

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESPUESTA ESTRUCTURAL POR EFECTO DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN EN PERFILES DE SUELO S2 Y S3, PARA DIFERENTES BASES DE CIMENTACIÓN DEL HOSPITAL MINSA II-2 MOYOBAMBA- SAN MARTÍN, 2022.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Diana Thalia Chavez Cespedes

Fernando Jimenez Tuesta

Asesor:

Ing. Mg. Gerson Elías Vega Rivera

Código ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8672-3239>

Lima - Perú

Tabla de Contenidos

JURADO CALIFICADOR.....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE ECUACIONES	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Realidad Problemática	16
1.2. Antecedentes	20
1.2.1. Antecedentes Internacionales	20
1.2.2. Antecedentes Nacionales.....	28
1.3. Marco Teórico	32
1.3.1. Licuación de Suelos	32
1.3.2. Estudio del Potencial de Licuación	44
1.3.3. Peligro Sísmico	46
1.3.4. Sismicidad del Perú	46
1.3.5. Efectos Sísmicos en los Edificios	48
1.3.6. Repuesta Sísmica de los Edificios a la Acción Sísmica	49
1.3.7. Fallas más Habituales Debida a la Acción Sísmica.....	51
1.3.8. Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente	52
1.3.9. Análisis de Interacción Suelo-Estructura	52
1.3.10. Modelo de Interacción Dinámica Suelo-Estructura (IDSE).....	57
1.4. Marco Conceptual	59
1.4.1. Análisis del Potencial de Licuación Según el RNE E.050.....	59
1.4.2. Análisis del Potencial de Licuación Según la Norma NCSP-07.....	65
1.4.3. Análisis del Potencial de Licuación Según la Norma NCSE-02.....	69
1.4.1. Parámetros de Diseño Sismorresistente Según el RNE E.030-2019	71
1.4.2. Análisis de Fuerzas Estáticas Equivalentes.....	79
1.4.3. Análisis Dinámico Modal Espectral	82
1.4.4. Modelo IDSE, Según la Norma NIST GCR 12-917-21	85
1.4.5. Respuesta Estructural	93
1.5. Justificación del Estudio	95
1.5.1. Justificación Teórica.....	95

1.5.2.	<i>Justificación Metodológica</i>	95
1.5.3.	<i>Justificación Práctica</i>	96
1.6.	Formulación del Problema de Investigación.....	96
1.7.	Objetivos	97
1.7.1.	<i>Objetivo General</i>	97
1.7.2.	<i>Objetivo Específico</i>	97
1.8.	Formulación de Hipótesis	97
1.8.1.	<i>Hipótesis General</i>	97
1.9.	Limitación del Estudio	97
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA		98
2.1.	Tipo de Investigación.....	98
2.1.1.	<i>Enfoque de la Investigación</i>	98
2.1.2.	<i>Alcance de la Investigación</i>	99
2.1.3.	<i>Diseño de Investigación</i>	100
2.1.4.	<i>Operacionalización de Variables</i>	102
2.2.	Población y Muestra.....	103
2.2.1.	<i>Población</i>	103
2.2.2.	<i>Muestra</i>	103
2.3.	Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos	105
2.3.1.	<i>Técnicas de Recolección de Datos</i>	105
2.3.2.	<i>Instrumentos de Recolección de Datos</i>	106
2.3.3.	<i>Validez y Confiabilidad de Instrumentos</i>	106
2.3.4.	<i>Análisis de Datos</i>	107
2.3.5.	<i>Aspectos Éticos</i>	108
2.4.	Procedimiento	108
2.4.1.	<i>Descripción General del Área del Proyecto y Entorno</i>	108
2.4.2.	<i>Sectores que Conforman el Proyecto</i>	110
2.4.3.	<i>Características de los Materiales</i>	117
2.4.4.	<i>Geometría de las Cimentaciones</i>	118
2.4.5.	<i>Esquema de la Investigación</i>	125
2.4.6.	<i>Procedimiento del Objetivo Específico N° 1</i>	126
2.4.7.	<i>Procedimiento del Objetivo Específico N° 2</i>	156
2.4.8.	<i>Procedimiento del Objetivo Específico N° 3</i>	168
CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....		171
3.1.	Resultado del Objetivo Específico N° 1	171
3.1.1.	<i>Potencial de Licuación: Relación de Esfuerzo Cíclico (CSR)</i>	171
3.1.2.	<i>Potencial de Licuación: Relación de Resistencia Cíclica (CRR)</i>	176
3.1.3.	<i>Potencial de Licuación: Factor de Seguridad (FSL)</i>	182
3.1.4.	<i>Resumen del Análisis del Potencial de Licuación</i>	185
3.2.	Resultado del Objetivo Específico N° 2	187

3.2.1.	<i>Respuesta Estructural: Fuerza Cortante Basal Estático</i>	188
3.2.2.	<i>Respuesta Estructural: Efecto por Torsión Estático</i>	192
3.2.3.	<i>Respuesta Estructural: Momento de Volteo Estático</i>	197
3.2.4.	<i>Respuesta Estructural: Distorsión de Entrepiso Estático</i>	202
3.2.5.	<i>Resumen de Variaciones (%) en las Respuestas Estructurales</i>	213
3.3.	Resultado del Objetivo Específico N° 3	215
3.3.1.	<i>Respuesta Estructural: Periodos & Modos de Vibrar</i>	215
3.3.2.	<i>Respuesta Estructural: Fuerza Cortante Basal Dinámico</i>	220
3.3.3.	<i>Respuesta Estructural: Efecto por Torsión Dinámico</i>	225
3.3.4.	<i>Respuesta Estructural: Momento de Volteo Dinámico</i>	230
3.3.5.	<i>Respuesta Estructural: Distorsión de Entrepiso Dinámico</i>	235
3.3.6.	<i>Resumen de Variaciones (%) en las Respuestas Estructurales</i>	246
CAPÍTULO 4.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	248
4.1.	Discusiones	248
4.1.1.	<i>Discusión del Objetivo Específico N° 1</i>	248
4.1.2.	<i>Discusión del Objetivo Específico N° 2</i>	251
4.1.3.	<i>Discusión del Objetivo Específico N° 3</i>	253
4.2.	Conclusiones	256
4.2.1.	<i>Conclusión del Objetivo Específico N° 1</i>	256
4.2.2.	<i>Conclusión del Objetivo Específico N° 2</i>	256
4.2.3.	<i>Conclusión del Objetivo Específico N°3</i>	257
REFERENCIAS		258
ANEXOS		264

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Diferencias Entre las Edificaciones con Base Indeformable-Deformable	57
Tabla 2	Valores de los Factores de Corrección	60
Tabla 3	Factores de Escala	64
Tabla 4	FS_L Mínimo, Según el RNE E.050	65
Tabla 5	Factor de Corrección para C_L , Según la Norma NCSP-07	66
Tabla 6	Factor de Corrección para C_s , Según la Norma NCSP-07.....	66
Tabla 7	Factores de Zona (Z)	72
Tabla 8	Clasificación de los Perfiles de Suelo.....	73
Tabla 9	Parámetro - Factor de Suelo.....	73
Tabla 10	Parámetro-Periodos del Terreno	73
Tabla 11	Coeficiente Para Estimar el Período Fundamental de un Edificio	75
Tabla 12	Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)	75
Tabla 13	Sistemas de Estructuras de Concreto Armado	76
Tabla 14	Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción	77
Tabla 15	Irregularidades Estructurales y Factores de Irregularidad, Según el RNE E.030-2019	78
Tabla 16	Categoría y Regularidad de las Edificaciones, Según el RNE E.030-2019	78
Tabla 17	Cargas Mínimas Para Hospitales, Según el RNE E.020-2020.....	80
Tabla 18	Estimación de Peso (P)	81
Tabla 19	Factor de Reducción para Varias Clases de sitios y Amplitudes	86
Tabla 20	Cálculo de los Desplazamientos Laterales.....	93
Tabla 21	Distorsión Máxima de Entrepiso	94
Tabla 22	Operacionalización de Variable Independiente	102
Tabla 23	Operacionalización de Variable Dependiente.....	103
Tabla 24	Coordenadas UTM (WGS-84) del Hospital MINSA II-2 de Moyobamba-San Martín.....	109
Tabla 25	Caracterización del Edificio en el Sector 1	110
Tabla 26	Caracterización del Edificio en el Sector 2.....	111
Tabla 27	Caracterización del Edificio en el Sector 3.....	112
Tabla 28	Caracterización del Edificio en el Sector 4.....	112
Tabla 29	Caracterización del Edificio en el Sector 5.....	113
Tabla 30	Caracterización del Edificio en el Sector 6.....	113
Tabla 31	Caracterización del Edificio en el Sector 6-A	114
Tabla 32	Caracterización del Edificio en el Sector 7.....	115
Tabla 33	Caracterización del Edificio en el Sector 8.....	115
Tabla 34	Caracterización del Edificio en el Sector 8-A	116
Tabla 35	Caracterización del Edificio en el Sector 8-B.....	116
Tabla 36	Caracterización del Edificio en el Sector 9.....	117
Tabla 37	Características de los Materiales	117
Tabla 38	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 1	118
Tabla 39	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 2	119
Tabla 40	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 3	119
Tabla 41	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 4	119
Tabla 42	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 5	120
Tabla 43	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 6	120
Tabla 44	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 6-A.....	121
Tabla 45	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 7	122
Tabla 46	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 8.....	123
Tabla 47	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 8-A.....	123
Tabla 48	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 8-B	124
Tabla 49	Geometría de la Cimentación del Edificio en el Sector 9	124
Tabla 50	Número de Golpes a una Determinada Profundidad	128
Tabla 51	Resultados del Análisis Granulométrico de la Muestra en el SPT 01.....	129
Tabla 52	Resultados del Análisis Granulométrico de la Muestra en el SPT 02.....	130
Tabla 53	Resultados de los Límites Atterberg de la Muestra en el SPT 01	130
Tabla 54	Resultados de los Límites Atterberg de la Muestra en el SPT 02.....	131
Tabla 55	Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad de la Muestra en el SPT 01	131
Tabla 56	Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad de la Muestra en el SPT 02.....	132
Tabla 57	Resultados del Peso Volumétrico de la Muestra en el SPT 01	132
Tabla 58	Resultados del Peso Volumétrico de la Muestra en el SPT 02	133

Tabla 59	Cálculo de los Esfuerzos Verticales Totales y Efectivos, Según el RNE E.050.....	134
Tabla 60	Cálculo del Factor de Corrección C_N , Según el RNE E.050.....	135
Tabla 61	Cálculo del N_{60} Para el SPT 01, Según el RNE E.050.....	136
Tabla 62	Cálculo del N_{60} Para el SPT 02, Según el RNE E.050.....	136
Tabla 63	Cálculo del $(N_1)_{60}$ Para el SPT 01-02, Según el RNE E.050.....	137
Tabla 64	Cálculo del r_d Para el SPT 01-02, Según el RNE E.050.....	138
Tabla 65	Cálculo de CSR Para el SPT 01-02, Según el RNE E.050.....	139
Tabla 66	Cálculo de CRR_M Para el SPT 01-02, Según el RNE E.050.....	140
Tabla 67	Cálculo de FS_L Mínimo Para el SPT 01-02, Según el RNE E.050.....	141
Tabla 68	Cálculo de los Esfuerzos Verticales Totales y Efectivos, Según el NCSP-07.....	142
Tabla 69	Cálculo del Factor de Corrección C_N , Según el NCSP-07.....	143
Tabla 70	Cálculo del N_{60} Para el SPT 01-02, Según el NCSP-07.....	144
Tabla 71	Cálculo del $N_{1,60}$ Para el SPT 01-02, Según el NCSP-07.....	145
Tabla 72	Cálculo del r_d Para el SPT 01-02, Según el NCSP-07.....	146
Tabla 73	Cálculo de τ_E Para el SPT 01-02, Según el NCSP-07.....	147
Tabla 74	Cálculo de τ_L Para el SPT 01-02, Según el NCSP-07.....	148
Tabla 75	Cálculo de F_L Mínimo Para el SPT 01-02, Según el NCSP-07.....	149
Tabla 76	Cálculo de los Esfuerzos Verticales Totales y Efectivos, Según el NCSE-02.....	150
Tabla 77	Cálculo del $N_{1,60}$ Para el SPT 01-02, Según el NCSE-02.....	151
Tabla 78	Cálculo del r_d Para el SPT 01-02, Según el NCSP-07.....	152
Tabla 79	Cálculo de τ_E Para el SPT 01-02, Según el NCSE-02.....	153
Tabla 80	Cálculo de R_L Para el SPT 01-02, Según el NCSE-02.....	154
Tabla 81	Verificación de Seguridad Ante la Licuación Para el SPT 01-02, Según el NCSE-02.....	155
Tabla 82	Coefficiente Sísmico Para el Cálculo de la Fuerza Cortante Basal.....	157
Tabla 83	Característica Geotécnica de un Suelo Intermedio y Blando.....	158
Tabla 84	Módulo de Corte Efectivo (G) Para un Suelo S2.....	159
Tabla 85	Módulo de Corte Efectivo (G) Para un Suelo S3.....	159
Tabla 86	Rigidez Estática de Fundación en la Superficie del Suelo (K_{sur}) del Sector 1 Para un Suelo S2... ..	160
Tabla 87	Modificadores de Rigidez Dinámica (α_j) del Sector 1 Para un Suelo S2.....	161
Tabla 88	Modificadores de Empotramiento (η_j) del Sector 1 Para un Suelo S2.....	161
Tabla 89	Rigidez Estática por Modificador de Empotramiento (K_{emb}) del Sector 1 Para un Suelo S2.....	162
Tabla 90	Rigidez Dinámica (k_j) del Sector 1 Para un Suelo S2.....	163
Tabla 91	Amortiguación de Radiación Estática del Sector 1 Para un Suelo S2.....	164
Tabla 92	Amortiguación de Radiación Para Zapatas Empotradas del Sector 1 Para un Suelo S2.....	165
Tabla 93	Amortiguación Corregido (C) del Sector 1 Para un Suelo S2.....	166
Tabla 94	Pseudo-Aceleraciones de las Edificaciones.....	169
Tabla 95	Resumen de Resultados del CSR Para el SPT 01.....	171
Tabla 96	Resumen de Resultados del CSR Para el SPT 02.....	174
Tabla 97	Resumen de Resultados del CRR Para el SPT 01.....	176
Tabla 98	Resumen de Resultados del CRR Para el SPT 02.....	179
Tabla 99	Resumen de Resultados del Factor de Seguridad Para el SPT 01.....	182
Tabla 100	Resumen de Resultados del Factor de Seguridad Para el SPT 02.....	183
Tabla 101	Resumen del Potencial de Licuación.....	185
Tabla 102	Edificaciones Promedio por Nivel de Piso.....	187
Tabla 103	Fuerza Cortante Basal Estático (Tonf) en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X.....	188
Tabla 104	Fuerza Cortante Basal Estático (Tonf) en Perfil de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y.....	189
Tabla 105	Efecto por Torsión Estático (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X.....	192
Tabla 106	Efecto por Torsión Estático (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y.....	194
Tabla 107	Momento de Volteo Estático (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X.....	197
Tabla 108	Momento de Volteo Estático (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y.....	198
Tabla 109	Distorsión de Entrepiso Estático (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 en la Dirección X-X.....	202
Tabla 110	Distorsión de Entrepiso Estático (Tonf-m) en Perfil de Suelo S3 en la Dirección X-X.....	204
Tabla 111	Distorsión de Entrepiso Estático (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 en la Dirección Y-Y.....	207
Tabla 112	Distorsión de Entrepiso Estático (Tonf-m) en Perfil de Suelo S3 en la Dirección Y-Y.....	209
Tabla 113	Máxima Variación (%) Respecto a una Base Empotrada.....	213
Tabla 114	Mínima Variación (%) Respecto a una Base Empotrada.....	214
Tabla 115	Periodos y Modos de Vibrar en Perfil de Suelo S2.....	215
Tabla 116	Periodos y Modos de Vibrar en Perfil de Suelo S3.....	217
Tabla 117	Fuerza Cortante Basal Dinámico (Tonf) en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X.....	220
Tabla 118	Fuerza Cortante Basal Dinámico (Tonf) en Perfil de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y.....	221

Tabla 119	Efecto por Torsión Dinámico (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X.....	225
Tabla 120	Efecto por Torsión (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y	226
Tabla 121	Momento de Volteo Dinámico (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X.....	230
Tabla 122	Momento de Volteo Dinámico (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y.....	231
Tabla 123	Distorsión de Entrepiso Dinámico (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 en la Dirección X-X	235
Tabla 124	Distorsión de Entrepiso Dinámico (Tonf-m) en Perfil de Suelo S3 en la Dirección X-X	237
Tabla 125	Distorsión de Entrepiso Dinámico (Tonf-m) en Perfil de Suelo S2 en la Dirección Y-Y	240
Tabla 126	Distorsión de Entrepiso Dinámico (Tonf-m) en Perfil de Suelo S3 en la Dirección Y-Y	242
Tabla 127	Máxima Variación (%) Respecto a una Base Empotrada	246
Tabla 128	Mínima Variación (%) Respecto a una Base Empotrada.....	247

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Edificios Inclinados Causado por el Terremoto de Niigata de 1964	33
Figura 2 Características de un Suelo Estable en Comparación con la del Suelo Licuado	34
Figura 3 Algunos Suelos Susceptibles a la Licuación según su Granulometría	35
Figura 4 Atribución de la Compacidad Relativa al Fenómeno de Licuación	36
Figura 5 Efecto de la Historia Sísmica sobre las Particularidades de Licuación de una Arena.....	38
Figura 6 Efectos de la Intensidad de Aceleración y Esfuerzo de Confinamiento Sobre la Densificación de Arena Seca	39
Figura 7 Sección Transversal de las Placas Tectónicas de Nazca y Sudamérica	47
Figura 8 Fuerza de Inercia Formada por la Vibración de la Estructura.....	48
Figura 9 Modelo de un Sistema de un Grado de Libertad	49
Figura 10 Dilatación del Movimiento del Suelo en Sistemas con Periodo Específico.....	50
Figura 11 Relación Carga-Deformación de una Estructura.....	51
Figura 12 Conceptualización Interacción Suelo-Plataea Cimentación.....	54
Figura 13 Teoría Suelo-Estructura Absoluto.....	56
Figura 14 Resortes y Amortiguadores Equivalentes del Suelo.....	57
Figura 15 Desplazamiento Producido por la Fuerza “F” en una Estructura de Base Fija	58
Figura 16 Desplazamiento Producido por la Fuerza “F” en una Estructura de Base Flexible.....	59
Figura 17 Curvas del Factor de Corrección de Sobrecarga (C_N)	61
Figura 18 Esfuerzos Cíclicos Solicitados Para Ocasionar Licuación	62
Figura 19 Curva Base de Arena Limpia Para Sismos de Magnitud 7.5	64
Figura 20 Obtención de $R_{L,1}$	68
Figura 21 Obtención de R_1	70
Figura 22 Mapa de Zonificación Sísmica del Territorio Peruano.....	72
Figura 23 Modos de Vibración de una Edificación de Seis Niveles.....	83
Figura 24 Espectro de Diseño de la Norma Peruana de 1997	84
Figura 25 Dimensiones de la cimentación para el cálculo de la rigidez simplificada	88
Figura 26 Altura de Desplante de Zapata Rígida.....	88
Figura 27 Soluciones Elásticas Para la Rigidez Estática de Zapatas Rígidas en la Superficie del Suelo	89
Figura 28 Factores de Corrección de Empotramiento Para la Rigidez Estática de Zapatas Rígidas	89
Figura 29 Modificadores de Rigidez Dinámica y Relaciones Amortiguamiento de Radiación Para Zapatas Rígidas	90
Figura 30 Amortiguación de Radiación estática.....	91
Figura 31 Amortiguación de Radiación Para Zapatas Empotradas	92
Figura 32 Coeficientes de Amortiguamiento Corregido por Condición Superficial y Efectos de Confinamiento	92
Figura 33 Representación Esquemática del Mecanismo Acción Respuesta.....	93
Figura 34 Esquema del Diseño de la Investigación.....	102
Figura 35 Imagen Satelital del Hospital MINSA II-2 de Moyobamba-San Martín.....	104
Figura 36 Sectores que Conforman el Hospital MINSA II-2 de Moyobamba-San Martín.	105
Figura 37 Ubicación Geográfica del Hospital MINSA II-2 de Moyobamba-San Martín.....	109
Figura 38 Esquema de la Investigación.....	125
Figura 39 Representación de los Trabajos del SPT	127
Figura 40 Especificación de Fuente de Masas.....	156
Figura 41 Definición de la Carga Sísmica Estática en Dirección X.....	157
Figura 42 Definición de la Carga Sísmica Estática en Dirección Y.....	158
Figura 43 Asignación del Empotramiento en la Base	167
Figura 44 Asignación de la Base Flexible sin Amortiguamiento	167
Figura 45 Asignación de la Base Flexible con Amortiguamiento	168
Figura 46 Especificación del Espectro de Respuesta en la Dirección X-Y	169
Figura 47 Definición de la Carga Sísmica Dinámica en Dirección X.....	170
Figura 48 Definición de la Carga Sísmica Dinámica en Dirección Y.....	170
Figura 49 Especificación del CSR Para el SPT 01	173
Figura 50 Especificación del CSR Para el SPT 02	175
Figura 51 Especificación del CRR Para el SPT 01.....	178
Figura 52 Especificación del CRR Para el SPT 02.....	181
Figura 53 Especificación del Factor de Seguridad Para el SPT 01.....	182
Figura 54 Especificación del Factor de Seguridad Para el SPT 02.....	184

Figura 55 Variación (%) de la Fuerza Cortante Basal Estático en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X	190
Figura 56 Variación (%) de Fuerza Cortante Basal Estático en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y	191
Figura 57 Variación (%) del Efecto por Torsión Estático en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X	195
Figura 58 Variación (%) del Efecto por Torsión Estático en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y	196
Figura 59 Variación (%) del Momento de Volteo Estático en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X	200
Figura 60 Variación (%) del Momento de Volteo Estático en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y	201
Figura 61 Variación de Curvas de Distorsiones de Entrepiso Estático en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X.....	206
Figura 62 Variación de Curvas de Distorsiones de Entrepiso Estático en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y.....	212
Figura 63 Variación de Curvas de Periodos y Modos de Vibrar en Perfiles de Suelo S2 y S3	219
Figura 64 Variación (%) de la Fuerza Cortante Basal Dinámico en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X	223
Figura 65 Variación (%) de Fuerza Cortante Basal Dinámico en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y	224
Figura 66 Variación (%) del Efecto por Torsión Dinámico en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X	228
Figura 67 Variación (%) del Efecto por Torsión en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y	229
Figura 68 Variación (%) del Momento de Volteo Dinámico en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección X-X	233
Figura 69 Variación (%) del Momento de Volteo Dinámico en Perfiles de Suelo S2 y S3 en la Dirección Y-Y	234
Figura 70 Variación de Curvas de Distorsiones de Entrepiso Dinámico en Perfiles de Suelo S2 y S3 en Dirección X-X.....	239
Figura 71 Variación de Curvas de Distorsiones de Entrepiso Dinámico en Perfiles de Suelo S2 y S3 en Dirección Y-Y.....	245
Figura 72 Compendio de Discusiones de Investigaciones respecto a la Presente Investigación	255

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo de la Tensión Total	44
Ecuación 2 Cálculo de la Tensión Efectiva	45
Ecuación 3 Cálculo de la Tensión Intersticial	45
Ecuación 4 Cálculo del $(N_1)_{60}$	59
Ecuación 5 Cálculo de N_{60}	59
Ecuación 6 Cálculo de la Presión de Sobrecarga (C_N).....	60
Ecuación 7 Cálculo del CSR	62
Ecuación 8 Cálculo de r_d , consideración.....	63
Ecuación 9 Cálculo de r_d , consideración 2.....	63
Ecuación 10 Cálculo de r_d , consideración 3.....	63
Ecuación 11 Cálculo del $CRR_{7.5}$	63
Ecuación 12 Cálculo del CRR_M	64
Ecuación 13 Cálculo del Factor de Seguridad, Según el RNE E.050	65
Ecuación 14 Cálculo del Valor Normalizado $N_{1,60}$, Según la Norma NCSP-07	65
Ecuación 15 Cálculo del C_N , Según la Norma NCSP-07	66
Ecuación 16 Cálculo del N_{60} , Según la Norma NCSP-07.....	66
Ecuación 17 Cálculo de τ_E , Según la Norma NCSP-07.....	67
Ecuación 18 Consideración 1 para el Cálculo de r_d , Según la Norma NCSP-07	67
Ecuación 19 Consideración 2 para el Cálculo de r_d , Según la Norma NCSP-07	67
Ecuación 20 Cálculo de la tensión tangencial crítica τ_L	67
Ecuación 21 Cálculo de K_M , Según la Norma NCSP-07.....	67
Ecuación 22 Evaluación del Riesgo de Licuación Según la Norma NCSP-07.....	68
Ecuación 23 Cálculo del Valor Normalizado $N_{1,60}$, Según la Norma NCSP-02.....	69
Ecuación 24 Cálculo de τ_E , Según la Norma NCSE-02.....	69
Ecuación 25 Cálculo de r_d , Según la Norma NCSE-02.....	69
Ecuación 26 Cálculo de la Resistencia del Suelo a la Licuación (R_L).....	70
Ecuación 27 Cálculo de K_M , Según la Norma NCSE-02.....	70
Ecuación 28 Evaluación del Riesgo de Licuación, Según la Norma NCSE-02.....	71
Ecuación 29 Factor de Amplificación Sísmica $T < T_p$, Según el RNE E.030-2019.....	74
Ecuación 30 Factor de Amplificación Sísmica $T_p < T < T_L$, Según el RNE E.030-2019.....	74
Ecuación 31 Factor de Amplificación Sísmica $T > T_L$, Según el RNE E.030-2019.....	74
Ecuación 32 Periodo Fundamental de Vibración	74
Ecuación 33 Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas R	79
Ecuación 34 Expresión para Calcular Fuerza Cortante en la Base	81
Ecuación 35 Estimación de C/R, Según el RNE E.030-2019.....	81
Ecuación 36 Factor de Repartición de Fuerza Sísmica en Altura, Según el RNE E.030-2019.....	81
Ecuación 37 Factor de Altura de la Estructura (1), según el RNE E.030-2019	81
Ecuación 38 Factor de Altura de la Estructura (2), Según Norma E.030-2019	82
Ecuación 39 Momento Torsor Accidental, Según el RNE E.030-2019.....	82
Ecuación 40 Espectro de Pseudo Aceleración, Según el RNE E.030-2019.....	84
Ecuación 41 Resistencia Requerida 1	84
Ecuación 42 Resistencia Requerida 2.....	84
Ecuación 43 Resistencia Requerida 3	84
Ecuación 44 Velocidad de Onda de Corte	86
Ecuación 45 Periodo de Vibración Fundamental de la Estructura.....	87
Ecuación 46 Frecuencia Adimensional Para Zapatas	87
Ecuación 47 Relación de Rigidez del Suelo a la Cimentación	87
Ecuación 48 Cálculo de la Rigidez Dinámica (k_j)	87
Ecuación 49 Cálculo de la Rigidez Estática (K_{emb})	87

RESUMEN

En presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la respuesta estructural por efecto del potencial de licuación en perfiles de suelo S2 y S3, para diferentes bases de cimentación del Hospital MINSA II-2 Moyobamba-San Martín, 2022. En este sentido, la presente investigación comprende un aspecto de nivel descriptivo-explicativo, debido a que, se describen las metodologías y expresiones del potencial de licuación que evidencia la normativa peruana (RNE E.050) y española (NCSP-07 & NCSE-02), para explicar las similitudes y diferencias, por medio de dos ensayos de penetración estándar (SPT).

Además, se desarrolla el modelo de base flexible propuesto por los investigadores Pais & Kausel, (1998) y, a su vez, adoptado por la normativa norteamericana NIST GCR 12- 917-21, (2012), para explicar las variaciones porcentuales de las respuestas estructurales de 12 edificaciones independientes de concreto armado destinados al uso de un Hospital, al considerar una base flexible sin amortiguamiento y con amortiguamiento, respecto a una base empotrada sobre perfiles de suelo S2 y S3. Por consiguiente, el promedio de resultados encontrados con respecto al CSR, empleando la normativa peruana (RNE E.050) y española (NCSP-07 & NCSE-02) se obtuvo 0.477, 0.008 y 0.048 respectivamente, en cambio, los resultados del CRR se consiguió 0.169, 0.009 y 0.056, no obstante, los resultados del FS_L se determinó 0.354, 1.125 y 0.037. Por otra parte, se obtuvo que la máxima variación de los periodos en el edificio promedio de 6 pisos para un perfil de suelo S2 y S3 resultó un 39.09% y 93.81% respectivamente, además, la mínima variación resultó un 32.63% y 74.15%.

Finalmente, la presente investigación pretende contribuir a la comunidad académica, para continuar los estudios sobre el efecto del potencial de licuación por medio de IDSE, también, como parte de una propuesta para ser incorporado en el RNE E.030 y E.050.

Palabras Claves: Potencial de Licuación, Respuesta Estructural y Base Flexible.

ABSTRACT

In this research work, the objective was to determine the structural response due to the effect of the liquefaction potential in soil profiles S2 and S3, for different foundation bases of the MINSA II-2 Moyobamba-San Martín Hospital, 2022. In this sense, the present The research includes a descriptive-explanatory level aspect, due to the fact that the methodologies and expressions of the liquefaction potential evidenced by the Peruvian (RNE E.050) and Spanish (NCSP-07 & NCSE-02) regulations are described, to explain the similarities and differences, by means of two standard penetration tests (SPT).

In addition, the flexible base model proposed by the researchers Pais & Kausel, (1998) is developed and, in turn, adopted by the North American standard NIST GCR 12-917-21, (2012), to explain the percentage variations of the Structural responses of 12 independent reinforced concrete buildings destined for the use of a Hospital, when considering a flexible base without damping and with damping, with respect to an embedded base on soil profiles S2 and S3. Therefore, the average of results found with respect to the CSR, using the Peruvian (RNE E.050) and Spanish (NCSP-07 & NCSE-02) regulations, was obtained 0.477, 0.008 and 0.048 respectively, on the other hand, the results of the CRR 0.169, 0.009 and 0.056 were obtained, however, the results of the FSL were determined to be 0.354, 1.125 and 0.037. On the other hand, it was obtained that the maximum variation of the periods in the average building of 6 floors for a soil profile S2 and S3 was 39.09% and 93.81% respectively, in addition, the minimum variation was 32.63% and 74.15%.

Finally, this research aims to contribute to the academic community, to continue studies on the effect of liquefaction potential through IDSE, also, as part of a proposal to be incorporated into RNE E.030 and E.050.

Keywords: Liquefaction Potential, Structural Response and Flexible Base.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- Abascal Carranza, C., Gurza Jaidar, L., Guevara Ortíz, E., Quaas Weppen, R., & Fernández Villagómez, G. (2006). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Obtenido de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/4049>
- Alva Hurtado, J., Meneses Loja, J., Chang Chang, L., Lara Montani, J., & Nishimura, T. (1992). Efectos en el Terreno Ocasionados por los Sismos del Alto Mayo. *Ponencia presentada en el IX Congreso Nacional de Ingeniería Civi*.
- Alva Hurtado, J., & Ortiz Salas, C. (Noviembre de 2020). Update on the Occurrence of the Soil Liquefaction Phenomenon in Perú. *TECNIA*, 30(2), 6-17. doi:<https://doi.org/10.21754/tecnica.v30i2.756>
- Araca Llanos, Gomez Catacora, Cahui Galarza, & Marin Mamani. (2020). Influencia de la Interacción Suelo-Estructura en el Comportamiento de las Viviendas Aporticadas con Zapatas Aisladas en la Ciudad de Juliaca. *Revista Científica de la UCSA*, 7(2), 70-81. doi:<https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.02.070>
- Arias Gonzáles, J. L. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación*.
- Arias Marín, P. (2016). Interacción Dinámica Suelo-Estructura Aplicada a Distintas Geometrías de Cimentación (Vibración Transmitida del Suelo a la Estructura). *Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Avilés, J., & Pérez Rocha, L. E. (2004). Bases Para las Nuevas Disposiciones Reglamentarias Sobre Interacción Dinámica Suelo-Estructura. *Revista de Ingeniería Sismica*(71), 1-36.
- Bazán, E., & Meli, R. (2004). *Diseño Sísmico de Edificios*. Limusa Noriega Editores.
- Beatríz Palacios, S., Perucca, L. P., Pantano, A., & Gabriela Laura. (2017). Propuesta Metodológica para el Análisis de la Licuefacción de Suelos Asociada a Sismos Destructivos. Pre-Andes Centrales, Argentina (31o 30' S y 68o 25' O). *Anuario Do Instituto de Geociências*, 40(1), 55-59. doi:http://dx.doi.org/10.11137/2017_1_55_69
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación*. Colombia.
- Bishop, A. W., & Bligh, G. E. (September de 1963). Some Aspects of Effective Stress in Saturated and Partly Saturated Soils. *Géotechnique*, 13(3), 177-197. doi:<https://doi.org/10.1680/geot.1963.13.3.177>
- Blanco Blasco, A. (1994). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*.
- Boroscheck Krauskopf, R., Astroza Inostroza, M., & Osorio Urzúa, C. (1996). Capacidad de Respuesta de Hospitales Ante Desastres Sísmicos. Aspectos no Estructurales. *International Conference on Disaster Mitigation in Health Facilities*.
- Braja M, D. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*.
- Calderín Mestre, F., Almenarez Labañino, D., & Boada Fernández, D. (2020). Consideración del Fenómeno de Interacción Suelo-Estructura en Edificio Prefabricado. *Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba*, 1(4), 79-94.
- Campos Muñoz, D. D., Ramos Cañón, A. M., & Prada Sarmiento, L. F. (2017). Evaluación Probabilística de Licuación en Arenas de la Ciudad de Piura en Perú. *Obras y proyectos*, (22), 61-74. *Obras y Proyectos*(22), 61-74. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132017000200061>

- Centeno Reyes, I., & Pérez Alvarado, C. (2017). Análisis Comparativo entre el Método Estático Equivalente y el Método por Desempeño Sísmico en el Diseño de Edificios de Estructuras de Acero. *Tesis Para Optar el Título de Ingeniero Civil*. Universidad de El Salvador.
- Civil, I. N. (2009). *Lecciones Aprendidas del Sismo de Pisco 15 de Agosto 2007*. Lima, Perú. Obtenido de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1259/doc1259-contenido.pdf>
- Coronado, C. A., Villafañe, G., & Ríos, L. C. (s.f.). Resistencia de los Suelos a la Licuación: Comentarios de la Norma NSR-98. *X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana*.
- Corratgé Yzaguirre, Z., Martínez Cid, J. O., & Cobelo Cristiá, W. (2021). Influencia de la Interacción Dinámica Suelo-Estructura en el Mecanismo de Colapso y Nivel de Desempeño de Edificaciones de Hormigón Armado. *Hormigón y Acero*, 73(296), 41-53. doi:<https://doi.org/10.33586/hya.2021.3027>
- Curioso Ccanto, R. C., & Torres Castillo, A. J. (2020). Influencia de la Interacción Suelo-Estructura en Edificaciones Aporticadas (Oficinas) de 4, 8 y 12 Pisos en Perfiles de Suelo S1, S2 y S3 de Lima-Perú Bajo la Normativa Americana NIST GCR 12-917-21. *Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniería Civil*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Lima, Perú.
- Díaz Rodríguez, A. (2005). *Dinámica de Suelos*. México: Limusa: Universidad Nacional Autónoma de México .
- Fauzan, Hanifah, N., Peratundhika, W., Mutia Putri, M., & Al jauhari, Z. (13 de Marzo de 2020). Structural Evaluation of 3-Story Dormitory Reinforced Concrete Building Considering Soil Liquefaction Potential. *E3S Web of Conferences* , 156(05015), 8. doi:<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015605015>
- Fernández Sola, L. R. (2013). Influencia de la Interacción Dinámica Suelo-Estructura en la Respuesta Dinámica de las Estructuras. *Ingeniería*.
- Fernández Sola, L. R., & Avilés López , J. (2008). Efectos de Interacción Suelo-Estructura en Edificios con Planta Baja Blanda. *Revista de Ingeniería Sísmica*(78), 71-90.
- Flames González, A. V. (2012). *Trabajo de Grado Cuantitativo y Cualitativo*.
- Fomento, G. d. (2008). Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07). *Serie Normativas*. España.
- Fomento, G. d. (2009). *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02)*. España.
- Garcéz Paz, H. (2000). *Investigación Científica*.
- García Núñez , J. R. (2007). Análisis Comparativo del Fenómeno de Licuación en Arenas. Aplicación Tumaco (Colombia). *Tesis Doctoral*. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. Obtenido de <https://www.tdx.cat/handle/10803/6249#page=5>
- Gastón Ríos , H. (s.f.). *Perfil Bio-Sísmico de Edificios Representativos de la Construcción en Altura de la Ciudad de Antofagasta*.
- Guzmán Ventura , J., Williams Linera, F., Riquer Trujillo, G., Vargas Colorado, A., & Leyva Soberanis, R. (3 de Julio de 2020). Fallas de Licuación de Suelos Inducidas por el Sismo de TEHUANTEPEC del 7 de Setiembre de 2017 (Mw 8.2) en la Ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, México. *Revista de Ingeniería Sísmica*(102), 82-106. doi:10.18867/ris.102.526

- Henríquez Pantaleon , C. I. (2007). Mejora de Terrenos Potencialmente Licuables con Inyecciones de Compactación. *Tesis Doctoral*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Obtenido de <https://oa.upm.es/379/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Bautista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*.
- Herraíz Sarachaga, M. (1997). *Conceptos Básicos de Sismología Para Ingenieros*. Lima, Perú. Obtenido de http://www.cismid.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2019/12/publi_3_.pdf
- Hossne García, A. (Junio de 2014). Elastoplasticidad de un Suelo Franco Arenoso de Sabana. *Saber*, 26(2), 153-167. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622014000200008&lng=es&tlng=es.
- Idriss, & Boulanger. (2008). *Soil Liquefaction During Earthquakes*.
- Idriss, I., & Boulanger, R. (2004). Semi-Empirical Procedures for Evaluating. *Department of Civil & Environmental Engineering University of California*, 32-56.
- IGP. (2020). Alerta que Protege a las Familias Peruanas.
- Imán, R., & Mohsen Olapour, M. (2013). Empirical Correlation between shear wave velocity and SPT test in Soils of.
- INDECI. (2005). *Mapa de Peligros de la Ciudad de Moyobamba*. Perú.
- Infraestructura, M. d. (2005). *Revisión y Actualización del Reglamento Nacional de Construcción*. Nicaragua.
- Kavazanjian , J., Matasović , N., Hadj-Hamou, T., & Sabatini, P. (1997). *Geotechnical Engineering Circular No. 3 Design Guidance: Geotechnical Earthquake Engineering for Highways*.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*.
- López Machado, N. A., Perez, G., Castro Pilco, C. F., Vielma Pérez, J. C., López Machado, L. J., Alviar Malabet, J. D., . . . Montesinos , V. (2021). Comparación de Diseño Estructural Entre Dos Edificaciones de Concreto Armado de Seis Niveles Utilizando Interacción Suelo-Estructura en el Rango Lineal. *Ingeniería e Investigación*, 42(1). doi:<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v42n1.86819>
- M. J., & K. B. (2016). *Soil Liquefaction A Critical State Approach*. Londres. doi:<https://doi.org/10.1201/b19114>
- Maletta, H. (2009). *Epistemología Aplicada: Metodología y Técnica de la Producción Científica* .
- Marín Bardalez, N. H., & Evangelista Benites , G. D. (Agosto-Diciembre de 2021). Influencia de la Resistencia del Suelo Mejorado en el Diseño de Losa de Cimentación Mediante un Modelo de Interacción Suelo-Estructura. 8(2), 159-172. doi:<https://doi.org/10.26495/icti.v8i2.1916>
- McCormac, J. (2010). *Análisis de Estructuras Métodos Clásico y Matricial*. Alfaomega.
- Meli Piralla, R. (2010). *Diseño Estructural*. México: Limusa Noriega Editores.
- MIL-HDBK. (1997). *SOIL DYNAMICS AND SPECIAL DESIGN ASPECTS*.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2019). *E.030 Diseño Sismorresistente*.
- Morales, L., & Espinosa , A. (30 de Junio de 2020). Influencia de la Interacción Suelo Estructura (ISE) de Cimentaciones Superficiales en Suelos no cohesivos en el Comportamiento Estructural de una Edificación de 8 Pisos y un Subsuelo. *Revista Ingenio*, 3(1), 5-26. doi:<https://doi.org/10.29166/ingenio.v3i1.2391>

- Muñoz, A. (2002). *Ingeniería Sismorresistente*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Mussio Arias, V. (2012). Potencial de Licuación Mediante el Método de Microtremores en la Colonia Solidaridad Social, Mexicali. *Maestro en Ingeniería*. Universidad Autónoma de México, México. Obtenido de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/92682>
- Obando Rivera, T. E. (2009). *Estado actual del Conocimiento del Proceso Cíclico de Licuefacción en Suelos Sujetos a Solicitaciones Sísmicas. Ejemplos de Casos*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/proceso-ciclico-licuefaccion-suelos-sismicas/proceso-ciclico-licuefaccion-suelos-sismicas.pdf>
- OPS. (2020). Terremotos.
- Parra, D., Ayquipa, C., Aguilar, Z., & Alva Hurtado, J. E. (1992). Evaluación del Potencial de Licuación de Suelos en la Ciudad de Moyobamba. *Ponencia presentada en el IX Congreso Nacional de Ingeniería Civil*.
- Parra Murrugarra, D. (s.f.). *Licuación de Suelos y Resistencia Cíclica*. Obtenido de <https://fddocuments.ec/reader/full/licuacion-de-suelos-y-resistencia-ciclica-ing>
- Pastor, J. L., R. T., Cano, M., & Riquelme, A. (Octubre de 2018). Estudio Comparativo del Potencial de Licuación de Suelos Usando las Normas Españolas y el Eurocódigo. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 70(3), 761-778. doi:<http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2018v70n3a9>
- Pinto Vega, F., & Ledezma, C. (22 de Marzo de 2019). Interacción Suelo-Estructura en Edificios de Gran Altura con Subterráneos en Santiago, Chile. *Obras y Proyectos*, 25, 66-75. doi:doi.org/10.4067/S0718-28132019000100066
- Rafferty, J. (2021). *Enciclopedia Británica*. Obtenido de <https://www.britannica.com/science/soil-liquefaction>
- Rahhal, M., & Zakhem, D. (2017). New Insights in the Liquefaction Potential Evaluation Methods for Soils. *ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*, 1082-1094. doi:DOI: 10.7712/120117.5478.18171
- Ramos Galarza, C. (2020). Los Alcances de una Investigación. *CienciAmericana*, 9(3). doi:<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Ringegni, P., & Martínez del Pezzo, A. (2018). *Vibraciones de un Grado de Libertad*. Universidad Nacional de la Plata.
- Rodríguez, A., Bojórquez Mora, E., Reyes Salazar, A., Avilés, J., & Ruiz Gómez, S. (2017). Determinación de Espectros de Respuesta Considerando Daño Acumulado e Interacción Suelo-Estructura. *Revista de Ingeniería Sísmica*(96), 18-38. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61851598002>
- Rodríguez Rodríguez, P. C. (2007). Diseño de un Edificio de Cinco Pisos Para Oficinas en Concreto Armado. *Tesis Para Optar el Título de Ingeniero Civil*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Obtenido de [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/165/RODRIGUEZ_PATRICIA_DISE%
c3%91O_EDIFICIO_CINCO_PISOS_OFICINAS_CONCRETO_ARMADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/165/RODRIGUEZ_PATRICIA_DISE%c3%91O_EDIFICIO_CINCO_PISOS_OFICINAS_CONCRETO_ARMADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez, M. E. (2016). Una Revisión Crítica de la Práctica de Diseño por Sismo de Estructuras en México. *Revista de Ingeniería Sísmica*(94), 27-48. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n94/0185-092X-ris-94-00027.pdf>

- Rouholamin, M., Bhattacharya, S., & Orense, R. (2017). Effect of Initial Relative Density on the Post-Liquefaction Behaviour of Sand. *Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 97, 25-36. doi:<https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.02.007>
- Ruiz García , J., & González Cuevas, E. J. (2015). Observaciones Sobre los Criterios Normativos Para Estimar Desplazamientos Inelásticos en Edificios a Base de Marcos Ubicados en Terreno Blando. *Revista de Ingeniería Sísmica*(93), 20-40. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n93/0185-092X-93-00020.pdf>
- Sadud, F. (2020). Mapas de Susceptibilidad de Licuefacción Potencial Ciudad de Santa Cruz de la Sierra - Bolivia. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y el Ambiente*(44), 1-14.
- Salazar Arbelaez , G. (2018). Terremotos y Salud: Lecciones y Recomendaciones. *Salud Pública de México*, 60, S6-S15. doi:<https://doi.org/10.21149/9445>
- Salud, O. P. (2020). Terremotos.
- Seed, H. (1979). Soil Liquefaction and Cyclic Mobility Evaluation for Level Ground During Earthquakes. *Revista División de Ingeniería Geotécnica, ASCE*, 105, 210-255.
- Seed, Mori, & Chan. (1975). "Influence of Seismic History on the Liquefaction Characteristics of Sands. *University of California*.
- SENCICO. (2020). *Norma E.020 Cargas*. Lima, Perú.
- SENCICO. (2020). *Norma E.050 Suelos y Cimentaciones*. Lima, Perú.
- SENCICO. (2020). *Norma E.060 Concreto Armado*. Lima, Perú.
- Shannon, & Wilson. (1972). *Soil Behavior Under Earthquake Loading Conditions*.
- Solis Peralta, F. (2016). Evaluación de los Desplazamientos Laterales Ante Eventos Sísmicos en las Edificaciones de la Ciudad de Juliaca. *Tesis Para Optar el Grado de Ingeniero Civil*. Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.
- Soriano, A. (1989). *Interacción Suelo Estructura. Modificación del Movimiento*. Madrid.
- Sucasaca Collanqui, H., & Mamani Vargas, J. H. (2017). Evaluación de los Efectos de Interacción Suelo-Estructura en el Estadio Universitario UNA-PUNO. *Tesis para Optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4975>
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El Proceso de la Investigación Científica*. México: Editorial Limusa, S.A.
- Tavera, H. (2014). *Evaluación del Peligro Asociado a los Sismos y Efectos Secundarios en Perú*. Lima, Perú: Instituto Geofísico del Perú (IGP). Obtenido de <https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/777/peligrosismos-Per%c3%ba.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tena Colunga, A. (2019). Soil-Structure Interaction. Reflections About Its Importance In The Dynamic Response Of Structures During Earthquakes. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 24(2), 141-165.
- Terzaghi, K., Peck, R., & Gholamreza , M. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (Third Edition ed.).
- Torroja Miret, E. (2010). *Razón y Ser de los Tipos Estructurales*. Madrid.
- Vargas Cordero, Z. R. (2009). La investigación Aplicada: Una Forma de Conocer las Realidades con Evidencia Científica. *Revista Educación*, 33(1), 155-165. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

- Villareal Castro, G. A., & Aguila Gomez, C. T. (Agosto de 2021). Interacción Suelo-Estructura y su Influencia en la Respuesta Sísmica de Edificios de Concreto Armado. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 26(3), 426-471. doi:<https://doi.org/10.24133/riie.v26i3.2336>
- Villareal Catro, G. (2017). *Interacción Sísmica Suelo-Estructura en Edificaciones con Plateas de Cimentación*.
- Yarlequé Chocas, L. A. (2011). *Instrumentos de Investigación Científica. Diseño y Construcción*.
- Yauri, S. (2017). *Escenario Sísmico Para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8Mw*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). Obtenido de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201711231521471-1.pdf>
- Youd, Idriss, Andrus, R., Arango, I., Gonzalo Castro, Jhon Christian , . . . Stokoe II, K. (Octubre de 2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127(10). doi:DOI: 10.1061/(ASCE)1090-0241(2001)127:10(817)
- Zeevaert, L. (1980). *Interacción Suelo-Estructura de Ciamentación*. Limusa, S.A.