

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA CIVIL



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

**Coeficiente de balasto para determinar la
interacción suelo-estructura por zonas geotécnicas
en el Distrito de Huaraz**

**Tesis para obtener el Grado de
Doctor en Ingeniería Civil**

Autor:

Mg. Aranda Leiva, Ruben Darío

Asesor:

Dr. Reyes Roque, Reynaldo Melquiades
DNI. N° 31658163
Código ORCID. 0000-0002-9408-0069

Línea de Investigación
Estudio de propiedades geotécnicas y
comportamiento de los suelos

Nuevo Chimbote - PERÚ
2023



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE TESIS

Yo, **Reynaldo Melquiades Reyes Roque**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis Doctoral titulada: **COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ**, elaborada por el maestro **Ruben Dario Aranda Leiva**, para obtener el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, diciembre del 2023

.....
Dr. Reynaldo Melquiades Reyes Roque

ASESOR

CODIGO ORCID: 0000-0002-9408-0069

DNI N° 31658163



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

**COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN
SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE
HUARAZ**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN INGENIERIA CIVIL

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

Dr. Abner Itamar León Bobadilla

PRESIDENTE

CODIGO ORCID 0000-0003-2949-6591

DNI N° 32942184

Dr. Atilio Rubén López Carranza

SECRETARIO

CODIGO ORCID 0000-0002-3631-2001

DNI N° 32965940

Dr. Reynaldo Melquiades Reyes Roque

VOCAL

CODIGO ORCID 0000-0002-9408-0069

DNI N° 31658163



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los veintiún días del mes de diciembre del año 2023, siendo las 10:00 horas, en el aula P-01 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 303-2023-EPG-UNS de fecha 07.11.2023, conformado por los docentes: Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Secretario) y Dr. Reynaldo Melquiades Reyes Roque (Vocal); con la finalidad de evaluar la tesis titulada: **COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ**; presentado por el tesista **Ruben Dario Aranda Leiva**, egresado del programa de **Doctorado en Ingeniería Civil**.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 339-2023-EPG-UNS de fecha 13 de diciembre de 2023.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones a la tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como BUENO, asignándole la calificación de DIECISIETE.

Siendo las 11:00 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.


Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario


Dr. Reynaldo Melquiades Reyes Roque
Vocal - Asesor



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: Ruben Dario ARANDA LEIVA
Título del ejercicio: DOCTORADO 2023
Título de la entrega: COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCI...
Nombre del archivo: 6.0_Inf_tesis_V6_Ruben_Aranda_Leiva_-_Diciembre.docx
Tamaño del archivo: 14.98M
Total páginas: 107
Total de palabras: 15,523
Total de caracteres: 84,823
Fecha de entrega: 24-dic.-2023 04:31p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2194677373



COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
5	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1%

Índice general

RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
I. CAPITULO I	20
INTRODUCCION	20
PROBLEMA DE INVESTIGACION	22
1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación	22
1.2 Antecedentes de la Investigación	23
1.2.1 Antecedente Internacional.....	23
1.2.2 Antecedentes Nacional y Local.....	25
1.3 Formulación del Problema de Investigación	27
1.4 Delimitación del estudio	28
1.5 Justificación e importancia de la investigación	29
1.6 Objetivos de la Investigación: General y Específicos	31
II. CAPITULO II	33
MARCO TEORICO	33
2.1 Historia Sísmica en Huaraz	33
2.2 Marco Teórico	34
2.2.1 Suelo.....	34
2.2.2 Clasificación de Suelos.....	34
2.2.3 Coeficiente de Balasto.....	35
2.2.4 Cimentaciones Superficiales.....	39
2.3 Marco Conceptual	40
III. CAPITULO III	41
MARCO METODOLOGICO	41
3.1 Hipótesis Central de la Investigación	41
3.2 Variables de la Investigación	41
3.3 Método de la Investigación	41
3.3.1 Método DEDUCTIVO	41
3.4 Diseño	43
3.5 Población y Muestra	43

3.5.3	Población.....	43
3.5.4	Muestra.....	43
3.6	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	43
3.7	Procedimiento de la recolección de datos	44
3.8	Técnicas de procesamiento y análisis de los resultados	45
IV.	CAPITULO IV	46
	RESULTADOS.....	46
	DISCUSION DE RESULTADOS.....	78
	CONTRASTACION DE HIPOTESIS GENERAL	83
	CONTRASTACION DE HIPOTESIS ESPECIFICAS.....	83
V.	CAPITULO V.....	84
5.1	CONCLUSIONES GENERAL	84
5.2	CONCLUSIONES ESPECIFICAS	84
	RECOMENDACIONES.....	87
VI.	CAPITULO VI.....	89
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
4	ANEXOS.....	96

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Tipo de Viviendas Particulares en el Distrito de Huaraz</i>	29
Tabla 2. <i>Resumen de la ubicación de los ensayos de placa de carga en las zonas geotécnicas identificadas</i>	46
Tabla 3. <i>Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-1</i>	48
Tabla 4. <i>Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-2</i>	49
Tabla 5. <i>Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-3</i>	50
Tabla 6. <i>Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-4</i>	51
Tabla 7. <i>Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-5</i>	52
Tabla 8. <i>Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-6</i>	53
Tabla 9. <i>Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-7</i>	54
Tabla 10. <i>Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-8</i>	55
Tabla 11. <i>Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-9</i>	56
Tabla 12. <i>Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-10</i>	57
Tabla 13. <i>Periodos fundamentales de vibración</i>	62
Tabla 14. <i>Fuerzas sísmicas en la dirección “X”</i>	62
Tabla 15. <i>Fuerzas sísmicas en la dirección “Y”</i>	62
Tabla 16. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo empotrado considerando el sismo en “X”</i>	63
Tabla 17. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo empotrado considerando el sismo en “Y”</i>	63
Tabla 18. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo empotrado considerando el efecto de ortogonalidad y el sismo en “X”</i>	64

Tabla 19. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo empotrado considerando el efecto de ortogonalidad y el sismo en “Y”</i>	64
Tabla 20. <i>Modelo empotrado considerando la verificación torsional generado por sismo en “X”</i>	65
Tabla 21. <i>Modelo empotrado considerando la verificación torsional generado por sismo en “Y”</i>	65
Tabla 22. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica V-B</i>	68
Tabla 23. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica V-B</i>	68
Tabla 24. <i>Verificación torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica V-B</i>	69
Tabla 25. <i>Verificación torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica V-B</i>	69
Tabla 26. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica IV-B</i>	70
Tabla 27. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica IV-B</i>	70
Tabla 28. <i>Verificación torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica IV-B</i>	71
Tabla 29. <i>Verificación torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica IV-B</i>	71

Tabla 30. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica III-B.....</i>	72
Tabla 31. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica III-B.....</i>	72
Tabla 32. <i>Verificación torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica III-B.....</i>	73
Tabla 33. <i>Verificación torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica III-B.....</i>	73
Tabla 34. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica II-B.....</i>	74
Tabla 35. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica II-B.....</i>	74
Tabla 36. <i>Verificación torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica II-B.....</i>	75
Tabla 37. <i>Verificación torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica II-B.....</i>	75
Tabla 38. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica I-B.....</i>	76
Tabla 39. <i>Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica I-B.....</i>	76
Tabla 40. <i>Verificación torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica I-B.....</i>	77

Tabla 41. <i>Verificación torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica I-B.....</i>	77
Tabla 42. <i>Resultados obtenidos del coeficiente de balasto en la zona V-B.....</i>	78
Tabla 43. <i>Resultados obtenidos del coeficiente de balasto en la zona IV-B.....</i>	78
Tabla 44. <i>Resultados obtenidos del coeficiente de balasto en la zona III-B.....</i>	79
Tabla 45. <i>Resultados obtenidos del coeficiente de balasto en la zona II-B.....</i>	79
Tabla 46. <i>Resultados obtenidos del coeficiente de balasto en la zona I-B.....</i>	80

Índice de figuras

Figura 1. <i>Tipo de Viviendas Particulares en el Departamento de Ancash</i>	30
Figura 2. <i>Relación para calcular Coeficiente de Balasto en base a la curva esfuerzo vs Asentamiento</i>	35
Figura 3. <i>Esquema de armado para el ensayo de placa de carga</i>	37
Figura 4. <i>Valores de Coeficiente de Balasto según Terzaghi</i>	39
Figura 5. <i>Plano de ubicación de los ensayos de placa de carga realizados en las zonas geotécnicas del distrito de Huaraz</i>	47
Figura 6. <i>Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona VB</i>	48
Figura 7. <i>Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona VB</i>	49
Figura 8. <i>Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona VB</i>	50
Figura 9. <i>Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IVB</i>	51
Figura 10. <i>Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IIIB</i>	52
Figura 11. <i>Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IIIB</i>	53
Figura 12. <i>Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IIB</i>	54
Figura 13. <i>Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IIB</i>	55
Figura 14. <i>Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IB</i>	56
Figura 15. <i>Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IB</i>	57

Figura 16	: <i>Vivienda en construcción que se analizará para la investigación</i>	59
Figura 17	: <i>Vista en planta del sistema estructural empleado</i>	60
Figura 18	: <i>Vista en elevación del sistema estructural empleado</i>	61
Figura 19	: <i>se puede ver que la base de la estructura ahora considera una distribución de resortes lineales, dando el efecto de flexibilidad al suelo</i>	66
Figura 20	: <i>Se puede ver la discretización de la base de la estructura, donde cada área ahora será asignado un valor de coeficiente balasto logrando el efecto correcto de una construcción de una cimentación</i>	67
Figura 21	: <i>Modelo estructural en 3D analizado para la investigación sin considerar la interacción suelo estructura</i>	80
Figura 22	: <i>Resumen de las distorsiones del modelo usando ISE en cada zona Geotécnica considerando el sismo en “X”</i>	81
Figura 23	: <i>Resumen de las distorsiones del modelo usando ISE en cada zona Geotécnica considerando el sismo en “Y”</i>	82

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. <i>Ecuación general del coeficiente de balasto</i>	36
Ecuación 2. <i>Ecuación particular del coeficiente de balasto</i>	37

Índice de fotografías

Fotografía 1. <i>Se puede ver el ensayo de placa de carga N° 01 ubicado en el almacén de la dirección regional de educación de Ancash, muy cerca al centro de Huaraz</i>	96
Fotografía 2. <i>se puede ver el volquete y el equipo realizando el ensayo de placa de carga</i>	96
Fotografía 3. <i>Se puede ver el ensayo de placa de carga N° 02 (P-2) dentro del hospital Víctor Ramos Guardia</i>	97
Fotografía 4. <i>se puede ver el ensayo de placa de carga N° 03 (P-3) también dentro de las instalaciones del Hospital Víctor Ramos Guardia.</i>	97
Fotografía 5. <i>Se puede la instalación del equipo para realizar en la zona IV y sería el ensayo de placa N° 04 (P4).</i>	98
Fotografía 6. <i>Se puede ver la realización del ensayo y los equipos usados.</i>	98
Fotografía 7. <i>Se puede ver la instalación de los deformímetros en el plato de carga para realizar el ensayo N° 05 (P-5).</i>	99
Fotografía 8. <i>Se puede ver el equipo técnico realizando la el ensayo en la zona III-B.</i>	99
Fotografía 9. <i>se puede ver la instalación del equipo para el ensayo N° 06 dentro de la zona III-B.</i>	100
Fotografía 10. <i>se puede ver la toma de datos en el ensayo de placa de carga N° 06 (P-6).</i>	100

Fotografía 11. <i>Se puede la instalación del equipo dentro de las instalaciones del ministerio de transportes y comunicaciones de Ancash.....</i>	101
Fotografía 12. <i>se puede ver la adquisición de datos en el ensayo de placa de carga N° 7 (P-7) en la zona II-B.....</i>	101
Fotografía 13. <i>se puede ver la instalación del equipo para el ensayo N° 8 dentro del MTC- Ancash.....</i>	102
Fotografía 14. <i>equipo técnico que colaboro en la adquisición de datos en ensayo N° 8 (P-8).....</i>	102
Fotografía 15. <i>se puede ver la instalación del equipo en la zona I-B.....</i>	103
Fotografía 16. <i>se puede ver la ejecución del ensayo de placa de carga N° 09 (P-09).....</i>	103
Fotografía 17. <i>Se puede ver la instalación del equipo en la zona I-B, siendo el ensayo N° 10 (P-10).....</i>	104
Fotografía 18. <i>Se puede ver la vivienda escogida para el análisis, además del sistema estructural que se viene utilizando en su construcción.....</i>	106
Fotografía 19. <i>Se puede ver la vivienda en construcción a la fecha se encuentra en el tercer nivel, con proyección a 6 niveles, se ve los elementos estructurales usados.....</i>	107

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el distrito de Huaraz del departamento de Ancash, debido al crecimiento de la ciudad en los últimos años y por la actividad sísmica, teniendo como objetivo principal la obtención de valores de coeficientes de balasto para luego usarlos en modelos matemáticos que consideren la interacción suelos estructura, para tener como principal aporte científico la creación de un mapa de zonificación donde se aprecie la variación de las coeficientes de balasto, para ello la metodología que se siguió fue a través de una investigación de tipo aplicada, con un nivel correlacional, un diseño no experimental - transversal, teniendo como población y muestra las 05 zonas geotécnicas de acuerdo al plano de microzonificación sísmica del distrito de Huaraz. Para el desarrollo de la investigación se realizó el ensayo de placa de carga distribuido adecuadamente y ensayos especiales de laboratorio. Los resultados que se obtuvieron en cada una de las zonas, mostraron la influencia de las características físicas y mecánicas de cada suelo, utilizando herramientas SIG se pudo clasificar y obtener un mapa donde se aprecia 03 zonas, la Zona I tiene una variación de coeficiente de balasto entre 0.50 a 2.00 kg/cm³, la zona II entre 2.01 a 4.00 kg/cm³ y la zona III entre 4.01 a 7.00 kg/cm³, con los valores obtenidos se realizó el modelamiento de una vivienda considerando interacción suelo – estructura, donde se encontró una relación inversamente proporcional entre los valores de coeficientes de balastó con la distorsión de entrepiso de la vivienda, la zona I presento mayor distorsión de entrepiso al tener valores desfavorables, mientras que la zona III reflejo valores menores de distorsión al tener valores mayores de coeficientes de balasto. Finalmente, la investigación presenta un mapa de distribución de coeficientes de balasto que servirá para las futuras construcciones y diseños que consideren la interacción suelo estructura como un comportamiento sísmico más real.

Palabras clave: Coeficiente de Balasto, Placa de Carga, Interacción Suelo - Estructura.

ABSTRACT

The research was developed in the Huaraz district of the department of Ancash, due to the growth of the city in recent years and due to seismic activity, with the main objective being to obtain values of ballast coefficients and then use them in mathematical models that consider the soil-structure interaction, to have as its main scientific contribution the creation of a zoning map where the variation of the ballast coefficients is appreciated, for this the methodology that was followed was through an applied type of research, with a correlational level, a non-experimental - transversal design, having as population and sample the 05 geotechnical zones according to the seismic microzonation plan of the Huaraz district. For the development of the research, the appropriately distributed load plate test and special laboratory tests were carried out. The results obtained in each of the zones showed the influence of the physical and mechanical characteristics of each soil, using GIS tools it was possible to classify and obtain a map where 03 zones can be seen, Zone I has a variation in coefficient of ballast between 0.50 to 2.00 kg/cm³, zone II between 2.01 to 4.00 kg/cm³ and zone III between 4.01 to 7.00 kg/cm³, with the values obtained the modeling of a house was carried out considering soil-structure interaction, where found an inversely proportional relationship between the values of ballast coefficients with the mezzanine distortion of the home, zone I presented greater mezzanine distortion by having unfavorable values, while zone III reflected lower values of distortion by having higher values of coefficients. of ballast. Finally, the research presents a distribution map of ballast coefficients that will be used for future constructions and designs that consider the soil-structure interaction as a more real seismic behavior.

Keywords: Ballast Coefficient, Load Plate, Soil - Structure Interaction.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El distrito de Huaraz a la fecha presenta un incremento de viviendas que son construidas sin asesoramiento técnico, además la región Ancash por su ubicación sufre constantemente movimientos sísmicos, además luego del sismo de 1970, se logró mediante investigaciones zonificar el distrito en cinco zonas bien diferenciadas, pero que carecen de información más especializadas que ayuden a diseñar viviendas con características sismorresistentes.

Una de las propiedades mecánicas del suelo es el coeficiente de balasto considero con una propiedad fundamental para realizar un análisis considerando la interacción suelo estructura, análisis moderno que nos refleja un comportamiento sísmico mucho más real.

La finalidad de la investigación es encontrar los valores de balasto de cada zona geotécnica para luego generar un nuevo mapa de zonificación y que este sea usado en los análisis de futuras construcciones, además de verificar los valores obtenidos siendo usados en el modelamiento de una vivienda que se encuentre en construcción y que esté debidamente diseñado.

Para poder cumplir con el objetivo planteado la investigación sigue una secuencia de capítulos que a continuación se detalla:

Capítulo I: Problema de Investigación: en este capítulo se podrá encontrar la fundamentación del problema que genero el desarrollo de la presente investigación, la revisión de los antecedentes de otras investigaciones que respalden la presente, la justificación y los objetivos que se desarrollaron en la tesis.

Capítulo II: Marco Teórico: en este apartado se encontrará la información teórica que respaldara la investigación, además de demostrarse que existen ya teorías que se usaran para poder llegar a cumplir los objetivos de la investigación.

Capitulo III: Marco Metodológico: en este apartado se menciona la hipótesis que se contrastara con la investigación finalizada, además se explicara la población y muestra

donde se aplicó el estudio y además se describe el procedimiento e instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos.

Capítulo IV: Resultados: en este capítulo se presentará en tablas y figuras los valores de coeficientes de balasto por cada zona geotécnica analizada, además se presentará el mapa de zonificación de los coeficientes de balasto y la verificación de diseño de la vivienda a estudiar de acuerdo a la normatividad vigente.

Capítulo V: Discusión: en este capítulo se discutirá si los valores encontrados guardan alguna relación con las características físicas y mecánicas de cada suelo, y se presentara la verificación del análisis estructural de una vivienda considerando la interacción suelo estructura.

Capítulo VI: Contrastación de Hipótesis: en este capítulo se contrastará la hipótesis planteada inicialmente, de igual modo las hipótesis específicas, para aceptar o rechazar la hipótesis.

Capítulo VII: Conclusiones: en este capítulo se redactará las conclusiones encontradas que darán respuesta a los objetivos planteados inicialmente.

Capítulo VIII: Recomendaciones: en este capítulo se plasmarán algunas recomendaciones con respecto a los ensayos de campo aprendidos durante el desarrollo de la investigación.

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

Toda estructura en contacto con el suelo, a través de su cimentación debe de transferir cargas al suelo, de tal forma que se genere una armonía entre la nueva estructura y el suelo.

Dicha relación nos generó una interrogante geotécnica, en la actualidad se desconoce en forma exacta las deformaciones que se generaran sobre el suelo, debido a la construcción de estructuras. Dicha interrogante se convirtió en un problema, ya que se puede evidenciar en algunos casos a través de los hundimientos diferenciales, que se muestran en los elementos de una estructura ya sean estructurales o no estructurales. La mala fiscalización del cumplimiento de las normas técnicas en las nuevas edificaciones en Huaraz genera que existan edificaciones con daños que abarcan desde fisuras, inclinaciones todas estas a causas de un desequilibrio entre la reacción del suelo debido a las cargas que le transmitirá la nueva estructura.

En Huaraz se ha evidenciado la existencia de varios tipos de suelos, que, a través de programas de exploración intensivos en diversos estudios, han permitido elaborar planos de microzonificación geotécnica y de microzonificación sísmica, en las que se identifican diferentes propiedades, capacidades admisibles y períodos de vibración, por lo que nuestra investigación se enfocará en dichas zonas.

Tomando en cuenta que, actualmente, la interacción existente entre el suelo y las cimentaciones de la estructura contribuye a un mejor diseño y un mejor comportamiento, en la presente investigación surge la interrogante si los coeficientes

de balasto influirán para cada una de las zonas geotécnicas en el análisis de la interacción suelo estructura, para que futuras estructuras puedan ser diseñadas correctamente.

1.2 Antecedentes de la Investigación

1.2.1 Antecedente Internacional

En el estudio elaborado por Camilo y Andrés (2020) en su búsqueda para poder encontrar el coeficiente de balasto elaboraron una cimentación a escala reducida para poder hacer la investigación en un laboratorio en la universidad católica de Colombia, donde usando una investigación experimental, buscaron obtener el asentamiento producido. Haciendo uso de la cimentación a escala reducida y un material donde fueron variando el contenido de humedad del 0% hasta el 5%, como también los números de golpes desde 20 hasta 60, obteniéndose graficas de deformación del material vs tensión normal, siendo los datos que nos ayudaran a encontrar el valor del coeficiente de balasto, al finalizar la investigación concluyen que el contenido de humedad fue determinante para encontrar una variación en los valores del coeficiente de balasto a comparación de la energía de deformación en suelos arenosos y se recomienda que podría hacerse otra investigación en suelos cohesivos y realizar una comparación de los valores con un ensayo de placa de carga a escala real.

Espinoza et al. (2019) en su investigación buscaron encontrar el comportamiento de una edificación de 08 pisos cimentado sobre un suelo no cohesivo para lo cual emplearon la interacción suelo – estructura, donde aplicando una investigación del tipo aplicada y usando 03 modelos de cimentación, como el modelo

“A” que es una estructura con una cimentación tradicional con una base rígida, el modelo “B” con funciones de impedancia y el modelo “C” usando la interacción suelo estructura, usando los softwares del ETABS 2016 y MIDAS GTS NX se pueden comparar los periodos de vibración y derivas de piso, concluyendo que los resultados entre el modelo “B” y “C” son conservadores y parecidos mientras que el modelo “A” presenta una diferencia del 40% de los resultados de los modelos anteriores.

Valencia, C. (2014). En su investigación busco encontrar la importancia que podría tener el coeficiente de balasto en el comportamiento estructural de una estructura de siete niveles, para lo cual primero investigo las propiedades físicas, mecánicas mediante un estudio de mecánica de suelos.

Aplicando la normativa ecuatoriana considero para su modelamiento una cama de resortes que simulan al suelo como un medio elástico todos estos reaccionan ante la acción de una carga vertical este último comportamiento es conocido como coeficiente de balasto. Finalmente concluyo que el coeficiente de balasto, K_s , llegaría a tener distintos valores si en la cimentación se consideraría distintas secciones y la profundidad a las que estas fueran planteadas, así mismo se podría conocer la deformación del suelo dependiendo de las profundidades de los elementos de la cimentación. Además, pudo contrastar que el coeficiente de balasto “ K_s ” es único para cada suelo y que una cimentación presentara mayor hundimiento dependiendo de las cargas que esta soportara durante su vida útil.

Con su investigación pudo comprobar que el tipo de cimentación que se planteó para la nueva estructura cumplía con no generar ningún desequilibrio en la masa de suelo y mucho menos ocasionaría algún tipo de asentamiento.

1.2.2 Antecedentes Nacional y Local

En la investigación elaborada por Alarcón (2020) busco encontrar la relación entre las características del suelo y el valor de su coeficiente de balasto en los suelos dentro del distrito de Pilcomayo, para lo cual empleo una investigación del tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, realizándose 03 calicatas como muestra, donde se encontró valores de coeficiente de balasto como 7.67 kg/cm^3 según sus características físicas, pero si se realiza en función al ensayo de CBR se obtuvo 6.76 kg/cm^3 y se emplea cuadro de valores de coeficiente de balasto según su capacidad portante se obtuvo un valor de 3.71 kg/cm^2 . Finalmente concluyo indicando que las características de los suelos influyen directamente en los coeficientes de balasto y también de acuerdo al método de ensayo usado, se recomienda usar coeficiente de balasto que se obtengan a través de un ensayo de campo.

Ccalluchi (2022). en esta investigación busco encontrar cual sería el comportamiento de un edificio de concreto armado bajo la influencia de la interacción suelo estructura. Aplicando una metodología del tipo aplicada y no experimental – descriptivo. Se tomo muestra una estructura dual de 04 niveles, modelando la cimentación de base rígida tradicional y una cimentación considerando la interacción suelo estructura. De los resultados obtenidos se encontró que una estructura que se considera interacción suelo – estructura aumentan los desplazamientos laterales y las derivas de entre piso, pero se genera una reducción en el esfuerzo cortante máximos y movimientos flectores máximos. Finalmente concluye indicando que debería de realizar cimentaciones considerando la interacción suelo estructura ya que generan

mayores desplazamientos laterales, pero a su vez también se reducen las fuerzas de diseño, permitiendo optimizar en muchos aspectos tanto económicos y de seguridad estructural.

Socualaya, K. (2017). En su investigación determinó el coeficiente de balasto basado en propiedades y ensayos específicos en una masa, para lograr su objetivo tuvo que usar las cargas de una estructura y luego analizarlas con un software especializado para cimentaciones, donde pudo encontrar los distintos valores y comportamientos de la cimentación cuando se usa distintos valores de balasto.

La metodología que se empleó en la investigación, fue exclusivamente para la obtención de los valores de Balasto (K_s), usando propiedades de los suelos, recopilados tanto en laboratorio como en campo; siendo únicas para cada suelo encontrado.

Para el cumplimiento de los objetivos se eligió el anexo de Bella Vista, ubicado en el distrito de San Agustín de Cajas, luego de los trabajos de campo y laboratorio se obtuvo los valores de balasto (K_s) de 2.55 kg/cm³, 3.09 kg/cm³ y 2.01 kg/cm³ para las calicatas 1,3,5, y 5.04 kg/cm³ y 4.97 kg/cm³ para las calicatas 2 y 4.

Mendoza, J. y Rodas, H. (2015). En esta investigación se plantearon demostrar si la interacción suelo estructura ayudaría a obtener un diseño más óptimo y real tratando de confrontar dichos resultados con los resultados de un modelamiento tradicional con base empotrada e infinitamente rígida.

En el desarrollo de la tesis investigaron se tomaron 02 bloques de un centro educativo, uno de ellos posee una configuración regular y el otro una configuración irregular. Para ambas configuraciones se realizaron análisis estáticos y dinámicos con

softwares especializados. Obteniendo resultados como el aumento de los desplazamientos cuando se considera la interacción entre el suelo y la cimentación, además una disminución en las cargas de las columnas, pero un aumento de los momentos flectores de las vigas, todo esto considerando un modelo estructural con una cama de resortes considerados como un modelo elástico que se puede deformar linealmente.

Finalmente llegaron a la conclusión que la acción de un sismo podría ser menos perjudicial si se realizara un correcto análisis de la cimentación tomándose en cuenta la acción del suelo y sus propiedades. Para dicha verificación se usó el modelo de Pasternack de uno y dos estratos respectivamente, obteniéndose que en el pabellón de configuración regular las derivas no sobrepasan el límite establecido en la norma técnica E.030 por un máximo del 34%, mientras que los modelos de Winkler si cumplen esta condición.

1.3 Formulación del Problema de Investigación

¿Cómo influye el coeficiente de balasto en la determinación de la interacción suelo-estructura por zonas geotécnicas?

Problemas Específicos:

- ¿De qué manera influyen las características físicas del suelo en la obtención del coeficiente de balasto?
- ¿De qué manera influye las características mecánicas del suelo en la obtención del coeficiente de balasto?

- ¿Cuál es la influencia de las zonas geotécnicas en los valores del Coeficiente de balasto?

1.4 Delimitación del estudio

Delimitación Espacial: la investigación se centró en calcular los coeficientes de balasto en las 05 zonas geotécnicas del distrito de Huaraz, siendo este una propiedad geotécnica que nos ayudara a comprender mejor la interacción de las estructura y el suelo frente a una carga sísmica, que en la actualidad en la ciudad de Huaraz no se cuenta con dicha información por el desconocimiento de los ensayos encargados para la obtención de dicho valor, por lo que no se realizan diseños adecuados con valores reales

Delimitación Temporal: la investigación tomo en cuenta toda la información actual de las últimas investigaciones realizadas en el área de geotecnia aplicadas en la ciudad de Huaraz, para definir los puntos de investigación de las 05 zonas geotécnicas identificadas.

Delimitación Teórica: la investigación tendrá el siguiente dominio teórico:

- Ensayos de campo para la obtención del coeficiente de balasto.
- Metodologías para interacción suelo estructura.
- Aplicación y uso de softwares estructurales y geotécnicos.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

La investigación fue conveniente como tema de actualidad, ya que el suelo, como material de cimentación, viene a ser la base de toda estructura, también es aquel cuerpo que soportara todas las cargas que se le transmitirá, es por tal razón que el estudio de sus propiedades y caracterización de la misma para determinar el coeficiente de balasto es de vital importancia, debido que ayudara a conocer el comportamiento más real de la estructura, y así lograr un diseño más óptimo.

La utilidad de la investigación radica en la búsqueda de las características mecánicas y físicas del suelo, en especial el coeficiente de balasto con lo cual se podrá realizar un nuevo aporte como un mapa de zonificación de dicho valor para los distintos tipos de suelos que se encontrará en el distrito de Huaraz.

Los principales beneficiados de la investigación será la población del distrito de Huaraz, ya que en la actualidad el crecimiento poblacional sin control que se viene dando en el distrito de Huaraz, genera que las estructuras se construyan sin los criterios técnicos adecuados, así se puede observar en la figura del tipo de vivienda de acuerdo a los CENSOS del 2007 y 2017 en el departamento de Ancash, donde en la clasificación vivienda improvisada se tiene una tasa de crecimiento promedio anual de 10.2 a continuación se muestra la tabla.

Figura 1*Tipo de Viviendas Particulares en el Departamento de Ancash*

Área urbana y rural / Tipo de vivienda	2007		2017		Variación intercensal 2007-2017		Incremento anual	Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%		
Urbana	147 033	100,0	228 122	100,0	81 089	55,2	8 109	4,5
Casa independiente	138 141	94,0	212 061	93,0	73 920	53,5	7 392	4,4
Departamento en edificio	2 009	1,4	3 439	1,5	1 430	71,2	143	5,5
Vivienda en quinta	1 315	0,9	943	0,4	- 372	-28,3	- 37	-3,3
Vivienda en casa de vecindad	1 476	1,0	1 204	0,5	- 272	-18,4	- 27	-2,0
Vivienda improvisada	3 892	2,6	10 318	4,5	6 426	165,1	643	10,2
Local no destinado para habitación humana	185	0,1	157	0,1	- 28	-15,1	- 3	-1,6
Otro tipo ^{1/}	15	0,0	-	-	- 15	-100,0	- 2	-100,0

Nota: en esta figura se observa el incremento de las construcciones improvisadas sin la ayuda técnica profesional. Tomado de resultados definitivos (p.23) INEI – CENSOS 2007 y 2017.

Del mismo modo se presenta un cuadro estadístico del distrito de Huaraz, donde se tiene también una cantidad de viviendas improvisadas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1*Tipo de Viviendas Particulares en el Distrito de Huaraz*

Tipo de Vivienda	2007	2017	Variación
Casa Independiente	13545	17587	4042
Vivienda Improvisada	188	122	66

Nota: se observa un aumento de las viviendas independientes y una reducción en las viviendas improvisadas en el distrito de Huaraz. Tomado de resultados definitivos (p. 1070) INEI – CENSOS 2007 y 2017.

La investigación podrá resolver los problemas que se tiene con el diseño de cimentaciones (Interacción suelo – estructura), puesto que la aplicación del ensayo de

placa de carga para la obtención del coeficiente de balasto, con dicho valor para cada tipo de suelo llevara a obtener mejores comportamientos en el modelamiento y mejores diseños de las cimentaciones.

La razón de la investigación a parte de los motivos ya mencionados líneas arriba, es que en la actualidad se viene estudiando de manera más continua dentro del campo de la Ingeniería civil, además que en la localidad no se cuenta con otras investigaciones relacionadas a dicho temas, es pertinente realizar dicha investigación que solucionara múltiples problemas en el distrito de Huaraz, mediante la propuesta de una zonificación y un mapa de los coeficientes de balasto para que se diseñen mejores cimentaciones de las futuras estructuras.

1.6 Objetivos de la Investigación: General y Específicos

Objetivo General

- Determinar el coeficiente de balasto para la interacción suelo – estructura según zonas geotécnicas en el distrito de Huaraz, región Ancash – año 2021.

Objetivos Específicos

1. Determinar la influencia de las características físicas en el ensayo de placa de carga estática insitu para obtener el coeficiente de balasto en las zonas geotécnicas en el distrito de Huaraz.
2. Determinar la influencia de las características mecánicas en el ensayo de placa de carga estática insitu para obtener el coeficiente de balasto en las zonas geotécnicas en el distrito de Huaraz.

3. Aplicar el ensayo de placa de carga estática insitu para la obtención del coeficiente de balasto por zonas geotecnicas en el distrito de Huaraz.
4. Determinar el coeficiente de balasto para las zonas geotécnicas en el distrito de Huaraz.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Historia Sísmica en Huaraz

En el distrito de Huaraz, se tiene un periodo de silencio sísmico debido a que el ultimo sismo de gran magnitud se dio hace más de 50 años (1970), el ultimo sismo genero muchas pérdidas humanas y económicas debido a las construcciones precarias que se tenía en esa época y también se tenía poco conocimiento de las características geotécnicas del suelo de cimentación de las edificaciones existentes, siendo dicho desconocimiento la causante de la destrucción de la gran mayoría de estas.

Las nuevas tendencias en ingeniería sísmica y geotécnica, reconocen la necesidad de realizar las evaluaciones de interacción suelo – estructura, usando adecuadamente las propiedades de los suelos, en especial en los centros urbanos y lugares donde se construirá nuevas estructuras. Por tal motivo se reafirma la importancia de analizar y caracterizar los suelos y obtener el coeficiente de balasto en el distrito de Huaraz para evitar pérdidas humanas y económicas a futuro.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Suelo

El suelo se puede originar luego de la descomposición debido a múltiples agentes físicos y químicos de las rocas, formándose en su mismo lugar (residual) o siendo transportado por algún agente externo (transportado).

En Ingeniería Civil toda estructura es construida sobre el suelo, para lo cual se requiere conocer la variedad de los suelos y sus múltiples características que llevaran a plantear la mejor alternativa de cimentación para que esta no genere mayor desequilibrio en las partículas del suelo. (Avila, 2004)

2.2.2 Clasificación de Suelos

Para Arthur Casagrande, el suelo se clasifica en 15 tipos, cuyas iniciales de cada tipo de suelos se describe a continuación:

G: Grava

S: Arena

M: Limo

C: Arcilla

O: Suelos Orgánicos

Pt: Turba

Estas primeras letras están acompañadas con otras letras que indican la gradación de las partículas, así como el contenido de arcilla en los suelos finos, dichas letras son:

W: Bien Gradada

P: Mal Gradada

H: Alta Plasticidad

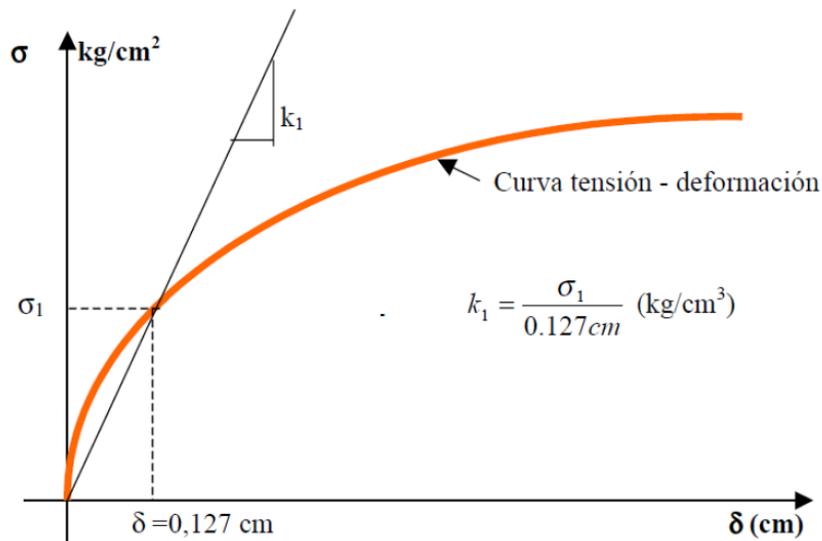
L: Baja Plasticidad. (Casagrande, 1942)

2.2.3 Coeficiente de Balasto

Núñez en 1999, plantea que el coeficiente de Balasto es aquella relación entre fuerza capaz de generar una penetración de la placa en el terreno de 0,05” que equivale a una deformación de 0,127 cm, es decir que este coeficiente es la pendiente de la recta que une el origen de coordenadas con el punto de la curva “tensión – deformación” que genera un asentamiento de la placa de 0,127 cm, como se aprecia en la figura. (Núñez, 1999)

Figura 2

Relación para calcular Coeficiente de Balasto en base a la curva esfuerzo vs Asentamiento



Nota: esta curva es resultado de un ensayo de placa de carga, de donde se puede extraer el coeficiente de balasto. Tomado de: Apunte de coeficiente de balasto (p. 4), por A. J. Leoni, 2007.

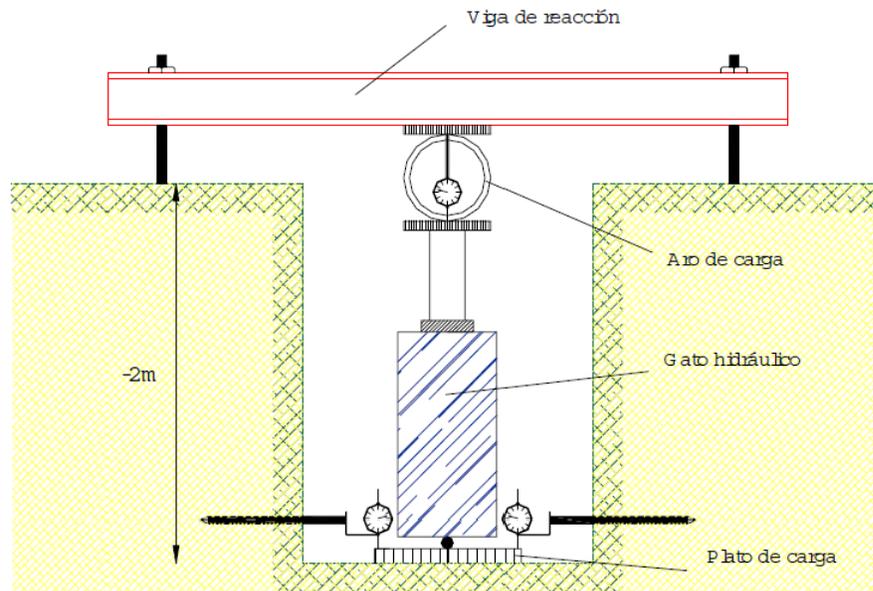
El coeficiente de balasto para cada tipo de suelo está asociado a la penetración que se genera debido a una placa rígida, mediante la relación entre la presión generada por la placa “q” y el hundimiento de la misma “y”. En la mayoría de los casos se la identifica con la letra “k”

$$K = \frac{q}{y} \quad \dots\dots(1)$$

Este coeficiente, es resultado de la aplicación del ensayo de carga sobre el suelo de cimentación, para lo cual se requiere de una placa circular cuyo diámetro es de 30,5 cm, que se monta como se muestra en el esquema en la siguiente figura. (Núñez, 1999)

Figura 3

Esquema de armado para el ensayo de placa de carga.



Nota: Tomado de: Apunte de coeficiente de balasto (p. 4), por A. J. Leoni, 2007.

Winkler Emil en 1867 inserta la definición de módulo de balasto posterior a ello, dicha definición fue aplicada en los análisis de rieles para ferrocarriles realizada por Zimmerman H. en 1888, dicho análisis toma al coeficiente de balasto como una capa de arena debajo de los rieles.

El coeficiente de balasto es único para cada suelo, por lo cual es complejo su obtención, dependerá de los ensayos de campo y laboratorio, para conocer algunas variables que puedan definirla, así como las formas de la cimentación de la nueva estructura y la variabilidad de las cargas que serán compartidas hacia el suelo.

Una característica del coeficiente de balasto viene a ser sus unidades siendo Kg/cm^3 , esta se produce cuando se aplica una deformación de 10 mm. Según las líneas anteriores se podría calcular de la siguiente manera:

$$K = \frac{P}{y} \dots\dots(2)$$

En donde K = Se le conoce como el módulo o coeficiente de balasto en Kg/cm^3

p = Es la presión en el suelo en Kg/cm^2

y = Es la deformación del suelo en cm.

El valor del coeficiente podría tener las siguientes propiedades:

- La relación que se obtiene del grafico es lineal por lo tanto el valor de K es independiente del valor de la presión p .
- Si se tiene una presión debido a cimentación entonces el valor de K es constante en toda el área del suelo.

Existen muchos ingenieros que han realizado algunas tablas resúmenes en base al tipo de suelo, pero dicho calculo deberá ser exclusivo para el suelo donde se construirá la estructura, por ejemplo, se tiene la tabla resumen que elaboro Terzaghi, que a continuación se muestra:

Figura 4

Valores de Coeficiente de Balasto según Terzaghi.

VALORES DE K30 PROPUESTOS POR TERZAGHI	
Suelo	k30 (kp/cm³)
Arena seca o húmeda:	
-Suelta	0,64-1,92 (1,3)*
-Media	1,92-9,60 (4,0)
-Compacta	9,60-32 (16,0)
Arena sumergida:	
-Suelta	(0,8)
-Media	(2,50)
-Compacta	(10,0)
Arcilla:	
q _u =1-2 kp/cm ²	1,6-3,2 (2,5)
q _u =2-4 kp/cm ²	3,2-6,4 (5,0)
q _u >4 kp/cm ²	>6,4 (10)
*Entre paréntesis los valores medios propuestos	

Nota: Tomado del Curso aplicado de cimentaciones (p. 266), Ortiz et al, 1989.

2.2.4 Cimentaciones Superficiales

El suelo recibirá la carga de la estructura a través de su cimentación. Las dimensiones de una cimentación serán aquellas que no originen ningún sobre esfuerzo al suelo. De generarlas la estructura podría presentar fallas como asentamientos. Por

tal motivo, los ingenieros geotecnistas y estructuristas deberían de tratar de modelar las condiciones reales entre la cimentación y el suelo.

Para el diseño de la cimentación se debe de iniciar con una exploración del terreno. Luego se debe de aplicar los ensayos de campo respectivos, la extracción de las muestras y posterior análisis para su debida clasificación, ya que nos brinda una idea inicial sobre qué tipo de suelo se construirá la nueva estructura.

Por lo general dependerá mucho del tipo de estructura que se construirá para la mejor elección del ensayo en campo para determinar las propiedades física y mecánicas que nos lleven a realizar un mejor modelamiento considerando la interacción de la cimentación con el suelo.

2.3 Marco Conceptual

Interacción: es aquella acción que se puede relacionar recíprocamente entre dos elementos por ejemplo el suelo sobre el cual se va construir una estructura y la cimentación de esta.

Ensayo Geotécnico: es un procedimiento ordenado que se utilizara para la obtención de parámetros de los tipos de suelos que serán utilizados con fines ingenieriles.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Hipótesis Central de la Investigación

El coeficiente de balasto influye en la determinación de la interacción suelo-estructura según zonas geotécnicas

Hipótesis Específicas

- Las características físicas del suelo influyen en la obtención del coeficiente de balasto según zonas geotécnicas en el distrito de Huaraz, región Ancash.
- Las características mecánicas del suelo influyen en la obtención del coeficiente de balasto según zonas geotécnicas en el distrito de Huaraz, región Ancash.
- Las zonas geotécnicas influyen en la determinación de los coeficientes de balasto.

3.2 Variables de la Investigación

Variable Independiente :Coeficiente de Balasto.

Variable Dependiente :Interacción suelo-estructura.

3.3 Método de la Investigación

3.3.1 Método DEDUCTIVO

La investigación busco conocer el coeficiente de balasto para las zonas geotécnicas del distrito de Huaraz para lo cual se partió desde lo general que es la

aplicación del ensayo de placa de carga estática insitu, para llegar a algo específico que son los valores de coeficiente de balasto.

3.3.2 Orientación: Investigación APLICADA

La investigación busco determinar el coeficiente de balasto, en función al tipo de suelo que se tiene en las zonas geotécnicas en el distrito de Huaraz, aplicando el ensayo de placa de carga estática insitu, para luego conocer la interacción suelo-estructura para una vivienda típica.

3.3.3 Enfoque de la Investigación

CUANTITATIVA; porque en la investigación, se encontraron valores de coeficiente de balasto y en el desarrollo de la tesis se trabajó con los valores numéricos de las propiedades de los suelos que se encuentran en el plano de microzonificación sísmica de Huaraz, entre otros valores cuantificables.

3.3.4 Tipo o Alcance de la Investigación

CORRELACIONAL, para obtener los diferentes valores del coeficiente de balasto, se tuvo que relacionar varios sucesos, en la primera parte se relacionó las propiedades geotécnicas del suelo, en la segunda parte se relacionó los resultados del ensayo de placa de carga estática insitu para obtener los valores de balasto y finalmente se pudo relacionar el comportamiento de la cimentación de una estructura y proponer una zonificación y mapa de coeficientes de balasto para las zonas geotécnicas que se encuentran en el plano de microzonificación sísmica de Huaraz.

3.4 Diseño

NO EXPERIMENTAL / TRANSVERSAL, los datos fueron recolectados en un solo momento, en un momento único. Basto con realizar ensayos para conocer las propiedades del suelo. Con los datos obtenidos se pudo contrastar la hipótesis.

3.5 Población y Muestra.

3.5.3 Población

Las 05 zonas geotécnicas de acuerdo al plano de microzonificación sísmica de Huaraz.

3.5.4 Muestra

Las 05 zonas geotécnicas de acuerdo al plano de microzonificación sísmica de Huaraz.

3.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

- **Observación:** a través de una visita y hacer un recorrido por todo el distrito de Huaraz para observar las posibles fallas en las estructuras existentes, así mismo para poder plantear las ubicaciones de las calicatas y las ubicaciones donde se va realizar el ensayo de placa de carga estática insitu.
- **Ensayos:** se inició realizando ensayos de campo y posterior a ello ensayos en laboratorio, con el fin de obtener las propiedades mecánicas y físicas de los tipos de suelo de acuerdo al plano de microzonificación sísmica de

Huaraz.

- **Análisis documental:** se realizó una búsqueda de reportajes o documentales que muestren, el resurgimiento de Huaraz, luego del sismo de 1970, puesto que se cuentan con evidencias. Así como imágenes satelitales para ver la variación de las áreas construidas dentro del distrito de Huaraz.

3.7 Procedimiento de la recolección de datos

Para las propiedades geotécnicas de los suelos

- Para tener conocimiento del tipo de suelo, se planteó estratégicamente la ubicación de las calicatas en cada zona según el plano de microzonificación sísmica, donde se realizarán ensayos de campo y el muestreo respectivo.

Para la Obtención del Coeficiente de Balasto

- Con la clasificación de suelos y los resultados de los ensayos especiales se podrá calcular el módulo de balasto.
- Se realizará en puntos estratégicos el ensayo de placa de carga estática insitu, para obtener la curva de esfuerzo vs asentamiento, para luego determinar el módulo de balasto respectivo.
- Se usará correlaciones para determinar los rangos del módulo de balasto y comparar con algunas tablas que existen de otros autores.

Para el uso del módulo de Balasto

- Se escogerá una estructura existente que cuente con su licencia de construcción y se verificará el comportamiento de su cimentación, con los valores del módulo de balasto hallados.

3.8 Técnicas de procesamiento y análisis de los resultados

Para las propiedades geotécnicas de los suelos

- Para tener conocimiento del tipo de suelo, se usaron los procedimientos indicados en las normas técnicas peruanas, así como equipos cuya calibración se encuentren vigentes a la fecha que se realizara los ensayos.
- Se usaron hojas de cálculo o formatos en Excel, para procesar los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Para la Obtención del Módulo de Balasto

- Se uso un equipo moderno que cumpla todas las especificaciones nacionales e internacionales para la ejecución del ensayo de placa de carga, así mismo cuente con todos los accesorios.
- Se usaron hojas de cálculo o formatos en Excel, para procesar los datos obtenidos de los ensayos de campo.

CAPITULO IV

RESULTADOS

1. Para poder discutir los resultados encontrados se escogió las 05 zonas geotécnicas en el distrito de Huaraz y se ubicaron los lugares accesibles donde se pueda realizar los ensayos de placa de carga como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 2

Resumen de la ubicación de los ensayos de placa de carga en las zonas geotécnicas identificadas

Ubicación		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)
ZONA VB	P-1	222503.84	8945712.96	3064
	P-2	222346.79	8945099.97	3067
	P-3	222396.46	8945032.78	3071
ZONA IVB	P-4	223031.69	8944360.11	3160
ZONA IIIB	P-5	222995.86	8944758.34	3133
	P-6	223031.50	8944729.06	3137
ZONA IIB	P-7	222453.81	8944361.07	3093
	P-8	222479.74	8944338.36	3099
ZONA IB	P-9	221771.13	8945434.44	3034
	P-10	221841.1	8946176.08	3040

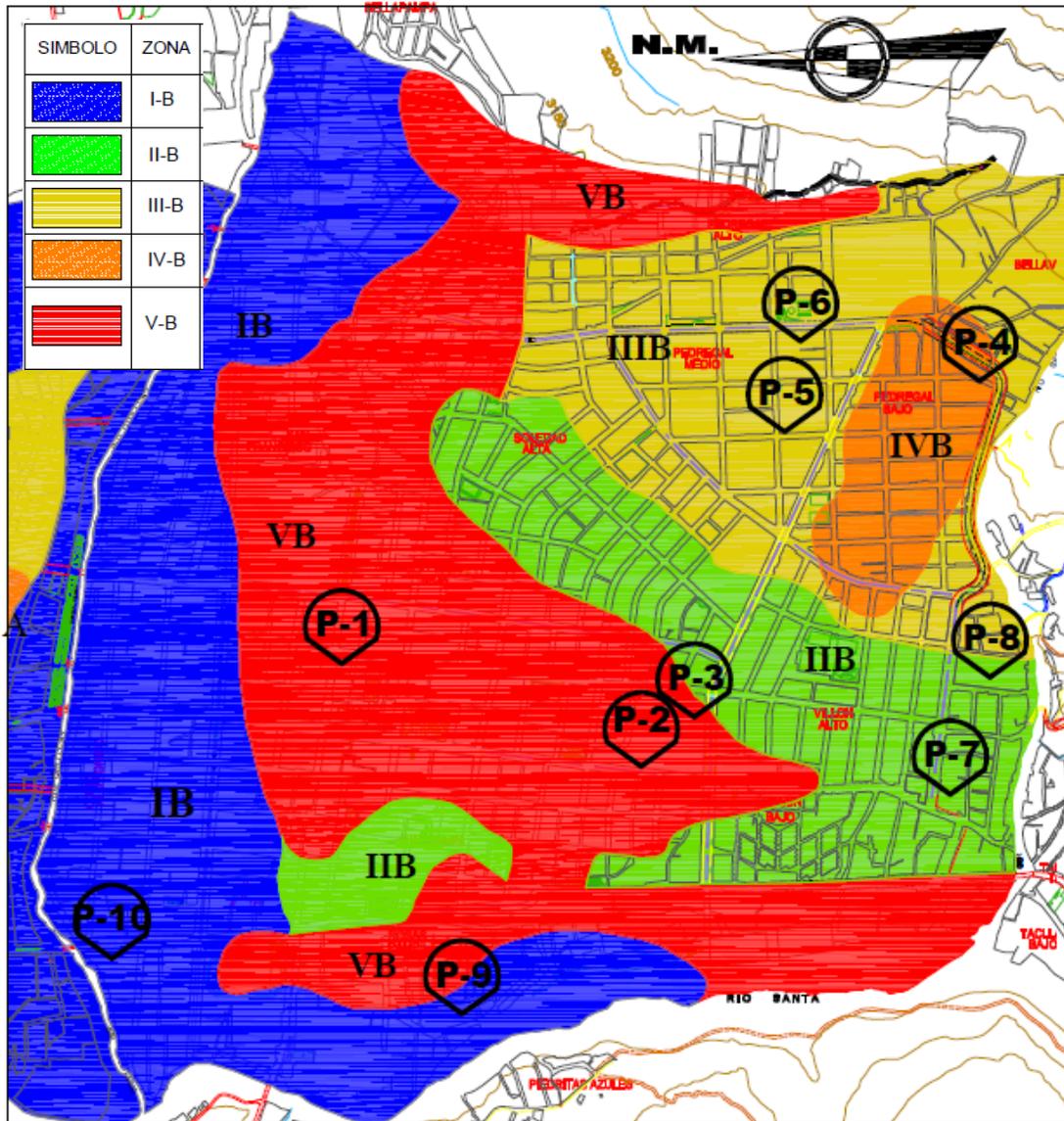
Fuente: *Elaboración propia, 2023.*

Como se observa en la tabla, se realizaron 10 ensayos de placa de carga con un equipo moderno de lectura automática de procedencia italiana, como se observa en la zona más desfavorable VB, se realizaron 03 ensayos, 01 de ellos en el centro de Huaraz y los dos restantes dentro del Hospital provincia de Huaraz, en las demás zonas también se trató de realizar como mínimo 02 puntos por cada zona, encontrando la facultad que gran parte de la ciudad de Huaraz ya se encuentra pavimentada, los lugares donde se realizaron los ensayos son zonas donde aún se tiene una sub rasante natural.

2. A continuación, se presenta un plano de ubicación de los ensayos de placa de carga, en las zonas geotécnicas identificadas.

Figura 5

Plano de ubicación de los ensayos de placa de carga realizados en las zonas geotécnicas del distrito de Huaraz



Fuente: *Elaboración propia, 2023.*

3. Se realizó el primer ensayo de placa de carga en la zona céntrica de Huaraz (zona VB), se aprovechó el almacén de la Dirección Regional de Educación de Ancash, encontrándose los siguientes valores de presión y asentamiento.

Tabla 3

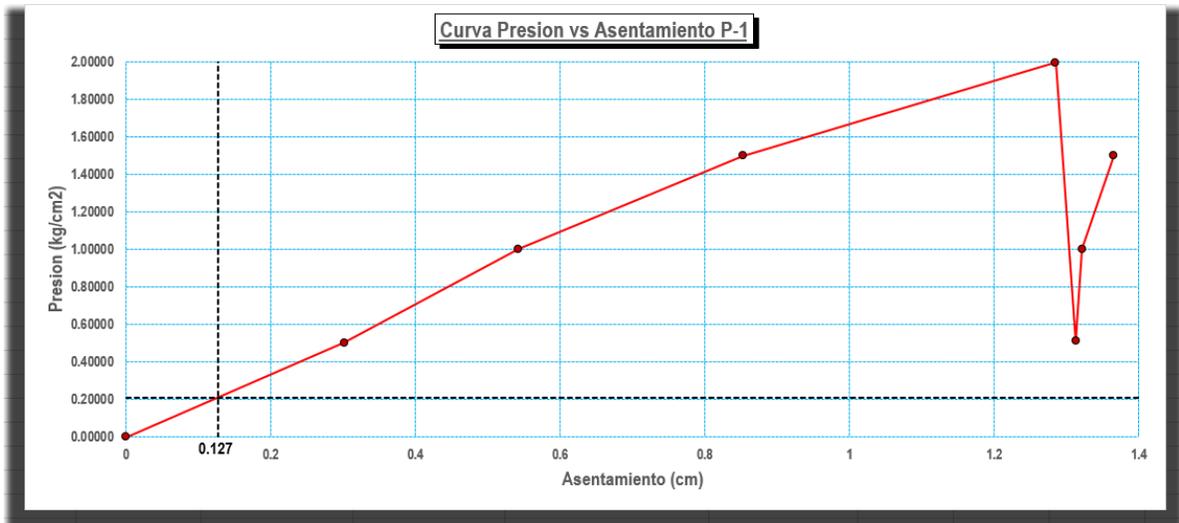
Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-1

Asentamiento [cm]	Presión [Kg/cm ²]
0.00000	0.00000
0.30154	0.50130
0.54260	1.00055
0.85260	1.49912
1.28495	1.99631
1.31241	0.51089
1.32150	1.00055
1.36485	1.50254

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 6

Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona VB.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Del gráfico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto $K = 1.654 \text{ kg/cm}^3$.

- Se realizó el segundo ensayo de placa de carga en la zona céntrica de Huaraz (zona VB), se aprovechó las áreas libres dentro del Hospital Victor Ramos Guardia del distrito de Huaraz, encontrándose los siguientes valores de presión y asentamiento.

Tabla 4

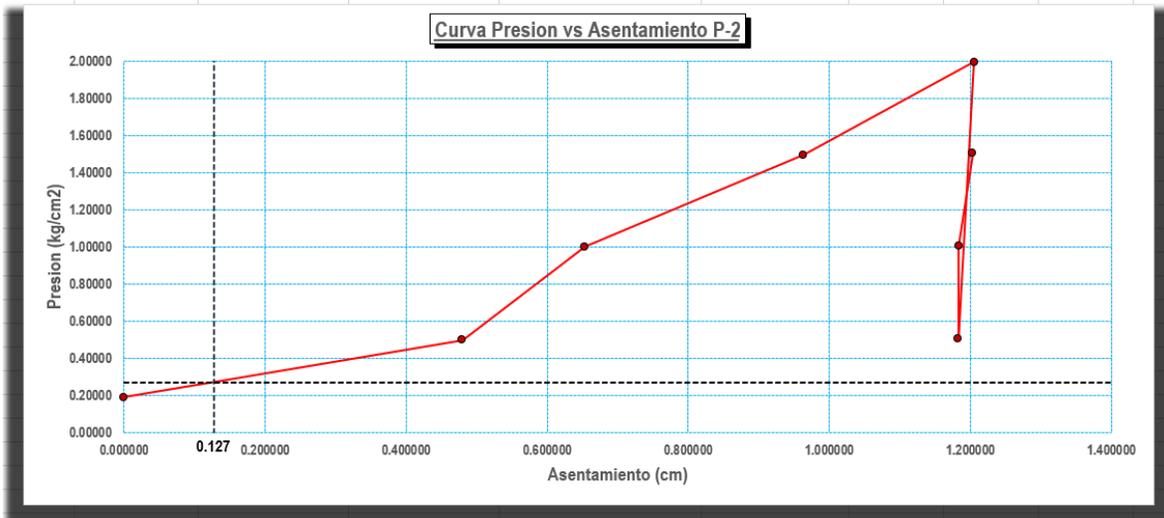
Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-2

Asentamiento [cm]	Presión [Kg/cm ²]
0.000000	0.19039
0.479560	0.49925
0.653675	1.00055
0.963437	1.49706
1.205560	1.99426
1.182686	0.50404
1.183661	1.00329
1.203630	1.50460

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 7

Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona VB.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Del gráfico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto **K = 2.126 kg/cm³**.

- Se realizó el tercer ensayo de placa de carga en la zona céntrica de Huaraz (zona VB), se aprovechó las áreas libres dentro del Hospital Victor Ramos Guardia del distrito de Huaraz, encontrándose los siguientes valores de presión y asentamiento.

Tabla 5

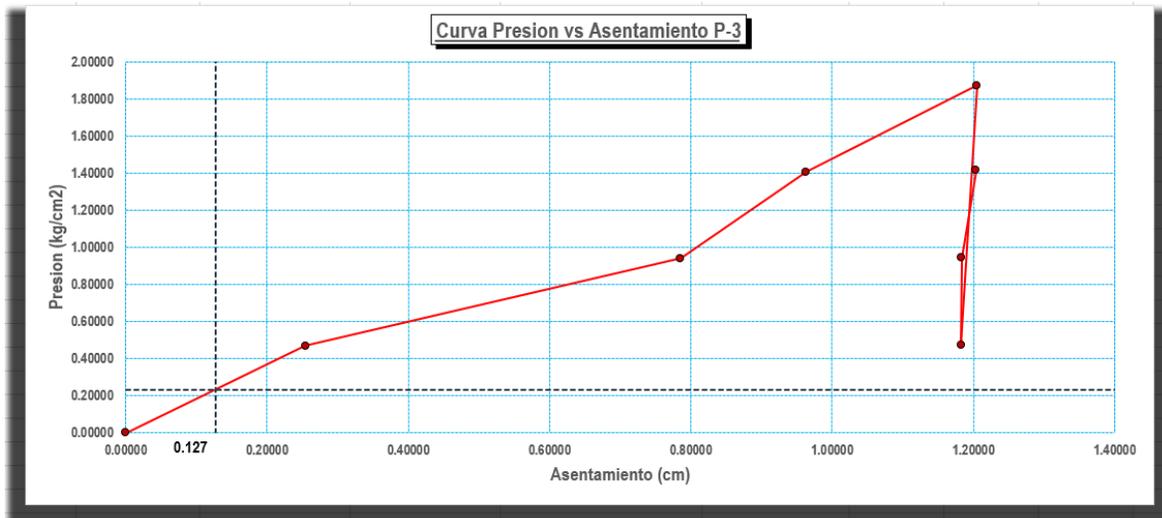
Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-3

Asentamiento [cm]	Presión [Kg/cm ²]
0.00000	0.00000
0.25477	0.46929
0.78545	0.94052
0.96344	1.40724
1.20556	1.87460
1.18269	0.47380
1.18366	0.94309
1.20363	1.41432

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 8

Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona VB.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Del gráfico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto **K = 1.811 kg/cm³**.

6. Se realizó el cuarto ensayo de placa de carga al sur este de la ciudad de Huaraz en el barrio de Pedregal (zona IVB), se aprovechó las áreas de la Av. Confraternidad Internacional Sur, encontrándose los siguientes valores de presión y asentamiento.

Tabla 6

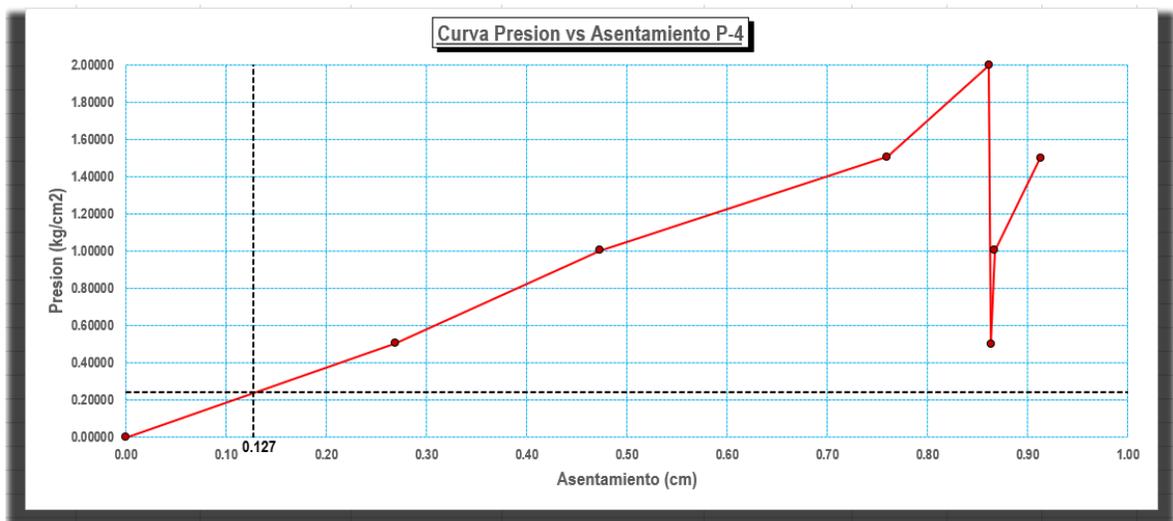
Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-4

Asentamiento [cm]	Presión [Kg/cm ²]
0.00000	0.00000
0.26856	0.50541
0.47313	1.00329
0.75973	1.50528
0.86155	1.99905
0.86336	0.50062
0.86696	1.00329
0.91290	1.50049

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 9

Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IVB.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Del gráfico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto **K = 1.890 kg/cm³**.

7. Se realizó el quinto ensayo de placa en el ex mercado de pedregal, donde actualmente es el estacionamiento de los carros recolectores de basura de la municipalidad provincia de Huaraz (zona IIIB), se aprovechó las áreas libres dentro del estacionamiento, encontrándose los siguientes valores de presión y asentamiento.

Tabla 7

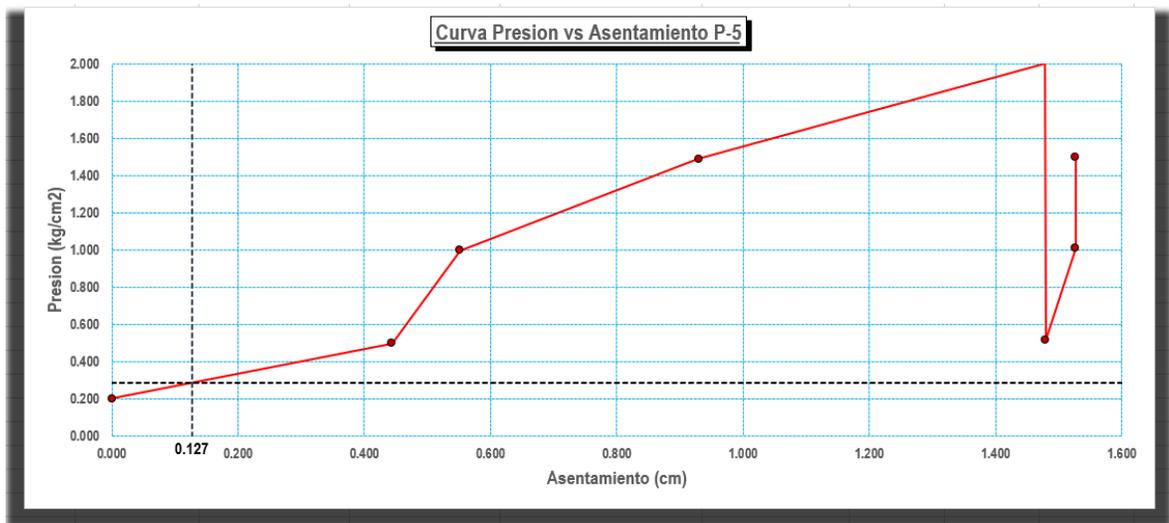
Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-5

Asentamiento [cm]	Presión [Kg/cm ²]
0.00000	0.20066
0.44389	0.49925
0.55127	0.99987
0.93008	1.49090
1.47754	2.00179
1.47948	0.51911
1.52693	1.01083
1.52693	1.50049

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 10

Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IIIB.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Del gráfico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto **K = 2.244 kg/cm³**.

8. Se realizo el sexto ensayo de placa en el ex mercado de pedregal, donde actualmente es el estacionamiento de los carros recolectores de basura de la municipalidad provincia de Huaraz (zona IIB), se aprovechó las áreas libres dentro del estacionamiento, encontrándose los siguientes valores de presión y asentamiento.

Tabla 8

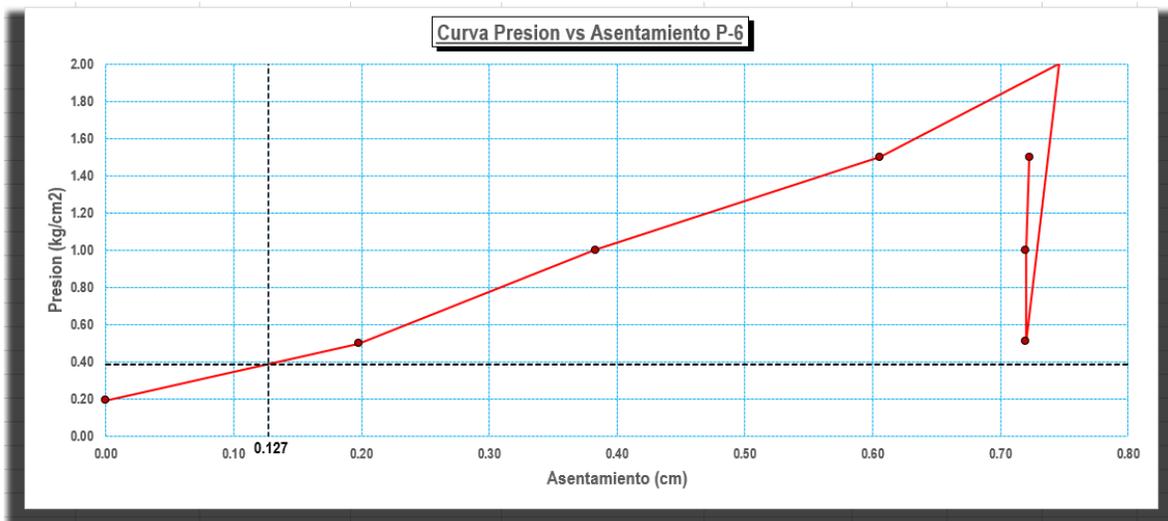
Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-6

Asentamiento [cm]	Presión [Kg/cm ²]
0.00000	0.19313
0.19786	0.49993
0.38304	1.00124
0.60575	1.49980
0.74610	2.00316
0.71980	0.51089
0.71980	0.99850
0.72272	1.49980

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 11

Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IIB.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto **K = 3.031 kg/cm³**.

9. Se realizó el séptimo ensayo de placa dentro de las instalaciones del ministerio de transportes y comunicaciones de Ancash (zona IIB), se aprovechó las áreas libres dentro del estacionamiento, encontrándose los siguientes valores de presión y asentamiento.

Tabla 9

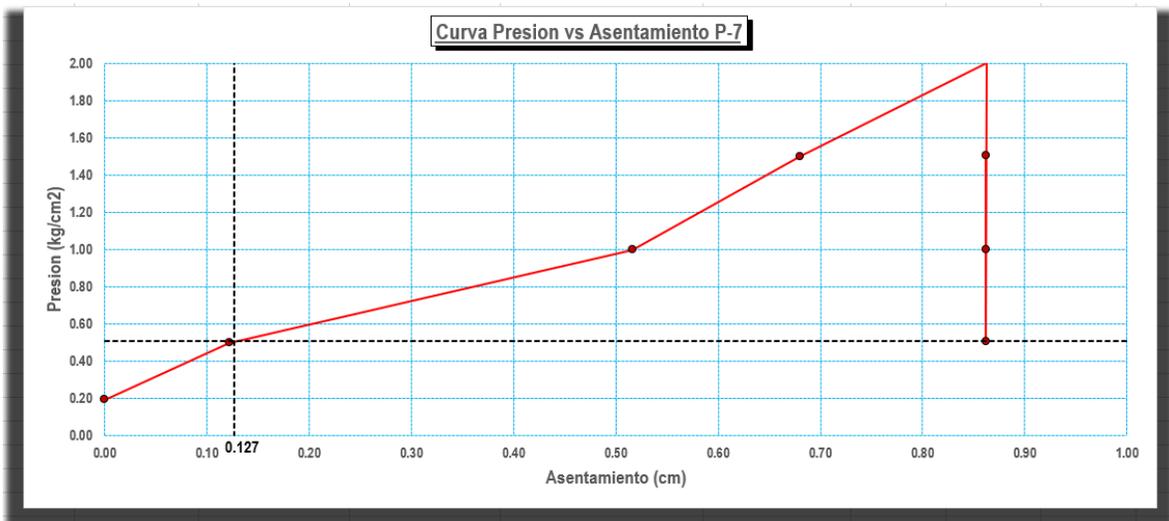
Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-7

Asentamiento [cm]	Presión [Kg/cm ²]
0.00000	0.19381
0.12200	0.49993
0.51610	0.99987
0.68038	1.50049
0.86216	2.00248
0.86168	0.50336
0.86168	1.00124
0.86168	1.50323

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 12

Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IIB.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Del gráfico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto **K = 4.016 kg/cm³**.

10. Se realizó el octavo ensayo de placa dentro de las instalaciones del ministerio de transportes y comunicaciones de Ancash (zona IIB), se aprovechó las áreas libres dentro del estacionamiento, encontrándose los siguientes valores de presión y asentamiento.

Tabla 10

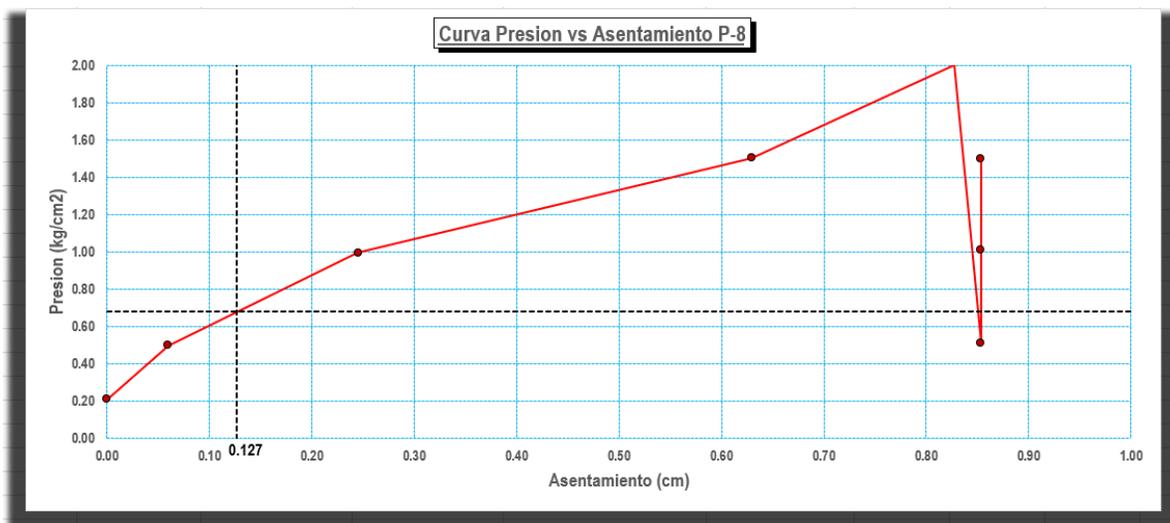
Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-8

Asentamiento [cm]	Presión [Kg/cm ²]
0.00000	0.20956
0.05949	0.49993
0.24522	0.99713
0.62933	1.50391
0.82771	2.00248
0.85354	0.51158
0.85354	1.00946
0.85354	1.50117

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 13

Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IIB.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Del gráfico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto **K = 5.354 kg/cm³**.

11. Se realizó el noveno ensayo de placa por el barrio de Villasol zona aluvionica al estar cerca al rio Santa y al Rio Quillcay (zona IB), se aprovechó las áreas libres dentro del estacionamiento, encontrándose los siguientes valores de presión y asentamiento.

Tabla 11

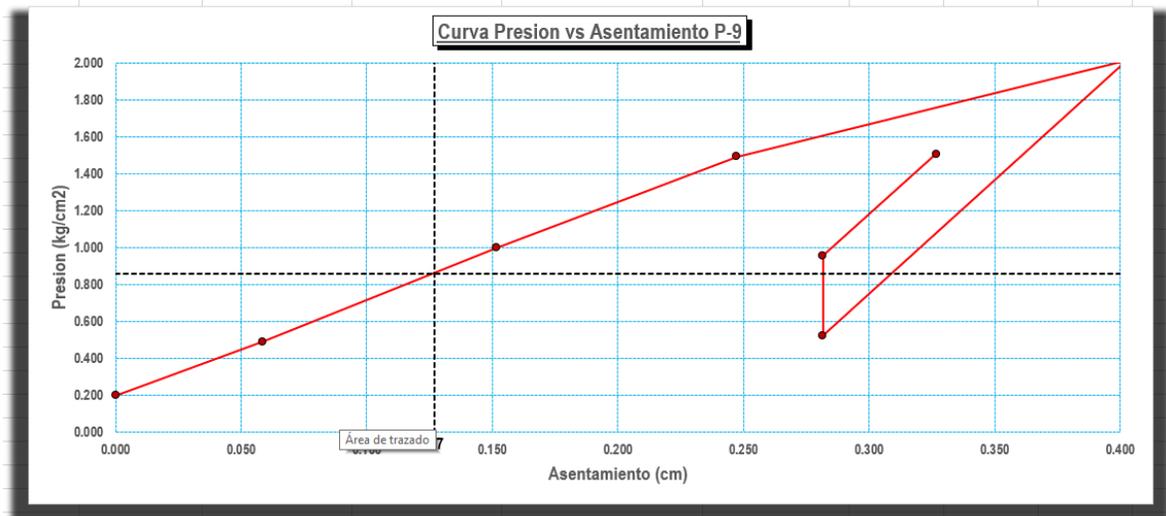
Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-9

Asentamiento [cm]	Presión [Kg/cm ²]
0.00000	0.19929
0.05868	0.49035
0.15166	0.99987
0.24735	1.49295
0.40259	2.01480
0.28164	0.52253
0.28164	0.95741
0.32678	1.50665

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 14

Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IB.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Del gráfico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto **K = 6.772 kg/cm³**.

12. Se realizo el décimo ensayo de placa por el barrio de Patay Bajo al estar cerca al rio Santa y al Rio Quillcay (zona IB), se aprovechó las áreas libres dentro del estacionamiento, encontrándose los siguientes valores de presión y asentamiento.

Tabla 12

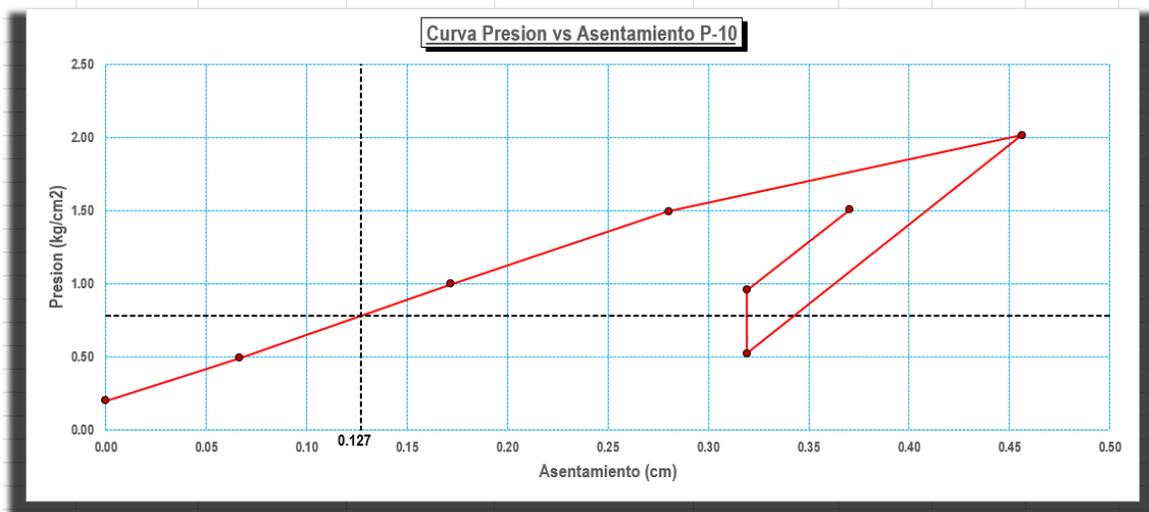
Resumen de Resultados de ensayos de placa de carga P-10

Asentamiento [cm]	Presión [Kg/cm ²]
0.00000	0.19929
0.06650	0.49035
0.17188	0.99987
0.28032	1.49295
0.45626	2.01480
0.31918	0.52253
0.31918	0.95741
0.37033	1.50665

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 15

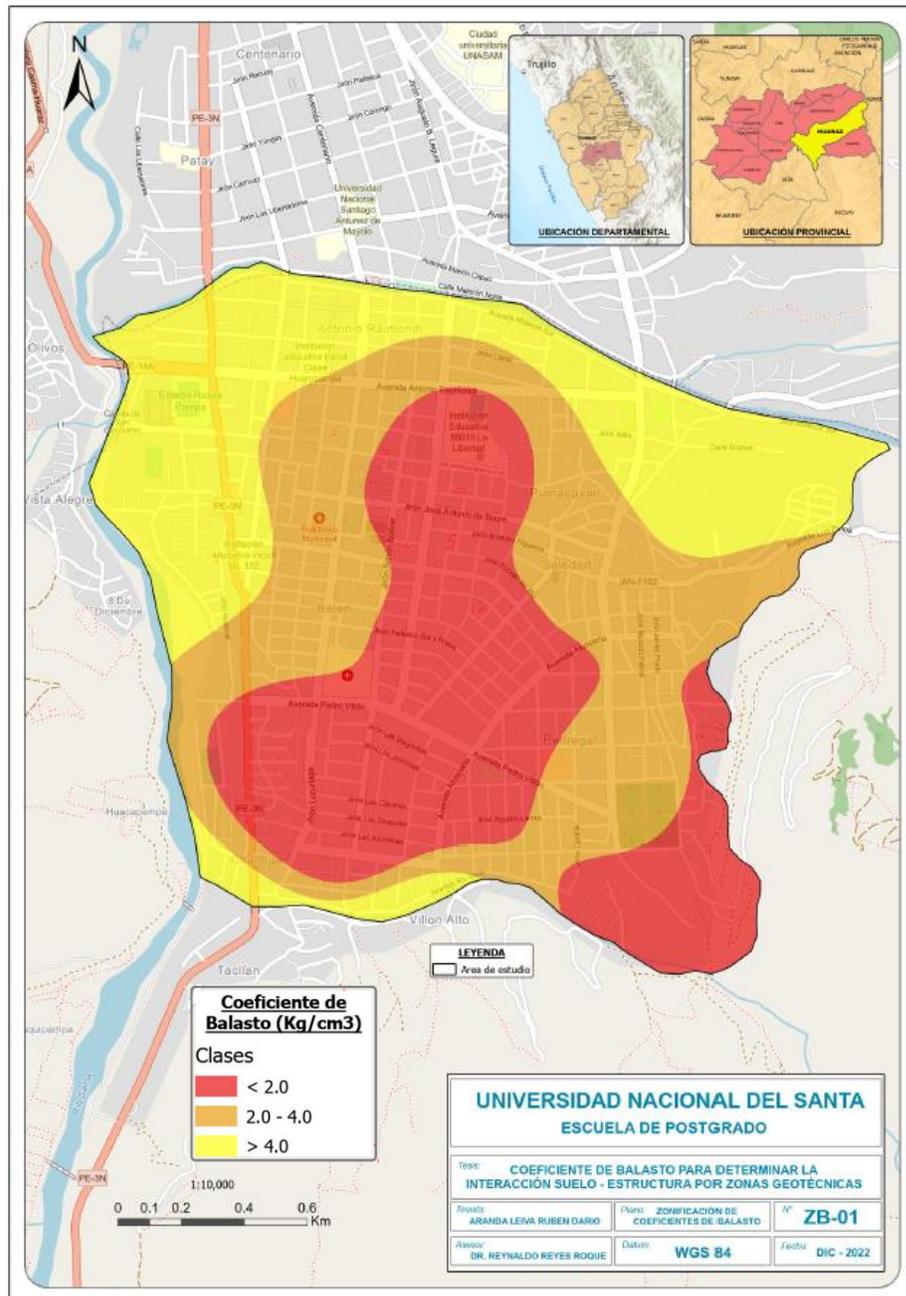
Gráfico de Asentamiento y Presión aplicada a la zona IB



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Del gráfico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto **K = 6.142 kg/cm³**.

13. Luego de conocer los valores de los coeficientes de balasto se procedió a realizar la interpolación de los datos para la obtención del siguiente mapa, zonificando los valores desde el más favorable al más desfavorable.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

14. Para poder realizar la interacción suelos estructura en cada una de las zonas geotecnicas, se realizó la búsqueda de una vivienda en construcción que pueda ser usada como modelo estructural, encontrándose una vivienda del tipo pórtico ubicada en la Av. Agustín Gamarra con la intersección con el Jr. Federico Sal y Rosas, como se muestra a continuación.

Figura 16

Vivienda en construcción que se analizará para la investigación

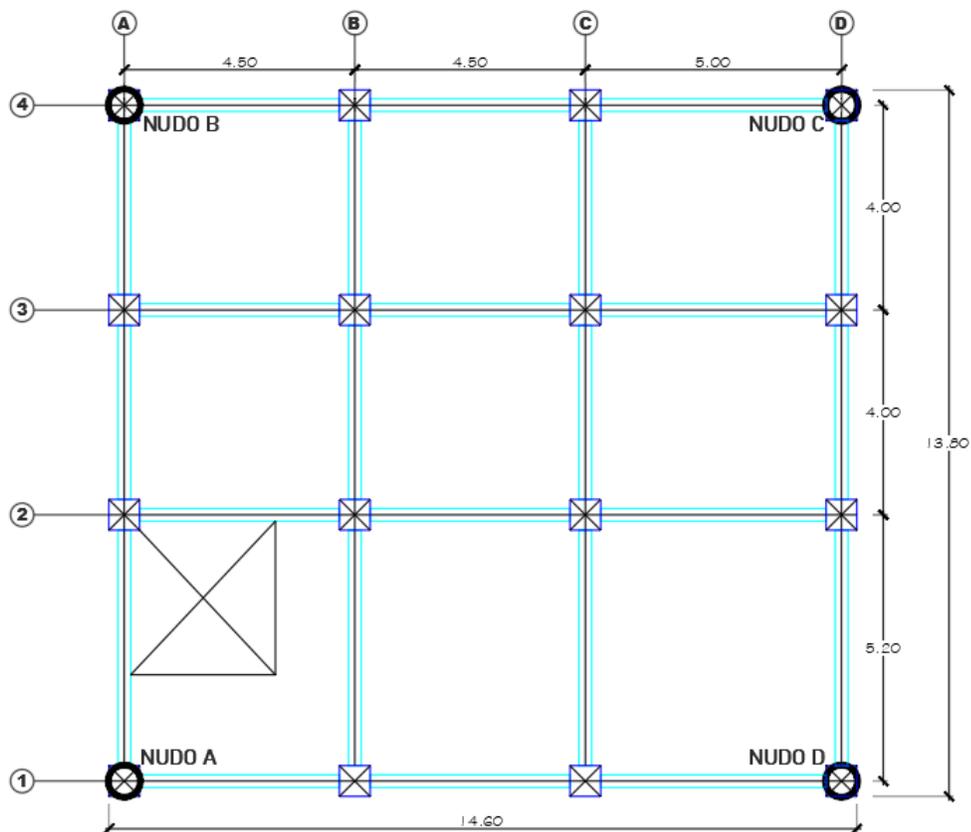


Fuente: *Elaboración propia, 2023*

15. La estructura está destinada para uso de vivienda, contara con 06 niveles y la distribución en planta y la elevación es la que se muestra a continuación: el sistema está conformado por pórticos, con columnas de sección cuadrada de dimensiones de 60 cm x 60 cm, vigas uniformes de sección rectangular de dimensiones de 25 cm x 50 cm, las losas de entre pisos son aligeradas cuyo espesor es de 20 cm, cuenta con una escalera continua para conectar los niveles, y la altura de entrepiso es de 2.60 m que es igual para todos los niveles. Las verificaciones de los desplazamientos y derivas se realizarán en los nudos A, B, C y D, como se muestran en la figura adjunta.

Figura 17

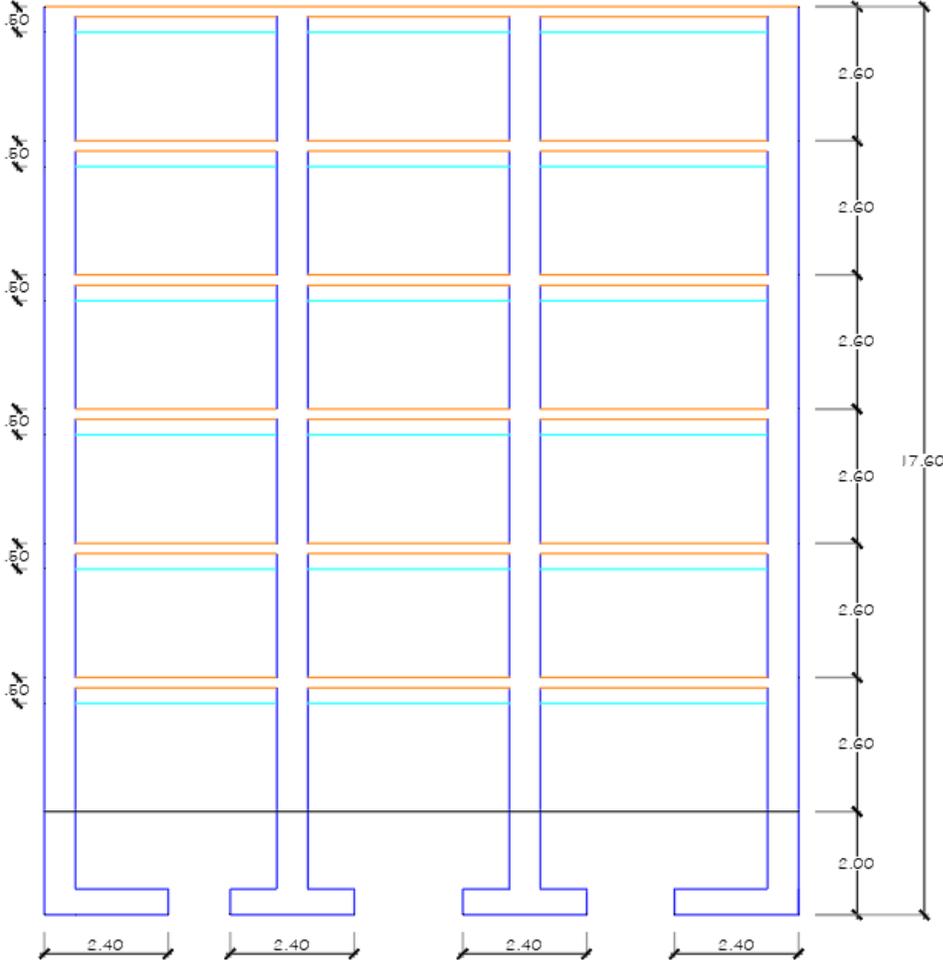
Vista en planta del sistema estructural empleado



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 18

Vista en elevación del sistema estructural empleado



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

16. Antes de realizar la interacción suelo estructura en cada una de las zonas geotécnicas se realizó el modelamiento y verificación del diseño sísmico existente, para lo cual se realizaron los siguientes cálculos:

- a) Metrado de cargas, cálculo de masas traslacionales y rotacionales, análisis para la determinación de los periodos de vibración más predominantes:

Tabla 13

Periodos fundamentales de vibración

Periodo X	Periodo Y
0.5349	0.4378

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

- b) Cálculo de las fuerzas sísmicas por cada nivel y para cada dirección que serán aplicadas en el centro de masa:

Tabla 14

Fuerzas sísmicas en la dirección "X"

F1x	: 4.4476 tn
F2x	: 9.0193 tn
F3x	: 13.639 tn
F4x	: 18.29 tn
F5x	: 22.965 tn
F6x	: 25.66 tn

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 15

Fuerzas sísmicas en la dirección "Y"

F1y	: 4.5716 tn
F2y	: 9.1433 tn
F3y	: 13.715 tn
F4y	: 18.287 tn
F5y	: 22.858 tn
F6y	: 25.447 tn

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

- c) Calculamos y verificamos las distorsiones de entre piso luego de realizar el análisis estático y dinámico de la vivienda según la norma E030 diseño sismorresistente, considerando la base empotrada de la estructura:

Tabla 16

Distorsión de Entrepiso del modelo empotrado considerando el sismo en “X”

Piso	Modelo Empotrado (Sismo X)					Cumple
	Nudo A y D		Nudo B y C		Distorsión de Entrepiso	
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	40.3809	0.002	79.6435	0.003	0.003	SI
5	36.3485	0.002	71.9918	0.005	0.005	SI
4	30.1646	0.003	59.9986	0.006	0.006	SI
3	22.0522	0.004	44.0941	0.007	0.007	SI
2	12.8025	0.003	25.7965	0.007	0.007	SI
1	4.0682	0.002	8.3009	0.003	0.003	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 17

Distorsión de Entrepiso del modelo empotrado considerando el sismo en “Y”

Piso	Modelo Empotrado (Sismo Y)					Cumple
	Nudo A y B		Nudo C y D		Distorsión de Entrepiso	
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	36.0997	0.001	78.5611	0.003	0.003	SI
5	32.5488	0.002	71.109	0.005	0.005	SI
4	27.0693	0.003	59.361	0.006	0.006	SI
3	19.8669	0.003	43.7391	0.007	0.007	SI
2	11.619	0.003	25.701	0.007	0.007	SI
1	3.7424	0.001	8.3324	0.003	0.003	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

- d) Calculamos y verificamos las distorsiones de entre piso luego de realizar el análisis considerando el efecto de ortogonalidad en los centros de masa de la vivienda según la norma E030 diseño sismorresistente:

Tabla 18

Distorsión de Entrepiso del modelo empotrado considerando el efecto de ortogonalidad y el sismo en “X”

Piso	Modelo Empotrado Ortogonalidad (Sismo X)					Cumple
	Nudo A y D		Nudo B y C		Distorsión de Entrepiso	
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	45.6591	0.001	73.9112	0.003	0.003	SI
5	42.0499	0.003	66.7861	0.004	0.004	SI
4	34.9392	0.004	55.6392	0.006	0.006	SI
3	25.5818	0.004	40.8714	0.007	0.007	SI
2	14.8846	0.004	23.8955	0.006	0.006	SI
1	4.7469	0.002	7.6812	0.003	0.003	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 19

Distorsión de Entrepiso del modelo empotrado considerando el efecto de ortogonalidad y el sismo en “Y”

Piso	Modelo Empotrado Ortogonalidad (Sismo Y)					Cumple
	Nudo A y B		Nudo C y D		Distorsión de Entrepiso	
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	42.3374	0.002	72.2002	0.003	0.003	SI
5	38.1209	0.002	65.3342	0.004	0.004	SI
4	31.7336	0.003	54.527	0.006	0.006	SI
3	23.3114	0.004	40.1672	0.006	0.006	SI
2	13.6508	0.004	23.5952	0.006	0.006	SI
1	4.4043	0.002	7.6465	0.003	0.003	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

- e) Calculamos y verificamos el efecto de la irregularidad por torsión para el modelo de base fija según la norma E030 diseño sismorresistente:

Tabla 20

Modelo empotrado considerando la verificación torsional generado por sismo en “X”

Modelo Empotrado Verificación Torsional (Sismo X)						
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	$> 1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	79.6435	69.203	2600	0.0306	> 0.0319	No existe Torsión
5	71.9918	62.514	2600	0.0277	> 0.0289	No existe Torsión
4	59.9986	52.066	2600	0.0231	> 0.0240	No existe Torsión
3	44.0941	38.233	2600	0.0170	> 0.0176	No existe Torsión
2	25.7965	22.341	2600	0.0099	> 0.0103	No existe Torsión
1	8.3009	7.175	2600	0.0032	> 0.0033	No existe Torsión

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 21

Distorsión de Entrepiso del modelo empotrado considerando la verificación torsional generado por sismo en “Y”

Modelo Empotrado Verificación Torsional (Sismo Y)						
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	$> 1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	78.5611	65.610	2600	0.0302	> 0.0303	No existe Torsión
5	71.109	59.348	2600	0.0273	> 0.0274	No existe Torsión
4	59.361	49.512	2600	0.0228	> 0.0229	No existe Torsión
3	43.7391	36.458	2600	0.0168	> 0.0168	No existe Torsión
2	25.701	21.406	2600	0.0099	> 0.0099	No existe Torsión

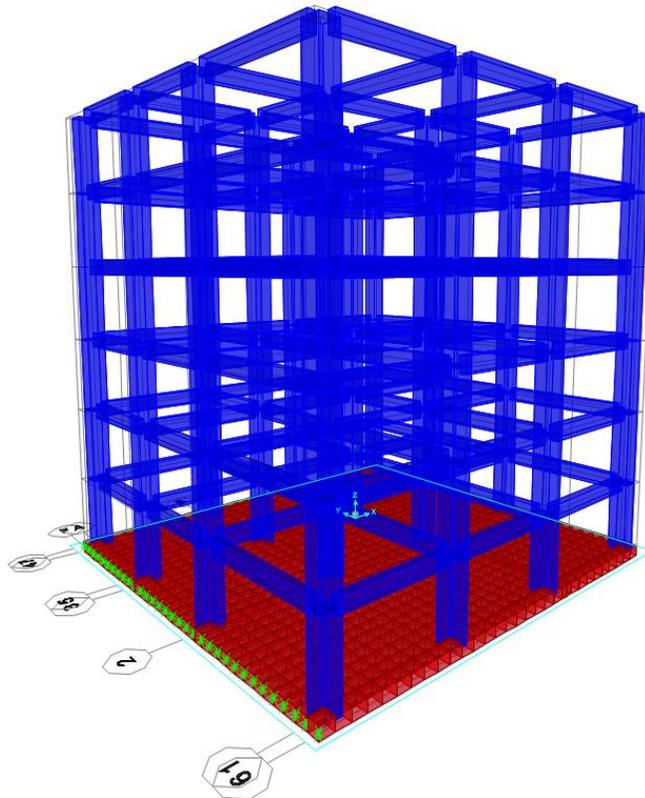
1	8.3324	6.933	2600	0.0032 >	0.0032	No existe Torsión
---	--------	-------	------	----------	--------	-------------------

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

17. Conociendo el comportamiento de la estructura mediante el uso de un modelo empotrado, ahora se procederá a utilizar dicha configuración, pero para el análisis sismorresistente se utilizará interacción suelos estructura (ISE) para lo cual se tomará el coeficiente de Balasto de cada zona geotécnica encontrada, a continuación, se mostrará el modelo matemático empleado:

Figura 19

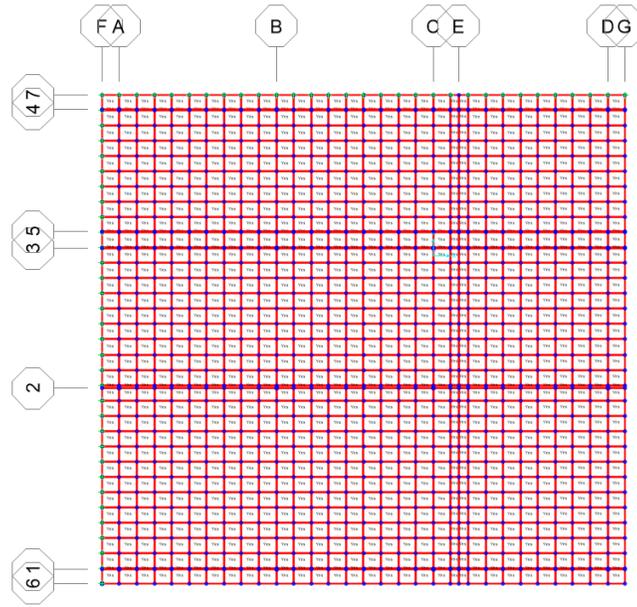
se puede ver que la base de la estructura ahora considera una distribución de resortes lineales, dando el efecto de flexibilidad al suelo.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Figura 20

Se puede ver la discretización de la base de la estructura, donde cada área ahora será asignado un valor de coeficiente balasto logrando el efecto correcto de una construcción de una cimentación.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

18. Se realizó la interacción Suelo Estructura (ISE) usando un valor de coeficiente de balasto de 1.654 kg/cm^3 en la zona geotécnica V-B, realizando las comprobaciones de los desplazamientos y distorsiones en los nudos de control establecidos en la estructura y verificando el cumplimiento de la norma E030 diseño sismorresistente para lo cual se utilizó un análisis dinámico en las direcciones "X" e "Y" encontrándose los siguientes valores:

Tabla 22

Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica V-B

Modelo ISE ZONA V-B (Sismo X)						
Piso	Nudo A y D		Nudo B y C		Distorsión de Entrepiso	Cumple
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	44.1169	0.002	78.6466	0.003	0.003	SI
5	39.1682	0.002	70.8748	0.004	0.004	SI
4	32.747	0.003	59.9363	0.005	0.005	SI
3	24.9194	0.003	45.9633	0.006	0.006	SI
2	16.1067	0.003	29.8131	0.006	0.006	SI
1	7.1811	0.003	13.2325	0.005	0.005	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 23

Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica V-B

Modelo ISE ZONA V-B (Sismo Y)						
Piso	Nudo A y B		Nudo C y D		Distorsión de Entrepiso	Cumple
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	41.6408	0.002	82.7747	0.003	0.003	SI
5	36.8127	0.002	74.4523	0.004	0.004	SI
4	30.7051	0.003	62.8925	0.006	0.006	SI
3	23.3819	0.003	48.2457	0.006	0.006	SI
2	15.1952	0.003	31.3725	0.007	0.007	SI
1	6.8755	0.003	14.0095	0.005	0.005	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 24

Verificación Torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica V-B

Modelo ISE ZONA V-B Verificación Torsional (Sismo X)							
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	>	$1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	78.6466	67.376	2600	0.0302	>	0.0311	No existe Torsión
5	70.8748	60.472	2600	0.0273	>	0.0279	No existe Torsión
4	59.9363	50.979	2600	0.0231	>	0.0235	No existe Torsión
3	45.9633	39.009	2600	0.0177	>	0.0180	No existe Torsión
2	29.8131	25.276	2600	0.0115	>	0.0117	No existe Torsión
1	13.2325	11.234	2600	0.0051	>	0.0052	No existe Torsión

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 25

Verificación Torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica V-B

Modelo ISE ZONA V-B Verificación Torsional (Sismo Y)							
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	>	$1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	82.7747	67.837	2600	0.0318	>	0.0313	Si existe Torsión
5	74.4523	60.696	2600	0.0286	>	0.0280	Si existe Torsión
4	62.8925	51.069	2600	0.0242	>	0.0236	Si existe Torsión
3	48.2457	39.082	2600	0.0186	>	0.0180	Si existe Torsión
2	31.3725	25.404	2600	0.0121	>	0.0117	Si existe Torsión
1	14.0095	11.386	2600	0.0054	>	0.0053	Si existe Torsion

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

19. Se realizó la interacción Suelo Estructura (ISE) usando un valor de coeficiente de balasto de 1.890 kg/cm³ en la zona geotécnica IV-B, realizando las comprobaciones de los desplazamientos y distorsiones en los nudos de control establecidos en la estructura y verificando el cumplimiento de la norma E030 diseño sismorresistente para lo cual se utilizó un análisis dinámico en las direcciones “X” e “Y” encontrándose los siguientes valores:

Tabla 26

Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica IV-B

Modelo ISE ZONA IV-B (Sismo X)						
Piso	Nudo A y D		Nudo B y C		Distorsión de Entrepiso	Cumple
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	42.6877	0.002	76.9177	0.003	0.003	SI
5	37.9867	0.002	69.4155	0.004	0.004	SI
4	31.809	0.003	58.7576	0.005	0.005	SI
3	24.2202	0.003	45.0746	0.006	0.006	SI
2	15.6418	0.003	29.2206	0.006	0.006	SI
1	6.947	0.003	12.9375	0.005	0.005	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 27

Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica IV-B

Modelo ISE ZONA IV-B (Sismo Y)						
Piso	Nudo A y B		Nudo C y D		Distorsión de Entrepiso	Cumple
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	40.2226	0.002	80.655	0.003	0.003	SI
5	35.6582	0.002	72.6547	0.004	0.004	SI
4	29.7999	0.003	61.4363	0.005	0.005	SI
3	22.7113	0.003	47.1477	0.006	0.006	SI
2	14.7478	0.003	30.6438	0.007	0.007	SI
1	6.6458	0.003	13.6519	0.005	0.005	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 28

Verificación Torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica IV-B

Modelo ISE ZONA IV-B Verificación Torsional (Sismo X)							
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	>	$1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	76.9177	65.5947	2600	0.0296	>	0.0303	No existe Torsión
5	69.4155	58.9649	2600	0.0267	>	0.0272	No existe Torsión
4	58.7576	49.7592	2600	0.0226	>	0.0230	No existe Torsión
3	45.0746	38.0889	2600	0.0173	>	0.0176	No existe Torsión
2	29.2206	24.6636	2600	0.0112	>	0.0114	No existe Torsión
1	12.9375	10.9301	2600	0.0050	>	0.0050	No existe Torsión

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 29

Verificación Torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica IV-B

Modelo ISE ZONA IV-B Verificación Torsional (Sismo Y)							
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	>	$1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	80.655	65.775	2600	0.0310	>	0.0304	Si existe Torsión
5	72.6547	58.950	2600	0.0279	>	0.0272	Si existe Torsión
4	61.4363	49.657	2600	0.0236	>	0.0229	Si existe Torsión
3	47.1477	38.017	2600	0.0181	>	0.0175	Si existe Torsión
2	30.6438	24.697	2600	0.0118	>	0.0114	Si existe Torsión
1	13.6519	11.039	2600	0.0053	>	0.0051	Si existe Torsión

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

20. Se realizó la interacción Suelo Estructura (ISE) usando un valor de coeficiente de balasto de 2.244 kg/cm^3 en la zona geotécnica III-B, realizando las comprobaciones de los desplazamientos y distorsiones en los nudos de control establecidos en la estructura y verificando el cumplimiento de la norma E030 diseño sismorresistente para lo cual se utilizó un análisis dinámico en las direcciones “X” e “Y” encontrándose los siguientes valores:

Tabla 30

Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica III-B

Modelo ISE ZONA III-B (Sismo X)						
Piso	Nudo A y D		Nudo B y C		Distorsión de Entrepiso	Cumple
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	41.1217	0.002	74.9768	0.003	0.003	SI
5	36.6935	0.002	67.7752	0.004	0.004	SI
4	30.7831	0.003	57.4312	0.005	0.005	SI
3	23.4555	0.003	44.0731	0.006	0.006	SI
2	15.1329	0.003	28.5515	0.006	0.006	SI
1	6.6899	0.003	12.6031	0.005	0.005	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 31

Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica III-B

Modelo ISE ZONA III-B (Sismo Y)						
Piso	Nudo A y B		Nudo C y D		Distorsión de Entrepiso	Cumple
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	38.6853	0.002	78.2682	0.003	0.003	SI
5	34.4092	0.002	70.6281	0.004	0.004	SI
4	28.8221	0.003	59.7932	0.005	0.005	SI
3	21.9873	0.003	45.9076	0.006	0.006	SI
2	14.264	0.003	29.8199	0.006	0.006	SI
1	6.3963	0.002	13.2469	0.005	0.005	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 32

Verificación Torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica III-B

Modelo ISE ZONA III-B Verificación Torsional (Sismo X)							
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	>	$1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	74.9768	63.5938	2600	0.0288	>	0.0294	No existe Torsión
5	67.7752	57.2703	2600	0.0261	>	0.0264	No existe Torsión
4	57.4312	48.6835	2600	0.0221	>	0.0225	No existe Torsión
3	44.0731	37.0520	2600	0.0170	>	0.0171	No existe Torsión
2	28.5515	23.9721	2600	0.0110	>	0.0111	No existe Torsión
1	12.6031	10.5866	2600	0.0048	>	0.0049	No existe Torsión

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 33

Verificación Torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica III-B

Modelo ISE ZONA III-B Verificación Torsional (Sismo Y)							
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	>	$1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	78.2682	63.4589	2600	0.0301	>	0.0293	Si existe Torsión
5	70.6281	56.9879	2600	0.0272	>	0.0263	Si existe Torsión
4	59.7932	48.0682	2600	0.0230	>	0.0222	Si existe Torsión
3	45.9076	36.8191	2600	0.0177	>	0.0170	Si existe Torsión
2	29.8199	23.9009	2600	0.0115	>	0.0110	Si existe Torsión
1	13.2469	10.6469	2600	0.0051	>	0.0049	Si existe Torsión

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

21. Se realizó la interacción Suelo Estructura (ISE) usando un valor de coeficiente de balasto de 4.016 kg/cm^3 en la zona geotécnica II-B, realizando las comprobaciones de los desplazamientos y distorsiones en los nudos de control establecidos en la estructura y verificando el cumplimiento de la norma E030 diseño sismorresistente para lo cual se utilizó un análisis dinámico en las direcciones “X” e “Y” encontrándose los siguientes valores:

Tabla 34

Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica II-B

Modelo ISE ZONA II-B (Sismo X)						
Piso	Nudo A y D		Nudo B y C		Distorsión de Entrepiso	Cumple
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	37.4248	0.001	70.138	0.002	0.002	SI
5	33.6449	0.002	63.674	0.004	0.004	SI
4	28.3655	0.003	54.1024	0.005	0.005	SI
3	21.6513	0.003	41.5474	0.006	0.006	SI
2	13.9275	0.003	26.8514	0.006	0.006	SI
1	6.075	0.002	11.7415	0.005	0.005	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 35

Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica II-B

Modelo ISE ZONA II-B (Sismo Y)						
Piso	Nudo A y B		Nudo C y D		Distorsión de Entrepiso	Cumple
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	35.1419	0.001	72.29	0.003	0.003	SI
5	31.5392	0.002	65.5405	0.004	0.004	SI
4	26.579	0.002	55.6571	0.005	0.005	SI
3	20.3253	0.003	42.7764	0.006	0.006	SI
2	13.1484	0.003	27.7306	0.006	0.006	SI
1	5.8137	0.002	12.2119	0.005	0.005	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 36

Verificación Torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica II-B

Modelo ISE ZONA II-B Verificación Torsional (Sismo X)							
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	>	$1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	70.138	58.6098	2600	0.0270	>	0.0271	No existe Torsión
5	63.674	53.0390	2600	0.0245	>	0.0245	No existe Torsión
4	54.1024	44.9890	2600	0.0208	>	0.0208	No existe Torsión
3	41.5474	34.9385	2600	0.0160	>	0.0161	No existe Torsión
2	26.8514	22.2247	2600	0.0103	>	0.0103	No existe Torsión
1	11.7415	9.7075	2600	0.0045	>	0.0045	No existe Torsión

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 37

Verificación Torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica II-B

Modelo ISE ZONA II-B Verificación Torsional (Sismo Y)							
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	>	$1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	72.29	57.6944	2600	0.0278	>	0.0266	Si existe Torsión
5	65.5405	52.0954	2600	0.0252	>	0.0240	Si existe Torsión
4	55.6571	44.0993	2600	0.0214	>	0.0204	Si existe Torsión
3	42.7764	33.8189	2600	0.0165	>	0.0156	Si existe Torsión
2	27.7306	21.9004	2600	0.0107	>	0.0101	Si existe Torsión
1	12.2119	9.6556	2600	0.0047	>	0.0045	Si existe Torsión

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

22. Se realizó la interacción Suelo Estructura (ISE) usando un valor de coeficiente de balasto de 6.142 kg/cm^3 en la zona geotécnica I-B, realizando las comprobaciones de los desplazamientos y distorsiones en los nudos de control establecidos en la estructura y verificando el cumplimiento de la norma E030 diseño sismorresistente para lo cual se utilizó un análisis dinámico en las direcciones “X” e “Y” encontrándose los siguientes valores:

Tabla 38

Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica I-B

Modelo ISE ZONA I-B (Sismo X)						
Piso	Nudo A y D		Nudo B y C		Distorsión de Entrepiso	Cumple
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	35.7141	0.001	67.7356	0.002	0.002	SI
5	32.2333	0.002	61.6262	0.004	0.004	SI
4	27.2433	0.002	52.4275	0.005	0.005	SI
3	20.8091	0.003	40.2626	0.005	0.005	SI
2	13.3586	0.003	25.972	0.006	0.006	SI
1	5.7784	0.002	11.2823	0.004	0.004	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 39

Distorsión de Entrepiso del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica I-B

Modelo ISE ZONA I-B (Sismo Y)						
Piso	Nudo A y B		Nudo C y D		Distorsión de Entrepiso	Cumple
	Desplazam.	Distorsión	Desplazam.	Distorsión		
6	33.4549	0.001	69.311	0.002	0.002	SI
5	30.255	0.002	62.9947	0.004	0.004	SI
4	25.5739	0.002	53.5769	0.005	0.005	SI
3	19.5764	0.003	41.1907	0.006	0.006	SI
2	12.6392	0.003	26.6612	0.006	0.006	SI
1	5.5407	0.002	11.6715	0.004	0.004	SI

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 40

Verificación Torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “X” en la Zona Geotécnica I-B

Modelo ISE ZONA I-B Verificación Torsional (Sismo X)							
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	>	$1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	67.7356	57.1460	2600	0.0261	>	0.0264	No existe Torsión
5	61.6262	51.9379	2600	0.0237	>	0.0240	No existe Torsión
4	52.4275	44.2316	2600	0.0202	>	0.0204	No existe Torsión
3	40.2626	33.5165	2600	0.0155	>	0.0155	No existe Torsión
2	25.972	21.6850	2600	0.0100	>	0.0100	No existe Torsión
1	11.2823	9.2468	2600	0.0043	>	0.0043	No existe Torsión

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

Tabla 41

Verificación Torsional del modelo usando ISE y considerando el sismo en “Y” en la Zona Geotécnica I-B

Modelo ISE ZONA I-B Verificación Torsional (Sismo Y)							
Piso	Max. Desplazam. Δ_{max} (mm)	Desplazam. CM Δ_{cm} (mm)	Altura de Entrepiso (mm)	Δ_{max} / H_i	>	$1.2 (\Delta_{cm} / H_i)$	Verificación de Condición
6	69.311	54.8515	2600	0.0267	>	0.0253	Si existe Torsión
5	62.9947	49.6751	2600	0.0242	>	0.0229	Si existe Torsión
4	53.5769	42.1283	2600	0.0206	>	0.0194	Si existe Torsión
3	41.1907	32.3207	2600	0.0158	>	0.0149	Si existe Torsión
2	26.6612	20.8928	2600	0.0103	>	0.0096	Si existe Torsión
1	11.6715	9.1478	2600	0.0045	>	0.0042	Si existe Torsión

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

DISCUSION DE RESULTADOS

1. De acuerdo al plano de ubicación de ensayos de placa de carga se realizaron 10 ensayos distribuidos en cada una de las zonas geotécnicas encontrándose diferentes valores de coeficiente balasto, por lo que se abarcaron todas las zonas.
2. En la zona geotécnica VB es la zona más desfavorable donde se tiene presencia de arenas con presencia de nivel freático con una capacidad portante menor a 1 kg/cm^2 de acuerdo a los ensayos realizados se tuvieron los siguientes valores de coeficiente balasto que se encuentran en el rango esperado según la zona geotécnica que se tiene.

Tabla 42

Resultados obtenidos del coeficiente de balasto en la zona V-B

Zona Geotécnica	Ensayo	Coeficiente Balasto (kg/cm^3)
V - B	P-1	1.654
	P-2	2.126
	P-3	1.811

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

3. En la zona geotécnica IVB otra zona desfavorable donde se tiene presencia de arenas y gravas con una capacidad portante menor a 1.5 kg/cm^2 de acuerdo a los ensayos realizados se tuvieron los siguientes valores de coeficiente balasto que se encuentran en el rango esperado según la zona geotécnica que se tiene.

Tabla 43

Resultados obtenidos del coeficiente de balasto en la zona IV-B

Zona Geotécnica	Ensayo	Coeficiente Balasto (kg/cm^3)
IV - B	P-4	1.890

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

4. En la zona geotécnica IIIB otra zona mediamente desfavorable donde se tiene presencia de arenas y gravas sueltas con una capacidad portante entre a 1.0 A 2.00 kg/cm² de acuerdo a los ensayos realizados se tuvieron los siguientes valores de coeficiente balasto que se encuentran en el rango esperado según la zona geotécnica que se tiene.

Tabla 44

Resultados obtenidos del coeficiente de balasto en la zona III-B

Zona Geotécnica	Ensayo	Coeficiente Balasto (kg/cm ³)
III - B	P-5	2.244
	P-6	3.031

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

5. En la zona geotécnica IIB otra zona mediamente favorable donde se tiene presencia de arenas y gravas poco densas con una capacidad portante entre a 1.0 A 2.00 kg/cm² de acuerdo a los ensayos realizados se tuvieron los siguientes valores de coeficiente balasto que se encuentran en el rango esperado según la zona geotécnica que se tiene.

Tabla 45

Resultados obtenidos del coeficiente de balasto en la zona II-B

Zona Geotécnica	Ensayo	Coeficiente Balasto (kg/cm ³)
II - B	P-7	4.016
	P-8	5.354

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

6. En la zona geotécnica IB muy favorable donde se tiene presencia de arenas y gravas densas con una capacidad portante entre a 2.0 A 2.50 kg/cm² de acuerdo a los ensayos realizados se tuvieron los siguientes valores de coeficiente balasto que se encuentran en el rango esperado según la zona geotécnica que se tiene.

Tabla 46

Resultados obtenidos del coeficiente de balasto en la zona I-B

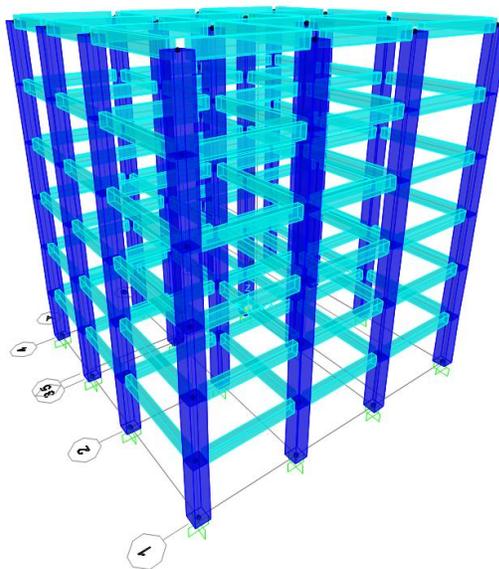
Zona Geotécnica	Ensayo	Coefficiente Balasto (kg/cm ³)
I - B	P-9	6.772
	P-10	6.142

Fuente: *Elaboración propia, 2023*

7. Se realizó el modelamiento de una vivienda en construcción dentro de las zonas geotécnicas, para luego realizar la interacción suelo estructura, con la toma de datos de los elementos estructurales se pudo verificar que la vivienda cumple con los parámetros de diseño sismorresistente que exige la normativa existente, comprobándose las distorsiones de entrepiso incluso considerando el efecto de ortogonalidad y ambos casos son menores a los establecidos, con dicho modelo se comparara los futuros desplazamientos considerando la interacción suelo estructura.

Figura 21

Modelo estructural en 3D analizado para la investigación sin considerar la interacción suelo estructura

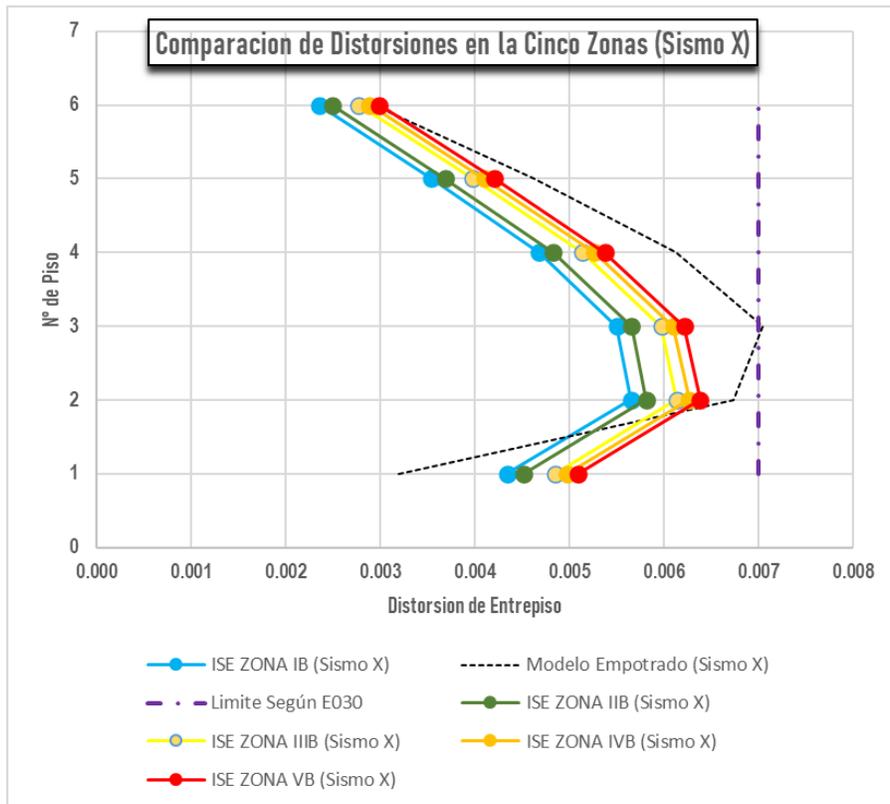


Fuente: *Elaboración propia, 2023*

8. Se considero el efecto de la Interacción Suelo Estructura (ISE) en cada una de las zonas geotécnicas, encontrándose las distorsiones en cada uno de los nudos y niveles de la vivienda analizada, se consideró el efecto del sismo en la dirección “X” y se encontró que las cinco zonas son menores al modelo empotrado, pero considerando las propiedades físicas y mecánicas de cada zona, la zona V-B presento mayor distorsión mientras que la zona I-B, presento menor distorsión alejándose del límite, esto nos indica que el modelo ISE presenta una mejor distribución de fuerzas en la base y refleja un comportamiento mucho más real de la estructura, y además que durante un sismo en la ciudad de Huaraz el comportamiento en cada zona será distinto.

Figura 22

Resumen de las distorsiones del modelo usando ISE en cada zona Geotécnica considerando el sismo en “X”.

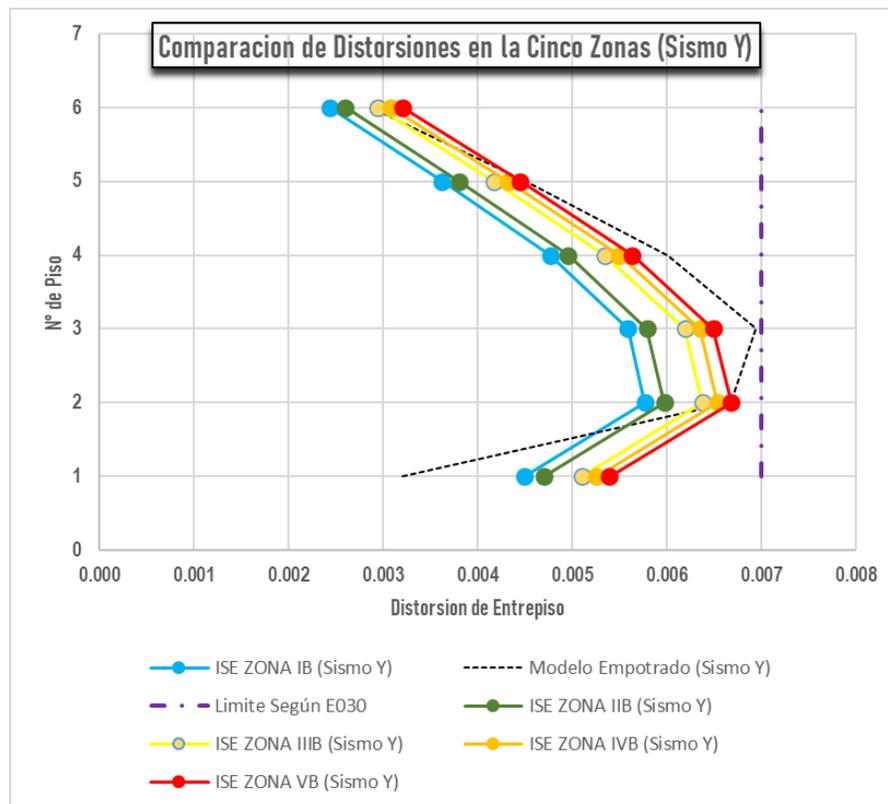


Fuente: *Elaboración propia, 2023*

9. Se considero el efecto de la Interacción Suelo Estructura (ISE) en cada una de las zonas geotécnicas, encontrándose las distorsiones en cada uno de los nudos y niveles de la vivienda analizada, se consideró el efecto del sismo en la dirección “Y” y se encontró que las zonas V, IV y III-B están bien cercanas al modelo empotrado, mientras que la zona II y I-B están muy alejadas al modelo empotrado, esto nos indica nuevamente que las propiedades físicas y mecánicas influyen en el comportamiento de la cimentación, esto nos indica que el modelo ISE presenta una mejor distribución de fuerzas en la base y refleja un comportamiento mucho más real de la estructura, y además que durante un sismo en la ciudad de Huaraz el comportamiento en cada zona será distinto.

Figura 23

Resumen de las distorsiones del modelo usando ISE en cada zona Geotécnica considerando el sismo en “Y”.



Fuente: *Elaboración propia, 2023*

CONTRASTACION DE HIPOTESIS GENERAL

Se confirma la hipótesis general planteada en la investigación, luego de la obtención del comportamiento estructural considerando la interacción suelo estructura (ISE) se aprecia una influencia directa del coeficiente de balasto, ya que en zonas con valores de coeficientes de balasto deficientes la estructura se desplazó más comparada a zonas donde se tiene mejores valores la estructura se desplazó menos.

CONTRASTACION DE HIPOTESIS ESPECIFICAS

- Durante la ejecución de los ensayos en zonas geotécnicas se encontró una influencia directa de las propiedades físicas del suelo puesto que en suelos con mejores características brindaron valores más altos de coeficiente de balasto además de presentar menores valores de asentamiento comparados con otros suelos.
- Se evidencio que las zonas con mejores valores de capacidad portante siendo este una característica mecánica, brindaron valores mayores de coeficiente de balasto por lo que influyen directamente en la obtención de dicho coeficiente, encontrándose variaciones significativas de coeficientes de balasto en cada una de las zonas estudiadas.
- La zonificación geotécnica existente en la ciudad de Huaraz, ayudo a comprobar la obtención de los resultados de los valores de coeficientes de balasto acordes a las zonas donde se realizaron los ensayos de placa de carga.

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES GENERAL

- Se Determino el coeficiente de balasto en todas las zonas geotécnicas para la interacción suelo – estructura, con los valores encontrados se realizó un mapa de zonificación, donde se agruparon en 03 zonas de acuerdo a los valores encontrados como se muestra en la siguiente tabla resumen:

AREA	Rango de Coeficiente de Balasto
Zona I (color rojo)	0.50 a 2.00 kg/cm ³
Zona II (color naranja)	2.01 a 4.00 kg/cm ³
Zona III (color amarillo)	4.01 a 7.00 kg/cm ³

Con los valores encontrados se realizó el análisis estructural de una vivienda considerando la interacción suelo estructura, encontrándose que existe menor desplazamiento en la zona II y III mientras que en la zona I se presentaron desplazamientos casi cercanos al máximo establecido por la norma respectiva.

5.2 CONCLUSIONES ESPECIFICAS

- Se determino la influencia de las propiedades físicas ya que se encontró que la zona geotécnica I-B está compuesta de arenas y gravas densas por lo tanto presento valores de balasto mayores a 6 kg/cm³, la zona II-B está compuesta también por arenas y gravas poco densas presentando valores de balasto 4 kg/cm³, la zona geotécnica III-B presenta arenas y gravas sueltas donde el coeficiente de balasto son mayores a 2 kg/cm³, la zona geotécnica IV-B está

compuesta por arenas y finos donde se obtuvo coeficientes de balasto menores a 2 kg/cm^3 finalmente la zona geotécnica V-B fue la zona más desfavorable donde el suelo está compuesto de arenas y en algunas partes aflora el nivel freático obteniéndose valores más desfavorables de coeficiente de balasto, en las cinco zonas se comprueba la influencia de las características físicas del suelo.

- Se determino la influencia de las propiedades mecánicas tomando como indicador la capacidad portante, es así que se encontró que la zona geotécnica I-B la capacidad portante se encuentra entre $2.0 \text{ A } 2.50 \text{ kg/cm}^2$, en la zona II-B y la zona III-B está entre $1.0 \text{ A } 2.00 \text{ kg/cm}^2$, la zona geotécnica IV los valores de capacidad portante son menores a 1.5 kg/cm^2 finalmente la zona geotécnica V-B es la zona con valores de capacidad portante menores a 1.0 kg/cm^2 por lo tanto se comprueba la influencia ya que los valores de coeficiente de balasto obtenidos son los adecuados para cada zona geotécnica.
- Para la obtención del coeficiente de balasto se aplicó el ensayo de placa de carga, para lo cual se utilizo un equipo moderno y calibrado que brindo en tiempo real los datos obtenidos, así como la finalización del ensayo. También es importante mencionar que para la obtención de mejores datos se debe usar un volquete de capacidad de carga de 15 m^3 como mínimo y que se encuentre cargado para tener una mejor aproximación a la carga que soportara el suelo, para todos los ensayos la carga usada fue de 25 tn (15 tn peso del volquete y 10 tn de la carga adicional).

- Se obtuvieron los coeficientes de balasto para cada zona geotécnica y se plasmaron en un mapa obteniendo una nueva zonificación así mismo para su uso de dichos valores se utilizó una vivienda de 06 niveles de proyección, donde primero se verificó el diseño de acuerdo a la normativa vigente, llamándolo modelo empotrado, con los valores obtenidos de coeficiente de balasto de cada zona geotécnica, se procedió a generar un modelo matemático considerando la interacción suelo estructura donde se pudo encontrar los siguientes resultados, el modelo empotrado cumple con las exigencias de la norma sismorresistente pero presenta una distorsión de entrepiso mayor a todos los modelos que si consideran la interacción suelos estructura, al considerar los valores de balasto logramos tener un comportamiento flexible de la cimentación por lo tanto se distribuyen mejor los esfuerzos hacia el suelo logran un comportamiento sísmico más acorde a la realidad, es así que los cinco modelos tienen un comportamiento similar, pero la zona geotécnica V-B presentó mayores valores de distorsión debido que en dicha zona se obtuvieron los menores valores de coeficiente de balasto, en cambio en la zona geotécnica I-B presentó los menores valores de distorsión debido que en dicha zona se obtuvieron los mayores valores de coeficiente de balasto, por lo tanto se concluye que existe una relación inversamente proporcional entre los valores de coeficientes de balasto con las distorsiones que podría presentar una estructura donde se considere la interacción suelo estructura.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda mejorar el mapa de zonificación de valores de balasto realizando otros ensayos en zonas donde aún se tengan terreno natural, así mismo se recomienda el uso del nuevo mapa principalmente en viviendas, donde no se tenga presupuesto para realizar estos ensayos, finalmente se debe realizar otras investigaciones en otros distritos para poder caracterizar geotécnicamente las zonas de expansión urbana.
- Mediante otras investigaciones y otro tipo de ensayos se debe ir encontrando la variación de las propiedades físicas en las zonas geotécnicas estudiadas, se puede realizar otras verificaciones en otras épocas del año por ejemplo en épocas de mayor presencia de lluvias, en estas variaciones se podría realizar la medición de los coeficientes de balasto y encontrar un nuevo mapa en condiciones lluviosas.
- Se recomienda realizar otras investigaciones para medir la influencia de las propiedades mecánicas entre los resultados de ensayos de campo como el ensayo de placa de carga con ensayos de laboratorio como CBR (California Bearing Ratio) con esta relación se podría tener una mayor confiabilidad de los valores y mejorar la zonificación realizada.
- Se recomienda realizar el ensayo de placa de carga en suelo natural, no realizar sobre rellenos, de ser posible se debe de realizar a la misma profundidad donde se encontrará la cimentación, para lo cual para obras de envergadura si se podría

usar, para viviendas donde la carga transmitida no es muy representativa suficiente con aplicar el ensayo en un estrato natural. Así mismo el ensayo de placa de carga es preferible realizarlo en terrenos horizontales puesto que los resultados son más reales, no se recomienda realizar en terrenos que tengan cierta inclinación los datos obtenidos no serán muy confiables además que el equipo empleado podría sufrir algún tipo de falla puesto que no se tiene el área de contacto al 100% entre la gata hidráulica y el volquete al estar inclinado.

- Se recomienda realizar otras investigaciones en zonas aun no intervenidas, de preferencia encontrar coeficientes de balasto a distintos niveles o distintas profundidades, para realizar un mejor modelamiento aplicando interacción suelo estructura, de tal forma conocer mejor el comportamiento sísmico.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ada, M., & Ayvaz, Y. (2019). *The structure-soil-structure interaction effects on the response of the neighbouring frame structures*. Latin American Journal of Solids and Structures, 16. <https://doi.org/10.1590/1679-78255762>.
- Alarcón, G. D. E. (2021). *Relación de la Caracterización de los Suelos con el Coeficiente de Balasto en el Distrito de Pilcomayo* [tesis para optar título profesional, Universidad Peruana los Andes]. Repositorio Institucional UN <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2771>.
- Alexandre, L. D. J., Mansur, W. J., Lopes, F. D. R., & Santa Maria, P. E. L. D. (2022). *Soil-structure interaction with time-dependent behaviour of both concrete and soil*. Latin American Journal of Solids and Structures, 19. <https://doi.org/10.1590/1679-78257081>.
- Anand, V., & Kumar, S. S. (2020, March). *Seismic Performance of Semi-Rigid Steel Frames Considering Soil-Structure Interaction*. In *Indian Structural Steel Conference* (pp. 687-697). Singapore: Springer Nature Singapore. DOI: 10.1007/978-981-19-9390-9_56.
- Aquino, C. C. M., y Rodríguez, C. M. T. (2015). *Comparación de la respuesta estructural de los módulos B y C de la IE Julio Ramón Ribeyro considerando y sin considerar la interacción suelo-estructura* [tesis para optar título profesional, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional UN <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/9431>.

- Benedetti, F., Zúñiga, F., y Opazo, A. (2017). *Efecto de la variabilidad de la rigidez del sitio de fundación en el desempeño sísmico*. *Obras y proyectos*, (22), 31-41. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132017000200031>.
- Bernardo, I. B., y Ramírez, L. R. J. (2022). *Aplicación y análisis de un modelo dinámico con interacción suelo–estructura (ISE) para cimentaciones con pilotes de la Sede Central del Gobierno en la ciudad de Pucallpa–Ucayali*. [tesis para optar título profesional, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional UN <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5398>.
- Chatterjee, A., & Sengupta, H. (2023, March). *Evaluation of Soil-Structure Interaction on RC Framed Irregular Building Under Varying Ground Conditions*. In *International Conference on Civil Engineering* (pp. 291-303). Singapore: Springer Nature Singapore. DOI: 10.1007/978-981-99-4045-5_25.
- Contreras, T. A. C., y Quiñonez, D. J. A. (2021). *Implementación de un ensayo a escala reducida en una cimentación superficial para el estudio del coeficiente de balasto* [tesis para optar título profesional, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional UN <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/febc51e1-cd96-43fc-a9c8-9e2c8aa0a801>.
- Cordova, C. J., y Godier, M. A. G. (2018). *Análisis y evaluación de la Interacción Suelo–Estructura (ISE) mediante una comparación de diseño convencional y un modelo integrado de un edificio comercial de 7 pisos con un sistema dual en la ciudad de Pucallpa-Ucayali*. [tesis para optar título profesional, Universidad

Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional UN
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4094>

Ccalluchi, R. (2022). *Influencia de la interacción suelo – estructura en la respuesta estructural de un edificio de concreto armado*. [Tesis de Pre Grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio digital institucional Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89246>.

Camilo, A. y Andres, J. (2020). *Implementación de un ensayo a escala reducida en una cimentación superficial para el estudio del coeficiente de balasto* [Tesis de Pre Grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia - RIUCaC. https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25785/1/Trabajo%20de%20grado%20placa%20de%20carga_Qui%C3%B1onesJhimer_Contreras_Camil%20o%20biblioteca.pdf.

Cruz, M. y Huaraca R. (2021). *Evaluación del comportamiento sísmico de un edificio con modelo interacción suelo – estructura, con fines de ampliación, Huamanga – Ayacucho*. [Tesis de Pre Grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio digital institucional Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58636>

Escobar, J. (2019). *Análisis y diseño estructural con interacción suelo – estructura de una vivienda multifamiliar de 7 niveles*. [Tesis Pre grado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio institucional Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4334>.

- Espinoza, A. , Carrion J. y Morales L. (2019). *Influencia de la interacción suelo– estructura de cimentaciones superficiales en suelos no cohesivos en el comportamiento estructural de una edificación de 8 pisos y un subsuelo* [Tesis de Post Grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20362>.
- Fernández Sola, L. R., Tapia Hernández, E., & Dávalos Chávez, D. (2015). *Respuesta inelástica de marcos de acero con interacción inercial suelo-estructura*. Ingeniería sísmica, (92), 1-21. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-92X2015000100001
- Franco, T. y Galvez Z. (2021). *Análisis de la interacción suelo – estructura para cimentaciones superficiales de vivienda de dos pisos sobre relleno antrópico, Cieneguilla –Lima 2021*. [Tesis de Pre Grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio digital institucional Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66182>.
- Guerdouh, D., & Khalfallah, S. (2019). *Soil-structure interaction effects on the seismic performance of frame structures*. *Revista De La Construcción*. Journal of Construction, 18(2), 349–363. <https://doi.org/10.7764/RDLC.18.2.349>
- Guerra, A. (2020). *Relación de la caracterización de los suelos con el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo* [Tesis de Pre Grado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio institucional Universidad Peruana los Andes. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2771>

- Grand, J. (2019). *Estudio de la interacción suelo-estructura de un puente carretero de Chile Central, considerando los efectos de sitio* [Tesis de Pre Grado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173927>
- Marin, N. (2021). *Influencia de la resistencia del suelo mejorado en el diseño de la losa de cimentación mediante un modelo de interacción suelo - estructura*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Trujillo]. Revista científica Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación. <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1916>.
- Pomasoncco, B. C. (2017). *Análisis de respuesta dinámica incluyendo la interacción suelo-estructura en puentes con pilotes de cimentación* [tesis para optar título profesional, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. Repositorio Institucional UN <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1980>
- Porto, T. B., Pereira, A. B., Ribeiro, C. M., Bortone, T. P., & Oliveira Neto, A. R. D. (2021). *Study of the interaction of concrete walls with the foundation structure*. REM-International Engineering Journal, 74, 145-153. <http://dx.doi.org/10.1590/0370-44672020740088>
- Tena, A. (2019). *Interacción suelo-estructura. reflexiones sobre su importancia en la respuesta dinámica de estructuras durante sismos*. Revista Internacional de

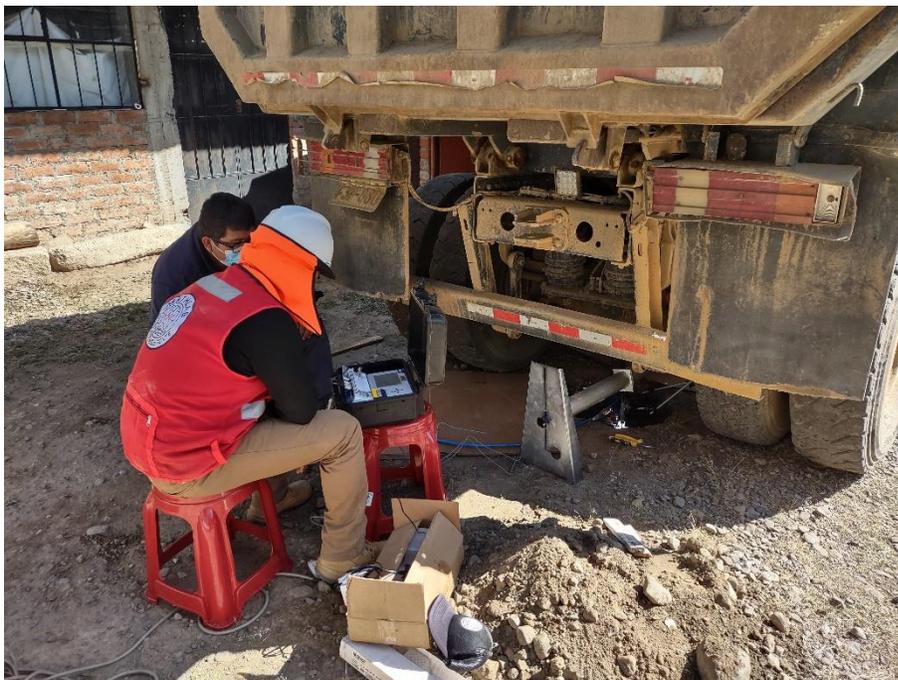
- Ingeniería de Estructuras. Vol. 24, 2, 141-165 (2019).
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/1282/944>
- Santos, Y. R. P. D., Bello, M. I. M. D. C. V., Gusmão, A. D., & Patricio, J. D. (2021).
Soil-structure interaction analysis in reinforced concrete structures on footing foundation. Soils and Rocks, 44, e2021058020.
<https://doi.org/10.28927/SR.2021.058020>.
- Shahraki, M., Tessari, A., Bolisetti, C., Kurt, E., & Kim, K. (2024). *Experimental Study on Sliding at the Soil-Structure Interface of a Shallow Foundation.* Geotechnical Testing Journal, 47(2). DOI: 10.1520/GTJ20220092
- Shoaei, M. D., Huat, B. B. K., Jaafar, M. S., & Alkarni, A. W. A. D. (2015). *Soil-framed structure interaction analysis-a new interface element.* Latin American Journal of Solids and Structures, 12, 226-249. <http://dx.doi.org/10.1590/1679-78251130>.
- Valdez, I. M. A. (2021). *Ubicación de juntas de dilatación por efecto hidrodinámico y de interacción suelo estructura en reservorios rectangulares de concreto armado, Ancash 2016.* [tesis de maestría, Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo]. Repositorio Institucional UN
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4848>.
- Villareal, G., Cerna M. y Espinoza C. (2021). *Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con muros de ductilidad limitada sobre plateas de cimentación.* Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras. Vol. 26, 1, 153-178 (2021).
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/1967>.

Villareal, G. (2020). *Interacción suelo estructura en edificaciones con zapatas aisladas*. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras. Vol. 25, 3, 311-332 (2020). <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/1967>.

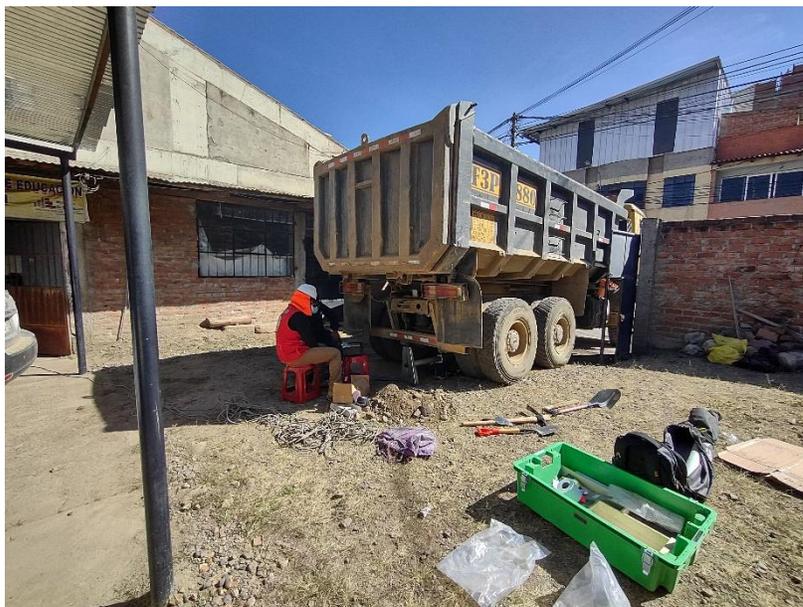
4 ANEXOS

PANEL FOTOGRAFICO DEL ENSAYO DE PLACA DE CARGA

ZONA GEOTECNICA V-B



Fotografía 1 : Se puede ver el ensayo de placa de carga N° 01 ubicado en el almacén de la dirección regional de educación de Ancash, muy cerca al centro de Huaraz.



Fotografía 2: se puede ver el volquete y el equipo realizando el ensayo de placa de carga.



Fotografía 3: Se puede ver el ensayo de placa de carga N° 02 (P-2) dentro del hospital Víctor Ramos Guardia.



Fotografía 4: se puede ver el ensayo de placa de carga N° 03 (P-3) también dentro de las instalaciones del Hospital Víctor Ramos Guardia.

ZONA GEOTECNICA IV-B



Fotografía 5: Se puede la instalación del equipo para realizar en la zona IV y sería el ensayo de placa N° 04 (P4).



Fotografía 6: Se puede ver la realización del ensayo y los equipos usados.

ZONA GEOTECNICA III-B



Fotografía 7 : Se puede ver la instalación de los deformímetros en el plato de carga para realizar el ensayo N° 05 (P-5).



Fotografía 8: Se puede ver el equipo técnico realizando la el ensayo en la zona III-B.

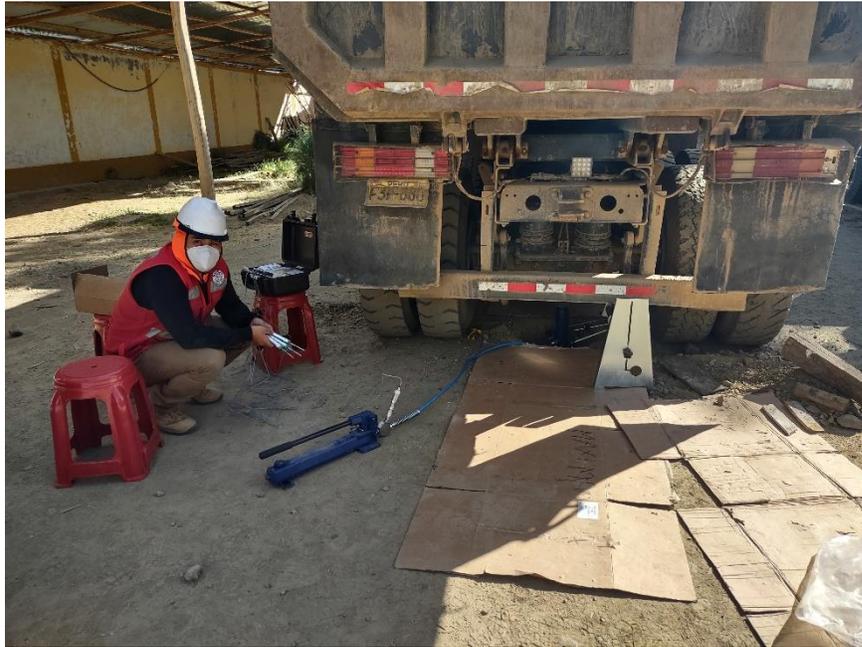


Fotografía 9: se puede ver la instalación del equipo para el ensayo N° 06 dentro de la zona III-B.



Fotografía 10: se puede ver la toma de datos en el ensayo de placa de carga N° 06 (P-6).

ZONA GEOTECNICA II-B



Fotografía 11: Se puede la instalación del equipo dentro de las instalaciones del ministerio de transportes y comunicaciones de Ancash.



Fotografía 12: se puede ver la adquisición de datos en el ensayo de placa de carga N° 7 (P-7) en la zona II-B.



Fotografía 13: se puede ver la instalación del equipo para el ensayo N° 8 dentro del MTC- Ancash.



Fotografía 14: equipo técnico que colaboro en la adquisición de datos en ensayo N° 8 (P-8).

ZONA GEOTECNICA I-B



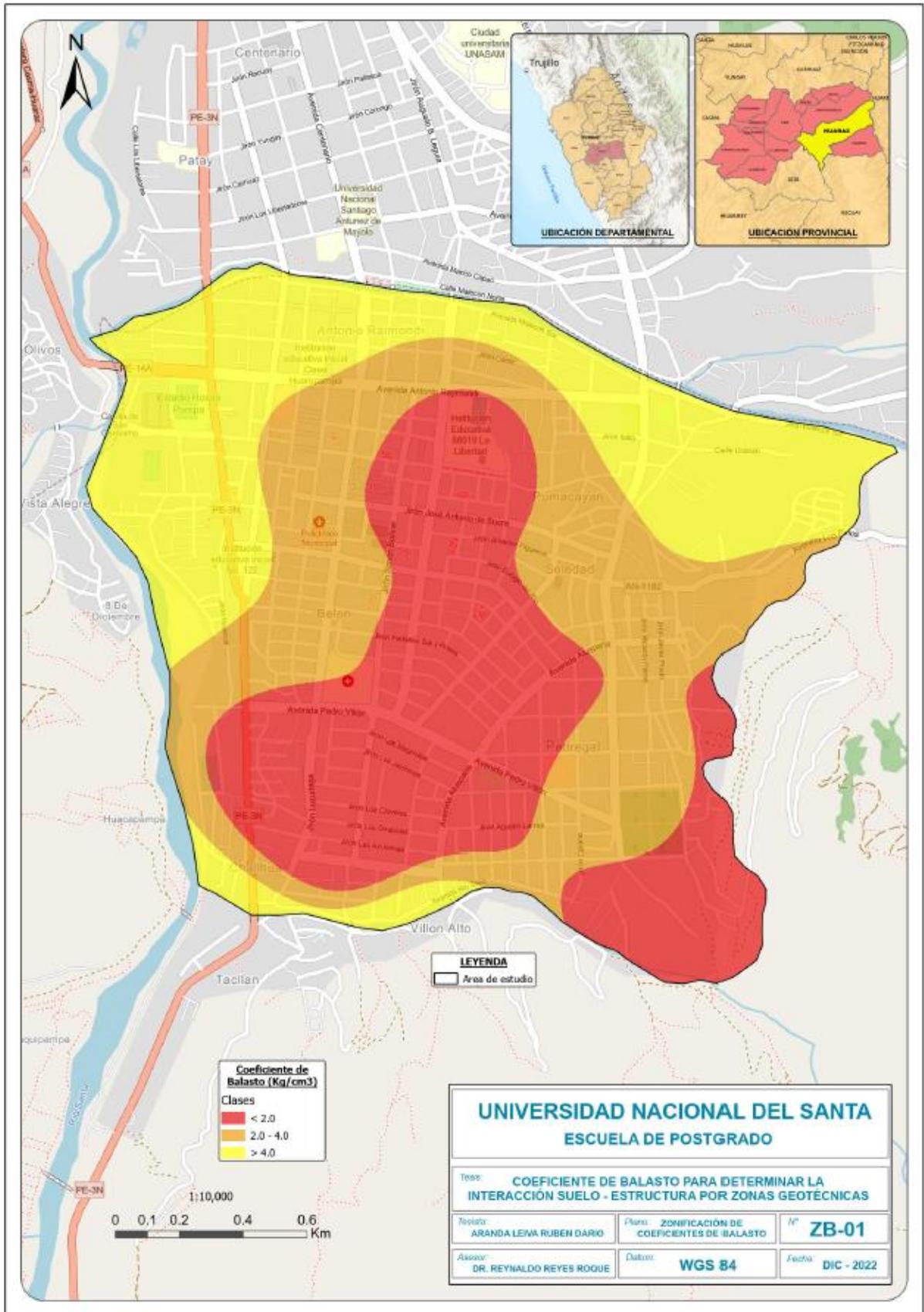
Fotografía 15: se puede ver la instalación del equipo en la zona I-B.



Fotografía 16: se puede ver la ejecución del ensayo de placa de carga N° 09 (P-09).



Fotografía 17: Se puede ver la instalación del equipo en la zona I-B, siendo el ensayo N° 10 (P-10).



ESTRUCTURA A ANALIZAR



Fotografía 18: Se puede ver la vivienda escogida para el análisis, además del sistema estructural que se viene utilizando en su construcción.



Fotografía 19: Se puede ver la vivienda en construcción a la fecha se encuentra en el tercer nivel, con proyección a 6 niveles, se ve los elementos estructurales usados.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE PLACA DE CARGA ESTÁTICA



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
"Una nueva universidad para el Desarrollo"



ENSAYO NORMALIZADO DE PLACA CARGA ESTÁTICA

NTP 339.185 - 2001 (revisada al 2015)

SOLICITA : ING. RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

TESIS : "COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ".

LUGAR : DIRECCION REGIONAL DE EDUCACION ANCASH

CODIGO : **P-01**

Equipo Usado : PLATE BEARING TEST

Marca: MATEST

Diametro del Plato : 30 cm

Imágenes del
Equipo Utilizado
para los ensayos



Lecturas tomadas por equipo de

Hora (s)	Asentamiento (cm)	Presión (kg/cm ²)
12	0.00000	0.00000
80	0.30154	0.50130
169	0.54260	1.00055
308	0.85260	1.49912
443	1.28495	1.99631
552	1.31241	0.51089
618	1.32150	1.00055
701	1.36485	1.50254

Formula para Calcular Coeficiente de Balasto a Emplear:

$$k_1 = \frac{\sigma_1}{0.127 \text{ cm}} \quad (\text{kg/cm}^3)$$

K1 : Coeficiente de Balasto

Lecturas tomadas por equipo de



Nota:

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto $K = 1.654 \text{ kg/cm}^3$.



UNASAM
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ING. RAÚL EDGAR CASTILLO MELGAREJO
 JEFE DE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - UNASAM



ENSAYO NORMALIZADO DE PLACA CARGA ESTÁTICA

NTP 339.165 - 2001 (revisada el 2015)

SOLICITA : ING. RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

TESIS : "COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ".

LUGAR : HOSPITAL VICTOR RAMOS GUARDIA

CODIGO : **P-02**

Equipo Usado : PLATE BEARING TEST Marca: MATEST Diámetro del Plato : 30 cm

Imagen del Equipo Utilizado para los ensayos



Lecturas tomadas por equipo de

Hora (s)	Asentamiento (cm)	Presión (kg/cm ²)
12	0.000000	0.19039
80	0.479560	0.49925
169	0.653675	1.00055
308	0.963437	1.49706
443	1.205560	1.99426
552	1.182686	0.50404
618	1.183661	1.00329
701	1.203630	1.50460

Formula para Calcular Coeficiente de Balasto a Emplear:

$$k_1 = \frac{\sigma_1}{0.127 \text{ cm}} \quad (\text{kg/cm}^3)$$

K1 : Coeficiente de Balasto

Lecturas tomadas por equipo de



Nota:

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto K = 2.126 kg/cm³.



UNASAM
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 ING. RAUL EDGAR CASTILLO MELGAREJO
 JEFE DE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



ENSAYO NORMALIZADO DE PLACA CARGA ESTÁTICA

NTP 339.165 - 2001 (revisada el 2005)

SOLICITA : ING. RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

TESIS : "COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ".

LUGAR : HOSPITAL VICTOR RAMOS GUARDIA

CODIGO : **P-03**

Equipo Usado : PLATE BEARING TEST

Marca: MATEST

Diametro del Plato : 30 cm

Imagen del
Equipo Utilizado
para los ensayos



Lecturas tomadas por equipo de

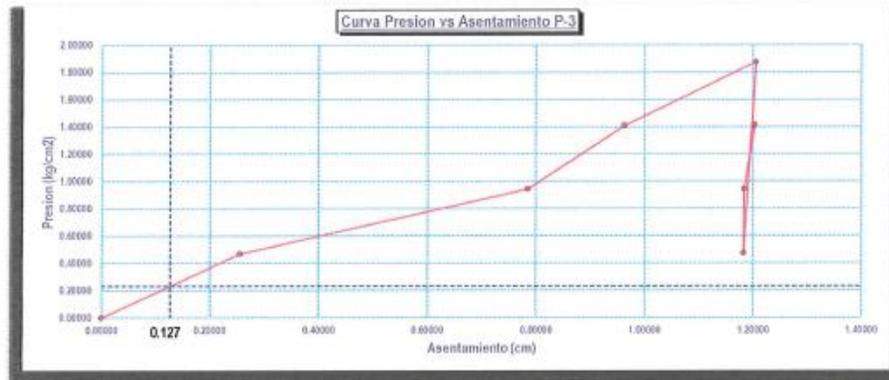
Hora (s)	Asentamiento (cm)	Presion (kg/cm ²)
12	0.00000	0.00000
80	0.25477	0.46929
169	0.78545	0.94052
308	0.96344	1.40724
443	1.20556	1.87460
552	1.18269	0.47380
618	1.18366	0.94309
701	1.20363	1.41432

Formula para Calcular Coeficiente de Balasto a Emplear:

$$k_1 = \frac{\sigma_1}{0.127 \text{ cm}} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

K1 : Coeficiente de Balasto

Lecturas tomadas por equipo de



Nota:

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0,127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto K = 1.811 kg/cm³.



UNASAM
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ING. RAÚL EDGAR CASTILLO MELGAREJO
 JEFE DE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - UNASAM



ENSAYO NORMALIZADO DE PLACA CARGA ESTÁTICA

NTP 339.165 - 2001 (revisada el 2015)

SOLICITA : ING. RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

TESIS : "COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ".

LUGAR : Av. CONFRATERNIDAD INTERNACIONAL SUR

CODIGO : **P-04**

Equipo Usado : PLATE BEARING TEST Marca: MATEST Diametro del Plato : 30 cm

Imagen del Equipo Utilizado para los ensayos



Lecturas tomadas por equipo de

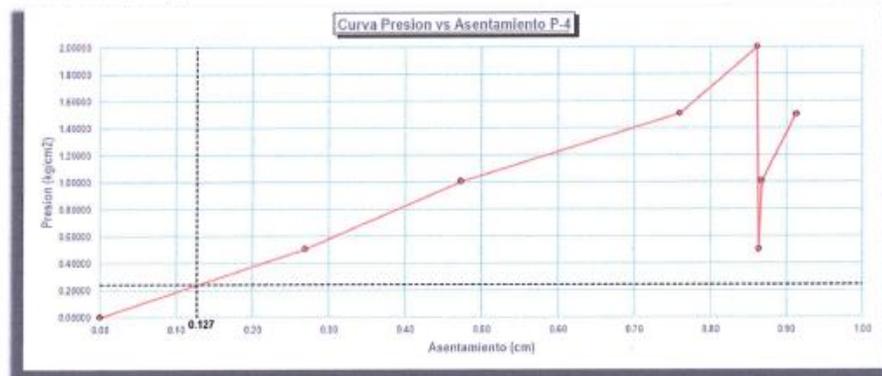
Hora (s)	Asentamiento (cm)	Presion (kg/cm ²)
12	0.00000	0.00000
80	0.26856	0.50541
169	0.47313	0.00329
308	0.75973	0.50528
443	0.86155	1.99905
552	0.86336	0.50062
618	0.86696	1.00329
701	0.91290	1.50049

Formula para Calcular Coeficiente de Balasto a Emplear:

$$k_1 = \frac{\sigma_1}{0.127 \text{ cm}} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

K1 : Coeficiente de Balasto

Lecturas tomadas por equipo de



Nota:

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto $K = 1.990 \text{ kg/cm}^3$.



UNASAM
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 JEFATURA LMS y P
 ING. RAÚL EDGAR CASTILLO MELGAREJO
 JEFE DE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



ENSAYO NORMALIZADO DE PLACA CARGA ESTÁTICA

NTP 339.165 - 2001 (revisada el 2015)

SOLICITA : ING. RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

TESIS : "COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ".

LUGAR : EX MERCADO PEDREGAL

CODIGO : **P-05**

Equipo Usado : PLATE BEARING TEST Marca: MATEST Diámetro del Plato : 30 cm

Imagen del
Equipo Utilizado
para los ensayos



Lecturas tomadas por equipo de

Hora (s)	Asentamiento (cm)	Presion (kg/cm ²)
12	0.00000	0.20066
80	0.44389	0.49925
169	0.55127	0.99987
308	0.93008	1.49090
443	1.47754	2.00179
552	1.47948	0.51911
618	1.52693	1.01083
701	1.52693	1.50049

Formula para Calcular Coeficiente de Balasto a Emplear:

$$k_1 = \frac{\sigma_1}{0.127cm} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

K1 : Coeficiente de Balasto

Lecturas tomadas por equipo de



Nota:

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto $K = 2.244 \text{ kg/cm}^3$.



U N A S A M
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ING. RAÚL EDGAR CASTILLO MELGAREJO
JEFE DE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - UNASAM



ENSAYO NORMALIZADO DE PLACA CARGA ESTÁTICA

NTP 338.165 - 2001 (revisada el 2015)

SOLICITA : ING. RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

TESIS : "COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ".

LUGAR : EX MERCADO PEDREGAL

CODIGO : **P-06**

Equipo Usado : PLATE BEARING TEST Marca: MATEST Diametro del Plato : 30 cm

Imagen del Equipo Utilizado para los ensayos



Lecturas tomadas por equipo de

Hora (s)	Asentamiento (cm)	Presion (kg/cm ²)
12	0.00000	0.19313
80	0.19786	0.49993
169	0.38304	1.00124
308	0.60575	1.49980
443	0.74610	2.00316
552	0.71980	0.51089
618	0.71980	0.99850
701	0.72272	1.49980

Formula para Calcular Coeficiente de Balasto a Emplear:

$$k_1 = \frac{\sigma_1}{0.127 \text{ cm}} \quad (\text{kg/cm}^3)$$

K1 : Coeficiente de Balasto

Lecturas tomadas por equipo de



Nota:

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto K = 3.031 kg/cm³.



UNASAM
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ING. JUAN EDGAR CASTILLO MELGAREJO
JEFE DE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
"Una nueva universidad para el Desarrollo"



ENSAYO NORMALIZADO DE PLACA CARGA ESTÁTICA

NTP 339.165 - 2001 (revisada el 2015)

SOLICITA : ING. RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

TESIS : "COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ".

LUGAR : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES ANCASH

CODIGO : **P-07**

Equipo Usado : PLATE BEARING TEST Marca: MATEST Diámetro del Plato : 30 cm

Imagen del
Equipo Utilizado
para los ensayos



Lecturas tomadas por equipo de

Hora (s)	Asentamiento (cm)	Presion (kg/cm ²)
12	0.00000	0.19381
80	0.12200	0.49993
169	0.51610	0.99987
308	0.68038	1.50049
443	0.86216	2.00248
552	0.86168	0.50336
618	0.86168	1.00124
701	0.86168	1.50323

Formula para Calcular Coeficiente de Balasto a Emplear:

$$k_1 = \frac{\sigma_1}{0.127 \text{ cm}} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

K1 : Coeficiente de Balasto

Lecturas tomadas por equipo de



Nota:

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto $K = 4.016 \text{ kg/cm}^3$.



UNASAM
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ING. RAJIL EDGAR CASTILLO MELGAREJO
JEFE DE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - UNASAM



ENSAYO NORMALIZADO DE PLACA CARGA ESTÁTICA

NTP 339.165 - 2001 (revisada el 2015)

SOLICITA : ING. RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

TESIS : "COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ".

LUGAR : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES ANCASH

CODIGO : **P-08**

Equipo Usado : PLATE BEARING TEST Marca: MATEST Diametro del Plato : 30 cm

Imagen del Equipo Utilizado para los ensayos



Lecturas tomadas por equipo de

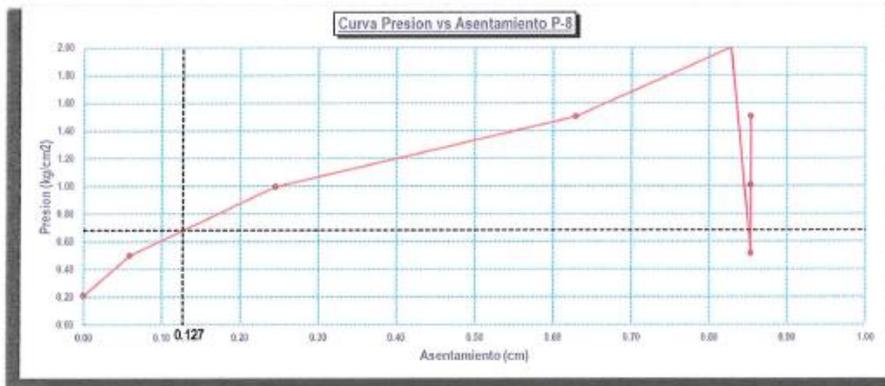
Hora (s)	Asentamiento (cm)	Presion (kg/cm ²)
12	0.00000	0.20956
80	0.05949	0.49993
169	0.24522	0.99713
308	0.62933	1.50391
443	0.82771	2.00248
552	0.85354	0.51158
618	0.85354	1.00946
701	0.85354	1.50117

Formula para Calcular Coeficiente de Balasto a Emplear:

$$k_1 = \frac{\sigma_1}{0.127 \text{ cm}} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

K1 : Coeficiente de Balasto

Lecturas tomadas por equipo de



Nota:

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto K = 5.354 kg/cm³.



UNASAM
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ING. RAÚL PISAR CASTILLO MELGAREJO
 JEFE DE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



ENSAYO NORMALIZADO DE PLACA CARGA ESTÁTICA

NTP 339.165 - 2001 (revisada el 2015)

SOLICITA : ING. RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

TESIS : "COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ".

LUGAR : BARRIO VILLASOL ZONA ALUVIONICA

CODIGO : **P-09**

Equipo Usado : PLATE BEARING TEST Marca: MATEST Diámetro del Plato : 30 cm

Imagen del
Equipo Utilizado
para los ensayos



Lecturas tomadas por equipo de

Hora (s)	Asentamiento (cm)	Presion (kg/cm ²)
12	0.00000	0.19929
80	0.05868	0.49035
169	0.15166	0.99987
308	0.24735	1.49295
443	0.40259	2.01480
552	0.28164	0.52253
618	0.28164	0.95741
701	0.32678	1.50665

Formula para Calcular Coeficiente de Balasto a Emplear:

$$k_1 = \frac{\sigma_1}{0.127 \text{ cm}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

K1 : Coeficiente de Balasto

Lecturas tomadas por equipo de



Nota:

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto $K = 6.772 \text{ kg/cm}^3$.



UNASAM
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ING. RAÚL EDGAR CASTILLEJO MELGAREJO
JEFE DE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - UNASAM



ENSAYO NORMALIZADO DE PLACA CARGA ESTATICA

NTP 338.855 - 2001 (revisada el 2015)

SOLICITA : ING. RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

TESIS : "COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ".

LUGAR : BARRIO PATAY BAJO

CODIGO : **P-10**

Equipo Usado : PLATE BEARING TEST Marca: MATEST Diametro del Plato : 30 cm

Imagen del
Equipo Utilizado
para los ensayos



Lecturas tomadas por equipo de

Hora (s)	Asentamiento (cm)	Presion (kg/cm ²)
12	0.00000	0.19929
80	0.06650	0.49035
169	0.17188	0.99987
308	0.28032	1.49295
443	0.45626	2.01480
552	0.31918	0.52253
618	0.31918	0.95741
701	0.37033	1.50665

Formula para Calcular Coeficiente de Balasto a Emplear:

$$k_1 = \frac{\sigma_1}{0.127cm} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

K1 : Coeficiente de Balasto

Lecturas tomadas por equipo de



Nota:

Del grafico se puede observar que existe una intersección a la curva cuando se tiene el valor de asentamiento de 0.127 cm, por lo tanto se tiene un valor de coeficiente de Balasto $K = 6.142 \text{ kg/cm}^3$.



U N A S A M
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ING. RAUL EDGAR CASTILLO MELGAREJO
JEFE DE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - UNASAM



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, **RUBEN DARIO ARANDA LEIVA**

estudiante / docente de la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional		-----				
Departamento Académico		-----				
Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado	X		

Programa: **DOCTORADO EN INGENIERIA CIVIL**

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

**“COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN
SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO
DE HUARAZ”**

presentado en **107** folios, para la obtención del Grado académico (X)

Título profesional () Investigación anual ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, **24** de **Diciembre** de 20 **23**.

Firma:

Nombres y Apellidos: **RUBEN DARIO ARANDA LEIVA**

DNI: **45589645**



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, DR. REYNALDO MELQUIADES REYES ROQUE

asesor / presidente de la Unidad de Investigación de la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Departamento Académico		-----				
Escuela de Posgrado		Maestría		Doctorado	X	

Programa: DOCTORADO EN INGENIERIA CIVIL

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor / Unidad de Investigación revisora del trabajo de Investigación intitulado:

“COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN
SUELO-ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO
DE HUARAZ”

Del estudiante / docente: RUBEN DARIO ARANDA LEIVA

De la escuela / departamento académico:

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del 5 % el cual se verifica con el reporte de originalidad de la aplicación Turnitin adjunto.

Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicho reporte y concluyo que las coincidencias detectadas no se conforman como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 24 de diciembre de 20 23

Firma:

Nombres y Apellidos del Asesor/Presidente UIF: REYNALDO MELQUIADES REYES ROQUE

DNI: 31658163

COEFICIENTE DE BALASTO PARA DETERMINAR LA INTERACCIÓN SUELO- ESTRUCTURA POR ZONAS GEOTÉCNICAS EN EL DISTRITO DE HUARAZ

por Ruben Dario ARANDA LEIVA

Fecha de entrega: 24-dic-2023 04:31p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2194677373

Nombre del archivo: 6.0_Inf._tesis_V6_Ruben_Aranda_Leiva_-_Diciembre.docx (14.98M)

Total de palabras: 15523

Total de caracteres: 84823

9	repositorio.unfv.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
10	larazon.pe	Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unphu.edu.do	Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.usanpedro.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Ricardo Palma	Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo