUESTRA**

**Fecha**  
**Responsables**

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC - E 108)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No				
		1	2	3	4	5
1. Peso Tara, [gr]						
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)					
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)					
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100					
7. Contenido de Humedad PROM, [%]	%					





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

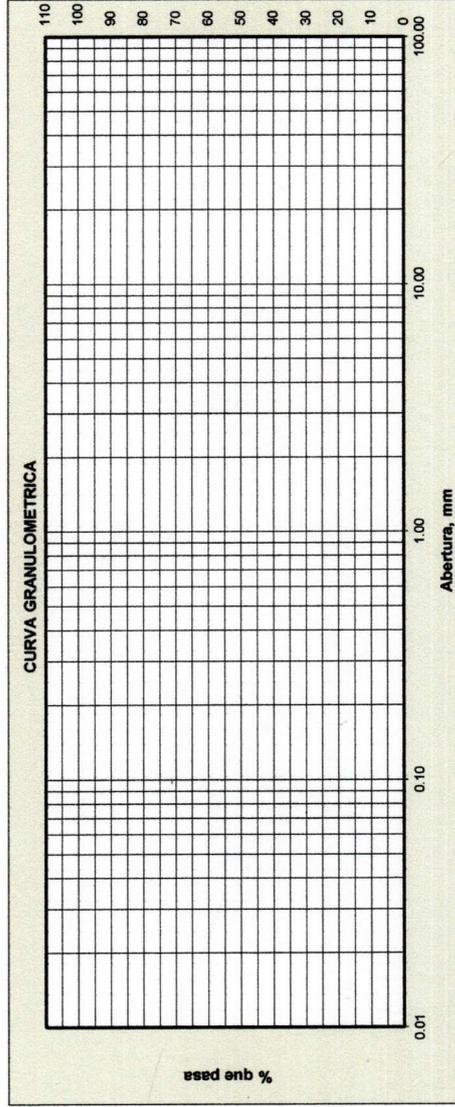
**Proyecto** : DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO  
 AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN**  
**MUESTRA**

**Fecha**  
**Responsables**

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)**

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000		
1 1/2"	38.100		
3/4"	19.050		
3/8"	9.525		
N° 4	4.760		
N° 10	2.000		
N° 20	0.840		
N° 40	0.420		
N° 60	0.250		
N° 100	0.150		
N° 200	0.074		
< N° 200			





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

<b>PROYECTO :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020
<b>MUESTRA N°:</b> <b>PROFUNDIDAD (m):</b> <b>FECHA:</b> <b>UBICACIÓN:</b>	

**DATOS Y CALCULOS**

GRAVEDAD ESPECÍFICA		
Muestra	N°	
Temperatura De Mezcla	°C	
Densidad Del Agua	(g/cm <sup>3</sup> )	
Factor De Corrección	(k)	
Picnómetro	N°	
Volumen Del Picnómetro	(ml)	
Peso Del Picnómetro	(g)	
Peso Del Picnómetro+Suelo+Agua	(g)	
Numero De Recipiente De Traspaso	N°	
Peso De Recipiente De Traspaso	(g)	
Peso De Recipiente De Traspaso + Suelo Seco	(g)	
Peso De Suelo Seco	(g)	
Masa Picnómetro lleno de agua a temperatura de ensayo (Mpw,t)	(g)	



GRAVEDAD ESPECÍFICA : \_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBIACIÓN:

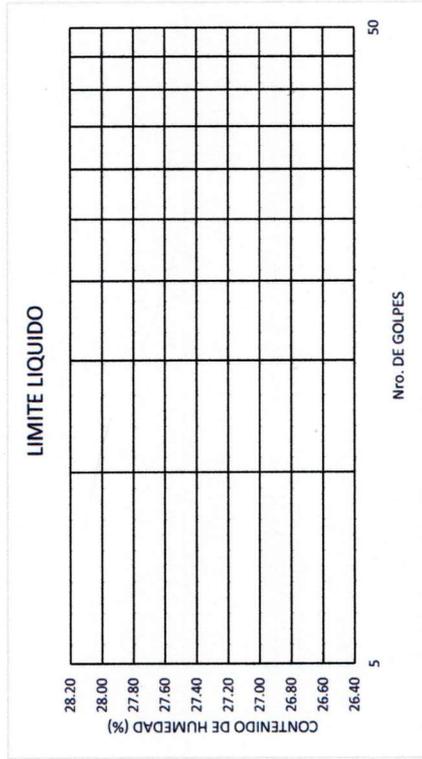
MUESTRA:

FECHA:

	LÍMITES DE CONSISTENCIA	
	LÍMITE LIQUIDO	LÍMITE PLASTICO
TARA		
Nro. DE GOLPES		
PESO TARA		
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)		
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)		
PESO DEL AGUA		
PESO SUELO SECO		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		

METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424

VALORES LP	
I	
II	
LP=	



LL	LP	IP



**Proyecto** : DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN MUESTRA**

**Fecha Responsables**

**1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO SUCS**

**A. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N#200**

% QUE PASA LA MALLA N#200	
TIPO DE SUELO	

**B. TIPO DE SUELO FINO**

**B.1 LIMITE LIQUIDO <50**

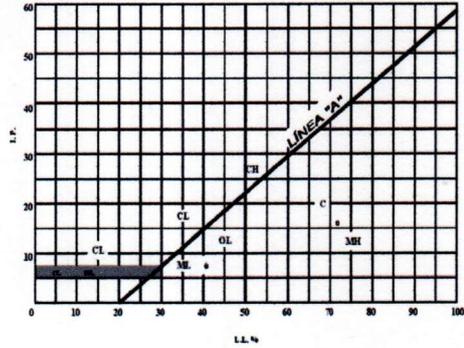
LIMITE LIQUIDO	
TIPO DE SUELO	

**B.2 CRITERIO SEGUN LA CARTA DE PLASTICIDAD**

LIMITE LIQUIDO	
LIMITE PLASTICO	
INDICE PLASTICIDAD	

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO

CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)



**2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO AASHTO**

**A. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA**

% QUE PASA LA MALLA N#10	
% QUE PASA LA MALLA N#40	
% QUE PASA LA MALLA N#200	
TIPO DE SUELO	

**B. TIPO DE MATERIAL LIMOARCILLOSO**

LIMITE LIQUIDO	
LIMITE PLASTICO	
INDICE DE GRUPO	

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO(MTC E 115)

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBIACIÓN:

MUESTRA:

FECHA:

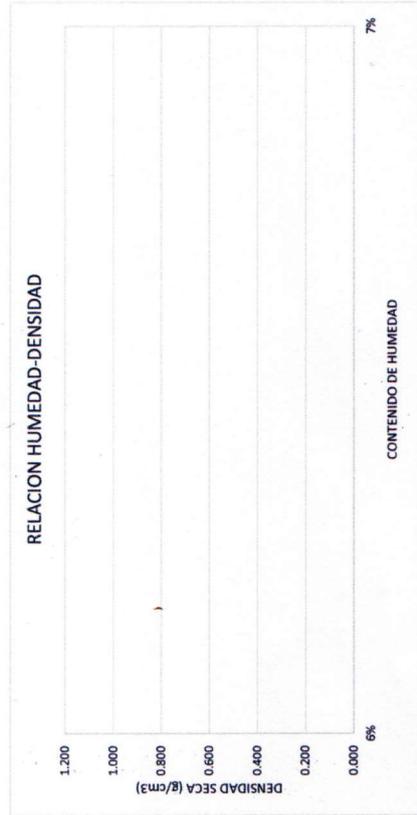
Peso(gramos) del MOLDE
Altura interior(cm)
Diámetro interior(cm)
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
PESO DEL TARRO (grs)					
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA					
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)					
PESO DEL AGUA (grs)					
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)					
% PROMEDIO					

%PROMEDIO	DENS. SECA

CONTENIDO DE HUMEDAD %	
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	
PESO DEL MOLDE (grs)	
PESO DEL SUELO (grs)	
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	

MDS
OCH



Ficha técnica determinar el CBR (ASTM D 1883)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883**

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN:**

**FECHA:**

**MUESTRA :**

**RESPONSABLES:**

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>MUESTRA:</b>	
<b>CLASIFICACIÓN SUCS:</b>	

<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	

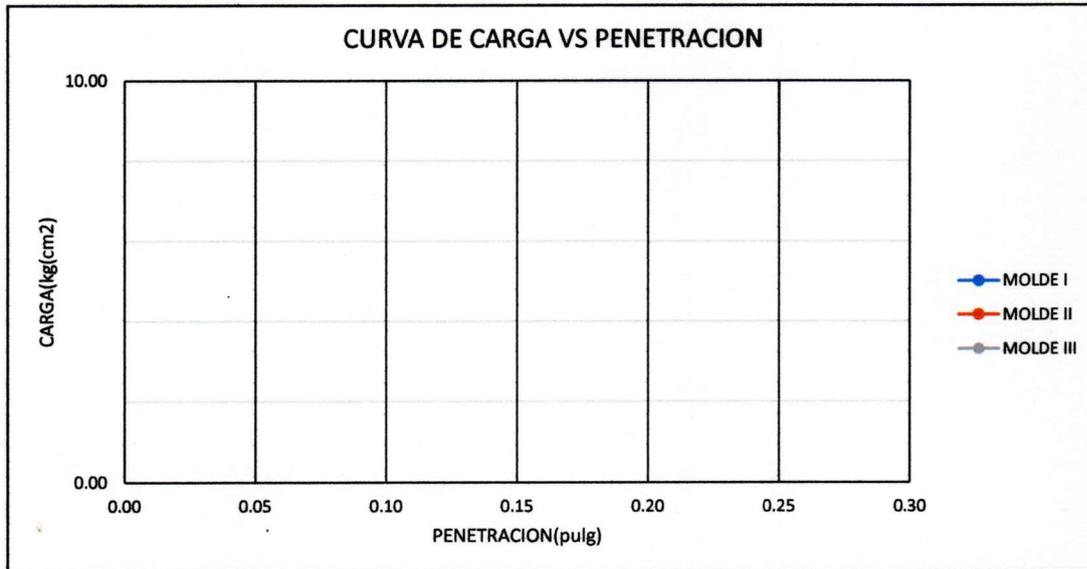
**COMPACTACIÓN**

Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	12	26	56
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)			
Peso del molde (gramos)			
Peso del suelo húmedo (grs.)			
Volumen del molde (cc)			
Densidad húmeda (grs./cm3)			
Densidad seca (grs./cm3)			
<b>Tarro N°</b>			
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)			
Peso del tarro + suelo seco (grs.)			
Peso del agua (grs.)			
Peso del tarro (grs.)			
Peso del suelo seco (grs.)			
% de humedad			



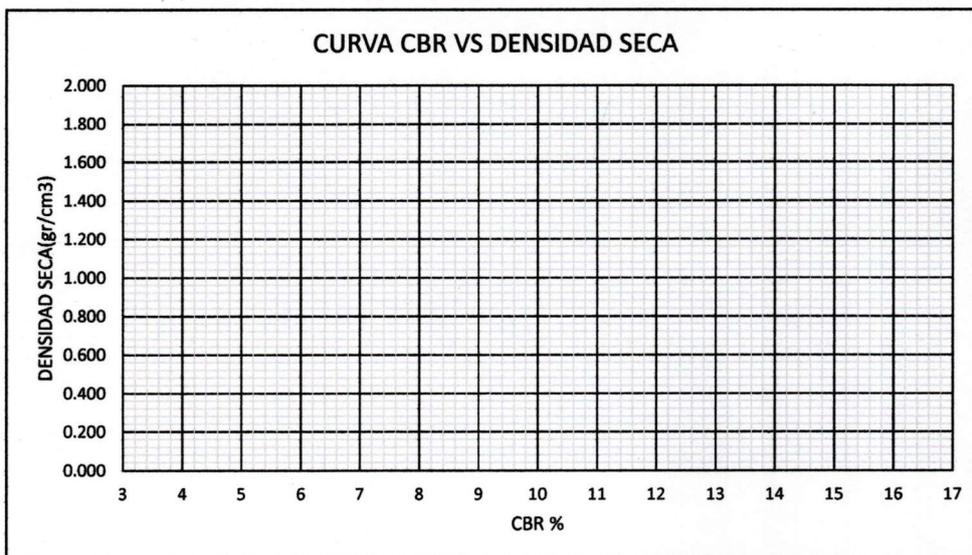
**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
pulg	mm		CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00							
0.025	0.64							
0.050	1.27							
0.075	1.91							
0.100	2.54	70.00						
0.150	3.81							
0.200	5.08	105.00						
0.250	6.35							
0.300	7.62							



MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	Esfuerzo corregido	Expansión	C.B.R (%)
I	0.1		70.49			
II	0.1		70.49			
III	0.1		70.49			

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	Esfuerzo corregido	Expansión	C.B.R (%)
I	0.1		100.69			
II	0.1		100.69			
III	0.1		100.69			



	0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS		
C.B.R para 95% MDS		

7.1.4 ANEXO 4: VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE.

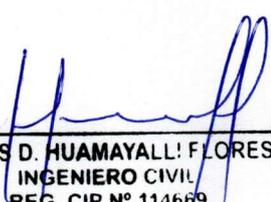
**CUADRO PARA LA EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

TESIS: "Diseño de pavimento estabilizando la subrasante con cal y cemento en asentamiento humano Ampliación La Unión, Chimbote - 2020"

EXPERTO: ING. JESÚS D. HUAMAYALLI FLORES

INTRUCCIONES: Marcar con una X en las columnas de SI o NO luego de evaluar las preguntas del cuadro. De existir observaciones, indicarlas en el cuadro.

N°	PREGUNTA	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿Los instrumentos presentan un diseño adecuado?	X		
2	¿Los instrumentos tienen relación con el título de la investigación?	X		
3	¿Los instrumentos facilitarán lograr los objetivos de investigación?	X		
4	¿Los instrumentos se relacionan con las variables de estudio?	X		
5	¿Los instrumentos facilitarán el análisis y procesamiento de datos?	X		
6	¿Los instrumentos son claros, precisos y sencillos de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	X		
7	¿En los instrumentos se mencionan las variables de investigación?	X		
8	¿Los instrumentos se relacionan con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		

  
JESUS D. HUAMAYALLI FLORES  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 114669

ING. JESUS D. HUAMAYALLI FLORES

## CÁLCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES - ESAL - PAV. FLEXIBLE

**TESIS:** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO  
AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

<b>PERIODO DE DISEÑO</b>	<b>AÑOS</b>		
Tasa de Crecimiento en Áncash - 2022	$r_{vp} =$		(vehículos de pasajeros)
	$r_{vc} =$		(vehículos de carga)

FUERZA DE PRESIÓN (Fb)	
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	
FACTOR CARRIL (Fc)	

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo		
Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automovil		
Camioneta		
C.R.		
Micro		
Bus Grande		
Camión 2E		
Camión 3E		
Camión 4E		
Semi Traylor 2S1 /2S2		
Semi Traylor 2S3		
Semi Traylor 3S1 /3S2		
Semi Traylor ≥3S3		
Traylor 2T2		
Traylor 2T3		
Traylor 3T2		
Traylor ≥3T3		
IMD		

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	EJE DELANTER	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES		
	O	1RO	2DO	3RO
Bus Grande	7	16		
2E	7	11		
3E	7	18		
4E	7	23		
2S1 /2S2	7	11	18	
2S3	7	11	25	
3S1 /3S2	7	18	18	
≥3S3	7	18	25	
2T2	7	11	11	11
2T3	7	11	11	18
3T2	7	18	11	11
≥3T3	7	18	11	18

	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			Fvp.
		1	2	3	
Bus Grande	1.27	1.37			2.63
2E	1.27	3.24			4.50
3E	1.27	2.02			3.28
4E	1.27	1.51			2.77
2S1 /2S2	1.27	3.24	2.02		6.52
2S3	1.27	3.24	1.71		6.21
3S1 /3S2	1.27	2.02	2.02		5.30
≥3S3	1.27	2.02	1.71		4.99
2T2	1.27	3.24	3.24	3.24	10.98
2T3	1.27	3.24	3.24	2.02	9.76
3T2	1.27	2.02	3.24	3.24	9.76
≥3T3	1.27	2.02	3.24	2.02	8.54

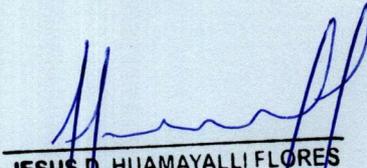
**DEMANDA PROYECTADA**

Para la proyección de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

- $T_n =$  Tránsito proyectado al año en vehículo por día
- $T_0 =$  Tránsito actual (año base) en vehículo por día
- $n =$  año futuro de proyección
- $r =$  tasa anual de crecimiento de tránsito

  
**JESUS D. HUAMAYALLI FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 114669

DEMANDA PROYECTADA		
Tipo de Vehículo	IMDpi	Distribución (%)
Automovil		
Camioneta		
C.R.		
Micro		
Bus Grande		
Camión 2E		

Camión 3E		
Camión 4E		
Semi Trayler 2S1 /2S2		
Semi Trayler 2S3		
Semi Trayler 3S1 /3S2		
Semi Trayler ≥3S3		
Trayler 2T2		
Trayler 2T3		
Trayler 3T2		
Trayler ≥3T3		
IMD		

**FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO:**

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Fca V. Ligeros=	
Fca V. Pesados=	

**EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO:**

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{PI} * F_D * F_C * F_{VPI} * F_{PI}$$

**EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO**

Tipo de Vehículo	EE <sub>día-carril</sub>	Distribución (%)
Bus Grande		
Camión 2E		
Camión 3E		
Camión 4E		
Semi Trayler 2S1 /2S2		
Semi Trayler 2S3		
Semi Trayler 3S1 /3S2		
Semi Trayler ≥3S3		
Trayler 2T2		
Trayler 2T3		
Trayler 3T2		
Trayler ≥3T3		
IMD		

**NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE**

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365)]$$

**Nrep de  $EE_{8.2tn}$  = EE**

  
**JESUS D. HUAMAYALLI FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 114669

## CÁLCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES - ESAL - PAV. RÍGIDO

TESIS:

DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO  
AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

PERIODO DE DISEÑO

AÑOS

Tasa de Crecimiento por Región en %

$r_{vp} =$

(vehículos de pasajeros)

$r_{vc} =$

(vehículos de carga)

FUERZA DE PRESIÓN (Fb)

FACTOR DIRECCIONAL (Fd)

FACTOR CARRIL (Fc)

### TRÁFICO ACTUAL POR TIPO DE VEHÍCULO

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automovil		
Camioneta		
C.R.		
Micro		
Bus Grande		
Camión 2E		
Camión 3E		
Camión 4E		
Semi Traylor 2S1 /2S2		
Semi Traylor 2S3		
Semi Traylor 3S1 /3S2		
Semi Traylor ≥3S3		
Traylor 2T2		
Traylor 2T3		
Traylor 3T2		
Traylor ≥3T3		
<b>IMD</b>	<b>0</b>	

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	EJE DELANTER	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES		
	O	1RO	2DO	3RO
Bus Grande	7	16		
2E	7	11		
3E	7	18		
4E	7	23		
2S1 /2S2	7	11	18	
2S3	7	11	25	
3S1 /3S2	7	18	18	
≥3S3	7	18	25	
2T2	7	11	11	11
2T3	7	11	11	18
3T2	7	18	11	11
≥3T3	7	18	11	18

### FACTORES DE EQUIVALENCIA O DAÑO

	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			Fvp.
		1	2	3	
Bus Grande	1.27	2.34			3.62
2E	1.27	3.33			4.61
3E	1.27	3.46			4.73
4E	1.27	3.69			4.96
2S1 /2S2	1.27	3.33	3.46		8.07
2S3	1.27	3.33	4.16		8.77
3S1 /3S2	1.27	3.46	3.46		8.19
≥3S3	1.27	3.46	4.16		8.90
2T2	1.27	3.33	3.33	3.33	11.28
2T3	1.27	3.33	3.33	3.46	11.40
3T2	1.27	3.46	3.33	3.33	11.40
≥3T3	1.27	3.46	3.33	3.46	11.52

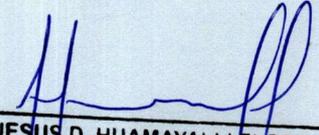
### DEMANDA PROYECTADA

Para la proyección de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

$T_n =$  Tránsito proyectado al año en vehículo por día  
 $T_0 =$  Tránsito actual (año base) en vehículo por día  
 $n =$  año futuro de proyección  
 $r =$  tasa anual de crecimiento de tránsito

  
**JESUS D. HUAMAYALLI FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 114669

### DEMANDA PROYECTADA

Tipo de Vehículo	IMDpi	Distribución (%)
Automovil		
Camioneta		
C.R.		
Micro		

Bus Grande		
Camión 2E		
Camión 3E		
Camión 4E		
Semi Traylor 2S1 /2S2		
Semi Traylor 2S3		
Semi Traylor 3S1 /3S2		
Semi Traylor ≥3S3		
Traylor 2T2		
Traylor 2T3		
Traylor 3T2		
Traylor ≥3T3		
IMD		

**FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO:**

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Fca V. Ligeros=	
Fca V. Pesados=	

**EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO:**

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{PI} * F_D * F_C * F_{VPI} * F_{PI}$$

**EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO**

Tipo de Vehículo	EE <sub>día-carril</sub>	Distribución (%)
Bus Grande		
Camión 2E		
Camión 3E		
Camión 4E		
Semi Traylor 2S1 /2S2		
Semi Traylor 2S3		
Semi Traylor 3S1 /3S2		
Semi Traylor ≥3S3		
Traylor 2T2		
Traylor 2T3		
Traylor 3T2		
Traylor ≥3T3		
IMD		

**NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2tn**

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365)]$$

**Nrep de  $EE_{8.2tn}$  = EE**

  
**JESUS D. HUAMAYALLI FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 114669

Formato de clasificación vehicular, estudio de tráfico (M.T.C.)

VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO

TESIS: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

Cod Estación  
Estación

Ubicacion  
Sentido  
Dia

DIA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER			TRAYLERS			TOTAL	PORC. %
			PICK UP	PANEL		COMBI	2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2		
JUEVES																		
VIERNES																		
SABADO																		
DOMINGO																		
LUNES																		
MARTES																		
MIERCOLES																		
TOTAL																		
IMD																		
%																		
<b>VEHICULOS LIGEROS</b>															<b>VEHICULOS PESADOS</b>			

TRAFICO VEHICULAR  
IMD Sin Corrección  
(Vehículo)

Tipo de Vehículos	IMDS	Distrib. %
Autos		
Station Wagon		
Camioneta Pick Up		
Camioneta Panel		
COMBI		
Micro		
Onnibus 2E y 3E		
Camión 2E		
Camión 3E		
Camión 4E		
Semi trayler		
Trayler		
TOTAL IMD		

**CALCULO DEL IMD**  
Resumen de Metodología

IMD =  $\frac{VS}{7}$

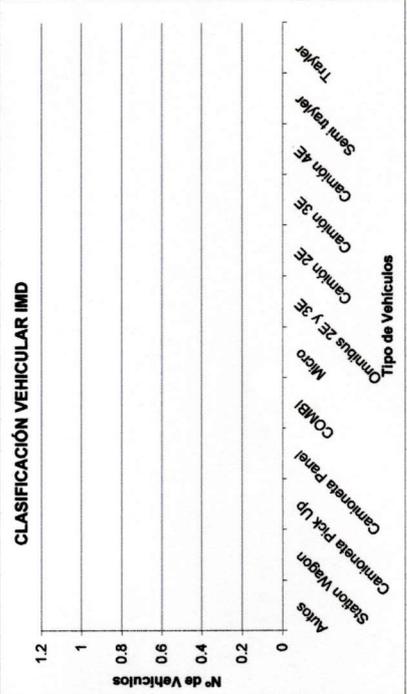
VS = Volumen Promedio Semanal

Fc Veh. Ligeros = Vehículos por día

Fc Veh. Pesados = V. x año

TRAFICO VEHICULAR  
IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR  
(Vehículo)

Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Autos		
Station Wagon		
Camioneta Pick Up		
Camioneta Panel		
COMBI		
Micro		
Onnibus 2E y 3E		
Camión 2E		
Camión 3E		
Camión 4E		
Semi trayler		
Trayler		
TOTAL IMD		



*[Signature]*  
**JESUS D. HUAMAYALLI FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 114669



## DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos flexible.

#### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{1094} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr) - 8.07$$

$$0.4 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}$$

Donde:

SN	=	Número Estructural
W18	=	Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	=	Desviación Estándar Normal
So	=	Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	=	Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	=	Serviciabilidad Inicial
Pt	=	Serviciabilidad Final
Mr	=	Módulo de Resiliencia

#### VARIABLES DEL DISEÑO

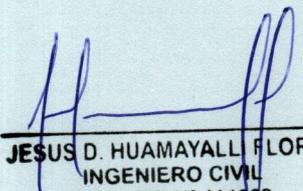
##### NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

#### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

##### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	
ESAL's(W18) =	

  
**JESUS D. HUAMAYALL FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 114669

#### 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

**R (%) =                      %**

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR ( $Z_r$ ).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar $Z_r$
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$Z_r =$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO ( $S_o$ ):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado  $S_o$ , cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígido	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$S_o =$

### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Según la CE.010 el valor de  $P_o$  para pavimentos flexibles es 4.2

Según la CE.010 el valor de  $P_t$  para vías locales es 2.0

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$P_o =$    
 $P_t =$

$\Delta$  PSI =  $P_o - P_t$

$\Delta$  PSI =

  
JESUS D. HUAMAYALLI FLORES  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 114669

**5. MÓDULO RESILIENTE (Mr)**

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

CBR = %

Mr = PSI

Número Estructural requerido SN =

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$

... Ecuación I

$9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr)$

... Ecuación II

**NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).**

$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$

SN	=	Número Estructural.
a1,2,3	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
d1,2,3	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
m2,3	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a1 =

a2 =

a3 =

**CALIDAD DE DRENAJE**

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m2 =

m3 =

  
**JESUS D. HUAMAYALLI FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 114669

Espesor de capa Superficial **D1 =**  **PULG.**

Espesor de Base **D2 =**  **PULG.**

Espesor de Subbase **D3 =**  **PULG.**

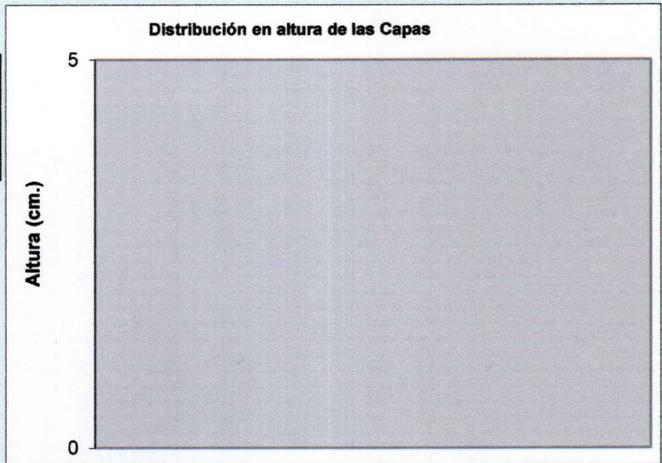
Número Estructural requerido **SN =**

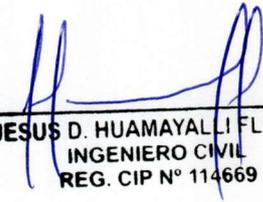
Número Estructural calculado **SN =**

Comparando ambos "SN"

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

	Pulg.	Cm.
Carpeta asfáltica	e=	
Base Granular	e=	
Subbase granular	e=	



  
**JESUS D. HUAMAYALLI FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 114669

## DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

#### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{K})^{0.25}})}\right]$$

Donde:	
D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).
Cd	= Coeficiente de Drenaje
J	= Coeficiente de Transferencia de Carga
Ec	= Módulo de Elasticidad de concreto
K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

#### VARIABLES DEL DISEÑO

##### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

##### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =

ESAL's(W18) =

  
**JESUS D. HUAMAYALLI FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 114669

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = \quad \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR ( $Z_r$ ).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar $Z_r$
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r =$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO ( $S_o$ ):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado  $S_o$ , cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 - 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o =$$

## 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

Según la CE.010 el valor deseable de  $P_o$  para pavimentos flexibles es 4.5

Según la CE.010 el valor de  $P_t$  para vías locales es 2.0

  
JESUS D. HUAMAYALLI FLORES  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 114669

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	
Pt =	

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$\Delta PSI =$	
----------------	--

### 5. MÓDULO DE RUPTURA (S'c)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) ó módulo de ruptura normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar  $F'c =$   Kg/cm<sup>2</sup>

$$S'c = 1.99 \text{ a } 3.18 \cdot (F'c)^{1/2} \text{ en kg/cm}^2$$

$$S'c = 2.58 \cdot (F'c)^{1/2} =$$

TIPO DE PAVIMENTO	S'c RECOMENDADO Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

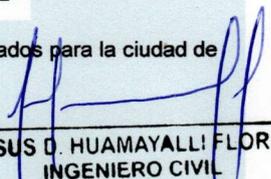
S'c =	<input type="text"/>	Psi
-------	----------------------	-----

### 6. DRENAJE (Cd)

Calidad de drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Insuficiente	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Insuficiente	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Los materiales lo consideramos como calidad regular, y estará expuesto el 7%, valor máximo de días mojados para la ciudad de Chimbote

Cd =	<input type="text"/>
------	----------------------

  
**JESUS D. HUAMAYALL FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 114669

### 7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Tipo de Pavimento	Berma de Asfalto		Berma de Ho. Vinculada	
	Disp. de Transferencia		Disp. de Transferencia	
	si	no	si	no
Junta Sencilla y Junta Reforzada	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Continuamente Reforzada	2.9 - 3.2	N/D	2.3 - 2.9	N/D

J =	<input type="text"/>
-----	----------------------

### 8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$$F'c = \text{kg/cm}^2 = \text{PSI}$$

$$Ec = 57000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En PSI)}$$

$$Ec = 150000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En Kg/cm}^2\text{)}$$

$$Ec = \text{Psi}$$

### 9. MODULO DE REACCION DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuesto algunas correlaciones de "K" a partir de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, se utilizo el diagrama de la Guía AASHTO 1933:

Módulo de reacción de subrasante K																
100	150	200	250	300	400	500	600	700								
27.1	40.7	54.2	67.8	81.5	108.4	135.5	182.6	189.7								
Valor Soporte																
10		20	30	40	50	60										
68.9		157.8	206.7	275.6	344.5	415.4										
Valor Soporte California CBR																
3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	50	60	70	100

Figura 4.5. Clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia

$$\text{CBR sub rasante} = \%$$

$$K = \text{pci}$$

### 10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la fórmula General AASHTO:

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10}\left[215.63 \frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}})}\right]$$

JESUS D. HUAMAYALLI FLORES  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 114669

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

D = in

$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$  ... Ecuación I

$$7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

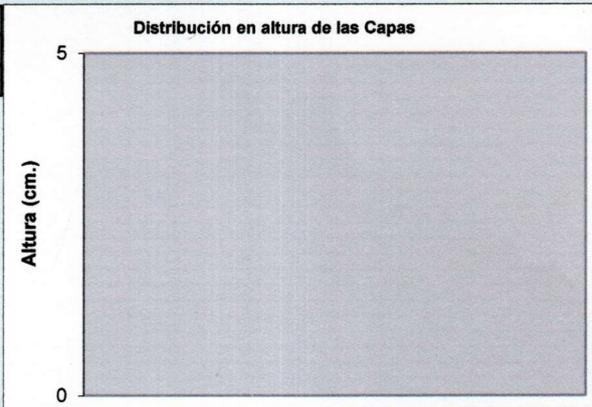
$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right] =$  ... Ecuación II

Espesor de la Losa de Concreto

D = PULG.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO  
 Losa de C° Hidráulico  
 Base Granular

	PULG.	CM
e=		
e=		



*[Handwritten Signature]*  
**JESUS D. HUAMAYALLI FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 114669

## 7.1.5 ANEXO 5: ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS.

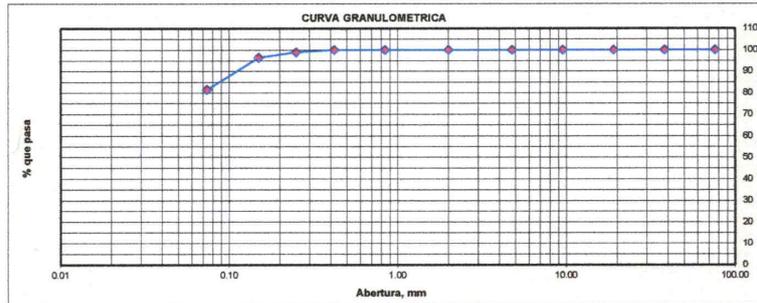


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

<b>Proyecto</b>	: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020	<b>Fecha</b>	: ABRIL-2021
<b>UBICACIÓN</b>	: Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	<b>Responsables</b>	: Tesistas
<b>MUESTRA</b>	: Calicata N°1-Estrato 1 de 0.00 a 1.50 m		

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

<b>Peso Total de la Muestra (gr)</b>	1000.91		
<b>Peso Final de la Muestra (gr)</b>	1000.77		
<b>Mallas</b>	<b>Abertura [mm]</b>	<b>Peso Retenido [grs]</b>	<b>% Pasa</b>
3"	76.000	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.00	100.00
N° 20	0.840	0.08	99.99
N° 40	0.420	0.10	99.98
N° 60	0.250	10.20	98.96
N° 100	0.150	25.60	96.40
N° 200	0.074	150.23	81.39
< N° 200		814.56	0.00



### 2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)

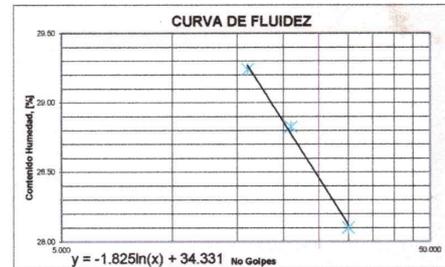
#### A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		m1a	2	3
1. No de Golpes		30.000	21.000	16.000
2. Peso Tara, [gr]		27.166	27.588	28.708
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		48.163	45.920	44.646
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		43.557	41.818	41.040
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	4.606	4.102	3.606
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	16.391	14.230	12.332
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	28.101	28.826	29.241

LL  
28.33

#### B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

Procedimiento	Fórmula	Tara No	
		1	2
1. Peso Tara, [gr]		27.664	27.920
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		34.187	33.952
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		32.710	32.622
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	1.477	1.330
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	5.046	4.702
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	29.271	28.286



### 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC - E 108)

Procedimiento	Fórmula	Tara No				
		1	2	3	4	5
1. Peso Tara, [gr]		26.87	27.65	28.78	27.69	27.19
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		112.24	120.16	111.23	119.29	133.98
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		109.77	117.38	108.93	116.75	131.30
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	2.47	2.78	2.30	2.54	2.69
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	82.89	89.72	80.15	89.06	104.11
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	2.98	3.10	2.87	2.85	2.58
7. Contenido de Humedad PROM, [%]	%	2.88%				

### RESUMEN

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	0.00%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	0.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	18.61%
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	0.00%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	0.02%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	18.59%
Finos (Diam < No.200)	81.39%
Limite Líquido	28.33%
Limite Plástico	28.78%
Indice Plasticidad	0.00%
Peso Especifico	2.699
Contenido de Humedad	2.88%
Clasificación SUCS	ML
Clasificación AASHTO	A-4(0)



**Proyecto** : DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN** : Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

**Fecha** : ABRIL-2021

**MUESTRA** : Calicata N°1-Estrato 1 de 0.00 a 1.50 m

**Responsables** : Tesisistas

**1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO SUCS**

**A. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N°200**

% QUE PASA LA MALLA N°200	81.39
TIPO DE SUELO	SUELO DE GRANO FINO

**B. TIPO DE SUELO FINO**

**B.1 LIMITE LIQUIDO <50**

LIMITE LIQUIDO	26.96
TIPO DE SUELO	LIMOS Y ARCILLAS

**B.2 CRITERIO SEGUN LA CARTA DE PLASTICIDAD**

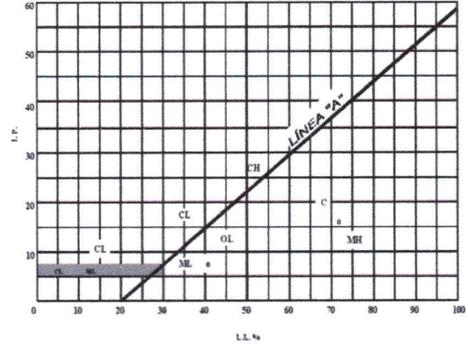
LIMITE LIQUIDO	28.33%
LIMITE PLASTICO	28.78%
INDICE PLASTICIDAD	0.00%

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO

ML

LIMO CON ARENA

CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)



**2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO AASHTO**

**A. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA**

% QUE PASA LA MALLA N°10	100.00
% QUE PASA LA MALLA N°40	99.98
% QUE PASA LA MALLA N°200	81.39
TIPO DE SUELO	MATERIAL LIMOSO ARCILLOSO

**B. TIPO DE MATERIAL LIMOARCILLOSO**

LIMITE LIQUIDO	28.33%
LIMITE PLASTICO	28.78%
INDICE DE GRUPO	0

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO

A-4(0)

SUELO LIMOSO



**Proyecto** : DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO  
 AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN** : Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa,  
 Departamento: Ancash

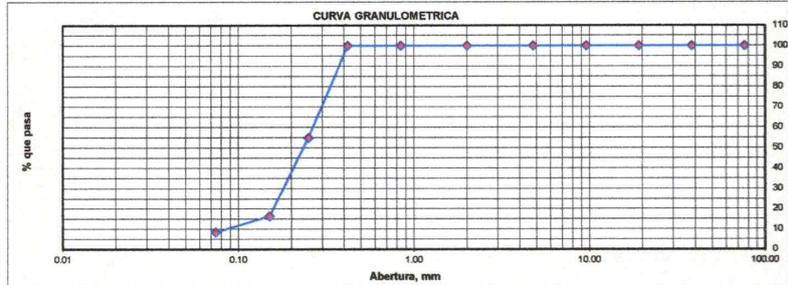
**Fecha** : ABRIL-2021

**MUESTRA** : Calicata N°2-Estrato 1 de 0.00 a 1.50 m

**Responsables** : Tesistas

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)**

<b>Peso Total de la Muestra(gr)</b>	1365.68		
<b>Peso Final de la Muestra(gr)</b>	1365.51		
<b>Mallas</b>	<b>Abertura [mm]</b>	<b>Peso Retenido [grs]</b>	<b>% Pasa</b>
3"	76.000	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.06	100.00
N° 20	0.840	0.08	99.99
N° 40	0.420	0.38	99.96
N° 60	0.250	617.75	54.72
N° 100	0.150	525.26	16.26
N° 200	0.074	108.10	8.34
< N° 200		113.88	0.00



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

**A. LIMITE LIQUIDO(MTC E 110)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		1	2	3
1. No de Golpes				
2. Peso Tara, [gr]				
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]				
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		NO PRESENTA		
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)			
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)			
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100			

**B. LIMITE PLASTICO(MTC E 111)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		1	2	3
1. Peso Tara, [gr]				
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]				
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		NO PLASTICO		
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)			
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)			
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100			



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC - E 108)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No				
		1	2	3	4	5
1. Peso Tara, [gr]		27.58	27.98	27.61	27.92	28.13
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		207.60	201.38	200.31	196.74	201.44
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		206.80	200.59	199.54	196.00	200.64
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.79	0.79	0.78	0.74	0.80
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	179.23	172.61	171.93	168.09	172.50
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	0.44	0.46	0.45	0.44	0.46
7. Contenido de Humedad PROM, [%]	%	0.45%				

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	0.00%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	0.00%
<b>Arena (No.200 &lt; Diam &lt; No.4)</b>	<b>91.66%</b>
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	0.00%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	0.03%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	91.62%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>8.34%</b>
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Peso Específico	2.654
Contenido de Humedad	0.45%
Clasificación SUCS	SP-SM
Clasificación AASHTO	A-3(0)



**Proyecto** : DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN** : Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

**Fecha** : ABRIL-2021

**MUESTRA** : Calicata N°2-Estrato 1 de 0.00 a 1.50 m

**Responsables** : Tesistas

### 1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO SUCS

#### A. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N°200

% QUE PASA LA MALLA N°200	8.34
TIPO DE SUELO	SUELO DE GRANO GRUESO

#### B. TIPO DE SUELO GRUESO

##### B.1 PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N°4

% QUE PASA LA MALLA N°4	100.00
TIPO DE SUELO	ARENAS

##### B.2 CRITERIO DE GRANULOMETRIA( 5% < FINOS < 12%)

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	3.09
COEFICIENTE DE CURVATURA	1.00
LIMITE LIQUIDO	N.P
LIMITE PLASTICO	N.P

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO

SP-SM

ARENA MAL GRADUADA CON LIMO

### 2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

#### A. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA

% QUE PASA LA MALLA N°10	100.00
% QUE PASA LA MALLA N°40	99.96
% QUE PASA LA MALLA N°200	8.34
TIPO DE SUELO	MATERIAL GRANULAR

#### B. TIPO DE MATERIAL GRANULAR

LIMITE LIQUIDO	N.P
LIMITE PLASTICO	N.P
INDICE DE GRUPO	0

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO

A-3(0)

ARENA FINA



**Proyecto** : DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN** : Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

**Fecha** : ABRIL-2021

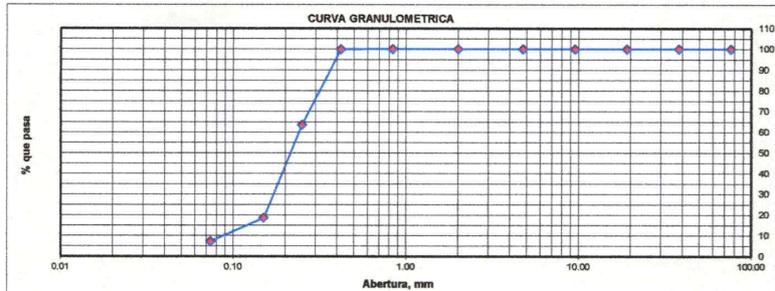
**MUESTRA** : Calicata N°3-Estrato 1 de 0.00 a 1.50 m

**Responsables** : Tesistas

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

<b>Peso Total de la Muestra( gr)</b>	1103.10
<b>Peso Final de la Muestra( gr)</b>	1102.83

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.15	99.99
N° 20	0.840	0.29	99.96
N° 40	0.420	1.49	99.82
N° 60	0.250	399.20	63.63
N° 100	0.150	497.60	18.51
N° 200	0.074	124.50	7.22
< N° 200		79.60	0.00



### 2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)

#### A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. No de Golpes		
2. Peso Tara, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		NO PRESENTA
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	

#### B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		NO PLASTICO
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	



### 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC - E 108)

Procedimiento	Fórmula	Tara No				
		1	2	3	4	5
1. Peso Tara, [gr]		26.872	27.654	28.777	27.688	27.192
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		205.463	203.426	205.145	201.123	198.246
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		204.612	202.643	204.271	200.259	197.368
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.851	0.783	0.874	0.864	0.878
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	177.740	174.989	175.494	172.571	170.176
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	0.48	0.45	0.50	0.50	0.52
7. Contenido de Humedad PROM, [%]	%	0.49%				

### RESUMEN

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	0.00%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	0.00%
<b>Arena (No.200 &lt; Diam &lt; No.4)</b>	<b>92.78%</b>
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	0.01%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	0.16%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	92.61%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>7.22%</b>
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Peso Específico	2.660
Contenido de Humedad	0.49%
Clasificación SUCS	SP-SM
Clasificación AASHTO	A-3(0)



**Proyecto** : DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO  
 AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN** : Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa,  
 Departamento: Ancash

**Fecha** : ABRIL-2021

**MUESTRA** : Calicata N°3-Estrato 1 de 0.00 a 1.50 m

**Responsables** : Tesisistas

**1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO SUCS**

**A. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N#200**

% QUE PASA LA MALLA N#200	7.22
TIPO DE SUELO	<b>SUELO DE GRANO GRUESO</b>

**B. TIPO DE SUELO GRUESO**

**B.1 PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N#4**

% QUE PASA LA MALLA N#4	100.00
TIPO DE SUELO	<b>ARENAS</b>

**B.2 CRITERIO DE GRANULOMETRIA( 5%<FINOS < 12%)**

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	2.72
COEFICIENTE DE CURVATURA	1.00
LIMITE LIQUIDO	N.P
LIMITE PLASTICO	N.P

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO

**SP-SM ARENA MAL GRADUADA CON LIMO**

**2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO AASHTO**

**A. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA**

% QUE PASA LA MALLA N#10	99.99
% QUE PASA LA MALLA N#40	99.82
% QUE PASA LA MALLA N#200	7.22
TIPO DE SUELO	<b>MATERIAL GRANULAR</b>

**B. TIPO DE MATERIAL GRANULAR**

LIMITE LIQUIDO	N.P
LIMITE PLASTICO	N.P
INDICE DE GRUPO	0

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO

**A-3(0) ARENA FINA**



**Proyecto** : DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN** : Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

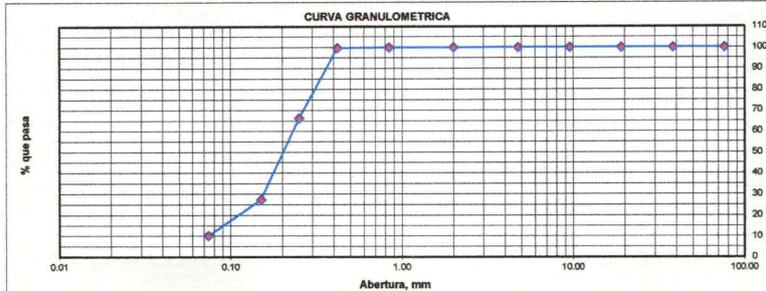
**MUESTRA** : Calicata N°4-Estrato 1 de 0.00 a 1.50 m

**Fecha** : ABRIL-2021

**Responsables** : Tesistas

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)**

<b>Peso Total de la Muestra(gr)</b>	1144.66		
<b>Peso Final de la Muestra(gr)</b>	1144.51		
<b>Mallas</b>	<b>Abertura [mm]</b>	<b>Peso Retenido [grs]</b>	<b>% Pasa</b>
3"	76.000	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.35	99.97
N° 20	0.840	0.97	99.88
N° 40	0.420	2.40	99.67
N° 60	0.250	382.53	66.25
N° 100	0.150	446.38	27.25
N° 200	0.074	197.74	9.97
< N° 200		114.14	0.00



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

**A. LIMITE LIQUIDO(MTC E 110)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		1	2	3
1. No de Golpes				
2. Peso Tara, [gr]				
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]				
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		NO PRESENTA		
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)			
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)			
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100			

**B. LIMITE PLASTICO(MTC E 111)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		1	2	3
1. Peso Tara, [gr]				
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]				
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		NO PLASTICO		
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)			
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)			
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100			



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC - E 108)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No				
		1	2	3	4	5
1. Peso Tara, [gr]		27.58	27.98	27.61	27.92	28.13
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		203.27	201.16	204.98	197.65	200.47
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		202.53	200.42	204.24	196.91	199.77
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.74	0.74	0.74	0.74	0.71
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	174.95	172.44	176.64	168.99	171.64
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	0.42	0.43	0.42	0.44	0.41
7. Contenido de Humedad PROM, [%]	%	0.42%				

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	0.00%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	0.00%
<b>Arena (No.200 &lt; Diam &lt; No.4)</b>	<b>90.03%</b>
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	0.03%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	0.29%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	89.70%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>9.97%</b>
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Peso Específico	2.656
Contenido de Humedad	0.42%
Clasificación SUCS	SP-SM
Clasificación AASHTO	A-3(0)



**Proyecto** : DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO  
 AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN** : Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa,  
 Departamento: Ancash

**Fecha** : ABRIL-2021

**MUESTRA** : Calicata N°4-Estrato 1 de 0.00 a 1.50 m

**Responsables** : Tesistas

**1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO SUCS**

**A. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N#200**

% QUE PASA LA MALLA N#200	9.97
TIPO DE SUELO	SUELO DE GRANO GRUESO

**B. TIPO DE SUELO GRUESO**

**B.1 PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N#4**

% QUE PASA LA MALLA N#4	100.00
TIPO DE SUELO	ARENAS

**B.2 CRITERIO DE GRANULOMETRIA( 5<%FINOS < 12%)**

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	3.11
COEFICIENTE DE CURVATURA	1.00
LIMITE LIQUIDO	N.P
LIMITE PLASTICO	N.P

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO

**SP-SM ARENA MAL GRADUADA CON LIMO**

**2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL METODO AASHTO**

**A. PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA**

% QUE PASA LA MALLA N#10	99.97
% QUE PASA LA MALLA N#40	99.67
% QUE PASA LA MALLA N#200	9.97
TIPO DE SUELO	MATERIAL GRANULAR

**B. TIPO DE MATERIAL GRANULAR**

LIMITE LIQUIDO	N.P
LIMITE PLASTICO	N.P
INDICE DE GRUPO	0

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO

**A-3(0) ARENA FINA**



<b>PROYECTO :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020
<b>MUESTRA N°:</b>	CALICATA N°01
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	1.50m
<b>FECHA:</b>	MAYO DEL 2021
<b>UBICACIÓN:</b>	ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION

**DATOS Y CALCULOS**

GRAVEDAD ESPECÍFICA		
Muestra	N°	1
Temperatura De Mezcla	°C	20.00
Densidad Del Agua	(g/cm <sup>3</sup> )	0.99821
Factor De Corrección	(k)	1.0000
Picnómetro	N°	1
Volumen Del Picnómetro	(ml)	500.00
Peso Del Picnómetro	(g)	158.20
Peso Del Picnómetro+Suelo+Agua	(g)	690.55
Numero De Recipiente De Traspaso	N°	1
Peso De Recipiente De Traspaso	(g)	485.62
Peso De Recipiente De Traspaso + Suelo Seco	(g)	543.05
Peso De Suelo Seco	(g)	57.43
Masa Picnómetro lleno de agua a temperatura de ensayo (Mpw,t)	(g)	654.4


 GRAVEDAD ESPECÍFICA : 2.699

<b>PROYECTO :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020
<b>MUESTRA N°:</b>	CALICATA N°02
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	1.50m
<b>FECHA:</b>	MAYO DEL 2021
<b>UBICACIÓN:</b>	ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION

**DATOS Y CALCULOS**

GRAVEDAD ESPECÍFICA		
Muestra	N°	2
Temperatura De Mezcla	°C	20.00
Densidad Del Agua	(g/cm <sup>3</sup> )	0.99821
Factor De Corrección	(k)	1.0000
Picnómetro	N°	2
Volumen Del Picnómetro	(ml)	500.00
Peso Del Picnómetro	(g)	159.30
Peso Del Picnómetro+Suelo+Agua	(g)	721.21
Numero De Recipiente De Traspaso	N°	2
Peso De Recipiente De Traspaso	(g)	484.10
Peso De Recipiente De Traspaso + Suelo Seco	(g)	589.30
Peso De Suelo Seco	(g)	105.20
Masa Picnómetro lleno de agua a temperatura de ensayo (Mpw,t)	(g)	655.65



GRAVEDAD ESPECÍFICA : 2.654

<b>PROYECTO :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020
<b>MUESTRA N°:</b>	CALICATA N°03
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	1.50m
<b>FECHA:</b>	MAYO DEL 2021
<b>UBICACIÓN:</b>	ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION

**DATOS Y CALCULOS**

GRAVEDAD ESPECÍFICA		
Muestra	N°	3
Temperatura De Mezcla	°C	20.00
Densidad Del Agua	(g/cm <sup>3</sup> )	0.99821
Factor De Corrección	(k)	1.0000
Picnómetro	N°	2
Volumen Del Picnómetro	(ml)	500.00
Peso Del Picnómetro	(g)	159.60
Peso Del Picnómetro+Suelo+Agua	(g)	722.10
Numero De Recipiente De Traspaso	N°	3
Peso De Recipiente De Traspaso	(g)	484.50
Peso De Recipiente De Traspaso + Suelo Seco	(g)	570.54
Peso De Suelo Seco	(g)	86.04
Masa Picnómetro lleno de agua a temperatura de ensayo (Mpw,t)	(g)	668.4


 GRAVEDAD ESPECÍFICA : 2.660

<b>PROYECTO :</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020
<b>MUESTRA N°:</b>	CALICATA N°04
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	1.50m
<b>FECHA:</b>	MAYO DEL 2021
<b>UBICACIÓN:</b>	ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION

**DATOS Y CALCULOS**

GRAVEDAD ESPECÍFICA		
Muestra	N°	4
Temperatura De Mezcla	°C	20.00
Densidad Del Agua	(g/cm <sup>3</sup> )	0.99821
Factor De Corrección	(k)	1.0000
Picnómetro	N°	2
Volumen Del Picnómetro	(ml)	500.00
Peso Del Picnómetro	(g)	159.40
Peso Del Picnómetro+Suelo+Agua	(g)	721.21
Numero De Recipiente De Traspaso	N°	4
Peso De Recipiente De Traspaso	(g)	475.30
Peso De Recipiente De Traspaso + Suelo Seco	(g)	576.05
Peso De Suelo Seco	(g)	100.75
Masa Picnómetro lleno de agua a temperatura de ensayo (Mpw,t)	(g)	658.4


 GRAVEDAD ESPECÍFICA : 2.656

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO(MTC E 115)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBICACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA CAUCATA N° 1

FECHA: JUNIO-2021

Peso(gramos) del MOLDE	1.94
Altura interior(cm)	11.60
Diametro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

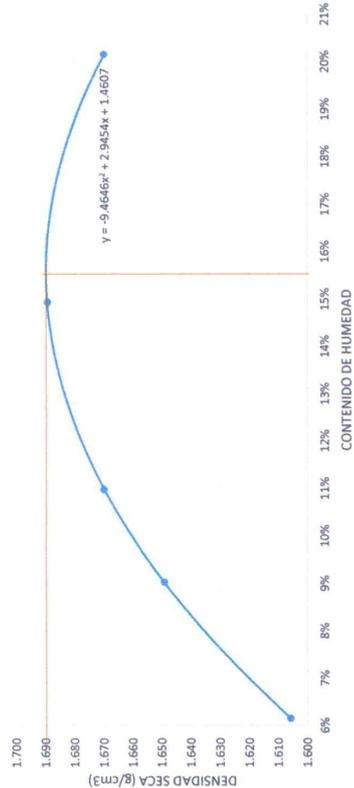
MUESTRA N°	1	2	3	4	5
PESO DEL TARRO (grs)	27.87	26.74	27.62	28.02	27.49
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	72.09	88.98	96.41	99.37	92.42
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	69.55	85.35	89.44	92.50	88.21
PESO DEL AGUA (grs)	2.54	3.63	6.97	6.87	7.93
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	41.7	58.6	61.8	64.5	53.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	6.08	6.20	11.27	14.96	14.90
% PROMEDIO	6.14	9.02	10.97	14.93	20.15

%PROMEDIO	DENS. SECA
6.14%	1.606
9.02%	1.649
10.97%	1.670
14.93%	1.689
20.15%	1.670

CONTENIDO DE HUMEDAD %	6.14	9.02	10.97	14.93	20.15
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3543	3631	3683	3766	3827
PESO DEL MOLDE (grs)	1940	1940	1940	1940	1940
PESO DEL SUELO (grs)	1603	1691	1743	1826	1887
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.705	1.798	1.853	1.942	2.006
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.606	1.649	1.670	1.689	1.670

MDS	1.690
OCH	15.56%

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



**ENSAYO DE COMPACTACION  
PROCTOR MODIFICADO(MTC E 115)**

PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBICACION: Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 2

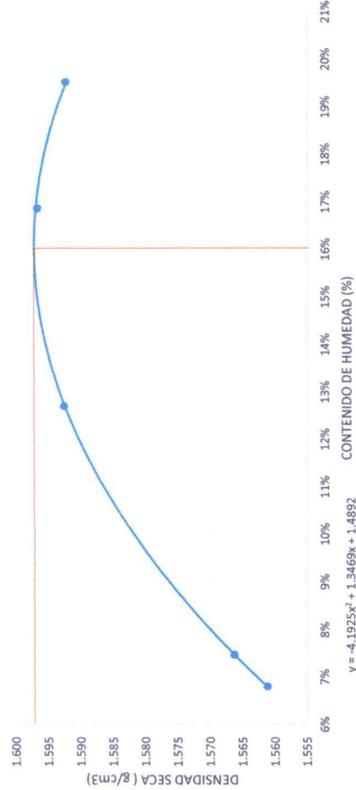
Peso(gramos) del MOLDE	1.94
Altura interior(cm)	11.60
Diametro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

MUESTRA N°	1	2	3	4	5	%PROMEDIO	DENS. SECA
PESO DEL TARRO (grs)	27.87	27.45	27.62	28.02	26.95	6.79%	1.561
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	77.40	72.88	79.60	93.33	98.57	7.46%	1.597
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	74.32	67.17	73.77	85.95	83.52	12.69%	1.597
PESO DEL AGUA (grs)	3.08	2.22	5.83	7.39	10.29	16.86%	1.597
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	46.4	43.2	46.2	57.9	60.8	19.52%	1.597
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	6.64	5.15	12.63	12.75	18.85		
% PROMEDIO	6.79	7.46	12.69	16.86	19.52		

CONTENIDO DE HUMEDAD %	6.79	7.46	12.69	16.86	19.52
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3508	3523	3628	3695	3730
PESO DEL MOLDE (grs)	1940	1940	1940	1940	1940
PESO DEL SUELO (grs)	1568	1583	1688	1755	1790
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.667	1.683	1.795	1.866	1.903
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.561	1.566	1.593	1.597	1.592

MDS	1.597
MCH	16.06%

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



**VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883**

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN:** A. H. AMPLIACION LA UNION, Chimbote, Santa, Ancash

**FECHA:** JULIO-2021

**MUESTRA :** Calicata N°1

**RESPONSABLES:** TESISTAS

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>MUESTRA:</b>	Terreno Natural-Calicata N°1
<b>CLASIFICACIÓN SUCS:</b>	ML

<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.69
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	15.56

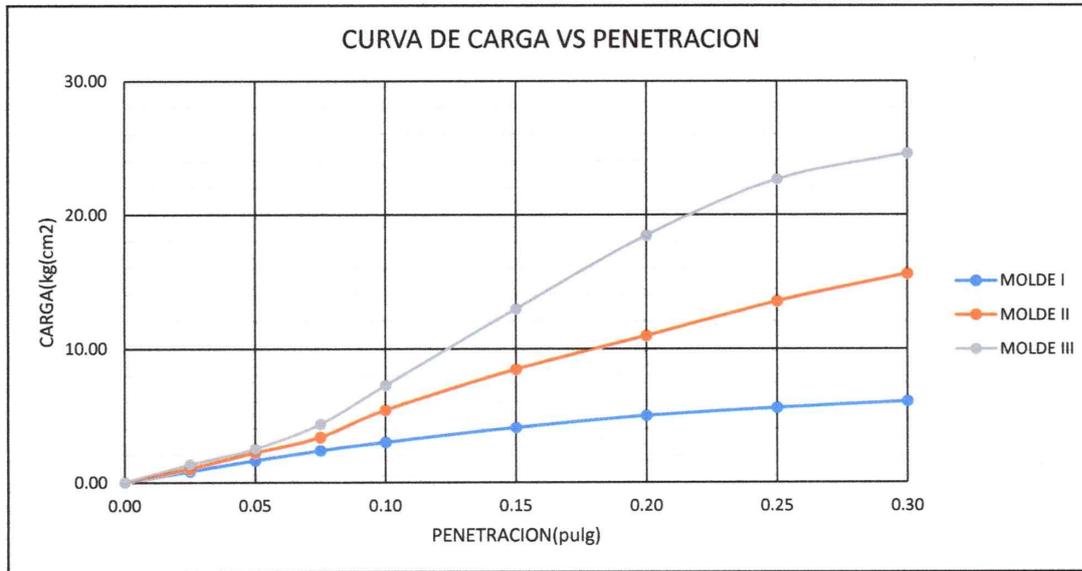
**COMPACTACIÓN**

Molde N°	1	2	3
N° de golpes por capa	12	26	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11215	11400	11523
Peso del molde (gramos)	7172	7167	7134
Peso del suelo húmedo (grs.)	4043	4233	4389
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.92	2.01	2.09
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.601</b>	<b>1.692</b>	<b>1.725</b>
Tarro N°	4B	3B	3B
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	105.598	126.447	86.522
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	92.589	110.827	76.415
Peso del agua (grs.)	13.01	15.62	10.107
Peso del tarro (grs.)	27.485	28.018	28.018
Peso del suelo seco (grs.)	65.10	82.81	48.40
% de humedad	<b>19.98</b>	<b>18.86</b>	<b>20.88</b>

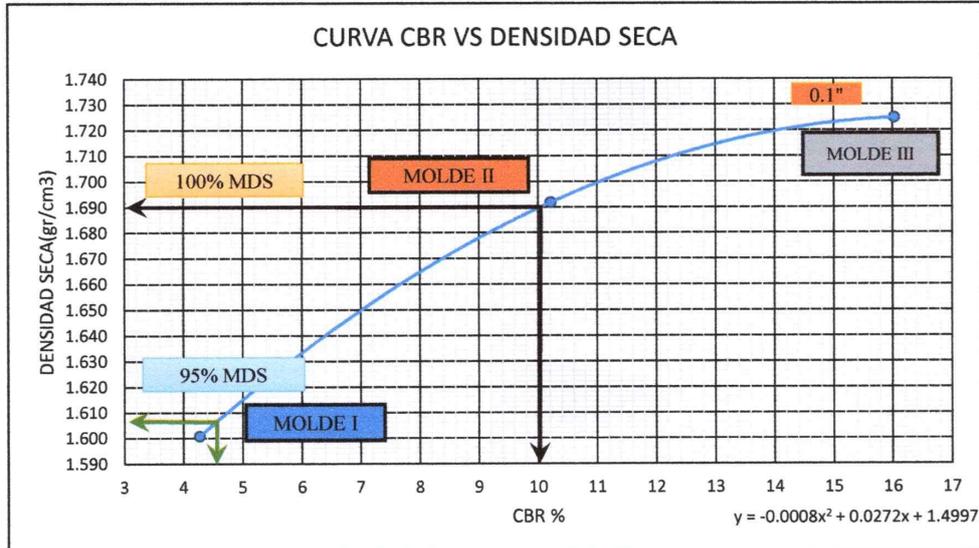
**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
pulg	mm		CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		16.30	0.83	19.40	0.988	25.90	1.319
0.050	1.27		32.20	1.64	42.90	2.185	48.90	2.490
0.075	1.91		48.89	2.39	65.60	3.341	85.20	4.339
0.100	2.54	70.00	59.10	3.01	105.30	5.363	142.20	7.242
0.150	3.81		80.56	4.10	165.30	8.419	254.60	12.967
0.200	5.08	105.00	98.05	4.99	214.50	10.924	362.10	18.442
0.250	6.35		109.58	5.58	265.30	13.512	444.60	22.643
0.300	7.62		118.98	6.06	305.40	15.554	482.40	24.568





MOLDE	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm²)	Presión Patrón (Kg/cm²)	Esfuerzo corregido	Expansión	C.B.R (%)
I	0.1	3.01	70.00	3.01	0.00	4.27
II	0.1	5.363	70.00	7.2	0.00	10.21
III	0.1	7.242	70.00	11.3	0.00	16.03



		0.1"	
C.B.R para 100% MDS	1.690	<b>10.02</b>	%
C.B.R para 95% MDS	1.606	<b>4.51</b>	%



### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN:** A. H. AMPLIACION LA UNION, Chimbote, Santa, Ancash

**MUESTRA :** Calicata N°2

**FECHA:** JULIO-2021

**RESPONSABLES:** TESISISTAS

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA:</b>	Terreno Natural-Calicata N°2
<b>CLASIFICACIÓN SUCS:</b>	SP-SM

<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.597
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	16.06

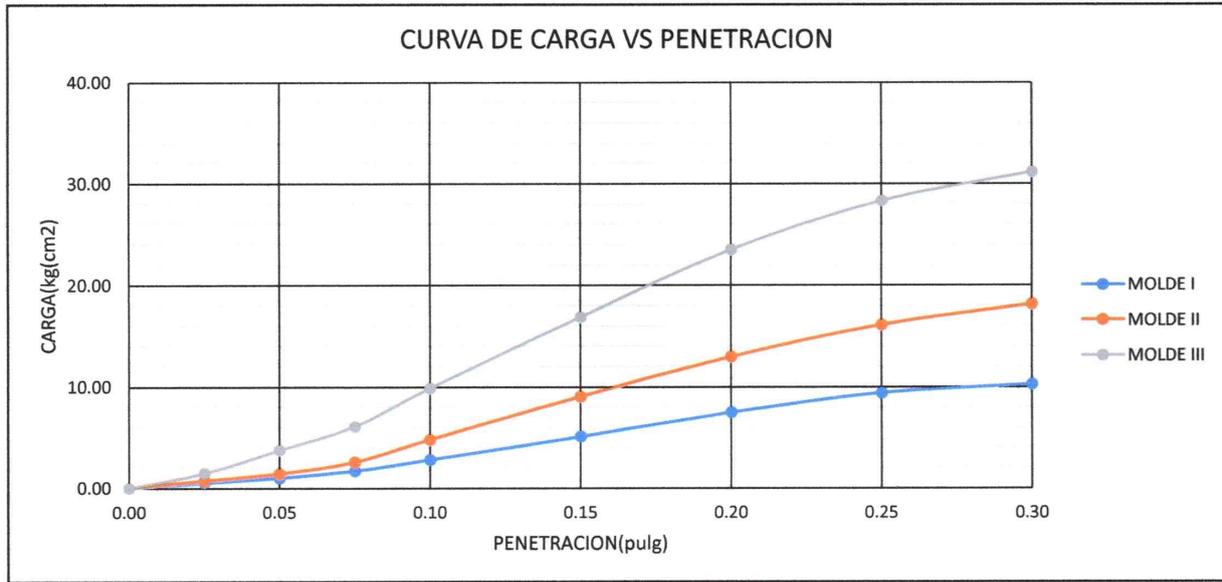
#### COMPACTACIÓN

Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	12	26	56
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10919	11121	11219
Peso del molde (gramos)	7179	7158	7134
Peso del suelo húmedo (grs.)	3740	3963	4085
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.78	1.88	1.94
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.506</b>	<b>1.575</b>	<b>1.608</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>1A</b>	<b>2B</b>	<b>1B</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	124.758	121.681	94.111
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	109.989	106.213	82.576
Peso del agua (grs.)	14.77	15.468	11.535
Peso del tarro (grs.)	27.871	27.139	26.735
Peso del suelo seco (grs.)	82.12	79.07	55.84
% de humedad	<b>17.99</b>	<b>19.56</b>	<b>20.66</b>

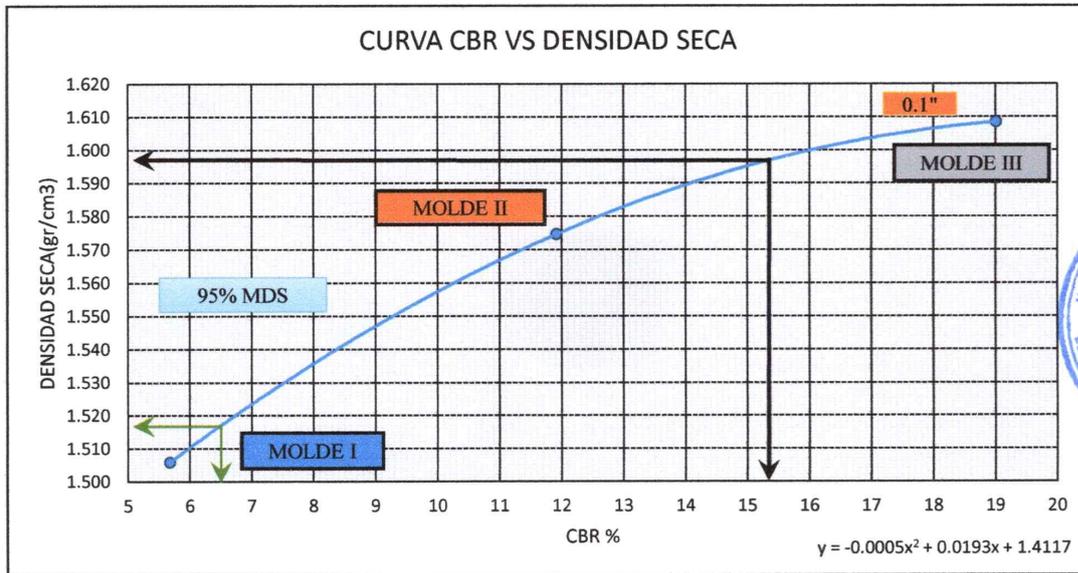
#### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
pulg	mm		CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		10.80	0.55	13.80	0.703	28.30	1.441
0.050	1.27		19.90	1.01	26.90	1.370	73.60	3.748
0.075	1.91		33.50	1.71	49.70	2.531	119.50	6.086
0.100	2.54	70.00	55.20	2.81	93.40	4.757	193.50	9.855
0.150	3.81		100.20	5.10	176.80	9.004	331.20	16.868
0.200	5.08	105.00	147.00	7.49	253.70	12.921	461.20	23.489
0.250	6.35		184.50	9.40	315.10	16.048	555.60	28.296
0.300	7.62		201.00	10.24	355.60	18.111	611.30	31.133





MOLDE	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm²)	Presión Patrón (Kg/cm²)	Presión corregida	Expansión	C.B.R (%)
I	0.1	2.81	70.00	4	0.00	5.67
II	0.1	4.757	70.00	8.4	0.00	11.92
III	0.1	9.855	70.00	13.4	0.00	19.01



		0.1"	
C.B.R para 100% MDS	1.597	<b>15.32</b>	%
C.B.R para 95% MDS	1.517	<b>6.42</b>	%

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBIACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 1 + 2% DE CEMENTO

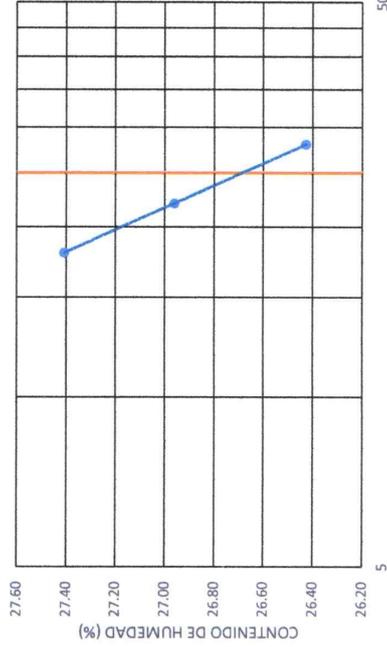
FECHA: MAYO-2021

### LÍMITES DE CONSISTENCIA

METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424

TARA	LÍMITE LIQUIDO				LÍMITE PLASTICO			
	1A	1B	2A	3B	5B	5B	5B	5B
Nro. DE GOLPES	28	22	18	---	---	---	---	---
PESO TARA	27.871	26.735	27.45	28.018	26.75	26.75	26.75	26.75
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	56.98	53.44	51.525	41.63	43.77	43.77	43.77	43.77
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	50.89	47.77	46.35	38.76	40.14	40.14	40.14	40.14
PESO DEL AGUA	6.08	5.67	5.18	2.88	3.64	3.64	3.64	3.64
PESO SUELO SECO	23.02	21.03	18.90	10.74	13.38	13.38	13.38	13.38
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26.43	26.96	27.41	26.81	27.16	27.16	27.16	27.16

	VALORES LP
I	26.81
II	27.16
LP=	26.99



LL	LP	IP
26.61	26.99	0.00

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)

PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBICACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 1 + 5% DE CEMENTO

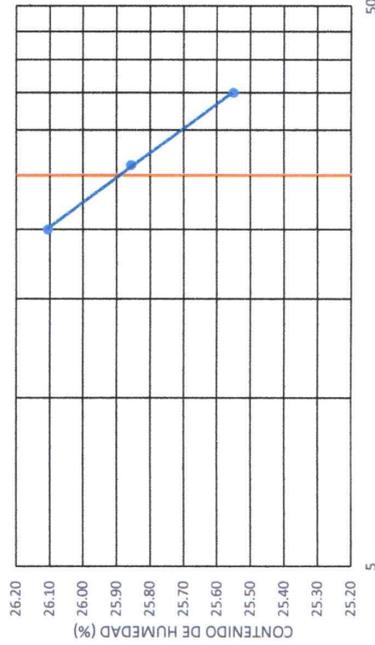
FECHA: MAYO-2021

### LIMITES DE CONSISTENCIA

METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424

TARA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	5A	5B	M1	M2B	M2C	M2C
Nro. DE GOLPES	35	26	20	---	---	---
PESO TARA	26.95	26.75	27.65	27.21	27.72	27.72
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	48.31	53.39	56.74	42.08	44.15	44.15
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	43.96	47.92	50.72	39.05	40.57	40.57
PESO DEL AGUA	4.35	5.47	6.02	3.03	3.58	3.58
PESO SUELO SECO	17.01	21.17	23.07	11.83	12.85	12.85
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25.55	25.86	26.11	25.62	27.83	27.83

	VALORES LP
I	25.62
II	27.83
LP=	26.73



Nro. DE GOLPES



LL	LP	IP
26.08	26.73	0.00

### LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTCE 111)

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

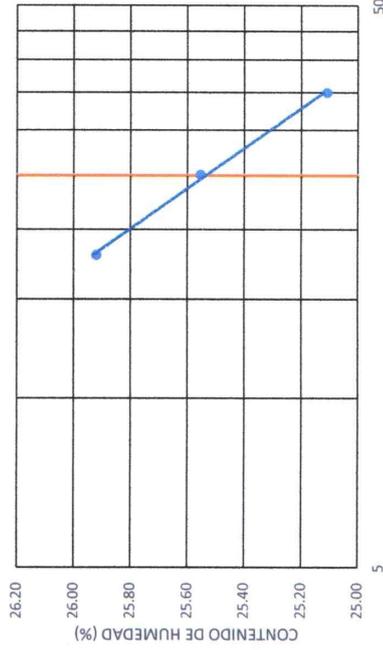
UBIACIÓN: CALICATA N° 1 + 8% DE CEMENTO

MUESTRA: Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash  
FECHA: MAYO-2021

LIMITES DE CONSISTENCIA  
METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/42

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1A	2A	3A	1B	2B	---
TARA	35	25	18	---	---	---
Nro. DE GOLPES	27.87	27.45	27.62	26.74	27.14	27.14
PESO TARA	51.10	55.36	54.39	38.93	42.20	42.20
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	46.44	49.68	48.88	36.40	38.98	38.98
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	4.66	5.68	5.51	2.53	3.21	3.21
PESO DEL AGUA	18.57	22.23	21.26	9.66	11.85	11.85
PESO SUELO SECO	25.11	25.55	25.92	26.14	27.11	27.11
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)						

	VALORES LP
I	26.14
II	27.11
LP=	26.62



LL	LP	IP
25.65	26.62	0.000



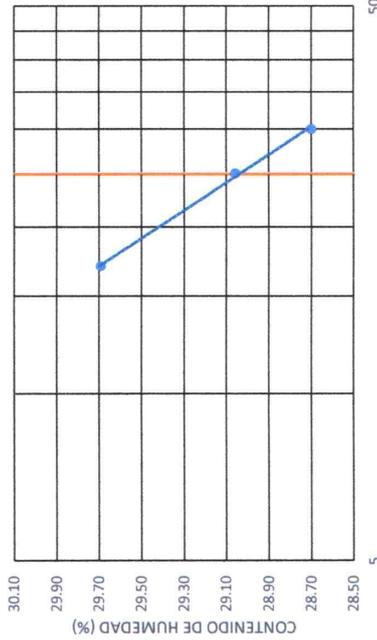
### LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)

PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**  
 UBIACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash  
 MUESTRA: CALICATA N° 1 + 2% DE CAL FECHA: MAYO-2021

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
**METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/42**

TARA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	5A	5B	M3	C4A	M3A	M3A
Nro. DE GOLPES	30	25	17	---	---	---
PESO TARA	26.95	26.75	27.26	28.30	29.26	29.26
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	43.82	56.46	52.36	42.96	41.40	41.40
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	40.06	49.77	46.61	39.73	38.63	38.63
PESO DEL AGUA	3.76	6.69	5.75	3.23	2.77	2.77
PESO SUELO SECO	13.11	23.02	19.35	11.43	9.37	9.37
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	28.70	29.06	29.69	28.28	29.56	29.56

	VALORES LP
I	28.28
II	29.56
LP=	28.92



LL	LP	IP
29.01	28.92	0.09



## LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTCE E 111)

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBIACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

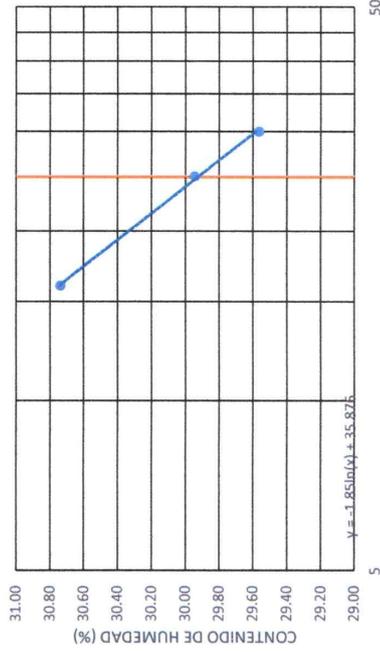
MUESTRA: CALICATA N° 1 + 5% DE CAL

FECHA: MAYO-2021

LIMITES DE CONSISTENCIA  
 METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424

TARA	CSA	CSB	7B	7C	C3A
Nro. DE GOLPES	30	25	16	---	---
PESO TARA	28.38	27.27	27.818	28.86	28.08
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	60.70	54.52	55.06	39.32	45.30
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	53.33	48.24	48.655	37.00	41.30
PESO DEL AGUA	7.38	6.28	6.405	2.33	4.01
PESO SUELO SECO	24.95	20.97	20.837	8.13	13.22
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29.57	29.94	30.74	28.63	30.30

	VALORES LP
I	28.63
II	30.30
LP=	29.47



LL	LP	IP
29.88	29.47	0.42

### LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTCE 111)

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBICACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

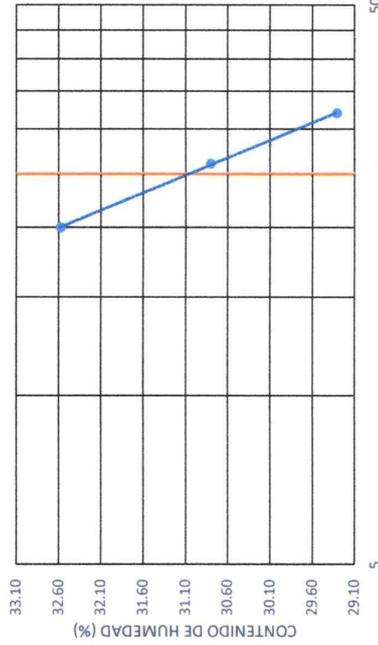
MUESTRA: CALICATA N° 1 + 8% DE CAL

FECHA: MAYO-2021

LIMITES DE CONSISTENCIA  
 METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/42

TARA	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	M5A	M5	C4B	C2B	C3B	C2B	C3B
Nro. DE GOLPES	32	26	20	---	---	---	---
PESO TARA	27.92	28.58	27.96	27.72	27.40	27.40	27.40
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	54.10	56.39	56.47	41.49	39.63	39.63	39.63
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	48.17	49.84	49.47	38.37	36.74	36.74	36.74
PESO DEL AGUA	5.93	6.55	7.01	3.13	2.89	2.89	2.89
PESO SUELO SECO	20.24	21.26	21.51	10.65	9.33	10.65	9.33
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29.31	30.80	32.58	29.35	30.97	29.35	30.97

VALORES LP	
I	29.35
II	30.97
LP=	30.16



Nro. DE GOLPES

$y = -6.946 \ln(x) + 53.397$

50

5

LL	LP	IP
31.04	30.16	0.88



### LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)

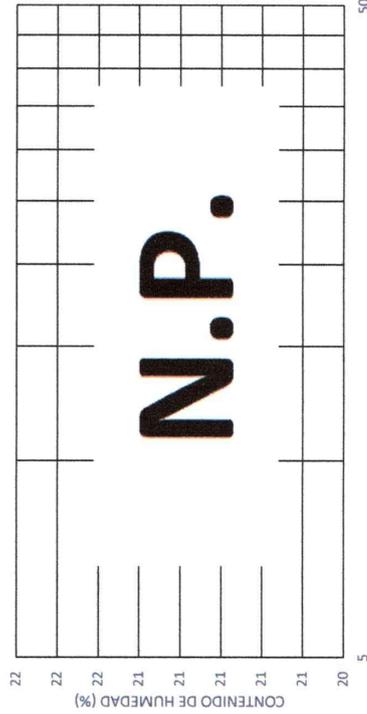
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020	
UBICACIÓN:	Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	
MUESTRA:	CALICATA N° 2 + 2% DE CEMENTO	FECHA: MAYO-2021

TARA	
Nro. DE GOLPES	
PESO TARA	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	
PESO DEL AGUA	
PESO SUELO SECO	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	

LIMITES DE CONSISTENCIA	
METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	
LIMITE LIQUIDO	<b>N.P.</b>
LIMITE PLASTICO	

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

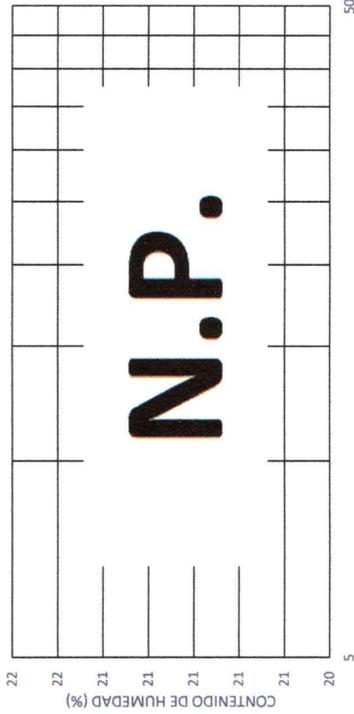
PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBICACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 2 + 5% DE CEMENTO**      **FECHA: MAYO-2021**

TARA		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Nro. DE GOLPES		METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	LÍMITE PLÁSTICO
PESO TARA		<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)			
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)			
PESO DEL AGUA			
PESO SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			

I	VALORES LP
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBIACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 2 + 8% DE CEMENTO**

FECHA: **MAYO-2021**

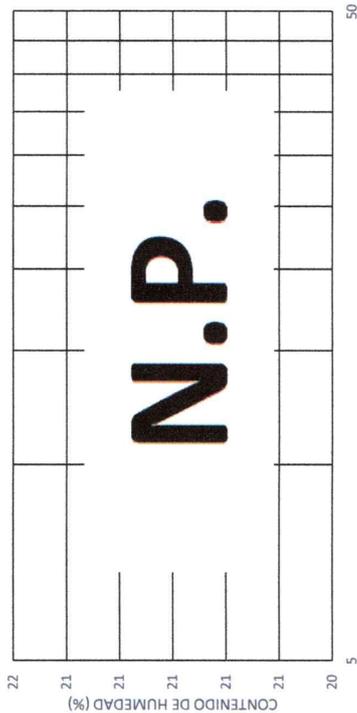
LIMITES DE CONSISTENCIA  
METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424

LIMITE LIQUIDO LIMITE PLASTICO

TARA
Nro. DE GOLPES
PESO TARA
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)
PESO DEL AGUA
PESO SUELO SECO
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

VALORES LP
I
II
LP=
N.P.

**N.P.**



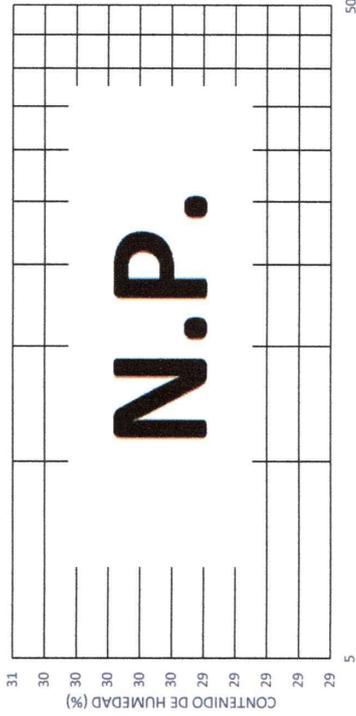
LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

### LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)

PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020	
UBICACIÓN:	Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	
MUESTRA	CALICATA N° 2 + 2% DE CAL	FECHA: MAYO-2021

TARA		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Nro. DE GOLPES		METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	LÍMITE PLÁSTICO
PESO TARA		<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)			
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)			
PESO DEL AGUA			
PESO SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

### LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)

PROYECTO: **DISÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBIACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 2 + 5% DE CAL**      FECHA: **MAYO-2021**

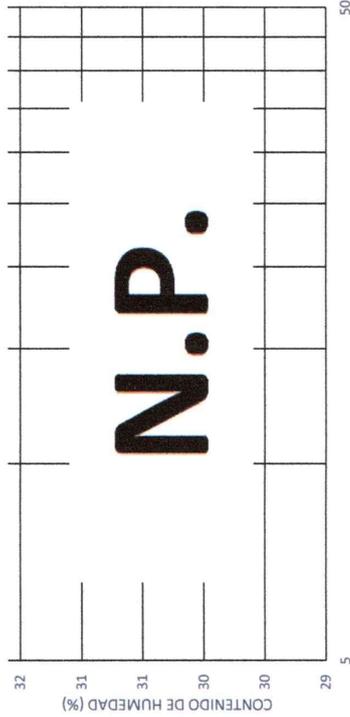
TARA	
Nro. DE GOLPES	
PESO TARA	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	
PESO DEL AGUA	
PESO SUELO SECO	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	

LIMITES DE CONSISTENCIA	
METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	
LIMITE LIQUIDO	
LIMITE PLASTICO	

**N.P.**

I	VALORES LP
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

### LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)

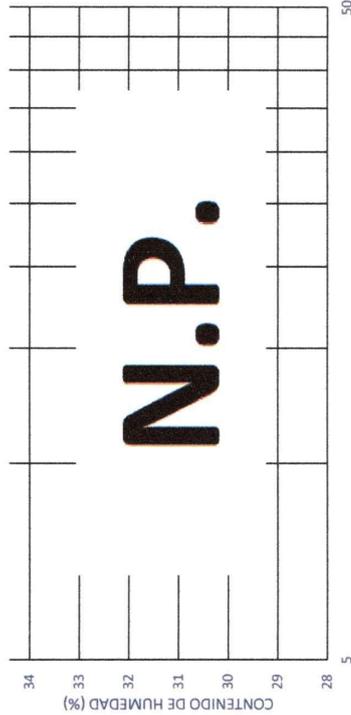
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020	
UBIACIÓN:	Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	
MUESTRA	CALICATA N° 2 + 8% DE CAL	FECHA: MAYO-2021

LIMITES DE CONSISTENCIA
METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424
LIMITE LIQUIDO
LIMITE PLASTICO

TARA	
Nro. DE GOLPES	
PESO TARA	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	
PESO DEL AGUA	
PESO SUELO SECO	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	

I	VALORES LP
II	
LP=	N.P.

<b>N.P.</b>	
-------------	--



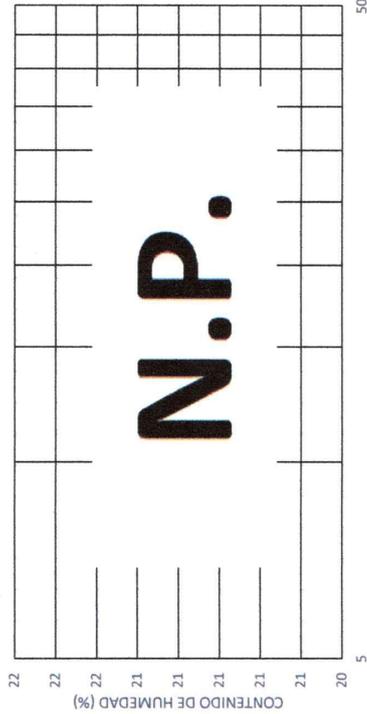
LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020		
UBIACIÓN:	Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash		
MUESTRA:	CALICATA N° 3 + 2% DE CEMENTO	FECHA: MAYO-2021	

TARA	LÍMITES DE CONSISTENCIA	
	METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	LÍMITE PLÁSTICO
Nro. DE GOLPES	<b>N.P.</b>	
PESO TARA		
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)		
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)		
PESO DEL AGUA		
PESO SUELO SECO		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

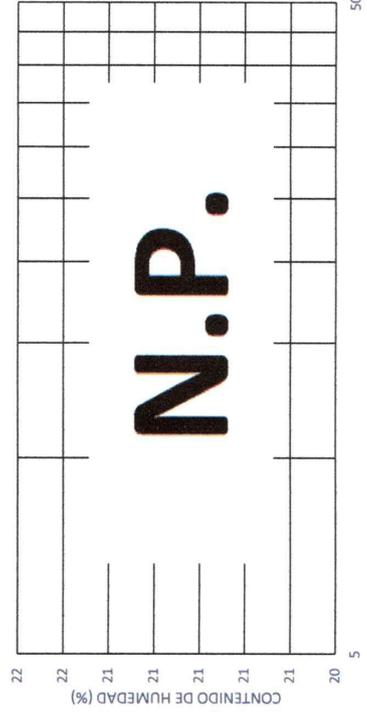
PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBICACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 3 + 5% DE CEMENTO**      FECHA: **MAYO-2021**

TARA		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Nro. DE GOLPES		METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	LÍMITE PLÁSTICO
PESO TARA		<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)			
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)			
PESO DEL AGUA			
PESO SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

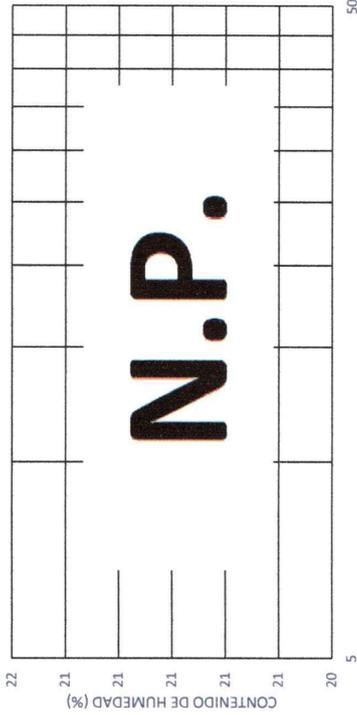
UBIACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 3 + 8% DE CEMENTO**

FECHA: **MAYO-2021**

TARA		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Nro. DE GOLPES		METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	LÍMITE PLÁSTICO
PESO TARA		<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)			
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)			
PESO DEL AGUA			
PESO SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBICACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

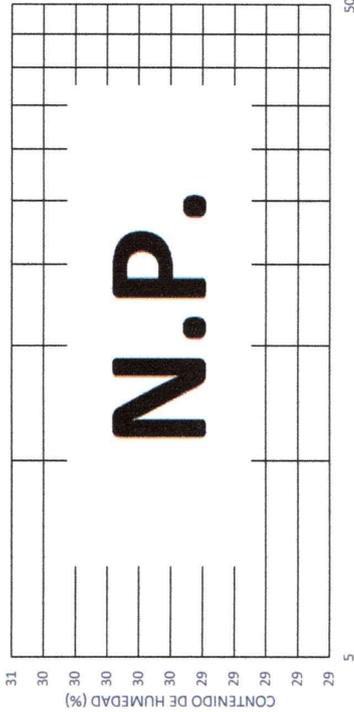
MUESTRA: **CALICATA N° 3 + 2% DE CAL**

FECHA: **MAYO-2021**

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
 METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424

TARA		
Nro. DE GOLPES		
PESO TARA		
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)		
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)		
PESO DEL AGUA		
PESO SUELO SECO		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		

I		VALORES LP
II		
LP=		N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

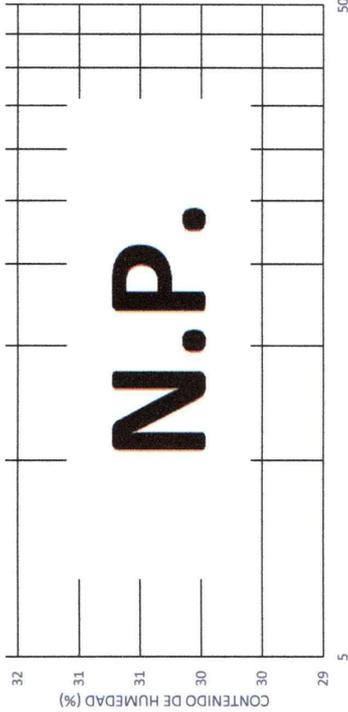
PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBIACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 3 + 5% DE CAL**      FECHA: **MAYO-2021**

TARA	LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Nro. DE GOLPES	METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	
PESO TARA	LÍMITE LIQUIDO	LÍMITE PLASTICO
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	<b>N.P.</b>	
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)		
PESO DEL AGUA		
PESO SUELO SECO		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.



**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

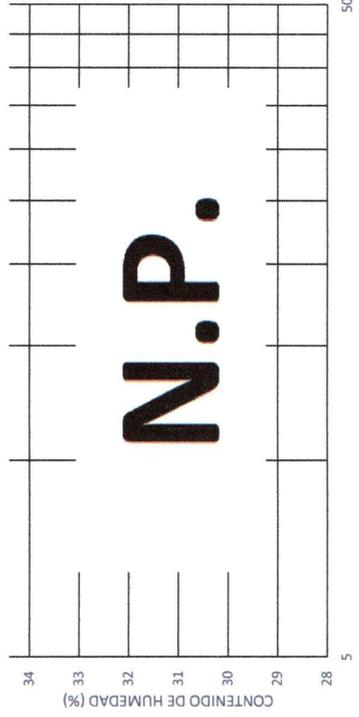
PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBIACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 3 + 8% DE CAL**      FECHA: **MAYO-2021**

TARA		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Nro. DE GOLPES		METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	LÍMITE PLÁSTICO
PESO TARA		<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)			
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)			
PESO DEL AGUA			
PESO SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		LÍMITE LÍQUIDO	

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

### LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)

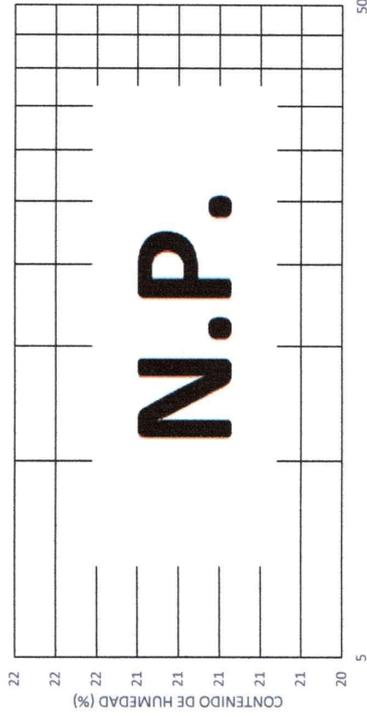
PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBICACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 4 + 2% DE CEMENTO**      FECHA: **MAYO-2021**

TARA		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Nro. DE GOLPES		METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	LÍMITE PLÁSTICO
PESO TARA		<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)			
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)			
PESO DEL AGUA			
PESO SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBIACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 4 + 5% DE CEMENTO

FECHA: MAYO-2021

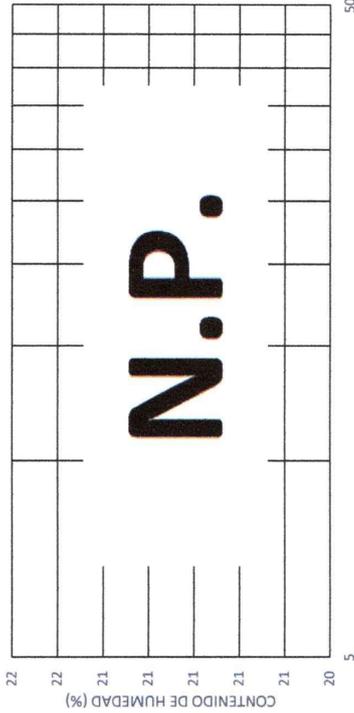
LÍMITES DE CONSISTENCIA  
 METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424

LÍMITE LIQUIDO LÍMITE PLASTICO

TARA
Nro. DE GOLPES
PESO TARA
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)
PESO DEL AGUA
PESO SUELO SECO
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

VALORES LP
I
II
LP= N.P.

**N.P.**



Nro. DE GOLPES

LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.



**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

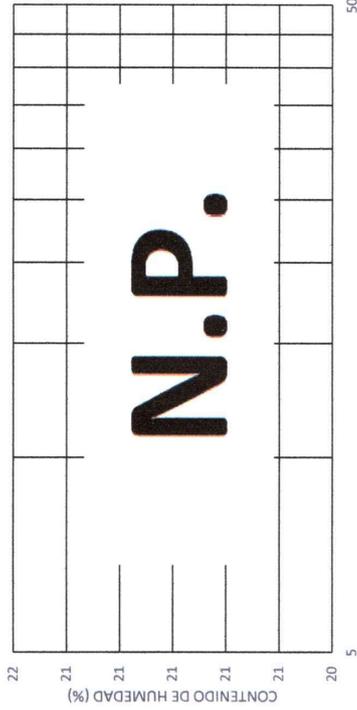
UBIACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 4 + 8% DE CEMENTO

FECHA: MAYO-2021

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Método AASHTO T-89/90 y STM D-423/424	
LÍMITE LIQUIDO	LÍMITE PLASTICO
<b>N.P.</b>	
TARA	
Nro. DE GOLPES	
PESO TARA	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	
PESO DEL AGUA	
PESO SUELO SECO	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

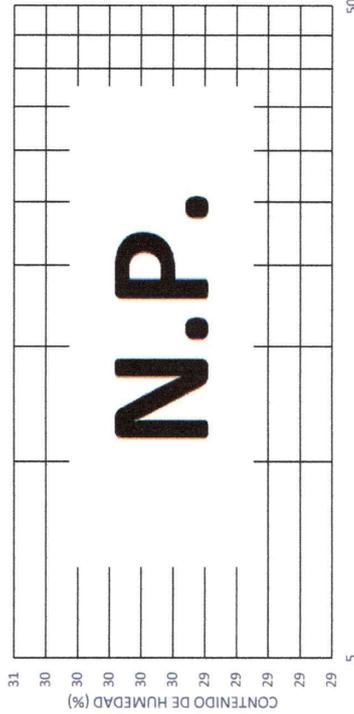
PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBIACIÓN: **Asemtamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 4 + 2% DE CAL**      FECHA: **MAYO-2021**

TARA		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Nro. DE GOLPES		METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	LÍMITE PLÁSTICO
PESO TARA		<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)			
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)			
PESO DEL AGUA			
PESO SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

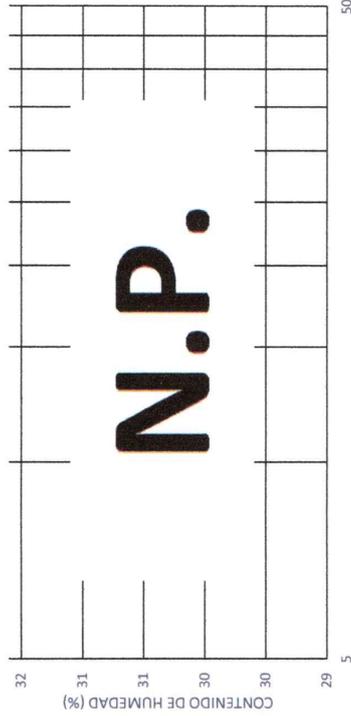
PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBIACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 4 + 5% DE CAL**      FECHA: **MAYO-2021**

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	
LÍMITE LIQUIDO	LÍMITE PLASTICO
<b>N.P.</b>	
TARA	
Nro. DE GOLPES	
PESO TARA	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	
PESO DEL AGUA	
PESO SUELO SECO	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.



**LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110- MTC E 111)**

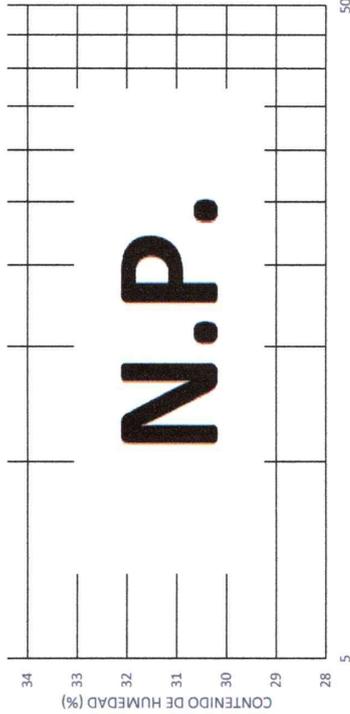
PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBICACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 4 + 8% DE CAL**      FECHA: **MAYO-2021**

TARA		LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Nro. DE GOLPES		METODO AASHTO T-89/90 Y STM D-423/424	LÍMITE PLÁSTICO
PESO TARA		<b>N.P.</b>	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)			
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)			
PESO DEL AGUA			
PESO SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			

VALORES LP	
I	
II	
LP=	N.P.



LL	LP	IP
N.P.	N.P.	N.P.



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBIACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 1 + 2% DE CAL

FECHA: JUNIO-2021

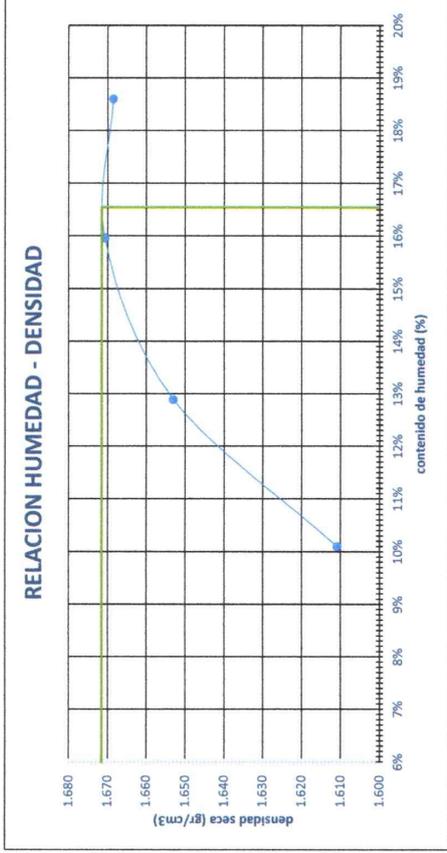
Peso(gramos) MOLDE	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diámetro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	26.95	28.11	28.23	28.71
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	82.15	82.05	86.03	82.80
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	76.98	75.26	78.17	75.27
PESO DEL AGUA (grs)	5.17	6.13	7.86	7.53
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	50.0	47.8	49.9	46.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	10.34	9.86	15.74	16.18
% PROMEDIO	10.10	12.89	15.96	18.60

%PROMEDIO	DENS. SECA
10.10%	1.611
12.89%	1.653
15.96%	1.671
18.60%	1.669

CONTENIDO DE HUMEDAD %	10.10	12.89	15.96	18.60
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3608	3695	3762	3801
PESO DEL MOLDE (grs)	1940	1940	1940	1940
PESO DEL SUELO (grs)	1668	1755	1822	1861
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.774	1.866	1.937	1.979
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.611	1.653	1.671	1.669

MDS	1.6716
OCH	16.55



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBICACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 1 + 5% DE CAL FECHA: JUNIO-2021

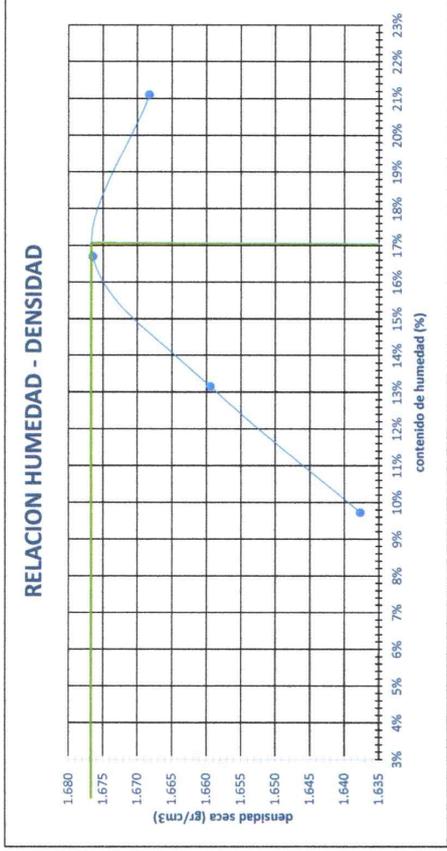
Peso(gramos) MOLDE	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diámetro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	26.95	26.76	28.23	28.15
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	78.53	81.65	83.19	83.63
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	73.99	76.74	75.17	75.93
PESO DEL AGUA (grs)	4.54	4.91	7.15	7.71
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	47.0	50.0	46.9	50.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	9.64	9.82	13.34	12.97
% PROMEDIO	9.73	13.16	16.70	21.10

%PROMEDIO	DENS. SECA
9.73%	1.638
13.16%	1.659
16.70%	1.677
21.10%	1.668

CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.73	13.16	16.70	21.10
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3629	3706	3781	3840
PESO DEL MOLDE (grs)	1939	1940	1941	1940
PESO DEL SUELO (grs)	1690	1766	1840	1900
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.797	1.878	1.957	2.020
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.638	1.659	1.677	1.668

MDS	1.6769
OCH	17.03



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020	
UBIACIÓN:	Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	
MUESTRA	CALICATA N° 1 + 8% DE CAL	FECHA: JUNIO-2021

Peso(gramos) MOLDE	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diámetro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm3)	940.449

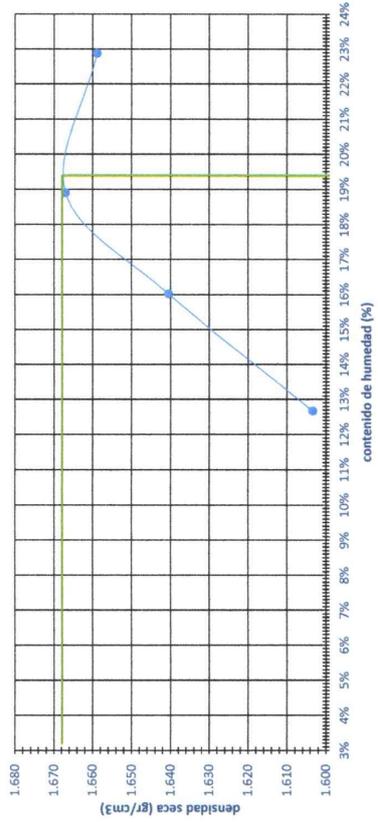
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	26.95	27.62	28.23	28.71
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	81.34	100.57	101.05	100.54
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	74.88	90.86	89.93	88.68
PESO DEL AGUA (grs)	6.46	9.71	11.12	11.86
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	47.9	62.7	61.7	60.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	13.48	15.48	18.02	19.77
% PROMEDIO	12.67	16.02	18.90	22.88

%PROMEDIO	DENS. SECA
12.67%	1.603
16.02%	1.641
18.90%	1.667
22.88%	1.659

CONTENIDO DE HUMEDAD %	12.67	16.02	18.90	22.88
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3639	3730	3804	3857
PESO DEL MOLDE (grs)	1940	1940	1940	1940
PESO DEL SUELO (grs)	1699	1790	1864	1917
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.807	1.903	1.982	2.038
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.603	1.641	1.667	1.659

MDS	1.6681
OCH	19.4

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTTE - 2020

UBICACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Arequipa

MUESTRA: CALICATA N° 2 + 2% DE CAL

FECHA: JUNIO-2021

Peso(gramos) MOLDE	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diámetro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

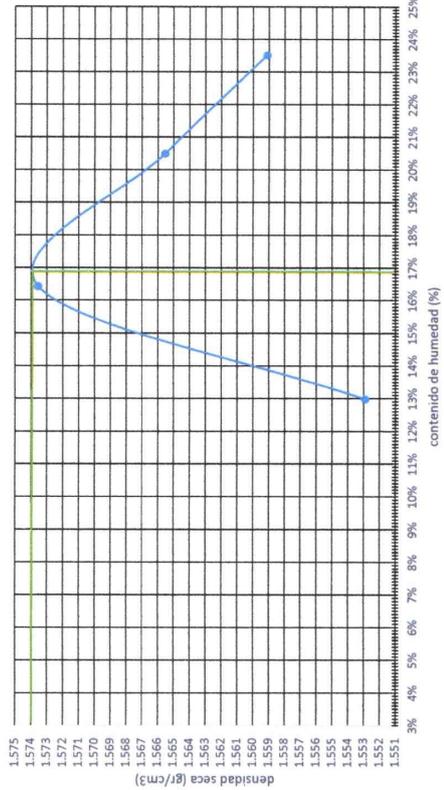
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	27.88	26.74	27.63	28.06
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	87.12	88.59	104.68	93.50
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	80.36	81.44	91.84	82.15
PESO DEL AGUA (grs)	6.76	7.15	12.84	11.35
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	52.5	54.7	64.2	54.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	12.89	13.06	20.00	20.99
% PROMEDIO	12.98	16.43	20.49	23.51

%PROMEDIO	DENS. SECA
12.98%	1.553
16.43%	1.574
20.49%	1.566
23.51%	1.559

CONTENIDO DE HUMEDAD %	12.98	16.43	20.49	23.51
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3589	3665	3714	3751
PESO DEL MOLDE (grs)	1939	1942	1940	1940
PESO DEL SUELO (grs)	1650	1723	1774	1811
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.754	1.832	1.866	1.926
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.553	1.574	1.566	1.559

MDS	1.5739
OCH	16.9

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBIACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 2 + 5% DE CAL** FECHA: JUNIO-2021

Peso (gramos) MOLDE	1.942
Altura interior (cm)	11.60
Diámetro interior (cm)	10.16
Volumen interior (cm <sup>3</sup> )	940.449

Z

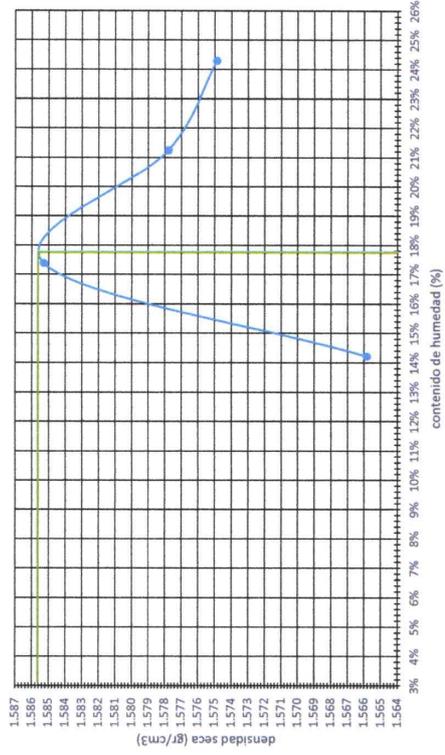
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	27.88	26.74	27.63	28.06
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	90.18	94.06	106.05	106.48
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	82.36	85.74	93.82	93.60
PESO DEL AGUA (grs)	7.82	10.24	14.23	15.55
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	54.5	59.0	66.2	64.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	14.35	14.09	17.74	20.99
% PROMEDIO	14.22	17.38	21.24	24.30

%PROMEDIO	DENS. SECA
14.22%	1.566
17.38%	1.585
21.24%	1.578
24.30%	1.575

CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.22	17.38	21.24	24.30
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3621	3690	3741	3781
PESO DEL MOLDE (grs)	1939	1940	1942	1940
PESO DEL SUELO (grs)	1682	1750	1799	1841
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.789	1.861	1.913	1.958
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.566	1.585	1.578	1.575

MDS	1.5857
OCH	17.78

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTTE - 2020

UBICACIÓN: ASENTAMIENTO Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 2 + 8% DE CAL FECHA: JUNIO-2021

Peso(gramos) MOLDE	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diámetro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

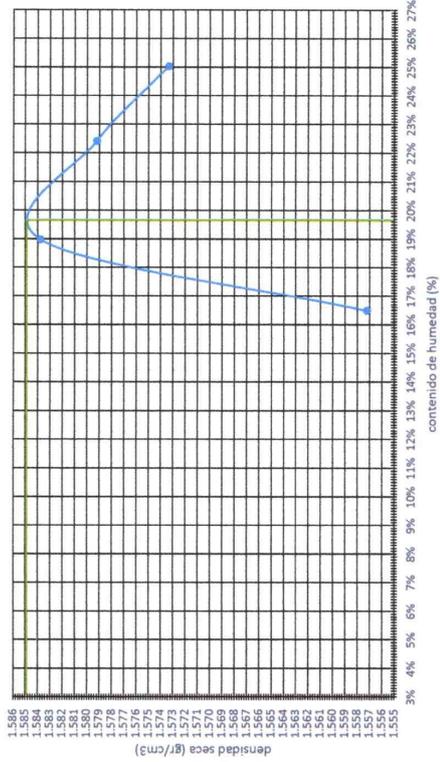
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	27.88	26.74	27.63	28.06
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	110.08	101.29	109.28	117.74
PESO DEL TARRO+MUESTRA SECA (grs)	98.55	90.64	94.13	99.79
PESO DEL AGUA (grs)	11.53	10.65	15.16	17.95
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	70.7	63.9	66.5	71.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	16.31	16.67	22.79	25.21
% PROMEDIO	16.49	18.97	22.41	25.03

%PROMEDIO	DENS. SECA
16.49%	1.557
18.97%	1.584
22.41%	1.579
25.03%	1.573

CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.49	18.97	22.41	25.03
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3645	3714	3758	3790
PESO DEL MOLDE (grs)	1939	1942	1940	1940
PESO DEL SUELO (grs)	1706	1772	1818	1850
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.814	1.884	1.933	1.967
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.557	1.584	1.579	1.573

MDS	OCH
1.5849	19.69

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC 115)

PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020		
UBIACIÓN:	Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Arequipa		
MUESTRA	CALICATA N° 1 + 2% DE CEMENTO	FECHA: JUNIO-2021	

Peso(gramos) MOLDE	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diametro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

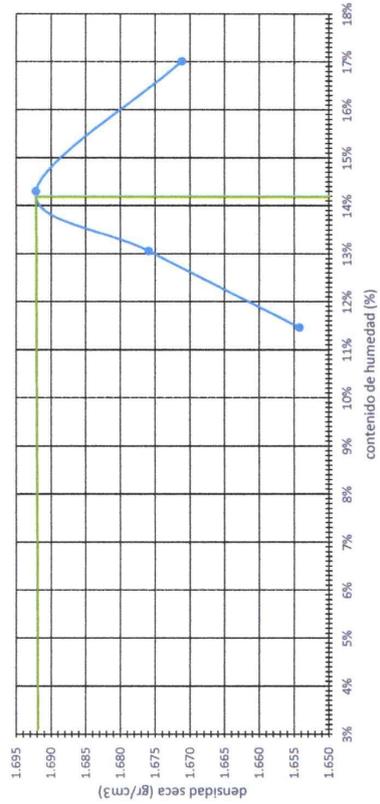
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	26.95	28.11	28.23	28.71
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	84.78	86.28	90.41	86.04
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	78.89	79.51	82.43	79.05
PESO DEL AGUA (grs)	5.89	6.77	7.98	6.99
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	51.9	51.4	54.2	50.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	11.34	13.17	14.72	13.89
% PROMEDIO	11.46	13.06	14.30	17.01

%PROMEDIO	DENS. SECA
11.46%	1.654
13.06%	1.676
14.30%	1.692
17.01%	1.671

CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.46	13.06	14.30	17.01
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3676	3724	3761	3781
PESO DEL MOLDE (grs)	1942	1942	1942	1942
PESO DEL SUELO (grs)	1734	1782	1819	1839
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.844	1.895	1.934	1.955
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.654	1.676	1.692	1.671

MDS	1.6921
MCH	14.21

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBICACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 1 + 5% DE CEMENTO

FECHA: JUNIO-2021

Peso(gramos) MOLDE	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diámetro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm3)	940.449

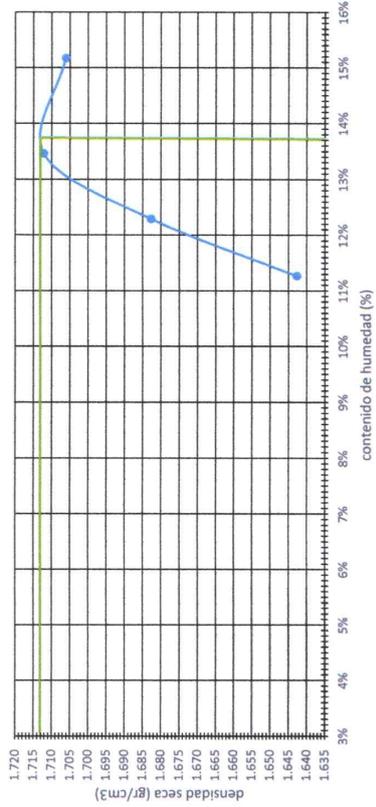
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRÓ (grs)	26.95	28.11	28.23	28.71
PESO DEL TARRÓ+MUESTRA HÚMEDA	89.96	91.26	86.45	86.34
PESO DEL TARRÓ+ MUESTRA SECA (grs)	83.59	84.49	79.50	79.55
PESO DEL AGUA (grs)	6.37	6.77	6.95	6.79
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	56.6	55.4	51.3	50.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	11.25	12.01	13.56	15.30
% PROMEDIO	11.27	12.29	13.46	15.17

%PROMEDIO	DENS. SECA
11.27%	1.643
12.29%	1.683
13.46%	1.712
15.17%	1.706

CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.27	12.29	13.46	15.17
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3661	3719	3769	3790
PESO DEL MOLDE (grs)	1942	1942	1942	1942
PESO DEL SUELO (grs)	1719	1777	1827	1848
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.828	1.890	1.943	1.965
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.643	1.683	1.712	1.706

MDS	1.7134
MCH	13.73

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBIACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 1 + 8% DE CEMENTO

FECHA: JUNIO-2021

Peso(gramos) MOLDE	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diámetro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

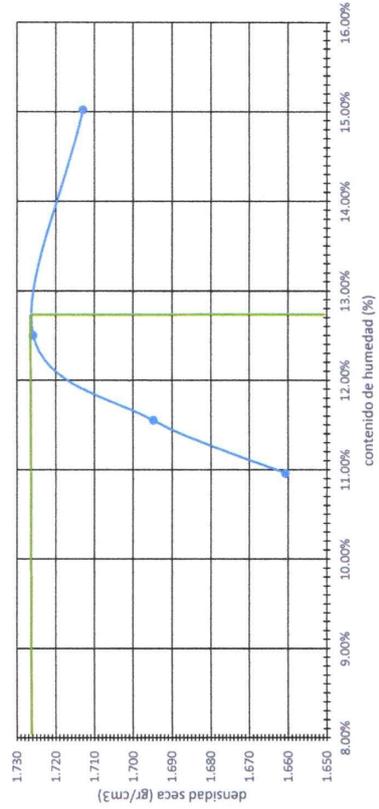
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	26.95	28.11	28.23	28.71
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	95.06	98.88	96.86	98.56
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	88.15	82.91	89.35	88.91
PESO DEL AGUA (grs)	6.91	5.97	7.51	9.65
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	61.2	56.2	61.1	60.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	11.29	10.63	12.29	12.71
% PROMEDIO	10.96	11.55	12.50	15.02

%PROMEDIO	DENS. SECA
10.96%	1.661
11.55%	1.695
12.50%	1.726
15.02%	1.713

CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.55	12.50	15.02
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3675	3720	3768
PESO DEL MOLDE (grs)	1942	1942	1942
PESO DEL SUELO (grs)	1733	1778	1826
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.843	1.891	1.942
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.661	1.695	1.726

MDS	1.7267
MCH	12.74

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO: **DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020**

UBICACIÓN: **Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash**

MUESTRA: **CALICATA N° 2 + 2% DE CEMENTO**

FECHA: **JUNIO-2021**

Peso(gramos) MOLDE	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diámetro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

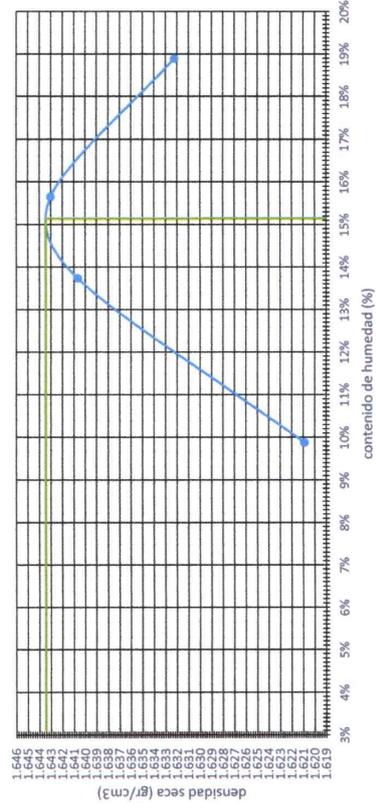
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	27.88	26.74	27.63	28.06
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	94.96	89.47	103.25	95.48
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	89.19	83.59	94.34	92.06
PESO DEL AGUA (grs)	5.77	8.91	8.80	9.35
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	61.3	56.9	64.9	58.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	9.41	10.34	13.32	14.16
% PROMEDIO	9.88	13.74	15.65	18.89

%PROMEDIO	DENS. SECA
9.88%	1.621
13.74%	1.641
15.65%	1.643
18.89%	1.632

CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.88	13.74	15.65	18.89
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3617	3697	3729	3767
PESO DEL MOLDE (grs)	1942	1942	1942	1942
PESO DEL SUELO (grs)	1675	1755	1787	1825
DENSIDAD HÚMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.781	1.866	1.900	1.941
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.621	1.641	1.643	1.632

MDS	1.6435
MCH	15.18

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBIACIÓN: Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 2 + 5% DE CEMENTO

FECHA: JUNIO-2021

Peso(gramos) MOLDE	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diametro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

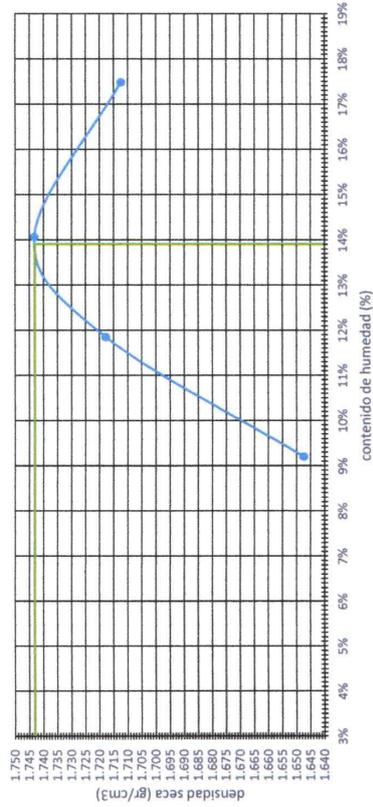
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	27.88	27.46	27.63	28.06
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	88.68	96.45	100.25	103.31
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	84.23	88.97	91.49	93.84
PESO DEL AGUA (grs)	4.45	7.48	8.76	9.47
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	56.4	61.5	63.9	65.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	7.90	12.16	13.72	14.40
% PROMEDIO	9.20	11.85	14.06	17.48

%PROMEDIO	DENS. SECA
9.20%	1.648
11.85%	1.718
14.06%	1.743
17.48%	1.712

CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.20	11.85	14.06	17.48
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3634	3749	3812	3834
PESO DEL MOLDE (grs)	1942	1942	1942	1942
PESO DEL SUELO (grs)	1692	1807	1870	1892
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.799	1.921	1.988	2.012
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.648	1.718	1.743	1.712

MDS	1.7435
MCH	13.9

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN  
PROCTOR MODIFICADO "MÉTODO A" (MTC E 115)**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

UBICACIÓN: ASENTAMIENTO Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 2 + 8% DE CEMENTO

FECHA: JUNIO-2021

Peso(gramos)	1.942
Altura interior(cm)	11.60
Diámetro interior(cm)	10.16
Volumen interior(cm <sup>3</sup> )	940.449

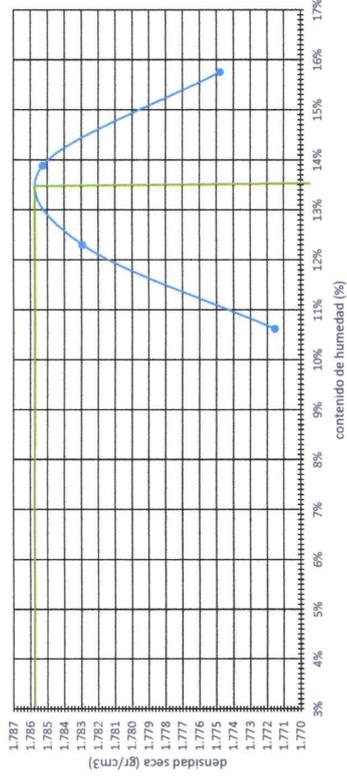
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	27.88	27.46	27.63	28.59
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	98.53	94.63	100.05	103.45
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	90.95	87.46	94.05	94.16
PESO DEL AGUA (grs)	7.58	7.17	10.63	9.29
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	63.1	60.0	66.4	64.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	12.02	11.95	16.00	14.17
% PROMEDIO	10.62	12.30	13.88	15.75

%PROMEDIO	DENS. SECA
10.62%	1.772
12.30%	1.783
13.88%	1.785
15.75%	1.775

CONTENIDO DE HUMEDAD %	10.62	12.30	13.88	15.75
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	3785	3825	3854	3874
PESO DEL MOLDE (grs)	1942	1942	1942	1942
PESO DEL SUELO (grs)	1843	1883	1912	1932
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.960	2.002	2.033	2.054
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.772	1.783	1.785	1.775

MDS	OCH
1.7858	13.55

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO:** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020  
**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: FECHA: JULIO - 2021  
**MUESTRA:** Calicata N°1 + 2% de Cal **RESPONSABLES** TESISTAS

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°1
<b>DOFISICACIÓN</b>	2% CAL

<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.6716
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	16.65

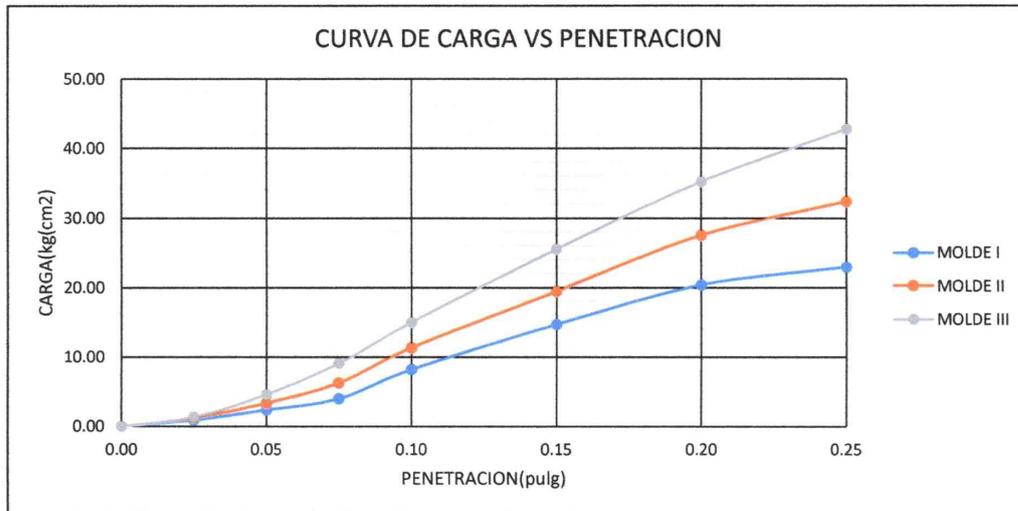
#### COMPACTACIÓN

Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10929	11118	11307
Peso del molde (gramos)	7140	7140	7140
Peso del suelo húmedo (grs.)	3789	3978	4167
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.80	1.89	1.98
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.550</b>	<b>1.632</b>	<b>1.713</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>2B</b>	<b>4A</b>	<b>M1C</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	102.342	120.198	113.88
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	90.078	107.713	102.429
Peso del agua (grs.)	10.15	12.485	11.451
Peso del tarro (grs.)	27.139	28.571	28.77
Peso del suelo seco (grs.)	62.94	79.14	73.66
% de humedad	<b>16.13</b>	<b>15.78</b>	<b>15.55</b>

#### PENETRACIÓN

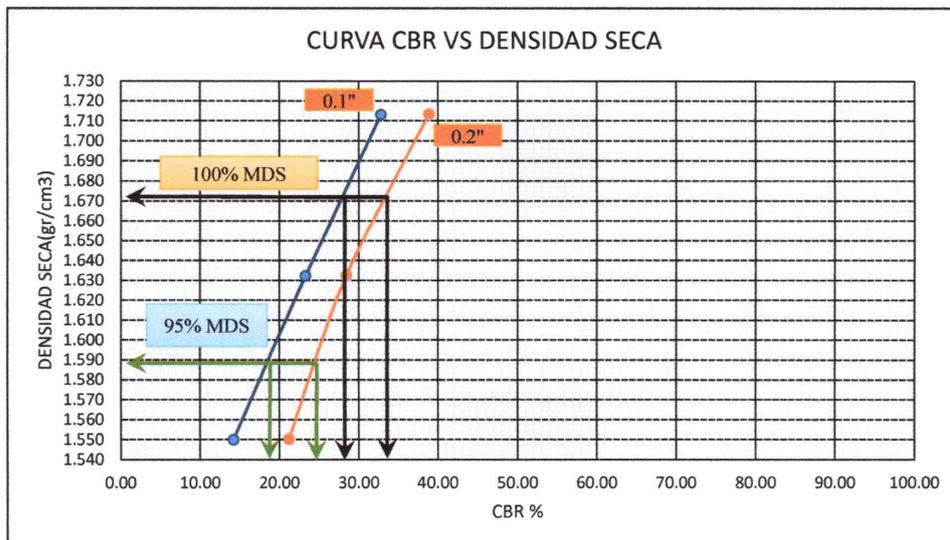
PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
pulg	mm		CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		18.10	0.92	22.80	1.161	25.50	1.299
0.050	1.27		46.90	2.39	63.90	3.254	89.80	4.573
0.075	1.91		78.50	4.00	121.40	6.183	178.10	9.071
0.100	2.54	70.49	161.20	8.21	221.30	11.271	294.40	14.994
0.150	3.81		289.30	14.73	381.40	19.425	501.50	25.541
0.200	5.08	105.68	401.20	20.43	539.60	27.482	691.40	35.213
0.250	6.35		451.30	22.98	634.20	32.300	840.00	42.781





MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	Esfuerzo corregido	C.B.R (%)
I	0.1	8.21	70.49	10	14.19
II	0.1	11.271	70.49	16.41	23.28
III	0.1	14.994	70.49	23.11	32.78

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	Esfuerzo corregido	C.B.R (%)
I	0.2	20.43	105.68	22.4	21.22
II	0.2	27.482	105.68	30.06	28.44
III	0.2	35.213	105.68	41.11	38.90



		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.672	27.98	33.13
C.B.R para 95% MDS	1.588	18.11	24.12

### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: **FECHA:** JULIO - 2022

**MUESTRA :** Calicata N°1 + 5% de Cal

**RESPONSABLES TESISISTAS**

### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°1
<b>DOFISICACIÓN</b>	5% de Cal

<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.6769
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	17.03

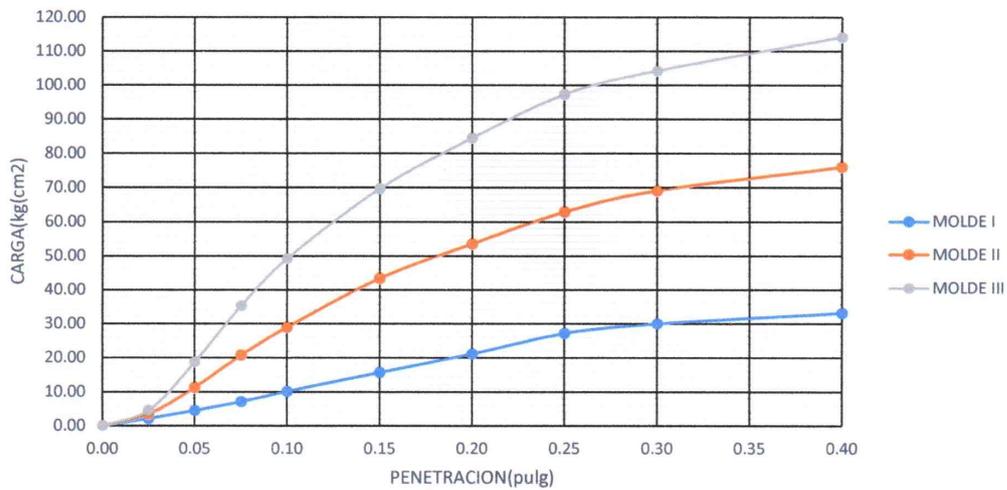
### COMPACTACIÓN

Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10984	11214	11314
Peso del molde (gramos)	7172	7159	7146
Peso del suelo húmedo (grs.)	3812	4055	4168
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.81	1.93	1.98
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.560</b>	<b>1.660</b>	<b>1.710</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>5A</b>	<b>M1A</b>	<b>2B</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	105.142	98.834	108.266
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	95.398	88.901	97.201
Peso del agua (grs.)	11.00	9.933	11.065
Peso del tarro (grs.)	26.949	26.870	27.139
Peso del suelo seco (grs.)	68.45	62.03	70.06
% de humedad	<b>16.07</b>	<b>16.01</b>	<b>15.79</b>

### PENETRACIÓN

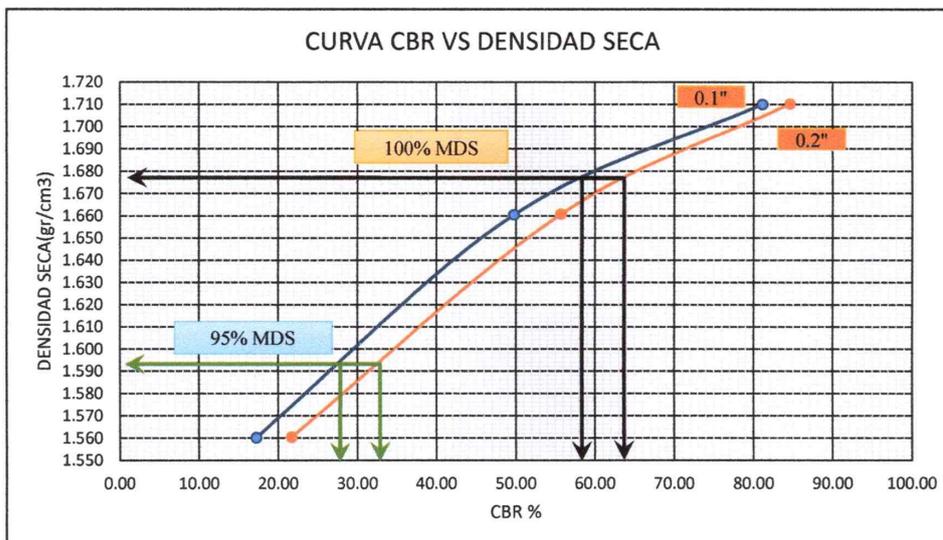
PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
pulg	mm		CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		41.20	2.10	63.80	3.249	85.40	4.349
0.050	1.27		88.30	4.50	217.80	11.092	367.40	18.712
0.075	1.91		139.60	7.11	405.60	20.657	692.30	35.259
0.100	2.54	70.49	199.20	10.15	585.90	28.821	966.50	49.223
0.150	3.81		308.40	15.71	849.30	43.254	1367.70	69.656
0.200	5.08	105.68	415.30	21.15	1048.30	53.389	1657.80	84.431
0.250	6.35		534.20	27.21	1232.30	62.761	1911.60	97.357
0.300	7.62		589.60	30.03	1353.60	68.938	2046.10	104.207
0.400	10.16		651.70	33.19	1489.90	75.880	2239.80	114.072



**CURVA DE CARGA VS PENETRACION**


MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	Esfuerzo corregido	C.B.R (%)
I	0.1	10.15	70.49	12.13	17.21
II	0.1	28.821	70.49	35.07	49.75
III	0.1	49.223	70.49	57.19	81.13

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	Esfuerzo corregido	C.B.R (%)
I	0.1	21.15	105.68	22.9	21.71
II	0.1	53.389	105.68	58.89	55.72
III	0.1	84.431	105.68	89.42	84.61

**CURVA CBR VS DENSIDAD SECA**


		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.677	58.81	63.74
C.B.R para 95% MDS	1.593	27.73	32.5

### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020  
**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: **FECHA:** JULIO - 2021  
**MUESTRA :** Calicata N°1 + 8% de Cal **RESPONSABLES TESISTAS**

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°1	<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.6681
<b>DOFISICACIÓN</b>	8% de Cal	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	19.40

#### COMPACTACIÓN

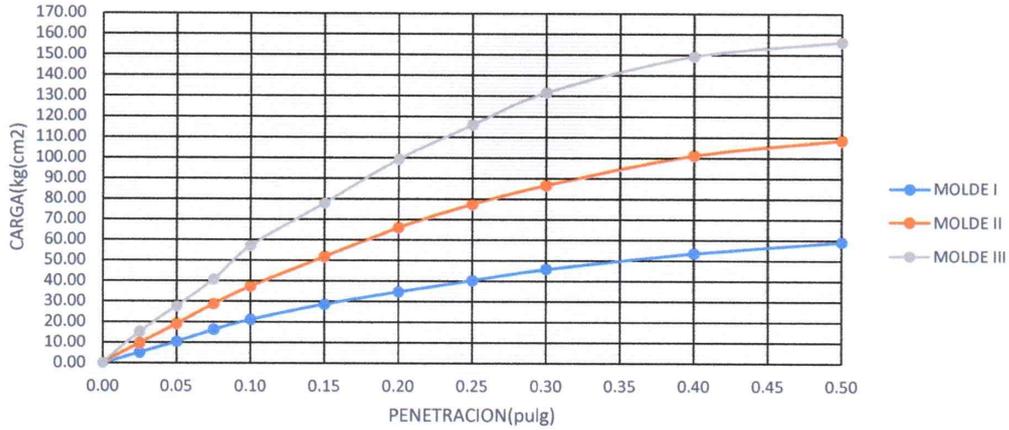
Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11094	11250	11385
Peso del molde (gramos)	7160	7175	7175
Peso del suelo húmedo (grs.)	3934	4075	4210
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.87	1.94	2.00
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.584</b>	<b>1.648</b>	<b>1.715</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>5B</b>	<b>5A</b>	<b>4B</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	96.382	100.666	106.612
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	85.777	89.718	95.326
Peso del agua (grs.)	10.61	10.948	11.286
Peso del tarro (grs.)	26.750	26.949	27.49
Peso del suelo seco (grs.)	59.03	62.77	67.84
% de humedad	<b>17.97</b>	<b>17.44</b>	<b>16.64</b>

#### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
			CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
0.025	0.64		99.30	5.06	183.20	9.330	296.80	15.116
0.050	1.27		203.00	10.34	367.10	18.696	539.60	27.482
0.075	1.91		317.60	16.18	556.80	28.358	798.20	40.652
0.100	2.54	70.49	414.00	21.08	728.50	37.102	1119.10	56.995
0.150	3.81		561.20	28.58	1011.30	51.505	1526.30	77.734
0.200	5.08	105.68	682.10	34.74	1289.90	65.694	1947.20	99.170
0.250	6.35		792.00	40.34	1514.60	77.138	2274.30	115.829
0.300	7.62		899.20	45.80	1694.70	86.310	2583.90	131.597
0.400	10.16		1050.80	53.52	1982.30	100.958	2929.50	149.198
0.500	12.70		1161.80	59.17	2126.80	108.317	3064.40	156.069



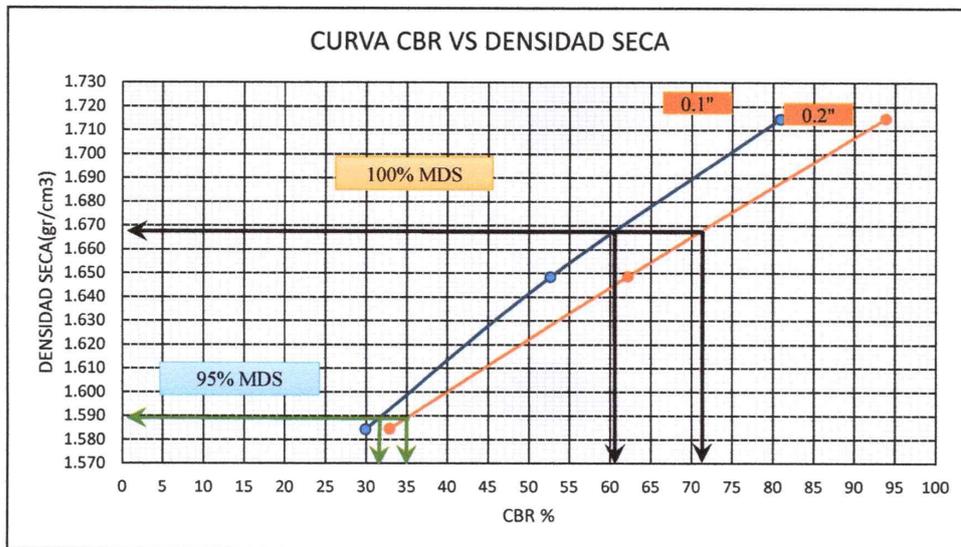
**CURVA DE CARGA VS PENETRACION**



MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Presion Patrón(Kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R (%)
I	0.1	21.08	70.49	29.9
II	0.1	37.102	70.49	52.6
III	0.1	56.995	70.49	80.9

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Presion Patrón(Kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R (%)
I	0.1	34.74	105.68	32.9
II	0.1	65.694	105.68	62.2
III	0.1	99.17	105.68	93.8

**CURVA CBR VS DENSIDAD SECA**



		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.668	60.92	71.18
C.B.R para 95% MDS	1.585	31.19	34.91



### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020  
**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento **FECHA:** JULIO - 2021  
**MUESTRA :** Calicata N°1 + 2% de Cemento **RESPONSABLES:** TESISTAS

### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°1
<b>DOFISICACIÓN</b>	2% CEMENTO

<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.6921
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	14.21

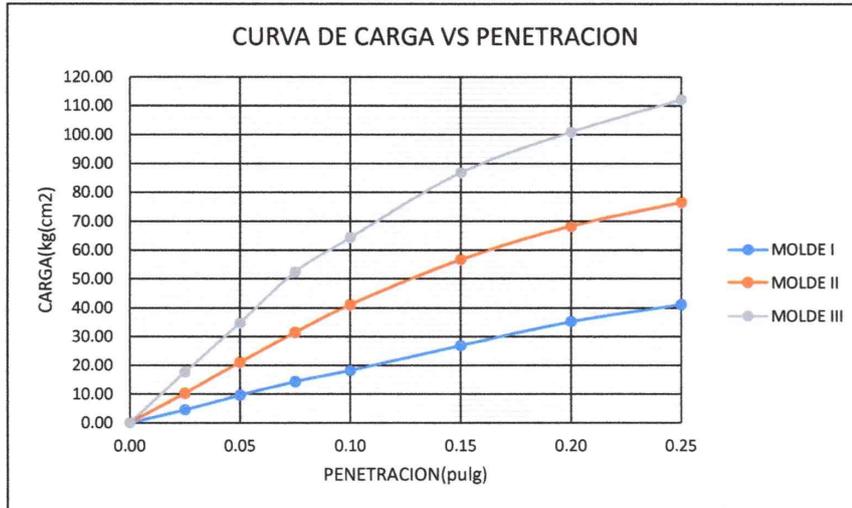
### COMPACTACIÓN

Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11021	11331	11505
Peso del molde (gramos)	7159	7160	7170
Peso del suelo húmedo (grs.)	3862	4171	4335
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.83	1.98	2.06
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.598</b>	<b>1.719</b>	<b>1.789</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>M1B</b>	<b>3B</b>	<b>5B</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	102.640	106.539	107.028
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	92.948	96.125	96.485
Peso del agua (grs.)	9.69	10.414	10.543
Peso del tarro (grs.)	27.654	28.018	26.75
Peso del suelo seco (grs.)	65.29	68.11	69.73
% de humedad	<b>14.84</b>	<b>15.29</b>	<b>15.12</b>

### PENETRACIÓN

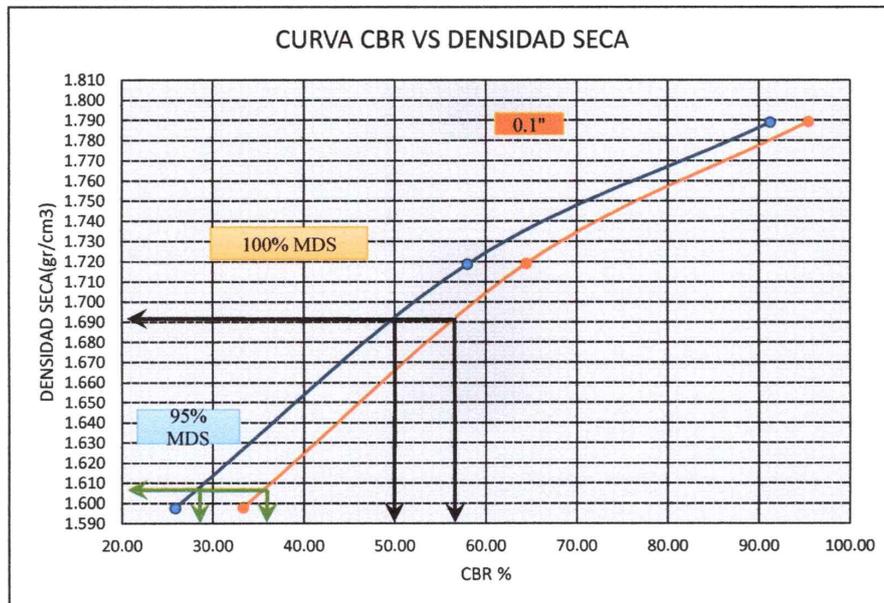
PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
pulg	mm		CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
0.025	0.64		90.10	4.59	198.30	10.099	344.80	17.561
0.050	1.27		189.30	9.64	410.30	20.896	681.80	34.724
0.075	1.91		281.10	14.32	613.60	31.250	1028.50	52.381
0.100	2.54	70.00	357.60	18.21	802.40	40.866	1262.70	64.309
0.150	3.81		528.40	26.91	1109.30	56.496	1704.38	86.803
0.200	5.08	105.00	691.80	35.23	1337.40	68.113	1979.80	100.830
0.250	6.35		807.40	41.12	1498.90	76.338	2201.60	112.127





MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.1	18.21	70.49	25.83
II	0.1	40.866	70.49	57.97
III	0.1	64.309	70.49	91.23

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.2	35.23	105.68	33.34
II	0.2	68.113	105.68	64.45
III	0.2	100.83	105.68	95.41



		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.692	49.97	56.49
C.B.R para 95% MDS	1.607	28.04	35.56



**VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883**

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: **FECHA:** JULIO - 2021

**MUESTRA :** Calicata N°1 + 5% de Cemento **RESPONSABLES:** TESISTAS

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°1	<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.7134
<b>DOFISICACIÓN</b>	5% CEMENTO	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	13.73

1.62773

**COMPACTACIÓN**

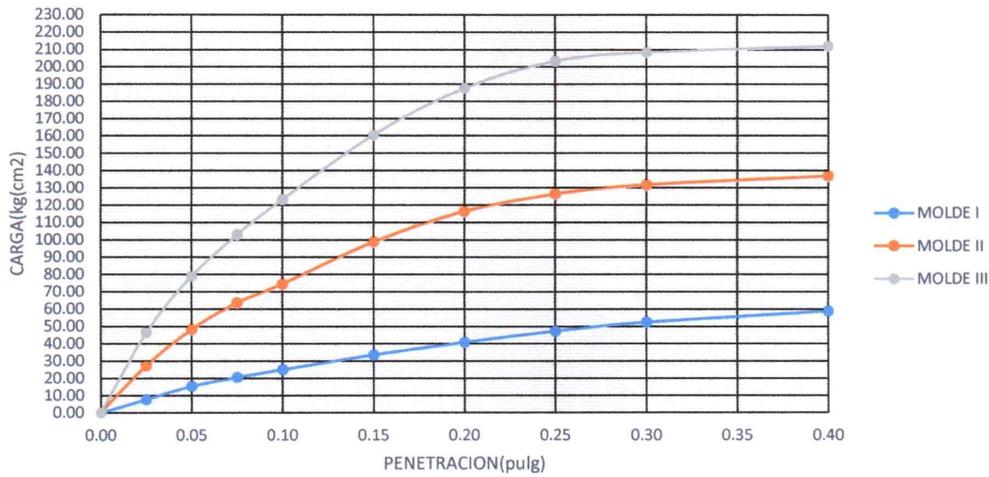
Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>56</b>
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11046	11389	11530
Peso del molde (gramos)	7172	7159	7149
Peso del suelo húmedo (grs.)	3874	4230	4381
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.84	2.01	2.08
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.605</b>	<b>1.751</b>	<b>1.813</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>10</b>	<b>3B</b>	<b>M2B</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	97.253	95.126	93.095
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	88.298	86.496	84.613
Peso del agua (grs.)	8.96	8.63	8.482
Peso del tarro (grs.)	27.192	28.018	27.21
Peso del suelo seco (grs.)	61.11	58.48	57.40
% de humedad	<b>14.65</b>	<b>14.76</b>	<b>14.78</b>

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
			CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		151.20	7.70	528.60	26.921	908.23	46.256
0.050	1.27		301.40	15.35	941.30	47.940	1548.42	78.860
0.075	1.91		402.30	20.49	1241.60	63.234	2021.02	102.930
0.100	2.54	70.00	490.30	24.97	1456.40	74.174	2418.40	123.168
0.150	3.81		657.60	33.49	1934.20	98.508	3151.10	160.484
0.200	5.08	105.00	800.10	40.75	2276.40	115.936	3681.20	187.482
0.250	6.35		929.40	47.33	2475.20	126.061	3989.10	203.163
0.300	7.62		1026.70	52.29	2578.10	131.302	4089.80	208.292
0.400	10.16		1154.60	58.80	2680.10	136.496	4159.80	211.857



CURVA DE CARGA VS PENETRACION

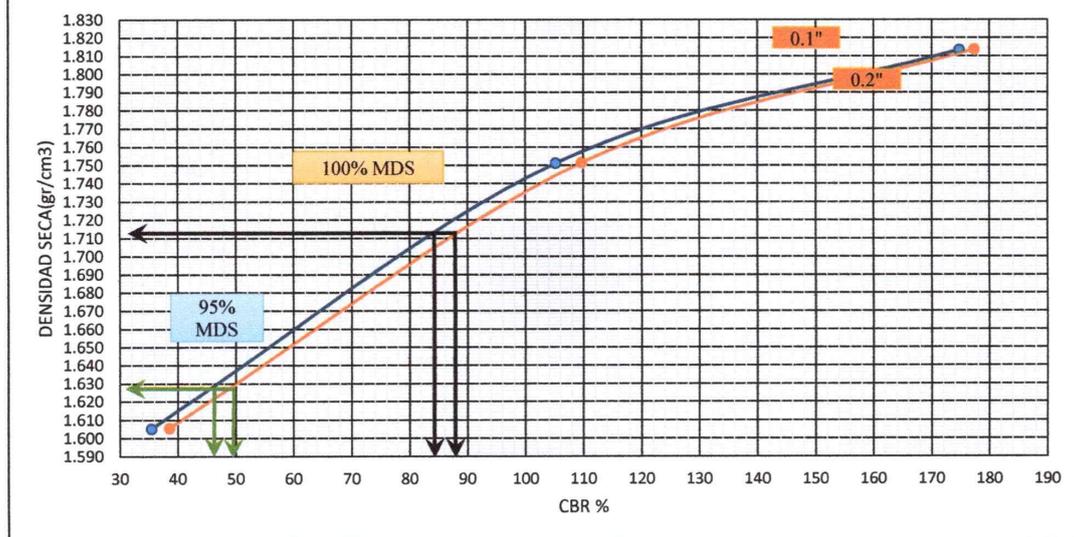


MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón (Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.1	24.97	70.49	35.42346432
II	0.1	74.174	70.49	105.2262732
III	0.1	123.168	70.49	174.7311675

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón (Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.2	40.75	105.68	38.6
II	0.2	115.936	105.68	109.7
III	0.2	187.482	105.68	177.4



CURVA CBR VS DENSIDAD SECA



		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.713	83.93	87.89
C.B.R para 95% MDS	1.628	45.82	48.34

### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020  
**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: / **FECHA:** JULIO - 2021  
**MUESTRA :** Calicata N°1 + 8% de Cemento **RESPONSABLES:** TESISISTAS

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°1
<b>DOFISICACIÓN</b>	8% CEMENTO

<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.73
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	12.74

#### COMPACTACIÓN

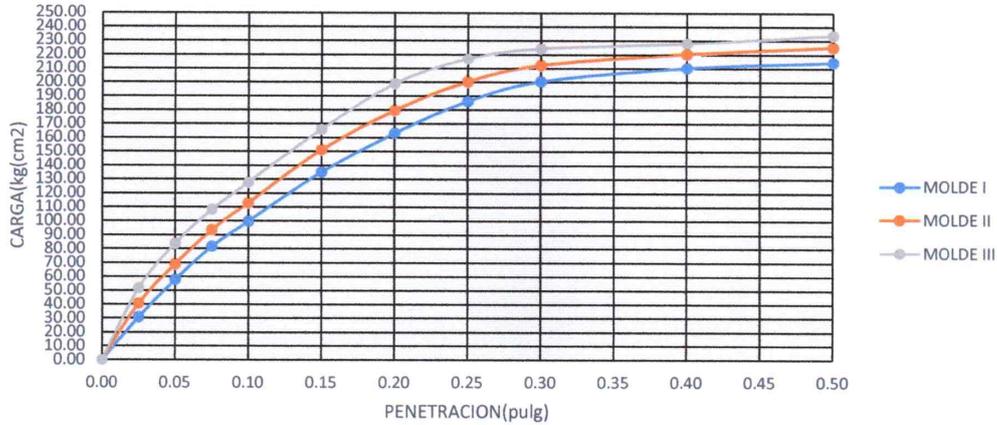
Molde N°	1	2	3
N° de golpes por capa	12	26	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11085	11425	11622
Peso del molde (gramos)	7190	7190	7188
Peso del suelo húmedo (grs.)	3895	4235	4434
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.85	2.01	2.11
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.611</b>	<b>1.760</b>	<b>1.847</b>
Tarro N°	<b>M2A</b>	<b>4A</b>	<b>M2B</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	87.801	88.709	83.37
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	80.044	81.194	76.45
Peso del agua (grs.)	7.76	7.515	6.92
Peso del tarro (grs.)	27.762	28.571	27.21
Peso del suelo seco (grs.)	52.28	52.62	49.24
% de humedad	<b>14.84</b>	<b>14.28</b>	<b>14.05</b>

#### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
			CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
pulg	mm							
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		604.10	30.77	789.45	40.206	1009.80	51.429
0.050	1.27		1134.25	57.77	1345.65	68.533	1645.64	83.812
0.075	1.91		1604.51	81.72	1828.50	93.125	2118.24	107.881
0.100	2.54	70.00	1957.80	99.71	2208.50	112.478	2505.80	127.619
0.150	3.81		2652.30	135.08	2959.40	150.721	3256.42	165.848
0.200	5.08	105.00	3206.60	163.31	3515.80	179.058	3903.50	198.804
0.250	6.35		3655.50	186.17	3925.60	199.929	4256.30	216.772
0.300	7.62		3934.60	200.39	4159.50	211.842	4399.50	224.065
0.400	10.16		4129.30	210.30	4321.40	220.087	4475.26	227.923
0.500	12.70		4205.80	214.20	4414.90	224.849	4587.36	233.632



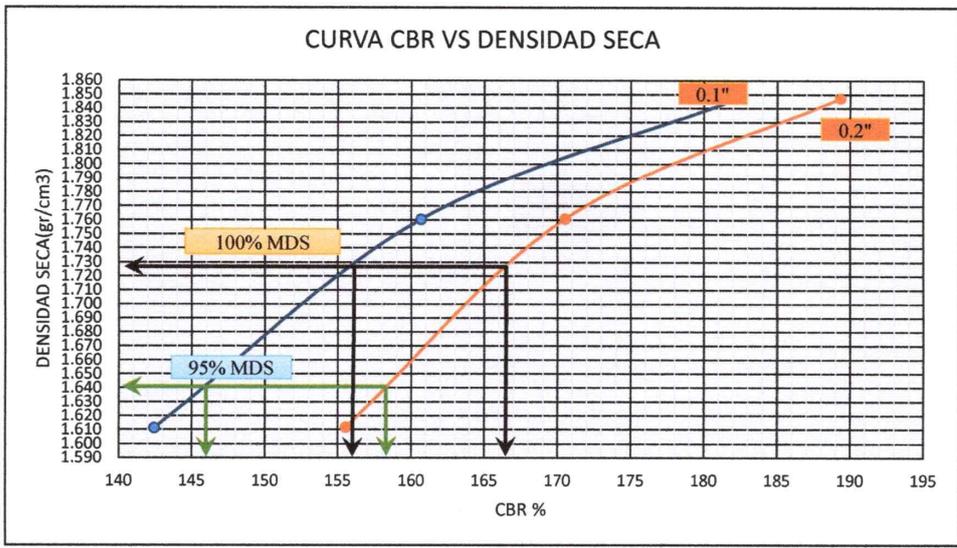
**CURVA DE CARGA VS PENETRACION**



MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.1	99.71	70.00	142.4428571
II	0.1	112.478	70.00	160.6828571
III	0.1	127.619	70.00	182.3128571

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.1	163.31	105.00	155.5
II	0.1	179.058	105.00	170.5
III	0.1	198.804	105.00	189.3

**CURVA CBR VS DENSIDAD SECA**



	0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	155.91	166.21
C.B.R para 95% MDS	145.11	158.02

### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento **FECHA:** JULIO - 2021

**MUESTRA :** Calicata N°2 + 2% de Cal **RESPONSABLES:** TESISTAS

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°2
<b>DOFISICACIÓN</b>	2% CAL

<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.5739
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	16.9

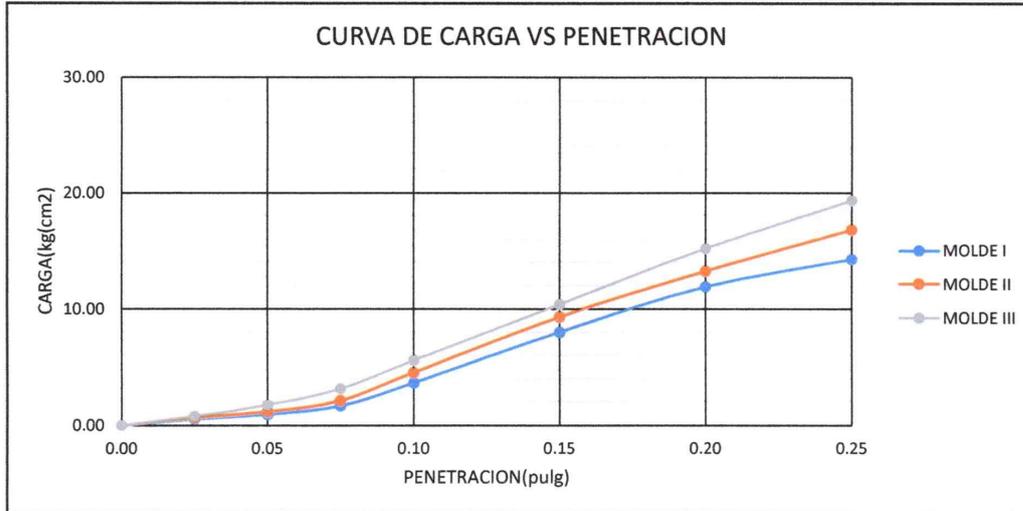
#### COMPACTACIÓN

Molde N°	1	2	3
N° de golpes por capa	12	26	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10835	11045	11321
Peso del molde (gramos)	7159	7160	7160
Peso del suelo húmedo (grs.)	3676	3885	4161
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.75	1.85	1.98
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.445</b>	<b>1.537</b>	<b>1.639</b>
Tarro N°	<b>M2B</b>	<b>M1C</b>	<b>2A</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	108.542	110.053	118.428
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	94.499	96.469	102.885
Peso del agua (grs.)	14.04	13.584	15.543
Peso del tarro (grs.)	27.210	28.770	27.45
Peso del suelo seco (grs.)	67.29	67.70	75.44
% de humedad	<b>20.87</b>	<b>20.07</b>	<b>20.60</b>

#### PENETRACIÓN

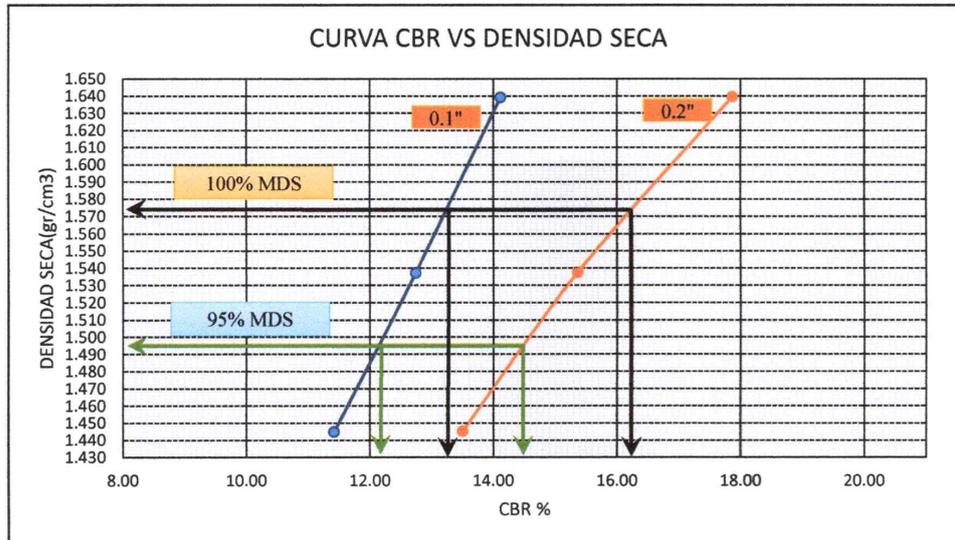
PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
pulg	mm		CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		10.40	0.53	12.30	0.626	14.70	0.749
0.050	1.27		18.20	0.93	21.90	1.115	33.90	1.727
0.075	1.91		32.80	1.67	40.50	2.063	61.30	3.122
0.100	2.54	70.00	71.70	3.65	88.10	4.487	109.30	5.567
0.150	3.81		157.60	8.03	182.40	9.290	204.20	10.400
0.200	5.08	105.00	234.10	11.92	259.40	13.211	298.50	15.202
0.250	6.35		280.40	14.28	329.80	16.797	379.30	19.318





MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Presion Patrón(Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido	C.B.R (%)
I	0.1	3.65	70.49	8.05	11.42
II	0.1	4.487	70.49	8.98	12.74
III	0.1	5.567	70.49	9.95	14.12

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Presion Patrón(Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido	C.B.R (%)
I	0.2	11.92	105.68	14.3	13.50
II	0.2	13.211	105.68	16.24	15.37
III	0.2	15.202	105.68	18.88	17.87



		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.574	14.46	16.21
C.B.R para 95% MDS	1.495	12.12	14.44

### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** :DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliacion La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: **FECHA:** JULIO - 2021

**MUESTRA :** Calicata N°2 + 5% de Cal **RESPONSABLES TESISISTAS**

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°2	<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.5857
<b>DOFISICACIÓN</b>	5% CAL	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	17.78

#### COMPACTACIÓN

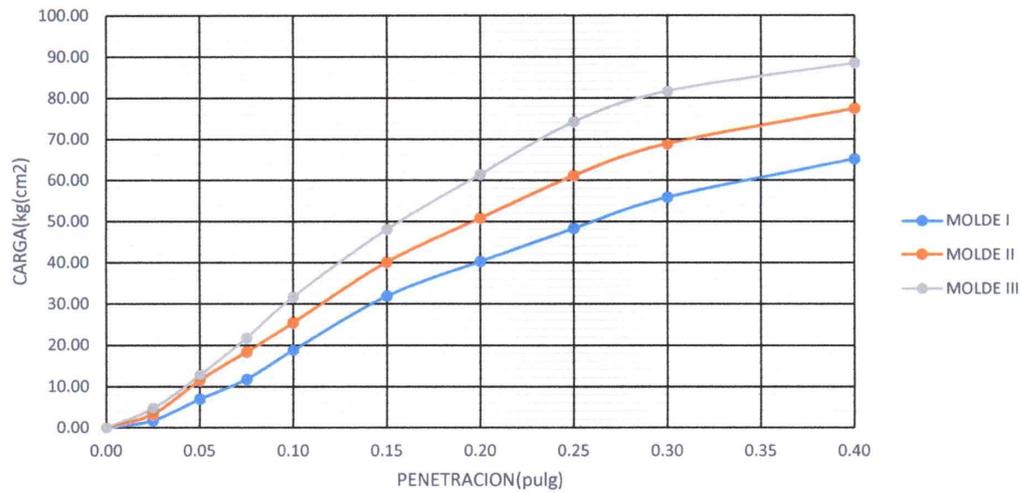
Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	10902	11188	11388
Peso del molde (gramos)	7170	7159	7160
Peso del suelo húmedo (grs.)	3732	4029	4228
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.77	1.91	2.01
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.492</b>	<b>1.618</b>	<b>1.699</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>M1E</b>	<b>3B</b>	<b>4A</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	101.755	99.841	117.707
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	89.950	88.718	103.955
Peso del agua (grs.)	11.81	11.123	13.752
Peso del tarro (grs.)	27.190	28.018	28.571
Peso del suelo seco (grs.)	62.76	60.70	75.38
% de humedad	<b>18.81</b>	<b>18.32</b>	<b>18.24</b>

#### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
			CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		34.50	1.76	62.40	3.178	91.50	4.660
0.050	1.27		137.20	6.99	224.60	11.439	249.20	12.692
0.075	1.91		231.50	11.79	358.60	18.263	427.40	21.767
0.100	2.54	70.49	369.40	18.81	498.40	25.383	622.30	31.693
0.150	3.81		627.90	31.98	785.40	40.000	942.30	47.991
0.200	5.08	105.68	791.20	40.30	994.60	50.655	1206.10	61.426
0.250	6.35		948.30	48.30	1198.20	61.024	1457.50	74.230
0.300	7.62		1097.40	55.89	1349.70	68.740	1602.30	81.604
0.400	10.16		1279.50	65.16	1518.60	77.342	1736.40	88.434



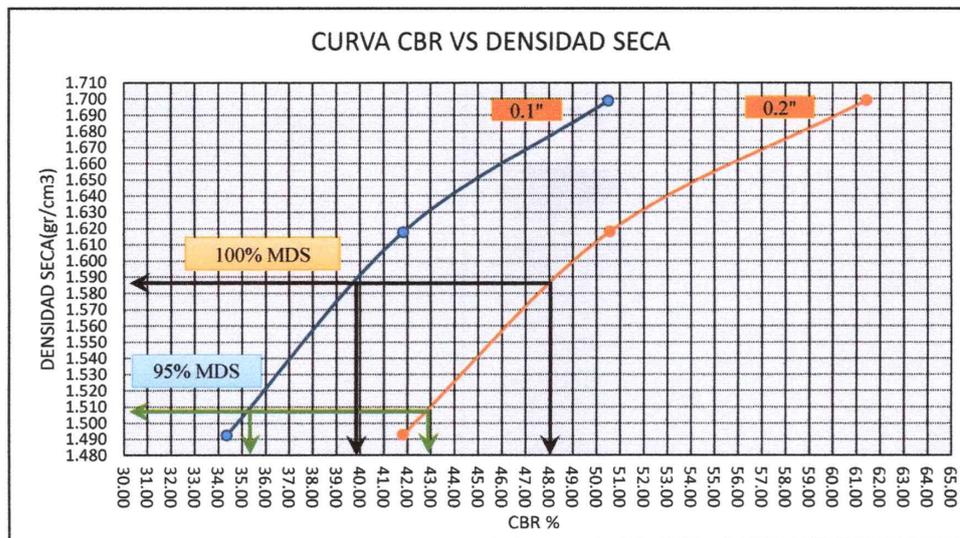
### CURVA DE CARGA VS PENETRACION



MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Presion Patrón(Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido	C.B.R (%)
I	0.1	18.81	70.49	24.21	34.35
II	0.1	25.383	70.49	29.48	41.82
III	0.1	31.693	70.49	35.6	50.50

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Presion Patrón(Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido	C.B.R (%)
I	0.1	40.30	105.68	44.2	41.81
II	0.1	50.655	105.68	53.45	50.58
III	0.1	61.426	105.68	64.92	61.43

### CURVA CBR VS DENSIDAD SECA



		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.586	39.74	47.97
C.B.R para 95% MDS	1.506	35.19	42.8

**VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883**

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020  
**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: **FECHA:** JULIO-2021  
**MUESTRA :** Calicata N°2 + 8% de Cal **RESPONSABLES** TESISTAS

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°2	<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.5849
<b>DOFISICACIÓN</b>	8% CAL	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	19.69

**COMPACTACIÓN**

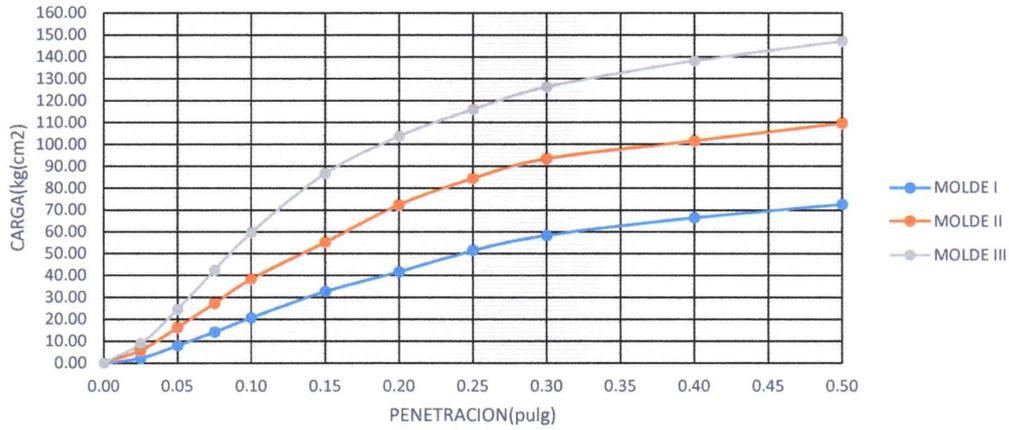
Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>56</b>
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10904	11131	11405
Peso del molde (gramos)	7179	7160	7170
Peso del suelo húmedo (grs.)	3725	3971	4235
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.77	1.89	2.01
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.477</b>	<b>1.582</b>	<b>1.684</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>4A</b>	<b>2B</b>	<b>4B</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	121.876	108.109	107.558
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	106.435	95.045	94.504
Peso del agua (grs.)	15.44	13.064	13.054
Peso del tarro (grs.)	28.571	27.139	27.49
Peso del suelo seco (grs.)	77.86	67.91	67.02
% de humedad	<b>19.83</b>	<b>19.24</b>	<b>19.48</b>

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
			CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
pulg	mm							
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
0.025	0.64		42.70	2.18	108.80	5.541	171.20	8.719
0.050	1.27		156.60	7.98	314.60	16.022	479.80	24.436
0.075	1.91		279.30	14.22	531.80	27.084	832.20	42.384
0.100	2.54	70.00	407.50	20.75	749.50	38.172	1169.50	59.562
0.150	3.81		642.30	32.71	1078.20	54.912	1701.30	86.646
0.200	5.08	105.00	816.70	41.59	1416.20	72.126	2035.40	103.662
0.250	6.35		1009.90	51.43	1653.80	84.227	2276.20	115.926
0.300	7.62		1146.30	58.38	1830.10	93.206	2476.30	126.117
0.400	10.16		1304.20	66.42	1989.60	101.329	2711.60	138.101
0.500	12.70		1424.10	72.53	2148.70	109.432	2886.90	147.029



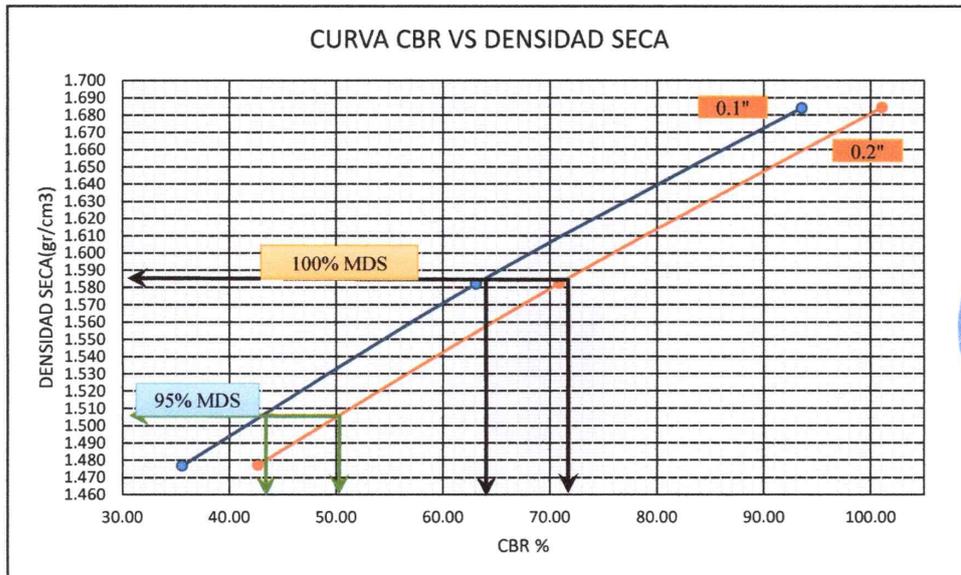
**CURVA DE CARGA VS PENETRACION**



MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Presion Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido	C.B.R (%)
I	0.1	20.75	70.49	25.1	35.61
II	0.1	38.172	70.49	44.47	63.09
III	0.1	59.562	70.49	65.92	93.52

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Presion Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo corregido	C.B.R (%)
I	0.1	41.59	105.68	45.1	42.66
II	0.1	72.126	105.68	74.91	70.88
III	0.1	103.662	105.68	106.78	101.04

**CURVA CBR VS DENSIDAD SECA**



		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.585	63.96	71.67
C.B.R para 95% MDS	1.506	42.98	50.02

**VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883**

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020  
**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: FECHA: JULIO-2021  
**MUESTRA :** Calicata N°2 + 2% de Cemento **RESPONSABLES:** TESISTAS

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°2	<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.6435
<b>DOFISICACIÓN</b>	2% CEMENTO	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	15.18

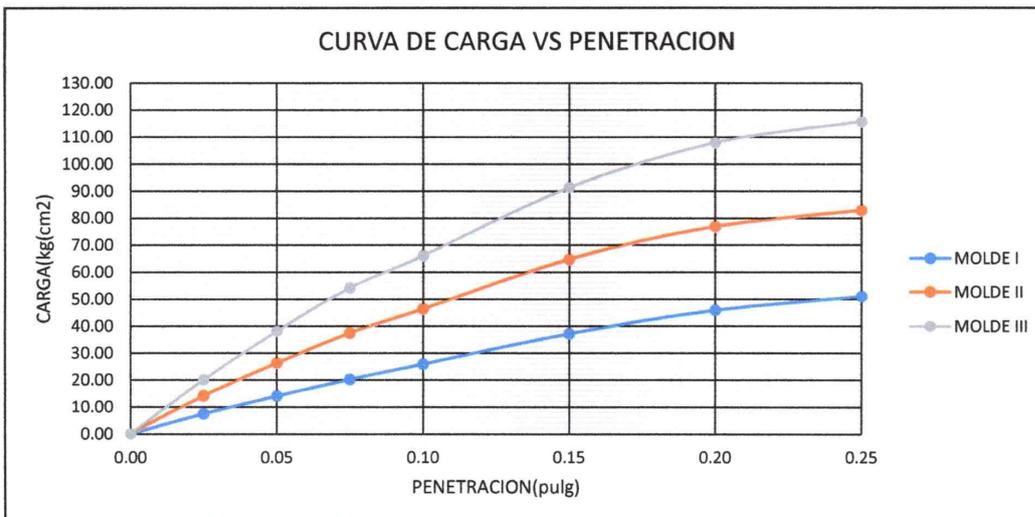
**COMPACTACIÓN**

Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	12	26	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10895	11125	11315
Peso del molde (gramos)	7175	7160	7160
Peso del suelo húmedo (grs.)	3720	3965	4155
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.77	1.88	1.97
Densidad seca (grs./cm3)	1.549	1.651	1.731
<b>Tarro N°</b>	10	12	2A
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	180.922	118.408	111.356
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	162.016	107.323	101.02
Peso del agua (grs.)	18.91	11.085	10.336
Peso del tarro (grs.)	27.485	28.571	27.45
Peso del suelo seco (grs.)	134.53	78.75	73.57
% de humedad	14.05	14.08	14.05

**PENETRACIÓN**

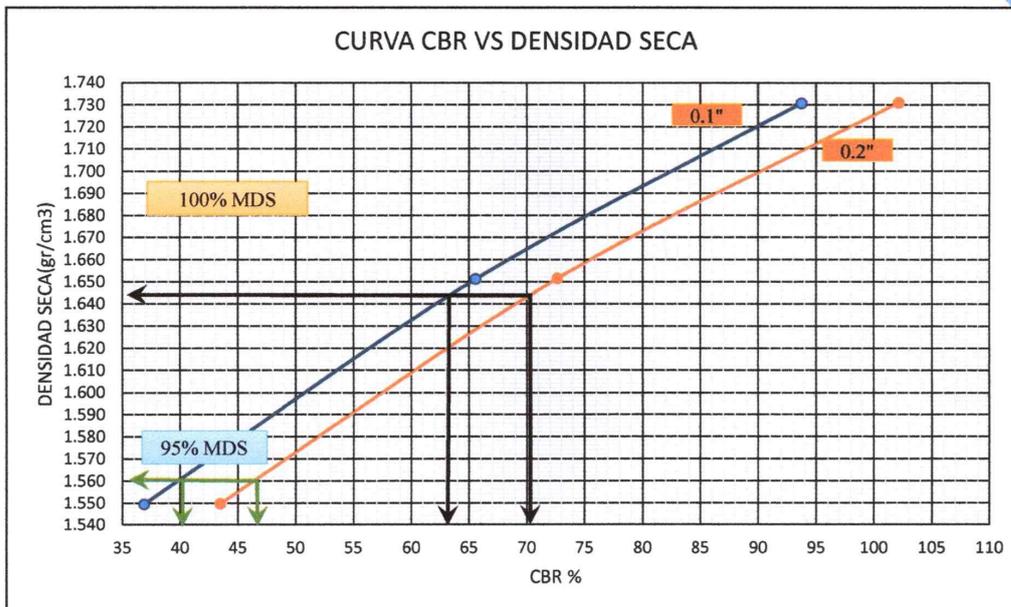
PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
pulg	mm		CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		147.60	7.52	274.60	13.985	393.40	20.036
0.050	1.27		277.30	14.12	514.20	26.188	748.60	38.126
0.075	1.91		397.60	20.25	732.10	37.286	1062.40	54.108
0.100	2.54	70.00	510.30	25.99	907.50	46.219	1297.40	66.076
0.150	3.81		731.50	37.25	1268.20	64.589	1794.00	91.368
0.200	5.08	105.00	902.30	45.95	1507.40	76.771	2119.70	107.955
0.250	6.35		1001.20	50.99	1625.40	82.781	2271.40	115.681





MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.1	25.99	70.49	36.87047808
II	0.1	46.219	70.49	65.5681657
III	0.1	66.076	70.49	93.73811888

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.2	45.95	105.68	43.5
II	0.2	76.771	105.68	72.6
III	0.2	107.955	105.68	102.2



		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.644	62.98	70.08
C.B.R para 95% MDS	1.561	39.95	46.16

**VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883**

**PROYECTO:** :DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020  
**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliación La Union, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: FECHA: JULIO-2021  
**MUESTRA:** Calicata N°2 + 5% de Cemento **RESPONSABLES:** TESISTAS

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°2
<b>DOFISICACIÓN</b>	5% CEMENTO

<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.7435
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	13.9

**COMPACTACIÓN**

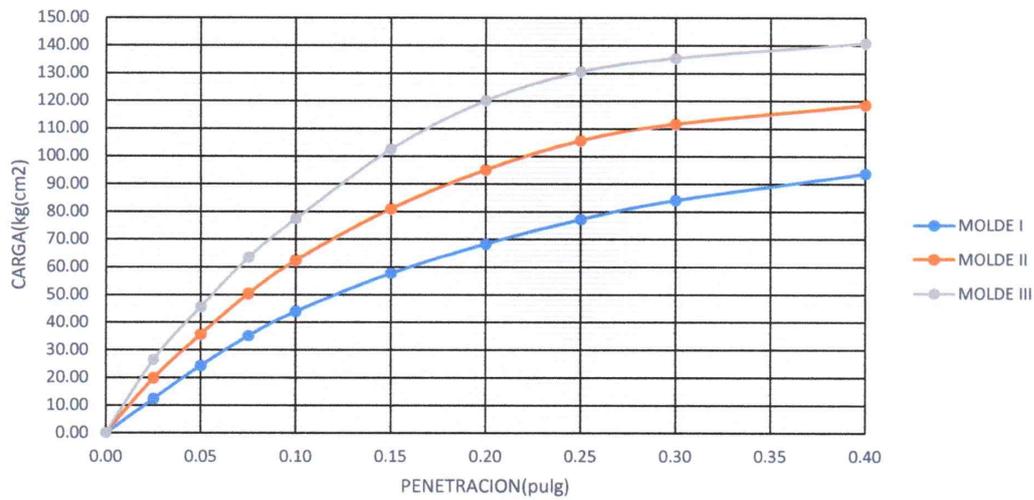
Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11098	11282	11464
Peso del molde (gramos)	7172	7159	7171
Peso del suelo húmedo (grs.)	3926	4123	4293
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.87	1.96	2.04
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.634</b>	<b>1.717</b>	<b>1.788</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>M2B</b>	<b>M1C</b>	<b>4A</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	96.542	104.586	97.23
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	87.956	95.214	88.764
Peso del agua (grs.)	8.59	9.372	8.466
Peso del tarro (grs.)	27.210	28.770	28.571
Peso del suelo seco (grs.)	60.75	66.44	60.19
% de humedad	<b>14.13</b>	<b>14.11</b>	<b>14.06</b>

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
pulg	mm		CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		242.20	12.34	384.30	19.572	518.40	26.402
0.050	1.27		478.20	24.35	695.70	35.432	894.60	45.562
0.075	1.91		689.70	35.13	984.60	50.145	1244.60	63.387
0.100	2.54	70.00	862.50	43.93	1221.60	62.216	1518.90	77.357
0.150	3.81		1133.90	57.75	1586.40	80.795	2011.80	102.460
0.200	5.08	105.00	1341.60	68.33	1864.60	94.963	2357.70	120.077
0.250	6.35		1516.60	77.24	2071.50	105.501	2563.40	130.553
0.300	7.62		1652.60	84.17	2189.60	111.515	2658.90	135.417
0.400	10.16		1841.50	93.79	2324.10	118.365	2764.40	140.790



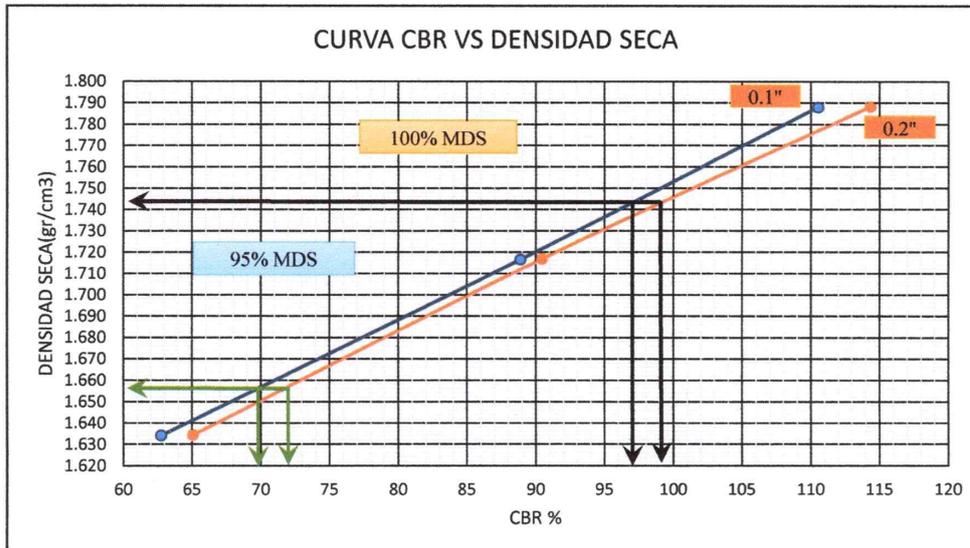
CURVA DE CARGA VS PENETRACION



MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.1	43.93	70.00	62.75714286
II	0.1	62.216	70.00	88.88
III	0.1	77.357	70.00	110.51

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.1	68.33	105.00	65.1
II	0.1	94.963	105.00	90.4
III	0.1	120.077	105.00	114.4

CURVA CBR VS DENSIDAD SECA



		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.744	96.99	99.02
C.B.R para 95% MDS	1.656	69.56	71.98

### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

**UBICACIÓN:** Asentamiento Humano Ampliación La Unión, Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: A **FECHA:** JULIO-2021

**MUESTRA :** Calicata N°2 + 8% de Cemento **RESPONSABLES:** TESISTAS

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA:</b>	Calicata N°2	<b>DENSIDAD MAXIMA:</b>	1.7858
<b>DOFISICACIÓN</b>	8% CEMENTO	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	13.55

#### COMPACTACIÓN

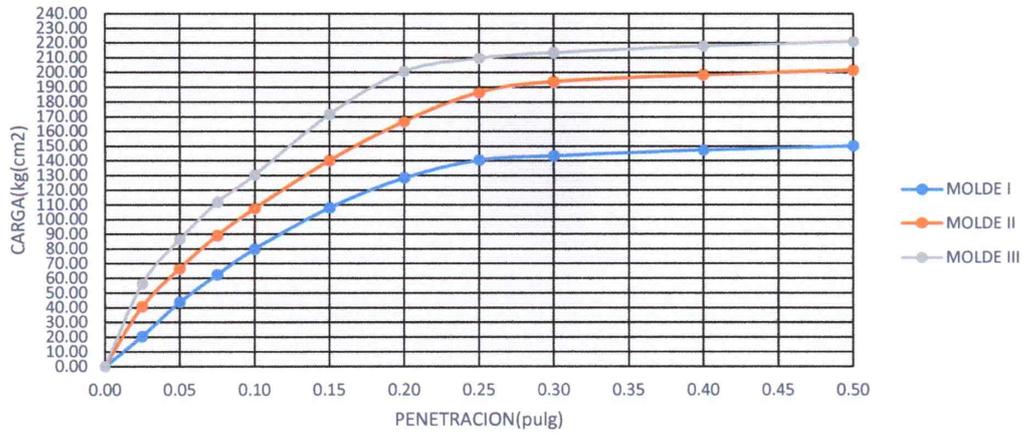
Molde N°	1	2	3
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de Mojado	Despues de Mojado	Despues de Mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11145	11341	11509
Peso del molde (gramos)	7160	7149	7149
Peso del suelo húmedo (grs.)	3985	4192	4360
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.89	1.99	2.07
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.654</b>	<b>1.739</b>	<b>1.810</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>M2C</b>	<b>1B</b>	<b>3B</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	105.455	89.092	94.862
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	95.636	81.176	86.432
Peso del agua (grs.)	9.82	7.916	8.43
Peso del tarro (grs.)	27.720	26.735	28.02
Peso del suelo seco (grs.)	67.92	54.44	58.41
% de humedad	<b>14.46</b>	<b>14.54</b>	<b>14.43</b>

#### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR kg/cm2	MOLDE N° I		MOLDE N° II		MOLDE N° III	
			CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN	CARGA	PRESIÓN
0.000	0.00		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
0.025	0.64		402.80	20.51	792.40	40.357	1102.60	56.155
0.050	1.27		859.80	43.79	1301.60	66.290	1695.64	86.358
0.075	1.91		1225.30	62.40	1741.20	88.679	2191.36	111.605
0.100	2.54	70.00	1567.40	79.83	2104.50	107.181	2555.50	130.151
0.150	3.81		2121.50	108.05	2744.70	139.786	3367.50	171.505
0.200	5.08	105.00	2519.00	128.29	3268.80	166.479	3939.50	200.637
0.250	6.35		2757.10	140.42	3655.40	186.168	4115.30	209.591
0.300	7.62		2813.60	143.30	3797.50	193.405	4189.30	213.359
0.400	10.16		2892.30	147.30	3890.30	198.131	4277.50	217.851
0.500	12.70		2947.20	150.10	3952.36	201.292	4337.20	220.892



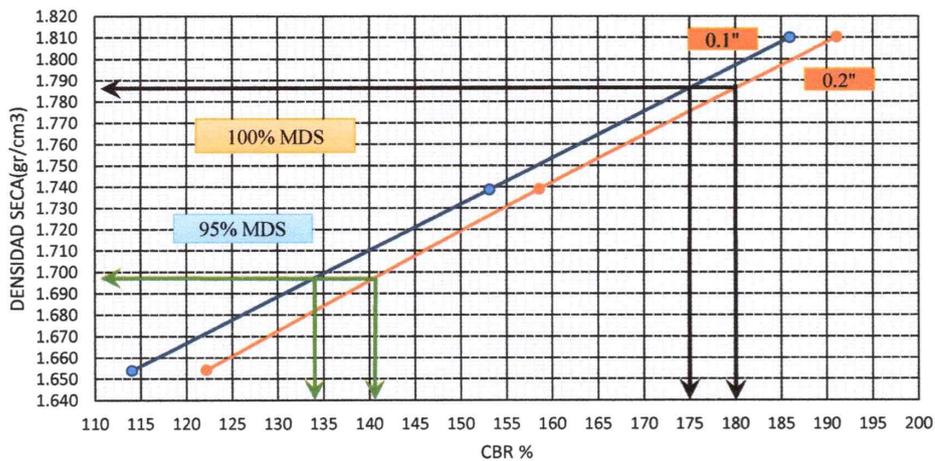
**CURVA DE CARGA VS PENETRACION**



MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.1	79.83	70.00	114.0428571
II	0.1	107.181	70.00	153.1157143
III	0.1	130.151	70.00	185.93

MOLDE	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm2)	Presion Patrón(Kg/cm2)	C.B.R (%)
I	0.1	128.29	105.00	122.2
II	0.1	166.479	105.00	158.6
III	0.1	200.637	105.00	191.1

**CURVA CBR VS DENSIDAD SECA**



		0.1"	0.2"
C.B.R para 100% MDS	1.786	174.98	179.99
C.B.R para 95% MDS	1.697	133.89	140.1

## 7.1.6 ANEXO 6: CÁLCULO DEL TRÁFICO Y ESAL.

### VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO

TESIS: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

Tramo Cod Estación Estación	1 E - 1 Jirón Olaya	Ubicación Sentido Dia												TOTAL								
		STATION			CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMITRAYLER				TRAYLERS			
HORA	AUTO	WAGON	PICK UP	PANEL	COMBI RURAL			2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	TOTAL	
JUEVES 08/09/2022																						
ENTRADA	75	42	6	0	7	2	1	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	138
SALIDA	64	60	4	0	5	2	0	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140
<b>Ambo</b>	<b>139</b>	<b>102</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>278</b>	
VIERNES 09/09/2022																						
ENTRADA	63	57	5	0	6	2	1	0	2	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	140
SALIDA	61	58	6	1	7	2	0	0	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	142
<b>Ambo</b>	<b>124</b>	<b>115</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>282</b>	
SABADO 10/09/2022																						
ENTRADA	66	56	5	1	6	3	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	143
SALIDA	65	64	5	0	6	2	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	146
<b>Ambo</b>	<b>131</b>	<b>120</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>289</b>	
DOMINGO 11/09/2022																						
ENTRADA	62	58	5	1	7	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	140
SALIDA	69	62	5	2	6	2	0	0	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	152
<b>Ambo</b>	<b>131</b>	<b>120</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>292</b>	
LUNES 12/09/2022																						
ENTRADA	67	61	4	0	6	3	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	146
SALIDA	68	59	4	0	6	2	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	144
<b>Ambo</b>	<b>135</b>	<b>120</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>290</b>	
MARTES 13/09/2022																						
ENTRADA	68	52	4	0	6	2	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137
SALIDA	66	62	4	2	7	3	0	0	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	149
<b>Ambo</b>	<b>134</b>	<b>114</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>286</b>	
MIERCOLES 14/09/2022																						
ENTRADA	71	58	4	0	6	2	1	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	147
SALIDA	64	54	4	0	4	3	0	0	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	134
<b>Ambo</b>	<b>135</b>	<b>112</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>281</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>929</b>	<b>803</b>	<b>65</b>	<b>7</b>	<b>85</b>	<b>33</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>39</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.998</b>	

VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO

TESIS: DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

Cod Estación Estación E - 1 Jirón Olaya

Ubicacion Sentido Dia Jirón Olaya cruce con Calle Angamos

TOTAL Del 08/09/2022 AL 14/09/2022

DIA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS			CAMION				SEMIRAYLER				TRAYLERS				TOTAL	PORC. %			
			PICK UP	PANEL		COMBI RURAL	2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3						
JUEVES	139	102	0	12	4	1	0	5	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	278	13.91	
VIERNES	124	115	1	13	4	1	0	5	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	282	14.11	
SABADO	131	120	1	12	5	1	0	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289	14.46	
DOMINGO	120	120	3	13	5	0	0	6	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	292	14.61	
LUNES	135	120	0	12	5	1	0	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	290	14.51	
MARTES	134	114	2	13	5	1	0	6	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	286	14.31	
MIERCOLES	135	112	8	10	5	1	0	7	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	281	14.06	
TOTAL	929	803	65	7	33	6	0	39	15	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1998	100.00	
IMD	133	115	9	12	5	1	0	6	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	287	
%	46.34	40.07	3.14	0.35	4.18	1.74	0.35	2.09	0.70	0.35	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

VEHICULOS LIGEROS

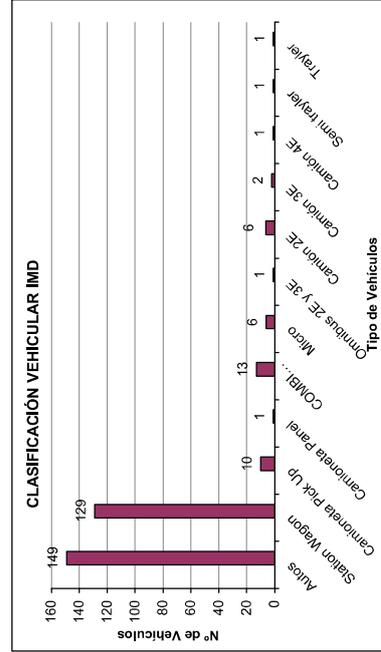
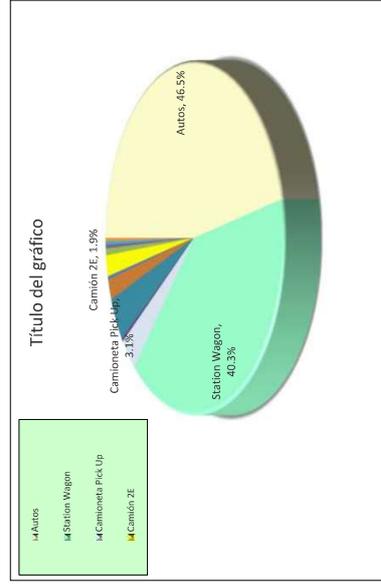
TRAFFICO VEHICULAR  
IMD Sin Corrección  
(Veh/día)

Tipo de Vehículos	IMDS	Distrib. %
Autos	133	46.3%
Station Wagon	115	40.1%
Camioneta Pick Up	9	3.1%
Camioneta Panel	1	0.3%
COMBI RURAL	12	4.2%
Micro	5	1.7%
Omnibus 2E y 3E	1	0.3%
Camión 2E	6	2.1%
Camión 3E	2	0.7%
Camión 4E	1	0.3%
Semi trayler	1	0.3%
Trayler	1	0.3%
TOTAL IMD	287	100.0%

CALCULO DEL IMD	
Resumen de Metodología	
IMD =	$\frac{VS}{7}$
VS =	Volumen Promedio Semanal
Fc Veh. Ligeros =	1.118703
Fc Veh. Pesados =	1.030849
IMD =	320 Vehículos por día
	116.924 V. x año

TRAFFICO VEHICULAR  
IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR  
(Veh/día)

Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Autos	149	46.5%
Station Wagon	129	40.3%
Camioneta Pick Up	10	3.1%
Camioneta Panel	1	0.3%
COMBI RURAL	13	4.1%
Micro	6	1.9%
Omnibus 2E y 3E	1	0.3%
Camión 2E	6	1.9%
Camión 3E	2	0.6%
Camión 4E	1	0.3%
Semi trayler	1	0.3%
Trayler	1	0.3%
TOTAL IMD	320	100.0%



# CÁLCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES - ESAL - PAV. FLEXIBLE

TESIS:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020
--------	--

PERIODO DE DISEÑO	20	AÑOS		
Tasa de Crecimiento en Áncash - 2022)	r <sub>vp</sub> =	1.10		(vehículos de pasajeros)
	r <sub>vc</sub> =	3.00		(vehículos de carga)

FUERZA DE PRESIÓN (Fb)	1
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	0.5
FACTOR CARRIL (Fc)	1

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo		
Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automovil	278	86.79
Camioneta	11	3.43
C.R.	13	4.06
Micro	6	1.87
Bus Grande	1	0.31
Camión 2E	6	1.93
Camión 3E	2	0.64
Camión 4E	1	0.32
Semi Trayler 2S1 /2S2	1	0.32
Semi Trayler 2S3	0	0.00
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0.00
Semi Trayler ≥3S3	0	0.00
Trayler 2T2	1	0.31
Trayler 2T3	0	0.00
Trayler 3T2	0	0.00
Trayler ≥3T3	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>320</b>	<b>100.00</b>

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES		
		1RO	2DO	3RO
Bus Grande	7	16		
2E	7	11		
3E	7	18		
4E	7	23		
2S1 /2S2	7	11	18	
2S3	7	11	25	
3S1 /3S2	7	18	18	
≥3S3	7	18	25	
2T2	7	11	11	11
2T3	7	11	11	18
3T2	7	18	11	11
≥3T3	7	18	11	18

	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			Fvp.
		1	2	3	
Bus Grande	1.27	1.37			2.63
2E	1.27	3.24			4.50
3E	1.27	2.02			3.28
4E	1.27	1.51			2.77
2S1 /2S2	1.27	3.24	2.02		6.52
2S3	1.27	3.24	1.71		6.21
3S1 /3S2	1.27	2.02	2.02		5.30
≥3S3	1.27	2.02	1.71		4.99
2T2	1.27	3.24	3.24	3.24	10.98
2T3	1.27	3.24	3.24	2.02	9.76
3T2	1.27	2.02	3.24	3.24	9.76
≥3T3	1.27	2.02	3.24	2.02	8.54

## DEMANDA PROYECTADA

Para la proyección de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

- T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año en vehículo por día
- T<sub>0</sub> = Tránsito actual (año base) en vehículo por día
- n = año futuro de proyección
- r = tasa anual de crecimiento de tránsito

DEMANDA PROYECTADA		
Tipo de Vehículo	IMD <sub>pi</sub>	Distribución

Tipo de Vehículo	IMD <sub>PI</sub>	(%)
Automovil	342	85.51
Camioneta	14	3.38
C.R.	16	4.00
Micro	7	1.85
Bus Grande	1	0.31
Camión 2E	11	2.71
Camión 3E	4	0.90
Camión 4E	2	0.45
Semi Traylor 2S1 /2S2	2	0.45
Semi Traylor 2S3	0	0.00
Semi Traylor 3S1 /3S2	0	0.00
Semi Traylor ≥3S3	0	0.00
Traylor 2T2	2	0.44
Traylor 2T3	0	0.00
Traylor 3T2	0	0.00
Traylor ≥3T3	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>400</b>	<b>100.00</b>

FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO:

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Fca V. Ligeros=	22.23
Fca V. Pesados=	26.87

EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO:

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{PI} * F_D * F_C * F_{VPI} * F_{PI}$$

Tipo de Vehículo	EE <sub>día-carril</sub>	Distribución (%)
Bus Grande	2	3.24
Camión 2E	24	48.84
Camión 3E	6	11.87
Camión 4E	3	5.01
Semi Traylor 2S1 /2S2	6	11.79
Semi Traylor 2S3	0	0.00
Semi Traylor 3S1 /3S2	0	0.00
Semi Traylor ≥3S3	0	0.00
Traylor 2T2	10	19.25
Traylor 2T3	0	0.00
Traylor 3T2	0	0.00
Traylor ≥3T3	0	0.00
IMD	50	100.00

NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE

$$N_{\text{rep de } EE_{8.2tn}} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365)]$$

$$N_{\text{rep de } EE_{8.2tn}} = 490466 \text{ EE}$$

## CÁLCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES - ESAL - PAV. RÍGIDO

TESIS:

DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO  
AMPLIACION LA UNION, CHIMBOTE - 2020

PERIODO DE DISEÑO **20** AÑOS

Tasa de Crecimiento por Región en %	$r_{vp} =$	<b>1.10</b>	(vehículos de pasajeros)
	$r_{vc} =$	<b>3.00</b>	(vehículos de carga)

FUERZA DE PRESIÓN (Fb)	<b>1</b>
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	<b>0.5</b>
FACTOR CARRIL (Fc)	<b>1</b>

### TRÁFICO ACTUAL POR TIPO DE VEHÍCULO

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automovil	278	86.79
Camioneta	11	3.43
C.R.	13	4.06
Micro	6	1.87
Bus Grande	1	0.31
Camión 2E	6	1.93
Camión 3E	2	0.64
Camión 4E	1	0.32
Semi Trayler 2S1 /2S2	1	0.32
Semi Trayler 2S3	0	0.00
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0.00
Semi Trayler ≥3S3	0	0.00
Trayler 2T2	1	0.31
Trayler 2T3	0	0.00
Trayler 3T2	0	0.00
Trayler ≥3T3	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>320</b>	<b>100.00</b>

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES		
		1RO	2DO	3RO
Bus Grande	7	16		
2E	7	11		
3E	7	18		
4E	7	23		
2S1 /2S2	7	11	18	
2S3	7	11	25	
3S1 /3S2	7	18	18	
≥3S3	7	18	25	
2T2	7	11	11	11
2T3	7	11	11	18
3T2	7	18	11	11
≥3T3	7	18	11	18

### FACTORES DE EQUIVALENCIA O DAÑO

	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			
		1	2	3	Fvp.
Bus Grande	1.27	2.34			3.62
2E	1.27	3.33			4.61
3E	1.27	3.46			4.73
4E	1.27	3.69			4.96
2S1 /2S2	1.27	3.33	3.46		8.07
2S3	1.27	3.33	4.16		8.77
3S1 /3S2	1.27	3.46	3.46		8.19
≥3S3	1.27	3.46	4.16		8.90
2T2	1.27	3.33	3.33	3.33	11.28
2T3	1.27	3.33	3.33	3.46	11.40
3T2	1.27	3.46	3.33	3.33	11.40
≥3T3	1.27	3.46	3.33	3.46	11.52

#### DEMANDA PROYECTADA

Para la proyección de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

$T_n =$	Tránsito proyectado al año en vehículo por día
$T_0 =$	Tránsito actual (año base) en vehículo por día
$n =$	año futuro de proyección
$r =$	tasa anual de crecimiento de tránsito

DEMANDA PROYECTADA		
Tipo de Vehículo	IMDpi	Distribución (%)
Automovil	342	85.51
Camioneta	14	3.38
C.R.	16	4.00
Micro	7	1.85
Bus Grande	1	0.31
Camión 2E	11	2.71
Camión 3E	4	0.90
Camión 4E	2	0.45
Semi Trayler 2S1 /2S2	2	0.45
Semi Trayler 2S3	0	0.00
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0.00
Semi Trayler ≥3S3	0	0.00
Trayler 2T2	2	0.44
Trayler 2T3	0	0.00
Trayler 3T2	0	0.00
Trayler ≥3T3	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>400</b>	<b>100.00</b>

FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO:

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Fca V. Ligeros=	22.23
Fca V. Pesados=	26.87

EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO:

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{PI} * F_D * F_C * F_{VPI} * F_{PI}$$

EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO		
Tipo de Vehículo	EE día-carril	Distribución (%)
Bus Grande	2	3.88
Camión 2E	25	43.51
Camión 3E	9	14.89
Camión 4E	4	7.80
Semi Trayler 2S1 /2S2	7	12.70
Semi Trayler 2S3	0	0.00
Semi Trayler 3S1 /3S2	0	0.00
Semi Trayler ≥3S3	0	0.00
Trayler 2T2	10	17.22
Trayler 2T3	0	0.00
Trayler 3T2	0	0.00
Trayler ≥3T3	0	0.00
IMD	57	100.00

NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2tn

$$N_{\text{rep de } EE_{8.2tn}} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365)]$$

$$N_{\text{rep de } EE_{8.2tn}} = 563174 \text{ EE}$$

7.1.7 ANEXO 7: DISEÑOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

**DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**

**SUELO NATURAL**

<b>TESIS:</b>	<b>DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020</b>
<b>TESISTAS:</b>	<b>JOEL ANGEL HUAMAYALLI FLORES</b>
	<b>KEVIN SAMIR MENDEZ VALVERDE</b>

**MÉTODO AASTHO -93**

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos flexible.

**FORMULA GENERAL AASTHO**

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{1094} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

$$0.4 + \frac{5.19}{(SN+1)^{5.19}}$$

Donde:	
SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resilencia

**VARIABLES DEL DISEÑO**

**NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).**

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

**1.- ESTUDIO DE TRANSITO**

**1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)**

ESAL's(W18) =	<b>490,466.00</b>
ESAL's(W18) =	<b>4.90E+05</b>

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \quad \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Z<sub>r</sub>).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (S<sub>o</sub>):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado S<sub>o</sub>, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígido	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.450$$

#### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Según la CE.010 el valor de  $P_o$  para pavimentos flexibles es 4.2

Según la CE.010 el valor de  $P_t$  para vías locales es 2.0

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$$P_o = 4.2$$
$$P_t = 2.0$$

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 2.20$$

#### 5. MÓDULO RESILIENTE ( $M_r$ )

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$\text{CBR} = 4.51 \%$$

$$M_r = 6699.83 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } \text{SN} = 2.897$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(\text{SN}+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{ PSI}}{4.2-1.5}\right)}{1094} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r)$$
$$0.4 + \frac{5.19}{(\text{SN}+1)^{5.19}}$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación II}$$

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$\text{SN} = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

SN	=	Número Estructural.
$a_{1,2,3}$	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
$d_{1,2,3}$	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
$m_{2,3}$	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

**a1 = 0.44**

**a2 = 0.14**

**a3 = 0.11**

**CALIDAD DE DRENAJE**

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	<b>1.00 - 0.80</b>	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

**m2 = 0.9**

**m3 = 0.9**

Espesor de capa Superficial **D1 = 2.00 PULG.**

Espesor de Base **D2 = 9.00 PULG.**

Espesor de Subbase **D3 = 9.00 PULG.**

Número Estructural requerido **SN = 2.897**

Número Estructural calculado **SN = 2.905**

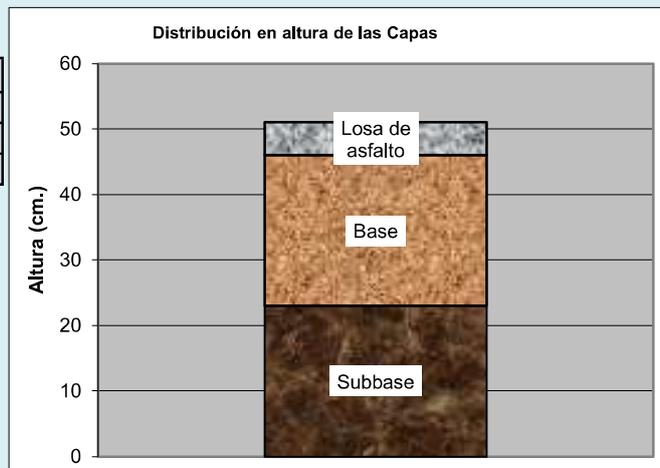
Comparando ambos "SN"

**CUMPLE**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

- Losa de C° Asfáltico**
- Base Granular**
- Subbase granular**

	Pulg.	Cm.
e=	2.000	5.00
e=	9.000	23.00
e=	9.000	23.00



# DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

## SUELO + 2% DE CAL

TESIS:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	JOEL ANGEL HUAMAYALLI FLORES
	KEVIN SAMIR MENDEZ VALVERDE

## MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos flexible.

### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resiliencia

## VARIABLES DEL DISEÑO

### NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

## 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	490,466.00
ESAL's(W18) =	4.90E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \quad \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Z<sub>r</sub>).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (S<sub>o</sub>):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado S<sub>o</sub>, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígido	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.450$$

#### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Según la CE.010 el valor de  $P_o$  para pavimentos flexibles es 4.2

Según la CE.010 el valor de  $P_t$  para vías locales es 2.0

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$$P_o = 4.2$$
$$P_t = 2.0$$

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 2.20$$

#### 5. MÓDULO RESILIENTE ( $M_r$ )

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$\text{CBR} = 12.12 \%$$

$$M_r = 12613.41 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } \text{SN} = 2.305$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(\text{SN} + 1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{ PSI}}{4.2 - 1.5}\right)}{1094} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r)$$
$$0.4 + \frac{5.19}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación II}$$

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$\text{SN} = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

SN	=	Número Estructural.
$a_{1,2,3}$	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
$d_{1,2,3}$	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
$m_{2,3}$	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a1 = 0.44

a2 = 0.14

a3 = 0.11

**CALIDAD DE DRENAJE**

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m2 = 0.9

m3 = 0.9

Espesor de capa Superficial **D1 = 2.00 PULG.**

Espesor de Base **D2 = 6.50 PULG.**

Espesor de Subbase **D3 = 6.50 PULG.**

Número Estructural requerido **SN = 2.305**

Número Estructural calculado **SN = 2.343**

Comparando ambos "SN"

**CUMPLE**

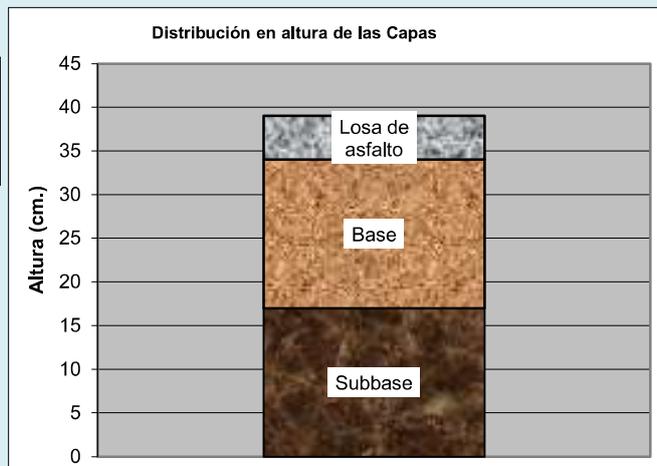
**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

Losa de C° Asfáltico

Base Granular

Subbase granular

	Pulg.	Cm.
e=	2.000	5.000
e=	6.500	17.000
e=	6.500	17.000



# DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

## SUELO + 5% DE CAL

TESIS:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	JOEL ANGEL HUAMAYALLI FLORES
	KEVIN SAMIR MENDEZ VALVERDE

## MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos flexible.

### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resilencia

## VARIABLES DEL DISEÑO

### NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

## 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	490,466.00
ESAL's(W18) =	4.90E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \quad \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Z<sub>r</sub>).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (S<sub>o</sub>):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado S<sub>o</sub>, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígido	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.450$$

#### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Según la CE.010 el valor de  $P_o$  para pavimentos flexibles es 4.2

Según la CE.010 el valor de  $P_t$  para vías locales es 2.0

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$$\begin{array}{l} P_o = 4.2 \\ P_t = 2.0 \end{array}$$

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 2.20$$

#### 5. MÓDULO RESILIENTE ( $M_r$ )

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$\text{CBR} = 27.73 \%$$

$$M_r = 21422.93 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } \text{SN} = 1.887$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(\text{SN} + 1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{ PSI}}{4.2 - 1.5}\right)}{1094} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r)$$
$$0.4 + \frac{5.19}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación II}$$

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$\text{SN} = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

SN	=	Número Estructural.
$a_{1,2,3}$	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
$d_{1,2,3}$	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
$m_{2,3}$	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

**a1 = 0.44**

**a2 = 0.14**

**a3 = 0.11**

**CALIDAD DE DRENAJE**

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	<b>1.00 - 0.80</b>	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

**m2 = 0.9**

**m3 = 0.9**

Espesor de capa Superficial **D1 = 2.00 PULG.**

Espesor de Base **D2 = 4.50 PULG.**

Espesor de Subbase **D3 = 4.50 PULG.**

Número Estructural requerido **SN = 1.887**

Número Estructural calculado **SN = 1.893**

Comparando ambos "SN"

**CUMPLE**

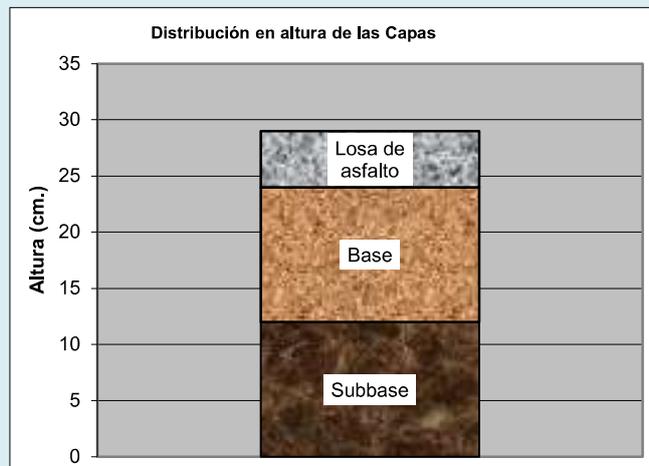
**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

Losa de C° Asfáltico

	Pulg.	Cm.
e=	2.000	5.000
e=	4.500	12.000
e=	4.500	12.000

Base Granular

Subbase granular



# DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

## SUELO + 8% DE CAL

TESIS:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	JOEL ANGEL HUAMAYALLI FLORES
	KEVIN SAMIR MENDEZ VALVERDE

## MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos flexible.

### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resilencia

## VARIABLES DEL DISEÑO

### NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

## 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	490,466.00
ESAL's(W18) =	4.90E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \quad \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Z<sub>r</sub>).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (S<sub>o</sub>):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado S<sub>o</sub>, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígido	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.450$$

#### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

El Índice de Serviciabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Según la CE.010 el valor de  $P_o$  para pavimentos flexibles es 4.2

Según la CE.010 el valor de  $P_t$  para vías locales es 2.0

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$$\begin{array}{l} P_o = 4.2 \\ P_t = 2.0 \end{array}$$

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 2.20$$

#### 5. MÓDULO RESILIENTE ( $M_r$ )

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$\text{CBR} = 31.19 \%$$

$$M_r = 23097.27 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } \text{SN} = 1.833$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(\text{SN}+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{ PSI}}{4.2-1.5}\right)}{1094} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r)$$
$$0.4 + \frac{5.19}{(\text{SN}+1)^{5.19}}$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación II}$$

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$\text{SN} = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

SN	=	Número Estructural.
$a_{1,2,3}$	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
$d_{1,2,3}$	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
$m_{2,3}$	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a1 = 0.44

a2 = 0.14

a3 = 0.11

**CALIDAD DE DRENAJE**

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m2 = 0.9

m3 = 0.9

Espesor de capa Superficial **D1 = 2.00 PULG.**

Espesor de Base **D2 = 4.50 PULG.**

Espesor de Subbase **D3 = 4.00 PULG.**

Número Estructural requerido **SN = 1.833**

Número Estructural calculado **SN = 1.843**

Comparando ambos "SN"

**CUMPLE**

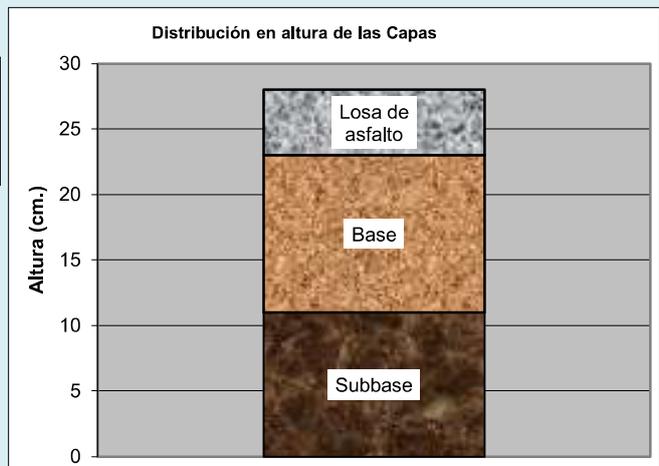
**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

Losa de C° Asfáltico

Base Granular

Subbase granular

	Pulg.	Cm.
e=	2.000	5.000
e=	4.500	12.000
e=	4.000	11.000



# DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

## SUELO + 2% DE CEMENTO

TESIS:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	JOEL ANGEL HUAMAYALLI FLORES
	KEVIN SAMIR MENDEZ VALVERDE

## MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos flexible.

### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resilencia

## VARIABLES DEL DISEÑO

### NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

## 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	490,466.00
ESAL's(W18) =	4.90E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \quad \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Z<sub>r</sub>).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (S<sub>o</sub>):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado S<sub>o</sub>, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígido	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.450$$

#### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Según la CE.010 el valor de  $P_o$  para pavimentos flexibles es 4.2

Según la CE.010 el valor de  $P_t$  para vías locales es 2.0

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$$P_o = 4.2$$
$$P_t = 2.0$$

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 2.20$$

#### 5. MÓDULO RESILIENTE ( $M_r$ )

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$\text{CBR} = 28.04 \%$$

$$M_r = 21575.90 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } \text{SN} = 1.882$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(\text{SN}+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{ PSI}}{4.2-1.5}\right)}{1094} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r)$$
$$0.4 + \frac{5.19}{(\text{SN}+1)^5}$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación II}$$

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$\text{SN} = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

SN	=	Número Estructural.
$a_{1,2,3}$	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
$d_{1,2,3}$	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
$m_{2,3}$	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a1 = 0.44

a2 = 0.14

a3 = 0.11

**CALIDAD DE DRENAJE**

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m2 = 0.9

m3 = 0.9

Espesor de capa Superficial **D1 = 2.00 PULG.**

Espesor de Base **D2 = 4.50 PULG.**

Espesor de Subbase **D3 = 4.50 PULG.**

Número Estructural requerido **SN = 1.882**

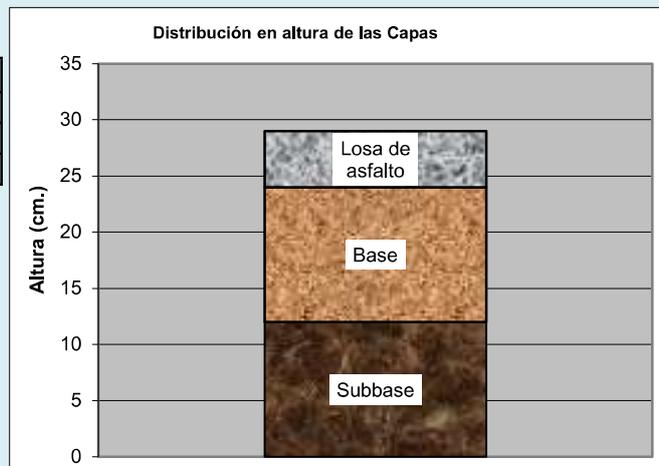
Número Estructural calculado **SN = 1.893**

Comparando ambos "SN"

**CUMPLE**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

	Pulg.	Cm.
Losa de C° Asfáltico	e= 2.000	5.000
Base Granular	e= 4.500	12.000
Subbase granular	e= 4.500	12.000



# DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

## SUELO + 5% DE CEMENTO

TESIS:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	JOEL ANGEL HUAMAYALLI FLORES
	KEVIN SAMIR MENDEZ VALVERDE

## MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos flexible.

### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resiliencia

## VARIABLES DEL DISEÑO

### NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

## 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	490,466.00
ESAL's(W18) =	4.90E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \quad \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígido	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.450$$

#### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Según la CE.010 el valor de  $P_o$  para pavimentos flexibles es 4.2

Según la CE.010 el valor de  $P_t$  para vías locales es 2.0

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$$\begin{array}{l} P_o = 4.2 \\ P_t = 2.0 \end{array}$$

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 2.20$$

#### 5. MÓDULO RESILIENTE ( $M_r$ )

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$\text{CBR} = 45.82 \%$$

$$M_r = 29543.79 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } \text{SN} = 1.662$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(\text{SN} + 1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{ PSI}}{4.2 - 1.5}\right)}{1094} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r)$$
$$0.4 + \frac{5.19}{(\text{SN} + 1)^5}$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación II}$$

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$\text{SN} = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

SN	=	Número Estructural.
$a_{1,2,3}$	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
$d_{1,2,3}$	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
$m_{2,3}$	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

**a1 = 0.44**

**a2 = 0.14**

**a3 = 0.11**

**CALIDAD DE DRENAJE**

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

**m2 = 0.9**

**m3 = 0.9**

Espesor de capa Superficial **D1 = 2.00 PULG.**

Espesor de Base **D2 = 3.50 PULG.**

Espesor de Subbase **D3 = 3.50 PULG.**

Número Estructural requerido **SN = 1.662**

Número Estructural calculado **SN = 1.668**

Comparando ambos "SN"

**CUMPLE**

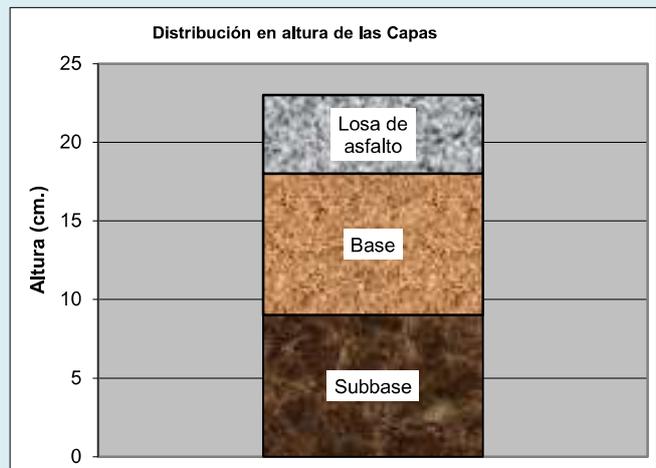
**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

Losa de C° Asfáltico

	Pulg.	Cm.
e=	2.000	5.000
e=	3.500	9.000
e=	3.500	9.000

Base Granular

Subbase granular



# DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

## SUELO + 8% DE CEMENTO

TESIS:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	JOEL ANGEL HUAMAYALLI FLORES
	KEVIN SAMIR MENDEZ VALVERDE

### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos flexible.

#### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resilencia

### VARIABLES DEL DISEÑO

#### NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

#### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

##### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	490,466.00
ESAL's(W18) =	4.90E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \quad \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Z<sub>r</sub>).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (S<sub>o</sub>):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado S<sub>o</sub>, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígido	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.450$$

#### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Según la CE.010 el valor de  $P_o$  para pavimentos flexibles es 4.2

Según la CE.010 el valor de  $P_t$  para vías locales es 2.0

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$$P_o = 4.2$$
$$P_t = 2.0$$

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 2.20$$

#### 5. MÓDULO RESILIENTE ( $M_r$ )

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$\text{CBR} = 133.89 \%$$

$$M_r = 58682.65 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } \text{SN} = 1.242$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(\text{SN} + 1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{ PSI}}{4.2 - 1.5}\right)}{1094} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r)$$
$$0.4 + \frac{5.19}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}$$

$$14.339 \dots \text{Ecuación II}$$

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$\text{SN} = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

SN	=	Número Estructural.
$a_{1,2,3}$	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
$d_{1,2,3}$	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
$m_{2,3}$	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a1 = 0.44

a2 = 0.14

a3 = 0.11

**CALIDAD DE DRENAJE**

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m2 = 0.9

m3 = 0.9

Espesor de capa Superficial **D1 = 2.00 PULG.**

Espesor de Base **D2 = 3.00 PULG.**

Espesor de Subbase **D3 = 0.00 PULG.**

Número Estructural requerido **SN = 1.242**

Número Estructural calculado **SN = 1.258**

Comparando ambos "SN"

**CUMPLE**

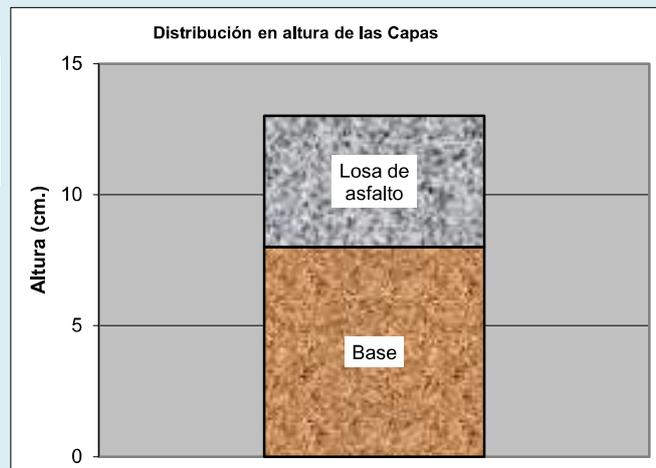
**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

Losa de C° Asfáltico

Base Granular

Subbase granular

	Pulg.	Cm.
e=	2.000	5.000
e=	3.000	8.000
e=	0.000	0.000



## 7.1.8 ANEXO 8: DISEÑOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

### DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

#### SUELO NATURAL

PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	HUAMAYALLI FLORES JOEL
	MENDEZ VALVERDE KEVIN

#### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

#### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \text{Log}_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right]$$

Donde:

D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).
Cd	= Coeficiente de Drenaje
J	= Coeficiente de Transferencia de Carga
E <sub>c</sub>	= Módulo de Elasticidad de concreto
K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

#### VARIABLES DEL DISEÑO

##### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

##### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	563,174.00
ESAL's(W18) =	5.63E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR( Z<sub>r</sub>).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.350$$

#### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

Según la CE.010 el valor deseable de  $P_o$  para pavimentos flexibles es 4.5

Según la CE.010 el valor de  $P_t$  para vías locales es 2.0

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$P_o =$	4.5
$P_t =$	2.0

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 2.50$$

#### 5. MÓDULO DE RUPTURA ( $S'_c$ )

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión ( $S'_c$ ) ó módulo de ruptura normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar

$$F'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S'_c = 1.99 \text{ a } 3.18 * (F'_c)^{1/2} \text{ en kg/cm}^2$$

$$S'_c = 2.58 * (F'_c)^{1/2} = 43.172$$

TIPO DE PAVIMENTO

$S'_c$  RECOMENDADO

	Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

$$S'_c = 614.03 \text{ Psi}$$

#### 6. DRENAJE ( $C_d$ )

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Los materiales lo consideramos como calidad regular, y estará expuesto el 7%, valor máximo de días mojados para la ciudad de Chimbote

$$C_d = 0.95$$

### 7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Tipo de Pavimento	Berma de Asfalto		Berma de Ho. Vinculada	
	Disp. de Transferencia		Disp. de Transferencia	
	si	no	si	no
Junta Sencilla y Junta Reforzada	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Continuamente Reforzada	2.9 - 3.2	N/D	2.3 - 2.9	N/D

J = 3.2

### 8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 = 4000 \text{ PSI}$

$E_c = 57000 \times (f'c)^{1/2}$  (En PSI)

$E_c = 150000 \times (f'c)^{1/2}$  (En Kg/cm<sup>2</sup>)

$E_c = 3,604,996.53 \text{ Psi}$

### 9. MODULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuesto algunas correlaciones de "K" a partir de datos de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, se utilizo el diagrama de la Guía AASHTO 1933:

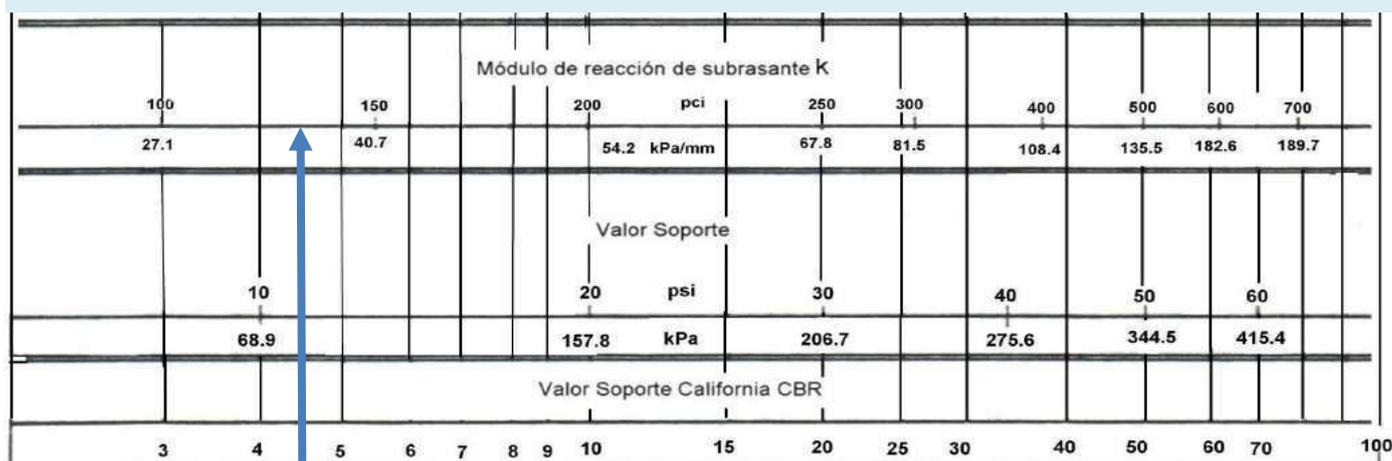


Figura 4.5. Clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia

CBR sub rasante = 4.51 %

K = 121.57 pci

## 10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la formula General AASHTO:

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_f) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

**D = 6.067 in**

$\log_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$

**6.105 ... Ecuación I**

$$7.35 \times \log_{10}(D + 1) + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_f) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right] =$$

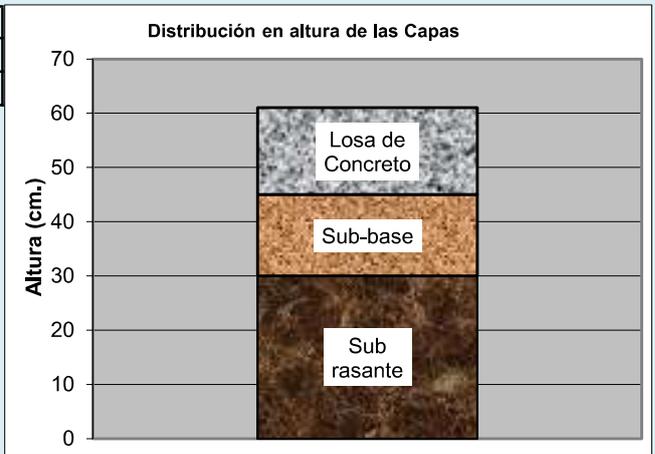
**6.105 ... Ecuación II**

Espesor de la Losa de Concreto

**D = 6.10 PULG.**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**  
 Losa de C°  
 Base Granular  
 Sub rasante

	PULG.	CM
e=	6.1	16.00
e=	5.9	15.00



## DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

### SUELO + 2% DE CAL

<b>PROYECTO:</b>	<b>DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020</b>
<b>TESISTAS:</b>	<b>HUAMAYALLI FLORES JOEL</b>
	<b>MENDEZ VALVERDE KEVIN</b>

### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

#### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \text{Log}_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{k})^{0.25}})}\right]$$

<b>Donde:</b>	
D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).
Cd	= Coeficiente de Drenaje
J	= Coeficiente de Transferencia de Carga
Ec	= Módulo de Elasticidad de concreto
K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

#### VARIABLES DEL DISEÑO

#### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

##### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

<b>ESAL's(W18) =</b>	<b>563,174.00</b>
----------------------	-------------------

<b>ESAL's(W18) =</b>	<b>5.63E+05</b>
----------------------	-----------------

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.350$$

### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

Según la CE.010 el valor deseable de Po para pavimentos flexibles es 4.5

Según la CE.010 el valor de Pt para vías locales es 2.0

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	4.5
Pt =	2.0

$$\Delta \text{PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{PSI} = 2.50$$

### 5. MÓDULO DE RUPTURA (S'c)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) ó módulo de ruptura normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar

$$F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S'c = 1.99 \text{ a } 3.18 \cdot (F'c)^{1/2} \text{ en kg/cm}^2$$

$$S'c = 2.58 \cdot (F'c)^{1/2} = 43.172$$

TIPO DE PAVIMENTO

S'c RECOMENDADO

	Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

$$S'c = 614.03 \text{ Psi}$$

### 6. DRENAJE (Cd)

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Los materiales lo consideramos como calidad regular, y estará expuesto el 7%, valor máximo de días mojados para la ciudad de Chimbote

$$Cd = 0.95$$

### 7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Tipo de Pavimento	Berma de Asfalto		Berma de Ho. Vinculada	
	Disp. de Transferencia		Disp. de Transferencia	
	si	no	si	no
Junta Sencilla y Junta Reforzada	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Continuamente Reforzada	2.9 - 3.2	N/D	2.3 - 2.9	N/D

$$J = 3.2$$

## 8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 = 4000 \text{ PSI}$$

$$E_c = 57000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En PSI)}$$

$$E_c = 150000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En Kg/cm}^2\text{)}$$

$$E_c = 3,604,996.53 \text{ Psi}$$

## 9. MODULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuesto algunas correlaciones de "K" a partir de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, se utilizó el diagrama de la Guía AASHTO 1933:

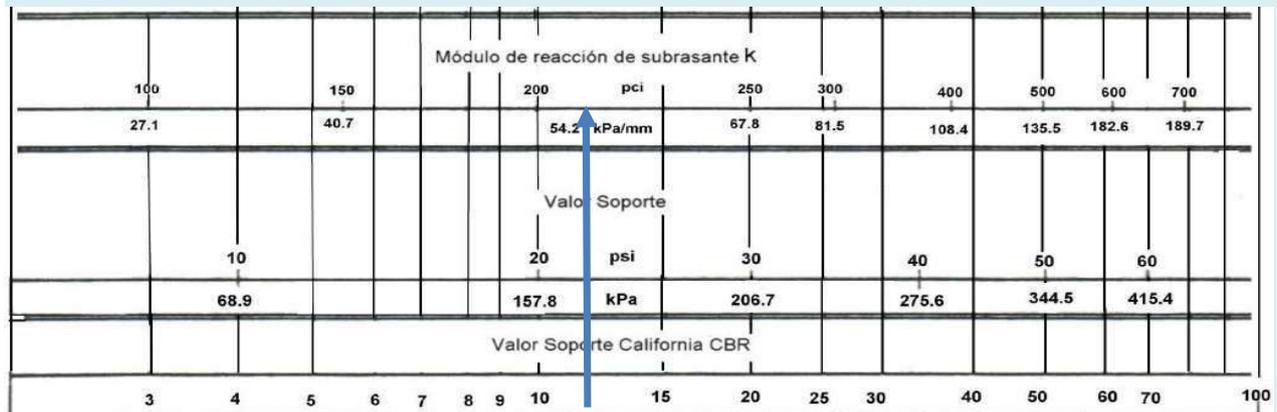


Figura 4.5. Clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia

$$\text{CBR sub rasante} = 12.12 \%$$

$$K = 210.60 \text{ pci}$$

## 10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la fórmula General AASHTO:

$$\log_{10}(W18) = Zr \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ \left(4.22 - 0.32 \times P\right) \times \log_{10} \left[ 215.63 \frac{S_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/K)^{0.25}})} \right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

**D = 5.705 in**

$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$

**6.105 ... Ecuación I**

$$7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) + \frac{\text{Log}_{10} \left( \frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10} \left[ 215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})} \right] =$$

**6.105 ... Ecuación II**

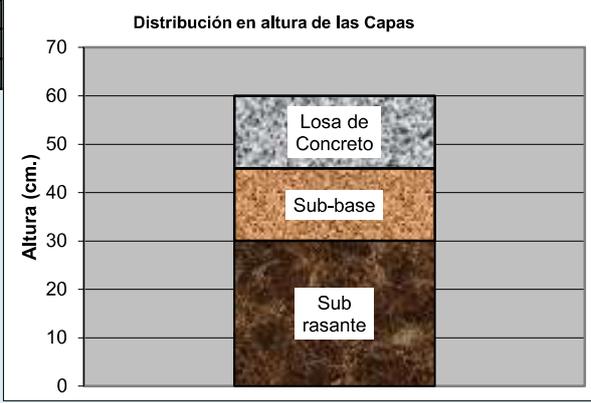
Espesor de la Losa de Concreto

**D = 5.80 PULG.**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

- Losa de C°
- Base Granular
- Sub rasante

	PULG.	CM
e=	5.8	15.00
e=	5.9	15.00



# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

## SUELO + 5% DE CAL

PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	HUAMAYALLI FLORES JOEL
	MENDEZ VALVERDE KEVIN

### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \text{Log}_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right]$$

Donde:	
D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).
Cd	= Coeficiente de Drenaje
J	= Coeficiente de Transferencia de Carga
Ec	= Módulo de Elasticidad de concreto
K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

### VARIABLES DEL DISEÑO

#### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

#### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) = 563,174.00

ESAL's(W18) = 5.63E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.350$$

### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

Según la CE.010 el valor deseable de Po para pavimentos flexibles es 4.5

Según la CE.010 el valor de Pt para vías locales es 2.0

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	4.5
Pt =	2.0

$$\Delta \text{PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{PSI} = 2.50$$

### 5. MÓDULO DE RUPTURA (S'c)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) ó módulo de ruptura normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar

$$F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S'c = 1.99 \text{ a } 3.18 \cdot (F'c)^{1/2} \text{ en kg/cm}^2$$

$$S'c = 2.58 \cdot (F'c)^{1/2} = 43.172$$

TIPO DE PAVIMENTO

S'c RECOMENDADO

	Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

$$S'c = 614.03 \text{ Psi}$$

### 6. DRENAJE (Cd)

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Los materiales lo consideramos como calidad regular, y estará expuesto el 7%, valor máximo de días mojados para la ciudad de Chimbote

$$Cd = 0.95$$

### 7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Tipo de Pavimento	Berma de Asfalto		Berma de Ho. Vinculada	
	Disp. de Transferencia		Disp. de Transferencia	
	si	no	si	no
Junta Sencilla y Junta Reforzada	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Continuamente Reforzada	2.9 - 3.2	N/D	2.3 - 2.9	N/D

$$J = 3.2$$

## 8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 = 4000 \text{ PSI}$$

$$E_c = 57000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En PSI)}$$

$$E_c = 150000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En Kg/cm}^2\text{)}$$

$$E_c = 3,604,996.53 \text{ Psi}$$

## 9. MODULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuesto algunas correlaciones de "K" a partir de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, se utilizó el diagrama de la Guía AASHTO 1933:

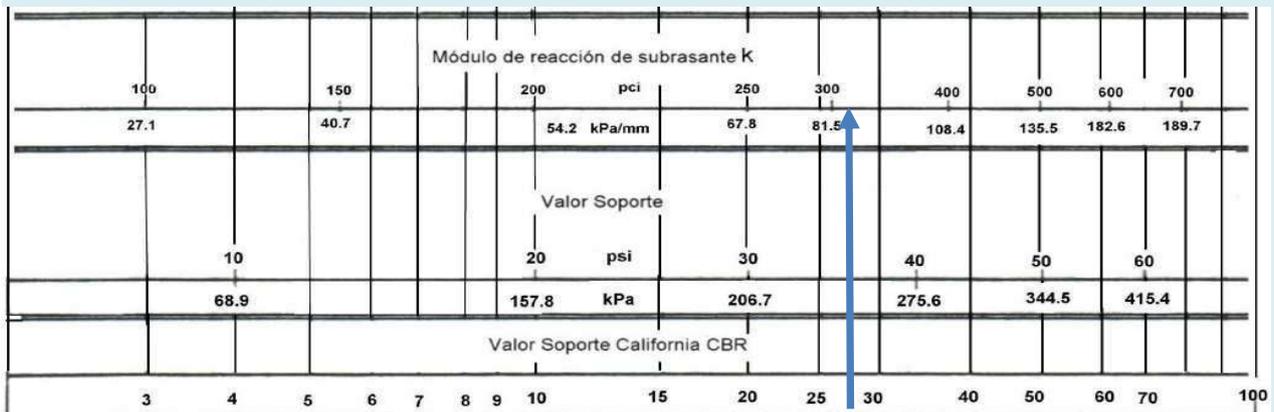


Figura 4.5. Clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia

$$\text{CBR sub rasante} = 27.73 \%$$

$$K = 314.42 \text{ pci}$$

## 10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la fórmula General AASHTO:

$$\log_{10}(W18) = Z_{r1} \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ \left(4.22 - 0.32 \times P\right) \times \log_{10} \left[ 215.63 \frac{S_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/K)^{0.25}})} \right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

**D = 5.335 in**

$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$

**6.105 ... Ecuación I**

$$7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) + \frac{\text{Log}_{10} \left( \frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10} \left[ 215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})} \right] =$$

**6.105 ... Ecuación II**

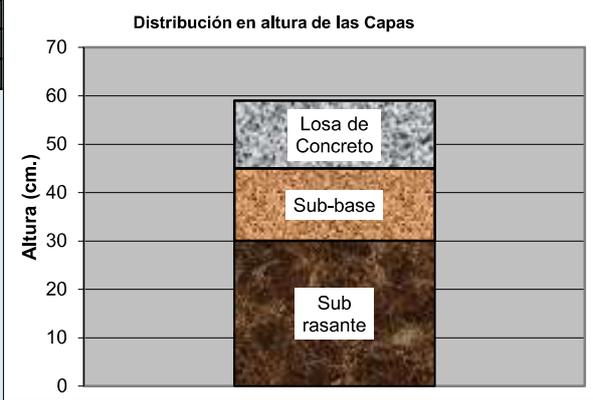
Espesor de la Losa de Concreto

**D = 5.40 PULG.**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

- Losa de C°
- Base Granular
- Sub rasante

	PULG.	CM
e=	5.4	14.00
e=	5.9	15.00



# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

## SUELO + 8% DE CAL

PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	HUAMAYALLI FLORES JOEL
	MENDEZ VALVERDE KEVIN

### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right]$$

Donde:	
D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).
Cd	= Coeficiente de Drenaje
J	= Coeficiente de Transferencia de Carga
Ec	= Módulo de Elasticidad de concreto
K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

### VARIABLES DEL DISEÑO

#### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

#### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) = 563,174.00

ESAL's(W18) = 5.63E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.350$$

### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

Según la CE.010 el valor deseable de Po para pavimentos flexibles es 4.5

Según la CE.010 el valor de Pt para vías locales es 2.0

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	4.5
Pt =	2.0

$$\Delta \text{PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{PSI} = 2.50$$

### 5. MÓDULO DE RUPTURA (S'c)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) ó módulo de ruptura normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar

$$F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S'c = 1.99 \text{ a } 3.18 \cdot (F'c)^{1/2} \text{ en kg/cm}^2$$

$$S'c = 2.58 \cdot (F'c)^{1/2} = 43.172$$

TIPO DE PAVIMENTO

S'c RECOMENDADO

	Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

$$S'c = 614.03 \text{ Psi}$$

### 6. DRENAJE (Cd)

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Los materiales lo consideramos como calidad regular, y estará expuesto el 7%, valor máximo de días mojados para la ciudad de Chimbote

$$Cd = 0.95$$

### 7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Tipo de Pavimento	Berma de Asfalto		Berma de Ho. Vinculada	
	Disp. de Transferencia		Disp. de Transferencia	
	si	no	si	no
Junta Sencilla y Junta Reforzada	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Continuamente Reforzada	2.9 - 3.2	N/D	2.3 - 2.9	N/D

$$J = 3.2$$

## 8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 = 4000 \text{ PSI}$$

$$E_c = 57000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En PSI)}$$

$$E_c = 150000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En Kg/cm}^2\text{)}$$

$$E_c = 3,604,996.53 \text{ Psi}$$

## 9. MODULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuesto algunas correlaciones de "K" a partir de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, se utilizó el diagrama de la Guía AASHTO 1933:

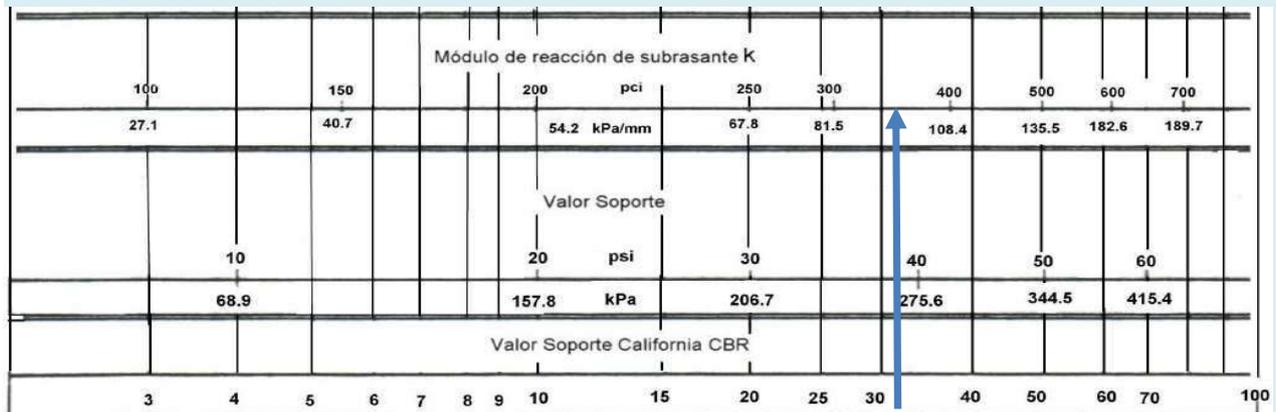


Figura 4.5. Clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia

$$\text{CBR sub rasante} = 31.19 \%$$

$$K = 343.25 \text{ pci}$$

## 10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la fórmula General AASHTO:

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ \left(4.22 - 0.32 \times P\right) \times \log_{10} \left[ 215.63 \frac{S_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/K)^{0.25}})} \right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

**D = 5.235 in**

$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$

**6.105 ... Ecuación I**

$$7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) + \frac{\text{Log}_{10} \left( \frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \text{Log}_{10} \left[ 215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})} \right] =$$

**6.105 ... Ecuación II**

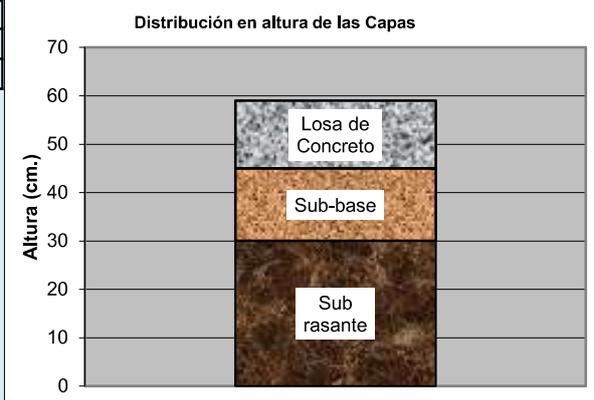
Espesor de la Losa de Concreto

**D = 5.30 PULG.**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

- Losa de C°
- Base Granular
- Sub rasante

	PULG.	CM
e=	5.3	14.00
e=	5.9	15.00



## DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

### SUELO + 2% DE CEMENTO

<b>PROYECTO:</b>	<b>DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020</b>
<b>TESISTAS:</b>	<b>HUAMAYALLI FLORES JOEL</b>
	<b>MENDEZ VALVERDE KEVIN</b>

### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

#### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10}\left[ \frac{215.63 \times S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})} \right]$$

<b>Donde:</b>	
D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).
Cd	= Coeficiente de Drenaje
J	= Coeficiente de Transferencia de Carga
Ec	= Módulo de Elasticidad de concreto
K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

### VARIABLES DEL DISEÑO

#### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

#### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

<b>ESAL's(W18) =</b>	<b>563,174.00</b>
<b>ESAL's(W18) =</b>	<b>5.63E+05</b>

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.350$$

### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

Según la CE.010 el valor deseable de Po para pavimentos flexibles es 4.5

Según la CE.010 el valor de Pt para vías locales es 2.0

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	4.5
Pt =	2.0

$$\Delta \text{PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{PSI} = 2.50$$

### 5. MÓDULO DE RUPTURA (S'c)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) ó módulo de ruptura normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar

$$F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S'c = 1.99 \text{ a } 3.18 \cdot (F'c)^{1/2} \text{ en kg/cm}^2$$

$$S'c = 2.58 \cdot (F'c)^{1/2} = 43.172$$

TIPO DE PAVIMENTO

S'c RECOMENDADO

	Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

$$S'c = 614.03 \text{ Psi}$$

### 6. DRENAJE (Cd)

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Los materiales lo consideramos como calidad regular, y estará expuesto el 7%, valor máximo de días mojados para la ciudad de Chimbote

$$Cd = 0.95$$

### 7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Tipo de Pavimento	Berma de Asfalto		Berma de Ho. Vinculada	
	Disp. de Transferencia		Disp. de Transferencia	
	si	no	si	no
Junta Sencilla y Junta Reforzada	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Continuamente Reforzada	2.9 - 3.2	N/D	2.3 - 2.9	N/D

$$J = 3.2$$

## 8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 = 4000 \text{ PSI}$$

$$E_c = 57000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En PSI)}$$

$$E_c = 150000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En Kg/cm}^2\text{)}$$

$$E_c = 3,604,996.53 \text{ Psi}$$

## 9. MODULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuesto algunas correlaciones de "K" a partir de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, se utilizó el diagrama de la Guía AASHTO 1933:

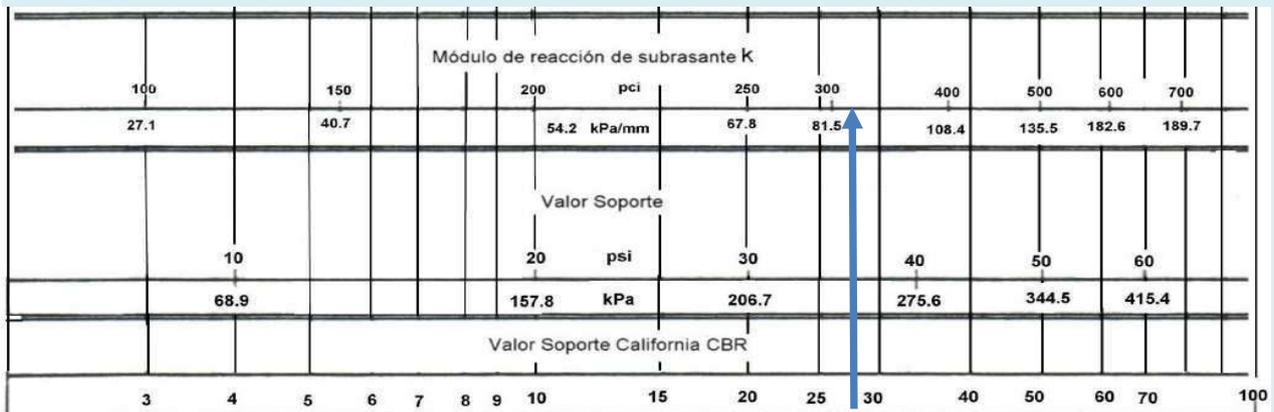


Figura 4.5. Clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia

$$\text{CBR sub rasante} = 28.04 \%$$

$$K = 317.00 \text{ pci}$$

## 10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la fórmula General AASHTO:

$$\log_{10}(W18) = Z_{r1} \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ \left(4.22 - 0.32 \times P\% \right) \times \log_{10} \left[ 215.63 \frac{S_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/K)^{0.25}})} \right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

**D = 5.327 in**

$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$

**6.105 ... Ecuación I**

$$7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) + \frac{\text{Log}_{10} \left( \frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10} \left[ 215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})} \right] =$$

**6.105 ... Ecuación II**

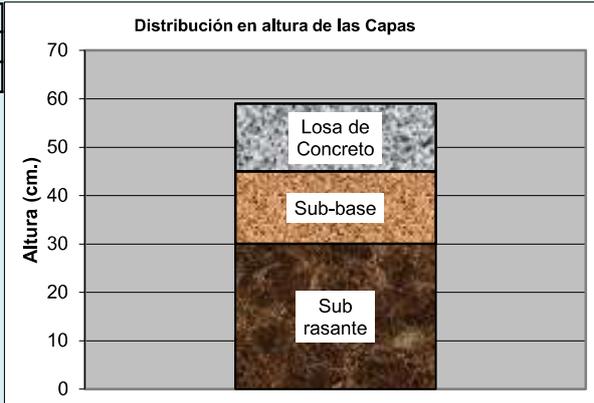
Espesor de la Losa de Concreto

**D = 5.40 PULG.**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

- Losa de C°
- Base Granular
- Sub rasante

	PULG.	CM
e=	5.4	14.00
e=	5.9	15.00



# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

## SUELO + 5% DE CEMENTO

PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	HUAMAYALLI FLORES JOEL
	MENDEZ VALVERDE KEVIN

### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right]$$

Donde:	
D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).
Cd	= Coeficiente de Drenaje
J	= Coeficiente de Transferencia de Carga
Ec	= Módulo de Elasticidad de concreto
K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

### VARIABLES DEL DISEÑO

#### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

#### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) = 563,174.00

ESAL's(W18) = 5.63E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.350$$

### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

Según la CE.010 el valor deseable de Po para pavimentos flexibles es 4.5

Según la CE.010 el valor de Pt para vías locales es 2.0

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	4.5
Pt =	2.0

$$\Delta \text{PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{PSI} = 2.50$$

### 5. MÓDULO DE RUPTURA (S'c)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) ó módulo de ruptura normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar

$$F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S'c = 1.99 \text{ a } 3.18 \cdot (F'c)^{1/2} \text{ en kg/cm}^2$$

$$S'c = 2.58 \cdot (F'c)^{1/2} = 43.172$$

TIPO DE PAVIMENTO

S'c RECOMENDADO

	Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

$$S'c = 614.03 \text{ Psi}$$

### 6. DRENAJE (Cd)

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Los materiales lo consideramos como calidad regular, y estará expuesto el 7%, valor máximo de días mojados para la ciudad de Chimbote

$$Cd = 0.95$$

### 7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Tipo de Pavimento	Berma de Asfalto		Berma de Ho. Vinculada	
	Disp. de Transferencia		Disp. de Transferencia	
	si	no	si	no
Junta Sencilla y Junta Reforzada	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Continuamente Reforzada	2.9 - 3.2	N/D	2.3 - 2.9	N/D

$$J = 3.2$$

## 8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 = 4000 \text{ PSI}$$

$$E_c = 57000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En PSI)}$$

$$E_c = 150000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En Kg/cm}^2\text{)}$$

$$E_c = 3,604,996.53 \text{ Psi}$$

## 9. MODULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuesto algunas correlaciones de "K" a partir de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, se utilizó el diagrama de la Guía AASHTO 1933:

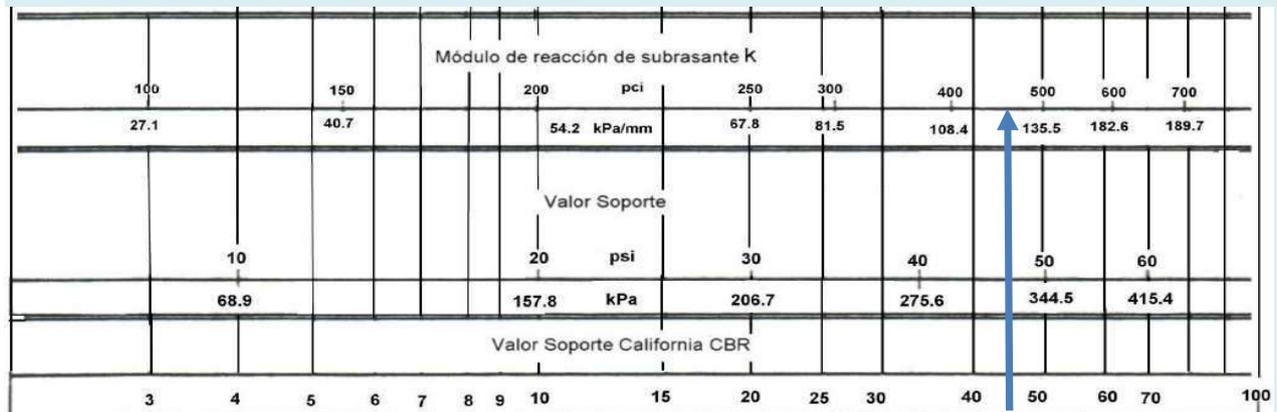


Figura 4.5. Clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia

$$\text{CBR sub rasante} = 45.82 \%$$

$$K = 465.17 \text{ pci}$$

## 10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la fórmula General AASHTO:

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ \left(4.22 - 0.32 \times P\right) \times \log_{10} \left[ 215.63 \frac{S_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/K)^{0.25}})} \right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

**D = 4.760 in**

$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$

**6.105 ... Ecuación I**

$$7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) + \frac{\text{Log}_{10} \left( \frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \text{Log}_{10} \left[ 215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})} \right] =$$

**6.105 ... Ecuación II**

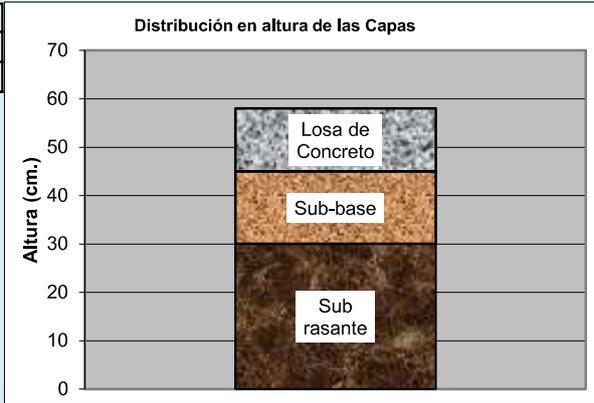
Espesor de la Losa de Concreto

**D = 4.80 PULG.**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

- Losa de C°
- Base Granular
- Sub rasante

	PULG.	CM
e=	4.8	13.00
e=	5.9	15.00



# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

## SUELO + 8% DE CEMENTO

PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZANDO LA SUBRASANTE CON CAL Y CEMENTO EN ASENTAMIENTO HUMANO AMPLIACIÓN LA UNIÓN, CHIMBOTE - 2020
TESISTAS:	HUAMAYALLI FLORES JOEL
	MENDEZ VALVERDE KEVIN

### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \log_{10}\left[ \frac{215.63 \times S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{k})^{0.25}})} \right]$$

Donde:	
D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).
Cd	= Coeficiente de Drenaje
J	= Coeficiente de Transferencia de Carga
Ec	= Módulo de Elasticidad de concreto
K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

### VARIABLES DEL DISEÑO

#### 1.- ESTUDIO DE TRANSITO

#### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) = 563,174.00

ESAL's(W18) = 5.63E+05

## 2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

$$R (\%) = 80.00 \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z <sub>r</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

$$Z_r = -0.841$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50

$$S_o = 0.350$$

### 4. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

Según la CE.010 el valor deseable de Po para pavimentos flexibles es 4.5

Según la CE.010 el valor de Pt para vías locales es 2.0

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	4.5
Pt =	2.0

$$\Delta \text{PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{PSI} = 2.50$$

### 5. MÓDULO DE RUPTURA (S'c)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) ó módulo de ruptura normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar

$$F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S'c = 1.99 \text{ a } 3.18 \cdot (F'c)^{1/2} \text{ en kg/cm}^2$$

$$S'c = 2.58 \cdot (F'c)^{1/2} = 43.172$$

TIPO DE PAVIMENTO

S'c RECOMENDADO

	Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

$$S'c = 614.03 \text{ Psi}$$

### 6. DRENAJE (Cd)

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Los materiales lo consideramos como calidad regular, y estará expuesto el 7%, valor máximo de días mojados para la ciudad de Chimbote

$$Cd = 0.95$$

### 7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Tipo de Pavimento	Berma de Asfalto		Berma de Ho. Vinculada	
	Disp. de Transferencia		Disp. de Transferencia	
	si	no	si	no
Junta Sencilla y Junta Reforzada	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Continuamente Reforzada	2.9 - 3.2	N/D	2.3 - 2.9	N/D

$$J = 3.2$$

## 8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 = 4000 \text{ PSI}$$

$$E_c = 57000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En PSI)}$$

$$E_c = 150000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En Kg/cm}^2\text{)}$$

$$E_c = 3,604,996.53 \text{ Psi}$$

## 9. MODULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuesto algunas correlaciones de "K" a partir de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, se utilizó el diagrama de la Guía AASHTO 1933:

Módulo de reacción de subrasante K																
100	150	200	250	300	400	500	600	700								
27.1	40.7	54.2	67.8	81.5	108.4	135.5	182.6	189.7								
Valor Soporte																
10	20	30	40	50	60											
68.9	157.8	206.7	275.6	344.5	415.4											
Valor Soporte California CBR																
3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	50	60	70	100

Figura 4.5. Clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia

$$\text{CBR sub rasante} = 133.89 \%$$

$$K = 999.08 \text{ pci}$$

## 10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la fórmula General AASHTO:

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ \left(4.22 - 0.32 \times P\right) \times \log_{10} \left[ 215.63 \frac{S_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/K)^{0.25}})} \right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

**D = 4.700 in**

$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$

**6.105 ... Ecuación I**

$$7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) + \frac{\text{Log}_{10} \left( \frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10} \left[ 215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})} \right] =$$

**6.725 ... Ecuación II**

Espesor de la Losa de Concreto

**D = 4.70 PULG.**

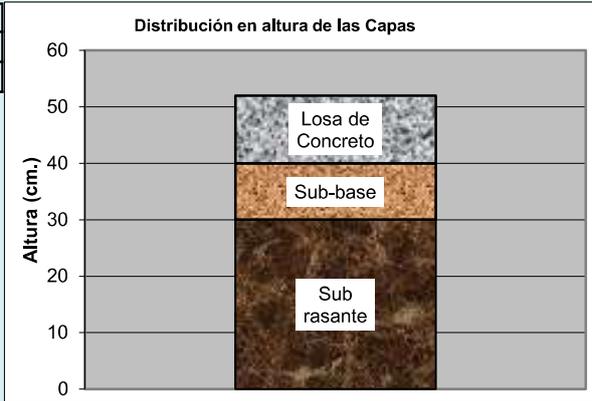
**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

Losa de concreto

	PULG.	CM
e=	4.7	12.00
e=	3.9	10.00

Base Granular

Sub rasante



## 7.1.9 ANEXO 9: FICHA TÉCNICA DE LA CAL DE CONSTRUCCIÓN.



Catálogo Yeso



Cal de obra en bolsa 20 kilos

Hades 16863



### FICHA TÉCNICA

**Características** Utilizado en la industria de la construcción, en el tarrajeo y cimentación de estructuras.

**Observaciones** Producto debes estar alejado de la humedad.

**Recomendaciones De Uso** Se debe tener cuidado de limpiar perfectamente la superficie para favorecer la adhesión. Almacenar en un lugar seco y lejos del sol.

**Modelo** Bolsa

**Ancho Del Producto** 35 cm

**Material** Cemento

**Marca** Hades

**Advertencia de uso** Mantener alejado de los niños. Usar las herramientas y equipos de protección personal adecuados para su uso.

**Uso** Usado en la industria de la construcción en el tarrajeo y cimentación de estructuras.

**Garantía** Por defecto de fabricación

**Profundidad Del Producto** 10 cm

**Altura Del Producto** 65 cm

**Tipo de Producto** Cal

**Sub Tipo de Producto** Obra

**Color** Blanco

**Peso Del Producto** 20 kg

**Presentación** Bolsa

Despacho a Domicilio



Financiamiento



## 7.1.10 ANEXO 10: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I.



### DESCRIPCIÓN

**Cemento Portland Tipo I.** Gracias a su nuevo diseño de clinker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.



### USOS

- Cemento de uso general.

### ATRIBUTOS

**Diseño que supera los requisitos de la normas nacionales**

**Altas resistencias a todas las edades**

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

### RECOMENDACIONES PARA USO Y ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar sobre plataforma de madera y en rumas que no excedan las 8 bolsas



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



\*Requisito opcional.

**Resistencia a la compresión (psi)**

■ Resultado Promedio ■ Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150



# Cemento Tipo I Estructural

## Cemento Portland Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

### REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.1
SO <sub>3</sub>	Máximo	3.0	%	NTP 334.086	2.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.1
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

### REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura, Superficie específica	Mínimo	2,600	cm <sup>2</sup> /g	NTP 334.002	4000
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.07
<b>Resistencia a la compresión</b>					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.4 (4260)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	45.3 (6570)
<b>Tiempo de Fraguado Vicat</b>					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250

\*Valores promedios referenciales de lotes despachados / \*\*Requisito opcional.

### VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha Recomendada de Uso: para aprovechar de mejor manera sus propiedades



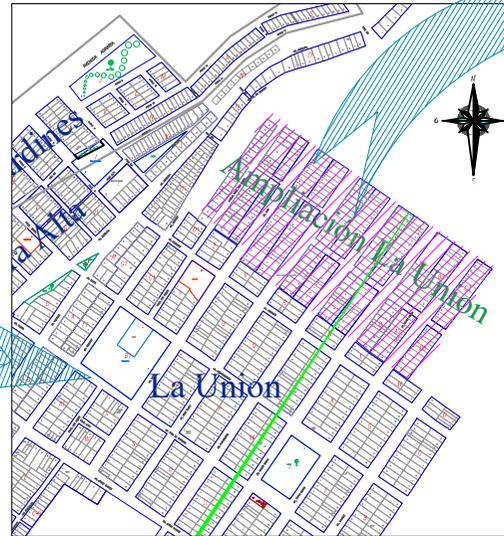
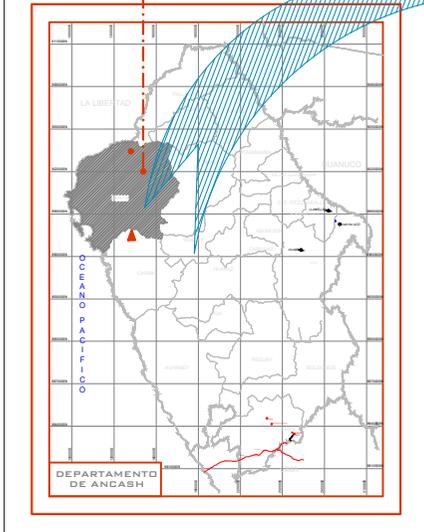
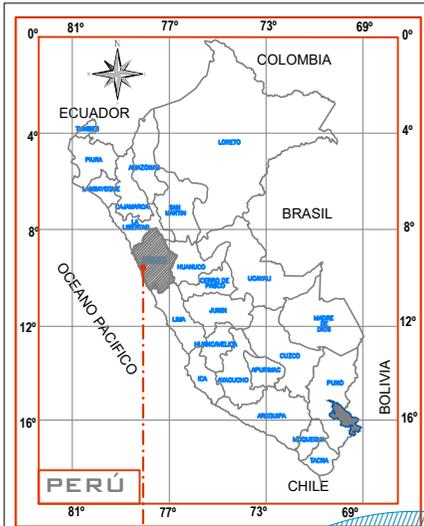
Fecha de Producción: para que utilices el cemento más fresco

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.

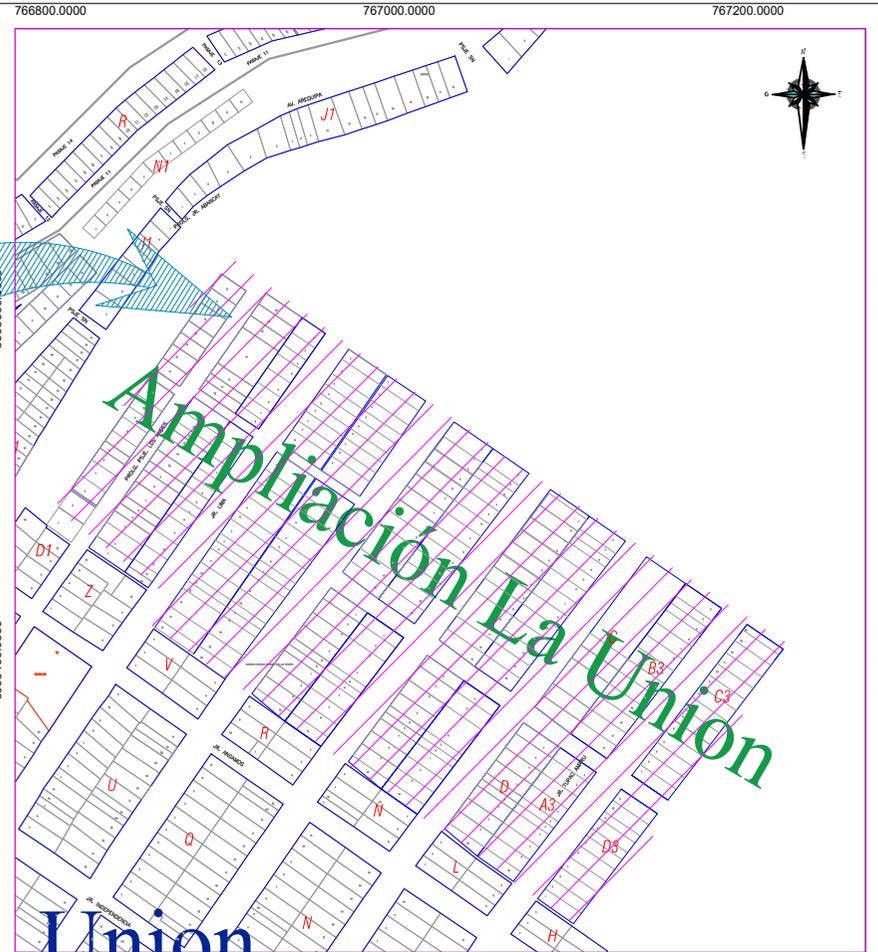
**Pacasmayo**

## **7.2 PLANOS**

### **7.2.1 ANEXO 11: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN**



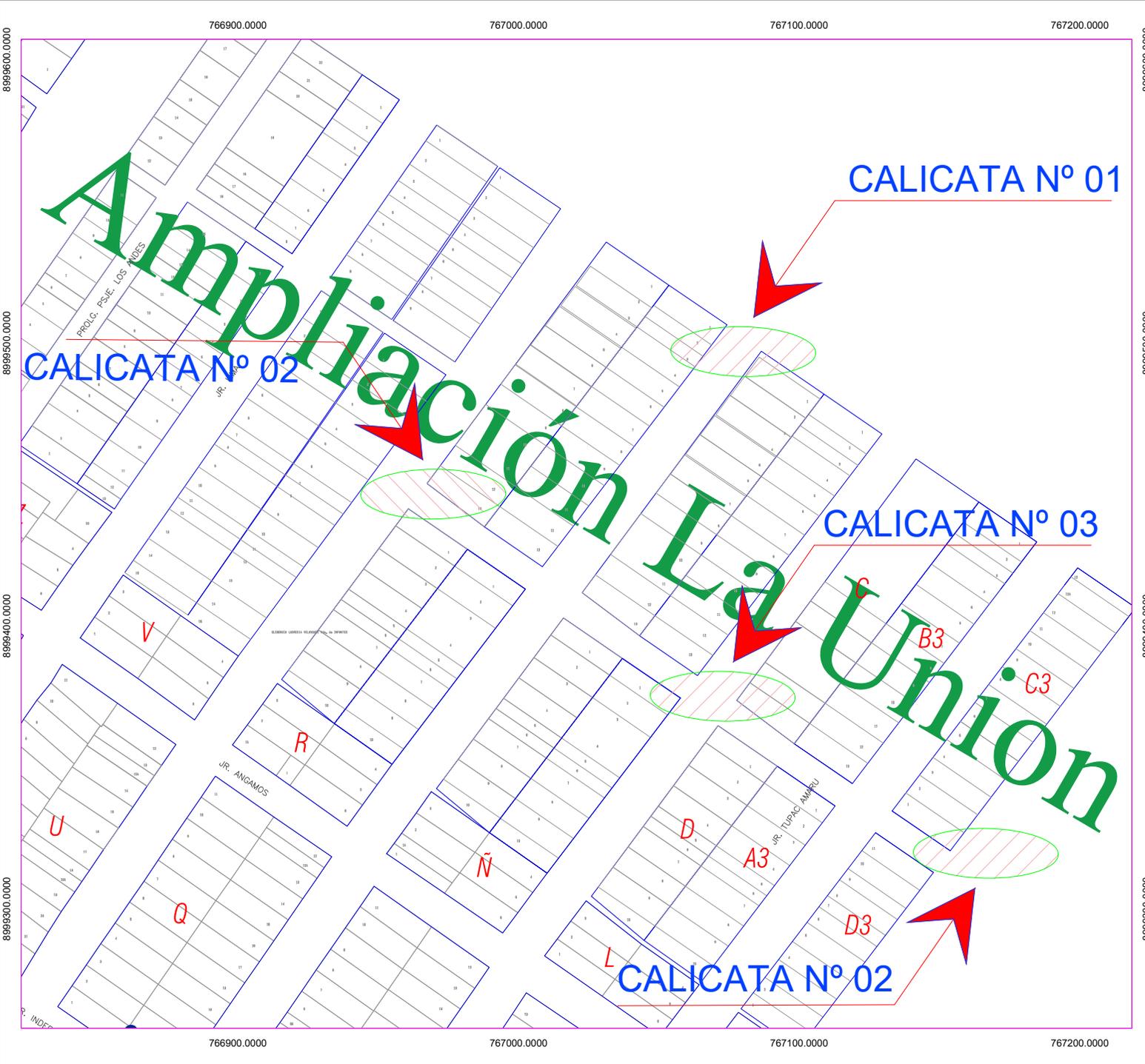
**PLANO LOCALIZACIÓN**  
ESC. 1/5,000



766800.0000 767000.0000 767200.0000  
**PLANO UBICACIÓN**  
ESC. 1/2000

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA E.P. INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: "Diseño de pavimento estableciendo la subrasante con cal y cemento en asentamiento humano Ampliación La Unión, Chimbote - 2020"			LÁMINA N°: <b>UL-01</b>
PLANO: <b>UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>			
DISTRITO: <b>CHIMBOTE</b>	PROVINCIA: <b>SANTA</b>	DEPARTAMENTO: <b>ANCASH</b>	FECHA: <b>MAYO 2023</b>
TESISTAS: BACH. HUAMAYALLI FLORES JOEL ANGEL BACH. MENDEZ VALVERDE KEVIN SAMIR		ASESOR: MS. FELIPE VILLAVICENCIO GONZALEZ	ESCALA: <b>INDICADA</b>

## **7.2.2 ANEXO 12: PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS**



CUADRO DE CALICATAS		
CALICATA	CORDENADAS	
	NORTE	ESTE
Calicata N° 01	8999135.46	766813.09
Calicata N° 02	8998923.24	766888.15
Calicata N° 03	8999008.73	766817.44
Calicata N° 04	8999062.42	766689.77

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA E.P. INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: "Diseño de pavimento estabilizando la subrasante con cal y cemento en asentamiento humano Ampliación La Unión, Chimbote - 2020"			LÁMINA N°:
<b>UBICACIÓN DE CALICATAS</b>			<b>UC-01</b>
DISTRITO:	PROVINCIA:	DEPARTAMENTO:	FECHA:
<b>CHIMBOTE</b>	<b>SANTA</b>	<b>ANCASH</b>	<b>MAYO 2023</b>
TESISTAS:		ASESOR:	ESCALA:
BACH. HUAMAYALLI FLORES JOEL ANGEL BACH. MENDEZ VALVERDE KEVIN SAMIR		MS. FELIPE VILLAVICENCIO GONZALEZ	<b>INDICADA</b>

## **7.3 DE LA ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

### **7.3.1 ANEXO 13: REPORTE DE TURNITIN**



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Joel Huamayalli  
Título del ejercicio: Assignment 1.2  
Título de la entrega: "Diseño de pavimento estabilizando la subrasante con cal y ...  
Nombre del archivo: n\_asentamiento\_humano\_Ampliacion\_La\_Union,\_Chimbote\_-\_...  
Tamaño del archivo: 11.39M  
Total páginas: 157  
Total de palabras: 24,693  
Total de caracteres: 123,649  
Fecha de entrega: 09-jun.-2023 08:40a. m. (UTC+0200)  
Identificador de la entrega... 2107043803

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



"Diseño de pavimento estabilizando la subrasante con cal y cemento en  
asentamiento humano Ampliación La Unión, Chimbote - 2020"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL

AUTORES: - Bach. Huamayalli Flores, Joel Angel  
ORCID: 0009-0007-6543-9283

- Bach. Méndez Valverde, Kevin Samir  
ORCID: 0009-0008-9133-7456

ASESOR: Ms. Villavicencio González, Felipe Eleuterio  
ORCID: 0000-0002-7951-3372

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2023

# “Diseño de pavimento estabilizando la subrasante con cal y cemento en asentamiento humano Ampliación La Unión, Chimbote - 2020”.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
4	<a href="http://dspace.unach.edu.ec">dspace.unach.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
5	Han-Lin Li, Yao-Huei Huang, Shu-Cherng Fang. "A Logarithmic Method for Reducing Binary Variables and Inequality Constraints in Solving Task Assignment Problems", <i>INFORMS Journal on Computing</i> , 2013 Publicación	<1%
6	<a href="http://repositorio.unesum.edu.ec">repositorio.unesum.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.uma.edu.pe">repositorio.uma.edu.pe</a> Fuente de Internet	

<1 %

8

[repositorio.uncp.edu.pe](http://repositorio.uncp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

9

[www.dspace.uce.edu.ec](http://www.dspace.uce.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

10

Submitted to Universidad Jose Carlos Mariategui

Trabajo del estudiante

<1 %

11

[repositorio.urp.edu.pe](http://repositorio.urp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

12

[repositorio.unac.edu.pe](http://repositorio.unac.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

13

[repositorio.unprg.edu.pe:8080](http://repositorio.unprg.edu.pe:8080)

Fuente de Internet

<1 %

14

Submitted to tec

Trabajo del estudiante

<1 %

15

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

<1 %

16

[repositorio.ucp.edu.pe](http://repositorio.ucp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

17

[repositorio.utn.edu.ec](http://repositorio.utn.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

18	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
19	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
21	1library.co Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
23	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
27	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

