

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Evaluación de las características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la urbanización los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca-Puno con fines de cimentaciones.

Por:

Efrain Vizcarra Choque

Alberto Estrada Estrada

Asesor:

Ing. Gerardo William Pari Quispe

Juliaca, julio de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Gerardo William Pari Quispe, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Evaluación de las características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la urbanización los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca-Puno con fines de cimentaciones" constituye a la memoria que presentan los Bachilleres Efrain Vizcarra Choque y Alberto Estrada Estrada para aspirar al título Profesional del Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los doce días del mes de julio del año dos mil diecinueve.



Ing. Gerardo William Pari Quispe

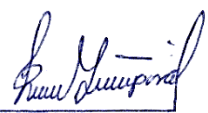
**Evaluación de las características físico-químicas y mecánicas
de los suelos de la urbanización los Ángeles de Miraflores de
la ciudad de Juliaca-Puno con fines de cimentaciones**

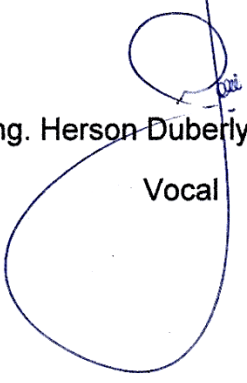
TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

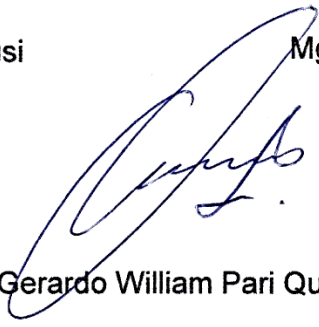
JURADO CALIFICADOR


Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari
Presidente


Ing. Rina Luzmeri Yampari Ticona
Secretario


Ing. Herson Duberly Pari Cusi
Vocal


Mg. Arnaldo Cahui Galarza
Vocal


Ing. Gerardo William Pari Quispe
Asesor

Juliaca, 12 de Julio de 2019

DEDICATORIA

A mis padres German y Rogelia por ser mi motivación que me han impulsado para seguir adelante y a mis hermanas por su apoyo incondicional a lo largo de este proyecto de investigación.

Efrain V.

El presente trabajo realizado para obtener mi título se lo dedico a mis padres Delfín y Juana y a mis hermanos quienes me brindaron el apoyo en mi vida profesional.

Alberto E.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos guiado y acompañado en el transcurso de nuestra carrera profesional, por ser nuestra fortaleza en momentos difíciles.

A los docentes de ingeniería civil de la Universidad Peruana Unión por impartir sus conocimientos y experiencias para nuestro desarrollo profesional.

A Ing. Gerardo W. Pari Quispe por su asesoría constante en el desarrollo de tesis para optar el título profesional del ingeniero civil.

A Ing. Herson Duberly Pari Cusi, por su asesoría en la parte estructural de métodos flexibles aplicando Interacción Suelo-Cimiento-Estructura.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVII
SÍMBOLOS USADOS	XVIII
RESUMEN.....	XX
ABSTRACT	XXI
CAPÍTULO I.....	22
GENERALIDADES	22
1.1 Planteamiento del problema.....	22
1.2 Formulación del problema.....	22
1.2.1. Problema general.....	22
1.2.2. Problemas específicos	22
1.3 Justificación	23
1.4 Objetivos de la investigación	23
1.4.1. Objetivo General	23
1.4.2. Objetivos Específicos	23
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1 Antecedentes de investigación.....	24
2.1.1. Antecedentes internacionales	24
2.1.2. Antecedentes nacionales	25
2.2 Fundamentos teóricos.....	25
2.2.1. Estudio de mecánica de suelos.....	25
2.2.2. Cimentaciones Superficiales	26
2.2.2.1. Zapatas de fundación.....	26
2.2.2.2. Losas de cimentación.....	27
2.2.3. Capacidad portante del suelo.....	28
2.2.3.1. Capacidad ultima de carga en cimentaciones	28
2.2.3.2. Modos de falla a corte en el suelo	28
2.2.4. Propiedades mecánicas de los suelos	30
2.2.4.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT).....	30
2.2.4.2. Capacidad admisible en suelos arenosos a partir de ensayos SPT.....	30
2.2.4.3. Módulo elástico en función de número de golpes del SPT.	31

2.2.4.4.	Peso específico del suelo en función del SPT	31
2.2.5.	Propiedades físicas de los suelos	32
2.2.5.1.	Textura.....	32
2.2.5.2.	Color	33
2.2.6.	Propiedades químicas del suelo.....	33
2.2.6.1.	Contenido de pH en el agua.....	33
2.2.6.2.	Exposición a sulfatos.....	34
2.2.6.3.	Exposición a cloruros	34
2.2.6.4.	Contenidos de sales.....	35
2.2.7.	Predimensionamiento de elementos estructurales	35
2.2.7.1.	Predimensionamiento de vigas	35
2.2.7.2.	Predimensionamiento de losa aligerada.....	36
2.2.7.3.	Predimensionamiento de columnas.....	36
2.2.8.	Sistema estructural	37
2.2.8.1.	Factor de la zonificación.....	37
2.2.8.2.	Parámetros de Sitio (S, TP y TL).....	37
2.2.8.3.	Factor de amplificación sísmica (C).....	38
2.2.8.4.	Sistema estructural y reducción de las fuerzas sísmicas R0	38
2.2.8.5.	Análisis sísmico estático	39
2.2.8.6.	Análisis sísmico dinámico	39
2.2.9.	Carga última de la edificación	39
2.2.10.	Fases de asentamientos de un área de cimentación.....	39
2.2.11.	Diseño de cimentaciones superficiales.....	40
2.2.12.	Funciones de impedancia por ASCE 41-17, Pais & Kausel y Gazetas	42
2.2.12.1.	Velocidad de onda de corte.....	42
2.2.12.2.	Coeficientes de reducción para G_{máx}	43
2.2.12.3.	Consideraciones del ASCE 41-17	43
2.2.12.4.	Consideraciones por Pais y Kausel, 1985	46
2.2.12.1.	Consideraciones por GAZETAS, 1983	54
2.2.13.	Método flexible considerando el modelo Winkler.....	57
2.2.13.1.	Definición	57
2.2.13.2.	Método de coeficiente de balasto	58
2.2.13.3.	Coeficiente de balasto por Vesic k_v	59
2.2.13.4.	Coeficiente de balasto por Terzagui k_T	59
2.2.13.5.	Coeficiente de balasto por Nelson Morrison	60
2.2.13.6.	Coeficiente de balasto por Klepikov	61
2.2.13.7.	Coeficiente de balasto por N60 SPT	61
2.2.14.	Norma de diseño E.060 concreto armado	63
2.2.14.1.	Cálculo de momento.	64

2.2.14.2.	Cortante unidireccional.....	64
2.2.14.3.	Cortante bidireccional.....	65
2.2.14.4.	Peralte efectivo por corte y punzonamiento.....	65
2.2.15.	Método de Winkler	65
2.2.16.	Hipótesis	72
2.2.16.1.	Hipótesis general	72
CAPÍTULO III.....		73
MATERIALES Y MÉTODOS.....		73
3.1	Diseño y tipo de investigación	73
3.1.1.	Definición del enfoque de la investigación.....	73
3.1.2.	Diseño de investigación	73
3.1.3.	Definición del tipo de la investigación.....	73
3.1.4.	Definición del alcance de la investigación a realizar.	74
3.2	Definición de las Variables de investigación.....	74
3.2.1.	Variables independientes	74
3.2.2.	Variables dependientes.....	75
3.3	Operacionalización de variables.....	75
3.4	Datos generales de la zona de estudio	75
3.4.1.	La ubicación geográfica	75
3.4.1.1.	Topografía.....	75
3.4.1.2.	Geomorfología	75
3.4.1.3.	Clima.....	77
3.5	Identificación de la población y tamaño de muestra	77
3.5.1.	Población	77
3.5.2.	Tamaño de muestra	78
3.6	Esfuerzo en el terreno debido a una carga rectangular	79
3.6.1.	Cálculo de influencia para el caso cargas rectangulares	80
3.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	82
3.7.1.	Técnicas.....	82
3.7.2.	Instrumentos	83
3.7.3.	Procedimiento para el desarrollo de la investigación	83
3.8	Predimensionamiento de elementos estructurales	85
3.8.1.	Predimensionamiento de vigas	85
3.8.2.	Predimensionamiento losas aligeradas	85
3.8.3.	Predimensionamiento de columnas.....	86
3.9	Profundidad de los sondajes	86
3.9.1.	Muestreo de suelos.....	86
3.9.2.	Muestras inalteradas.....	87
3.9.3.	Muestras alteradas.....	87

3.10	Determinación de los suelos	88
3.10.1.	Análisis granulométrico	89
3.10.1.1.	Gradación	91
3.10.2.	Determinación de contenido de humedad.	92
3.10.3.	Determinación de la plasticidad de los suelos	92
3.10.4.	Determinación de la densidad relativa.....	94
3.10.5.	Determinación de Angulo de fricción	95
3.11	Determinación de módulo de elasticidad con N60	96
3.12	Determinación de coeficientes de balasto	97
3.12.1.	Módulo de balasto por Vesic <i>kv</i>	97
3.12.2.	Módulo de balasto por Terzagui <i>kT</i>	97
3.12.3.	Módulo de balasto por Nelson Morrison <i>kNM</i>	97
3.12.4.	Módulo de balasto por Klepikov <i>kk</i>	97
3.12.5.	Módulo de balasto por N60 <i>kSPT</i>	98
3.13	Análisis sísmico.....	98
3.13.1.	Vivienda de 3 niveles (sistema estructural aporticado)	98
3.13.2.	Vivienda de 5 niveles (sistema estructural dual).....	102
3.14	Análisis sísmico con Interacción Suelo, Cimiento y Estructura	106
3.14.1.	Interacción Suelo-Cimiento-Estructura para 3 y 5 niveles	106
3.14.2.	Determinación de los coeficientes de rigideces	106
3.14.2.1.	Resumen de coeficientes de rigideces para 3 niveles	117
3.14.2.2.	Resumen de coeficientes de rigideces para 5 niveles	118
3.14.3.	Asignación de los coeficientes de rigidez al modelo estructural	120
3.15	Análisis físico-químico del suelo.....	122
3.15.1.	Textura.....	122
3.15.2.	Cloruros	122
3.15.3.	Sulfatos.....	123
3.15.4.	Contenido de pH	124
3.15.5.	Contenido de conductividad eléctrica	125
3.15.6.	Características del agua.....	126
3.16	Diseño de zapatas aisladas convencional.....	126
3.16.1.	Diseño de zapata central.....	126
3.17	Diseño de zapata aislada con método Winkler	134
3.18	Análisis y diseño para vivienda unifamiliar de 3 niveles.....	141
3.18.1.	Verificación de asentamiento	141
3.18.2.	Verificación de presiones	142
3.18.3.	Verificación del punzonamiento.....	143
3.18.4.	Diseño de zapatas aisladas para 03 niveles.....	143
3.19	Análisis y diseño para vivienda unifamiliar de 05 niveles.....	145

CAPÍTULO IV	150
RESULTADOS Y DISCUSIONES	150
4.	150
4.1 Resultados de los ensayos de laboratorio	150
4.1.1. Perfil de la capacidad admisible versus la profundidad	150
4.1.2. Caracterización de suelos	151
4.1.3. Resultados de la densidad relativa.....	153
4.1.4. Resultados de ángulo de fricción.....	153
4.1.5. Resultados de la capacidad portante del suelo	154
4.2 Resultados de análisis físico- químico de los suelos	154
4.2.1. Análisis físico del suelo	154
4.2.1.1. Agua para el concreto	155
4.2.2. Análisis químico	155
4.2.2.1. Exposición a cloruros	156
4.2.2.2. Exposición a sulfatos.....	156
4.2.2.3. Exposición a sales	157
4.3 Análisis sísmico dinámico	157
4.3.1. Desplazamientos máximos	158
4.3.2. Derivas de entrepiso	161
4.3.3. Periodo fundamental de la estructura.....	165
4.3.4. Fuerzas cortantes	167
4.3.4.1. Fuerzas cortantes en la base	167
4.3.4.2. Distribución de fuerzas cortantes	168
4.3.5. Momento de volteo.....	172
4.3.6. Diseño de cimentaciones con SAFE y Manual.	175
4.4 Diseño de cimentaciones	176
4.4.1. Verificación de asentamientos en el diseño de zapata aislada y losa.....	176
4.4.1.1. Asentamiento en zapatas aisladas para 03 niveles	176
4.4.1.2. Asentamiento en losa de cimentación para 05 niveles	178
4.4.2. Verificación de presiones en el diseño de zapatas y losa de fundación.....	178
4.4.2.1. Presiones en zapatas aisladas para 03 niveles	178
4.4.2.2. Presiones en losa de cimentación para 5 niveles	179
4.4.3. Resultados de zapatas aisladas y losa de cimentación	180
4.4.3.1. Resumen de zapatas aisladas para 03 niveles.....	180
4.4.3.2. Resumen losa de cimentación para 05 niveles.....	180
4.5 Prueba de hipótesis	181
4.5.1. Primer Paso: Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alternativa	181
4.5.2. Segundo Paso: Seleccionar el nivel de significancia	182
4.5.2.1. Tipos de errores	182

4.5.3.	Tercer Paso: Seleccionar el estadístico de prueba.....	183
4.5.4.	Cuarto Paso: Formular la regla de decisión.....	183
4.5.5.	Quinto Paso: Tomar la decisión final	184
4.6	Prueba de hipótesis del proyecto	184
CAPÍTULO V		188
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		188
5.		188
5.1	Conclusiones	188
5.2	Recomendaciones.	189
5.3	Referencias bibliográficas	190
ANEXOS.....		193

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Determinación de capacidad admisible del suelo vs N60.....	31
Tabla 2. Determinación de peso específico vs SPT.	32
Tabla 3. Clasificación de partículas según la USDA.....	32
Tabla 4. Requisitos del agua para el concreto ACI 318 (NTP 339.088).....	33
Tabla 5. Requisitos para concreto expuestos a soluciones de sulfatos.....	34
Tabla 6. Requisitos para concreto expuestos a soluciones de cloruros y sulfatos comité ACI - 201.	34
Tabla 7. Tipos de suelos según contenido de sales USSL 1954.	35
Tabla 8. Predimensionamiento de losas aligeradas en una dirección	36
Tabla 9. Factores de la zona "Z"	37
Tabla 10. Factor de suelo "S"	38
Tabla 11. Factor del suelo vs el periodo "S".....	38
Tabla 12. Sistemas estructurales.	38
Tabla 13. Clasificación de los perfiles de suelo.	43
Tabla 14. Relación de módulo de corte efectivo (G / G0).....	43
Tabla 15. Resultados de diferentes autores para una fundación rectangular embebida.	47
Tabla 16. Valores K30 propuesta por Terzagui.	60
Tabla 17. Coeficiente de balasto a partir de la capacidad portante del suelo.	60
Tabla 18. Matriz reducida para el modelo Winkler	70
Tabla 19. Matriz representada para 9 nodos.....	71
Tabla 20. Fuerza equivalente de la matriz	71
Tabla 21. Fuerza equivalente para 9 nodos.	71
Tabla 22. Representación de variables.....	74
Tabla 23. Operacionalización de las variables independientes y dependientes	75
Tabla 24. Tipo de edificación según el RNE.	77
Tabla 25. Número de puntos de investigación según el RNE.....	78
Tabla 26. Resumen de los ensayos de los 7 puntos con SPT.....	88
Tabla 27. Ensayos realizados en in situ y en laboratorio.....	89
Tabla 28. Ensayo realizado para determinación de grado de contaminación.	89
Tabla 29. Límites del tamaño de suelos separados.	91
Tabla 30. Resultados del análisis granulométrico.	92
Tabla 31. Resultado del laboratorio el conenido de humedad.....	92
Tabla 32. Clasificación de suelos en relación de índice de plasticidad.....	93
Tabla 33. Determinación de índice de plasticidad.	94
Tabla 34. Densidad relativa en función del valor N60.	94
Tabla 35. Dr en arenas con los resultados de los ensayos normales de SPT.	95
Tabla 36. Correlaciones para el ángulo de fricción a partir del N1.	96
Tabla 37. Detalles de la edificación según el RNE E.030.....	99
Tabla 38. Espectro de aceleraciones (vivienda de 3 niveles).	101
Tabla 39. Espectro de aceleraciones (vivienda de 5 niveles).	105
Tabla 40. Resumen de resultado para una zapata 2.50x2.50m según Pais & Kausel (1985).....	116

Tabla 41. Coeficiente de rigidez traslación y rotación según el ASCE 41-13	117
Tabla 42. Coeficiente de rigidez traslación y rotación según Pais & Kausel.	117
Tabla 43. Amortiguamiento traslación y rotación según Pais & Kausel.	117
Tabla 44. Coeficiente de rigidez traslación y rotación según Gazetas.	118
Tabla 45. Coeficiente de rigidez según el ASCE 41-13 para 5 niveles.	118
Tabla 46. Coeficiente de rigidez según Pais & Kausel para 5 niveles.	119
Tabla 47. Coeficiente de amortiguamiento según Pais & Kausel para 5 niveles.	119
Tabla 48. Coeficiente de rigidez según Gazetas para 5 niveles.	120
Tabla 49. Resultados de contenido de cloruros.	122
Tabla 50. Resultados de contenido de sulfatos.	123
Tabla 51. Resultados de contenido de pH en el suelo.	124
Tabla 52. Resultados de contenido de C.E en el suelo.	125
Tabla 53. Resultados de análisis de agua.	126
Tabla 54. Deformaciones y presiones de contacto obtenidos por el método Winkler. ...	139
Tabla 55. Deformaciones o asentamientos de los cimientos de 03 niveles.	142
Tabla 56. Verificación de presiones para 03 niveles	142
Tabla 57. Verificación de punzonamiento para 03 niveles.	143
Tabla 58. Momento de diseño obtenidas por el SAFE 2016.	144
Tabla 59. División de franjas en dirección "Y".	146
Tabla 60. Momentos máximos negativos y positivos en dirección "X".	148
Tabla 61. Capacidad admisible en los puntos de investigación.	150
Tabla 62. Resultados de caracterización y clasificación de suelo.	152
Tabla 63. Resultados obtenidos con correlación del N60.	153
Tabla 64. Resultados de ángulo de fricción mediante el SPT en suelos granulares.	153
Tabla 65. Resultados de capacidad admisible del suelo vs SPT.	154
Tabla 66. Resultado de análisis físico de las muestras.	154
Tabla 67. Limites normativos para agua en el concreto según el ACI - 318 (NTP 339.088).	155
Tabla 68. Resultado de análisis químico de los suelos.	155
Tabla 69. Desplazamientos máximos reales en "X" (Vivienda de 03 niveles).	158
Tabla 70. Desplazamientos máximos reales en "Y" (Vivienda de 03 niveles).	158
Tabla 71. Desplazamientos máximos reales en "X" (Vivienda de 05 niveles).	159
Tabla 72. Desplazamientos máximos reales en "Y" (Vivienda de 05 niveles).	160
Tabla 73. Derivas de entrepiso en "X" (Vivienda de 03 niveles).	161
Tabla 74. Derivas de entrepiso en "Y" (Vivienda de 03 niveles).	162
Tabla 75. Derivas de entrepiso en "X" (Vivienda de 05 niveles).	163
Tabla 76. Derivas de entrepiso en "Y" (Vivienda de 05 niveles).	164
Tabla 77. Periodos fundamentales de la estructura (Vivienda de 3 niveles).	165
Tabla 78. Periodos fundamentales de la estructura (Vivienda 5 niveles).	166
Tabla 79. Cortantes dinámicas en la base mín. 80%V. estática E.030-2018 (vivienda 03 niveles).	167
Tabla 80. Cortantes dinámicas en la base mín. 80% V. estática E-030-2018 (Vivienda 05 niveles).	168
Tabla 81. Fuerzas cortantes en la dirección "X" (Vivienda 03 niveles).	169
Tabla 82. Fuerzas cortantes en la dirección Y (vivienda 03 niveles).	169
Tabla 83. Fuerzas cortantes en la dirección X (vivienda 05 niveles).	170
Tabla 84. Fuerzas cortantes en la dirección "Y" (vivienda 05 niveles).	171
Tabla 85. Momentos en la dirección "X" (vivienda 03 niveles).	172

Tabla 86. Momentos en la dirección Y (vivienda 03 niveles).....	173
Tabla 87. Momentos en la dirección en "X" (vivienda de 05 niveles).....	174
Tabla 88. Momentos en la dirección en "Y" (vivienda de 05 niveles).....	174
Tabla 89. Resultado de desplazamientos y presiones del suelo.	175
Tabla 90. Cálculo de momento flector y la distribución de los aceros.	176
Tabla 91. Verificación de asentamientos en cada una de los cimientos.....	177
Tabla 92. Verificación de asentamiento en losa de cimentación para 05 niveles.	178
Tabla 93. Verificación de presiones en el contacto de los cimientos.	178
Tabla 94. Verificaciones de presiones en losa de cimentación.	179
Tabla 95. Distribución de acero en ejes X y Y.....	180
Tabla 96. Diseño de losa por franjas en dirección "Y".....	180
Tabla 97. Diseño de losa por franjas en dirección "X".....	180
Tabla 98. Resultados de capacidad portante del suelo y valores de la hipótesis planteada.....	184
Tabla 99. Muestra de la primera variable "A".	185
Tabla 100. Tabla de T de student	186

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Falla por corte general.	29
Figura 2. Falla por corte local.....	29
Figura 3. Falla de corte por punzonamiento.....	29
Figura 4. Modelo y equipo del ensayo del SPT.	30
Figura 5. Zona sísmica (RNE, 2018).	37
Figura 6. Estructura de base fija.	41
Figura 7. Comportamiento de deformación de carga elastoplástica.	42
Figura 8. Estructura con base flexible.	42
Figura 9. Consideraciones de la cimentación por ASCE 41-13.	44
Figura 10. Cimentación empotrada a cierta profundidad "D".	45
Figura 11. Cimentación rectangular embebida ($L \geq B$), Pais & Kausel (1985).....	47
Figura 12. Cimentación planteada por Gazetas (1983).	56
Figura 13. (a): Placa flexible sometida a una carga uniforme. (b): Placa rígida sometida a una carga concentrada.	58
Figura 14. Método Winkler en el análisis de cimentaciones.	58
Figura 15. Correlación de módulo de balasto en función de número de golpe.	62
Figura 16. Divisiones propuestas en nodos (N_n) para zapata en el Método de Winkler. ..	66
Figura 17. Zapata aislada método Winkler.....	68
Figura 18. Fuerza cortante y momento flector.....	70
Figura 19. Estratigrafía del suelo para cada punto de investigación.....	76
Figura 20. Incremento de esfuerzo a una profundidad (z) debido a carga rectangular.	80
Figura 21. Zapata rectangular aplicada con una carga puntual.	80
Figura 22. Distribución de presiones de una zapata rectangular.	82
Figura 23. Procedimiento y recolección de datos de la investigación.	84
Figura 24. (a) Viga principal, (b) viga secundaria.	85
Figura 25. Losa aligerada de 20 cm.	86
Figura 26. Ensayo de SPT en campo, en la Urb. Los Ángeles de Miraflores.	87
Figura 27. Extracción de muestra con el SPT.	87
Figura 28. Curva granulométrica para la clasificación.	90
Figura 29. Determinación de ángulo de fricción vs N_{60}	96
Figura 30. Detalles del plano en planta y modelo matemático en perfil para su análisis. .	99
Figura 31. Modelado en el ETABS 2016 (vivienda de 3 niveles).	100
Figura 32. Espectro de aceleraciones (vivienda de 3 niveles).	102
Figura 33. Modelado en el ETABS 2017 para el análisis sísmico.....	103
Figura 34. Modelo en ETABAS 2017 (vivienda de 5 niveles).	104
Figura 35. Espectro de aceleraciones (vivienda de 5 niveles).	105
Figura 36. Asignación de coeficiente de rigidez para ASCE 41-13 y Gazetas (1983).....	121
Figura 37. Asignación de coeficiente de rigidez para Pais & Kausel (1985).	121
Figura 38. Diagrama de dispersión del contenido de cloruros de los ensayos realizados y su comportamiento en cada punto.	123
Figura 39. Diagrama de dispersión del contenido de sulfatos de los ensayos realizados y su comportamiento en cada punto.	124
Figura 40. Diagrama de dispersión del contenido de pH de los ensayos realizados y su comportamiento en cada punto.....	125

Figura 41. Diagrama de dispersión del contenido de C.E. de los ensayos realizados y comportamiento en cada punto.....	126
Figura 42. Detalles de la zapata aislada Fuente, elaboración propia.	127
Figura 43. Distancias actuantes sin excentricidad, donde $Lv1=Lv2$	128
Figura 44. Detalles del peralte efectivo por punzonamiento. (a) Fala de corte por punzonamiento, (b) Área crítica del punzonamiento.....	129
Figura 45. Detalles de la zapata central. Fuente, elaboración propia.	132
Figura 46. Dimensionamiento de zapata y el peralte efectivo en función del peso ultimo vs capacidad admisible.	133
Figura 47. Deflexiones en cada de los nodos, Fuente: elaboración propia.....	137
Figura 48. Posición de nodos para el cálculo de fuerza cortante.	139
Figura 49. Fuerza cortante por el método Winkler.	139
Figura 50. Momento flector mayorada por el método Winkler.	140
Figura 51. Exportación del modelo al SAFE v.2016.	141
Figura 52. Verificación de presiones en el SAFE 2106.	143
Figura 53. Modelo de la estructura en el ETABS 2017.....	145
Figura 54. Perfil de la capacidad admisible vs la profundidad	151
Figura 55. Límites máximos del contenido de cloruros según el ACI-201.Fuente, ACI-201.	156
Figura 56. Límites de cambio del tipo de cemento según el contenido de sulfatos.	157
Figura 57. Clasificación de suelos según la USSSL-1954.	157
Figura 58. Desplazamientos máximos en dirección "X" (Vivienda de 03 niveles).	158
Figura 59. Desplazamientos máximos en dirección "Y" (Vivienda de 03 niveles).	159
Figura 60. Desplazamientos máximos en dirección "X" (Vivienda de 05 niveles).	160
Figura 61. Desplazamientos máximos en dirección "Y" (Vivienda de 05 niveles).	161
Figura 62. Distorsiones de entrepiso en dirección "X" (Vivienda de 03 niveles).	162
Figura 63. Distorsiones de entrepiso en dirección "Y" (Vivienda de 03 niveles).	162
Figura 64. Distorsiones de entrepiso en dirección "X" (Vivienda de 05 niveles).	163
Figura 65. Distorsiones de entrepiso en dirección "Y" (Vivienda de 05 niveles).	164
Figura 66. Periodo fundamental (vivienda de 3 niveles).....	165
Figura 67. Periodos fundamentales (Vivienda de 05 niveles).....	166
Figura 68. Cortantes en la base dirección X (Vivienda de 03 niveles).....	167
Figura 69. Cortantes en la base dirección Y (Vivienda de 03 niveles).....	167
Figura 70. Cortantes en la base dirección X (Vivienda de 05 niveles).....	168
Figura 71. Cortantes en la base dirección Y (Vivienda de 05 niveles).....	168
Figura 72. Fuerzas cortantes X (Vivienda de 05 niveles).	169
Figura 73. Fuerzas cortantes X (vivienda de 03 niveles).....	170
Figura 74. Fuerzas cortantes X (Vivienda de 05 niveles).	171
Figura 75. Fuerzas cortantes "Y" (vivienda de 05 niveles).	172
Figura 76. Momentos de volteo n "X" (vivienda de 03 niveles).....	173
Figura 77. Momentos de volteo en "Y" (vivienda de 03 niveles).	173
Figura 78. Momentos de volteo en "X" (vivienda de 05 niveles).	174
Figura 79. Momentos de volteo en "Y" (vivienda de 05 niveles).	175
Figura 80. Variación de asentamiento en cada uno de los cimientos.	177
Figura 81. Verificación de presiones del contacto con el suelo.	179
Figura 82. Ilustración de la tabla siguiente y sus datos.	186
Figura 83. Zona de aceptación y rechazo de la hipótesis.....	187

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.....	193
Anexo B. ANALISIS FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS.....	259
Anexo C. PLANOS DE ARQUITECTURA.....	268
Anexo D. PLANOS DE CIMENTACIONES	273

SÍMBOLOS USADOS

SPT	: Ensayo de penetración estándar
ppm	: Partes por millón
RNE	: Reglamento nacional de edificaciones
NTP	: Norma técnica peruana
ACI	: American concrete institute
SUCS	: Sistema unificado de clasificación de suelos.
AASHTO	: Asociación americana de oficiales de carreteras estatales y transportes
USDA	: United States Department of Agriculture
Cu	: Coeficiente de uniformidad
Cc	: Coeficiente de curvatura
IP	: Índice de plasticidad
LL	: Limite liquido
LP	: Limite plástico
Dr	: Densidad relativa
N60	: Número de golpe corregido
ϕ'	: Angulo de fricción
q_{adm}	: Capacidad admisible del suelo
pH	: Potencial de hidrogeno
C.E	: conductividad eléctrica
CM	: Carga muerta de la edificación
CV	: Carga viva de la edificación
f_c	: Resistencia especificada a la compresión del concreto
f_y	: Resistencia especificada a la fluencia de acero
Df	: Profundidad de desplante
γ_s	: Peso específico del suelo
S/C	: Sobrecarga por encima de nivel del piso terminado
q_n	: Esfuerzo neto del terreno para el diseño.
P_{serv}	: Peso de servicio, la suma de CM y CV.
A_{req}	: Área requerida para la cimentación

W_u	: Reacción neta del terreno
A_o	: Área de la sección crítica por punzonamiento
b_o	: Perímetro de la sección crítica por punzonamiento
d	: Peralte efectivo por punzonamiento
P_u	: Peso ultimo o cargas factoradas
V_u	: Fuerza cortante ultima
ϕV_c	: Resistencia del concreto al corte
w	: Cuantía mecánica para el diseño de acero en zapata
ρ	: Cuantías de diseño
T y S	: Dimensiones de las zapatas superficiales
ϕ	: Factor de reducción de resistencia
A_{var}	: Área de la varilla
d_b	: Diámetro de la varilla
V_s	: Velocidad de onda de corte
$G_{más}$	: Modulo de rigidez máximo
G	: Coeficiente de rigidez dinámico o módulo de corte
ASCE	: Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles
g	: Aceleración de la gravedad
C	: Carga del terreno aplicada sobre la zapata
$Q_{[n]}$	: Reacción generada por el suelo
$q_{[i]}$	: Presión que ejerce el suelo a la zapata en cada nodo
$Y_{[i]}$	: Deflexiones o asentamientos en los nodos
K_{zk}, K_{yk}, K_{xk}	: Coeficiente de rigidez traslación por Pais & Kausel
$K_{zzk}, K_{yyk}, K_{xxk}$	: Coeficiente de rotación por Pais & Kausel
C_z, C_y, C_x	: Coeficiente de amortiguamiento traslación
C_{zz}, C_{yy}, C_{xx}	: Coeficiente de amortiguamiento rotación

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar las propiedades físico-químicas y mecánicas de los suelos de la urbanización los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca para determinar los tipos de fundaciones superficiales adecuadas. Este análisis se realiza haciendo el uso de modelos convencionales y modelos flexibles. El método rígido convencional es utilizado para el predimensionamiento de cimientos y el modelo flexible para el análisis y diseño puesto que estos modelos ASCE 41-17, Pais & Kausel (1985) y Gazetas (1983) consideran comportamientos más reales de los suelos empleando los coeficientes de rigidez dinámico y el amortiguamiento verificando los desplazamientos, distorsiones, periodos fundamentales, fuerzas cortantes y momentos de volteo. Para el análisis sísmico fue necesario la intervención del Software ETABS v.17 y SAFE 2016 para el diseño de cimentaciones. Se ha evaluado la capacidad admisible del suelo en la urbanización con un valor de 0.889 kg/cm² a 1.5m de profundidad, de la misma se han analizado los modelos flexibles y un modelo empotrado, Los resultados analizados en modelos flexibles tenemos una variación en función a una base empotrada; incremento de las derivas de entrepiso en X y Y, para el modelo ASCE 5.84% y 12.37%, Pais & Kausel 3.03% y 4.30% y para Gazetas 6.51% y 10.48% para viviendas de 3 niveles. Asimismo para viviendas de **5 niveles**; tenemos el incremento de derivas de entrepiso en X y Y, para el modelo ASCE 17.26% y 13.24%, Pais & Kausel 10.99% y 13.97% y para Gazetas 18.09% y 16.42%, esto debido a la flexibilidad del suelo. En el análisis físico-químico se ha presenciado excesiva cantidad de sulfatos y cloruros sobrepasando los límites permitidos de la norma E.060 y ACI-318. Los cimientos adecuados para viviendas de 3 niveles son zapatas conectadas y una loza de cimentación para 5 niveles.

Palabras clave: Ensayo de SPT, análisis físico-químico, capacidad admisible, modelos flexibles, Método Winkler, Interacción suelo-cimiento-estructura.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the physico-chemical and mechanical properties of the soils of the Ángeles de Miraflores urbanization in the city of Juliaca to determine the most recommended types of superficial foundations. This analysis is performed using chemical models and flexible models. The conventional rigid method is used for the pre-sizing of foundations and the flexible model for analysis and design since these models ASCE 41-17, Pais & Kausel (1985) and Gazetas (1983) consider more real behaviors of soils using the coefficients of dynamic rigidity and damping verifying displacements, distortions, fundamental periods, shear forces and turning moments. For the seismic analysis it was necessary the intervention of the software ETABS v.17 and SAFE 2016 for the design of foundations. The permissible capacity of the land in the urbanization has been evaluated with a value of 0.889 kg / cm² at 1.5m depth, from it the flexible models and a built-in model have been analyzed, The results analyzed in flexible models have a variation depending on a recessed base; increase of mezzanine drifts in X and Y, for the ASCE model 5.84% and 12.37%, Pais & Kausel 3.03% and 4.30% and for Gazetas 6.51% and 10.48% for 3-level homes. Also for 5-level homes; we have the increase of mezzanine drifts in X and Y, for the ASCE model 17.26% and 13.24%, Pais & Kausel 10.99% and 13.97% and for Gazetas 18.09% and 16.42%, this due to the flexibility of the soil. In the physico-chemical analysis, excessive amounts of sulfates and chlorides have been observed, exceeding the permitted limits of E.060 and ACI-318. The foundations suitable for 3-level homes are connected footings and a 5-level foundation slab.

Keywords: SPT test, physico-chemical analysis, admissible capacity, flexible models, Winkler Method, soil-foundation-structure interaction.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

El crecimiento poblacional de Juliaca cada día es mayor, tanto vertical y horizontalmente por ende los estudios de suelos son indispensables para ver las propiedades físicas y mecánicas de éstas y poder garantizar la seguridad de las edificaciones, los suelos en la gran parte de la ciudad son homogéneas de manera que las propiedades que presentan se asemejan de alguna forma u otra.

Conocer la capacidad portante de suelos es importante porque éstas determinan el diseño de las cimentaciones para edificaciones y cualquier estructura que se desea realizar de tal modo que se pueda garantizar la seguridad de las mismas y de la población, las cargas de cualquier estructura tienen que ser transmitidas uniformemente al suelo como lo menciona Terzhagui (1883).

Por otro lado, los proyectos actuales están involucrados a un mal diseño de cimentaciones superficiales, por ello es fundamental señalar que se opte por una cimentación adecuada realizando los ensayos necesarios de los suelos.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

Las viviendas construidas en la Urbanización Los Ángeles de Miraflores no superan los 3 niveles en un 100% y las nuevas viviendas proyectadas de la misma forma son hasta un máximo de 3 niveles por ello se quiere saber:

¿Qué características deberían tener las cimentaciones superficiales de la urbanización los Ángeles de Miraflores tomando en consideración sus propiedades físico-químicas y mecánica de los suelos?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características físico-químicas y mecánicas de los suelos en la urbanización Los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca?

- ¿Cuál es la influencia de los modelos flexibles con interacción suelo-cimiento-estructura en función a una base empotrada?
- ¿Cuáles son los modelos y diseños de cimientos convenientes para suelos con características que presenta esta urbanización?

1.3 Justificación

El incremento de construcciones de la ciudad de Juliaca y la nueva creación de la urbanización Los Ángeles de Miraflores amerita un estudio de suelos y diseño de fundaciones considerando modelos flexibles con interacción suelo-cimiento-estructura puesto que para efectos de sismo la estructura debe garantizar la seguridad de los usuarios. Actualmente la urbanización no cuenta con estudios de suelos y diseños de fundaciones además las viviendas construidas presentan fisuras en la estructura y eflorescencia en la base de la edificación.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar las características mínimas que requieren las fundaciones superficiales en la urbanización los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca de acuerdo a sus propiedades físico-químicas y mecánicas de los suelos empleando modelos flexibles para su análisis y diseño.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar y analizar las características físico-químicas y mecánicas de los suelos en la urbanización Los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca.
- Analizar la edificación empleando modelo empotrado y modelos flexibles con interacción suelo-cimiento-estructura para viviendas de 3 y 5 niveles de la Urbanización los Ángeles de Miraflores.
- Diseñar y plantear tipos de cimentaciones convenientes para viviendas de 03 y 05 niveles de acuerdo a cargas de servicio de la edificación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Las cimentaciones superficiales son importantes y el diseño de ésta también; la importancia de ellos define Estaire (2004) lo siguiente: “La evaluación de la capacidad portante de las cimentaciones superficiales sometidas a solicitaciones sísmicas no ha recibido tradicionalmente mucha atención debido a la escasez de casos reales de fallos de cimentación durante terremotos que no fueran debidos fundamentalmente a la licuefacción o la inestabilidad de laderas”.

Barriga & Enciso (2017) realizaron análisis y comportamiento de fundaciones superficiales considerando modelos flexibles en softwares como el uso de elementos finitos para determinar los desplazamientos y/o asentamientos y verificación de la deformación del suelo considerando sus características mecánicas de los suelos donde las zapatas esquineras y excéntricas presentan mayores desplazamientos y deformando el suelo en los bordes, los elementos finitos facilitan ver los desplazamientos y presiones ejercidas de las cargas externas como un modelo real.

Freiré (1999) afirma que el uso del coeficiente de balasto para el modelado en softwares de elementos finitos refleja un mayor grado de precisión en los siguientes aspectos: Leyes de esfuerzos más ajustadas a la realidad, dimensionado de los elementos de cimentación teniendo en cuenta su deformabilidad y una respuesta del terreno más ajustada, estimación afinada de las presiones realmente transmitidas al terreno y posibilidades de estudio de asientos los cuales son fundamentales para el diseño de fundaciones ya que se ajusta más al modelo real y su comportamiento cuando se aplican cargas puntuales.

Pire (2013) Menciona lo siguiente con relación a los agentes químicos: “El ataque por sulfatos es uno de los más peligrosos para el concreto, el agente agresivo comienza por atacar los granos de Clinker hidratados, la pasta de cemento sufre cierta expansión, se torna blanda y por último se agrieta” los suelos con presencia de agentes químicos excesivos son altamente peligrosos para la construcción de fundaciones porque estas estarán en contacto a lo largo de los años de servicio.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Los estudios que se realizaron en el Perú respecto a la comparación de cimentaciones superficiales son casi nulos porque la mayoría de las investigaciones son de la parte de diseño y los cálculos realizados. Otros autores mencionan la importancia de cimentaciones para cualquier tipo de infraestructura como algo indispensable y lo detalla Berrocal (2013) lo siguiente que: “La importancia que cobra la cimentación, la misma está asimilada a cumplir con ciertos parámetros geométricos, de presión, de conformación que responden a las características del suelo y de las cargas interpuestas los cuales se esbozaron a lo largo de este trabajo”. Por lo tanto, el diseño de una cimentación no es algo que se realiza de manera intuitiva, sino que se tiene una metodología de cálculo o diseño que evalúa desde su forma hasta la profundidad de desplante.

La resistencia del suelo se puede estimar con diferentes tipos de ensayos los cuales tienen sus propios parámetros ya sea a través de golpes como el caso del SPT o por Corte Directo por cohesión y ángulo de fricción, las cimentaciones dependen mucho de la resistencia que tiene el suelo bajo la aplicación de cargas externas donde las densificaciones de las mismas son como el mejoramiento y hay que tener en cuenta los detalles mencionadas por Medina, (2002) donde: “No es conveniente colocar una zapata sobre un suelo con una $D_r < 0.5$. Si el suelo es suelto, debe compactarse de alguna manera para obtener una mayor densidad antes de colocar la zapata”. En caso que el suelo bajo la zapata no es homogéneo, se deben realizar ensayos muy estrictos para determinar la capacidad portante. Es recomendable evaluar la calidad de la sobrecarga para profundidades pequeñas ($D/B \leq 1$), antes de considerar factores de corrección por profundidad, donde el terreno normalmente es alterado por las excavaciones o por instalación de ductos o tuberías que anulan la fricción del suelo por sobre el nivel de la base, hay muchos factores que influyen directamente antes mencionados.

2.2 Fundamentos teóricos

2.2.1. Estudio de mecánica de suelos

Las modernas construcciones se incrementan paulatinamente durante las últimas décadas del siglo XXI, las obras de grandes envergaduras y de gran peso obligan a realizar estudios de suelos, para que dicha construcción esté en condiciones óptimas a lo largo de los años de servicio garantizando la seguridad.

El diseño de una cimentación óptima para una edificación debe estar sujeta a la determinación real de las propiedades del suelo y el comportamiento que tendrá la cimentación con las cargas aplicadas o que trasmite la superestructura al suelo. La

obtención de los resultados reales del suelo se hace tomando muestras y realizando ensayos en el laboratorio.

2.2.2. Cimentaciones Superficiales

Braja (2012) Define lo siguiente: “Las cimentaciones superficiales para que tengan un comportamiento óptimo deben cumplir dos características principales: a) Tienen que ser seguras contra la falla general por corte del suelo que las soporta. b) No pueden experimentar un asentamiento excesivo” el término excesivo dependerá de varias consideraciones.

Montoya & Pinto (2010) Menciona que las cimentaciones superficiales: “Son aquellas que se apoyan en la parte superficial de los suelos, las edificaciones relativamente livianas tendrán una baja capacidad portante, en cambio las estructuras importantes, tales como puentes, las cimentaciones serán como para garantizar que no se produzcan deterioros” estos se clasifican en:

- Zapatas de fundación:
 - ✓ Zapatas aisladas.
 - ✓ Zapatas corridas.
 - ✓ Zapatas combinadas.
 - ✓ Zapatas conectadas
- Losas de cimentación.

2.2.2.1. Zapatas de fundación

Montoya & Pinto (2010) Definen que: “Una zapata es un incremento de la base de una columna o muro, que cumple la función de transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo”. Las cimentaciones se definen: zapatas que soportan una sola columna se llaman zapatas aisladas. La zapata que se construye debajo de un muro se llama zapata continua y si una zapata soporta varias columnas se llama zapata combinada.

Las zapatas de fundación por su gran desempeño son los más utilizadas y económicas; en cambio si el suelo es blando y las columnas que transmiten cargas son elevadas, el diseño de áreas requeridas para las zapatas se convierte costosas; en este asunto se adopta una solución factible que pueden ser zapatas combinadas o losa de cimentación.

a. Zapatas aisladas

Son un tipo de cimentación superficial que se emplea de base en elementos estructurales puntuales como son las columnas o pueden también pilares, de manera que esta zapata amplíe el área de apoyo para lograr que el suelo soporte sin inconvenientes las cargas transmitidas por la estructura. Se conoce comúnmente como zapata aislada por su forma del soporte de la estructura ya que la misma tiene como objetivo soportar una sola columna y es la más común y conocida en las estructuras relativamente livianas y de menor importancia.

b. Zapatas Corridas

Son cimentaciones empleadas especialmente en muros portantes que trabajan como una viga recibiendo cargas linealmente o de la misma forma pueden ser puntuales pero separados y longitudinalmente continuos, en el caso de que se requieran una cantidad considerable de zapatas aisladas se opta por zapatas corridas.

c. Zapatas combinadas

Montoya & Pinto (2010) Dicen lo siguiente que: “La zapata combinada sirve de cimentación para dos o más pilares. En principio las zapatas aisladas sacan provecho de que diferentes pilares tienen diferentes momentos flectores. Si estos se combinan en un elemento de cimentación, entonces el resultado es estabilizado y tiene menor momento resultante”.

En las zapatas combinadas existen dos posibilidades de verificación, esto de acuerdo a la distribución de la presión del suelo que puede ser uniformemente repartida o variable en forma lineal.

d. Zapatas conectadas

Son tipos de zapatas que tienen vigas de conexión o viga centradora utilizada especialmente para reducir las excentricidades que presentan las mismas dentro del pre dimensionamiento y cálculos realizados. Lo cual desempeña una solución para la columna que se encuentra en límite de propiedad.

2.2.2.2. Losas de cimentación

También conocida como una cimentación combinada que cubre toda el área de construcción, utilizada en suelos donde la capacidad portante es baja y no se pueden usar ninguna de las zapatas anteriores. Las losas pueden ser macizas, aligeradas o disponer

de refuerzos especiales para mejorar la resistencia a punzonamiento bajo los soportes individualmente (denominados pedestales si están sobre la losa y refuerzos si están bajo la misma) los criterios para optar por este tipo de cimentación son sugeridos por algunos autores cuando el área de cimentación supera de 50 a 70% del área de terreno construido.

2.2.3. Capacidad portante del suelo

La capacidad portante del suelo es la capacidad del suelo para llevar con seguridad la presión ejercida sobre el suelo de cualquier estructura construida sin someterse a una falla de corte general con asentamientos. La aplicación de una presión de apoyo que es seguro con respecto a la falla no asegura que la solución de la base estará dentro de los límites aceptables. Por lo tanto, el análisis de solución generalmente se debe realizar ya que la mayoría de estructuras son vulnerables a las fallas excesivas.

2.2.3.1. Capacidad ultima de carga en cimentaciones

Se define como la carga aplicada por área unitaria a la superficie del suelo bajo el cual se produce una falla el cual es por corte. La capacidad última de carga es un factor que estima la capacidad resistente del suelo bajo las aplicaciones de cargas permanentes y móviles ejercidas de la estructura a la cimentación.

2.2.3.2. Modos de falla a corte en el suelo

las fallas de corte en el suelo son producidas cuando la capacidad ultima de carga es superada por la aplicación de cargas externas sobre la misma, dentro de ellos se encuentran cargas permanentes y móviles, al ser superados el suelo reacciona con deformaciones diferenciales que pueden ser perjudiciales para la estructura, los más conocidos son:

- Falla por corte general
- Falla por corte local
- Falla por punzonamiento

a. Falla por corte general

Es el tipo de falla común que existe en la actualidad en cimentaciones aisladas rectangulares en superficies con suelos de arena densa o suelo arcilloso como se muestra en la **Figura 1**. Cuando el suelo sufra fallas repentinas se podrá observar en ambos lados un abombamiento considerable afectando la capacidad resistente del suelo.

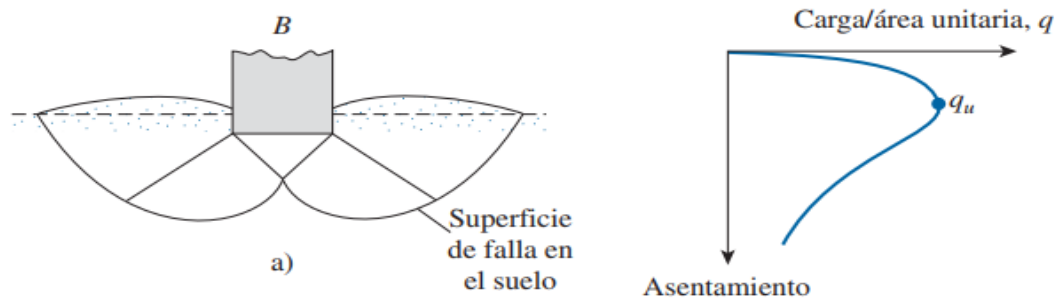


Figura 1. Falla por corte general.

Fuente: M. Das "pag.124"

b. Falla al corte local

Es el tipo de falla que se produce cuando las cimentaciones superficiales son edificadas bajo suelos arenosos o sobre suelos arcillosos medianamente compactados. En la **Figura 2** se observa a detalle de las fallas.

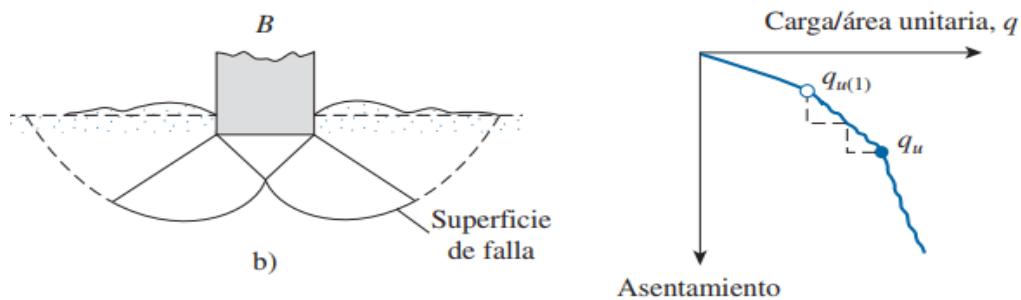


Figura 2. Falla por corte local.

(Fuente: "Braja M. Das" pág. 124).

c. Falla al corte por punzonamiento

Son producidas por los movimientos verticales de la cimentación, bajo de la compresión de suelo debajo de ella, estos efectos se producen cuando la cortante actuante alrededor de la cimentación sufre una rotura, normalmente desarrollados en suelos compresibles.

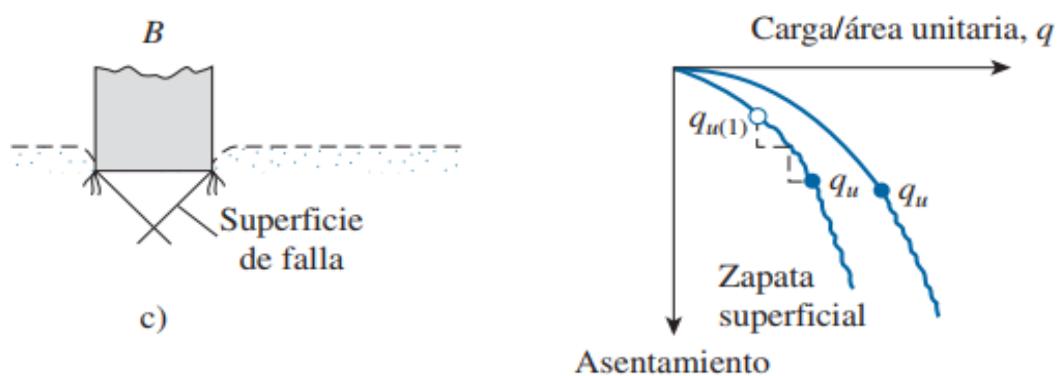


Figura 3. Falla de corte por punzonamiento

(Fuente: "Braja M. Das" pág. 124).

2.2.4. Propiedades mecánicas de los suelos

2.2.4.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Es un ensayo de campo para determinar la capacidad portante del suelo, el módulo de elasticidad, la resistencia a compresión, el coeficiente de balasto, el ángulo de fricción interna y otros, fue desarrollado por Terzaghi en los años 20 que consiste en introducir una caña metálica al subsuelo a través de golpes a la profundidad que se desee como se muestra en la **Figura 4**.

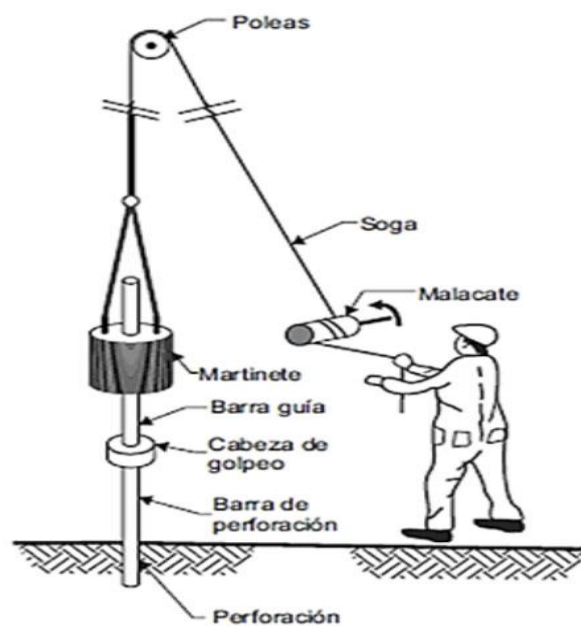


Figura 4. Modelo y equipo del ensayo del SPT.

Fuente: Manual on estimating soil properties for foundation design.

2.2.4.2. Capacidad admisible en suelos arenosos a partir de ensayos SPT.

El SPT es un ensayo usado ampliamente para determinar la capacidad portante en suelos arenosos. Con los datos obtenidos de este ensayo Bowles (1996) propuso las ecuaciones modificadas a partir de la forma básica de Meyerhof para la capacidad máxima admisible de carga para un asentamiento tolerable de 25.4 mm.

Este ensayo normalmente se determina con el registro de la cantidad de golpes con un martillo desde una altura de 760mm, el martillo puede ser elevado manualmente o con ayuda de un motor rotatorio, la cuchara muestreadora se introduce al suelo con cada golpe para su obtención de la muestra y su posterior cálculo de la capacidad portante a través de golpes como se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1.
Determinación de capacidad admisible del suelo vs N₆₀.

Valor N ₆₀	$q_{adm}(kg/cm^2)$
0 - 4	0 - 27
5 - 10	0.32 - 0.64
11 - 30	0.70 - 2.5
31 - 50	2.5 - 4.5
> - 50	> - 4.5

Nota: Fuente, Foundation Analysis and Design, Bowles (1988).

2.2.4.3. Módulo elástico en función de número de golpes del SPT.

En mecánica de suelos es importante conocer y calcular el asentamiento de una estructura conociendo el módulo de elasticidad planteadas por Schmertman (1970) y Bowles (1988) en relación del número de golpes del SPT. Cabe recalcar que la mayoría de diseño se determina como una base empotrado (convencional); en cambio las cimentaciones en realidad se comporta como una base elástico.

Schmertmann (1970) indica que para poder estimar el módulo de elasticidad para arenas es a partir de la siguiente expresión.

$$E_s = 8N_{60}p_a \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

N_{60} = Resistencia a la penetración estándar de campo corregido.

p_a = Presión atmosférica 100 kN/m^2 .

Bowles (1988) también estima calcular el módulo de elasticidad para arenas en general.

$$E_s = 10(7.5 + 0.50N_{60})kg/cm^2 \quad \text{Ecuación (2)}$$

Por lo que:

E_s = Módulo de elasticidad en kg/cm^2 .

N_{60} = Número de golpes corregido.

2.2.4.4. Peso específico del suelo en función del SPT

El peso específico es el peso por unidad de volumen, donde, (Jimenez Salas, 1980) recomienda para “determinar el peso específico de las partículas sólidas de un suelo, en el caso de que éste posea diversos tamaños, es conveniente dividirlo por medio del tamiz 5 UNE, o bien número 4 A.S.T.M (4.75mm)”. De la misma manera (Bowles, 1988)

determina el peso específico mediante la correlación de N_{60} número de golpes en el ensayo normal de penetración como se muestra en la **Tabla 2**.

Tabla 2.
Determinación de peso específico vs SPT.

N_{60}	Descripción del material	$\gamma(kg/m^3)$	ϕ
0 – 4	Muy suelto	1100 – 1600	25 – 30°
4 – 10	Suelto	1400 – 1800	27 – 32°
10 – 30	Medio	1750 – 2050	30 – 35°
30 – 50	Denso	1800 – 2250	35 – 40°
50	Muy denso	2080 - 2400	30 – 43°

Nota: Fuente, Foundation Analysis and Design, Bowles (1988).

2.2.5. Propiedades físicas de los suelos

El suelo es una combinación de materiales sólidos, líquidos, y gaseosos, la adecuada conexión entre estos componentes hace que se formen diferentes tipos de suelos de los cuales en el ámbito de la construcción pocas combinaciones son buenas para obras civiles de los cuales pueden destacarse arenas y gravas como favorables mientras las arcillas y los limos como suelos no favorables.

2.2.5.1. Textura

Sánchez Delgado (2014) detalla: “La textura de un suelo es la proporción de los tamaños de los grupos de partículas que lo constituyen y está relacionada con el tamaño de las partículas de los minerales que lo forman y se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo. Esta propiedad ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento de los nutrientes, agua y aire que son fundamentales para la vida de las plantas”, el suelo puede dividirse en capas a lo largo de la profundidad representando diferentes tipos de suelos en cada capa.

Tabla 3.
Clasificación de partículas según la USDA

Nombre de la partícula	límite del diámetro en milímetros	TAMAÑO
Arena		0.05 a 2.0
Muy gruesa		1.0 a 2.0
Gruesa		0.5 a 1.0
Mediana		0.25 a 0.5
Fina		0.10 a 0.25
Muy fina		0.05 a 0.10
Limo		0.002 a 0.05
Arcilla		menor de 0.002

Nota: Fuente, tomada de la United States Department of Agriculture (USDA).

2.2.5.2. Color

El color del suelo depende mucho de sus propiedades, pueden variar de acuerdo al contenido de humedad dentro de los cuales algunos detalles importantes son: color rojo representa un suelo con contenido de óxidos de hierro y manganeso, color amarillo representa un suelo presencia de óxidos de hierro hidratado, el color blanco y el gris indican presencia de cuarzo y caolín, el color negro y el marrón presencia de materia orgánica, cuanto más color oscuro sea el suelo será conveniente para fines de agricultura.

(Sánchez Delgado, 2014) Menciona lo siguiente: “El color del suelo puede proporcionar información clave sobre otras propiedades del medio edáfico. Por ejemplo, suelos de colores grisáceos y con presencia de “moteados o manchas” son síntomas de malas condiciones de aireación. Horizontes superficiales de colores oscuros tenderán a absorber mayor radiación y por consiguiente a tener mayores temperaturas que suelos de colores claros. La medición del color del suelo se realiza con un sistema estandarizado basado en la “Tabla de Colores Munsell”.

2.2.6. Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas se definen como aquella ciencia estudia la composición y las reacciones mismas.

2.2.6.1. Contenido de pH en el agua

El contenido del pH en el suelo es importante porque es una forma para medir la acidez y la alcalinidad con valores de 1 al 14 donde el 7 es considerado como neutro o media. El agua es uno de los elementos indispensables del concreto por ende es importante que esté en condiciones óptimas para su uso como lo contemplan las normativas del Comité ACI 318 (NTP 339.088), los cuales establecen como requisitos para el agua de mezclado y curado, en la **Tabla 4**:

Tabla 4.
Requisitos del agua para el concreto ACI 318 (NTP 339.088).

Descripción	Limite Permisible
Sólidos en Suspensión	5000 ppm máximo
Material Orgánica	3 ppm máximo
Carbonatos y Bicarbonatos Alcalinos (Alcalinidad Expresada en NaHCO_3)	1000 ppm máximo
Sulfatos (Ion SO_4)	600 ppm máximo
Cloruros (Ion Cl^-)	1000 ppm máximo
Ph	entre 5.5 y 8

Nota: Fuente. Tomada del comité ACI - 318.

2.2.6.2. Exposición a sulfatos

Para los suelos con exposición a sulfatos la normativa peruana E.060 recomienda utilizar el tipo de cemento resistente a estos elementos químicos que se encuentran en el suelo y los parámetros mínimos que se muestra en la **Tabla 5**, estos parámetros son con fines de mantener la resistencia y la durabilidad del concreto armado durante los años de servicio.

El Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 de concreto armado menciona que “el uso de cloruro de calcio no debe emplearse como aditivo en concretos sometidos a exposición de sulfatos severa o muy severa, tal como se muestra en la **Tabla 5**”.

Tabla 5.
Requisitos para concreto expuestos a soluciones de sulfatos

Exposición a Sulfatos	Sulfato soluble en agua, porcentaje en peso	Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación agua-cemento.	f'c mínimo (MPa)
Insignificante	0,0 ≤ SO ₄ ≤ 0,1	0 ≤ SO ₄ ≤ 150	-	-	-
Moderada	0,1 ≤ SO ₄ ≤ 0,2	150 ≤ SO ₄ ≤ 1500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	0,2 ≤ SO ₄ ≤ 2,0	1500 ≤ SO ₄ ≤ 10000	V	0,45	31
Muy severa	2,0 ≤ SO ₄	10000 < SO ₄	Tipo V más puzolana	0,45	31

Nota: Fuente. Tomada del RNE E.060 (2009).

2.2.6.3. Exposición a cloruros

La exposición del concreto a cloruros ocasiona la corrosión de acero si esto entra en contacto, por ello debe tener en cuenta los parámetros establecidos tanto en la NTP 334.148. Como en las normativas del ACI lo cual se detalla en la **Tabla 6**:

Tabla 6.
Requisitos para concreto expuestos a soluciones de cloruros y sulfatos comité ACI - 201.

Presencia en el suelo de:	[ppm]	Grado de Alteración	Consecuencias
Sulfatos [SO ₄]	0-1000	Leve	Ocasiona Agresión Química al Concreto de la Cimentación
	1 000-2 000	Moderado	
	2 000-20 000	Severo	
	>20 000	Muy Severo	
Cloruros [CL ⁻]	>300	Perjudicial	Ocasiona Problemas de Corrosión de Armaduras o Elementos Metálicos

Nota: Fuente. Comité ACI - 201.

2.2.6.4. Contenidos de sales

Las sales en el suelo son sustancias que permiten la conductividad eléctrica por ende a mayor conductividad eléctrica mayor presencia de sales y se pueden clasificar de acuerdo a la **Tabla 7**.

Tabla 7.
Tipos de suelos según contenido de sales USSL 1954.

Tipo de Suelo	Conductividad Eléctrica
Suelo Normal	< 2 dS/m
Suelo Salino	>2 dS/m
Salinidad Ligera	2 - 4 dS/m
Salinidad Mediana	4 - 8 dS/m
Salinidad Fuerte	8 - 16 dS/m
Salinidad Extrema	> 16 dS/m

Nota: Fuente: United States Salinity Laboratory Staff (USS-1954).

Nota: Hay que recordar que las unidades más utilizadas de la conductividad eléctrica son: dS/m y ms/cm de la misma forma la transformación de estas unidades de una a otra son mismos valores 1dS/m = 1ms/cm.

2.2.7. Predimensionamiento de elementos estructurales

El predimensionamiento de elementos estructurales consiste en dar una dimensión significativa que nos permitirá calcular los esfuerzos actuantes.

2.2.7.1. Predimensionamiento de vigas

$$h = \frac{Ln}{10} \text{ ó } \frac{Ln}{12} \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$b = \frac{h}{2} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

h : Peralte de la viga

b : Base de la viga

Ln : Longitud neta (dimensión crítica entre ejes de columna)

El reglamento Nacional de Edificaciones, E-060 de concreto armado indica que la base mínima no será menor a 25 cm.

2.2.7.2. Predimensionamiento de losa aligerada

Según R.N.E (2018), en E.060 de concreto armado menciona que las losas aligeradas en una dirección y con cargas actuantes hasta 350 kg/m^2 podrán ser dimensionados de acuerdo a la **Tabla 8**.

Tabla 8.
Predimensionamiento de losas aligeradas en una dirección

Altura (H)	Ln (Longitud neta entre ejes de columna)
17 cm	Luces menores de 4.00 m
20 cm	Luces comprendidas entre 4.00 – 5.00m
25 cm	Luces comprendidas entre 5.00 – 6.50m
30 cm	Luces comprendidas entre 6.00 – 7.50m

Nota: Fuente: Tomada del RNE-2018.

A continuación, el peralte de la losa aligerada debe cumplir con la siguiente expresión.

$$H = \frac{Ln}{25} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

H : Peralte total de losa aligerada

2.2.7.3. Predimensionamiento de columnas

Columnas centrales

$$Ac = \frac{Ps}{0.45f'c} \quad \text{Ecuación (6)}$$

$$Ps = At * P * N \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

Ac : Área de la columna requerida cm^2

$f'c$: Resistencia a compresión del concreto

At : Área tributaria de la edificación

P : Peso por área tributaria

N : Número de pisos

Columnas excéntricas y esquineras

$$Ac = \frac{Ps}{0.35f'c} \quad \text{Ecuación (8)}$$

2.2.8. Sistema estructural

2.2.8.1. Factor de la zonificación

El reglamento nacional de edificaciones zonifica en cuatro zonas como se muestra en la Figura 5. Donde se consideran en la distribución espacial de la sismicidad observada, con las características generales de los movimientos sísmicos en toda la Sudamérica.



Figura 5. Zona sísmica (RNE, 2018).

(R.N.E, 2018) Considera el factor Z según la zonificación que se indica en la **Tabla 9** donde el factor mencionado se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Tabla 9.
Factores de la zona "Z"

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota: Fuente: (E.030, 2018)

2.2.8.2. Parámetros de Sitio (S, TP y TL)

El tipo del perfil o factor del suelo que se puede elegir en función de los factores de la zona "Z" versus las condiciones geotécnicas donde se menciona en el artículo 12 del Reglamento Nacional de Edificaciones E-030.

Tabla 10.
Factor de suelo "S"

Zona vs Suelo	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Nota: Fuente, (E.030, 2018).

De igual manera los periodos como T_p y T_L se determina con el perfil del suelo como se nota en la **Tabla 11**.

Tabla 11.
Factor del suelo vs el periodo "S".

	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (S)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_L (S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Nota: Fuente: (E-030, 2018).

2.2.8.3. Factor de amplificación sísmica (C)

El factor de amplificación (C) se determina por las siguientes ecuaciones que presenta el (R.N.E, 2018).

$$T < T_p \quad C = 2.5 \quad \text{Ecuación (9)}$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right) \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right) \quad \text{Ecuación (11)}$$

2.2.8.4. Sistema estructural y reducción de las fuerzas sísmicas (R_0)

El sistema estructural se clasifica según los materiales de construcción y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis como se muestra en la siguiente **Tabla 12**.

Tabla 12.
Sistemas estructurales.

Sistema estructural	Coeficiente de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistente a momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistente a momentos (IMF)	4
Pórticos Especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	4

Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Nota: Fuente, Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060 (2018).

2.2.8.5. Análisis sísmico estático

El análisis estático es una de las ramas de la mecánica que se ocupa de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo cuando está en equilibrio. Las cargas permanentes (CM) y las cargas de explotación (CV), el Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 y la E.030 indican parámetros para su análisis.

2.2.8.6. Análisis sísmico dinámico

El análisis dinámico comprende y estudia las fuerzas de desplazamiento de una estructura como puede ser el sismo y el viento, La norma peruana (E.060) indica las combinaciones para dicho análisis los cuales se detallan más adelante.

2.2.9. Carga última de la edificación

Es la carga de la edificación después de haber sido mayorada por los factores de seguridad que recomienda la E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones tanto para cargas móviles (carga viva CV) y para cargas permanentes (carga muerta CM) expresando de la siguiente forma:

$$U = 1.4CM + 1.7CV \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

U = carga última de la edificación

CM = Carga Muerta

CV = Carga Viva

2.2.10. Fases de asentamientos de un área de cimentación

Es el cambio que sufre un suelo cuando es sometido a cargas externas y a presión eliminando espacios vacíos dentro de ella, estos pueden ser a corto y largo plazo dependiendo del tipo de suelo y los factores directamente relacionados a ella.

A medida que el suelo se consolida se producen asentamientos, pueden ser asentamientos máximos o asentamientos diferenciales, los asentamientos máximos se

calculan antes del diseño de la cimentación pudiéndose controlar con algunas mejoras del suelo u otros factores que se puedan emplear a fin de controlar mientras, que los asentamientos diferenciales son las que no son controladas y se producen a lo largo de la vida de servicio de la estructura dañándolos y siendo perjudicial para el usuario.

El comportamiento del suelo es representado por la relación stress, por la cual el suelo llega a un punto de flaqueo, es donde el suelo se comporta como un material plástico, esto es ocurrido por la superestructura que transmite cargas a una cimentación superficial y se tiene tres tipos de asentamientos: Elástico, consolidación primaria y consolidación secundaria.

Asentamiento elástico.- Es inmediato; que puede ocurrir en horas o días generalmente en suelos arenosos.

Consolidación primaria.- En suelos a media y baja permeabilidad específicamente en suelos finos, el asentamiento por consolidación primaria ocurre por el lapso del tiempo como en suelos arcillosos saturados sometidos por las cargas de la construcción.

Consolidación secundaria.- Se denomina asentamiento en siglos, que su permeabilidad es muy baja y generalmente ocurre en suelos finos; es decir en arcillas blandas.

2.2.11. Diseño de cimentaciones superficiales

El (R.N.E, 2018) E-060 menciona que “para el dimensionamiento del área de la zapata debe determinarse a partir de la resistencia admisible del suelo o de la capacidad portante de los pilotes, establecida en el estudio de mecánica de suelos”.

En la actualidad el diseño de cimentaciones superficiales más comunes son los rígidos convencionales; de los cuales son usadas: zapatas aisladas, conectadas, combinadas y losa de cimentación.

Arthur (2001) Define que “la subestructura es aquella parte de la estructura que se coloca generalmente por debajo de la superficie del terreno y que transmite cargas de servicio al suelo o roca subyacentes; por lo tanto, los suelos se comprimen al someterlos a cargas e inmediatamente el suelo reacciona y causan asentamiento”. El dicho asentamiento de la estructura debe ser mínimo o limitado a una cantidad considerable pequeña.

a) Modelo de base rígida

Los métodos convencionales de análisis de estructuras consideran que la condición de apoyo de las mismas se logra a través de apoyos empotrados. Por tanto, el diseño de cimentaciones por el método rígido convencional, tiende a restringir los grados de libertad, es decir el cimiento no tendría desplazamiento (asentamiento) en vertical como se muestra en la **Figura 6**.

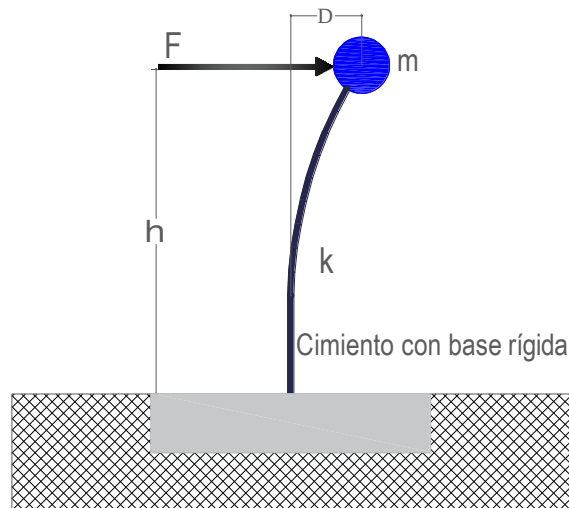


Figura 6. Estructura de base fija.

Fuente: Asociación Estadounidense de Ingenieros Civiles 41-17 (2017).

b) Modelo de base flexible

Las cimentaciones de los edificios se modelan explícitamente en el modelo matemático, considerando las propiedades mecánicas de los suelos. Para el procedimiento dinámico no lineal (NDP= nonlinear dynamic procedure), donde el comportamiento no lineal de deslizamiento y volcado de los cimientos se representará mediante una relación de deformación de carga que se denomina elastoplástica equivalente.

Cuando los componentes de la base se modelan explícitamente, el análisis se debe realizar utilizando las características de deformación de carga de la parte superior e inferior de la base, como se ilustra en la **Figura 7**. Los componentes de la cimentación no están modelados explícitamente, el análisis debe estar limitado por la capacidad de la cimentación superior e inferior tal como se muestra en la figura. En lugar de la evaluación explícita de las incertidumbres en las características de la fundación, se permitirá tomar la rigidez del límite superior y los valores de la capacidad de carga.

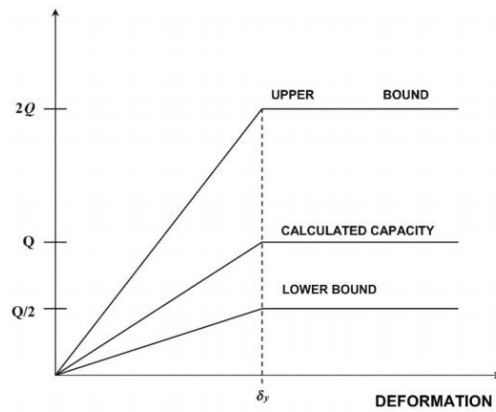


Figura 7. Comportamiento de deformación de carga elástico-plástica.

En la **Figura 8** se muestra la representación de la flexibilidad estructural, donde consiste liberar los grados de libertad con coeficiente de rigideces dinámicas como traslacionales y rotacionales en el cimiento.

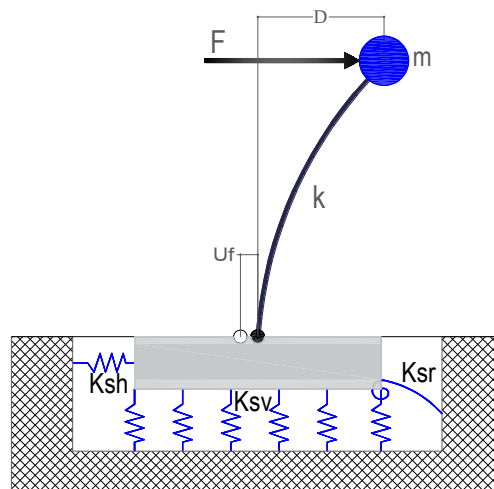


Figura 8. Estructura con base flexible.

Fuente: Asociación Estadounidense de Ingenieros Civiles 41-17 (2017).

2.2.12. Funciones de impedancia por ASCE 41-17, Pais & Kausel y Gazetas

2.2.12.1. Velocidad de onda de corte

La Norma Técnica de Edificaciones E.030 sismorristente nos indica en condiciones geotécnicas para determinar la velocidad de onda de corte, para arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N_{60} , entre 15 a 50, entonces, las velocidades de propagación de onda de corte V_s será, entre 180m/s y 500m/s.

Tabla 13.
Clasificación de los perfiles de suelo.

Perfil	V_s	N_{60}	S_u
S_0	$> 1500m/s$	-	-
S_1	$500m/s$ a $1500m/s$	> 50	$> 100kPa$
S_2	$180m/s$ a $500m/s$	15 a 50	$50kPa$ a $100kPa$
S_3	$< 180m/s$	< 15	$25kPa$ a $50kPa$
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Nota: Tomada del RNE-2018.

2.2.12.2. Coeficientes de reducción para $G_{m\acute{a}x}$

Los factores de reducción para el módulo de corte, la (ASCE 41-17, 2017) aproxima de acuerdo a la **Tabla 14**, esta aproximación de la reducción del módulo del suelo es causada por no linealidad asociada al temblor de suelo.

Tabla 14.
Relación de módulo de corte efectivo (G / G_0)

Clase de sitio	$S_{xs}/2.5 = 0$	$S_{xs}/2.5 = 0.1$	$S_{xs}/2.5 = 0.4$	$S_{xs}/2.5 = 0.8$
A	1.00	1.00	1.00	1.00
B	1.00	1.00	0.95	0.90
C	1.00	0.95	0.75	0.60
D	1.00	0.90	0.50	0.10
E	1.00	0.60	0.05	b
F	b	b	b	b

Nota: Tomada de " Siesmic Evaluation and Retrofit of Existing buildings-ASCE-SEI 41-17"

Por lo que, la **Tabla 14** para la simbología "A" son denominados suelos rígidos, prácticamente conocidas como rocas donde sus velocidades de onda de corte varia de 700 a 750m/s. Para "B" sigue siendo suelos rígidos con sus valores elevados y es denominado rocas meteorizadas fracturadas, "C" pertenece a un suelo denso, "D" suelo medio, "E" suelo blando y para la simbología "F" no se menciona los dichos valores, porque pertenece a suelos muy blandos, es decir, puede haber problemas de sensibilidad o licuación de suelos.

Donde (ASCE 41-17, 2017), clasifica a los suelos a la clase "A" y "B" como rocas, para suelos normales como la arena media, arcilla media, arena suelta, arcilla blanda se denominan a la clase "C", "D" y "E" y los suelos muy blandos , que se degradan por sensibilidad, licuación, etc. Es para la clase "F".

2.2.12.3. Consideraciones del ASCE 41-17

En la interacción suelo estructura, nos referimos al cálculo de rigideces dinámicas mediante resortes; donde a este método se necesita alimentar con coeficientes de módulo

elasticidad, velocidades de onda de corte, dimensiones de la zapata; para más adelante ser analizados en un programa profesional como Etabs v.17.

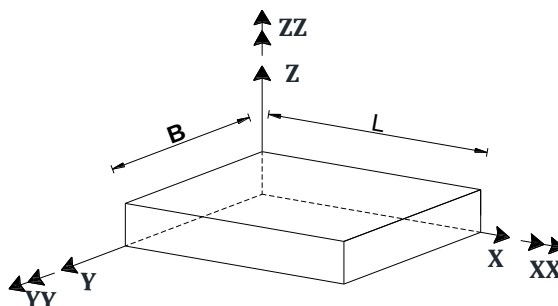


Figura 9. Consideraciones de la cimentación por ASCE 41-13.

Nota: si la orientación de los ejes $L > B$ utilizar las formulas sin alterar, en cambio si $L = B$, utilizar la **Ecuación (15)** para ambas ejes X y Y.

$$G_{m\acute{a}x} = \frac{\gamma_s V_s^2}{g} \quad \text{Ecuación (13)}$$

γ_s = Peso específico del suelo

V_s = Velocidad de onda de corte

g = Aceleración de la gravedad.

$G_{m\acute{a}x}$ = Módulo de rigidez máximo

El $G_{m\acute{a}x}$, debe ser corregido multiplicando con un valor de $S_{xs}/2.5$ ver **Tabla 14**.

$$G = G_{m\acute{a}x} S_{xs} / 2.5 \quad \text{Ecuación (14)}$$

G = Coeficiente de rigidez dinámico

a. Grados de libertad

Traslación en el eje X.

$$K_x = \frac{(GB)}{2 - \nu} \left(3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 1.2 \right) \quad \text{Ecuación (15)}$$

Traslación en el eje Y.

$$K_y = \frac{(GB)}{2 - \nu} \left(3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.40 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.80 \right) \quad \text{Ecuación (16)}$$

Traslación en el eje Z.

$$K_z = \frac{(GB)}{1 - \nu} \left(1.55 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 0.80 \right) \quad \text{Ecuación (17)}$$

Por lo que:

K_x, K_y, K_z = Coeficientes de rigideces traslacional

ν = Coeficiente de Poisson del suelo

B, L = Dimensiones de la zapata

Luego, se realiza el cálculo de rotación para cada eje X,Y y Z.

Rotación en el eje X.

$$K_{xx} = \frac{(GB^3)}{1 - \nu} \left(0.40 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.10 \right) \quad \text{Ecuación (18)}$$

Rotación en el eje Y.

$$K_{yy} = \frac{(GB^3)}{1 - \nu} \left(0.47 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.034 \right) \quad \text{Ecuación (19)}$$

Rotación en el eje Z.

$$K_{zz} = (GB^3) \left(0.53 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 0.51 \right) \quad \text{Ecuación (20)}$$

K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} = Coeficientes de rotación

b. Factores de corrección por empotramiento

Los factores de empotramiento tienen la funcionalidad de corregir o multiplicar a los factores de rigidez traslación y rotación, entonces a medida que la profundidad de desplante se aumenta, automáticamente las rigideces dinámicas incrementan.

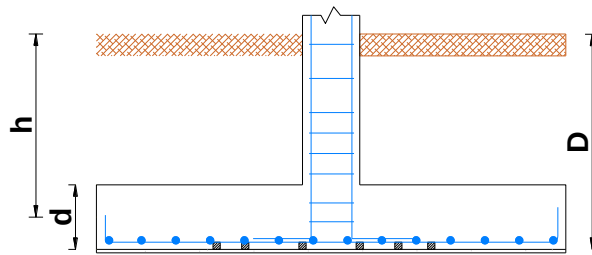


Figura 10. Cimentación empotrada a cierta profundidad "D".

Por lo que:

d = Altura de la losa de cimentación o zapata

D = Profundidad de desplante de la cimentación

h = altura desde el nivel del terreno natural al centroide de la cimentación.

Traslación a lo largo del eje X.

$$\beta_x = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{B}} \right) \left(1 + 1.6 \left(\frac{hd(B + L)^{0.4}}{BL^2} \right) \right) \quad \text{Ecuación (21)}$$

Traslación a lo largo del eje Y.

$$\beta_y = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{L}}\right) \left(1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)^{0.4}}{LB^2}\right)\right) \quad \text{Ecuación (22)}$$

Traslación a lo largo del eje Z

$$\beta_z = \left(1 + \frac{1}{21} \frac{D}{B}\right) \left(2 + 2.6 \frac{B}{L} \left(1 + 0.32 \left(\frac{d(B+L)^{2/3}}{BL}\right)\right)\right) \quad \text{Ecuación (23)}$$

Rotación entorno al eje X.

$$\beta_{xx} = 1 + 2.5 \frac{d}{B} \left(1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{d}{D}\right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}}\right) \quad \text{Ecuación (24)}$$

Rotación entorno al eje Y.

$$\beta_{yy} = 1 + 1.4 \left(\frac{d}{L}\right)^{0.6} \left(1.5 + 3.7 \left(\frac{d}{L}\right)^{1.9} \left(\frac{d}{D}\right)^{-0.6}\right) \quad \text{Ecuación (25)}$$

Rotación entorno al eje Z.

$$\beta_{zz} = 1 + 2.6 \left(1 + \frac{B}{L}\right) \left(\frac{d}{B}\right)^{0.9} \quad \text{Ecuación (26)}$$

2.2.12.4. Consideraciones por Pais y Kausel, 1985

Son fórmulas aproximadas que son propuestos por los autores que define las rigideces de bases rectangulares rígidos colocados o incrustadas en un semiespacio homogéneo. Estas fórmulas se obtienen ajustando expresiones matemáticas a varias soluciones numéricas obtenidas mediante diferentes técnicas de solución como Boundary Element Method (BEM) y Finite Element Method (FEM).

La metodología Pais y Kausel estudian métodos aproximados para Interacción Suelo-Estructura bajo cargas sísmicas, para ello se proponen fórmulas simples para describir las rigideces dinámicas para cimientos cilíndricos y rectangulares embebidos, utilizando resultados numéricos más precisos y cercanas a la realidad.

En caso de los cimientos rectangulares, la falta de asimetría axial aumenta la dificultad del problema y no se dispone de resultados analíticos rigurosos, incluso para cimientos de superficie. Además, la relación de longitud-base (L/B) como se ve la **Figura 11** planteada por (Pais & Kausel, 1985), donde definen la geometría de la cimentación, que es un parámetro que debe tenerse en cuenta, es decir, cuando la base es muy larga, sus rigideces en la dirección corta debe acercarse a las rigideces de una fundación corrida.

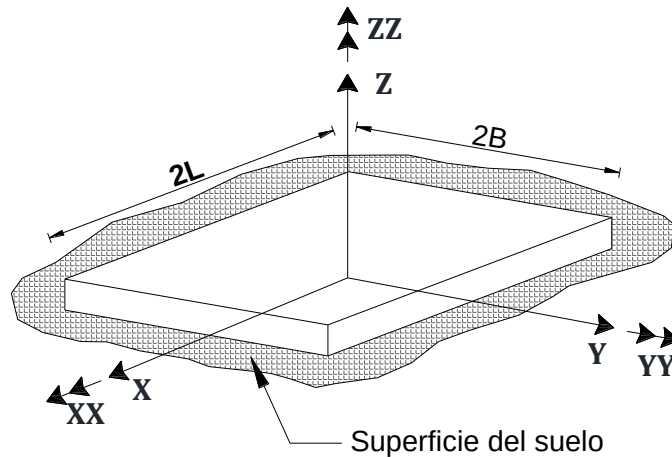


Figura 11. Cimentación rectangular embebida ($L \geq B$), Pais & Kausel (1985)

Sin embargo, en la **Tabla 15** se muestra las rigideces estáticas de una fundación rectangular encontrada por varios autores, todo estos valores depende de la relación de Poisson. Los resultados del Wong et al. (59) utiliza dos valores diferentes que son casi similares, lo que le da cierto crédito a la suposición.

Todos estos resultados se obtuvieron por medio de Método Integral de Limite (BEM), que se pueden ver que coinciden razonablemente bien entre sí, a excepción de los modos de balanceo (rotación) y torsión, donde los resultados de Domínguez resultan demasiados bajos. Los valores elegidos para las rigideces estáticas se muestran en la última columna de la *Tabla 15*; esta elección se basó principalmente en los resultados de (Wong & Luco, 1975), que se presentaron para una gama más amplia de frecuencias. Las rigideces de acoplamiento se descuidan porque sus valores son muy pequeñas para una fundación superficial. En la *Tabla 15* se muestran las formulas planteadas por Domiguez, Wong & Luco y Value Taken.

Tabla 15.

Resultados de diferentes autores para una fundación rectangular embebida.

	Abascal	Domínguez		Wong & Luco		Value Taken
		a)	b)	$\nu = 1/3$	$\nu = 0.45$	
$\frac{k_H^0(2 - \nu)}{GB}$	9.41	9.47	9.35	9.22	9.16	9.20
$\frac{k_V^0(1 - \nu)}{GB}$	4.75	4.88	4.75	4.66	4.57	4.70
$\frac{k_R^0(1 - \nu)}{GB^3}$	4.38	3.85	3.79	4.17	4.04	4.00
$\frac{k_t^0}{GB^3}$	8.71	7.53	7.48	8.31	8.42	8.31
$\frac{k_R^0 H}{GB^2}$	-	-	-	0.508	0.302	0

Nota: a) Condiciones de límite relajado, b) Condiciones de límite no relajado.

Pais & Kausel (1985) Plantean las siguientes expresiones para traslación y rotación:

a. Grados de libertad

La rigidez estática para cimientos rectangulares sobre una superficie de medio espacio homogénea se expresan a continuación:

Traslación en los ejes Z, Y y X.

$$K_{zk} = \frac{GB}{1-\nu} \left(3.1 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 1.6 \right) \quad \text{Ecuación (27)}$$

$$K_{yk} = \frac{GB}{2-\nu} \left(6.8 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.8 \left(\frac{L}{B} \right) + 1.6 \right) \quad \text{Ecuación (28)}$$

$$K_{xk} = \frac{GB}{2-\nu} \cdot \left(6.8 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 2.4 \right) \quad \text{Ecuación (29)}$$

Rotación en los ejes Z, Y y X.

$$K_{zzk} = GB^3 \left(4.25 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 4.06 \right) \quad \text{Ecuación (30)}$$

$$K_{yyk} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left(3.73 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.27 \right) \quad \text{Ecuación (31)}$$

$$K_{xxk} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left(3.2 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.8 \right) \quad \text{Ecuación (32)}$$

b. Factores de empotramiento

El exponente de (L/B) es menor que 1 para los modos vertical y horizontal, igual a 1 para la rotación alrededor del eje longitudinal y mayor que 1 para el modo torsional y rotacional alrededor del eje transversal.

Coeficiente de traslación en eje Z.

$$\eta_{zk} = \left(1 + \left(0.25 + \frac{0.25}{\frac{L}{B}} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.8} \right) \quad \text{Ecuación (33)}$$

Coeficiente de traslación en eje Y.

$$\eta_{yk} = \left(1 + \left(0.33 + \frac{1.34}{1 + \frac{L}{B}} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.8} \right)$$

Ecuación (34)

Coeficiente de traslación en eje X.

$$\eta_{xk} = \eta_{yk}$$

Ecuación (35)

Coeficiente de rotación en eje Z.

$$\eta_{zzk} = \left(1 + \left(1.3 + \frac{1.32}{\frac{L}{B}} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.9} \right)$$

Ecuación (36)

Coeficiente de rotación en eje Y.

$$\eta_{yyk} = \left(1 + \frac{D}{B} + \left(\frac{1.6}{0.35 + \left(\frac{L}{B} \right)^4} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^2 \right)$$

Ecuación (37)

Coeficiente de rotación en eje X.

$$\eta_{xxk} = \left(1 + \frac{D}{B} + \left(\frac{1.6}{0.35 + \left(\frac{L}{B} \right)} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^2 \right)$$

Ecuación (38)

c. Rigidez dinámica y amortiguamiento por radiación de ondas

c.1. Rigidez dinámico

$$\omega = 5. \text{seg}^{-1} \cdot 2. \pi$$

Ecuación (39)

$$\psi = if \left(\left(\sqrt{\frac{2(1-\nu)}{(1-2\nu)}} \right) > 2.5, 2.5, \left(\sqrt{\frac{2(1-\nu)}{(1-2\nu)}} \right) \right)$$

Ecuación (40)

$$\alpha_0 = \omega \frac{B}{V_s}$$

Ecuación (41)

Modificador de la rigidez superficial en eje Z.

$$\alpha_{zk} = 1 - \left(\frac{\left(0.4 + \frac{0.2}{\frac{L}{B}} \right) \alpha_0^2}{\left(\frac{10}{1 + 3 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)} \right) + \alpha_0^2} \right) \quad \text{Ecuación (42)}$$

Modificador de la rigidez superficial en eje X e Y, serán igual a 1.

$$\alpha_{yk} = \alpha_{xk} = 1 \quad \text{Ecuación (43)}$$

Rotación sobre el eje Z.

$$\alpha_{zzk} = 1 - \left(\frac{\left(0.33 - 0.03 \sqrt{\frac{L}{B} - 1} \right) \alpha_0^2}{\left(\frac{0.8}{1 + 0.33 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)} \right) + \alpha_0^2} \right) \quad \text{Ecuación (44)}$$

Rotación sobre el eje Y.

$$\alpha_{yyk} = 1 - \left(\frac{0.55 \alpha_0^2}{0.6 + \left(\frac{1.4}{\left(\frac{L}{B} \right)^3} \right) + \alpha_0^2} \right) \quad \text{Ecuación (45)}$$

Rotación sobre el eje X.

$$\alpha_{xxk} = 1 - \left(\frac{\left(0.55 + 0.01 \sqrt{\frac{L}{B} - 1} \right) \alpha_0^2}{\left(2.4 - \left(\frac{1.4}{\left(\frac{L}{B} \right)^3} \right) + \alpha_0^2 \right)} \right) \quad \text{Ecuación (46)}$$

c.2. Amortiguamiento por radiación

Traslación a lo largo al eje Z.

$$\beta_{zk} = \left(\frac{4\psi \left(\frac{L}{B} \right)}{\frac{K_{zk}}{GB}} \right) \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{zk}} \right) \quad \text{Ecuación (47)}$$

Traslación a lo largo al eje Y.

$$\beta_{yk} = \left(\frac{4 \left(\frac{L}{B} \right)}{\frac{K_{yk}}{GB}} \right) \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{yk}} \right) \quad \text{Ecuación (48)}$$

Traslación a lo largo al eje X.

$$\beta_{xk} = \left(\frac{4 \left(\frac{L}{B} \right)}{\frac{K_{xk}}{GB}} \right) \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{xk}} \right) \quad \text{Ecuación (49)}$$

Rotación sobre el eje Z.

$$\beta_{zzk} = \left[\frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(\left(\frac{L}{B} \right)^3 + \left(\frac{L}{B} \right) \right) \alpha_0^2}{\frac{K_{zzk}}{GB^3} \left(\frac{1.4}{1 + 3 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)^{0.7}} \right) + \alpha_0^2} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{zzk}} \right) \quad \text{Ecuación (50)}$$

Rotación sobre el eje Y.

$$\beta_{yyk} = \left[\frac{\left(\frac{4\psi}{3} \right) \left(\frac{L}{B} \right)^3 \alpha_0^2}{\frac{K_{yyk}}{GB^3} \left(\frac{1.8}{1 + 1.75 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)} \right) + \alpha_0^2} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{yyk}} \right) \quad \text{Ecuación (51)}$$

Rotación sobre el eje X.

$$\beta_{xxk} = \left[\frac{\left(\frac{4\psi}{3} \right) \left(\frac{L}{B} \right)^3 \alpha_0^2}{\frac{K_{yyk}}{GB^3} \left(2.2 + \frac{0.4}{\left(\frac{L}{B} \right)^3} \right) + \alpha_0^2} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{xxk}} \right) \quad \text{Ecuación (52)}$$

d. Modificadores de la rigidez dinámica y amortiguamiento por radiación de ondas.

Dominguez (1978) y Abascal (1984) presentan la rigidez dinámica de los cimientos embebidos solo la variación de las rigideces en el rango de baja frecuencia, como ($\alpha_0 < 1.5$ y $\alpha_0 < 2$ *respectivamente*), debido a esta falta de datos, se asumirá la variación de las rigideces con la frecuencia que es la misma para la superficie de los cimientos embebidos; sin embargo, las fórmulas se describen de la siguiente manera:

d.1 Grados de libertad

Traslación a lo largo al eje Z.

$$\beta_{z_emb} = \left[\frac{4 \left(\psi \left(\frac{L}{B} \right) + \left(\frac{D}{B} \right) \left(1 + \frac{L}{B} \right) \right)}{\frac{K_{z_emb}}{GB}} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{zk}} \right) \quad \text{Ecuación (53)}$$

Traslación a lo largo al eje Y.

$$\beta_{y_emb} = \left[\frac{4 \left(\left(\frac{L}{B} \right) + \left(\frac{D}{B} \right) \left(1 + \frac{\psi L}{B} \right) \right)}{\frac{K_{y_emb}}{GB}} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{yk}} \right) \quad \text{Ecuación (54)}$$

Traslación a lo largo al eje X.

$$\beta_{x_emb} = \left[\frac{4 \left(\frac{L}{B} + \frac{D}{B} \left(\psi + \frac{L}{B} \right) \right)}{\frac{K_{x_emb}}{GB}} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{xk}} \right) \quad \text{Ecuación (55)}$$

Rotación sobre el eje Z.

$$\beta_{zz_emb} = \left[\frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(3 \left(\frac{L}{B} \right) \left(\frac{D}{B} \right) + \psi \left(\frac{L}{B} \right)^3 \left(\frac{D}{B} \right) + 3 \left(\frac{L}{B} \right)^2 \left(\frac{D}{B} \right) + \psi \left(\frac{D}{B} \right) + \left(\frac{L}{B} \right)^3 + \left(\frac{L}{B} \right) \right) \alpha_0^2}{\left(\frac{K_{zz_emb}}{GB^3} \right) \left(\left(\frac{1.4}{1 + 3 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)^{0.7}} \right) + \alpha_0^2 \right)} \right] \frac{\alpha_0}{2\alpha_{zzk}} \quad \text{Ecuación (56)}$$

Rotación sobre el eje Y.

$$\beta_{yy_emb} = \left[\frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(\left(\frac{L}{B} \right)^3 \left(\frac{D}{B} \right) + \psi \left(\frac{L}{B} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^3 + \left(\frac{D}{B} \right)^3 + 3 \left(\frac{L}{B} \right)^2 \left(\frac{D}{B} \right) + \psi \left(\frac{L}{B} \right)^3 \right) \alpha_0^2}{\left(\frac{K_{yy_emb}}{GB^3} \right) \left(\left(\frac{1.8}{1 + 1.75 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)^{0.7}} \right) + \alpha_0^2 \right)} \right. \\ \left. + \frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(\frac{L}{B} + \psi \right) \left(\frac{D}{B} \right)^3}{\left(\frac{K_{yy_emb}}{GB^3} \right)} \right] \frac{\alpha_0}{2\alpha_{yyk}} \quad \text{Ecuación (57)}$$

Rotación sobre el eje X.

$$\beta_{xx_emb} = \left[\frac{\left(\frac{4}{3}\right) \left(\left(\frac{D}{B}\right)^3 + \left(\frac{D}{B}\right) + \left(\frac{D}{B}\right) + \psi \left(\frac{L}{B}\right) \left(\frac{D}{B}\right)^3 + 3 \left(\frac{L}{B}\right) \left(\frac{D}{B}\right) + \psi \left(\frac{L}{B}\right) \right) \alpha_0^2}{\left(\frac{K_{xx_emb}}{GB^3}\right) \left(\left(\frac{1.8}{1 + 1.75 \left(\frac{L}{B} - 1\right)^{0.7}} \right) + \alpha_0^2 \right)} \right. \\ \left. + \frac{\left(\frac{4}{3}\right) \left(\psi \frac{L}{B} + 1 \right) \left(\frac{D}{B}\right)^3}{\left(\frac{K_{xx_emb}}{GB^3}\right)} \right] \frac{\alpha_0}{2\alpha_{xxk}} \quad \text{Ecuación (58)}$$

e. Coeficientes de amortiguamiento adaptados por Pais & Kausel, 1985.

Traslación a lo largo al eje Z.

$$c_z = \frac{2K_{zk}(0.05 + \beta_{zk})}{\omega} \quad \text{Ecuación (59)}$$

Traslación a lo largo al eje Y.

$$c_y = \frac{2K_{yk}(0.05 + \beta_{yk})}{\omega} \quad \text{Ecuación (60)}$$

Traslación a lo largo al eje X.

$$c_x = \frac{2K_{xk}(0.05 + \beta_{xk})}{\omega} \quad \text{Ecuación (61)}$$

Amortiguamiento de rotación sobre el eje Z.

$$c_{zz} = \frac{2K_{zzk}(0.05 + \beta_{zzk})}{\omega} \quad \text{Ecuación (62)}$$

Amortiguamiento de rotación sobre el eje Y.

$$c_{yy} = \frac{2K_{yyk}(0.05 + \beta_{yyk})}{\omega} \quad \text{Ecuación (63)}$$

Amortiguamiento de rotación sobre el eje X.

$$c_{xx} = \frac{2K_{xxk}(0.05 + \beta_{xxk})}{\omega} \quad \text{Ecuación (64)}$$

f. Rigideces estáticas de cimentaciones incrustadas

La determinación de las rigideces de cimentaciones rectangulares incrustadas (embebidos) es un problema muy complejo, que tiene datos muy escasos. Domínguez presenta los resultados para cuadrada y rectangular donde $L/B=2$ para fundaciones

embebidas. Mientras que (Abascal, 1984) estudió solo el caso de una cimentación cuadrada. Por lo tanto, de ambas obras se determina el máximo grado de empotramiento analizado que corresponde a una profundidad igual a la anchura de la cimentación ($L/B=2$).

Los coeficientes de rigideces estáticas para cimentaciones embebidas serán calculados de las siguientes expresiones.

Traslación a lo largo al eje X.

$$K_{x_emb} = K_{xk}\eta_{xk} \quad \text{Ecuación (65)}$$

Traslación a lo largo al eje Y.

$$K_{y_emb} = K_{yk}\eta_{yk} \quad \text{Ecuación (66)}$$

Traslación a lo largo al eje Z.

$$K_{z_emb} = K_{zk}\eta_{zk} \quad \text{Ecuación (67)}$$

Rotación sobre el eje X.

$$K_{xx_emb} = K_{xxk}\eta_{xxk} \quad \text{Ecuación (68)}$$

Rotación sobre el eje Y.

$$K_{yy_emb} = K_{yyk}\eta_{yyk} \quad \text{Ecuación (69)}$$

Rotación sobre el eje Z.

$$K_{zz_emb} = K_{zzk}\eta_{zzk} \quad \text{Ecuación (70)}$$

Estas fórmulas son reducidas por (Pais & Kausel, 1985), concuerdan bien con los resultados de (Abascal, 1984), su dependencia del grado de empotramiento es inferior y lineal (exponente de (D/B) menor que 1), a excepción de la rotación.

2.2.12.1. Consideraciones por GAZETAS, 1983

Las consideraciones del autor presentan un conjunto de fórmulas para el cálculo de las rigideces de las cimentaciones superficiales armónicamente oscilante sobre un suelo homogéneo elástico.

Cálculo de inercia de la cimentación a dirección de eje Y.

$$I_y = \frac{(2B)^3(2L)}{12} \quad \text{Ecuación (71)}$$

Cálculo de inercia de la cimentación a dirección de eje Y.

$$I_x = \frac{(2L)^3(2B)}{12} \quad \text{Ecuación (72)}$$

Suma de inercias.

$$J = I_x + I_y \quad \text{Ecuación (73)}$$

Gazetas (1983), considera los seis grados de libertad, como se ve muestra en las siguientes expresiones.

a. Grados de libertad

Traslación a lo largo al eje Z.

$$K_{zg} = \left(\frac{2GL}{1-\nu} \right) \left(0.73 + 1.54 \left(\frac{B}{L} \right)^{0.75} \right) \quad \text{Ecuación (74)}$$

Traslación a lo largo al eje Y.

$$K_{yg} = \left(\frac{2GL}{2-\nu} \right) \left(2 + 2.5 \left(\frac{B}{L} \right)^{0.85} \right) \quad \text{Ecuación (75)}$$

Traslación a lo largo al eje X.

$$K_{xg} = K_{yg} - \frac{0.2}{0.75-\nu} GL \left(1 - \frac{B}{L} \right) \quad \text{Ecuación (76)}$$

Rotación sobre el eje Z.

$$K_{zzg} = GJ^{0.75} \left(4 + 11 \left(1 - \frac{B}{L} \right)^{10} \right) \quad \text{Ecuación (77)}$$

Rotación sobre el eje Y.

$$K_{yyg} = \frac{G}{1-\nu} I_y^{0.75} \left(3 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.15} \right) \quad \text{Ecuación (78)}$$

Rotación sobre el eje X.

$$K_{xxg} = \frac{G}{1-\nu} I_x^{0.75} \left(\frac{L}{B} \right)^{0.25} \left(2.40 + 0.5 \left(\frac{B}{L} \right) \right) \quad \text{Ecuación (79)}$$

b. Factores de empotramiento para la rigidez estática de cimentaciones rígidas por Gazetas, 1983.

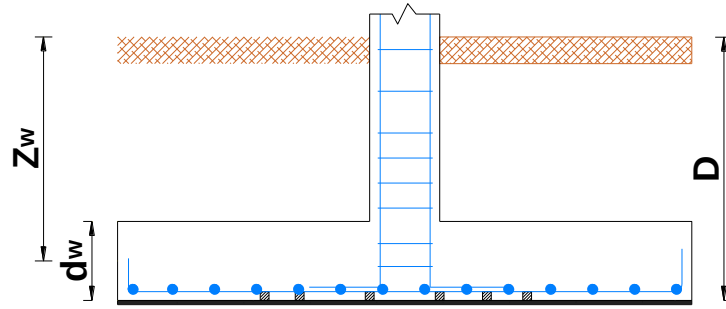


Figura 12. Cimentación planteada por Gazetas (1983).

Donde:

d_w = altura de la losa de cimentación o zapata (m)

D = altura de la losa de cimentación o zapata (m)

Z_w = altura desde el nivel del terreno natural al centroide de la cimentación.

Factor de empotramiento de traslación a la dirección de eje Z.

$$\eta_{zg} = \left(1 + \frac{D}{21B} \left(1 + 1.3 \frac{B}{L}\right)\right) \left(1 + 0.2 \left(\frac{A_w}{4BL}\right)^{2/3}\right) \quad \text{Ecuación (80)}$$

Factor de empotramiento de traslación a la dirección de eje Y.

$$\eta_{yg} = \left(1 + 0.15 \sqrt{\frac{D}{B}}\right) \left(1 + 0.52 \left(\frac{Z_w A_w}{BL^2}\right)^{0.4}\right) \quad \text{Ecuación (81)}$$

Factor de empotramiento de traslación a la dirección de eje X.

$$\eta_{xg} = \left(1 + 0.15 \sqrt{\frac{D}{L}}\right) \left(1 + 0.52 \left(\frac{Z_w A_w}{BL^2}\right)^{0.4}\right) \quad \text{Ecuación (82)}$$

Rotación sobre el eje Z.

$$\eta_{zzg} = 1 + 1.4 \left(1 + \frac{D}{B}\right) \left(\frac{d_w}{B}\right)^{0.9} \quad \text{Ecuación (83)}$$

Rotación sobre el eje Y.

$$\eta_{yyg} = 1 + 0.92 \left(\frac{d_w}{B}\right)^{0.6} \left(1.5 + \left(\frac{d_w}{D}\right)^{1.9} \left(\frac{B}{L}\right)^{-0.6}\right) \quad \text{Ecuación (84)}$$

Rotación sobre el eje X.

$$\eta_{xxg} = 1 + 1.26 \left(\frac{d_w}{B}\right) \left(1 + \left(\frac{d_w}{B}\right) \left(\frac{d_w}{D}\right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}}\right) \quad \text{Ecuación (85)}$$

Luego, hacemos las correcciones multiplicando por la rigidez dinámica con el factor de empotramiento.

Traslación a lo largo al eje Z.

$$K_{xcg} = K_{xg}\eta_{xg} \quad \text{Ecuación (86)}$$

Traslación a lo largo al eje Y.

$$K_{ycg} = K_{yg}\eta_{yg} \quad \text{Ecuación (87)}$$

Traslación a lo largo al eje X.

$$K_{zcg} = K_{zg}\eta_{zg} \quad \text{Ecuación (88)}$$

Rotación sobre el eje Z.

$$K_{xxcg} = K_{xxg}\eta_{xxg} \quad \text{Ecuación (89)}$$

Rotación sobre el eje Y.

$$K_{yycg} = K_{y yg}\eta_{yyg} \quad \text{Ecuación (90)}$$

Rotación sobre el eje X.

$$K_{zzcg} = K_{zzg}\eta_{zzg} \quad \text{Ecuación (91)}$$

2.2.13. Método flexible considerando el modelo Winkler.

2.2.13.1. Definición

Actualmente el análisis con métodos flexibles es un tema muy importante, es decir, en realidad el suelo no se comporta como una base rígida o empotrada, como suele plantearse la mayoría de diseños, sino que el suelo tiene un comportamiento como una capa de resortes elásticos, que se representa por el coeficiente de balasto.

Jimenez (1980) Conceptualiza que “un aumento de cargas sobre cimiento produce una transmisión progresiva del suelo desde un estado de equilibrio elástico a un estado de plasticidad contenida, llegándose finalmente a la plastificación total cuando se alcanza el valor de la carga de hundimiento”.

Se considera una cimentación apoyada sobre un suelo elástico que se denomina (método de coeficiente de balasto) o modelo de Winkler, cuyo valor está en función de fuerzas y desplazamiento en los nodos.

Los métodos que existen como la interacción suelo estructura (ISE) tienen la funcionalidad de arrojar las fuerzas de diseño para cimentaciones superficiales, por esta idealización se escogió el método de Winkler para modelar las estructuras de cimentación (zapatas aisladas, combinadas y losa de cimentación).

2.2.13.2. Método de coeficiente de balasto

Santana (2010) Menciona que “una viga apoyada sobre el terreno con una carga distribuida constante en toda su longitud, los desplazamientos del terreno en contacto con la viga serían constantes e independientes de que la viga sea flexible o infinitamente rígida” este modelo su comportamiento de cualquier punto del terreno es completamente independiente de los demás puntos del mismo ver **Figura 13**.

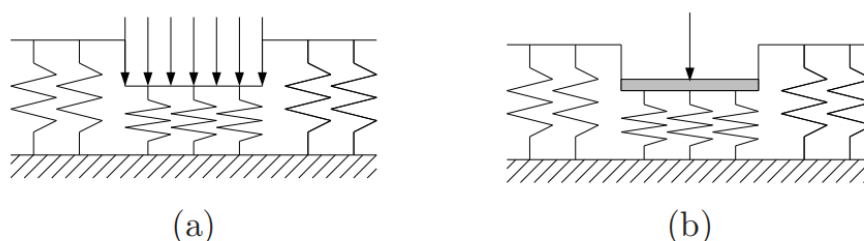


Figura 13. (a): Placa flexible sometida a una carga uniforme. (b): Placa rígida sometida a una carga concentrada.

Es un modelo aproximado que se propuso en 1867, el cual sirve para resolver fundaciones sobre medios elásticos. Este método considera el suelo como lecho de resorte, donde es conocido como un suelo de manera lineal isotrópica o heterogénea a la profundidad. La presión de contacto queda definida por el producto de la rigidez elástica del resorte y el asentamiento que se ha producido en el debido a las cargas que actúan como se visualiza **Figura 14**.

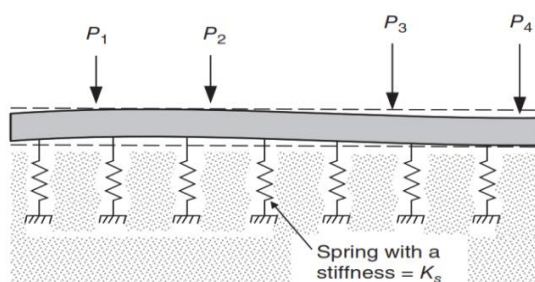


Figura 14. Método Winkler en el análisis de cimentaciones.

Nos permite modelar la respuesta del suelo aplicando la teoría de Winkler, conocido como la relación que existe entre la presión del contacto (q) y los desplazamientos producidos por el peso propio de la estructura (δ), donde se expresa en la **Ecuación (92)**.

$$k_s = \frac{q}{\delta} \text{ ó } k_s = \frac{F}{Y_n} \quad \text{Ecuación (92)}$$

Hay diferentes métodos que existen para calcular el coeficiente de balasto; por medio de módulo de elasticidad y también por el número de golpes del SPT; sin embargo, estos factores va depender mucho de mecánica de suelos para poder estimar un coeficiente muy acertado, se han planteado diferentes métodos como lo son:

2.2.13.3. Coeficiente de balasto por Vesic (k_v)

Para determinar el coeficiente de balasto por Vesic está en función de módulo de elasticidad o de deformación constante, donde el valor k_v se determina de la siguiente Ecuación (93).

$$k_v = \frac{1}{B} \left(0.65^{12} \frac{E_s B^4}{E_f I_f} \frac{E_s}{1 - \mu_s^2} \right) \quad \text{Ecuación (93)}$$

Donde:

E_s = Modulo de elasticidad del suelo

μ_s = Coeficiente de Poisson del suelo

E_f = Modulo de elasticidad del material de la fundación

I_f = Inercia de la sección de la fundación

B = Ancho de la cimentación (El lado menor)

La fórmula reducida para casos prácticos es:

$$k_v = \frac{E_s}{B \cdot (1 - \mu_s)} \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ecuación (94)}$$

2.2.13.4. Coeficiente de balasto por Terzagui (k_T)

Terzaghi fue uno de los que propuso el coeficiente de balasto en función a los ensayos de platos de carga K30, la geometría de la zapata también fue considerada para el dicho cálculo quedando la siguiente expresión:

Para suelos cohesivos (BxB):

$$k_T = \frac{k_{30} * 0.30}{B} \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ecuación (95)}$$

Para suelos arenosos (BxB):

$$k_T = k_{30} \left(\frac{B + 0.3}{3 \cdot B} \right)^2 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ecuación (96)}$$

Para cualquier tipo de terreno (BxL):

$$k_T = k_{30} \left(1 + \frac{B}{2L} \right) \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ecuación (97)}$$

Por lo que:

Donde los valores de K30 se muestran en la siguiente tabla en función a los tipos de suelos clasificados para el cálculo del coeficiente de balasto.

Tabla 16.
Valores K30 propuesta por Terzagui.

Tipos de suelo		K30 max	
Arena seca o húmeda	Suelta	0.64	1.92
	Media	1.92	9.6
	Compacta	9.6	32
Arena sumergida	Suelta	0.8	
	Media	2.5	
	Compacta	10	
Arcilla	qu=1-2kg/cm2	1.6	3.2
	qu=2-4kg/cm3	3.2	6.4
	qu>4kg/cm4	>6.4	

Nota: Fuente, Terzagui (1987).

2.2.13.5. Coeficiente de balasto por Nelson Morrison

Morrison en su tesis de maestría determina el coeficiente de Winkler en función a la capacidad portante del suelo ver **Tabla 17**, donde, el coeficiente de balasto no se corregirá, es decir es un valor ya fija para ser utilizado al software profesional CSI SAFE v.16, es un resumen de diferentes trabajos realizados por el Prof. Terzaghi y otros cinco ingenieros connotados en diferentes épocas.

Tabla 17.
Coeficiente de balasto a partir de la capacidad portante del suelo.

Esf. Adm. (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)	Esf. Adm. (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)	Esf. Adm. (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10

1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

Nota: Tabla extraída de la tesis de maestría "Interacción suelo-estructura: Semi-espacio de Winkler", Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 1993 (Autor Nelson Morrison).

2.2.13.6. Coeficiente de balasto por Klepikov

Para el cálculo de coeficiente de balasto por Klepikov, tiene una expresión más completa que trabaja con el módulo de elasticidad del suelo, dimensiones de los cimientos y el coeficiente de Poisson.

$$k_K = \frac{E_s}{\omega \cdot \sqrt{A} \cdot (1 - \mu_s^2)} \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ecuación (98)}$$

Donde el ω es un número adimensional que se obtiene de la siguiente expresión.

$$\omega = \frac{100}{4,03 \cdot \frac{L}{B} + 109,05}$$

Por lo que:

k_{KL} = coeficiente de balasto por Klepikov

A = Área de la cimentación

μ_s = Coeficiente de Poisson del suelo

2.2.13.7. Coeficiente de balasto por N_{60} SPT

Estimación del módulo de balasto en función por número de golpes corregido N_{60} tanto como para suelo seco o húmedo y suelo saturado, Veamos la **Ecuación (99) y (100)**.

Para suelo seco o húmedo.

$$k_{SPT} = 10^{\frac{N+2}{34}} \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ecuación (99)}$$

Para suelo saturado.

$$k_{SPT} = 0.60 * 10^{\frac{N+2}{34}} \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ecuación (100)}$$

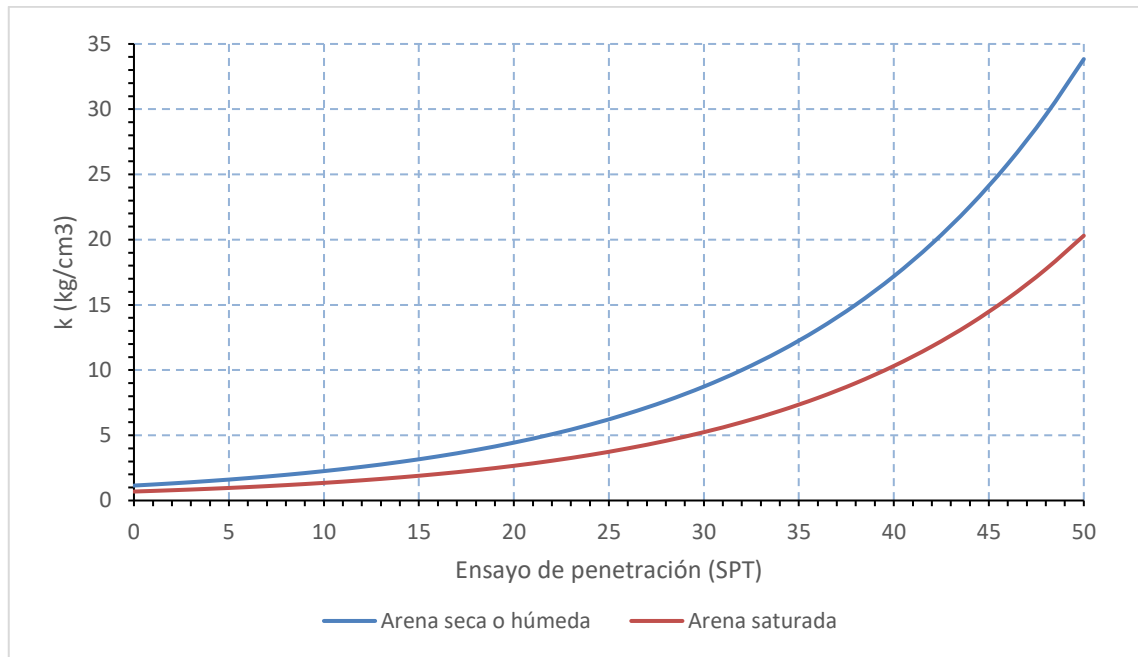


Figura 15. Correlación de módulo de balasto en función de número de golpe.

La rigidez entre la cimentación y el suelo tienen rigideces independientes es decir que no dependen de otro; en cambio cuando consideremos la interacción entre estos dos materias, se tiene que verificar la distribución de esfuerzos debido a la rigidez relativa cimiento-estructura de estos dependerá el equilibrio final; donde se expresa la siguiente Ecuación (101).

$$k_r = \frac{E_e I_e}{E_s B^3} \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ecuación (101)}$$

Donde:

E_e = Modulo elástico del material de la estructura de cimentación.

I_e = Inercia de la zapata

E_s = Modulo de elasticidad del suelo

B = Ancho de la cimentación

Delgado (2009) quien afirma que “en el método Winkler, lo elementos prismáticos cumplen con una relación entre el momento flector, la rigidez representada por el módulo de elasticidad y la inercia del elemento y la segunda deriva de la deflexión”.

$$-M = EI \frac{d^2 y}{dx^2} \quad \text{Ecuación (102)}$$

Por lo que:

M = Momento en cualquier sección

E = Módulo elasticidad de la cimentación

I = Momento de inercia de la sección transversal de la viga

$$\frac{dM}{dx} = V \quad \text{Ecuación (103)}$$

La fuerza cortante (V). Se supone la hipótesis de Winker de proporcionalidad entre esfuerzos y deflexiones:

$$\frac{dV}{dx} = q \quad \text{Ecuación (104)}$$

Por lo tanto:

$$q = -y * k * B \quad \text{Ecuación (105)}$$

Donde:

y = Deflexión o desplazamientos de la cimentación

k = Modulo o coeficiente de balasto (ton/m^3)

Luego se obtiene la ecuación diferencial:

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + ky = 0 \quad \text{Ecuación (106)}$$

La **Ecuación (106)** se expresa de la siguiente manera:

$$y = (C_1 \cos \lambda x + C_2 \sin \lambda x)e^{\lambda x} + (C_3 \cos \lambda x + C_4 \sin \lambda x)e^{-\lambda x} \quad \text{Ecuación (107)}$$

El variable ser función de un parámetro Gamma λ :

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{Bk_s}{4EI}} \quad \text{Ecuación (108)}$$

2.2.14. Norma de diseño E.060 concreto armado

El diseño de zapatas aisladas debe resistir las cargas mayoradas donde la norma indica los ciertos factores como $1.4CM + 1.7CV$, sin embargo, la zapata únicamente se encarga de transmitir cargas al suelo, y tomar mucha consideración que el área de la zapata debe determinarse a partir de la resistencia admisible del suelo.

Para el diseño de una zapata por el método de resistencia se debe determinar la presión de contacto con el suelo, por lo tanto la reacción del suelo W_u será:

$$W_u = \frac{P_u}{A_z} \quad \text{Ecuación (109)}$$

Donde:

P_u = Peso ultimo (Carga mayorada)

A_z = Área de la zapata

2.2.14.1. Cálculo de momento.

R.N.E (2018) E.060 de concreto armado indica que “El momento flector en cualquier sección de una zapata debe determinarse pasando un plano vertical a través de la zapata y calculando el momento de las fuerzas que actúan sobre el área total de la zapata que quede a un lado de dicho plano vertical”

El momento último se debe calcular de la siguiente manera.

- Para zapatas que soportan una columna, en la cara de una columna.
- Para zapata que soporten muros de albañilería, en el punto medio entre el eje central y el muro.
- Para zapatas que soporten una columna con plancha de apoyo de acero, en el punto medio entre la cara de la columna.

2.2.14.2. Cortante unidireccional

Las zapatas se deben diseñar cumpliendo la resistencia a cortante de losas y zapatas con la siguiente expresión.

$$\phi V_n \geq V_u \quad \text{Ecuación (110)}$$

Donde:

ϕ = Factor de reducción de resistencia para cortante

V_n = Cortante nominal

V_u = Fuerza cortante ultima

Si bien sabemos que el cortante nominal es la suma de la resistencia cortante por el concreto y la resistencia por el refuerzo transversal.

$$V_n = V_c + V_s \quad \text{Ecuación (111)}$$

Por lo que, la resistencia cortante por el concreto y flexión se expresa de esta manera:

$$V_c = 0.17 * \lambda * \sqrt{f'c} * b_w * d \quad \text{Ecuación (112)}$$

Para elementos a sometidos a compresión axial.

$$V_c = 0.17 + \frac{N_u}{14 * A_g} * \lambda * \sqrt{f'c} * b_w * d \quad \text{Ecuación (113)}$$

2.2.14.3. Cortante bidireccional

El cortante bidireccional es cuando intenta fallar por una superficie piramidal, esto ocurre por la respuesta a la carga vertical que le transfiere la columna, dicho cortante último esta presentado por esta expresión.

$$V_{du} = \frac{P_u}{B^2} [B^2 - (t_1 + d)(t_2 + d)] \quad \text{Ecuación (114)}$$

Donde:

P_u = Carga ultima transferida por la columna

t_1 = Largo de la columna

t_2 = Ancho de la columna

d = Peralte efectivo de la zapata.

2.2.14.4. Peralte efectivo por corte y punzonamiento.

Donde la norma E.060 considera los siguiente, “medida sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 300mm para zapatas apoyadas sobre el suelo, de igual manera menciona para casos de zapatas apoyadas sobre pilotes 400mm”.

2.2.15. Método de Winkler

Para el dimensionamiento de una zapata central, se empieza con el método rígido convencional cumpliendo los requisitos por corte y punzonamiento.

Botero & Muria (2000) Mencionan que “Los cálculos de respuesta de un edificio sometido a cualquier excitación, es importante evaluar los efectos de interacción suelo-estructura (ISE) esto debido a la flexibilidad de un suelo”. Sin embargo, cuando la edificación es sometida a una vibración, se generan un momento de volteo en la base que puede ser mayor que el momento resistente de la cimentación y generar el desprendimiento parcial.

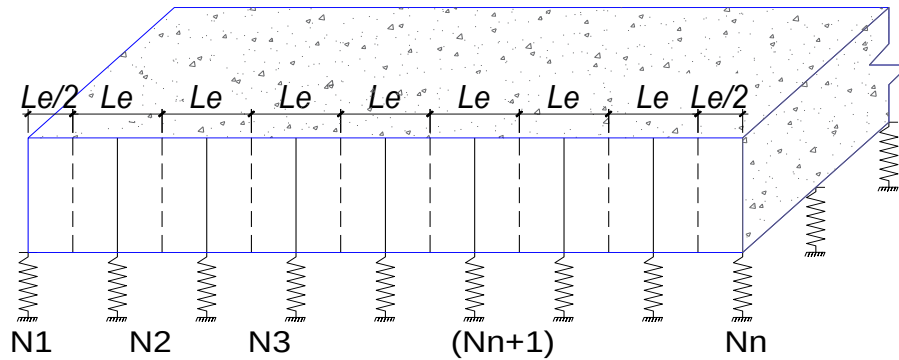


Figura 16. Divisiones propuestas en nodos (N_n) para zapata en el Método de Winkler.

Zeevaert (1980) Uno de sus objetivos “es la determinación de las propiedades de esfuerzo-deformación de los suelos es el uso de estas propiedades mecánicas, para estimar un desplazamiento vertical (asentamiento) y horizontales en la masa del suelo cuando éste se somete a un incremento de esfuerzo”. Es decir, es fundamental realizar las verificaciones como la presión del suelo, no debe exceder a la capacidad portante del suelo y de igual manera controlar los asentamientos que no deben ser excesivos a 25.4mm.

Luego, se muestra la metodología para el desarrollo con el método Winkler:

- Cálculo de la longitud equivalente

$$L_e = \frac{L}{N_n - 1} \quad \text{Ecuación (115)}$$

Donde:

L_e = Longitud equivalente

L = Longitud mayor de la zapata

N_n = Numero de nodos que se va realizar para la zapata.

- Cálculo de inercia de la estructura de cimentación

$$I_z = \frac{LH^3}{12} \quad \text{Ecuación (116)}$$

Se denomina; I_z = inercia de la zapata del lado más largo y su altura total.

- Cálculo de carga del terreno aplicada sobre la zapata

$$C = (D_f - H) \cdot \gamma_s \cdot 1m \quad \text{Ecuación (117)}$$

Donde:

C = Fuerza distribuida por el terreno sobre la zapata.

D_f = Profundidad de desplante de la zapata.

γ_s = Peso específico del suelo

➤ Cálculo de áreas en los nodos

Las áreas en los nodos del primer y el último se calculan de la siguiente expresión.

$$A_{[1...n]} = \frac{L_e}{2} \cdot B \quad \text{Ecuación (118)}$$

Y para el resto de los nodos (nodos intermedios), se calcula de la siguiente manera.

$$A_{[2...n-1]} = L_e \cdot B \quad \text{Ecuación (119)}$$

➤ Reacción concentrada en el primer y en último nodo se calculará de la siguiente manera $Q_{[1...n]}$.

$$Q_{[1...n]} = 2 \cdot K_s \cdot A_{[1...n]} \cdot Y_{[1]} \quad \text{Ecuación (120)}$$

➤ Reacción concentrada para el resto de los nodos intermedias $Q_{[2...n-1]}$.

$$Q_{[2...n-1]} = q_{[i]} A_{[2...n-1]} \quad \text{Ecuación (121)}$$

Donde:

$Q_{[n]}$ = Reacción generada por el suelo.

$q_{[i]}$ = Presión que ejerce el suelo a la zapata en cada nodo.

$$q_{[i]} = K_s Y_{[i]} \quad \text{Ecuación (122)}$$

Por lo que:

$Y_{[i]}$ = Deflexiones resultantes en cada uno de los nodos.

Reemplazando a la ecuación anterior, donde $Q_{[1...n]}$ es la reacción del suelo en los nodos del borde de la zapata y $Q_{[2...n-1]}$ es la reacción intermedia.

$$Q_{[1...n]} = 2 \cdot K_s \cdot A_{[1...n]} \cdot Y_{[1...n]} = 2 \cdot K_s \cdot A_{[1]} \cdot Y_{[1]} \quad \text{Ecuación (123)}$$

Reacción intermedia del suelo se formula de la siguiente manera:

$$Q_{[2...n-1]} = K_s \cdot A_{[2...n-1]} \cdot Y_{[2...n-1]} = K_s \cdot A_{[2]} \cdot Y_{[2]} \quad \text{Ecuación (124)}$$

➤ Formación de la matriz para la zapata flexible

Para determinar la matriz, dependerá de las cargas aplicadas a la zapata y las reacciones del suelo, esto pues, constituyen un sistema de fuerzas en equilibrio, por lo que, los momentos flectores deben satisfacer la siguiente expresión para elementos a flexión.

$$-M = EI \frac{d^2 y}{dx^2} \quad \text{Ecuación (125)}$$

El método de diferencias finitas consiste en aproximar las derivas parciales por expresiones algebraicas con valores de las variables dependientes en un limitado número de puntos, como se denota en la figura con sus respectivos nodos.

$$-M = EI \left(\frac{Y_1 - 2Y_2 + Y_3}{L_e^2} \right) \quad \text{Ecuación (126)}$$

Donde:

Y_1 = Deflexión en el nodo (N_1)

Y_2 = Deflexión en el nodo (N_2)

Y_3 = Deflexión en el nodo (N_3)

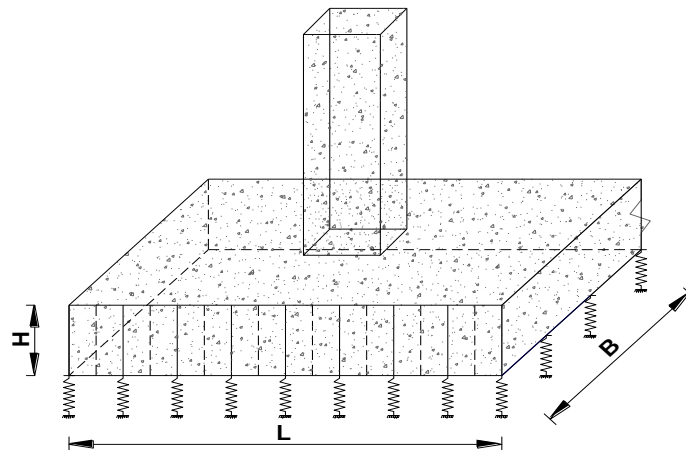


Figura 17. Zapata aislada método Winkler.

➤ Demostrando la **Ecuación (26)** para el Nodo 2 (N_2)

$$L_e \cdot Q_{[1]} - \frac{C \cdot (1L_e^2)}{2} = \left(\frac{EI}{L_e^2} \right) (Y_1 - 2Y_2 + Y_3) \quad \text{Ecuación (127)}$$

➤ Para el Nodo 3 (N_3)

$$2.L_e.Q_{[1]} + L_e.Q_{[2]} - \frac{C(2L_e)^2}{2} = \left(\frac{EI}{L_e^2}\right)(Y_2 - 2Y_3 + Y_4) \quad \text{Ecuación (128)}$$

➤ Para el Nodo 4 (N_4)

$$3L_eQ_{[1]} + 2L_eQ_{[2]} + L_eQ_{[3]} - \frac{C(3L_e)^2}{2} = -\left(\frac{EI}{L_e^2}\right)(Y_3 - 2Y_4 + Y_5) \quad \text{Ecuación (129)}$$

Nota: La formación de la matriz se aumenta hasta llegar las 9 deflexiones.

Donde se requiere 9 ecuaciones para hallar las 9 deflexiones ubicadas en los nodos, entonces será necesario plantear más 2 ecuaciones. La primera ecuación considera el equilibrio de momentos en el nodo 9 ver **Ecuación (130)** y la segunda ecuación es el equilibrio de las fuerzas verticales ver **Ecuación (131)**.

➤ Momento flector

De igual manera para el momento último debe calcularse en las secciones críticas localizadas como se indica en la Figura 18; por ejemplo, para una zapata que soporte una columna, pedestal o muro de concreto, se calculará en la cara de la columna, pedestal o muro.

$$\begin{aligned} 8A_{[1]}Y_{[1]} + 7A_{[2]}Y_{[2]} + 6K_sA_{[3]}Y_{[3]} + 5K_sA_{[4]}Y_{[4]} + 4K_sA_{[5]}Y_{[5]} \\ + 3K_sA_{[6]}Y_{[6]} + 2K_sA_{[7]}Y_{[7]} + K_sA_{[8]}Y_{[8]} \\ + 0.K_sA_{[9]}Y_{[9]} - \left(\frac{PL}{2} + \frac{CL^2}{2}\right) = 0 \end{aligned} \quad \text{Ecuación (130)}$$

➤ Fuerza cortante

A continuación, se calcula la fuerza cortante teniendo la reacción por unidad de longitud a lo largo de la zapata. Sin embargo, el (R.N.E, 2018) menciona en el artículo 15.5.2 lo siguiente “para el cortante critico debe medirse desde la cara de la columna, pedestal o muro como se muestra en la Figura 18 ”.

$$\begin{aligned} 2K_sA_{[1]}Y_{[1]} + K_sA_{[2]}Y_{[2]} + K_sA_{[3]}Y_{[3]} + K_sA_{[4]}Y_{[4]} + K_sA_{[5]}Y_{[5]} \\ + K_sA_{[6]}Y_{[6]} + K_sA_{[7]}Y_{[7]} + K_sA_{[8]}Y_{[8]} + K_sA_{[9]}Y_{[9]} \\ - (P + C.L) = 0 \end{aligned} \quad \text{Ecuación (131)}$$

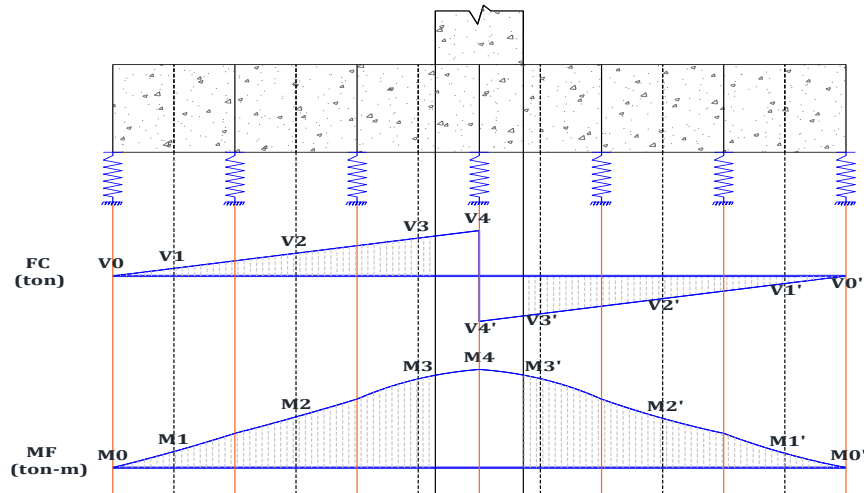


Figura 18. Fuerza cortante y momento flector.

Por siguiente; se tiene las fórmulas reducidas con la finalidad de obtener matrices de gran escala con las siguientes ecuaciones.

$$q = L_e \cdot K_s \quad , \quad \alpha = \frac{EI}{L_e^2} \quad \text{Ecuación (132)}$$

$$\eta = \frac{CL_e^2}{\alpha} \quad , \quad \beta = \frac{q}{\alpha} \quad \text{Ecuación (133)}$$

Sistema de ecuaciones reducidas a la siguiente matriz, donde se planteará una zapata flexible con 9 nodos, es por ello se necesitará una matriz de 9x9.

Tabla 18.
Matriz reducida para el modelo Winkler

		1	2	3	4	...	9
$K_S=$	1	$1A_n\beta + 1$	-2	1	0	...	0
	2	$2A_n\beta$	$1A_n\beta + 1$	-2	1	...	0
	3	$3A_n\beta$	$2A_n\beta$	$1A_n\beta + 1$	-2	$\ddots$	$\vdots$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\ddots$	$\ddots$	$\ddots$	1
	8	$(N_n - 1)A_nq$	$(N_n - 2)A_nq$	$(N_n - 3)A_nq$	$(N_n - 4)A_nq$	...	$0A_nq$
	9	A_nK_S	A_nK_S	A_nK_S	A_nK_S	...	A_nK_S

Nota: Elaboración propia de los autores.

Tabla 19.
Matriz representada para 9 nodos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$1A_n\beta + 1$	-2	1	0	0	0	0	0	0
2	$2A_n\beta$	$1A_n\beta + 1$	-2	1	0	0	0	0	0
3	$3A_n\beta$	$2A_n\beta$	$1A_n\beta + 1$	-2	1	0	0	0	0
4	$4A_n\beta$	$3A_n\beta$	$2A_n\beta$	$1A_n\beta + 1$	-2	1	0	0	0
5	$5A_n\beta$	$4A_n\beta$	$3A_n\beta$	$2A_n\beta$	$1A_n\beta + 1$	-2	1	0	0
6	$6A_n\beta$	$5A_n\beta$	$4A_n\beta$	$3A_n\beta$	$2A_n\beta$	$1A_n\beta + 1$	-2	1	0
7	$7A_n\beta$	$6A_n\beta$	$5A_n\beta$	$4A_n\beta$	$3A_n\beta$	$2A_n\beta$	$1A_n\beta + 1$	-2	1
8	$(N_n - 1)A_nq$	$(N_n - 2)A_nq$	$(N_n - 3)A_nq$	$(N_n - 4)A_nq$	$(N_n - 5)A_nq$	$(N_n - 6)A_nq$	$(N_n - 7)A_nq$	$(N_n - 8)A_nq$	$0A_nq$
9	A_nK_s	A_nK_s	A_nK_s	A_nK_s	A_nK_s	A_nK_s	A_nK_s	A_nK_s	A_nK_s

Nota: Fuente, elaboración propia de los autores.

Asimismo, la fuerza equivalente esta reducida de la siguiente manera.

Tabla 20.
Fuerza equivalente de la matriz

	1
1	$1^2 * 0.5 * \eta$
2	$2^2 * 0.5 * \eta$
3	$3^2 * 0.5 * \eta$
⋮	⋮
8	$\frac{P * L}{2} + \frac{C * L^2}{2}$
9	$P + C * L$

Nota: Fuente, elaboración propia de los autores.

Por lo que; la fuerza equivalente para la matriz de 9x9 también se obtendrá nueve incógnitas como se muestra en la **Tabla 21**.

Tabla 21.
Fuerza equivalente para 9 nodos.

	1
1	$1^2 * 0.5 * \eta$
2	$2^2 * 0.5 * \eta$
3	$3^2 * 0.5 * \eta$
4	$4^2 * 0.5 * \eta$
5	$5^2 * 0.5 * \eta$
6	$6^2 * 0.5 * \eta$
7	$7^2 * 0.5 * \eta$
8	$\frac{P * L}{2} + \frac{C * L^2}{2}$
9	$P + C * L$

Nota: Fuente, elaboración propia de los autores.

Teniendo las formulas reducidas a matrices, se obtendrá los desplazamientos o asentamientos (Y_n) en cada uno de los nodos, según la **Ecuación (92)**.

2.2.16. Hipótesis

2.2.16.1. *Hipótesis general*

Los suelos que presenta la urbanización Los Ángeles de Miraflores son de baja capacidad portante con valores menores a 1.0kg/cm^2 y contienen sales, sulfatos y cloruros en sus propiedades químicas. Es viable proyectar cimentaciones superficiales los cuales puedan tener combinaciones de zapatas y losas de cimentación para poder aminorar el área de cimentación, de la misma forma para los análisis es conveniente emplear modelos flexibles con interacción suelo-cimiento-estructura.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño y tipo de investigación

3.1.1. Definición del enfoque de la investigación

La siguiente investigación pertenece al Enfoque Cuantitativo.

Kerlinger & Lee (2002) Mencionan que “el criterio de planteamiento debe implicar la posibilidad de realizar una prueba empírica, es decir, la factibilidad de observarse en la realidad única y objetiva”.

Por ejemplo, si alguien tiene el objetivo de estudiar cual sublime es el alma de los adolescentes, el problema planteado es dificultoso porque no se puede probarse empíricamente, pues lo sublime y el alma no son observables. Obviamente que el ejemplo es muy extremo, esto quiere decir que el enfoque cuantitativo trabaja con aspectos observables y medibles de la realidad.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no Experimental cuantitativa

Hernández, Fernández y Baptista (2012) Formulan que “la investigación no experimental se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables”.

Generalmente se trata de un estudio donde no trataremos de variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos, es decir, porque ocurren las fisuras en la edificación en su contexto natural y posteriormente analizarlos.

3.1.3. Definición del tipo de la investigación

La investigación que se considera es Explicativo.

Hernández, Fernández y Baptista (2012) Mencionan que “los estudios explicativos van más allá de la descripción de concepto o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos”. Es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su número lo indica, su interés se centra en explicar

porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o porque se relacionan dos o más variables”.

3.1.4. Definición del alcance de la investigación a realizar.

Se considera como Descriptivo

Hernández, Fernández y Baptista (2012) Formulan que “la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y eventos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”. Es decir, únicamente prefieren medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar como se relacionan éstas.

3.2 Definición de las Variables de investigación

“La variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene en ella. Esto se esquematiza de la siguiente manera”. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2012)

Tabla 22.
Representación de variables

<i>Manipulación de la variable independiente</i>	<i>Medición del efecto sobre la variable dependiente.</i>
X1	Y1
X2	Y2
*	*
*	*
*	*

Nota: Fuente: “Metodología de la Investigación (2012)”

La letra “X” representa o simboliza a la variable independiente o tratamiento experimental, las letras o subíndices “1,2...” indican distintos niveles de variación de la independiente y la letra “Y” se utiliza para representar y es utilizado para la variable dependiente.

3.2.1. Variables independientes

- ✓ Resistencia del suelo
- ✓ Carga de servicio de la edificación
- ✓ Grado de contaminación

3.2.2. Variables dependientes

- ✓ Diseño de cimentaciones superficiales
- ✓ Tipo de cimentaciones superficiales con ISCE
- ✓ Asentamientos de la edificación

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 23.

Operacionalización de las variables independientes y dependientes

Variable	Indicador	Medición	Rango de variabilidad
Var. Independiente: (X)			
Resistencia del suelo.	Capacidad portante	Kg/cm ²	0 a 3 kg/cm ²
Carga ultima de la edificación	Peso Total	Ton	3 y 5 niveles
Grado de contaminación	-----	---	---
Var. Dependiente: (Y)			
Tipo de cimentaciones superficiales con Interacción Suelo-Cimiento-Estructura.	*Zapata Aislada	m ²	---
	*Zapata conectadas	m ²	---
	*Zapata combinada	m ²	---
	*Losa de cimentación	m ²	---
Asentamientos de la edificación	Deformación	mm	0-2.5cm

Nota: Fuente: Elaboración Propia. Datos generales de la zona de estudio.

3.4 Datos generales de la zona de estudio

Los datos generales para el estudio se planteó una descripción y reconocimiento de la zona, para desarrollar la presente investigación como: La ubicación geográfica de la zona, topografía, geomorfología y clima.

3.4.1. La ubicación geográfica

3.4.1.1. Topografía

El relieve topográfico de la zona de estudio es plano con mayor extensión, y con una altitud promedio de 3831 msnm aproximadamente.

3.4.1.2. Geomorfología

La urbanización Los Ángeles de Miraflores se ubica en la parte noroeste de la Provincia de San Román, en la zona central del departamento de Puno y en la parte sur del territorio peruano. Y las características geomorfológicas de la zona es de gradación o acumulación de suelo sedimentario, ya que la zona de estudio se caracteriza por una superficie plana con colindancia a su alrededor con cerros.

La estratigrafía presenta los siguientes estratos con sus respectivas siglas como: CL= Arcilla inorgánica de baja plasticidad, SM= Arena limosa, SP-SM= Arena mal graduada con presencia de arena limosa, etc.

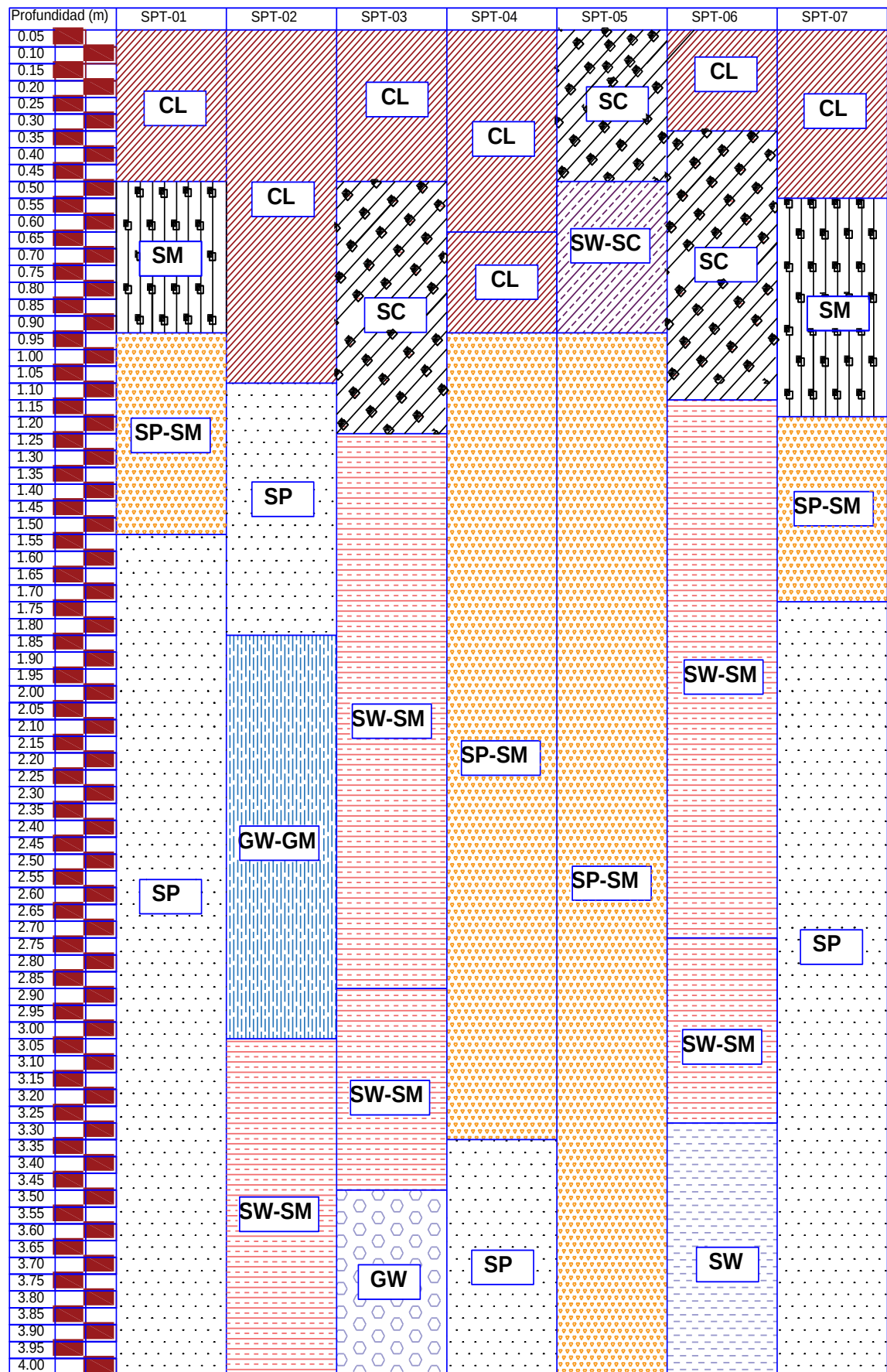


Figura 19. Estratigrafía del suelo para cada punto de investigación.

3.4.1.3. Clima

En lo referente al clima, la ciudad de Juliaca presenta una amplia oscilación entre el día y la noche; aunque predomina el frío siendo este más intenso en el invierno principalmente en los meses de junio y julio, alcanzando valores inferiores a 0°C.

En cuanto a su temperatura media esta es de entre 4 a 10°C, la temperatura máxima se mantiene uniforme a lo largo del año durante todos los meses con un promedio de 18°C, de la misma manera la temperatura mínima que tiene como un promedio los -7.5°C durante el mes de julio.

Generalmente el verano es la estación húmeda, incluye los meses de diciembre a marzo, en los cuales la precipitación media varía entre los valores de 85.9mm a 183.3mm, la mejor temporada para visitar Juliaca es la primavera, comprendida entre septiembre y diciembre, ya que es soleada y con poca humedad.

3.5 Identificación de la población y tamaño de muestra

3.5.1. Población

La población está constituida por el área total de la urbanización los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca.

Tabla 24.
Tipo de edificación según el RNE.

CLASE DE ESTRUCTURA	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS (m)	NUMERO DE PISOS (incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	>12
Aporticada de acero	<12	III	III	III	II
Pórticos y/o muros de concreto	<10	III	III	II	I
Muros portantes de albañilería	<12	II	I	---	---
Bases de máquinas y similares	Cualquiera	I	---	---	---
Estructuras especiales	Cualquiera	I	I	I	I
Otras estructuras	Cualquiera	II	I	I	I
*Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
Tanques elevados y similares		≤ 9m de altura		>9m de altura	
		II		I	
Plantas de tratamiento de agua		III			
Instalaciones de agua y alcantarillado en obras urbanas.		IV			

Nota: Tabla obtenida del Reglamento Nacional de Edificaciones E.050.

El número de puntos de investigación para explorar se determina de la **Tabla 25** en función del tipo de edificación y del área de la superficie.

Tabla 25.
Número de puntos de investigación según el RNE

Tipo de edificación	Número de puntos de investigación (n)
I	1 cada 225 m ²
II	1 cada 450 m ²
III	1 cada 900 m²
IV	1 cada 100m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas.
Habilitación urbana para viviendas unifamiliares de hasta 3 pisos.	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

Nota: Del Reglamento Nacional de Edificaciones E-050.

De la misma manera que incluyen las plantas de tratamiento de agua en la que se considera en lugar de área techada, que el **n** nunca será menor de 3.

Entonces, nuestra área total de la investigación corresponde a 9.765 hectáreas aproximadamente con 97650.42 m², por lo tanto, la población a investigar será de la siguiente fórmula.

$$Población = \frac{\text{Área total de estudio}}{\text{Frecuencia de estudio}} \quad \text{Ecuación (134)}$$

$$Población = \frac{97650.42 \text{ m}^2}{900 \text{ m}^2}$$

$$Población = 109 \text{ puntos a investigar}$$

3.5.2. Tamaño de muestra

Borja (2012) Menciona que “cada uno de los sujetos de estudio de una investigación tuvieran exactamente las mismas características, el tamaño requerido de la muestra sería solamente uno, pero al no presentarse el caso, necesitamos establecer un tamaño de muestra mayor de uno, pero menor que la población total o universo”

$$n_0 = \left(\frac{Z}{e}\right)^2 pq \quad \text{Ecuación (135)}$$

$$n = \frac{n_0 * N}{n_0 + (N - 1)} \quad \text{Ecuación (136)}$$

Donde:

n_0 = Tamaño de la muestra en la estimación de la población.

n = Tamaño real de la muestra a partir de la población seleccionada.

N = Número total de elementos que conforman la población.

z = Grado de confiabilidad 1.65 para el 10% del nivel de significancia, es decir que el 90% de probabilidad de que el valor verdadero de lo que se está estudiando en la población, se encuentra en la muestra calculada.

e = Error asumido para el cálculo será el 10% del 90% de probabilidad.

p = Probabilidad de que la población presenta las características. (0.97 para 97%).

q = Probabilidad de que la población no presenta las características. (0.03 para 3%).

(Moya C. & Saravia A., 2008) Formulan las siguientes expresiones de tamaño de la muestra para poblaciones finitas.

$$n_0 = \left[\frac{1.65}{0.1} \right]^2 * 0.97 * 0.03 = 7.922$$

$$n = \frac{7.922 * 109}{7.922 + (109 - 1)} = 7.449 \cong 7 \text{ puntos}$$

El tamaño real de la muestra a partir de la población seleccionada es de 7 puntos de investigación, de las cuales se busca obtener la resistencia del suelo con fines de cimentaciones superficiales.

3.6 Esfuerzo en el terreno debido a una carga rectangular

Los esfuerzos son ejercidos por el agua que ocupa los espacios vacíos y la suma de los componentes verticales de las fuerzas que actúan en los puntos de contacto de las partículas de sólidos por área por sección transversal unitaria de la masa del suelo que es denominado esfuerzo efectivo.

Miramontes & Alemán (2004) Mencionan que “para el cálculo es necesario conocer las propiedades del terreno ya que el buen funcionamiento y estabilidad de las estructuras depende en gran parte del comportamiento del suelo, este puede cambiar antes, durante y después de la ejecución de la obra”.

Cuando se analiza el incremento de carga o esfuerzo ($\Delta\sigma$) a una profundidad (z) y si colocamos una carga y ésta definitivamente va tener una incidencia mayor a ciertas profundidades que son cercanas a superficies, es decir la incidencia va disminuyendo a medida que aumentamos la profundidad.

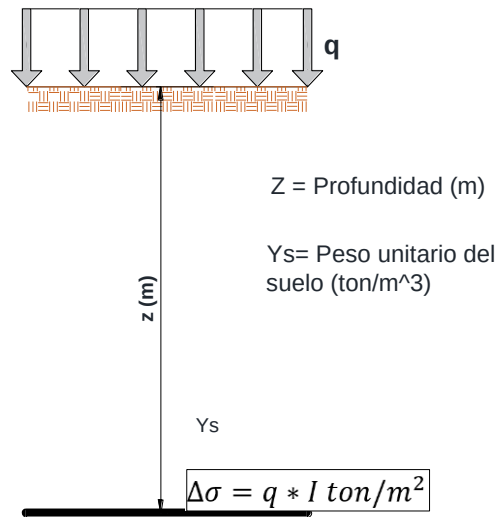


Figura 20. Incremento de esfuerzo a una profundidad (z) debido a carga rectangular.

Donde:

$\Delta\sigma$ = Incremento de esfuerzos o carga causados por un área rectangular ton/m^2

q = Carga distribuida por unidad de área sobre la superficie rectangular ton/m^2

I = Influencia de carga a una profundidad (Z), esta incidencia de carga va depender principalmente de la cimentación (dimensiones de la zapata).

3.6.1. Cálculo de influencia para el caso cargas rectangulares

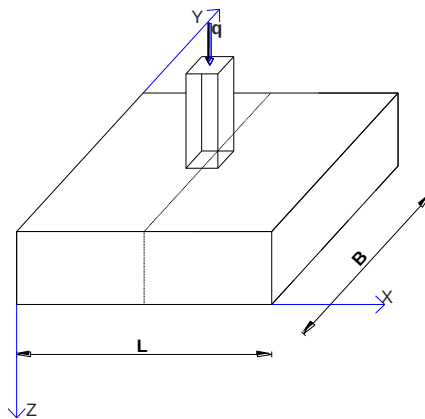


Figura 21. Zapata rectangular aplicada con una carga puntual.

Esfuerzo debajo de cualquier punto de un área rectangular flexible cargada.

$$\Delta\sigma = q * I$$

Por lo que:

$$I_c = \frac{2}{\pi} \left[\frac{m_1 n_1}{\sqrt{1 + m_1^2 + n_1^2}} \left(\frac{1 + m_1^2 + 2n_1^2}{(1 + n_1^2)(m_1^2 + n_1^2)} \right) + \text{sen}^{-1} \left(\frac{m_1}{\sqrt{m_1^2 + n_1^2} \sqrt{1 + n_1^2}} \right) \right]$$

$$m_1 = \frac{L}{B}$$

$$n_1 = \frac{Z}{\left(\frac{B}{2}\right)}$$

Donde:

L : Largo de la cimentación.

B : Ancho de la cimentación.

Z : Profundidad a la cual se hace el estudio.

Calcular el Incremento de esfuerzos para un área rectangular 1.00x1.20m en planta y soporta una carga de 5.35 ton/m^2 , profundidad de 1.50m debajo del centro del área rectangular.

Datos:

$$B = 1.00 \text{ m}$$

$$L = 1.20 \text{ m}$$

$$q = 5.35 \text{ ton}/m^2$$

De las ecuaciones anteriores, para una profundidad de $Z = 1.50 \text{ m}$.

$$m_1 = \frac{1.20}{1.00} = 1.20 \quad n_1 = \frac{1.50}{\left(\frac{1.00}{2}\right)} = 3$$

Reemplazar a la ecuación

$$I_c = \frac{2}{\pi} \left[\frac{1.20 * 3}{\sqrt{1 + 1.20^2 + 3^2}} \left(\frac{1 + 1.20^2 + 2 * 3^2}{(1 + 3^2)(1.20^2 + 3^2)} \right) + \text{sen}^{-1} \left(\frac{1.20}{\sqrt{1.20^2 + 3^2} \sqrt{1 + 3^2}} \right) \right]$$

$$I_c = 0.208$$

El incremento de esfuerzo para la profundidad de 1.50m.

$$\Delta\sigma = 5.35 * 0.208 \text{ ton}/m^2$$

$$\Delta\sigma = 1.111 \text{ ton}/m^2$$

Por lo siguiente se calcula el incremento de esfuerzos para una zapata rectangular a diferentes profundidades, donde se muestra en la Figura 22, que el incremento de carga para la profundidad de 1.50m reduce a 1.111 ton/m^2 que representa el 20.77%. Ahora analizamos para una profundidad de 2.50m, donde el incremento de carga que vaya disminuyendo a un 0.454 ton/m^2 que representa el 8.49%, entonces nos dimos cuenta que el esfuerzo vertical tiende a disminuir.

El Reglamento Nacional de Edificaciones E-050 indica que la profundidad de exploración debe tomarse de la siguiente formula $Df + 1.50 * B$, donde el profundidad de desplante es 1.50m y el ancho de cimentación 1.20m, lo cual la profundidad de investigación resulta como a 3.30m. Por lo tanto el ensayo SPT se realizó a una profundidad más considerable a 4.00m y es aceptable que el incremento de esfuerzo se ha disipado el 96.52%.

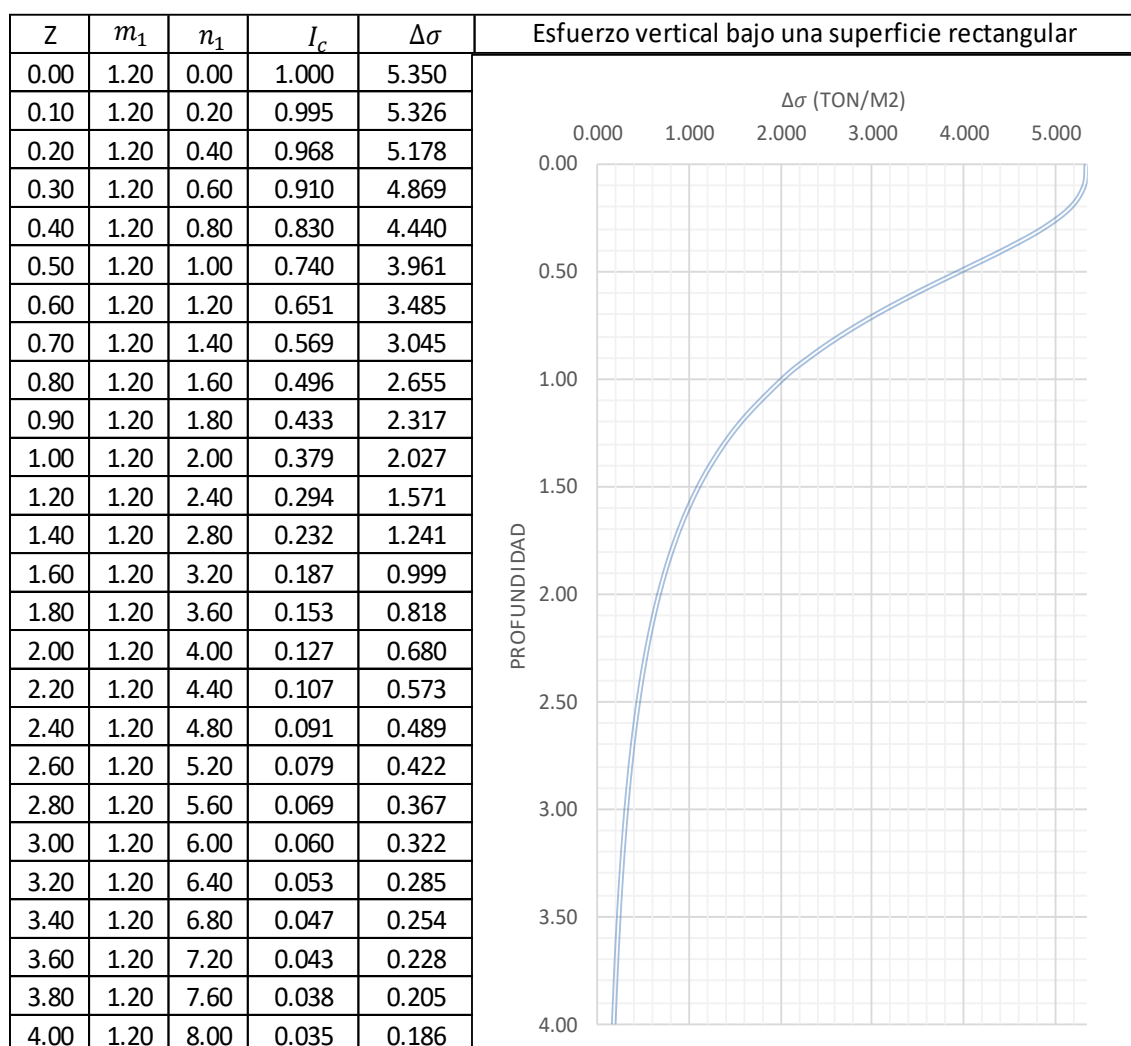


Figura 22. Distribución de presiones de una zapata rectangular.

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas

En la siguiente investigación se realizara el análisis sísmico dinámico y estático considerando las bases empotradas según la E.030 y E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.7.2. Instrumentos

- ✓ Software Etabs V17.
- ✓ Safe V16
- ✓ Microsoft Excel
- ✓ Mathcad Prime 5.0.0
- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones
- ✓ Estudio de mecánica de suelos

3.7.3. Procedimiento para el desarrollo de la investigación

- a. **Elaboración de planos arquitectónicos:** Vivienda unifamiliar de 3 y 5 niveles con configuración geométrica en planta rectangular.
- b. **Ensayos de Penetración Estándar (SPT):** Consiste realizar el ensayo en campo y luego procesamiento de datos en gabinete obteniendo los siguientes parámetros (N_{60} de golpes corregidos, límites de consistencia, contenido de humedad, densidad relativa, ángulo de fricción, clasificación de suelos y capacidad admisible).
- c. **Recolección y procesamiento de datos:** Las funciones de impedancia tanto los modelos ASCE 41-17, Pais & Kausel (1985) y Gazetas (1983) consideran comportamientos más reales de los suelos empleando los coeficientes de rigidez dinámico y el amortiguamiento verificando los desplazamientos, distorsiones, periodos fundamentales, fuerzas cortantes y momentos de volteo.
- d. **Comparación de resultados del análisis dinámico:** Análisis dinámico modal espectral de base empotrada y con interacción suelo-cimiento-estructura considerando los modelos ASCE 41-17, Pais & Kausel y Gazetas.
- e. **Diseño de cimientos con modelo Winkler:** Cuando se somete a una excitación o vibración; por la flexibilidad del suelo es necesario realizar una verificación de presiones y deflexiones (asentamiento).

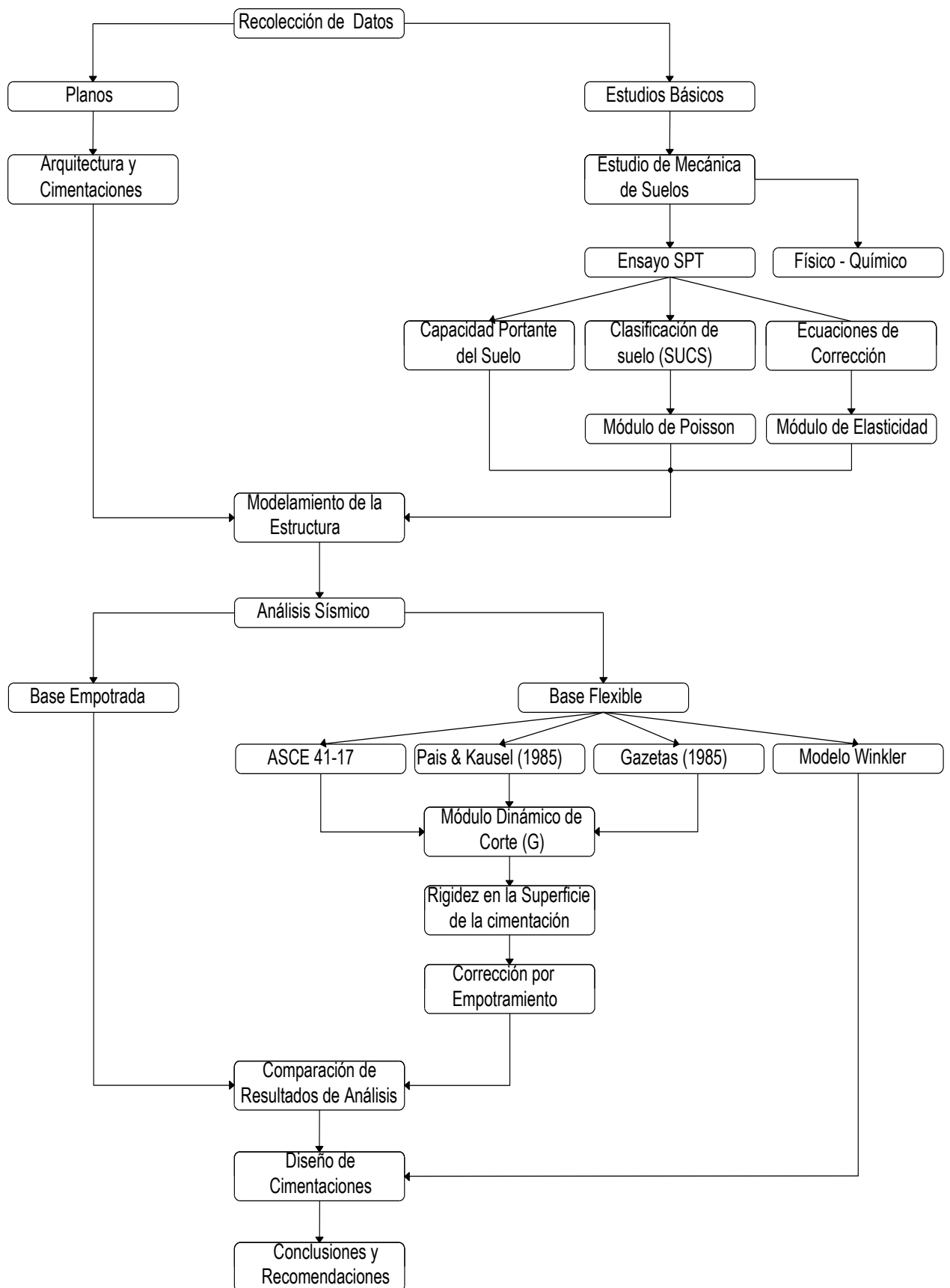


Figura 23. Procedimiento y recolección de datos de la investigación.

3.8 Predimensionamiento de elementos estructurales

3.8.1. Predimensionamiento de vigas

Para el dicho predimensionamiento de vigas principales y secundarias elegiremos la longitud más crítica de los ejes X e Y, la luz mayor en la dirección Y tenemos 4.55 metros que nos permitirá predimensionar específicamente para la viga principal y en la dirección X la luz mayor es 3.95 metros que también nos permitirá predimensionar la viga secundaria y losa aligerada; para ello las fórmulas indican dimensionar en dos maneras $L_n/10$ y $L_n/12$ de las dos expresiones se tomará el promedio.

Se determina la viga principal por la **Ecuación (3) y (4)**.

$$h = \frac{L_n}{11} = 0.414 \cong 0.40m$$

$$b = \frac{h}{2} = 0.200 \cong 0.25m$$

Viga secundaria

$$h = \frac{L_n}{14} \text{ ó } \frac{L_n}{16}$$

$$h = \frac{L_n}{15} = 0.263 \cong 0.30m$$

$$b = \frac{h}{2} = 0.150 \cong 0.25m$$

En relación con las dimensiones del ancho de las vigas, se dimensionaron 20 y 15cm, donde la norma peruana indica como mínimo 25cm en base.

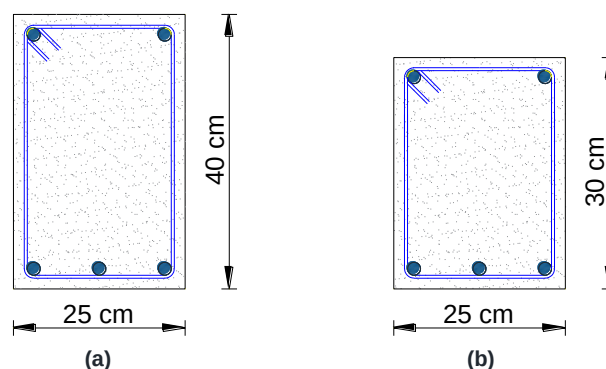


Figura 24. (a) Viga principal, (b) viga secundaria.

3.8.2. Predimensionamiento losas aligeradas

Para el predimensionamiento de losa aligerada la longitud crítica se encuentra en la dirección X con 3.95 metros, se calculó con la **Ecuación (5)**.

$$H = \frac{Ln}{25} = 0.158 \cong 0.20m$$

El modelo de la losa aligerada en una dirección como se muestra en la Figura 25.

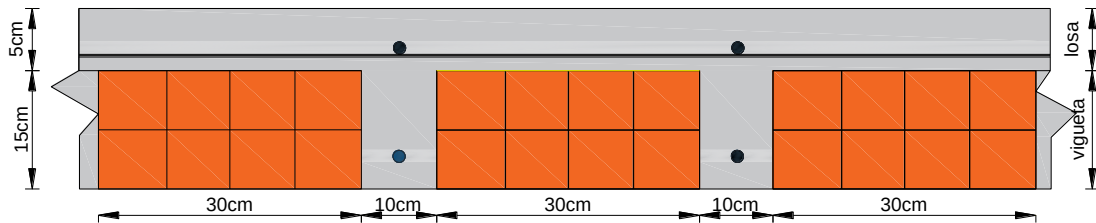


Figura 25. Losa aligerada de 20 cm.

3.8.3. Predimensionamiento de columnas

Teniendo los metrados de cargas por áreas tributarias para cada elemento que actúa a flexo-compresión, donde (Calavera, 1999) menciona que las cargas transmitidas a las columnas, son secciones que se tomarán como punto de partida para el cálculo propiamente dicho.

Por lo tanto el predimensionamiento de las columnas como central, excéntrica y esquinera se utilizara la siguiente expresión que está en función de peso de servicio por área tributaria entre la resistencia a compresión del concreto 210kg/cm².

Columna central

$$A_c = \frac{P_s}{0.45 * f'_c} = 589.05cm^2$$

Columna excéntrica y esquinera

$$A_c = \frac{P_s}{0.35 * f'_c} = 378.23cm^2$$

3.9 Profundidad de los sondajes

3.9.1. Muestreo de suelos

El muestreo de suelos consiste en lograr una porción del material a una profundidad que puede corresponder con la finalidad de proyectar una estructura, de tal manera que las características de la porción obtenida sean interpretadas en el laboratorio de mecánica de suelos; por el cual el muestreo se clasifica en dos tipos de muestras.



Figura 26. Ensayo de SPT en campo, en la Urb. Los Ángeles de Miraflores.

3.9.2. Muestras inalteradas

Son aquellas muestras donde se conserva la estructura y el contenido de humedad. Las muestras inalteradas se obtienen generalmente en suelos finos donde este suelo sea extraído fácilmente sin que se disgreguen y para su extracción se puede realizar en el piso o en las paredes de una calicata a cielo abierto.

3.9.3. Muestras alteradas

Los suelos alterados se pueden obtener de las calicatas a cielo abierto o perforaciones con el equipo de ensayo de penetración estándar (SPT) que consiste contar el número de golpes a una profundidad determinada y extraer las muestras que deben ser específicos de cada capa que se interponga.



Figura 27. Extracción de muestra con el SPT.

Tabla 26.
Resumen de los ensayos de los 7 puntos con SPT.

N° de Perforación	Estrato E-n	Descripción	N° muestra	Profundidad
P-01	E-01	CL	SPT N° 01	0.00 - 0.45m
	E-02	SM		0.45 - 0.90m
	E-03	SP-SM		0.90 - 1.50m
	E-04	SP		1.50 - 4.05m
P-02	E-01	CL	SPT N° 02	0.00 - 1.05m
	E-02	SP		1.05 - 1.80m
	E-03	GW-GM		1.80 - 3.00m
	E-04	SW-SM		3.00 - 4.05m
P-03	E-01	CL	SPT N° 03	0.00 - 0.45m
	E-02	SC		0.45 - 1.20m
	E-03	SW-SM		1.20 - 2.85m
	E-04	SW-SM		2.85 - 3.45m
	E-05	GW		3.45 - 4.05m
P-04	E-01	CL	SPT N° 04	0.00 - 0.60m
	E-02	CL		0.60 - 0.90m
	E-03	SP-SM		0.90 - 3.30m
	E-04	SP		3.30 - 4.05m
P-05	E-01	SC	SPT N° 05	0.00 - 0.45m
	E-02	SW-SC		0.45 - 0.90m
	E-03	SP-SM		0.90 - 4.05m
P-06	E-01	CL	SPT N° 06	0.00 - 0.30m
	E-02	SC		0.30 - 1.10m
	E-03	SW-SM		1.10 - 2.70m
	E-04	SW-SM		2.70 - 3.25m
	E-05	SW		3.25 - 4.05m
P-07	E-01	CL	SPT N° 05	0.00 - 0.50m
	E-02	SM		0.50 - 1.15m
	E-03	SP-SM		1.15 - 1.70m
	E-04	SP		1.70 - 4.05m

Nota: P= perforación, E= estrato, fuente: elaboración propia.

3.10 Determinación de los suelos

La determinación física de los suelos es importantísimo en el estudio de mecánica de suelos, ya que mediante sus análisis se puede interpretar el comportamiento del terreno cuando es aplicada bajo las cargas permanentes y dinámicas. La dicha determinación es en in situ y en laboratorio de mecánica de suelos para cada una de las muestras del P-01 al P-07 las cuales se presentan en la *Tabla 27* y para los ensayos físico-químicos en la *Tabla 28*.

Tabla 27.
Ensayos realizados en in situ y en laboratorio.

ENSAYO DE SUELOS	USO	ASTM	NTP	MTC
Método de ensayo de SPT	clasificación	D-1586	339.133	---
Análisis granulométrico por el tamizado	clasificación	D-422	339.128	---
contenido de humedad	clasificación	D-2216	339.127	---
Límite Líquido	Clasificación			
Límite plástico	Clasificación			

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 28.
Ensayo realizado para determinación de grado de contaminación.

ENSAYO QUÍMICO	USO	NTP	AASHTO
Contenido de cloruros solubles en suelos y agua subterránea	-	339.177	T-291
contenido de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea	-	339.178	T-290

Nota: Fuente, elaboración propia.

3.10.1. Análisis granulométrico

La estructura granulométrica del suelo se define mediante una curva que describe contenidos de granos de diferentes tamaños expresados en porcentajes y también es conocida como gradación, se refiere a las proporciones por masa seca de un suelo distribuido en rangos de tamaño de partículas especificados, lo cual demuestra en la **Figura 28** una clasificación estándar ASTM para determinar el tamaño de partículas.

Los ensayos realizados en el laboratorio como la granulometría y su clasificación en porcentajes de grava, arena y limo ver **Tabla 29**, para la grava el material retenido es en el tamiz N° 4 (4.75mm), lo mismo para la arena en el que material sea pasante el tamiz N° 4 y retenido por el tamiz N° 200 (0.075mm) y limos que pasa el tamiz N° 200.

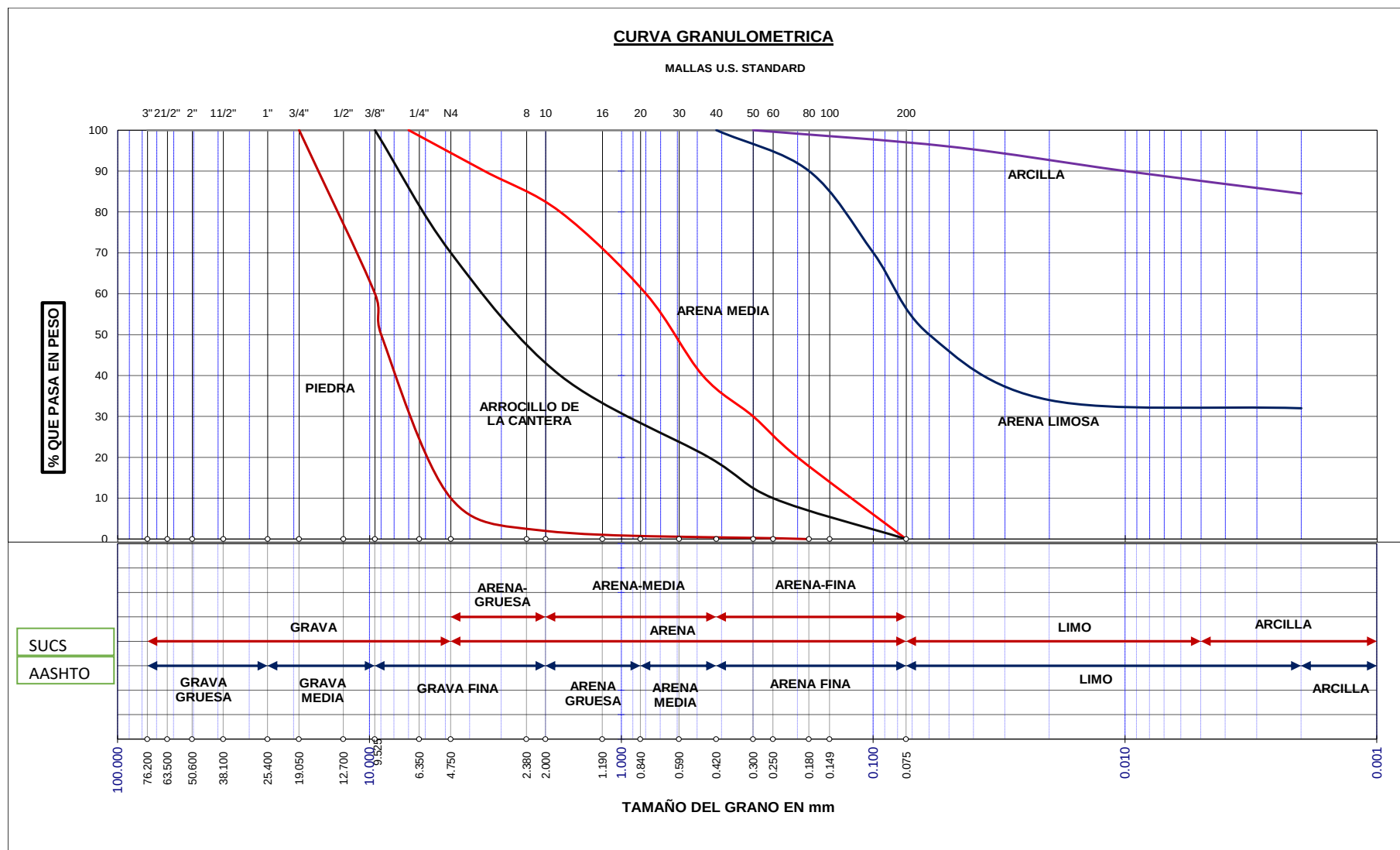


Figura 28. Curva granulométrica para la clasificación.

Tabla 29.
Límites del tamaño de suelos separados.

Sistema de clasificación	Tamaño del grano (mm)	
SUCS	Grava: 75mm a 4.75mm	
	Arena: 4.75mm a 0.075mm	Arena gruesa: 4.75mm a 2.00mm
		Arena media: 2.00mm a 0.42mm
		Arena fina: 0.42mm a 0.075mm
	Limo: 0.075mm a 0.005mm	
AASHTO	Arcilla: 0.005 a 0.001mm	
	Grava: 75mm a 2.00mm	Grava gruesa: 75mm a 25.4mm
		Grava media: 25.4mm a 9.525mm
		Grava fina: 9.525mm a 2.00mm
	Arena: 2mm a 0.075mm	Grava gruesa: 2mm a 0.84mm
		Grava media: 0.84mm a 0.42mm
		Grava fina: 0.42mm a 0.075mm
	Limo: 0.075mm a 0.002mm	
	Arcilla: 0.002 a 0.001mm	

Nota: SUCS=Sistema Unificado de Clasificación de suelos; AASHTO= Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes. Fuente: Tomada de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, Braja 2011.

3.10.1.1. Gradación

Cuando se hace una curva granulométrica; se consiguen los coeficientes que nos permite clasificar el material desde la gradación, como lo tenemos el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura, por medio de D60, D30 y D10.

Donde el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de la curvatura nos darán la determinación de gradación y el comportamiento de la curvatura de la granulométrica.

$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

$$Cc = \frac{D30^2}{D60 * D10}$$

Donde:

Cu = Coeficiente de uniformidad.

Cc = Coeficiente de curvatura.

Tabla 30.
Resultados del análisis granulométrico.

N° Perforación (P-n)	Profundidad	Estrato E-n	CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS							
	De - a		% GRAVAS	% ARENAS	% FINOS	D10	D30	D60	Cu	Cc
P-01	1.50 - 4.05m	E-04	41.87	54.91	3.22	0.34	1.32	5.30	15.70	0.98
P-02	3.00 - 4.05m	E-04	0.00	94.26	5.74	0.14	0.31	0.60	4.22	1.09
P-03	3.45 - 4.05m	E-05	50.12	46.73	3.15	0.53	2.23	6.57	12.30	1.42
P-04	3.30 - 4.05m	E-04	4.86	91.67	3.47	0.30	0.74	1.67	5.59	1.10
P-05	0.90 - 4.05m	E-03	27.63	67.23	5.14	0.21	0.63	2.86	13.70	0.66
P-06	3.25 - 4.05m	E-05	47.88	50.58	1.54	0.63	2.12	6.26	9.95	1.15
P-07	1.70 - 4.05m	E-04	42.78	53.71	3.51	0.31	1.27	5.52	18.00	0.94

Nota: Fuente, elaboración propia.

3.10.2. Determinación de contenido de humedad.

El contenido de humedad de las muestras, es la relación de suma de las aguas entre el peso seco expresadas en porcentajes.

Por lo tanto, las muestras extraídas con el equipo SPT del P-01 a P-07, son aquellos materiales llamadas alteradas porque estos son disgregados o fraccionados, en las que se debe tomar precauciones especiales para conservar la humedad y sin embargo, las muestras se envasan y envuelven en un recipiente para no perder la humedad.

Tabla 31.
Resultado del laboratorio el conenido de humedad

N° Perforación (P-n)	Profundidad	Estrato E-n	Humedad w(%)
P-01	1.50 - 4.05m	E-04	9.00%
P-02	3.00 - 4.05m	E-04	20.17%
P-03	3.45 - 4.05m	E-05	8.87%
P-04	3.30 - 4.05m	E-04	15.39%
P-05	0.90 - 4.05m	E-03	11.76%
P-06	3.25 - 4.05m	E-05	8.87%
P-07	1.70 - 4.05m	E-04	9.30%

Nota. Fuente, elaboración propia.

3.10.3. Determinación de la plasticidad de los suelos

Los límites de consistencia o de Atterberg, definen el rango de humedades en el que determinado suelo tiene un comportamiento plástico, los más usados corresponden al límite líquido y al límite plástico de los cuales se obtendrá el índice de plasticidad, el ensayo para la obtención del límite líquido se efectúa en el laboratorio de acuerdo a la norma UNE 103-103-94 que normaliza el procedimiento de casa grande y para lo que se requiere el empleo de cuchara o aparato que lleva su nombre, este consiste en una copa metálica que se deja caer sobre una superficie dura de características específicas.

A. Limite líquido

Es el que determina el contenido de humedad entre los estados semilíquido y plástico; en el que se cierra una ranura de 12.7mm mediante a los 25 golpes.

B. Limite plástico

Es el que determina el contenido de humedad entre la frontera existente del estado semisólido y el estado plástico.

C. Índice de plasticidad

Cuando más finos exista, la cohesión es mayor y tendrá un mayor porcentaje de plasticidad o un material llamado plástico, entonces el índice de plasticidad depende generalmente de la cantidad de finos del suelo.

Se puede definir el índice plástico de un suelo por la diferencia entre los valores de límite líquido y limite plástico.

$$IP = LL - LP$$

En las normativas del (MTC, 2016) indica que, cuando el limite liquido o el limite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico); así mismo, cuando el limite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico). En relación de índice de plasticidad se puede clasificarse en lo siguiente.

Tabla 32.
Clasificación de suelos en relación de índice de plasticidad.

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

Nota: Tomada del manual de ensayo de materiales.

La determinación de índice de plasticidad presenta como no plástica para la profundidad de investigación ver **Tabla 33**, en cambio los estratos superficiales su índice de plasticidad es de mayor porcentaje que corresponde a un suelo que contiene arcillas, los resultados se muestran en el anexo B.

Tabla 33.
Determinación de índice de plasticidad.

N° Perforación (P-n)	Profundidad	Estrato E-n	LL	LP	IP
P-01	1.50 - 4.05m	E-04	16.98	NP	NP
P-02	3.00 - 4.05m	E-04	12.23	NP	NP
P-03	3.45 - 4.05m	E-05	17.67	NP	NP
P-04	3.30 - 4.05m	E-04	12.58	NP	NP
P-05	0.90 - 4.05m	E-03	15.88	NP	NP
P-06	3.25 - 4.05m	E-05	15.29	NP	NP
P-07	1.70 - 4.05m	E-04	17.11	NP	NP

Nota: NP= no plástica. Fuente, elaboración propia.

3.10.4. Determinación de la densidad relativa

Terzaghi y Peck, son los primeros que establecieron resultados entre el ensayo de penetración estándar y la densidad relativa (DR%). (Rodríguez S., 2018) Menciona que la arena tiene una significancia importante en el ángulo de fricción, como en su capacidad de carga y en el asentamiento de fundaciones que se apoyan sobre este material.

Los suelos granulares tiene una significancia que es la densidad relativa y cohesivos no manifiestan una compacidad relativa o densidad relativa, en vista que la densidad relativa está en función de relación de vacíos.

Tabla 34.
Densidad relativa en función del valor N60.

Valor N_{60}	Dr(%)
0 – 4	0 - 15
5 – 10	15 - 33
11 - 30	33 - 67
31 - 50	67 - 85
> - 50	85 - 100

Nota: fuente, Foundation Analysis and Design, Bowles (1988).

Donde, Terzagui & Peck (1973) mencionan “que el número de golpes y densidad relativa de la **Tabla 35**, debe usarse con cautela, es decir, si la arena está situada debajo del nivel freático y un perforador inexperto permite que el nivel del agua dentro de la perforación descienda por debajo del nivel piezométrico existente en la arena donde se realiza el ensayo, ésta puede tomarse fluida y pasar a un estado suelto, con lo cual se obtendría para N un valor demasiado bajo”.

Tabla 35.

Dr en arenas con los resultados de los ensayos normales de SPT.

N° de golpes N	Densidad relativa
0 – 4	Muy suelta
4 – 10	Suelta
10 – 30	Medianamente densa
30 – 50	Densa
Mayor de 50	Muy densa

Nota: Fuente, tomada de Mecánica de suelos en la ingeniería práctica de Peck & Terzagui.

3.10.5. Determinación de Angulo de fricción

El ángulo de fricción del suelo es un parámetro de resistencia al corte de los suelos. Su definición se deriva del criterio de falla de Mohr-Coulomb y se usa para describir la resistencia al rozamiento por fricción de los suelos junto con el esfuerzo efectivo normal.

En el plano de tensión del esfuerzo normal efectivo por esfuerzo cortante, el ángulo de fricción del suelo es el ángulo de inclinación con respecto al eje horizontal de la línea de resistencia al corte de Mohr-Coulomb.

El primer método que determina es el ángulo de fricción a partir de su densidad relativa y el segundo método a partir de número de golpes corregido del SPT.

Sin embargo, Peck, Hanson y Thornburn (1974), proporcionan una correlación entre la resistencia a la penetración N_{60} y el ángulo de fricción.

$$\phi' = 27.1 + 0.30N_{60} - 0.00054N_{60}^2$$

En caso que se utiliza la formula anterior, donde empieza con una constante que es 27.1, quiere decir que cualquier número de golpe que vamos obtener y llevemos a esta expresión, siempre el ángulo de fricción estará por encima del 27.1, entonces, ¿Que va pasar con suelos limosos que poseen ángulo de fricción de 14 a 16 grados?; es simple la expresión no se aplica para materiales suelto y muy sueltos y tampoco se aplica en mezclas de materiales.

Es importante dejarlo en claro; no tendría sentido manejarlo la formula en suelo como arcillas, porque la expresión es utilizada generalmente para suelos friccionantes o materiales granulares cuyas densidades relativas oscilan desde media hasta compacta como se visualiza en la **Figura 29**.

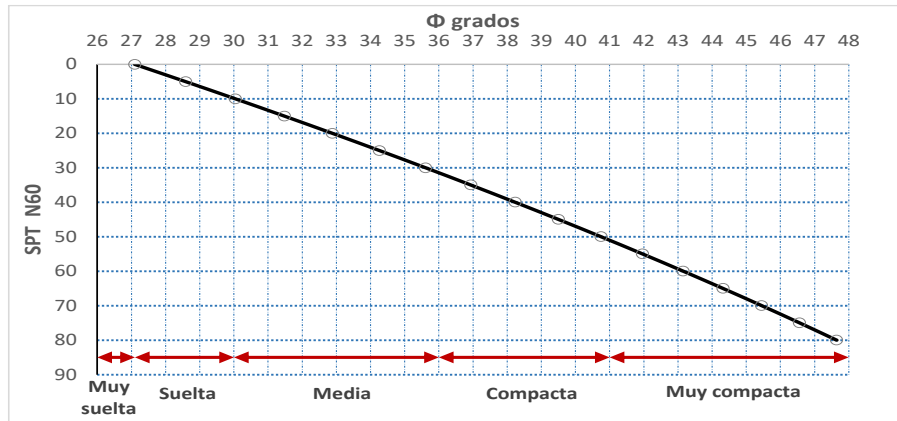


Figura 29. Determinación de ángulo de fricción vs N60.

Fuente: Peck, Hanson y Thornburn.

Los diferentes autores estiman para determinar el ángulo de fricción a partir del N_1 corregido como se muestra en la **Tabla 36**.

Tabla 36.
Correlaciones para el ángulo de fricción a partir del N_1 .

Autor	Año	Ecuación
Terzaghi & Peck	1948	$\phi' = 28.5 + 0.25N_1$
Peck, Hanson & Thornburn	1974	$\phi' = 27.1 + 0.3N_1 + 0.00054N_1^2$
Peck et al.	1953	$\phi' = 26.25 \left(2 - \left(e^{-\frac{N_1}{62}} \right) \right)$
Hatanaka & Uchida	1996	$\phi' = \sqrt{20N_1} + 20$
Kishida	1969	$\phi' = 15 + \sqrt{20N_1}$
Schmertmann	1970	$\phi' = \tan^{-1} \left[\left(\frac{N_1}{32.5} \right)^{0.34} \right]$
JNR(Japan National Railway)	1999	$\phi' = 27 + 0.30N_1$
JRB (Japan Road Bureau)	1986	$\phi' = 15 + \sqrt{9.375N_1}$
Montenegro & Gonzalez	2014	$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86N_1}$

3.11 Determinación de módulo de elasticidad con N_{60}

De la **Ecuación (2)** se estima el módulo de elasticidad en función del número de golpes del SPT.

$$E_s = 10(7.5 + 0.50 * 15)kg/cm^2$$

$$E_s = 150 kg/cm^2$$

3.12 Determinación de coeficientes de balasto

3.12.1. Módulo de balasto por Vesic (k_v)

De la **Ecuación (94)** determinamos el módulo de balasto que depende de los valores del módulo de elasticidad del suelo (E_s), las dimensiones de la zapata y el coeficiente de Poisson que se consideró $\mu_s = 0.30$.

$$k_v = \frac{150}{250 \cdot (1 - 0.30^2)} = 0.857 \text{ kg/cm}^3$$

3.12.2. Módulo de balasto por Terzagui (k_T)

Para determinar el módulo de balasto planteada por Terzagui (1955) quien propuso las ecuaciones que necesita unos factores como k_{30} , para ello será considerada como un suelo arenoso media que tiene un valor $k_{30} = 2.5 \text{ kg/cm}^3$, reemplazamos a la **Ecuación (96)** y obtendremos el k_T .

$$k_T = 2.5 * \left(\frac{250 + 0.30}{2 * 250} \right) = 0.2784 \text{ kg/cm}^3$$

3.12.3. Módulo de balasto por Nelson Morrison (k_{NM})

El módulo de balasto por Nelson Morrison se obtiene a partir de la capacidad admisible del suelo, por tanto, el autor utiliza el coeficiente de balasto para todo tipo de suelo, entonces como dato tenemos la capacidad admisible $q_{adm} = 0.889 \text{ kg/cm}^2$. Interpolando de la **Tabla 17** tenemos:

$$q_{adm0} = 0.85 \quad \rightarrow \quad k_{NM0} = 1.93$$

$$q_{adm} = 0.889 \quad \rightarrow \quad k_{NM} = ?$$

$$q_{adm1} = 0.90 \quad \rightarrow \quad k_{NM1} = 2.02$$

$$k_{NM} = k_{NM0} + \frac{k_{NM1} - k_{NM0}}{q_{adm1} - q_{adm0}} \cdot (q_{adm} - q_{adm0})$$

$$k_{NM} = 1.93 + \frac{2.02 - 1.93}{0.90 - 0.85} \cdot (0.889 - 0.85) = 2.002 \text{ kg/cm}^3$$

3.12.4. Módulo de balasto por Klepikov (k_k)

De igual manera para obtener el coeficiente de balasto por Klepikov, se necesita datos como la elasticidad del suelo $E_s (\text{kg/cm}^2)$, numero adimensional (ω), coeficiente de poisson del suelo (μ_s) y las dimensiones de la zapata (BxL). Reemplazando a la **Ecuación (98)** tenemos:

$$\omega = \frac{100}{4.03 * \frac{250}{250} + 109.05} = 0.884$$

$$k_k = \frac{150}{0.884 * \sqrt{62500} * (1 - 0.30^2)} = 0.746 kg/cm^3$$

3.12.5. Módulo de balasto por N_{60} (k_{SPT})

Es uno de los métodos más utilizados en campo lo que es el ensayo de penetración estándar (SPT) a partir de ello también se puede determinar el módulo de balasto, teniendo el numero corregido $N_{60} = 15$, reemplazamos a la **Ecuación (100)**.

$$k_{SPT} = 0.60 * 10^{\frac{15+2}{35}} = 1.897 kg/cm^3$$

3.13 Análisis sísmico

3.13.1. Vivienda de 3 niveles (sistema estructural aporticado)

La edificación está ubicada en la Urbanización los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca, San Román, Puno. Los detalles de la estructura para su análisis sísmico se muestran en la siguiente figura y tabla:

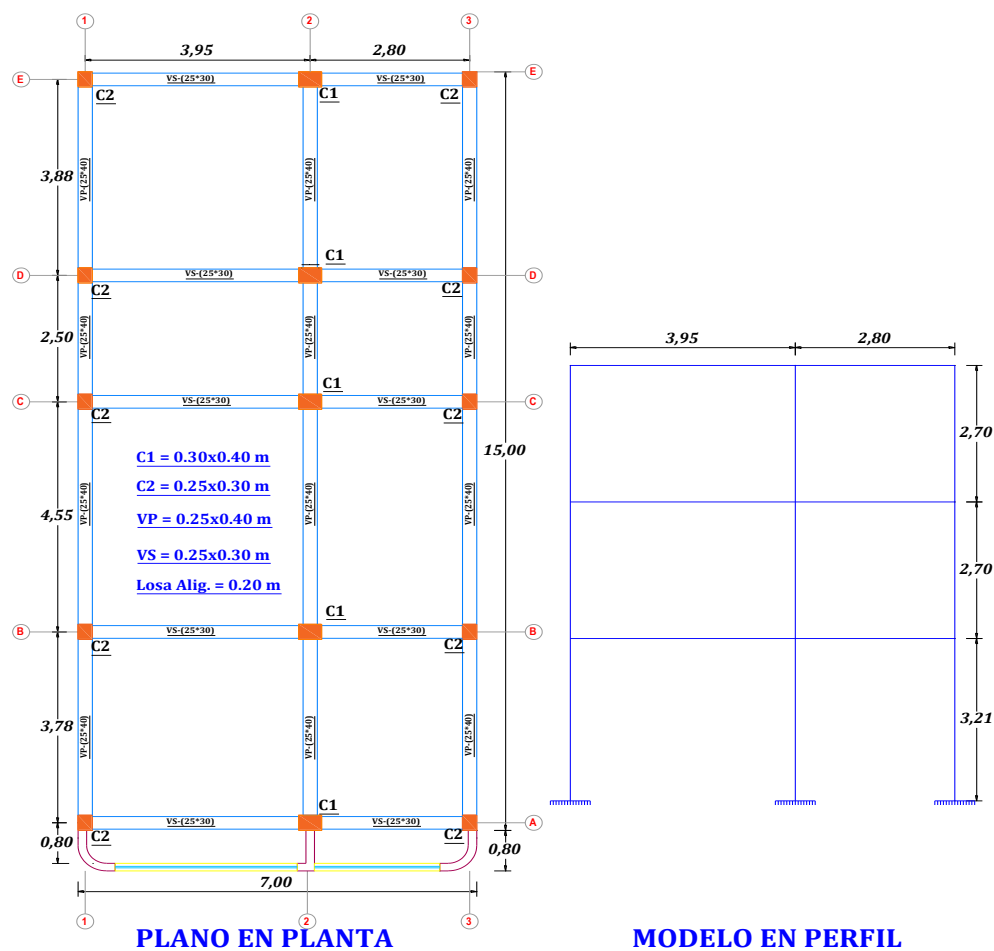


Figura 30. Detalles del plano en planta y modelo matemático en perfil para su análisis.

Tabla 37.

Detalles de la edificación según el RNE E.030.

Factor de Zona	Es una estructura ubicada en el Departamento de Puno, Provincia de San Román, Distrito de Juliaca, Urbanización Los Ángeles de Miraflores.	Zona 3	Z=0.35
Factor de Uso	Edificación común (viviendas)		U=1.0
Factor de amplificación del suelo			S=1.15
			TP=0.6seg
			TL=2.0seg
Factor de Reducción de fuerza sísmica	Dirección X (Regular)	Aporticado	Rx=8.0
	Dirección Y (Regular)	Aporticado	Ry=8.0

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Las combinaciones de cargas para el análisis sísmico están contempladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 Concreto Armado, Capítulo 09 Requisitos de Resistencia y Servicio de los cuales se trabajó con las siguientes combinaciones:

Combinación 01: **1.40CM + 1.70CV**

Combinación 02 y 03: **1.25CM + 1.25CV ± SSX**

Combinación 04 y 05: **1.25CM + 1.25CV $\mp$ SSY**

Combinación 06 y 07: **0.90CM $\mp$ SSX**

Combinación 08 y 09: **0.90CM $\mp$ SSY**

La combinación 01 es para cargas vivas (CV) y para cargas muertas (CM) como lo estipulado en la E.060 RNE y las combinaciones del 02 hasta el 09 son combinaciones de sismos que de la misma forma están en la normativa anterior mencionada. Las cargas de sismo y de viento no se pueden considerar a la vez por ende solo trabajamos con cargas de sismo y un ENVOLVENTE donde están todas las combinaciones.

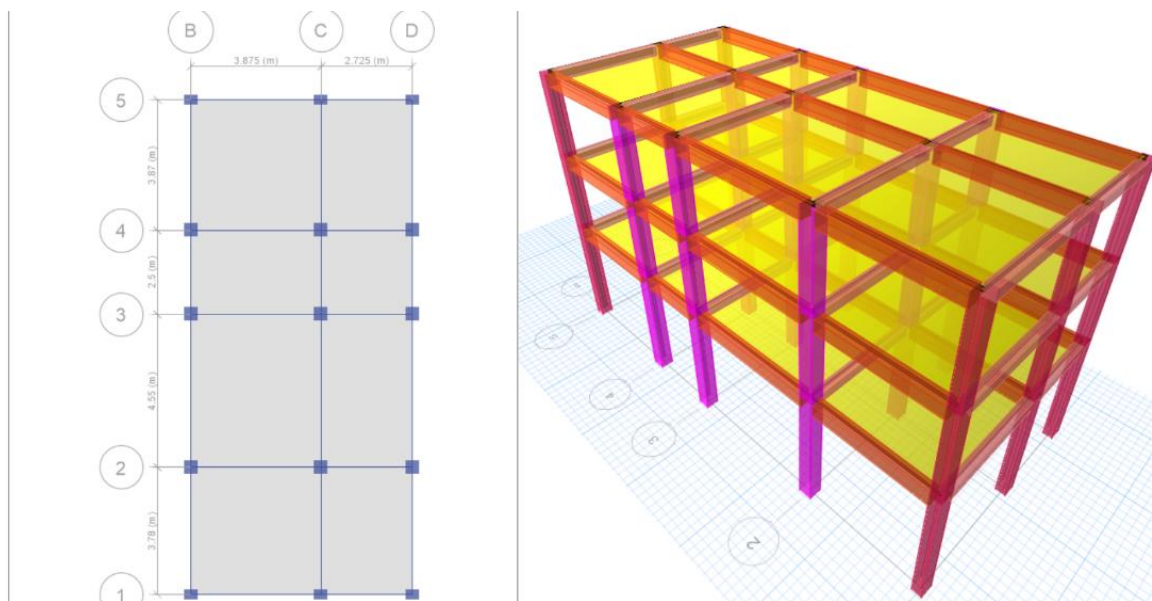


Figura 31. Modelado en el ETABS 2016 (vivienda de 3 niveles).

a. Cálculo del coeficiente de la base

Los factores incidentes en el cálculo del coeficiente de la base están en función a lo estipulado en la Normativa E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones como son: factor de zona, factor de uso, factor del suelo, coeficiente de reducción, irregularidad en planta, irregularidad en altura, factor de amplificación del suelo, periodos, factor para el periodo fundamental de vibración y factor de amplificación sísmica.

Factor de zona: $Z=0.35$

Factor de uso: $U=1.0$

Factor del suelo: $S=1.15$

Coeficiente de reducción: $R=8.0$

Irregularidad en planta: $IP=1.0$

Irregularidad en altura: $Ia=1.0$

Coef. Reducción de fuerzas sísmicas: $R_0=R*IP*Ia=8.0$

Parámetros del sitio: $TP=0.6$, $TL=2.0$

Categoría: Tipo=C

Altura total del edificio: 8.61m

Coeficiente para determinar T: CT=35

Periodo fundamental de la edificación: $T=h_n/C_T=0.246$

Factor de amplificación sísmica: $T < T_P$, $C=2.50$

Coeficiente basal (%V. Basal=ZUCS/R)=0.126

%V. Basal dirección X = 0.126

%V. Basal dirección Y = 0.126

b. Espectro de aceleraciones

Tabla 38.

Espectro de aceleraciones (vivienda de 3 niveles).

T	C	Sa/R	T	C	Sa/R
0.00	2.50	0.126	0.65	2.31	0.116
0.02	2.50	0.126	0.70	2.14	0.108
0.04	2.50	0.126	0.75	2.00	0.101
0.06	2.50	0.126	0.80	1.88	0.094
0.08	2.50	0.126	0.85	1.76	0.089
0.10	2.50	0.126	0.90	1.67	0.084
0.12	2.50	0.126	0.95	1.58	0.079
0.14	2.50	0.126	1.00	1.50	0.075
0.16	2.50	0.126	1.60	0.94	0.047
0.18	2.50	0.126	2.00	0.75	0.038
0.20	2.50	0.126	2.50	0.48	0.024
0.25	2.50	0.126	3.00	0.33	0.017
0.30	2.50	0.126	4.00	0.19	0.009
0.35	2.50	0.126	5.00	0.12	0.006
0.40	2.50	0.126	6.00	0.08	0.004
0.45	2.50	0.126	7.00	0.06	0.003
0.50	2.50	0.126	8.00	0.05	0.002
0.55	2.50	0.126	9.00	0.04	0.002
0.60	2.50	0.126	10.0	0.03	0.002

Nota: Fuente, elaboración propia.

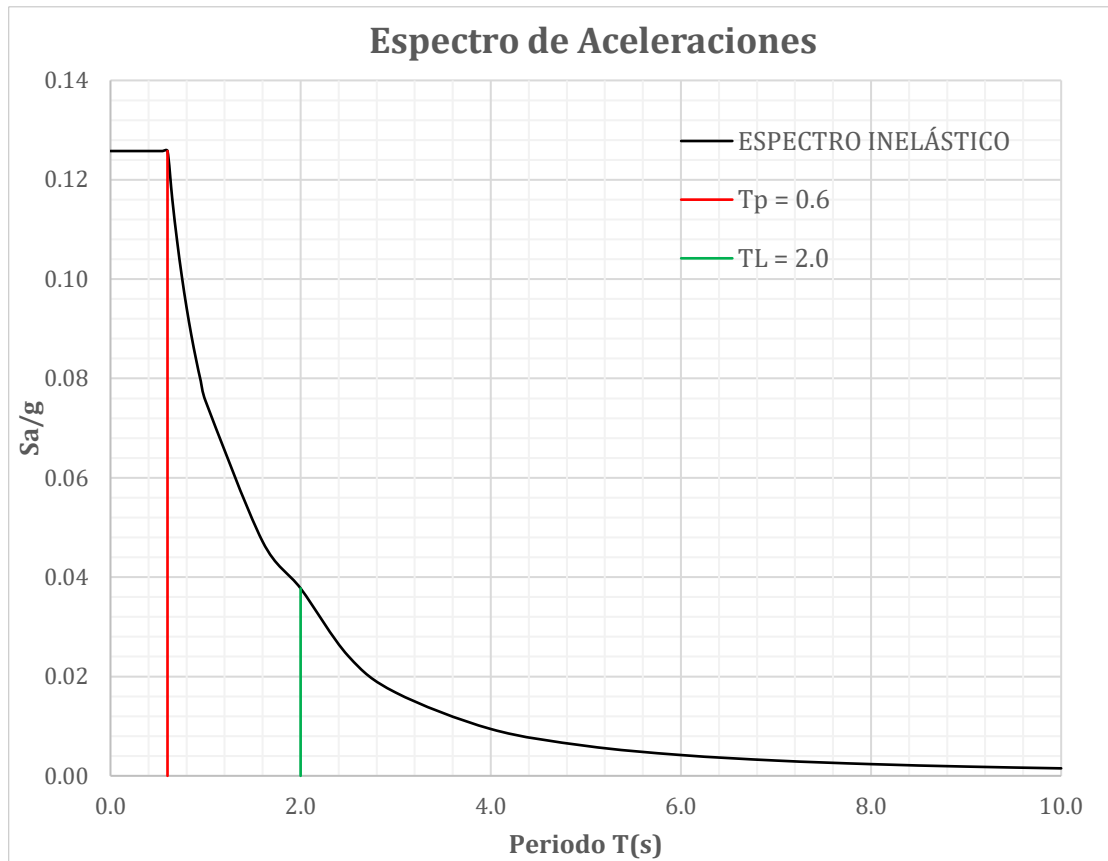


Figura 32. Espectro de aceleraciones (vivienda de 3 niveles).

3.13.2. Vivienda de 5 niveles (sistema estructural dual)

La edificación está ubicada en la Urbanización los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca, San Román, Puno. Los detalles de la estructura para su análisis sísmico se muestran en la siguiente figura y cuadro:

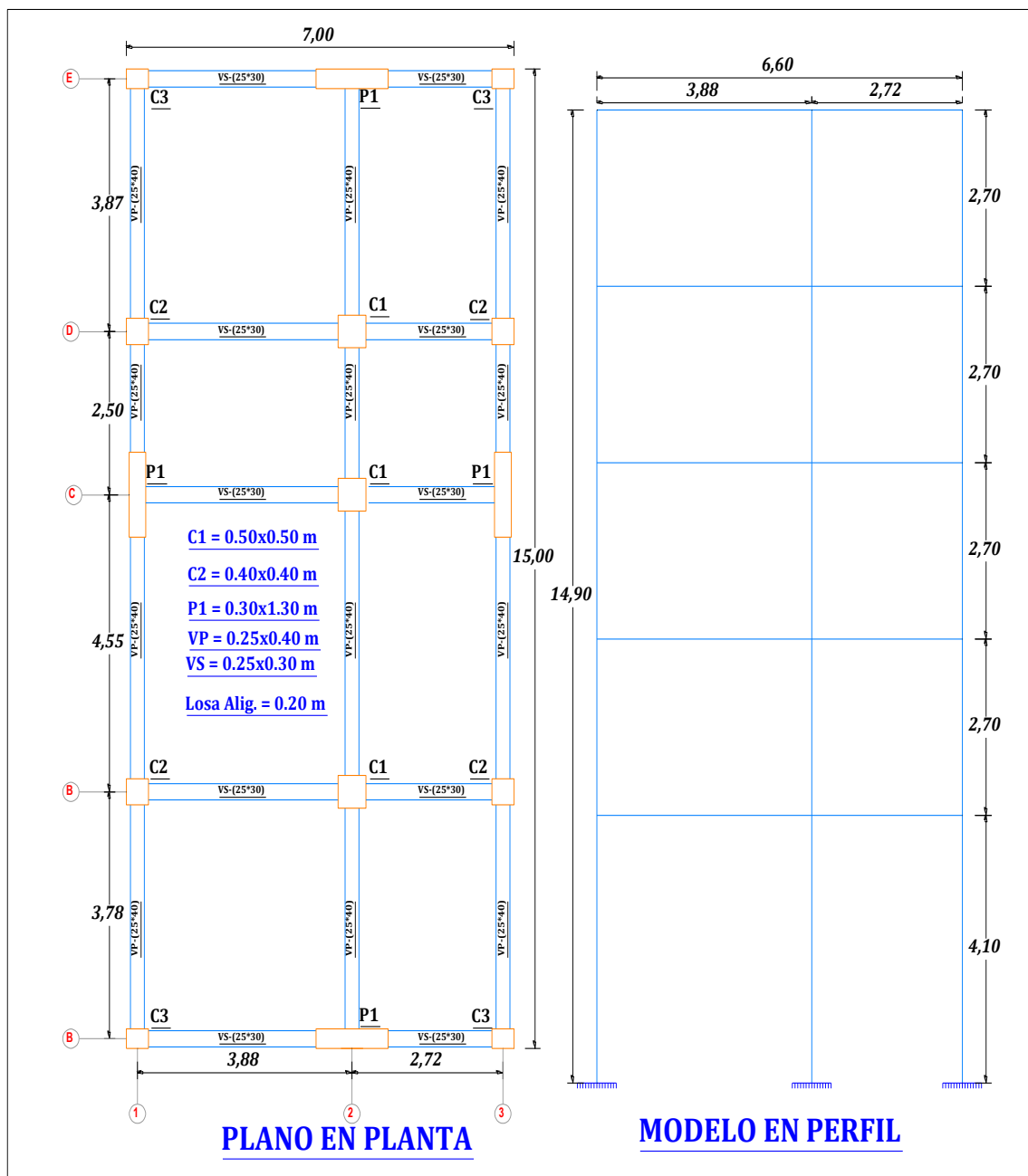


Figura 33. Modelado en el ETABS 2017 para el análisis sísmico.

Los parámetros del suelo y otros factores mencionados anteriormente para la vivienda de 3 niveles son los mismos a excepción del sistema estructural donde se incrementan placas de cimentación para ello los coeficientes de la base y el espectro de aceleraciones varían.

a. Cálculo del coeficiente de la base

Los factores incidentes en el cálculo del coeficiente de la base están en función a lo estipulado en la Normativa E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones como son: factor de zona, factor de uso, factor del suelo, coeficiente de reducción, irregularidad en

planta, irregularidad en altura, factor de amplificación del suelo, periodos, factor para el periodo fundamental de vibración y factor de amplificación sísmica.

Factor de zona: $Z=0.35$

Factor de uso: $U=1.0$

Factor del suelo: $S=1.15$

Coeficiente de reducción: $R=7.0$

Irregularidad en planta: $IP=1.0$

Irregularidad en altura: $Ia=1.0$

Coef. Reducción de fuerzas sísmicas: $R_0=R*IP*Ia=7.0$

Parámetros del sitio: $TP=0.6$, $TL=2.0$

Categoría: Tipo=C

Altura total del edificio: 14.90 m

Coeficiente para determinar T: $CT=60$

Periodo fundamental de la edificación: $T=h_n/C_T=0.248$

Factor de amplificación sísmica: $T < TP$, $C=2.50$

Coeficiente basal (%V. Basal= $ZUCS/R$) = 0.144

%V. Basal dirección X = 0.144

%V. Basal dirección Y = 0.144

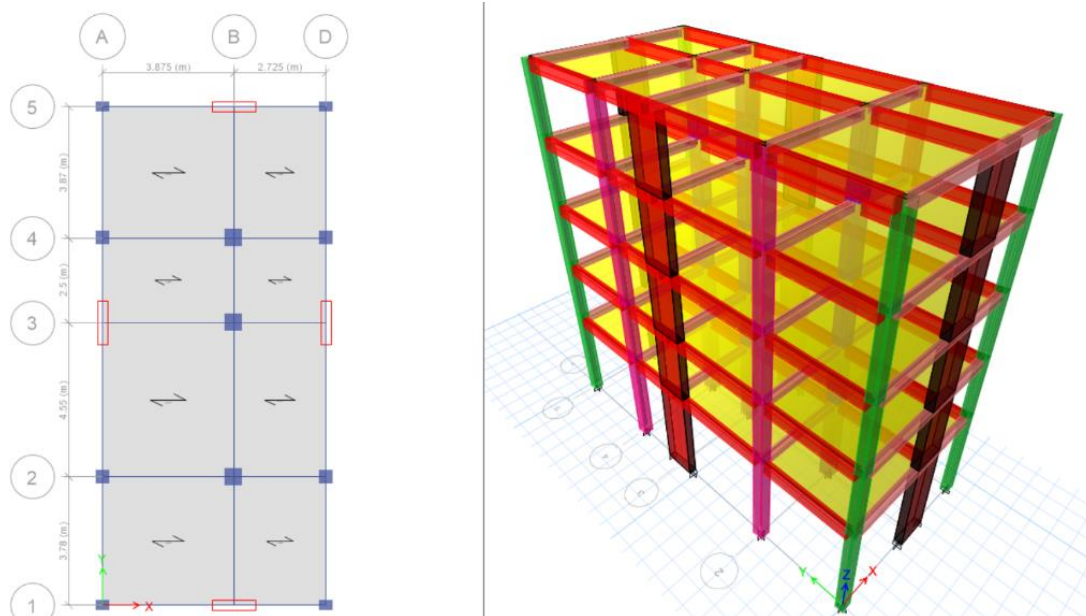


Figura 34. Modelo en ETABAS 2017 (vivienda de 5 niveles).

b. Espectro de aceleraciones

Tabla 39.

Espectro de aceleraciones (vivienda de 5 niveles).

T	C	Sa/R	T	C	Sa/R
0.00	2.50	0.144	0.65	2.31	0.133
0.02	2.50	0.144	0.70	2.14	0.123
0.04	2.50	0.144	0.75	2.00	0.115
0.06	2.50	0.144	0.80	1.88	0.108
0.08	2.50	0.144	0.85	1.76	0.101
0.10	2.50	0.144	0.90	1.67	0.096
0.12	2.50	0.144	0.95	1.58	0.091
0.14	2.50	0.144	1.00	1.50	0.086
0.16	2.50	0.144	1.60	0.94	0.054
0.18	2.50	0.144	2.00	0.75	0.043
0.20	2.50	0.144	2.50	0.48	0.028
0.25	2.50	0.144	3.00	0.33	0.019
0.30	2.50	0.144	4.00	0.19	0.011
0.35	2.50	0.144	5.00	0.12	0.007
0.40	2.50	0.144	6.00	0.08	0.005
0.45	2.50	0.144	7.00	0.06	0.004
0.50	2.50	0.144	8.00	0.05	0.003
0.55	2.50	0.144	9.00	0.04	0.002
0.60	2.50	0.144	10.0	0.03	0.002

Nota: Fuente, elaboración propia.

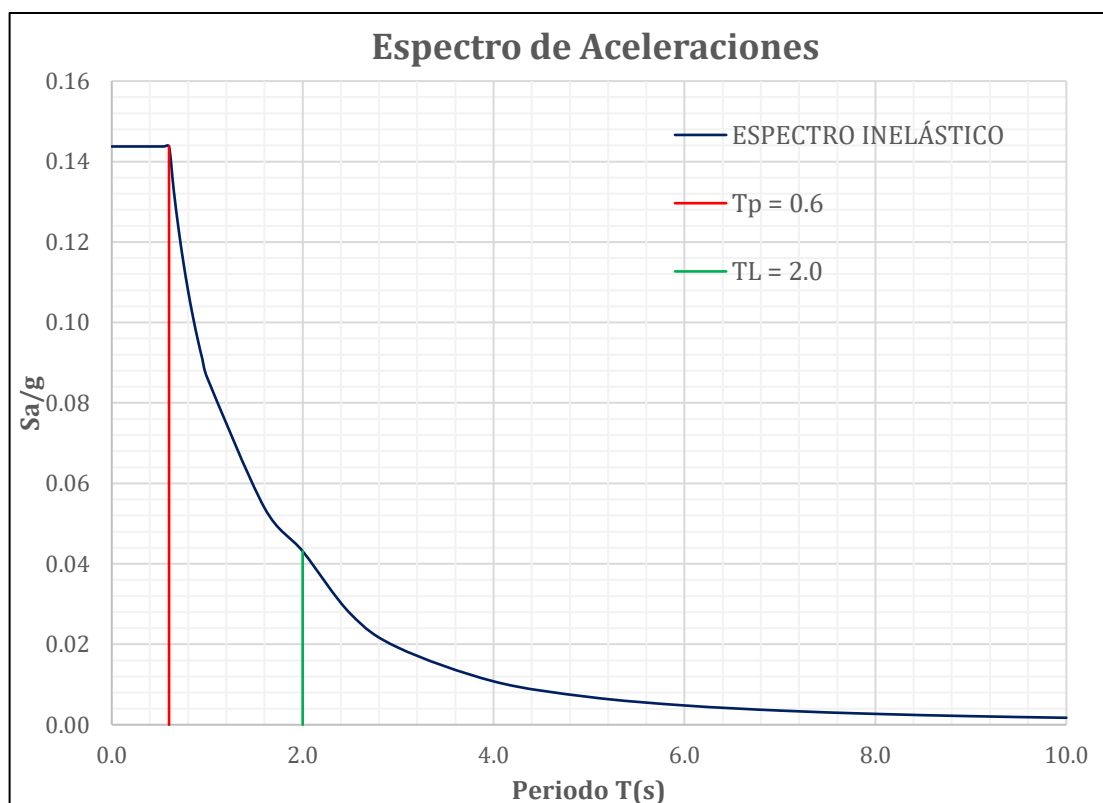


Figura 35. Espectro de aceleraciones (vivienda de 5 niveles).

3.14 Análisis sísmico con Interacción Suelo, Cimiento y Estructura

3.14.1. Interacción Suelo-Cimiento-Estructura para 3 y 5 niveles

La interacción Suelo, Cimiento y Estructura se introducen en el modelo estructural por medio de muelles y masas concentradas teniendo en cuenta el factor importante lo que es el embebido (empotramiento) de los cimientos. Para cada caso del estudio paramétrico, la relación entre la rigidez general del sistema de suelo-cimiento-muelle; donde la rigidez del muelle en su configuración de base fija se evalúa definiendo los parámetros geométricos y mecánicos que desempeñan un papel principal.

Las edificaciones están soportadas por cimientos empotrados en el suelo. Por lo tanto, la función de los cimientos es esencialmente para transmitir las cargas estructurales a los suelos. Entonces, el objetivo es calcular los coeficientes de rigideces para evitar asentamientos excesivos, desplazamientos horizontales y rotaciones de la estructura; es decir, consiste liberar los seis grados de libertad en los apoyos.

El desarrollo de análisis dinámico con Interacción Suelo-Cimiento-Estructura, para el ejemplo demostrativo utilizamos Pais & Kausel 1985 del edificio de 3 niveles, el dicho procedimiento se utilizó para todos los edificios que se planteó.

3.14.2. Determinación de los coeficientes de rigideces

Para determinación de coeficientes de rigideces seleccionamos la zapata central (Z-01) de 2.50x2.50m que pertenece al edificio de 3 niveles.

Datos:

Dimensiones de la zapata = 2.50x2.50x0.45m

Peso específico del suelo = 1.819ton/m³

Poisson del suelo = 0.30

Velocidad de onda de corte = 180m/s

a. Módulo de corte de rigidez máximo

Según la Ecuación (13).

$$G_{m\acute{a}x} = \frac{\gamma_s V_s^2}{g} = \frac{1.819 * 180^2}{9.81} = 6009.759 \text{ton/m}^2$$

b. Cálculo de módulo de corte

El $G_{m\acute{a}x}$ debe ser corregido multiplicando con un valor de $S_{xs}/2.5$ ver *Tabla 14*. Entonces, el módulo de corte corregido será calculado por la **Ecuación (14)**.

$$G = G_{m\acute{a}x}S_{xs}/2.5 = 6009.759 * 0.50 = 3004.88\text{ton}/\text{m}^2$$

c. Cálculo de coeficientes de rigideces.

Traslación a lo largo del eje X, según la **Ecuación (29)**.

$$K_{xk} = \frac{GB}{2 - \nu} \cdot \left(6.8 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 2.4 \right)$$
$$K_{xk} = \frac{(3004.88 * 2.50)}{2 - 0.30} \left(6.8 \left(\frac{2.50}{2.50} \right)^{0.65} + 2.4 \right) = 20327.125\text{ton}/\text{m}$$

Traslación a lo largo del eje Y, según la **Ecuación (28)**.

$$K_y = \frac{(GB)}{2 - \nu} \left(6.8 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.8 \left(\frac{L}{B} \right) + 1.60 \right)$$
$$K_y = \frac{(3004.88 * 2.50)}{2 - 0.30} \left(6.8 \left(\frac{2.50}{2.50} \right)^{0.65} + 0.80 \left(\frac{2.50}{2.50} \right) + 0.60 \right) = 20327.125\text{ton}/\text{m}$$

Traslación a lo largo del eje Z, según la **Ecuación (27)**.

$$K_z = \frac{(GB)}{1 - \nu} \left(3.1 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 1.60 \right)$$
$$K_z = \frac{(3004.88 * 2.50)}{1 - 0.30} \left(3.1 \left(\frac{2.50}{2.50} \right)^{0.75} + 1.60 \right) = 25219.523\text{ton}/\text{m}$$

Rotación sobre el eje X, según la **Ecuación (32)**.

$$K_{xxk} = \frac{(GB^3)}{1 - \nu} \left(3.2 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.80 \right)$$
$$K_{xxk} = \frac{(3004.88 * 2.50^3)}{1 - 0.30} \left(3.20 \left(\frac{2.50}{250} \right) + 0.80 \right) = 33536.6\text{ton} * \frac{\text{m}}{\text{rad}}$$

Rotación sobre el eje Y, según la **Ecuación (31)**.

$$K_{yy} = \frac{(GB^3)}{1 - \nu} \left(03.37 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.27 \right)$$

$$K_{yy} = \frac{(3004.88 * 2.50^3)}{1 - 0.30} \left(0.47 \left(\frac{2.50}{2.50} \right)^{2.4} + 0.034 \right) = 33536.6 \text{ ton} * \frac{m}{rad}$$

Rotación sobre el eje Z, según la **Ecuación (30)**.

$$K_{zz} = (GB^3) \left(4.25 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 4.06 \right)$$

$$K_{zz} = (3004.88 * 2.50^3) \left(4.25 \left(\frac{2.50}{2.50} \right)^{2.45} + 4.06 \right) = 48770.6 \text{ ton} * \frac{m}{rad}$$

d. Factores de corrección por empotramiento

Los factores de empotramiento tienen la funcionalidad de corregir o multiplicar a los factores de rigidez traslación y rotación. Por lo que, el dicho factor está en función de la altura de la cimentación o zapata (d), profundidad de desplante de la cimentación (D) y la altura desde el nivel del terreno natural al centroide de la cimentación (h) todo ello se detalla en la Figura 12.

Datos:

$$D = 1.50\text{m}$$

$$d = 0.45\text{m}$$

$$h = 1.05\text{m}$$

Traslación a lo largo del eje Z, según la **Ecuación (33)**.

$$\eta_{zk} = \left(1 + \left(0.25 + \frac{0.25}{\frac{L}{B}} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.8} \right)$$

$$\eta_{zk} = \left(1 + \left(0.25 + \frac{0.25}{\frac{1.25}{1.25}} \right) \left(\frac{1.50}{1.25} \right)^{0.8} \right) = 1.579$$

Traslación a lo largo del eje Y, según la **Ecuación (34)**

$$\eta_{yk} = \left(1 + \left(0.33 + \frac{1.34}{1 + \frac{L}{B}} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.8} \right)$$

$$\eta_{yk} = \left(1 + \left(0.33 + \frac{1.34}{1 + \frac{1.25}{1.25}} \right) \left(\frac{1.50}{1.25} \right)^{0.8} \right) = 2.157$$

Traslación a lo largo del eje X, según la **Ecuación (35)**

$$\eta_{xk} = \eta_{yk} = 2.157$$

Coeficiente de rotación sobre el eje Z, según la **Ecuación (36)**

$$\eta_{zzk} = \left(1 + \left(1.3 + \frac{1.32}{\frac{L}{B}} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.9} \right)$$

$$\eta_{zzk} = \left(1 + \left(1.3 + \frac{1.32}{\frac{1.25}{1.25}} \right) \left(\frac{1.50}{1.25} \right)^{0.9} \right) = 4.087$$

Coeficiente de rotación sobre el eje Y, según la **Ecuación (37)**

$$\eta_{yyk} = \left(1 + \frac{D}{B} + \left(\frac{1.6}{0.35 + \left(\frac{L}{B} \right)^4} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^2 \right)$$

$$\eta_{yyk} = \left(1 + \frac{1.50}{1.25} + \left(\frac{1.6}{0.35 + \left(\frac{1.25}{1.25} \right)^4} \right) \left(\frac{1.50}{1.25} \right)^2 \right) = 3.907$$

Coeficiente de rotación sobre el eje X, según la **Ecuación (38)**

$$\eta_{xxk} = \left(1 + \frac{D}{B} + \left(\frac{1.6}{0.35 + \left(\frac{L}{B} \right)^4} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^2 \right)$$

$$\eta_{xxk} = \left(1 + \frac{1.25}{1.25} + \left(\frac{1.6}{0.35 + \left(\frac{1.25}{1.25} \right)^4} \right) \left(\frac{1.50}{1.25} \right)^2 \right) = 3.907$$

e. Rigidez dinámica y amortiguamiento por radiación de ondas.

e.1. Rigidez dinámica

$$\omega = 5. s^{-1} \cdot 2. \pi = 31.416 \frac{rad}{s}$$

$$\psi = if \left(\left(\sqrt{\frac{2(1-\nu)}{(1-2\nu)}} \right) > 2.5, 2.5, \left(\sqrt{\frac{2(1-\nu)}{(1-2\nu)}} \right) \right) = 1.871$$

$$\alpha_0 = \omega \frac{B}{V_s} = 0.218$$

Cálculo de modificador de la rigidez superficial en eje Z, según la **Ecuación (42)**

$$\alpha_{zk} = 1 - \left(\frac{\left(0.4 + \frac{0.2}{\frac{L}{B}} \right) \alpha_0^2}{\left(\frac{10}{1 + 3 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)} \right) + \alpha_0^2} \right)$$

$$\alpha_{zk} = 1 - \left(\frac{\left(0.4 + \frac{0.2}{\frac{1.25}{1.25}} \right) 0.218^2}{\left(\frac{10}{1 + 3 \left(\frac{1.25}{1.25} - 1 \right)} \right) + 0.218^2} \right) = 0.997$$

Cálculo de modificador de la rigidez superficial en eje X e Y, según la **Ecuación (43)**

$$\alpha_{yk} = \alpha_{xk} = 1$$

Cálculo de rotación sobre el eje Z, según la **Ecuación (44)**

$$\alpha_{zzk} = 1 - \left(\frac{\left(0.33 - 0.03 \sqrt{\frac{L}{B} - 1} \right) \alpha_0^2}{\left(\frac{0.8}{1 + 0.33 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)} \right) + \alpha_0^2} \right)$$

$$\alpha_{zzk} = 1 - \left(\frac{\left(0.33 - 0.03 \sqrt{\frac{1.25}{1.25} - 1} \right) 0.218^2}{\left(\frac{0.8}{1 + 0.33 \left(\frac{1.25}{1.25} - 1 \right)} \right) + 0.218^2} \right) = 0.981$$

Cálculo de rotación sobre el eje Y, según la **Ecuación (45)**

$$\alpha_{yyk} = 1 - \left(\frac{0.55 \alpha_0^2}{0.6 + \left(\frac{1.4}{\left(\frac{L}{B} \right)^3} \right) + \alpha_0^2} \right)$$

$$\alpha_{yyk} = 1 - \left(\frac{0.55 * 0.218^2}{0.6 + \left(\frac{1.4}{\left(\frac{1.25}{1.25} \right)^3} \right) + 0.218^2} \right) = 0.987$$

Cálculo de rotación sobre el eje X, según la **Ecuación (46)**

$$\alpha_{xxk} = 1 - \left(\frac{\left(0.55 + 0.01 \sqrt{\frac{L}{B} - 1} \right) \alpha_0^2}{\left(2.4 - \left(\frac{1.4}{\left(\frac{L}{B} \right)^3} \right) + \alpha_0^2 \right)} \right)$$

$$\alpha_{xxk} = 1 - \left(\frac{\left(0.55 + 0.01 \sqrt{\frac{1.25}{1.25} - 1} \right) 0.218^2}{\left(2.4 - \left(\frac{1.4}{\left(\frac{1.25}{1.25} \right)^3} \right) + 0.218^2 \right)} \right) = 0.987$$

e.2. Amortiguamiento por radiación

Traslación a lo largo al eje Z, según la **Ecuación (47)**

$$\beta_{zk} = \left(\frac{4\psi \left(\frac{L}{B} \right)}{\frac{K_{zk}}{GB}} \right) \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{zk}} \right)$$

$$\beta_{zk} = \left(\frac{4 * 1.871 * \left(\frac{1.25}{1.25} \right)}{\frac{25219.523}{3004.88 * 1.25}} \right) \left(\frac{0.218}{2 * 0.997} \right) = 0.122$$

Traslación a lo largo al eje Y, según la **Ecuación (48)**

$$\beta_{yk} = \left(\frac{4 \left(\frac{L}{B} \right)}{\frac{K_{yk}}{GB}} \right) \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{yk}} \right)$$

$$\beta_{yk} = \left(\frac{4 \left(\frac{1.25}{1.25} \right)}{\frac{20327.125}{3004.88 * 1.25}} \right) \left(\frac{0.218}{2 * 1} \right) = 0.081$$

Traslación a lo largo al eje X, según la **Ecuación (49)**

$$\beta_{yk} = \left(\frac{4 \left(\frac{L}{B} \right)}{\frac{K_{xk}}{GB}} \right) \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{xk}} \right)$$

$$\beta_{yk} = \left(\frac{4 \left(\frac{1.25}{1.25} \right)}{\frac{20327.125}{3004.88 * 1.25}} \right) \left(\frac{0.218}{2 * 1} \right) = 0.081$$

Rotación sobre el eje Z, según la **Ecuación (50)**

$$\beta_{zzk} = \left[\frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(\left(\frac{L}{B} \right)^3 + \left(\frac{L}{B} \right) \right) \alpha_0^2}{\frac{K_{zzk}}{GB^3} \left(\frac{1.4}{1 + 3 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)^{0.7}} \right) + \alpha_0^2} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{zzk}} \right)$$

$$\beta_{zzk} = \left[\frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(\left(\frac{1.25}{1.25} \right)^3 + \left(\frac{1.25}{1.25} \right) \right) 0.218^2}{\frac{48770.6}{3004.88 * 1.25^3} \left(\frac{1.4}{1 + 3 \left(\frac{1.25}{1.25} - 1 \right)^{0.7}} \right) + 0.218^2} \right] \left(\frac{0.218}{2 * 0.981} \right) = 0.001$$

Rotación sobre el eje Y, según la **Ecuación (51)**

$$\beta_{yyk} = \left[\frac{\left(\frac{4\psi}{3} \right) \left(\frac{L}{B} \right)^3 \alpha_0^2}{\frac{K_{yyk}}{GB^3} \left(\frac{1.8}{1 + 1.75 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)} \right) + \alpha_0^2} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{yyk}} \right)$$

$$\beta_{yyk} = \left[\frac{\left(\frac{4 * 1.871}{3} \right) \left(\frac{1.25}{1.25} \right)^3 0.218^2}{\frac{33536.6}{3004.88 * 1.25^3} \left(\frac{1.8}{1 + 1.75 \left(\frac{1.25}{1.25} - 1 \right)} \right) + 0.218^2} \right] \left(\frac{0.218}{2 * 0.987} \right) = 0.001$$

Rotación sobre el eje X, según la **Ecuación (52)**

$$\beta_{xxk} = \left[\frac{\left(\frac{4\psi}{3}\right) \left(\frac{L}{B}\right)^3 \alpha_0^2}{\frac{K_{yyk}}{GB^3} \left(2.2 + \frac{0.4}{\left(\frac{L}{B}\right)^3}\right) + \alpha_0^2} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{xxk}}\right)$$

$$\beta_{xxk} = \left[\frac{\left(\frac{4 * 1.871}{3}\right) \left(\frac{1.25}{1.25}\right)^3 0.218^2}{\frac{33536.6}{3004.88 * 1.25^3} \left(2.2 + \frac{0.4}{\left(\frac{1.25}{1.25}\right)^3}\right) + 0.218^2} \right] \left(\frac{0.218}{2 * 0.987}\right) = 0.001$$

f. Modificadores de la rigidez dinámica y amortiguamiento por radiación de ondas para cimentaciones embebidas.

Traslación a lo largo al eje Z, según la **Ecuación (53)**

$$\beta_{z_emb} = \left[\frac{4 \left(\psi \left(\frac{L}{B} \right) + \left(\frac{D}{B} \right) \left(1 + \frac{L}{B} \right) \right)}{\frac{K_{z_emb}}{GB}} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{zk}} \right)$$

$$\beta_{z_emb} = \left[\frac{4 \left(1.871 \left(\frac{1.25}{1.25} \right) + \left(\frac{1.50}{1.25} \right) \left(1 + \frac{1.25}{1.25} \right) \right)}{\frac{39809.408}{3004.88 * 1.25}} \right] \left(\frac{0.218}{2 * 0.997} \right) = 0.176$$

Traslación a lo largo al eje Y, según la **Ecuación (54)**

$$\beta_{y_emb} = \left[\frac{4 \left(\left(\frac{L}{B} \right) + \left(\frac{D}{B} \right) \left(1 + \frac{\psi L}{B} \right) \right)}{\frac{K_{y_emb}}{GB}} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{yk}} \right)$$

$$\beta_{y_emb} = \left[\frac{4 \left(\left(\frac{1.25}{1.25} \right) + \left(\frac{1.50}{1.25} \right) \left(1 + \frac{1.871 * 1.25}{1.25} \right) \right)}{\frac{43846.239}{3004.88 * 1.25}} \right] \left(\frac{0.218}{2 * 1} \right) = 0.166$$

Traslación a lo largo al eje X, según la **Ecuación (55)**

$$\beta_{x_emb} = \left[\frac{4 \left(\frac{L}{B} + \frac{D}{B} \left(\psi + \frac{L}{B} \right) \right)}{\frac{K_{x_emb}}{GB}} \right] \left(\frac{\alpha_0}{2\alpha_{xk}} \right)$$

$$\beta_{x_emb} = \left[\frac{4 \left(\frac{1.25}{1.25} + \frac{1.50}{1.25} \left(1.871 + \frac{1.25}{1.25} \right) \right)}{\frac{43846.239}{3004.88 * 1.25}} \right] \left(\frac{0.218}{2 * 1} \right) = 0.166$$

- Rotación sobre el eje Z, según la **Ecuación (56)**

$$\beta_{zz_emb} = \left[\frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(3 \left(\frac{L}{B} \right) \left(\frac{D}{B} \right) + \psi \left(\frac{L}{B} \right)^3 \left(\frac{D}{B} \right) + 3 \left(\frac{L}{B} \right)^2 \left(\frac{D}{B} \right) + \psi \left(\frac{D}{B} \right) + \left(\frac{L}{B} \right)^3 + \left(\frac{L}{B} \right) \right) \alpha_0^2}{\left(\frac{K_{zz_emb}}{GB^3} \right) \left(\left(\frac{1.4}{1 + 3 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)^{0.7}} \right) + \alpha_0^2 \right)} \right] \frac{\alpha_0}{2\alpha_{zzk}}$$

$$\beta_{zz_emb} = 0.002$$

Rotación sobre el eje Y, según la **Ecuación (57)**

$$\beta_{yy_emb} = \left[\frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(\left(\frac{L}{B} \right)^3 \left(\frac{D}{B} \right) + \psi \left(\frac{L}{B} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^3 + \left(\frac{D}{B} \right)^3 + 3 \left(\frac{L}{B} \right)^2 \left(\frac{D}{B} \right) + \psi \left(\frac{L}{B} \right)^3 \right) \alpha_0^2}{\left(\frac{K_{yy_emb}}{GB^3} \right) \left(\left(\frac{1.8}{1 + 1.75 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)^{0.7}} \right) + \alpha_0^2 \right)} + \frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(\frac{L}{B} + \psi \right) \left(\frac{D}{B} \right)^3}{\left(\frac{K_{yy_emb}}{GB^3} \right)} \right] \frac{\alpha_0}{2\alpha_{yyk}}$$

$$\beta_{yy_emb} = 0.035$$

Rotación sobre el eje X, según la **Ecuación (58)**

$$\beta_{xx_emb} = \left[\frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(\left(\frac{D}{B} \right)^3 + \left(\frac{D}{B} \right) + \left(\frac{D}{B} \right) + \psi \left(\frac{L}{B} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^3 + 3 \left(\frac{L}{B} \right) \left(\frac{D}{B} \right) + \psi \left(\frac{L}{B} \right) \right) \alpha_0^2}{\left(\frac{K_{xx_emb}}{GB^3} \right) \left(\left(\frac{1.8}{1 + 1.75 \left(\frac{L}{B} - 1 \right)^{0.7}} \right) + \alpha_0^2 \right)} + \frac{\left(\frac{4}{3} \right) \left(\psi \frac{L}{B} + 1 \right) \left(\frac{D}{B} \right)^3}{\left(\frac{K_{xx_emb}}{GB^3} \right)} \right] \frac{\alpha_0}{2\alpha_{xxk}}$$

$$\beta_{xx_emb} = 0.035$$

g. Coeficientes de amortiguamiento

Traslación a lo largo al eje Z, según la **Ecuación (59)**

$$c_z = \frac{2K_{zk}(0.05 + \beta_{zk})}{\omega}$$

$$c_z = \frac{2 * 25219.523(0.05 + 0.122)}{31.416} = 276.028 \text{ s} * \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

Traslación a lo largo al eje Y, según la **Ecuación (60)**

$$c_y = \frac{2 * K_{yk}(0.05 + \beta_{yk})}{\omega}$$

$$c_y = \frac{2 * 20327.125(0.05 + 0.081)}{31.416} = 169.039 \text{ s} * \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

Traslación a lo largo al eje X, según la **Ecuación (61)**

$$c_x = \frac{2K_{xk}(0.05 + \beta_{xk})}{\omega}$$

$$c_x = \frac{220327.125(0.05 + 0.081)}{31.416} = 169.039 \text{ s} * \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

Amortiguamiento de rotación sobre el eje Z, según la **Ecuación (62)**

$$c_{zz} = \frac{2K_{zzk}(0.05 + \beta_{zzk})}{\omega}$$

$$c_{zz} = \frac{2 * 48770.6(0.05 + 0.001)}{31.416} = 158.883 \text{ m} * \text{s} * \frac{\text{ton}}{\text{rad}}$$

Amortiguamiento de rotación sobre el eje Y, según la **Ecuación (63)**

$$c_{yy} = \frac{2K_{yyk}(0.05 + \beta_{yyk})}{\omega}$$

$$c_{yy} = \frac{2 * 33536.6(0.05 + 0.001)}{31.416} = 109.403 \text{ m} * \text{s} * \frac{\text{ton}}{\text{rad}}$$

Amortiguamiento de rotación sobre el eje X, según la **Ecuación (64)**

$$c_{xx} = \frac{2K_{xxk}(0.05 + \beta_{xxk})}{\omega}$$

$$c_{xx} = \frac{2 * 33536.6(0.05 + 0.001)}{31.416} = 109.403 \text{ m} * \text{s} * \frac{\text{ton}}{\text{rad}}$$

h. Rigideces estáticas para cimentaciones incrustadas

Traslación a lo largo al eje X, según la **Ecuación (65)**

$$K_{x_emb} = K_{xk}\eta_{xk}$$

$$K_{x_emb} = 20327.125 * 2.157 = 438846.239 \text{ ton/m}$$

Traslación a lo largo al eje Y, según la **Ecuación (66)**

$$K_{y_emb} = K_{yk}\eta_{yk}$$

$$K_{y_emb} = 20327.125 * 2.157 = 438846.239 \text{ ton/m}$$

Traslación a lo largo al eje Z, según la **Ecuación (67)**

$$K_{z_emb} = K_{zk}\eta_{zk}$$

$$K_{z_emb} = 25219.523 * 1.579 = 39809.409 \text{ ton/m}$$

Rotación sobre el eje X, según la **Ecuación (68)**

$$K_{xx_emb} = K_{xxk}\eta_{xxk}$$

$$K_{xx_emb} = 33536.6 * 3.907 = 131016.317 \text{ ton} * \frac{m}{rad}$$

Rotación sobre el eje Y, según la **Ecuación (69)**

$$K_{yy_emb} = K_{yyk}\eta_{yyk}$$

$$K_{yy_emb} = 33536.6 * 3.907$$

$$K_{yy_emb} = 131016.317 \text{ ton} * \frac{m}{rad}$$

Rotación sobre el eje Z, según la **Ecuación (70)**

$$K_{zz_emb} = K_{zzk}\eta_{zzk}$$

$$K_{zz_emb} = 48770.6 * 4.087$$

$$K_{zz_emb} = 199335.075 \text{ ton} * \frac{m}{rad}$$

Después de obtener los resultados según Pais & Kausel (1985) para un cimiento de 2.50x2.50x0.45m de una vivienda de 3 niveles, resumimos los coeficientes de rigideces traslacionales y rotacionales como se muestra en la **Tabla 40**.

Tabla 40.
Resumen de resultado para una zapata 2.50x2.50m según Pais & Kausel (1985)

Dimensión de la zapata	K_{x_emb} (ton/m)	K_{y_emb} (ton/m)	K_{z_emb} (ton/m)	K_{xx_emb} (ton*m/rad)	K_{yy_emb} (ton*m/rad)	K_{zz_emb} (ton*m/rad)
Z-01(2.50x2.50)	43846.24	43846.24	39809.41	131016.32	131016.32	199335.08

Nota: Fuente, elaboración propia.

3.14.2.1. Resumen de coeficientes de rigideces para 3 niveles

a. Según ASCE 41-17

Tabla 41.

Coeficiente de rigidez traslación y rotación según el ASCE 41-13

Dimensiones de los cimientos	K_{x_emb} (ton/m)	K_{y_emb} (ton/m)	K_{z_emb} (ton/m)	K_{xx_emb} (ton*m/rad)	K_{yy_emb} (ton*m/rad)	K_{zz_emb} (ton*m/rad)
Z-01(2.50x2.50)	42829.16	42829.16	33154.87	55540.17	64134.33	103082.94
Z-02 (2.80*1.50)	41555.25	36474.96	29774.70	48163.79	27035.86	100494.05
Z-03(1.50*1.50)	32794.34	32794.34	22645.41	16824.09	18587.56	29105.79
Z-04(1.50x2.50)	36415.31	40513.83	27686.92	24363.57	52579.09	57690.92

Nota: Fuente, elaboración propia.

b. Según Pais & Kausel (1985)

Tabla 42.

Coeficiente de rigidez traslación y rotación según Pais & Kausel.

Dimensiones de los cimientos	K_{x_emb} (ton/m)	K_{y_emb} (ton/m)	K_{z_emb} (ton/m)	K_{xx_emb} (ton*m/rad)	K_{yy_emb} (ton*m/rad)	K_{zz_emb} (ton*m/rad)
Z-01(2.50x2.50)	43846.24	43846.24	39809.41	131016.32	131016.32	199335.08
Z-02 (2.80*1.50)	39902.91	42098.21	35187.61	72214.66	107833.25	142399.40
Z-03(1.50*1.50)	33431.22	33431.22	28304.64	56073.20	56073.20	62038.35
Z-04(1.50x2.50)	38569.98	40301.82	33574.48	68571.65	89170.67	117594.42

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 43.

Amortiguamiento traslación y rotación según Pais & Kausel.

Dimensiones de los cimientos	K_{x_emb} (ton/m)	K_{y_emb} (ton/m)	K_{z_emb} (ton/m)	K_{xx_emb} (ton*m/rad)	K_{yy_emb} (ton*m/rad)	K_{zz_emb} (ton*m/rad)
Z-01(2.50x2.50)	169.039	169.039	276.028	109.403	109.403	158.883
Z-02 (2.80*1.50)	123.293	126.219	198.711	39.241	99.753	98.101
Z-03(1.50*1.50)	76.383	76.383	118.508	23.183	23.183	33.704
Z-04(1.50x2.50)	112.724	114.974	180.426	35.533	76.069	78.045

Nota: Fuente, elaboración propia.

c. Según Gazetas (1983)

Tabla 44.

Coefficiente de rigidez traslación y rotación según Gazetas.

Dimensiones de los cimientos	K_{x_emb} (ton/m)	K_{y_emb} (ton/m)	K_{z_emb} (ton/m)	K_{xx_emb} (ton*m/rad)	K_{yy_emb} (ton*m/rad)	K_{zz_emb} (ton*m/rad)
Z-01(2.50x2.50)	41679.58	41679.58	31991.05	50121.44	56119.95	103680.45
Z-02 (2.80*1.50)	44037.32	39881.95	28695.85	16693.90	43277.43	125481.60
Z-03(1.50*1.50)	31876.62	31876.62	21842.57	15203.64	14051.72	29290.11
Z-04(1.50x2.50)	33865.69	36792.54	26686.96	47931.43	22516.45	60399.06

Nota: Fuente, elaboración propia.

3.14.2.2. Resumen de coeficientes de rigideces para 5 niveles

El coeficiente de rigidez para losa de cimentación se determinó por áreas tributarias, en este caso tenemos 15 columnas, asimismo, se obtuvo para las 15 áreas tributarias.

a. Según ASCE 41-17

Tabla 45.

Coefficiente de rigidez según el ASCE 41-13 para 5 niveles.

Dimen. de los Cimientos	K_{x_emb} (ton/m)	K_{y_emb} (ton/m)	K_{z_emb} (ton/m)	K_{xx_emb} (ton*m/rad)	K_{yy_emb} (ton*m/rad)	K_{zz_emb} (ton*m/rad)
Z-01(1.56x2.09)	35290.87	37513.02	25942.58	22590.42	36170.53	45110.14
Z-02 (3.30x2.09)	46265.44	42308.38	35337.84	81191.27	53338.64	156082.02
Z-03(2.14x2.09)	39101.08	38912.54	29122.59	37368.29	41234.27	68220.96
Z-04(2.14x3.19)	43135.90	46610.38	34637.69	51438.54	101987.80	116875.06
Z-05(3.30x3.19)	50143.84	49832.87	40970.42	109702.87	123517.51	202596.93
Z-06(1.56x3.19)	39374.81	45523.06	31407.82	31285.30	91502.69	92170.72
Z-07(1.59x3.53)	40814.82	47886.46	33208.87	34942.26	115865.35	113500.84
Z-08(3.30x3.53)	51416.06	52046.24	42696.06	118509.00	153793.33	225204.16
Z-09(2.14x3.53)	44393.75	48866.19	36302.35	55769.97	128101.25	138228.00
Z-10(2.14x4.17)	46729.06	52982.31	39374.54	63902.79	187485.09	186920.29
Z-11(3.30x4.17)	53819.01	56089.80	45896.92	135070.92	222707.45	278004.30
Z-12(1.56x4.17)	42218.28	51093.52	35646.11	36259.82	162243.03	149749.95
Z-13(1.56x2.04)	34427.49	36405.74	25372.53	20465.49	32648.51	41051.80
Z-14(3.30x2.04)	45278.47	41272.06	34717.47	76326.59	48846.25	146740.13
Z-15(2.14x2.04)	38195.87	37829.92	28533.14	34429.53	37298.21	62932.96

Nota: Fuente, elaboración propia.

b. Según Pais & Kausel (1985)

Tabla 46.

Coficiente de rigidez según Pais & Kausel para 5 niveles.

Dimen. de los Cimientos	K_{x_emb} (ton/m)	K_{y_emb} (ton/m)	K_{z_emb} (ton/m)	K_{xx_emb} (ton*m/rad)	K_{yy_emb} (ton*m/rad)	K_{zz_emb} (ton*m/rad)
Z-01(1.56x2.09)	36945.83	37878.04	31741.07	66644.29	72654.89	92956.28
Z-02 (3.30x2.09)	44908.39	43140.95	43003.71	177357.09	131499.91	301951.01
Z-03(2.14x2.09)	39924.44	39842.40	35484.10	98503.52	97726.81	136476.68
Z-04(2.14x3.19)	45333.67	46920.39	41094.05	120393.19	157474.61	224052.72
Z-05(3.30x3.19)	51138.82	50988.16	48167.57	218725.57	213832.19	370827.63
Z-06(1.56x3.19)	41926.66	44576.60	37620.43	80689.91	139464.01	183579.70
Z-07(1.59x3.53)	43498.78	46571.15	39586.75	87001.45	171917.97	223893.73
Z-08(3.30x3.53)	52824.77	53134.66	49858.35	231312.62	242881.69	407287.26
Z-09(2.14x3.53)	46813.70	48872.67	42845.46	127043.23	187032.30	262584.14
Z-10(2.14x4.17)	49441.93	52352.45	46115.87	139475.30	258020.80	350142.41
Z-11(3.30x4.17)	55794.77	56935.37	53063.89	254850.08	310600.61	493514.46
Z-12(1.56x4.17)	45778.16	49786.95	42739.41	92994.89	246105.92	309696.58
Z-13(1.56x2.04)	36704.61	37565.47	31487.00	65926.90	71027.07	90211.99
Z-14(3.30x2.04)	44586.00	42739.19	42794.40	175442.34	127558.54	300917.17
Z-15(2.14x2.04)	39646.16	39481.33	35238.79	97487.66	95972.76	133865.83

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 47.

Coficiente de amortiguamiento según Pais & Kausel para 5 niveles.

Dimen. de los Cimientos	C_x (ton/m)	C_y (ton/m)	C_z (ton/m)	c_{xx} (ton*m/rad)	C_{yy} (ton*m/rad)	C_{zz} (ton*m/rad)
Z-01(1.56x2.09)	100.99	102.17	160.12	33.22	50.93	58.77
Z-02 (3.30x2.09)	184.33	181.61	300.97	197.60	94.36	225.96
Z-03(2.14x2.09)	129.43	129.31	207.88	66.74	64.45	95.77
Z-04(2.14x3.19)	181.48	183.84	298.72	94.59	173.68	189.35
Z-05(3.30x3.19)	259.77	259.52	434.47	252.73	239.47	357.58
Z-06(1.56x3.19)	141.12	144.78	229.56	47.89	140.17	134.25
Z-07(1.59x3.53)	155.51	159.88	254.69	54.60	181.50	170.47
Z-08(3.30x3.53)	282.70	283.22	475.53	273.51	304.75	421.00
Z-09(2.14x3.53)	197.23	200.36	326.55	103.22	222.00	230.80
Z-10(2.14x4.17)	226.58	231.15	378.71	119.48	334.37	327.36
Z-11(3.30x4.17)	325.50	327.46	552.69	313.14	458.66	562.35
Z-12(1.56x4.17)	175.67	181.55	290.36	61.00	269.46	244.86
Z-13(1.56x2.04)	99.19	100.27	157.04	32.51	48.34	56.52
Z-14(3.30x2.04)	180.84	178.01	294.86	199.00	89.86	222.29
Z-15(2.14x2.04)	127.01	126.79	203.71	65.49	61.02	92.91

Nota: fuente, elaboración propia.

c. Según Gazetas (1983)

Tabla 48.

Coeficiente de rigidez según Gazetas para 5 niveles.

Dimen. de los Cimientos	K_{x_emb} (ton/m)	K_{y_emb} (ton/m)	K_{z_emb} (ton/m)	K_{xx_emb} (ton*m/rad)	K_{yy_emb} (ton*m/rad)	K_{zz_emb} (ton*m/rad)
Z-01(1.56x2.09)	33321.34	34945.97	25003.57	31689.76	20456.82	47354.28
Z-02 (3.30x2.09)	46803.37	43667.92	33754.14	34753.97	76800.69	124458.15
Z-03(2.14x2.09)	37433.24	37292.17	27776.38	30503.31	34598.54	64330.82
Z-04(2.14x3.19)	39935.52	42452.21	33044.35	80328.38	50952.13	116473.76
Z-05(3.30x3.19)	48246.20	48006.47	39187.63	90007.75	112856.39	192366.66
Z-06(1.56x3.19)	35785.98	40039.66	29962.90	77860.14	28889.03	89363.50
Z-07(1.59x3.53)	37101.92	41976.33	31720.94	98699.66	32813.48	109205.71
Z-08(3.30x3.53)	49024.32	49507.81	40835.54	113568.46	123775.94	219345.86
Z-09(2.14x3.53)	40921.38	44141.98	34645.79	101679.62	55915.78	137363.25
Z-10(2.14x4.17)	42905.67	47371.85	37623.84	150253.07	65171.62	183394.86
Z-11(3.30x4.17)	50697.06	52427.78	43892.21	167046.22	144110.35	277761.29
Z-12(1.56x4.17)	39072.71	45350.04	34551.10	145921.22	37011.90	150293.05
Z-13(1.56x2.04)	32564.49	34042.25	24457.06	27830.28	19144.68	43040.95
Z-14(3.30x2.04)	46805.78	43504.43	33505.24	32945.05	75128.80	123162.60
Z-15(2.14x2.04)	37363.74	37078.63	27534.92	28883.14	33841.67	62491.25

Nota: Fuente, elaboración propia.

3.14.3. Asignación de los coeficientes de rigidez al modelo estructural

Luego de obtener los resultados de coeficientes de rigideces según ASCE 41-17, Pais & Kausel (1985) y Gazetas (1983), ingresamos al software profesional ETABS 2017.

Ingresamos los coeficientes de rigideces específicamente para ASCE 41-13 y Gazetas (1983) de la siguiente manera Define→Spring Properties→Point Springs...→Add New Property...luego ingresar los resultados de rigideces como se ve en la Figura 36.

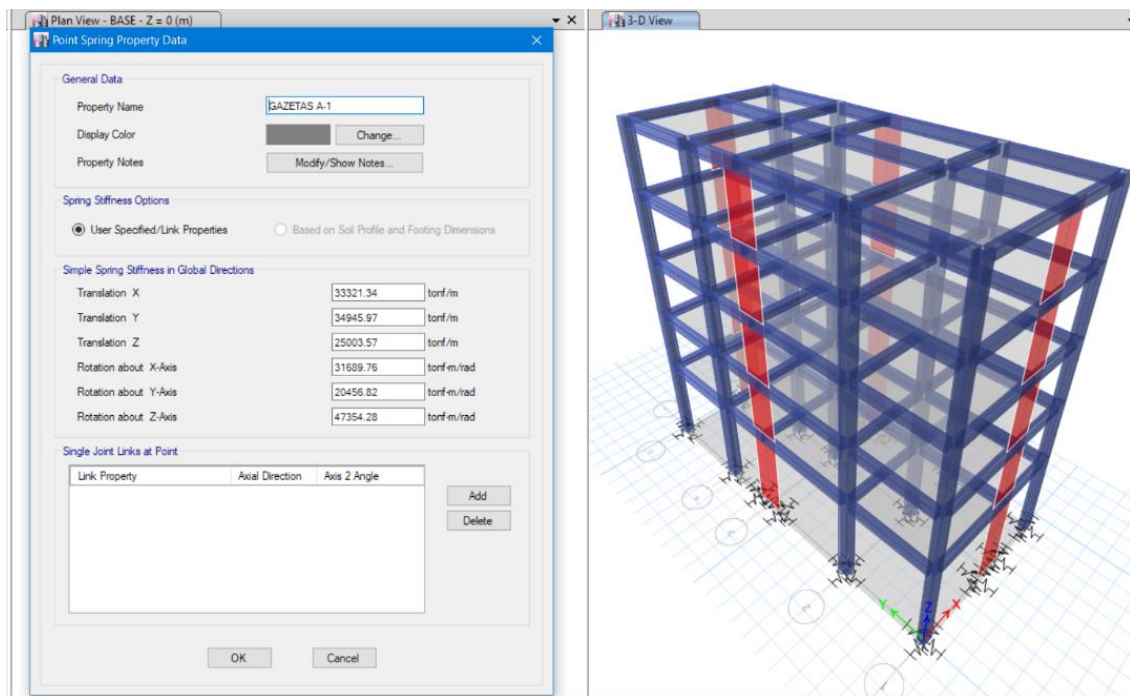


Figura 36. Asignación de coeficiente de rigidez para ASCE 41-13 y Gazetas (1983).

Asimismo, los resultados que se obtuvo como el coeficiente de rigidez más el amortiguamiento, procedemos a ingresar de la siguiente manera, Define→Section Properties→Link/Support Properties...→Add New Property...→Activar la rigidez traslación (U1, U2 y U3) y de igual manera activar la rigidez rotacional (R1, R2 y R3), después de activar los seis grados de libertad →Modify/Show for All...por ultimo saldrá las pestañas para rellenar los resultados como se ve en la **Figura 37**

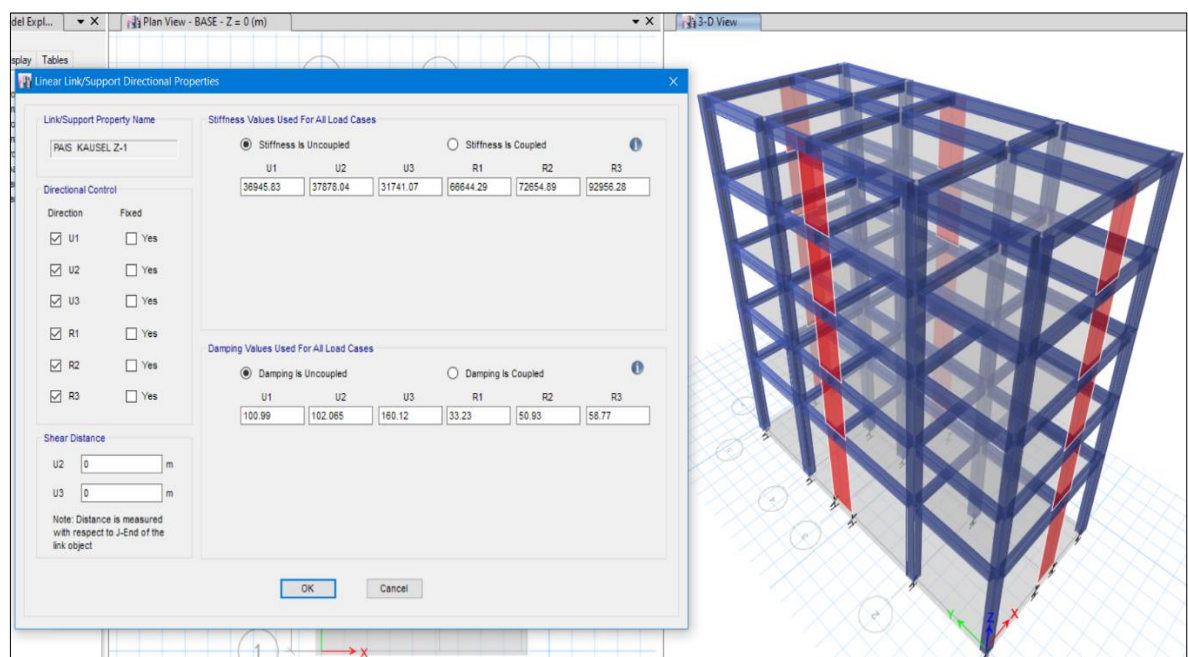


Figura 37. Asignación de coeficiente de rigidez para Pais & Kausel (1985).

3.15 Análisis físico-químico del suelo

Los análisis físico-químicos del suelo se realizaron mediante la exploración de calicatas a cielo abierto a una profundidad de 1.50m, la profundidad de desplante de las cimentaciones está a 1.50m por ende los análisis son para esa profundidad, también con fines de conservar el concreto en su etapa del vaciado de las zapatas superficiales. Los puntos de investigación son 7 y cada punto tiene una muestra de suelo para su respectivo análisis, a continuación, se muestran los resultados de laboratorio.

3.15.1. Textura

Es un suelo orgánico por la parte superficial con presencia de materiales orgánicos hasta una capa de 15 cm luego después de esta capa hay arena con presencia de limos en la mayoría de los puntos donde se ensayaron.

3.15.2. Cloruros

Los cloruros son compuestos de calcio, potasio y sodio, en suelos con mayor presencia de este elemento químico las construcciones son afectadas especialmente las cimentaciones ya que corroe el acero.

La presencia excesiva de los cloruros genera dos efectos en el concreto armado: la primera es que disminuye el área de acero gracias a la corrosión y la segunda es el agrietamiento del concreto, gracias a estos dos factores el concreto armado pierde su resistencia mecánica y las estructuras pueden tener fallas, los análisis de los cloruros se detallan en la **Tabla 49**:

Tabla 49.
Resultados de contenido de cloruros.

MUESTRA	Cloruros (CL ⁻) ppm	Cloruros (CL ⁻)		
		Max	Min	Media
M1	1035.430	1035.43	382.97	613.96
M2	538.990	1035.43	382.97	613.96
M3	496.440	1035.43	382.97	613.96
M4	510.620	1035.43	382.97	613.96
M5	382.970	1035.43	382.97	613.96
M6	751.750	1035.43	382.97	613.96
M7	581.540	1035.43	382.97	613.96

Nota. Fuente, elaboración propia.

En la figura siguiente se detallan el comportamiento de la presencia de cloruro en cada muestra, puesto que cada muestra es obtenida de cada punto de investigación.

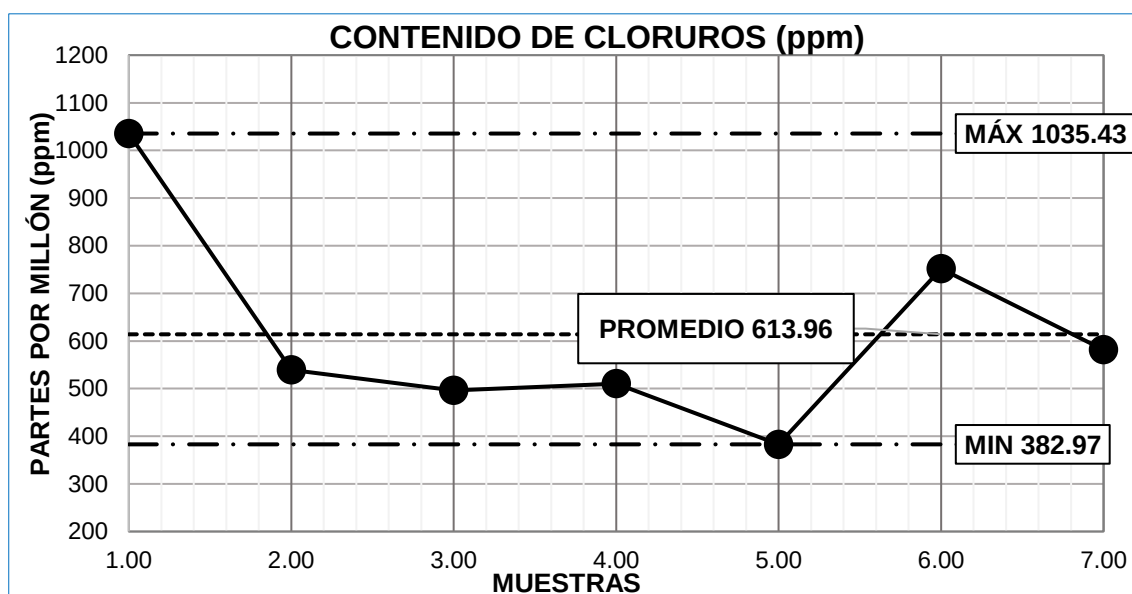


Figura 38. Diagrama de dispersión del contenido de cloruros de los ensayos realizados y su comportamiento en cada punto.

3.15.3. Sulfatos

Son compuestos por oxidación de azufre es de allí que son sales o ésteres de ácido sulfúrico, el suelo con presencia excesiva de este elemento es perjudicial para las obras civiles, afectan su durabilidad cuando el concreto entra en contacto con el suelo, ataca directamente y penetra reaccionando químicamente con sus constituyentes, principalmente con la matriz del cemento.

Tabla 50.
Resultados de contenido de sulfatos.

MUESTRA	Sulfat (SO_4^{2-}) ppm	Sulfatos (SO_4^{2-})		
		Max	Min	Media
M1	238.0	238.00	104.00	174.29
M2	228.0	238.00	104.00	174.29
M3	208.0	238.00	104.00	174.29
M4	150.0	238.00	104.00	174.29
M5	132.0	238.00	104.00	174.29
M6	104.0	238.00	104.00	174.29
M7	160.0	238.00	104.00	174.29

Nota: Fuente, Elaboración propia.

En la siguiente **Figura 39** se muestra el comportamiento del resultado de cada punto de los ensayos, estos resultados sobrepasan los datos permisibles que indican la E.060 de concreto armado y ACI-201, por lo tanto, la urbanización los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca tiene el contenido de sulfatos muy elevados.

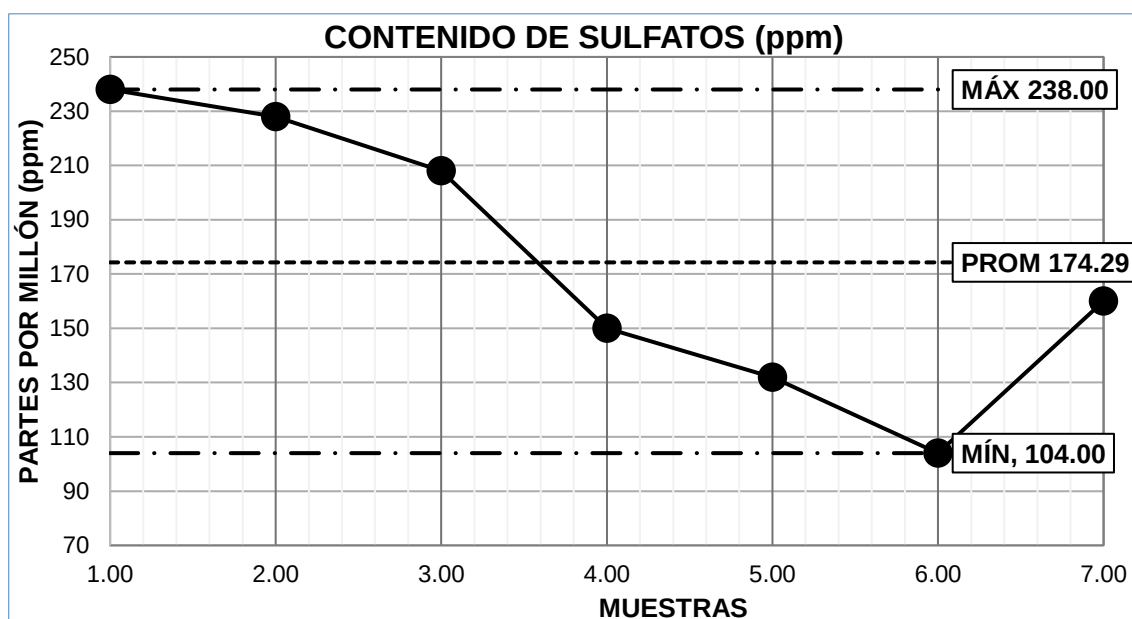


Figura 39. Diagrama de dispersión del contenido de sulfatos de los ensayos realizados y su comportamiento en cada punto.

3.15.4. Contenido de pH

El suelo tiene diferentes propiedades en los cuales se tiene en cuenta la acidez y la alcalinidad de las mismas que varía en base a los valores de 1 a 14 considerando como valor neutro 7. Los valores de los análisis se muestran en la **Tabla 51** y su respectiva **Figura 40**:

Tabla 51.
Resultados de contenido de pH en el suelo.

MUESTRA	pH	pH		
		Max	Min	Media
M1	8.01	8.01	7.89	7.95
M2	7.90	8.01	7.89	7.95
M3	7.92	8.01	7.89	7.95
M4	7.95	8.01	7.89	7.95
M5	7.89	8.01	7.89	7.95
M6	8.00	8.01	7.89	7.95
M7	8.00	8.01	7.89	7.95

Nota: Fuente, Elaboración propia.

El contenido de pH en el suelo es para ver cómo se comportará el agua al transcurrir por el subsuelo esto a medida que se mueva de lugar se tendrá que mezclar con algunos de los componentes del suelo como es el caso de ácidos, sales y cloruros por ende depende mucho del tipo de suelo.

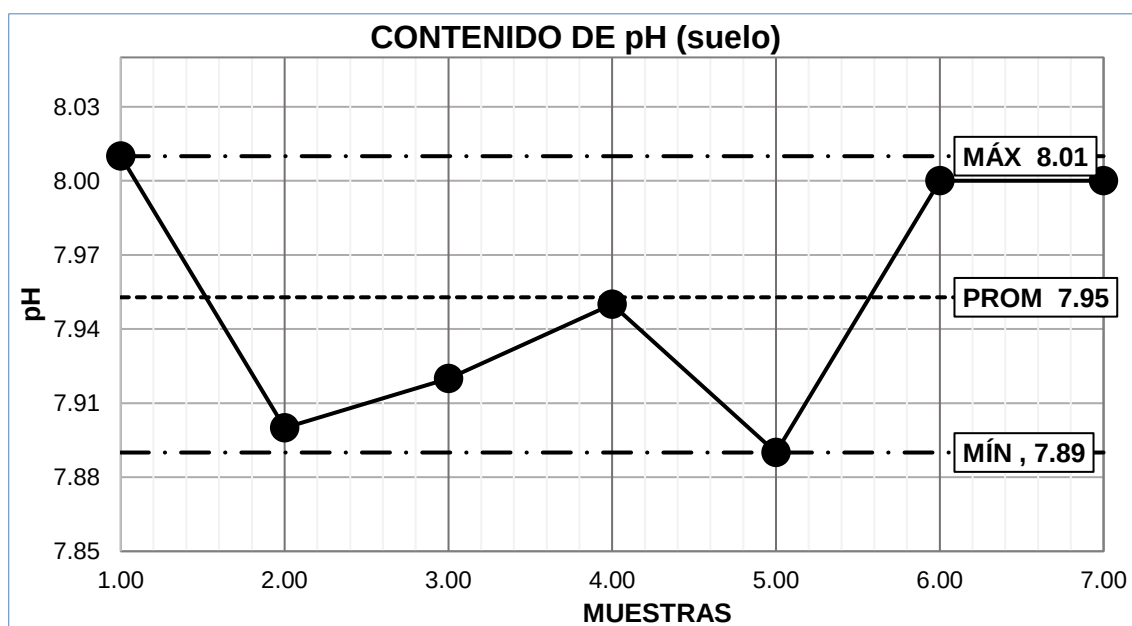


Figura 40. Diagrama de dispersión del contenido de pH de los ensayos realizados y su comportamiento en cada punto.

3.15.5. Contenido de conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo depende mucho del contenido de sales por ello es necesario verificar, porque cuanto más salado sea el suelo o cuando tenga presencia excesiva de sales más conductividad eléctrica tendrá, a continuación, se detalla en la **Tabla 52** y la **Figura 41** donde se puede denotar el comportamiento de los resultados de contenido de conductividad eléctrica:

Tabla 52.
Resultados de contenido de C.E en el suelo.

MUESTRA	C.E. (ms/cm)	Conductividad Eléctrica		
		Max	Min	Media
M1	4.89	4.89	1.39	2.74
M2	2.25	4.89	1.39	2.74
M3	2.55	4.89	1.39	2.74
M4	2.55	4.89	1.39	2.74
M5	2.02	4.89	1.39	2.74
M6	3.52	4.89	1.39	2.74
M7	1.39	4.89	1.39	2.74

Nota: Fuente, elaboración propia.

Más adelante también se observa en la línea de dispersión como es el comportamiento de cada uno de los resultados en cada punto, se pueden ver el valor máximo, medio y el mínimo valor resultado del ensayo en cada uno de los siete puntos y están a continuación en la **Figura 41**:

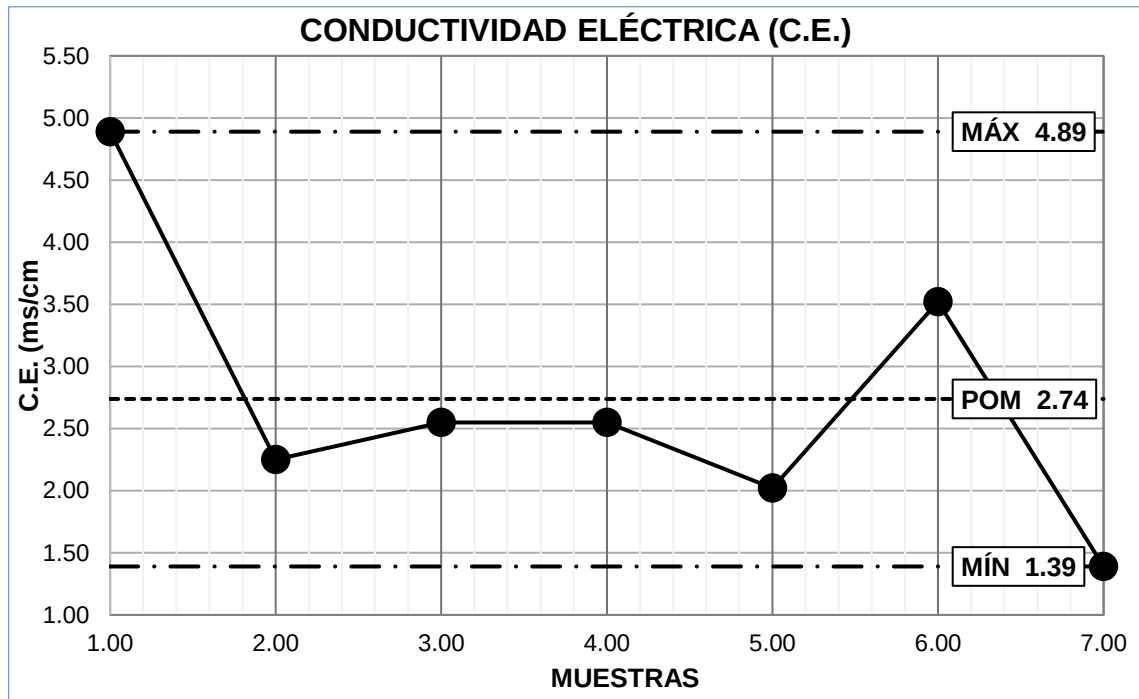


Figura 41. Diagrama de dispersión del contenido de C.E. de los ensayos realizados y comportamiento en cada punto.

3.15.6. Características del agua

El agua es indispensable para el consumo del ser humano, con fines constructivos y otros fines para conllevar la vida sin precedentes, los análisis de la misma son importantes para no correr el riesgo de sufrir algunas enfermedades provocadas por sus contenidos sobrepasando los límites de las normas.

Tabla 53.
Resultados de análisis de agua.

Análisis Físico-Químico del Agua		
pH	7.50	-
Conductividad Eléctrica	15.86	ms/cm
Cloruros (como CL-I)	4936.03	ppm
Sulfatos (como SO=4)	360.00	ppm
Sólidos Disueltos Totales	8.02	g/l

Nota: Fuente, elaboración propia.

3.16 Diseño de zapatas aisladas convencional

3.16.1. Diseño de zapata central

Detalles de la edificación.

$$\begin{aligned}
 CM &= 26.93 \text{ ton} & CV &= 8.96 \text{ ton} & f'_c &= 210 \text{ kg/cm}^2 & f_y &= 4200 \text{ kg/cm}^2 \\
 Df &= 1.50 \text{ m} & q_{adm} &= 0.889 \text{ kg/cm}^2 & \gamma_s &= 1.7 \text{ ton/m}^3 & S/C &= 0.20 \text{ ton/m}^2 \\
 t1 &= 0.40 \text{ m} & t2 &= 0.40 \text{ m}
 \end{aligned}$$

❖ Cálculo del esfuerzo neto

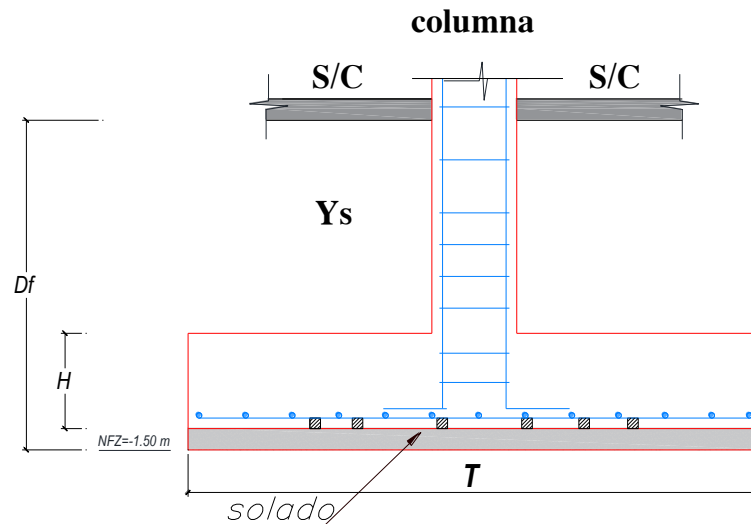


Figura 42. Detalles de la zapata aislada Fuente, elaboración propia.

$$q_n = q_{adm} - \gamma_s * D_f - S/C = 6.34 \text{ ton/m}^2$$

Donde:

- q_n = Esfuerzo neto del terreno.
- q_{adm} = Esfuerzo admisible del terreno.
- γ_s = Densidad del terreno
- D_f = Profundidad de desplante.
- S/C = Sobrecarga sobre el nivel del piso terminado.

❖ Dimensiones en planta

Se incrementa el peso propio de la zapata con 15% al peso de servicio de la edificación y se procede a calcular el área de la zapata en función de la capacidad neta del suelo y de la carga de servicio.

$$P_{serv} = 1.15(CM + CV) = 41.274 \text{ ton}$$

$$A_{req} = \frac{P_{serv}}{q_n} = 6.51 \text{ m}^2$$

- P_{serv} = Peso de servicio de la edificación
- A_{req} = Área requerida de la zapata central (T x S m)

❖ Lados de la zapata T y S.

Calculando las dimensiones de la zapata con las siguientes formulas en función de área requerida de las dimensiones de la columna t1 y t2.

$$T = \sqrt{A_{req}} + \frac{(t1 - t2)}{2} = 2.50 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{A_{req}} - \frac{(t1 - t2)}{2} = 2.50 \text{ m}$$

Donde:

$t1$ y $t2$ = Dimensiones de la columna, $t1$: lado mayor y $t2$: lado menor.

❖ **Peso de servicio actuante sin excentricidad $L_{v1}=L_{v2}$.**

El peso de servicio debe actuar sin excentricidad, para lo cual igualamos las condiciones

$$L_{v1} = L_{v2}$$

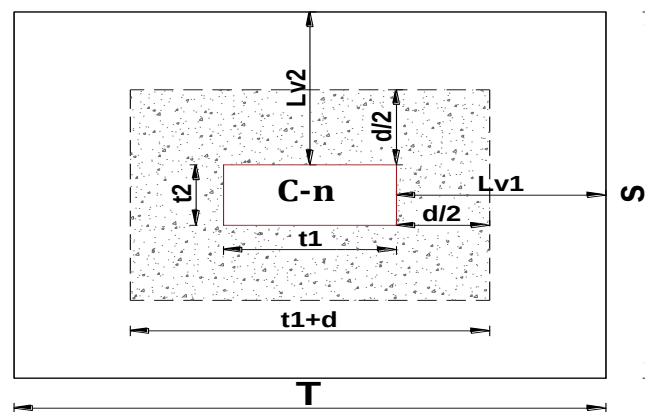


Figura 43. Distancias actuantes sin excentricidad, donde $L_{v1}=L_{v2}$.

$$L_{v1} = \frac{(T - t1)}{2} = 1.076$$

$$L_{v2} = \frac{(S - t2)}{2} = 1.076$$

❖ **Reacción neta del terreno W_u .**

La reacción neta del terreno es la fracción de cargas factoradas entre el área de la zapata.

$$P_u = 1.4CM + 1.7CM = 52.934 \text{ ton}$$

$$A_{zap} = T * S = 6.25 \text{ m}^2$$

$$W_u = \frac{P_u}{A_{zap}} = 8.47 \text{ ton/m}^2$$

Donde:

W_u = Reacción neta del terreno.

P_u = Peso último.

❖ **Dimensionamiento de peralte efectivo por punzonamiento (d).**

Condición de diseño: $V_u/\phi = V_c$

La siguiente condición para determinar el peralte efectivo, donde el peralte debe resistir el cortante por punzonamiento o cortante por penetración; véase el grafico 21 que muestra el área asumido.

El reglamento ACI 318S -14 detalla que el peralte efectivo mínima no debe ser menor a 150mm para zapatas apoyadas sobre el suelo.

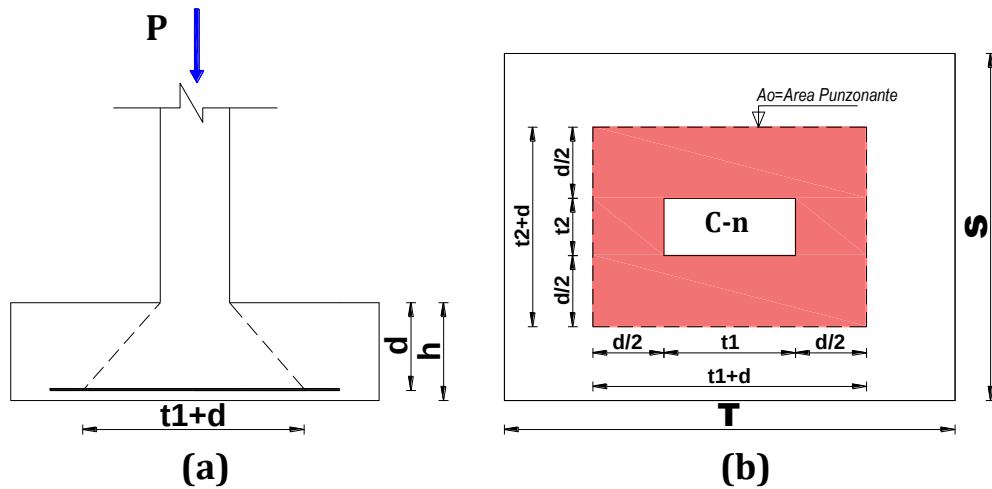


Figura 44. Detalles del peralte efectivo por punzonamiento.
(a) Fala de corte por punzonamiento, (b) Área crítica del punzonamiento.

Por lo tanto, el peralte efectivo será determinado de la siguiente expresión $V_u/\phi = V_c$.

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{1}{\phi} (P_u - W_u * A_o)$$

$$V_c = 1.06\sqrt{f'c}b_o d$$

Donde:

$$A_o = (t_1 + d)(t_2 + d)$$

$$b_o = 2(t_1 + t_2 + d)$$

A_o = Área de la sección crítica.

b_o = Perímetro de la sección crítica.

ϕ = Factor de reducción 0.75.

d = Peralte efectivo de la zapata.

$$V_{c3} = 1.06\sqrt{f'c}$$

$$d = \frac{\sqrt{(2V_{c3}\phi + W_u)^2(t_1^2 + t_2^2) + 2((2V_{c3}\phi - W_u)^2 - 2W_u^2)t_1t_2 + 4P_u(4\phi V_{c3} + W_u) - (2\phi V_{c3} + W_u)(t_1 + t_2)}}{8V_{c3}\phi + 2W_u}$$

$$d = 0.1855m$$

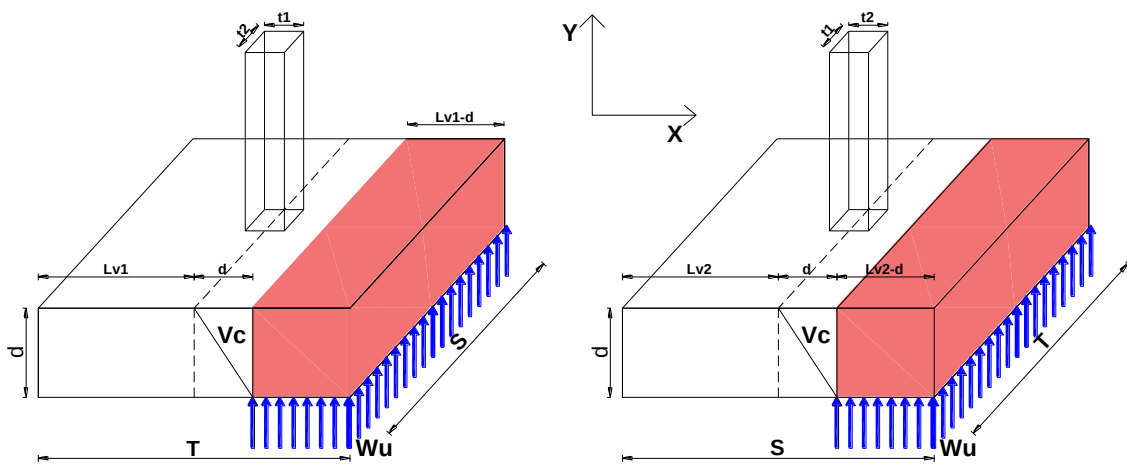
La normativa peruana E.060 RNE 2018 recomienda como mínimo la altura de la zapata medida sobre el refuerzo interior no menor a 300mm, por lo tanto nuestro peralte será:

$$d_{efectivo} = 0.30 m$$

❖ Verificación de peralte por corte.

Condición de la normativa $V_u \leq \phi V_c$

Donde: "Fuerza Cortante Última" $\leq$ "Resistencia del Concreto al Corte"



Verificación por corte a la dirección X.

$$V_{ux} = W_u * S * (L_{v1} - d_{efectivo}) = 15.88 \text{ ton}$$

$$\phi V_{cx} = \phi * 0.53 \sqrt{f'_c} * 10 * S * d_{efectivo} = 43.202 \text{ ton}$$

$$V_{ux} \leq \phi V_{cx} \text{ CONFORME}$$

Verificación por corte a la dirección y.

$$V_{uy} = W_u * T * (L_{v2} - d_{efectivo}) = 15.88 \text{ ton}$$

$$\phi V_{cy} = \phi * 0.53 \sqrt{f'_c} * 10 * T * d_{efectivo} = 43.202 \text{ ton}$$

$$V_{uy} \leq \phi V_{cy} \text{ CONFORME}$$

Con el predimensionamiento por Punzonamiento y Verificación por Cortante tenemos la altura de la Zapata.

$$\text{Acero } 5/8" \quad db = 0.015875m \quad d_{efectivo} = 0.30m \quad r = 0.075m$$

$$h_z = d_{efectivo} + db + r = 0.391m \cong 0.45m$$

$$d_{efectivo} = h_{zapata} - db - r = 0.359m$$

❖ Diseño de acero por flexión.

El diseño de armado a flexión se determina de las siguientes ecuaciones, donde el momento último M_{ut} es hallado con factores de mayoración de cargas y de la misma manera para la obtención de armadura de refuerzo está en función de momento último.

Diseño de acero transversal.

$$M_{ut} = W_u * T * \left(\frac{L_v^2}{2} \right) = 12.004 \text{ ton/m}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f'_c * \left(d - \frac{a}{2} \right)} \text{ cm}^2 \quad a = \left(\frac{A_s}{0.85 * f'_c * T} \right) \text{ cm}$$

$$w = - \frac{50 * \sqrt{\phi^2 * T^2 * d_{dis}^2 * f'^2 c^2 - 236000 * \phi * T * f'_c * M_{ut}} - 50 * \phi * T * d_{dis} f'_c}{50 * \phi * T * d_{dis} * f'_c}$$

$$w = 0.019526$$

$$\rho_{min} = 0.70 * \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} = 0.00242 \quad A_{smin} = \rho_{min} * T * d_{dis} = 21.684 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{bal} = 0.85 * \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) = 0.02125 \quad A_{sbal} = \rho_{bal} * T * d_{dis} = 190.79 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{dis} = w * \frac{f'_c}{f_y} = 0.00098 \quad A_{sdis} = \rho_{dis} * T * d_{dis} = 8.946 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_{bal} = 0.01594 \quad A_{smax} = \rho_{max} * T * d_{dis} = 146.035 \text{ cm}^2$$

Distribución de acero (n)

$$n = \frac{A_{smin}}{A_{varilla}} = 11.121 \cong 11 \text{ unidades}$$

Espaciamiento (s)

$$s = \frac{T - 0.10}{n - 1} = 0.23m$$

$$11\phi 5/8"@0.23m$$

Diseño de acero longitudinal

$$M_{ut} = W_u * T * \left(\frac{L_v^2}{2} \right) = 12.004 \text{ ton/m}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f'_c * \left(d - \frac{a}{2} \right)} \text{ cm}^2 \quad a = \left(\frac{A_s}{0.85 * f'_c * T} \right) \text{ cm}$$

$$w = - \frac{50 * \sqrt{\phi^2 * T^2 * d_{dis}^2 * f'^2 c^2 - 236000 * \phi * T * f'_c * M_{ut}} - 50 * \phi * T * d_{dis} f'_c}{50 * \phi * T * d_{dis} * f'_c}$$

$$w = 0.019526$$

$$\rho_{min} = 0.70 * \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} = 0.00242$$

$$A_{smin} = \rho_{min} * T * d_{dis} = 22.131cm^2$$

$$\rho_{bal} = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'c}{f_y} \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) = 0.02125$$

$$A_{sbal} = \rho_{bal} * T * d_{dis} = 194.713cm^2$$

$$\rho_{dis} = w * \frac{f'c}{f_y} = 0.00098$$

$$A_{sdis} = \rho_{dis} * T * d_{dis} = 8.946cm^2$$

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_{bal} = 0.01594$$

$$A_{smax} = \rho_{max} * T * d_{dis} = 146.035cm^2$$

Distribución de acero (n)

$$n = \frac{A_{smin}}{A_{varilla}} = 11.121 \cong 11 \text{ unidades}$$

Espaciamiento (s)

$$s = \frac{T - 2 * r - db - 0.10}{n - 1} = 0.23m$$

$$11\phi 5/8" @ 0.23m$$

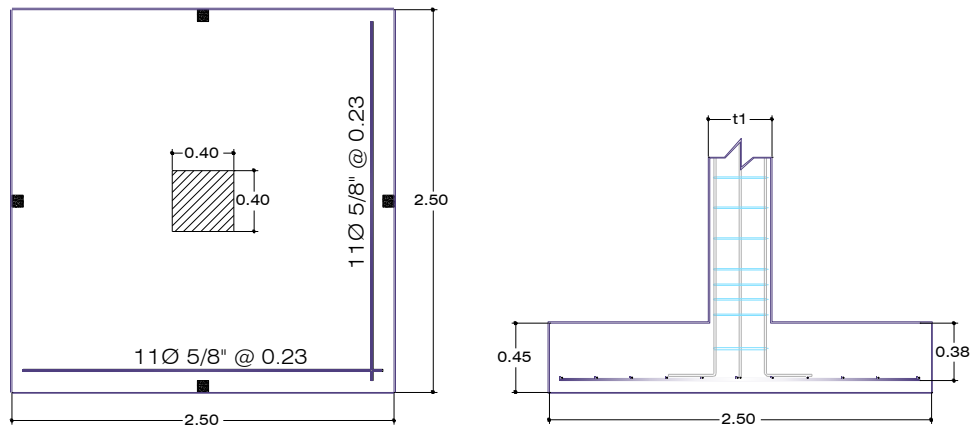


Figura 45. Detalles de la zapata central. Fuente, elaboración propia.

Otra forma de dimensionar la base de la zapata y el peralte efectivo por verificación por punzonamiento ver la Figura 46, donde el peralte y base de la zapata está en función del peso ultimo $1.4 * CM + 1.7 * CV$ versus la capacidad admisible del suelo o esfuerzo neto del terreno; ($P_u = 52.94ton$ y $q_n = 0.634kg/cm^2$) de igual manera las dimensiones de la columna es importante para el dimensionamiento del peralte efectivo por corte y punzonamiento ($t_1 = 0.40m$ y $t_2 = 0.40m$).

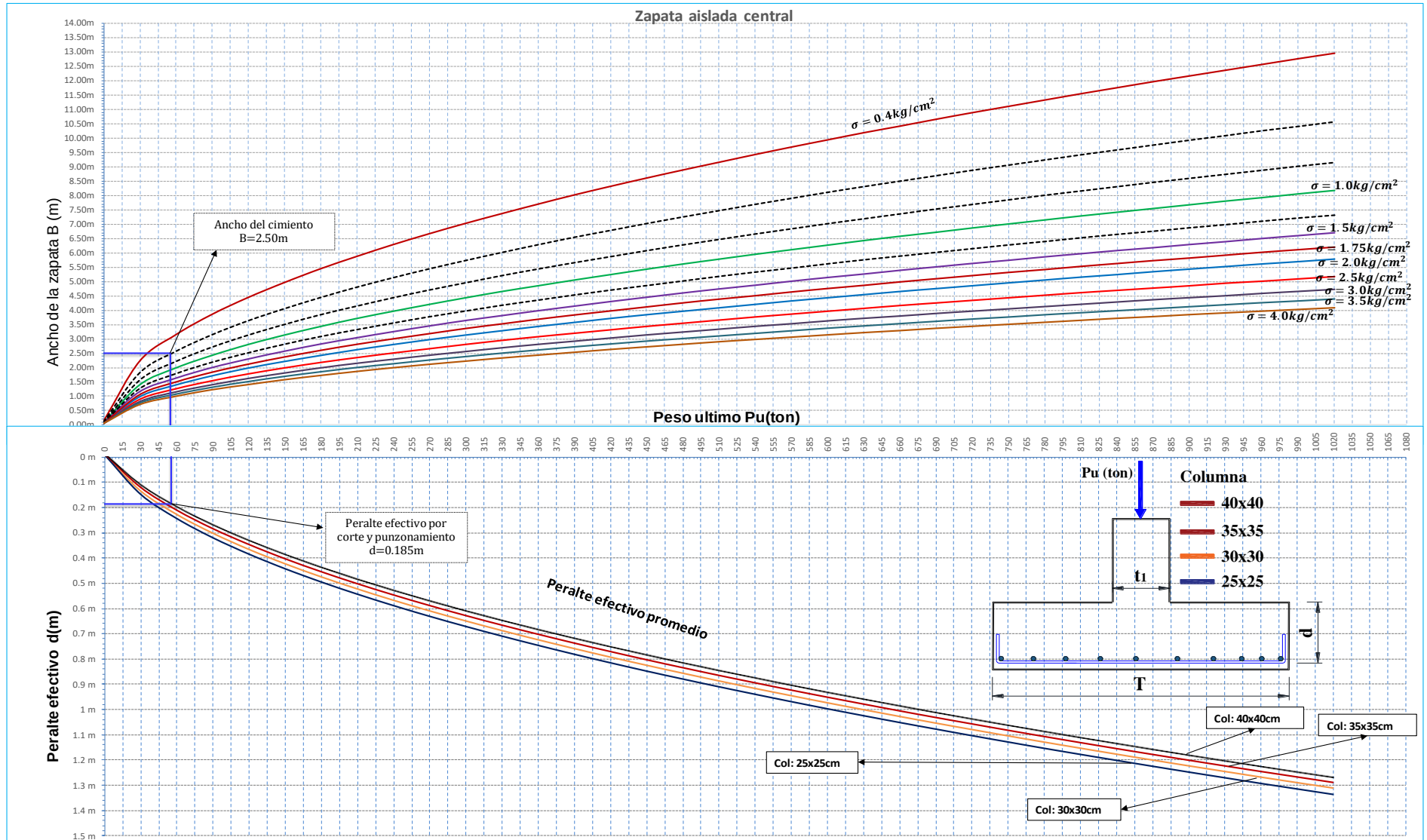


Figura 46. Dimensionamiento de zapata y el peralte efectivo en función del peso ultimo vs capacidad admisible.

3.17 Diseño de zapata aislada con método Winkler

Datos para el diseño:

Profundidad de desplante	$D_f = 1.50m$
Dimensiones de la zapata	$B = 2.50m \quad L = 2.50m \quad H = 0.45m$
Peso específico del suelo	$\gamma_s = 1.819 \text{ ton}/m^3$
Módulo de elasticidad de la zapata	$E_z = 2173706.511 \text{ ton}/m^2$
Coeficiente de balasto	$K_s = 2002 \text{ ton}/m^3$
Carga axial	$P = 52.934 \text{ ton}$
Numero de nodos a analizar	$N_n = 9$

- Cálculo de la longitud equivalente

$$L_e = \frac{L}{N_n - 1} = \frac{2.50m}{9 - 1} = 0.3125m$$

- Cálculo de inercia de la cimentación

$$I_z = \frac{LH^3}{12} = \frac{2.50m * 0.45^3}{12} = 0.01898m^4$$

- Cálculo de carga del terreno aplicada sobre la zapata

$$C = (D_f - H) \cdot \gamma_s \cdot 1m = (1.50 - 0.45) * 1.70.1m = 1.91 \text{ ton}/m$$

- Cálculo de áreas en los nodos

Como se mencionó en el anterior capítulo, que la primera y la última área se calculará de la siguiente expresión.

$$A_{[1y7]} = \frac{L_e}{2} \cdot B = \frac{0.3125m}{2} \cdot 2.50m = 0.39063m^2$$

Y las áreas intermedias.

$$A_{[2...n-1]} = L_e \cdot B = 0.39063m * 2.50m = 0.781m^2$$

- Reacciones concentradas en los nodos $Q_{[i]}$

Las reacciones generadas por el suelo para nodo $Q_{[1y9]}$ sera la siguiente expresión.

$$Q_{[1y9]} = 2 \cdot K_s \cdot A_{[1]} \cdot Y_{[1]}$$

Para el resto de los nodos intermedias $Q_{[2...n-1]}$.

$$Q_{[2...n-1]} = K_s \cdot A_{[2]} \cdot Y_{[2]}$$

a. Reemplazando a la ecuación general para nodos 2.

$$L_e \cdot 2 \cdot K_s \cdot A_{[1]} \cdot Y_{[1]} - \frac{C \cdot (1L_e^2)}{2} = -\left(\frac{EI}{L_e^2}\right)(Y_1 - 2Y_2 + Y_3)$$

$$488.6131 * Y_{[1]} - 0.09326 = -422568.55 * (Y_1 - 2Y_2 + Y_3)$$

$$1.00116 * Y_{[1]} - 2Y_2 + Y_3 = 0.0000002207$$

b. Para nodo 3

$$2 \cdot L_e \cdot (2 \cdot K_s \cdot A_{[1]} \cdot Y_{[1]}) + L_e \cdot (K_s \cdot A_{[2]} \cdot Y_{[2]}) - \frac{C \cdot (2L_e^2)^2}{2} = -\left(\frac{EI}{L_e^2}\right)(Y_2 - 2Y_3 + Y_4)$$

$$977.226 * Y_{[1]} + 488.61 * Y_{[2]} - 0.373 = -422568.55 * (Y_2 - 2Y_3 + Y_4)$$

$$0.002313 * Y_{[1]} + 1.00116 * Y_{[2]} - 2Y_3 + Y_4 = 0.0000008828$$

c. Para nodo 4.

$$3L_e(2 \cdot K_s \cdot A_{[1]} \cdot Y_{[1]}) + 2L_e(K_s \cdot A_{[2]} \cdot Y_{[2]}) + L_e(K_s \cdot A_{[3]} \cdot Y_{[3]})$$

$$-\frac{C(3L_e)^2}{2} = -\left(\frac{EI}{L_e^2}\right)(Y_3 - 2Y_4 + Y_5)$$

$$1465.83 * Y_{[1]} + 977.226 * Y_{[2]} + 488.61 * Y_{[3]}$$

$$-0.83935 = -422568.55(Y_3 - 2Y_4 + Y_5)$$

$$0.00347 * Y_{[1]} + 0.002313 * Y_{[2]} + 1.00116 * Y_{[3]} - 2Y_4 + Y_5 = 0.00000199$$

d. Para el nodo 5.

$$0.004627 * Y_{[1]} + 0.00347 * Y_{[2]} + 0.002313 * Y_{[3]} + 1.00116 * Y_4 - 2Y_5 + Y_6 = 0.00000353$$

e. Para el nodo 6.

$$0.005783 * Y_{[1]} + 0.004627 * Y_{[2]} + 0.00347 * Y_{[3]} + 0.002313 * Y_4$$

$$+1.00116 * Y_5 - 2Y_6 + Y_7 = 0.00000552$$

f. Para el nodo 7.

$$0.00694 * Y_{[1]} + 0.005783 * Y_{[2]} + 0.004627 * Y_{[3]} + 0.00347 * Y_{[4]} + 0.002313 * Y_5 + 1.00116 * Y_6 - 2Y_7 + Y_8 = 0.00000795$$

g. Para el nodo 8.

$$0.0081 * Y_{[1]} + 0.00694 * Y_{[2]} + 0.005783 * Y_{[3]} + 0.004627 * Y_{[4]} + 0.00347 * Y_5$$

$$0.00347 * Y_6 + 1.00116 * Y_7 - 2Y_8 + Y_9 = 0.00000552$$

h. Para momentos que se considerará en el nodo 9.

$$8K_s A_{[1]} Y_{[1]} + 7K_s A_{[2]} Y_{[2]} + 6K_s A_{[3]} Y_{[3]} + 5K_s A_{[4]} Y_{[4]} + 4K_s A_{[5]} Y_{[5]}$$

$$+ 3K_s A_{[6]} Y_{[6]} + 2K_s A_{[6]} Y_{[6]} + K_s A_{[6]} Y_{[6]} + 0. K_s A_{[7]} Y_{[7]} - \left(\frac{PL}{2} + \frac{CL^2}{2} \right) = 0$$

$$3910.156Y_{[1]} + 3421.387Y_{[2]} + 2932.62Y_{[3]} + 2443.85Y_{[4]} + 1955.08Y_{[5]}$$

$$1466.31Y_{[6]} + 977.54Y_{[7]} + 488.77Y_{[8]} + 0Y_{[9]} = 72.1$$

i. Fuera cortante.

$$2K_s A_{[1]} Y_{[1]} + K_s A_{[2]} Y_{[2]} + K_s A_{[3]} Y_{[3]} + K_s A_{[4]} Y_{[4]} + K_s A_{[5]} Y_{[5]}$$

$$+ K_s A_{[6]} Y_{[6]} + K_s A_{[7]} Y_{[7]} + K_s A_{[8]} Y_{[8]} + K_s A_{[9]} Y_{[9]} - (P + C. L) = 0$$

$$1564.063Y_{[1]} + 1564.063Y_{[2]} + 1564.063Y_{[3]} + 1564.063Y_{[4]} + 1564.063Y_{[5]}$$

$$+ 1564.063Y_{[6]} + 1564.063Y_{[7]} + 1564.063Y_{[8]} + 1564.063Y_{[9]} = 57.397$$

j. Formación de matriz

El método Winkler nos permite modelar la respuesta del suelo de fundación, llamado interacción suelo estructura de las siguientes ecuaciones planteadas, para determinar el asentamiento debajo de cualquier área en función de presiones, las cuales se procesan por medio de métodos matriciales, K_s según la **Tabla 19** y F según la **Tabla 21**.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.00116	-2	1	0	0	0	0	0	0
2	0.00231	1.00116	-2	1	0	0	0	0	0
3	0.00347	0.00231	1.00116	-2	1	0	0	0	0
4	0.00463	0.00347	0.00231	1.00116	-2	1	0	0	0
5	0.00578	0.00463	0.00347	0.00231	1.00116	-2	1	0	0
6	0.00694	0.00578	0.00463	0.00347	0.00231	1.00116	-2	1	0
7	0.0081	0.00694	0.00578	0.00463	0.00347	0.00231	1.00116	-2	1
8	3910.16	3421.39	2932.62	2443.85	1955.08	1466.31	977.54	488.77	0
9	1564.06	1564.06	1564.06	1564.06	1564.06	1564.06	1564.06	1564.06	1564.06

	1	
$F =$	1	0.0000002207
	2	0.0000008828
	3	0.0000019863
	4	0.0000035311
	5	0.0000055174
	6	0.0000079451
	7	0.0000108141
	8	72.136
	9	57.709

Por consiguiente, obtendremos las deflexiones en cada nodo, multiplicando la matriz inversa de K_s^{-1} por la presión del contacto $q_{[i]}$.

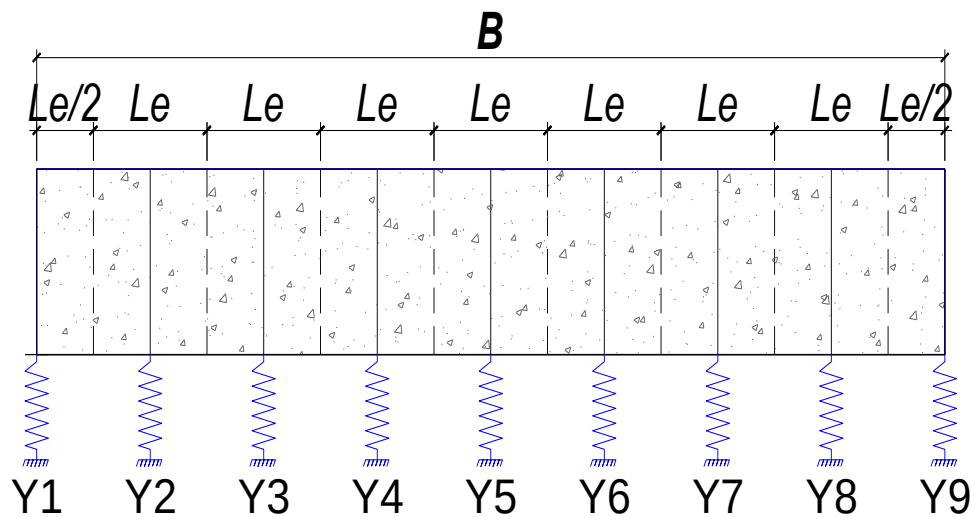


Figura 47. Deflexiones en cada de los nodos, Fuente: elaboración propia.

$Y_n = K_s^{-1} * F =$		(m)	(mm)
	Y1 =	0.00392266	3.923
	Y2 =	0.00402213	4.022
	Y3 =	0.00411729	4.117
	Y4 =	0.0041996	4.200
	Y5 =	0.00425623	4.256
	Y6 =	0.00426989	4.270
	Y7 =	0.00421885	4.219
	Y8 =	0.00407687	4.077
	Y9 =	0.00381326	3.813

- k. Cálculo de presiones que ejerce el suelo a la zapata en cada nodo.

$q_{[i]} = K_s * Y_{[n]} =$		Ton/m ²
	$q_{[1]} =$	7.853
	$q_{[2]} =$	8.052
	$q_{[3]} =$	8.243
	$q_{[4]} =$	8.408
	$q_{[5]} =$	8.521
	$q_{[6]} =$	8.548
	$q_{[7]} =$	8.446
	$q_{[8]} =$	8.162
	$q_{[9]} =$	7.634

- l. Determinar la reacción generada por el suelo debido a la carga transmitida por la zapata.

$Q_{[i]} = q_{[i]} * A_n =$		Ton
	$Q_{[1]} =$	6.135
	$Q_{[2]} =$	6.291
	$Q_{[3]} =$	6.440
	$Q_{[4]} =$	6.568
	$Q_5 =$	6.657
	$Q_{[6]} =$	6.678
	$Q_{[7]} =$	6.599
	$Q_{[8]} =$	6.376
	$Q_{[9]} =$	5.964

- m. A continuación se determina la reacción por unidad de longitud a lo largo de la zapata, es decir, multiplicar las presiones que ejerce el suelo a la zapata en cada nodo por la base de la cimentación.

$$QL_n = q_{[i]} * B \text{ ton/m}$$

$QL_{[n]} = q_{[i]} * B =$		Ton
	$QL_1 =$	19.633
	$QL_2 =$	20.131
	$QL_3 =$	20.607
	$QL_4 =$	21.019
	$QL_5 =$	21.302
	$QL_6 =$	21.371
	$QL_7 =$	21.115
	$QL_8 =$	20.405
	$QL_9 =$	19.085

- n. Cálculo de fuerza cortante

En la **Tabla 54** se muestran las deformaciones y presiones del suelo, calculados por el método Winkler transformando al método matricial; con esta información procedemos a calcular la fuerza cortante y momento flector requerido para el diseño.

Tabla 54.
Deformaciones y presiones de contacto obtenidos por el método Winkler.

Posición de nodos	Deformación (mm)	Presiones (ton/m ²)	Reacciones (ton)
0.000	3.923	7.853	6.135
0.313	4.022	8.052	6.291
0.625	4.117	8.243	6.440
0.938	4.200	8.408	6.568
1.250	4.256	8.521	6.657
1.563	4.270	8.548	6.678
1.875	4.219	8.446	6.599
2.188	4.077	8.162	6.376
2.500	3.813	7.634	5.964

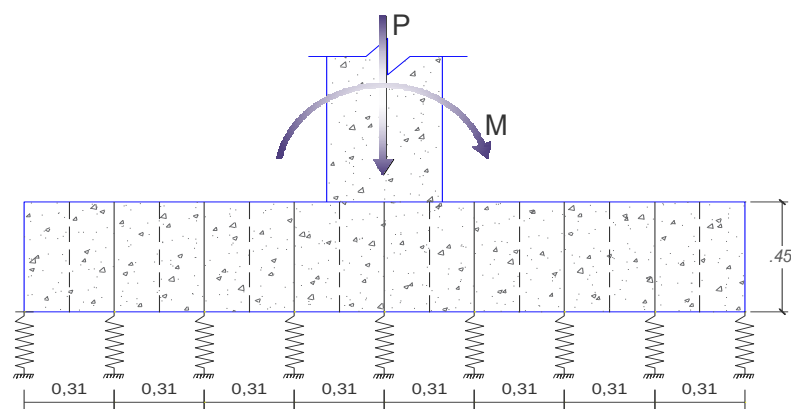


Figura 48. Posición de nodos para el cálculo de fuerza cortante.

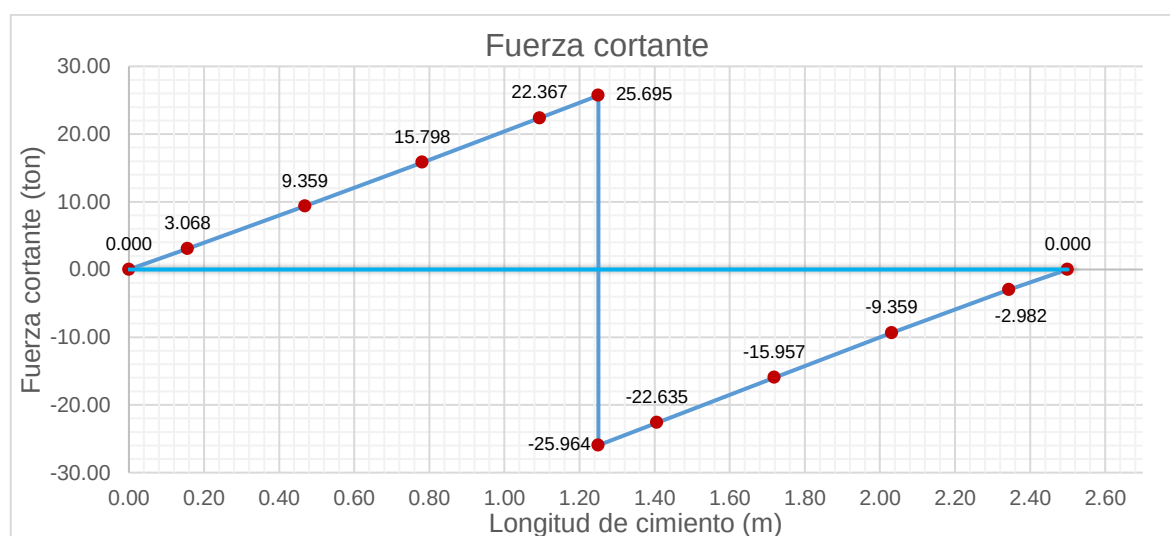


Figura 49. Fuerza cortante por el método Winkler.

o. Cálculo de momento flector

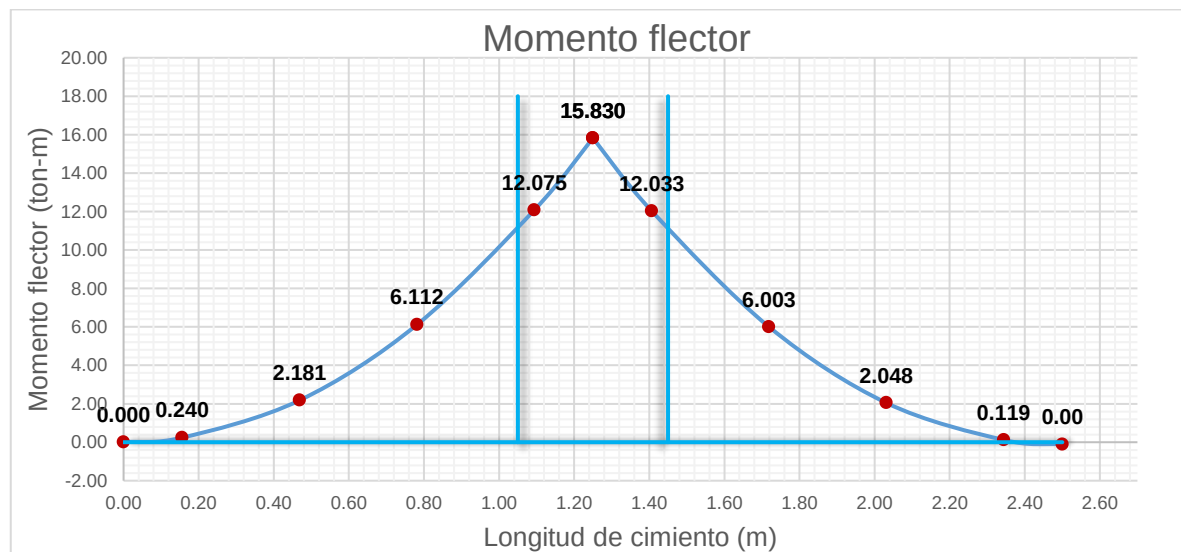


Figura 50. Momento flector mayorada por el método Winkler.

p. Diseño de acero

Para el diseño de acero, debemos tener en cuenta que el momento ultimo debe estar analizado en la cara de la columna o muro, es donde se ubica una sección crítica.

Datos:

Resistencia del concreto y acero: $f'c = 210 \frac{kg}{cm^2}$, $fy = 210 \frac{kg}{cm^2}$

Momento ultimo: $Mu = 2.0 \text{ ton} - \text{m}$

Dimensiones de la zapata: $B = 250 \text{ cm}$ $L = 250 \text{ cm}$ $H = 45 \text{ cm}$

Recubrimiento y peralte efectivo: $r = 7.5 \text{ cm}$, $d = 37.5 \text{ cm}$

Varilla a utilizar 5/8": $Av = 1.98 \text{ cm}^2$ $db = 1.59 \text{ cm}$

Cálculo de acero mínimo

$$As_{min} = 0.70 * \frac{\sqrt{f'c}}{fy} * b * d = 0.70 * \frac{\sqrt{210}}{4200} * 250 * 37.5 = 22.643 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{As_{min}}{Av} = \frac{22.643}{1.98} = 11 \text{ varillas}$$

$$S = \frac{B - 2 * r - db}{n - 1} = \frac{250 - 2 * 7.5 - 1.59}{11 - 1} = 20.25 \text{ cm}^2$$

Cálculo de acero de diseño

$$As_{dis} = \frac{0.85 * 210 * 250 * 37.5}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 2 * 10^5}{0.90 * 0.85 * 210 * 250 * 37.5^2}} \right) = 8.557 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{As_{dis}}{Av} = \frac{8.557}{1.98} = 4.323 \text{ varillas}$$

$$S = \frac{B - 2 * r - db}{n - 1} = \frac{250 - 2 * 7.5 - 1.59}{5 - 1} = 70cm$$

3.18 Análisis y diseño para vivienda unifamiliar de 3 niveles

3.18.1. Verificación de asentamiento

Para el análisis completo de los cimientos exportamos desde el ETABS considerando los casos de carga y las combinaciones asignadas para su análisis sísmico mostrada en la **Figura 51**.

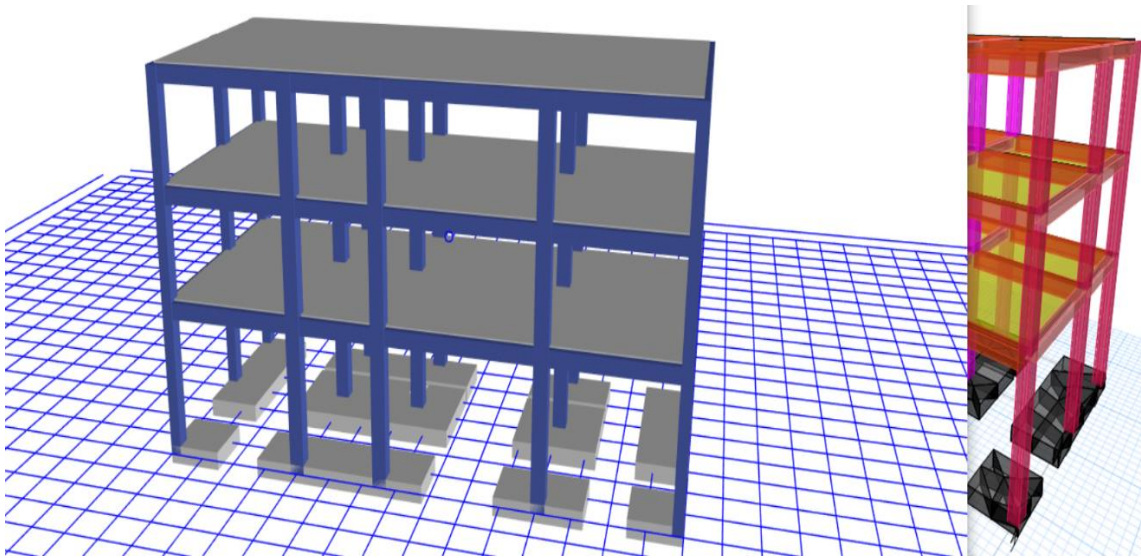


Figura 51. Exportación del modelo al SAFE v.2016.

Definimos las áreas de los cimientos por predimensionamiento rígido convencional y si las presiones del suelo superan las presiones admisibles las áreas son incrementadas llegando a un modelo donde las presiones del suelo son inferiores a la presión última obtenida mediante el laboratorio.

Las deformaciones (Asentamientos) de la fundación son mostradas bajo la combinación de cargas de gravedad (servicio) para su análisis donde se consideran el 100% de la carga permanente y el 100% de las cargas de explotación, como se ve en la **Tabla 55** que el asentamiento máximo en las esquinas llegando a 4.56mm.

Tabla 55.
Deformaciones o asentamientos de los cimientos de 03 niveles.

Zapata	Ancho	Largo	Asentamiento (mm)
Z-01	1.5	1.5	3.46
Z-02	2.8	1.5	2.84
Z-03	1.5	1.5	4.46
Z-04	1.5	2.5	3.79
Z-05	2.5	2.5	2.42
Z-06	1.5	2.5	2.91
Z-07	1.5	2.5	3.18
Z-08	2.5	2.5	2.55
Z-09	1.5	2.5	3.94
Z-10	1.5	2.5	4.08
Z-11	2.5	2.5	2.58
Z-12	1.5	2.5	3.28
Z-13	1.5	1.5	3.65
Z-14	2.8	1.5	3.12
Z-15	1.5	1.5	4.56

Nota: Fuente, elaboración propia.

3.18.2. Verificación de presiones

De igual manera las presiones del suelo también son verificadas de acuerdo a la aplicación de cargas de servicio considerando la totalidad de cargas de la edificación y de explotación, donde la presión del suelo es de 0.866kg/cm² inferiores a la presión admisible.

Tabla 56.
Verificación de presiones para 03 niveles

Zapata	Ancho	Largo	Presiones (kg/cm ²)
Z-01	1.5	1.5	0.630
Z-02	2.8	1.5	0.536
Z-03	1.5	1.5	0.799
Z-04	1.5	2.5	0.673
Z-05	2.5	2.5	0.403
Z-06	1.5	2.5	0.535
Z-07	1.5	2.5	0.574
Z-08	2.5	2.5	0.454
Z-09	1.5	2.5	0.701
Z-10	1.5	2.5	0.722
Z-11	2.5	2.5	0.460
Z-12	1.5	2.5	0.591
Z-13	1.5	1.5	0.648
Z-14	2.8	1.5	0.564
Z-15	1.5	1.5	0.866

Nota: Fuente, elaboración propia.

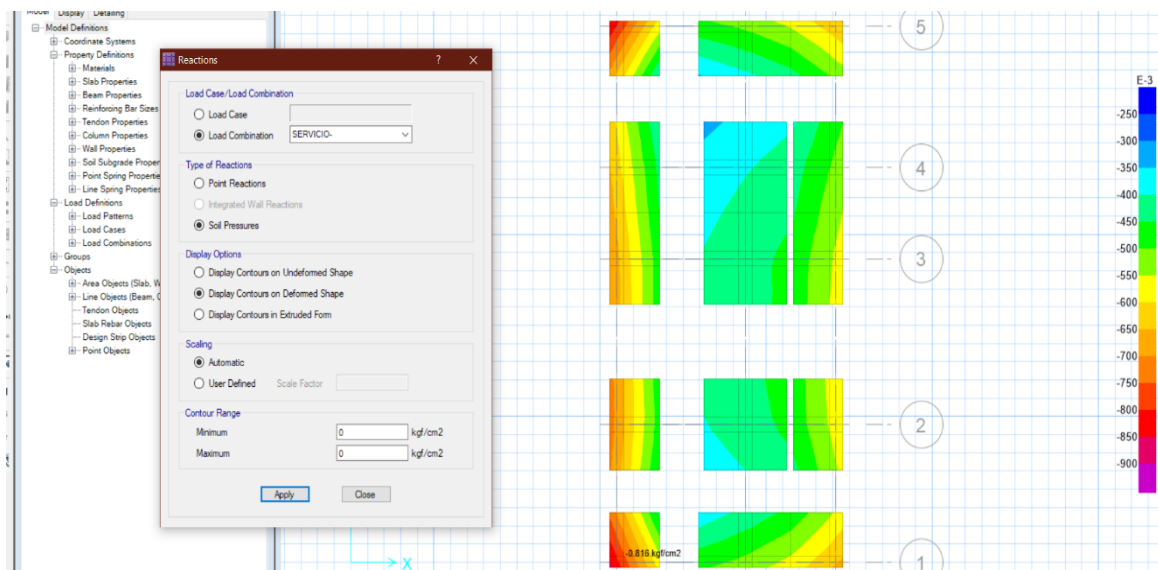


Figura 52. Verificación de presiones en el SAFE 2106.

3.18.3. Verificación del punzonamiento

Verificación del punzonamiento es uno de los procedimientos para el diseño de la cimentación donde la concentración de esfuerzos actuantes dividido entre los esfuerzos absorbidos por la sección de punzonamiento no debe ser superior a 1.

Tabla 57.
Verificación de punzonamiento para 03 niveles.

Zapata	Ancho	Largo	Punzonamiento
Z-01	1.5	1.5	0.110
Z-02	2.8	1.5	0.180
Z-03	1.5	1.5	0.100
Z-04	1.5	2.5	0.160
Z-05	2.5	2.5	0.120
Z-06	1.5	2.5	0.110
Z-07	1.5	2.5	0.140
Z-08	2.5	2.5	0.130
Z-09	1.5	2.5	0.200
Z-10	1.5	2.5	0.210
Z-11	2.5	2.5	0.140
Z-12	1.5	2.5	0.160
Z-13	1.5	1.5	0.110
Z-14	2.8	1.5	0.200
Z-15	1.5	1.5	0.100

Nota: Fuente, elaboración propia.

3.18.4. Diseño de zapatas aisladas para 03 niveles.

Los siguientes momentos de diseño es obtenida del software SAFE 2016.

Tabla 58.
Momento de diseño obtenidas por el SAFE 2016.

Zapata	Ancho	Largo	Momento Máximo (ton*m)	
			X (ton*m)	Y (ton*m)
Z-11	2.5	2.5	6.33	6.33
Z-12	1.5	2.5	7.44	2.9
Z-13	1.5	1.5	5.76	-4.52
Z-14 y 15	4.325	1.5	5.28	-10.44

Nota: Fuente, elaboración propia.

Para el diseño de zapatas aisladas, se tomará el cimiento central (Z-11).

Datos:

Resistencia del concreto $f'c = 210 \frac{kg}{cm^2}$

Fluencia de acero $fy = 4200 \frac{kg}{cm^2}$

Momento último: $Mu = 6.33 \text{ ton} - \text{m}$

Dimensiones de la zapata $B = 250 \text{ cm}$ $L = 250 \text{ cm}$ $H = 45 \text{ cm}$

Recubrimiento $r = 7.5 \text{ cm}$

Peralte efectivo $d = 37.5 \text{ cm}$

Varilla a utilizar 5/8" $Av = 1.98 \text{ cm}^2$ $db = 1.59 \text{ cm}$

Cálculo de acero mínimo

$$As_{min} = 0.70 * \frac{\sqrt{f'c}}{fy} * B * d = 0.70 * \frac{\sqrt{210}}{4200} * 250 * 37.5 = 22.64 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{As_{min}}{Av} = \frac{22.64 \text{ cm}^2}{1.98} = 11 \text{ varillas}$$

$$S = \frac{B}{n} = \frac{250 \text{ cm}}{11} = 23 \text{ cm}$$

$$11\phi 5/8" @ 23 \text{ cm}$$

Cálculo de acero de diseño

$$As_{dis} = \frac{0.85 * f'c * B * d}{fy} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * 0.85 * f'c * B * d^2}} \right)$$

$$As_{dis} = \frac{0.85 * 210 * 250 * 37.5}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 6.33 * 10^5}{0.90 * 0.85 * 210 * 250 * 37.5^2}} \right) = 4.49 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{As_{dis}}{Av} = \frac{4.49 \text{ cm}^2}{1.98} = 2 \text{ varillas}$$

$$S = \frac{B}{n} = \frac{250cm}{2} = 125cm$$

$$2\phi 5/8"@125cm$$

Como se puede notar, el acero mínimo es muy superior al acero de diseño ($A_{s_{dis}} = 4.49cm^2 > A_{s_{min}} = 22.64cm^2$); por lo tanto, el acero de refuerzo será de $11\phi 5/8"@23cm$.

3.19 Análisis y diseño para vivienda unifamiliar de 05 niveles

Para una vivienda de 05 niveles los pesos incrementan por ende los cimientos planteados anteriormente cambian, de igual manera para secciones de la estructura cambian, para su predimensionamiento se acudió al método rígido convencional, el modelo de la estructura se muestra a continuación.

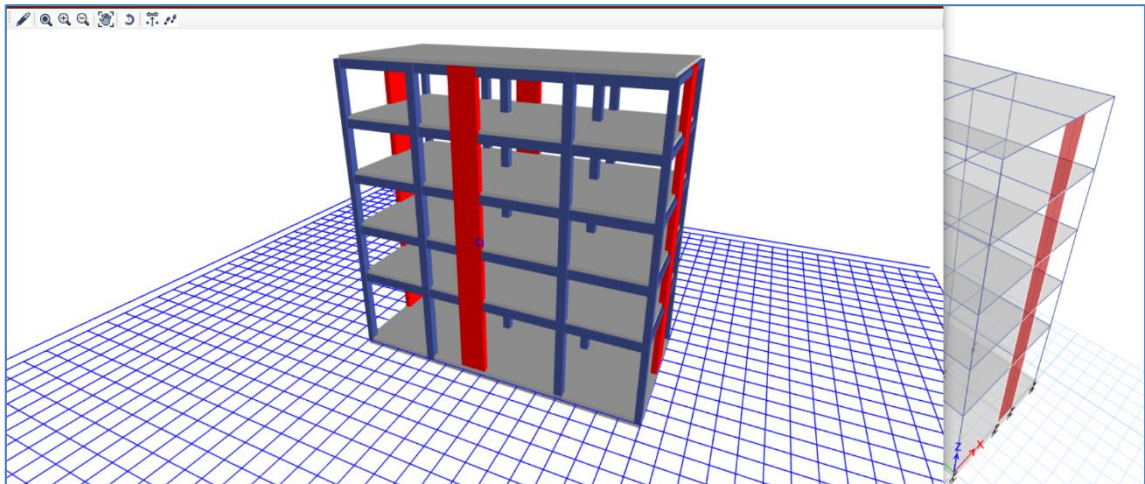


Figura 53. Modelo de la estructura en el ETABS 2017.

La losa de fundación se optó por traslape de cimientos y una baja capacidad portante del suelo, lo cual es $0.889kg/cm^2$ y el área de cimientos ya supera el 70% del área total de construcción por ende una losa de cimentación es una opción adecuada.

Verificación de desplazamientos (Asentamientos) de la losa de fundación bajo la aplicación de cargas de servicio, en que, el asentamiento máximo $4.80mm$ y un mínimo de $1.98mm$ ver **Tabla 92**.

Asimismo se realizó una verificación de las presiones del suelo bajo cargas actuantes, el peso de la estructura y las sobrecargas asignadas corresponden al peso total de la estructura o peso de servicio, presión máxima $0.876kg/cm^2$ ver **Tabla 94**.

A. Diseño de losa de cimentación eje "Y"

Para el caso más crítico se tomará la franja 03 donde figuran momento máximo negativo de 16.87ton-m y momento positivo de 13.63ton-m.

Tabla 59.

División de franjas en dirección "Y".

Franjas	Largo	Ancho	Momento (-)	Momento (+)
			Y (ton*m)	Y (ton*m)
Franja 01	15.00	116.88	-12.9	14.97
Franja 02	15.00	193.75	-16.55	2.85
Franja 03	15.00	165.00	-16.82	13.63
Franja 04	15.00	136.25	-13.34	4.37
Franja 05	15.00	88.13	-10.21	12.56

Nota: Fuente, elaboración propia.

Datos:

Resistencia del concreto $f'c = 210 \frac{kg}{cm^2}$

Fluencia de acero $fy = 4200 \frac{kg}{cm^2}$

Momento último (-) y (+): $Mu = -16.82\text{ton} - m$ y $Mu = 13.63\text{ton} - m$

Dimensiones de la zapata $B = 165\text{cm}$ $L = 1500\text{cm}$ $H = 40\text{cm}$

Recubrimiento $r = 7.5\text{cm}$

Peralte efectivo $d = 32.5\text{cm}$

Varilla a utilizar 5/8" $Av = 1.98\text{cm}^2$ $db = 1.59\text{cm}$

❖ Para el momento negativo

Cálculo de acero mínimo

$$As_{min} = 0.70 * \frac{\sqrt{f'c}}{fy} * b * d = 0.70 * \frac{\sqrt{210}}{4200} * 165 * 32.5 = 12.95\text{cm}^2$$

$$n = \frac{As_{min}}{Av} = \frac{12.95\text{cm}^2}{1.98} = 7 \text{ varillas}$$

$$S = \frac{B}{n} = \frac{165}{7} = 24\text{cm} \quad 7\emptyset 5/8"@24\text{cm}$$

Cálculo de acero de diseño

$$A_{sdis} = \frac{0.85 * f'c * B * d}{fy} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * f'c * B * d^2}} \right)$$

$$A_{sdis} = \frac{0.85 * 210 * 165 * 32.5}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 16.82 * 10^5}{0.90 * 0.85 * 210 * 165 * 32.5^2}} \right) = 14.13 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{A_{sdis}}{A_v} = \frac{14.13 \text{ cm}^2}{1.98} = 7 \text{ varillas}$$

$$S = \frac{B}{n} = \frac{165}{7} = 24 \text{ cm} \quad 7\phi 5/8" @ 24 \text{ cm}$$

Las verificación del acero; donde el acero ($A_{sdis} > A_{smin}$); por el cual se elegirá el acero de diseño como el refuerzo superior para la franja 03.

❖ Para el momento positivo

Cálculo de acero mínimo

$$A_{smin} = 0.70 * \frac{\sqrt{f'c}}{fy} * b * d = 0.70 * \frac{\sqrt{210}}{4200} * 165 * 32.5 = 12.95 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{A_{smin}}{A_v} = \frac{12.95}{1.98} = 7 \text{ varillas}$$

$$S = \frac{B}{n} = \frac{165}{7} = 24 \text{ cm} \rightarrow 7\phi 5/8" @ 24 \text{ cm}$$

Cálculo de acero de diseño

$$A_{sdis} = \frac{0.85 * f'c * B * d}{fy} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * f'c * B * d^2}} \right)$$

$$A_{sdis} = \frac{0.85 * 210 * 165 * 32.5}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 13.63 * 10^5}{0.90 * 0.85 * 210 * 165 * 32.5^2}} \right) = 11.38 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{A_{sdis}}{A_v} = \frac{11.38 \text{ cm}^2}{1.98} = 6 \text{ varillas}$$

$$S = \frac{B}{n} = \frac{165}{6} = 28 \text{ cm} \rightarrow 6\phi 5/8" @ 28 \text{ cm}$$

La verificación de acero, donde el acero mínimo es superior al diseño ($A_{smin} > A_{sdis}$) por el cual se elegirá el acero mínimo como el refuerzo inferior para la franja 03.

B. Diseño de losa de cimentación eje "X"

Asimismo, se eligió el momento máximo de todas las franjas ver **Tabla 60**; el momento más crítico es la franja 06 donde figura momento máximo negativo de 18.37ton-m.

Tabla 60.
Momentos máximos negativos y positivos en dirección "X"

Franjas	Largo(mm)	Ancho(mm)	Momento (-)	Momento (+)
			X (ton*m)	X (ton*m)
Franja 01	700.00	111.75	-11.05	4.05
Franja 02	700.00	193.50	-14.68	0
Franja 03	700.00	159.25	-14.57	2.81
Franja 04	700.00	125.00	-12.77	3.68
Franja 05	700.00	176.25	-16.83	2.63
Franja 06	700.00	227.50	-18.37	0
Franja 07	700.00	208.25	-17.36	7.04
Franja 08	700.00	189.00	-13.67	0
Franja 09	700.00	109.50	-10.71	4.5

Nota: Fuente, elaboración propia.

❖ Para el momento negativo

Cálculo de acero mínimo

$$A_{s_{min}} = 0.70 * \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d = 0.70 * \frac{\sqrt{210}}{4200} * 227.50 * 32.5 = 17.86 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{A_{s_{min}}}{A_v} = \frac{17.86 \text{ cm}^2}{1.98} = 9 \text{ varillas}$$

$$S = \frac{B}{n} = \frac{227.50 \text{ cm}}{9} = 25 \text{ cm} \rightarrow 9\phi 5/8" @ 25 \text{ cm}$$

Cálculo de acero de diseño

$$A_{s_{dis}} = \frac{0.85 * f'c * B * d}{f_y} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * f'c * B * d^2}} \right)$$

$$A_{s_{dis}} = \frac{0.85 * 210 * 227.5 * 32.5}{4200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 18.37 * 10^5}{0.90 * 0.85 * 210 * 227.5 * 32.5^2}} \right) = 15.32 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{A_{s_{dis}}}{A_v} = \frac{15.32 \text{ cm}^2}{1.98} = 8 \text{ varillas}$$

$$S = \frac{B}{n} = \frac{227.50 \text{ cm}}{8} = 28 \text{ cm} \rightarrow 8\phi 5/8" @ 28 \text{ cm}$$

Las verificaciones de acero mínimo con acero de diseño, donde el acero mínimo es superior al acero de diseño ($A_{s_{min}} > A_{s_{dis}}$) por el cual, se elegirá el acero mínimo como el

refuerzo inferior para la franja 03 $9\phi 5/8"@25cm$. Es importante mencionar que la E.060 de concreto armado indica un espaciamiento mínimo como vertical y horizontal no debe estar espaciados a más de tres veces el espesor de la losa, ni de 400mm.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados de los ensayos de laboratorio

4.1.1. Perfil de la capacidad admisible versus la profundidad

En la **Tabla 61** se muestran los resultados de capacidad admisible de los suelos a cada 0.30m, su posterior cálculo de la resistencia del suelo a partir de número de golpes corregido como se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 61.
Capacidad admisible en los puntos de investigación

Profundidad (m)	Capacidad admisible (kg/cm ²)						
	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPT-04	SPT-05	SPT-06	SPT-07
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.30	0.417	0.417	0.375	0.417	0.889	0.542	0.583
0.60	0.625	0.458	0.625	0.583	0.795	0.795	0.583
0.90	0.700	0.708	0.795	0.625	0.984	0.700	0.795
1.20	0.689	0.889	0.795	0.889	1.079	0.795	0.889
1.50	0.984	0.984	0.889	0.889	0.984	0.889	0.984
1.80	0.984	0.984	0.984	0.984	0.984	0.889	0.984
2.10	1.079	1.268	0.984	0.889	0.889	0.984	1.079
2.40	0.889	1.174	1.079	0.984	0.984	0.889	0.984
2.70	0.984	1.268	0.984	0.889	0.795	1.079	0.984
3.00	0.984	1.268	1.079	0.984	0.984	1.079	1.079
3.30	1.079	1.079	1.079	1.079	1.079	0.984	1.174
3.60	0.984	0.984	0.984	1.079	0.984	1.174	1.079
3.90	1.079	1.079	1.174	0.984	1.174	1.079	1.174
4.20	1.174	1.174	1.174	1.079	1.174	1.174	1.174

Nota: Fuente, elaboración propia.

Del mismo modo, la profundidad de cimentación para el diseño es a 1.50m, teniendo los resultados de 0.889kg/cm² como mínimo y máximo 0.984kg/cm² como se muestra en la **Tabla 61**, por lo tanto, para el diseño de cimentaciones superficiales se escogió la resistencia mínima de 0.889kg/cm², ya que la resistencia del suelo a cierta profundidad aumenta como se denota en la **Figura 54**.

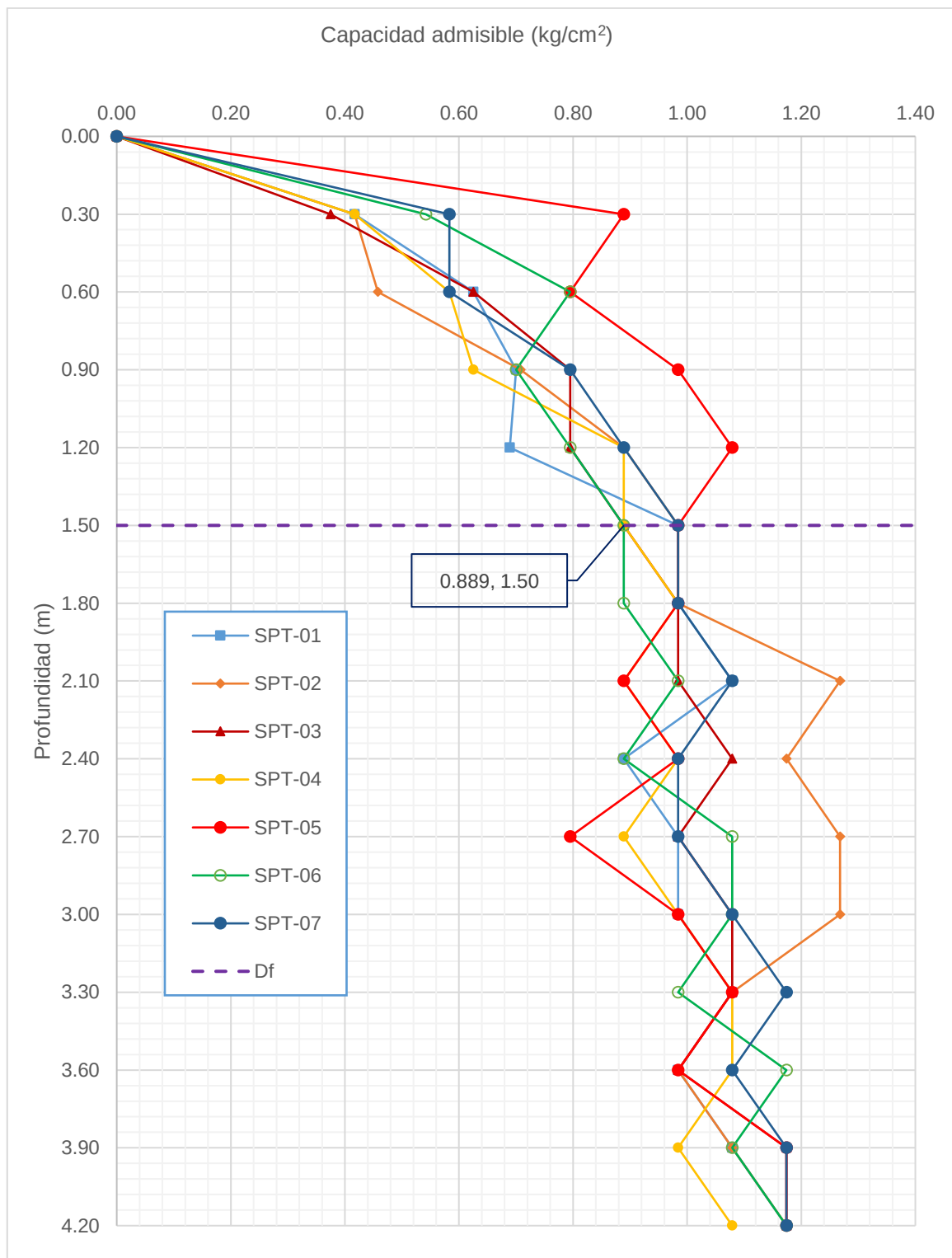


Figura 54. Perfil de la capacidad admisible vs la profundidad

4.1.2. Caracterización de suelos

De los ensayos realizados in-situ ensayo de penetración estándar (SPT) de los siete puntos se obtuvieron los resultados como: análisis granulométrico, límites de Atterberg, porcentaje de humedad y la clasificación según el SUCS **Tabla 62** finalmente los resultados de densidad relativa, ángulo de fricción y la capacidad portante admisible del suelo.

Tabla 62.

Resultados de caracterización y clasificación de suelo.

N° Perforación (P-n)	Profundidad	Estrato E-n	Características y plasticidad								Humedad (%)	Clasificación SUCS	
			% Gravas	% Arenas	% Finos	Cu	Cc	LL	LP	IP		Símbolo	Nombre
P-01	1.50 - 4.05m	E-04	41.87	54.91	3.22	15.7	0.98	16.98	NP	NP	9.00%	SP	Arena mal graduada
P-02	3.00 - 4.05m	E-04	0	94.26	5.74	4.22	1.09	12.23	NP	NP	20.17%	SW-SM	Arena bien graduada con presencia de limo
P-03	3.45 - 4.05m	E-05	50.12	46.73	3.15	12.3	1.42	17.67	NP	NP	8.87%	SW	Arena bien graduada
P-04	3.30 - 4.05m	E-04	4.86	91.67	3.47	5.59	1.1	12.58	NP	NP	15.39%	SP	Arena mal graduada
P-05	0.90 - 4.05m	E-03	27.63	67.23	5.14	13.7	0.66	15.88	NP	NP	11.76%	SP-SM	Arena mal graduada con presencia de limo
P-06	3.25 - 4.05m	E-05	47.88	50.58	1.54	9.95	1.15	15.29	NP	NP	8.87%	SW	Arena bien graduada
P-07	1.70 - 4.05m	E-04	42.78	53.71	3.51	18	0.94	17.11	NP	NP	9.30%	SP	Arena mal graduada

Nota: NP= No Plástico, Fuente, elaboración propia.

En la *Tabla 62* se muestran resultados obtenidos de las siete muestras analizadas en el laboratorio, teniendo un promedio de los siete puntos de investigación nos dan en promedio los siguientes resultados: 30.73% de gravas, 65.58% de arenas y 3.68% de finos en promedio; de la misma forma el límite líquido promedio es de 15.39%; el porcentaje de humedad promedio llega a 11.91% y el suelo predominante en toda la urbanización son arenas.

De acuerdo a las características obtenidas en la *Tabla 62* especialmente el límite líquido menor a 35 y porcentajes de partículas finas pasante de la malla 200 menores a 15% nos indica que son suelos potencialmente licuables (grado potencial media). La normativa peruana E.050 nos indica el potencial de colapso en el capítulo VI donde ésta se determina en función del límite líquido y densidad natural seca, los suelos de la urbanización los Ángeles de Miraflores son colapsables.

4.1.3. Resultados de la densidad relativa

En la **Tabla 63** se muestran los resultados de la densidad relativa para una profundidad de investigación de 4.05m.

Tabla 63.
Resultados obtenidos con correlación del N60.

N° Perforación (P-n)	Profundidad	Estrato E-n	Símbolo	Densidad Relativa Dr (%)
P-01	1.50 - 4.05m	E-04	SP	39.17%
P-02	3.00 - 4.05m	E-04	SW-SM	40.16%
P-03	3.45 - 4.05m	E-05	SW	40.76%
P-04	3.30 - 4.05m	E-04	SP	39.56%
P-05	0.90 - 4.05m	E-03	SP-SM	38.17%
P-06	3.25 - 4.05m	E-05	SW	41.35%
P-07	1.70 - 4.05m	E-04	SP	40.16%

Nota. Fuente, elaboración propia.

La densidad relativa indica el grado de compacidad o compactación, de acuerdo a los resultados de la **Tabla 63** tenemos un promedio de 39.90% de densidad relativa, según Peck y Terzagui mencionado en la **Tabla 35** nos clasifican como un suelo medianamente densa.

4.1.4. Resultados de ángulo de fricción.

La determinación de ángulo de fricción es realizada en función a la densidad relativa con las fórmulas mencionadas en el capítulo anterior.

Tabla 64.
Resultados de ángulo de fricción mediante el SPT en suelos granulares.

N° Perforación (P-n)	Profundidad	Estrato E-n	Símbolo	Ø ángulo de fricción
P-01	1.50 - 4.05m	E-04	SP	30.87
P-02	3.00 - 4.05m	E-04	SW-SM	31.02
P-03	3.45 - 4.05m	E-05	SW	31.11
P-04	3.30 - 4.05m	E-04	SP	30.93
P-05	0.90 - 4.05m	E-03	SP-SM	30.73
P-06	3.25 - 4.05m	E-05	SW	31.20
P-07	1.70 - 4.05m	E-04	SP	31.02

Nota. Fuente, elaboración propia.

De acuerdo a la **Tabla 64** (resultados de ángulo de fricción) el suelo se clasifica como arena densa y con presencia de gravas.

4.1.5. Resultados de la capacidad portante del suelo

Posteriormente en la **Tabla 65** se muestran la capacidad portante admisible del suelo obtenidos mediante las correlaciones de SPT.

Tabla 65.

Resultados de capacidad admisible del suelo vs SPT

N° Perforación (P-n)	Profundidad	Estrato E-n	Símbolo	Capacidad admisible qadm
P-01	1.50 - 4.05m	E-04	SP	1.03
P-02	3.00 - 4.05m	E-04	SW-SM	1.08
P-03	3.45 - 4.05m	E-05	SW	1.11
P-04	3.30 - 4.05m	E-04	SP	1.05
P-05	0.90 - 4.05m	E-03	SP-SM	0.97
P-06	3.25 - 4.05m	E-05	SW	1.14
P-07	1.70 - 4.05m	E-04	SP	1.08

Nota. Fuente, elaboración propia.

Los resultados de la capacidad admisible incrementa su resistencia, por ello se optó la profundidad de desplante de cimentación con una capacidad portante mínima de 0.889kg/cm^2 a 1.50m **Figura 54** por debajo de la superficie del suelo, de igual manera podemos observar el aumento de la resistencia del suelo a una profundidad de 4.05m llegando hasta 1.14kg/cm^2 como se muestra en la **Tabla 65**.

4.2 Resultados de análisis físico- químico de los suelos

Se ha efectuado el análisis físico – químico en los puntos de investigación que son 7 y por tanto, las muestras son extraídas a una profundidad de desplante 1.50m para su análisis.

4.2.1. Análisis físico del suelo

El contenido de pH de los suelos se muestra en la **Tabla 66** con los valores respectivos.

Tabla 66.

Resultado de análisis físico de las muestras.

Muestra	Profundidad	pH
M1	1.50m	8.01
M2	1.50m	7.90
M3	1.50m	7.92
M4	1.50m	7.95
M5	1.50m	7.89
M6	1.50m	8.00
M7	1.50m	8.00

Nota. Fuente, elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos del pH en la *Tabla 66* se clasifica como un suelo ligeramente con presencia de alcalinos.

4.2.1.1. Agua para el concreto

Los resultados del contenido de agua para el concreto se detallan en la **Tabla 67** los parámetros y límites máximos que debe contener el agua para el mezclado del concreto según la NTP 339.088 y el ACI-318 donde el contenido de cloruros y sólidos disueltos totales es muy superior, por ende para el mezclado el agua del subsuelo no es recomendable.

Tabla 67.
Límites normativos para agua en el concreto según el ACI - 318 (NTP 339.088).

Análisis Físico-Químico del Agua		Límite Normativo ACI-318 (NTP 339.088)		
pH	7.50	-	8	-
Conductividad Eléctrica	15.86	ms/cm	-	-
Cloruros (como CL-I)	4936.03	ppm	1000	ppm
Sulfatos (como SO=4)	360.00	ppm	600	ppm
Sólidos Disueltos Totales	8.02	g/l	5	g/l

Nota. Fuente, Tomada del NTP 339.008.

La E.060 menciona también que concretos expuestos a sulfatos disueltos en el agua y suelo entre 150ppm a 1500ppm se tendrán que usar cementos tipo II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS) para que el concreto no sea atacado por estos componentes y sea lo más resistente posible.

4.2.2. Análisis químico

Los resultados de análisis químico se muestran en la **Tabla 68** de las 7 muestras; contenido de cloruros, sulfatos y conductividad eléctrica de la urbanización los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca.

Tabla 68.
Resultado de análisis químico de los suelos.

Muestra	Profundidad	Cloruros(Cl^-) ppm	Sulfatos($SO_4^{=}$) ppm	C. E (ms/cm)
M1	1.50m	1035.430	238.0	4.89
M2	1.50m	538.990	228.0	2.25
M3	1.50m	496.440	208.0	2.55
M4	1.50m	510.620	150.0	2.55
M5	1.50m	382.970	132.0	2.02
M6	1.50m	751.750	104.0	3.52
M7	1.50m	581.540	160.0	1.39

Nota. Fuente, elaboración propia.

De los resultados obtenidos de las muestras en la urbanización los ángeles de Miraflores en el análisis físico-químico tenemos algunas recomendaciones normativas y reglamentos de la construcción los cuales nos recomiendan realizar algunas medidas de seguridad los cuales se muestran a continuación.

4.2.2.1.Exposición a cloruros

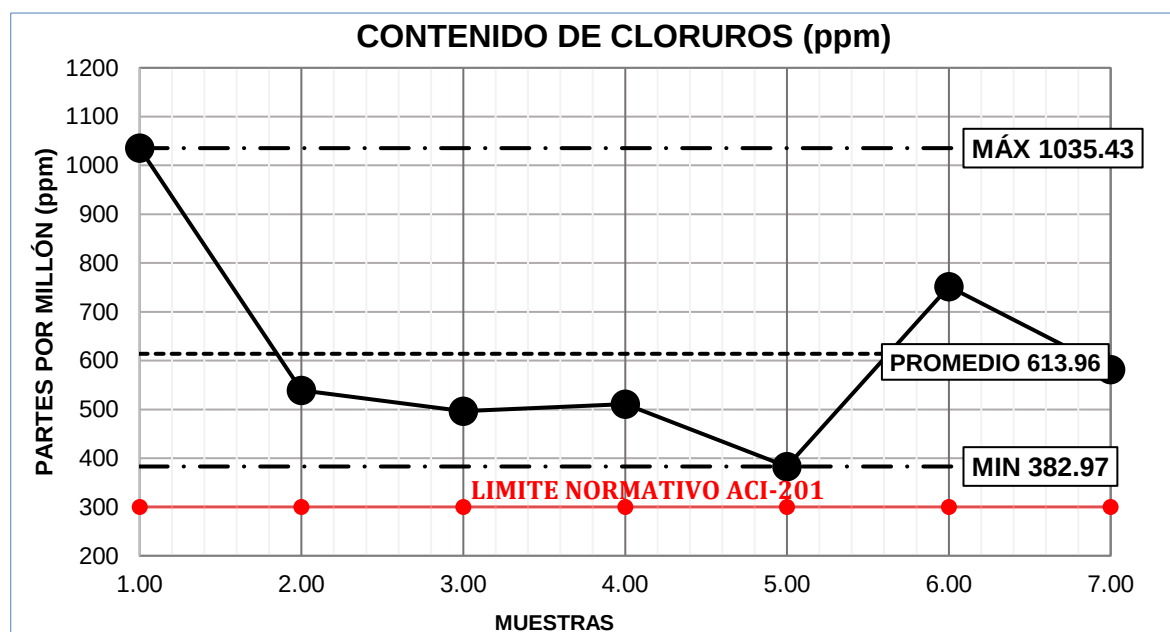


Figura 55. Límites máximos del contenido de cloruros según el ACI-201.Fuente, ACI-201.

En la **Figura 55** se muestran los límites máximos del contenido de cloruros según la normativa ACI-201 donde indica que si el contenido de cloruros es superior o supera los 300ppm en el suelo esta ocasionará problemas de corrosión de acero, en los resultados se muestran considerablemente superior a lo indicado en la normativa inclusive llegando hasta 1035.43ppm por ende las medidas se tendrán que tomar en los recubrimientos.

4.2.2.2.Exposición a sulfatos

En los resultados obtenidos tenemos sulfatos que llegan hasta 238ppm según el ACI-201 considera como grado de alteración leve y las consecuencias que genera el cualquier grado de alteración es que ocasiona agresión química al concreto de la cimentación.

La E.060 – RNE 2006 recomienda para suelos con presencia de sulfatos los tipos de cementos según el contenido en ppm en el agua y en el suelo no detalla específicamente y el límite se detalla en la siguiente **Figura 56**.

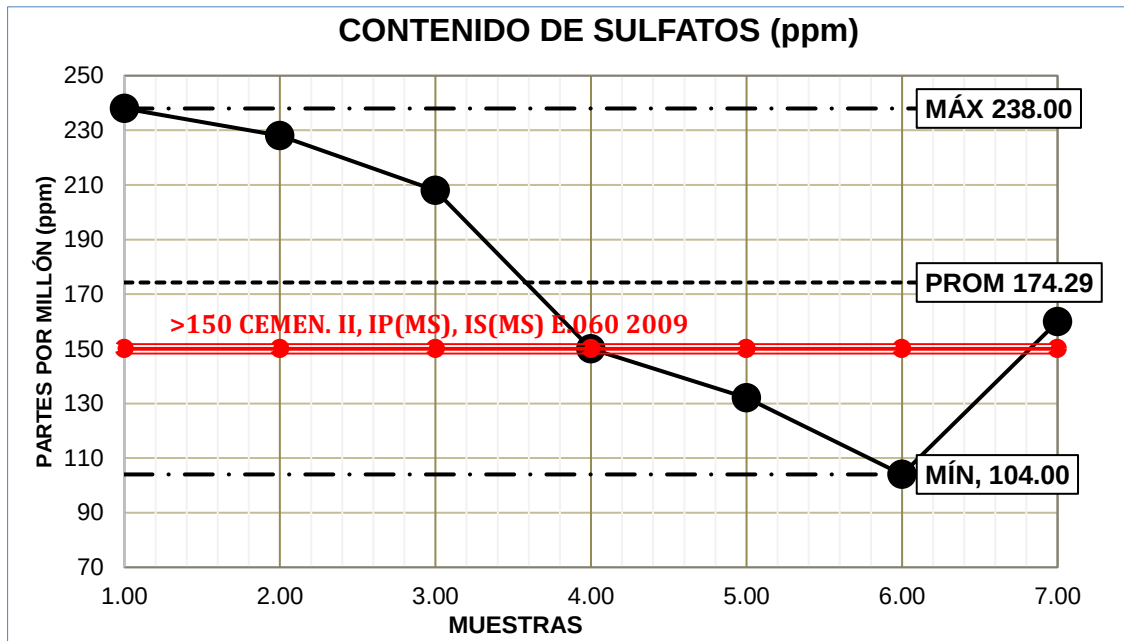


Figura 56. Límites de cambio del tipo de cemento según el contenido de sulfatos.

Fuente, Tomada del RNE 2006.

4.2.2.3. Exposición a sales

Las normativas americanas ACI y la peruana E.060 sobre la exposición de sales no especifican parámetros por ello clasificamos el tipo de suelo según la USSL-1954 (United States Salinity Laboratory Staff) como se muestra en la **Figura 57**.

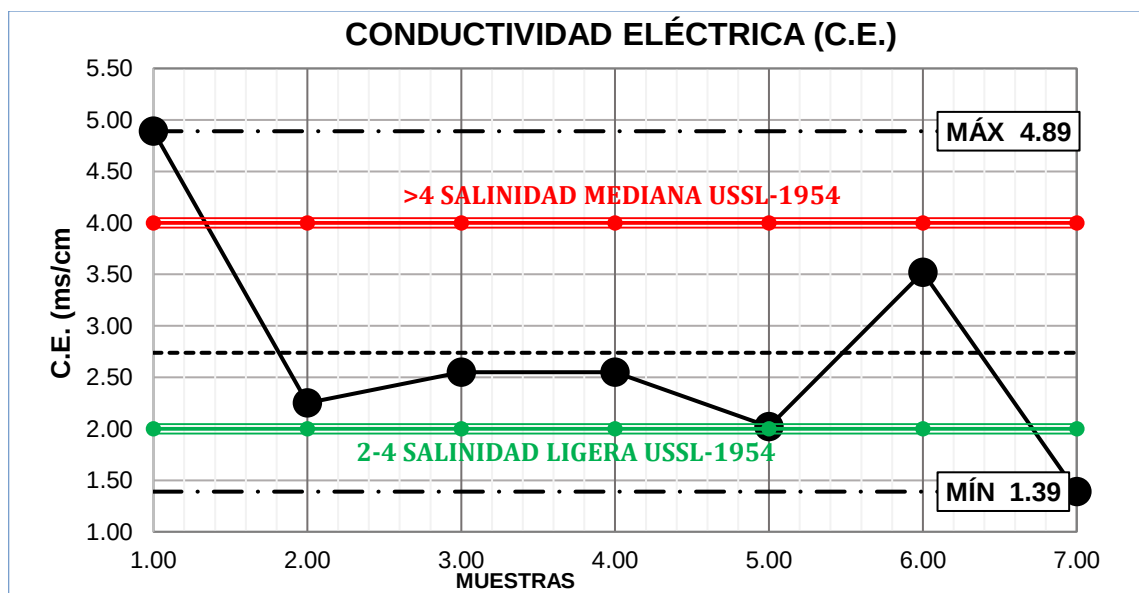


Figura 57. Clasificación de suelos según la USSL-1954.

Fuente, USSL-1954.

4.3 Análisis sísmico dinámico

La normativa peruana E.030-2018 exige como mínimo un análisis sísmico considerando cargas por gravedad (Estático) y cargas dinámicas (Cargas de sismo) para el diseño

correspondiente de la estructura, en el análisis dinámico exigido es lineal elástico (Dinámico Modal Espectral) en base a aceleraciones máximas.

4.3.1.Desplazamientos máximos

Los desplazamientos máximos reales por cada nivel son para determinar las juntas de separación sísmica entre edificios, tomando diferentes modelos tenemos en las tablas siguientes los desplazamientos sin factorar.

Tabla 69.
Desplazamientos máximos reales en “X” (Vivienda de 03 niveles)

NIVEL	ALTURA	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO- ESTRUCTURA		
			ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
			UX(m)	UX(m)	UX(m)
NIVEL 3	9.5	0.006519	0.007088	0.00681	0.00724
NIVEL 2	6.8	0.005009	0.005461	0.00523	0.00560
NIVEL 1	4.1	0.002757	0.003074	0.00290	0.00319
BASE	-	-	-	-	-

Nota: Fuente, elaboración propia.

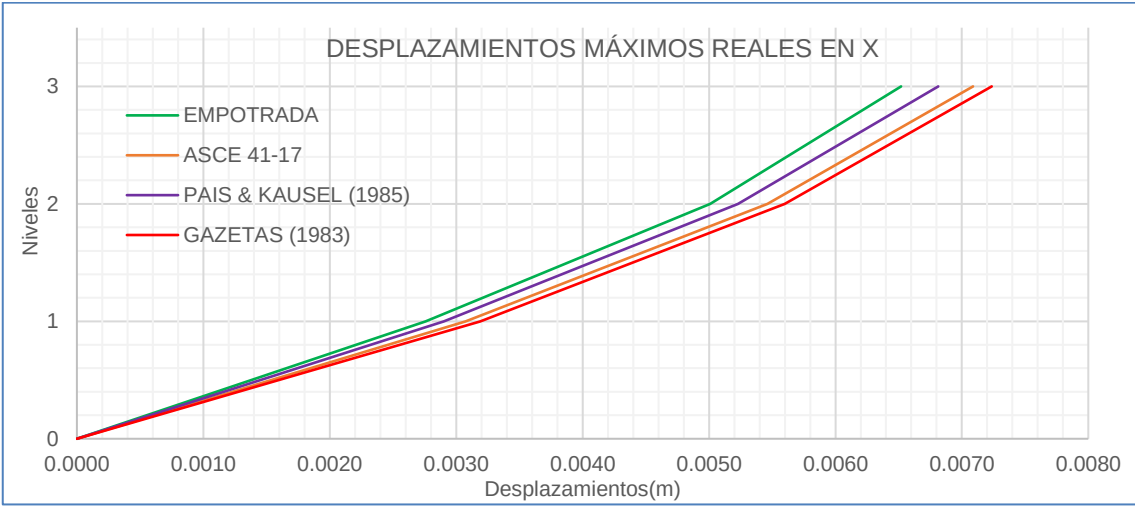


Figura 58. Desplazamientos máximos en dirección “X” (Vivienda de 03 niveles).

Tabla 70.
Desplazamientos máximos reales en “Y” (Vivienda de 03 niveles).

NIVEL	ALTURA	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO- ESTRUCTURA		
			ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
			UY(m)	UY(m)	UY(m)
NIVEL 3	9.5	0.003932	0.004342	0.00413	0.00429
NIVEL 2	6.8	0.003324	0.003686	0.00349	0.00363
NIVEL 1	4.1	0.002170	0.002474	0.00230	0.00242
BASE	-	-	-	-	-

Nota: Fuente, elaboración propia.

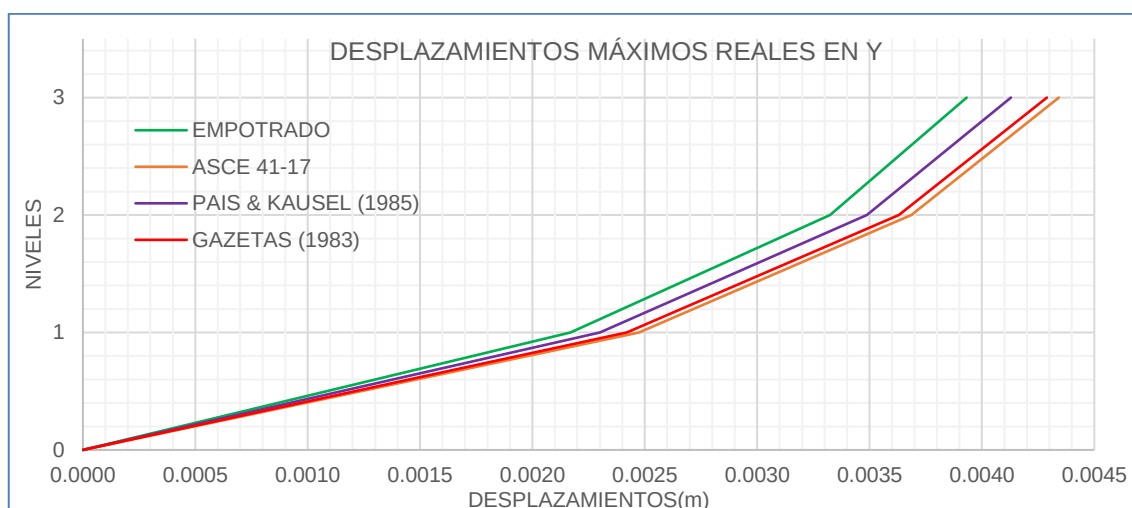


Figura 59. Desplazamientos máximos en dirección "Y" (Vivienda de 03 niveles).

Se muestran desplazamientos en X y Y en las **Tabla 69 y Tabla 70** para viviendas de 03 niveles tanto base empotrada de la misma forma con interacción suelo-cimiento-estructura, los modelos con interacción suelo-cimiento-estructura en la dirección X incrementan en 0.569, 0.291 y 0.724mm estos expresados en porcentajes son 8.72%, 4.44% y 11.05%. En la dirección Y de la misma forma el incremento es 0.41, 0.20 y 0.40mm en porcentajes representan 10.47%, 5.03% y 9.10% estos incrementos son debido a las características de los cimientos y la flexibilidad del suelo.

Las **Figura 58 y Figura 59** muestran el comportamiento de los desplazamientos de cada modelo empezando del empotrado siendo el que menos se desplaza y el modelo ASCE 41-13 como un modelo conservador, sin embargo, los modelos de Pais & Kausel (1985) y Gazetas (1983) resultan siendo intermedios.

Tabla 71.

Desplazamientos máximos reales en "X" (Vivienda de 05 niveles).

NIVEL	ALTURA	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO- ESTRUCTURA		
			ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
			UX(m)	UX(m)	UX(m)
NIVEL 5	14.9	0.013791	0.016387	0.01522	0.01662
NIVEL 4	12.2	0.011575	0.013821	0.01278	0.01402
NIVEL 3	9.5	0.008842	0.010727	0.00982	0.01088
NIVEL 2	6.8	0.005677	0.007171	0.00642	0.00727
NIVEL 1	4.1	0.002478	0.003533	0.00298	0.00357
BASE	-	-	-	-	-

Nota: Fuente, elaboración propia.

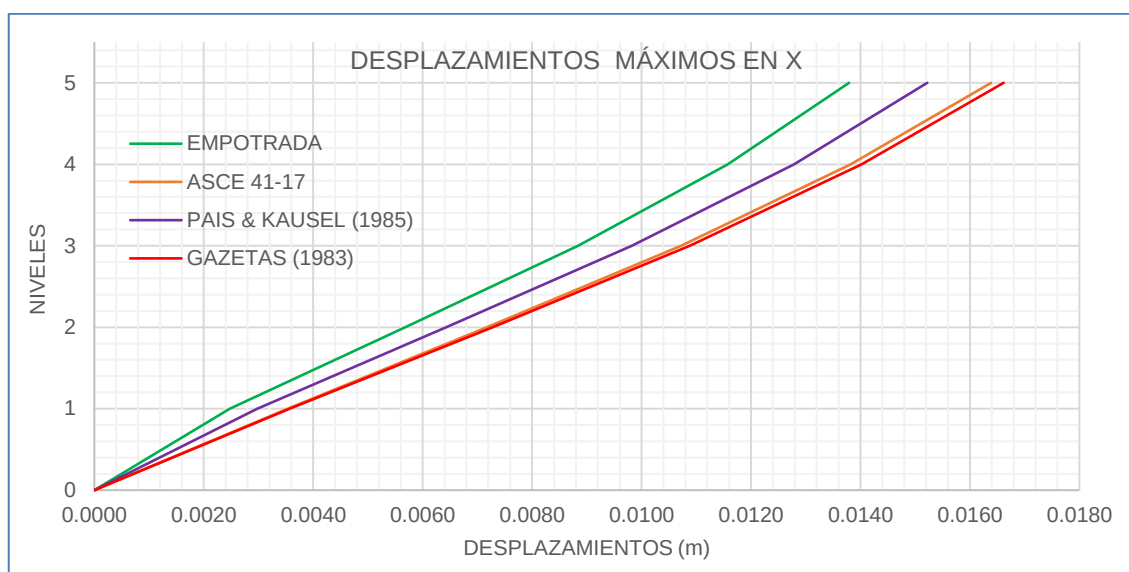


Figura 60. Desplazamientos máximos en dirección "X" (Vivienda de 05 niveles).

Se muestran desplazamientos en X en la **Tabla 71** para vivienda de 05 niveles tanto base empotrada de la misma forma con interacción suelo-cimiento-estructura, los modelos con interacción suelo-cimiento-estructura incrementan en 2.60, 1.49 y 2.83mm estos expresados en porcentajes son 18.82%, 10.36% y 20.51%. La **Figura 60** describe el comportamiento de cada desplazamiento Empotrado con menor desplazamiento y ASCE 41-13 como un modelo conservador, los modelos restantes considerados como intermedios.

Tabla 72.

Desplazamientos máximos reales en "Y" (Vivienda de 05 niveles).

NIVEL	ALTURA	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO- ESTRUCTURA		
			ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
		UY(m)	UY(m)	UY(m)	UY(m)
NIVEL 5	14.9	0.008028	0.009435	0.00912	0.00951
NIVEL 4	12.2	0.006984	0.008150	0.00794	0.00830
NIVEL 3	9.5	0.005554	0.006688	0.00638	0.00670
NIVEL 2	6.8	0.003747	0.004719	0.00443	0.00470
NIVEL 1	4.1	0.001724	0.002485	0.00223	0.00243
BASE	-	-	-	-	-

Nota: Fuente, elaboración propia.

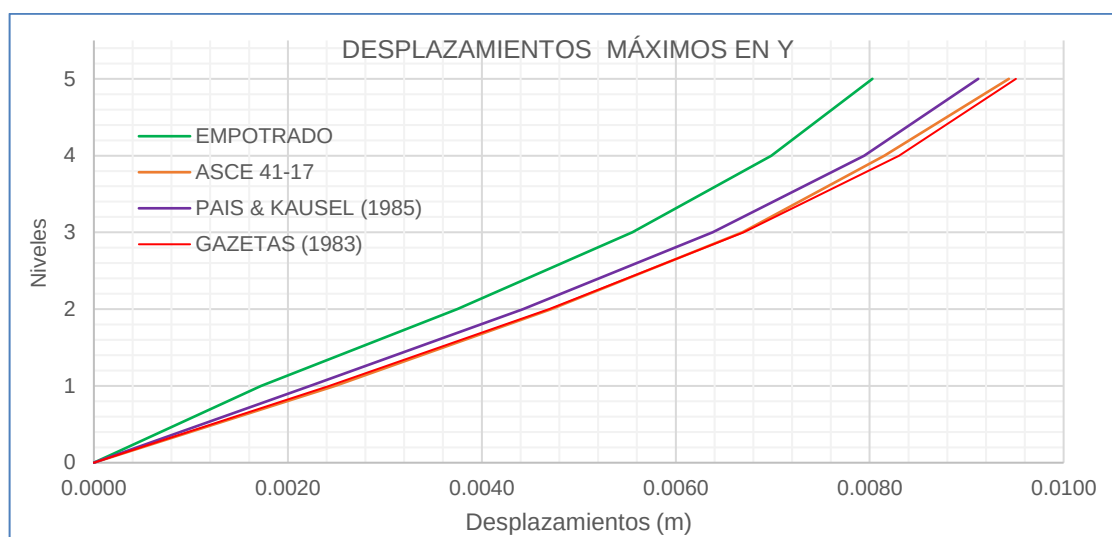


Figura 61. Desplazamientos máximos en dirección "Y" (Vivienda de 05 niveles).

Se muestran desplazamientos en "Y" en la **Tabla 72** para vivienda de 05 niveles tanto base empotrada de la misma forma con interacción suelo-cimiento-estructura, los modelos con interacción suelo-cimiento-estructura incrementan en 1.40, 1.09 y 1.50mm estos expresados en porcentajes son 17.52%, 13.60% y 18.46%. La **Figura 61** describe el comportamiento de cada desplazamiento Empotrado con menor desplazamiento y Gazetas (1981) como un modelo conservador, los modelos restantes considerados como intermedios. Los incrementos de desplazamientos son generados por la intervención del suelo y el cimiento, el cimiento siendo directamente el factor importante por las dimensiones y la geometría de la misma forma el suelo como un número infinito de resortes.

4.3.2. Derivas de entrepiso

Las derivas de entrepiso o distorsiones son uno de los controles que exige la normativa para cualquier tipo de vivienda según zona sísmica, en las tablas y figuras siguientes presentamos las distorsiones tanto para una vivienda de 03 y 05 niveles de la urbanización Los Ángeles de Miraflores de la Ciudad de Juliaca.

Tabla 73.
Derivas de entrepiso en "X" (Vivienda de 03 niveles).

NIVEL	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA			
		ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)	E.030-2018
		Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA
NIVEL 3	0.00357	0.00384	0.00374	0.00385	0.007
NIVEL 2	0.00534	0.00565	0.00550	0.00569	0.007
NIVEL 1	0.00472	0.00523	0.00490	0.00539	0.007
BASE	-	-	-	-	-

Nota: Fuente, elaboración propia.

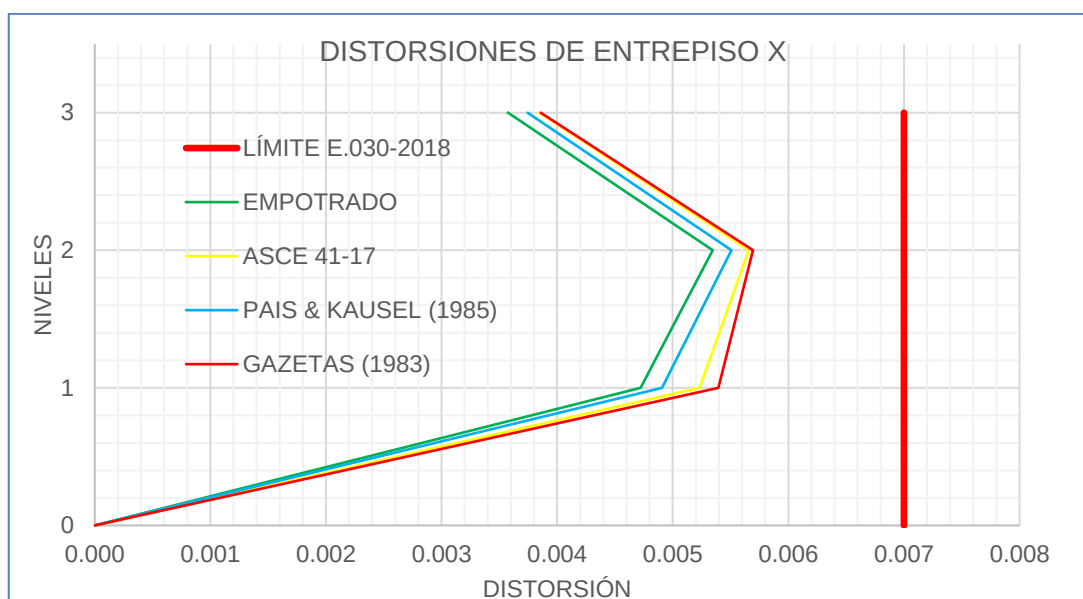


Figura 62. Distorsiones de entrepiso en dirección "X" (Vivienda de 03 niveles).

Tabla 74.

Derivas de entrepiso en "Y" (Vivienda de 03 niveles).

NIVEL	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA			
		ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)	E.030-2018
	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA
NIVEL 3	0.00140	0.00149	0.00146	0.00151	0.007
NIVEL 2	0.00262	0.00285	0.00267	0.00275	0.007
NIVEL 1	0.00349	0.00392	0.00364	0.00377	0.007
BASE	-	-	-	-	-

Nota: Fuente, elaboración propia.

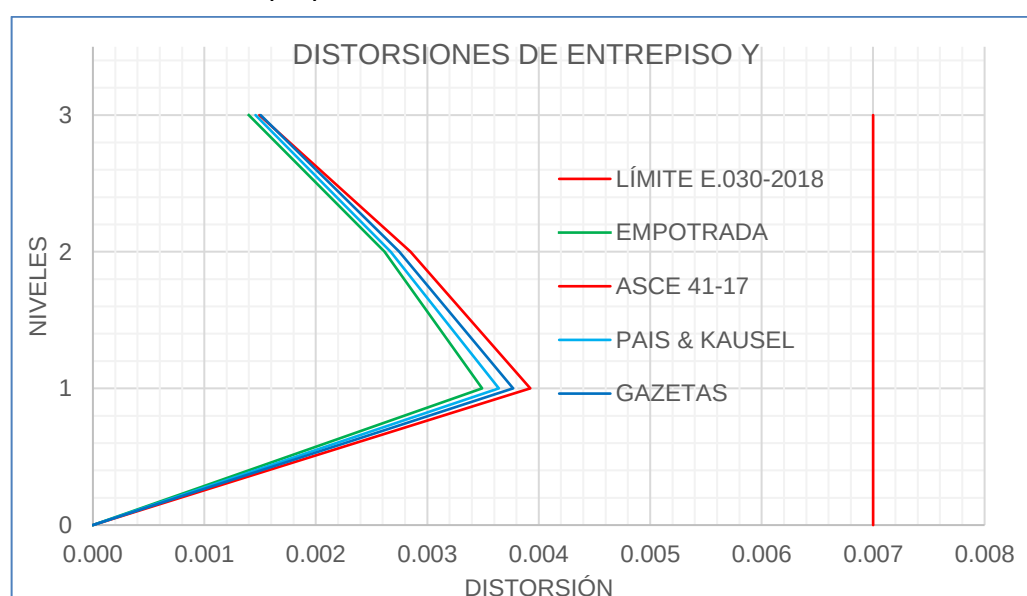


Figura 63. Distorsiones de entrepiso en dirección "Y" (Vivienda de 03 niveles).

En las **Tabla 73** y **Tabla 74** se observan las derivas inelásticas de entrepisos para una vivienda de 03 niveles con una base empotrada y de la misma forma con interacción suelo-

cimiento-estructura, las derivas en X incrementan en 0.27, 0.17 y 0.28mm expresados en porcentajes son 7.55%, 4.69% y 7.88%. En la dirección Y las derivas varían 0.096, 0.06 y 0.108mm en porcentajes son 6.86%, 4.29% y 7.72%. En las **Figura 62 y Figura 63** se observan los comportamientos de las derivas en ambas direcciones, en la dirección X el empotrado es el que menos derivas presenta y Gazetas(1983) resulta como el más conservador y los demás se comportan como valores intermedios sin embargo en la dirección Y la ASCE 41-13 presenta más derivas y los demás resultan siendo valores intermedios.

Tabla 75.
Derivas de entrepiso en "X" (Vivienda de 05 niveles).

NIVEL	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA			
		ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)	E.030-2018
	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA
NIVEL 5	0.00444	0.00520	0.00493	0.00524	0.007
NIVEL 4	0.00544	0.00624	0.00594	0.00629	0.007
NIVEL 3	0.00626	0.00675	0.00659	0.00688	0.007
NIVEL 2	0.00630	0.00687	0.00657	0.00698	0.007
NIVEL 1	0.00366	0.00533	0.00436	0.00524	0.007
BASE	-	-	-	-	-

Nota: Fuente, elaboración propia.

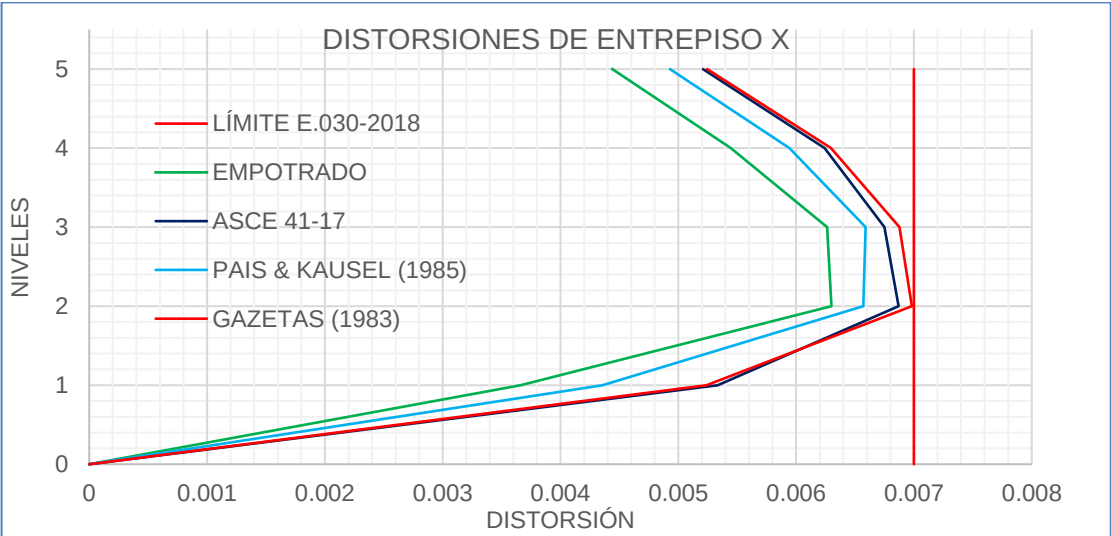


Figura 64. Distorsiones de entrepiso en dirección "X" (Vivienda de 05 niveles).

Tabla 76.
Derivas de entrepiso en "Y" (Vivienda de 05 niveles).

NIVEL	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA			
		ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)	E.030-2018
		Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA	Δ INELÁSTICA
NIVEL 5	0.00214	0.00243	0.00233	0.00249	0.007
NIVEL 4	0.00290	0.00320	0.00310	0.00328	0.007
NIVEL 3	0.00362	0.00397	0.00388	0.00406	0.007
NIVEL 2	0.00580	0.00643	0.00609	0.00648	0.007
NIVEL 1	0.00225	0.00325	0.00287	0.00312	0.007
BASE	-	-	-	-	-

Nota: Fuente, elaboración propia.

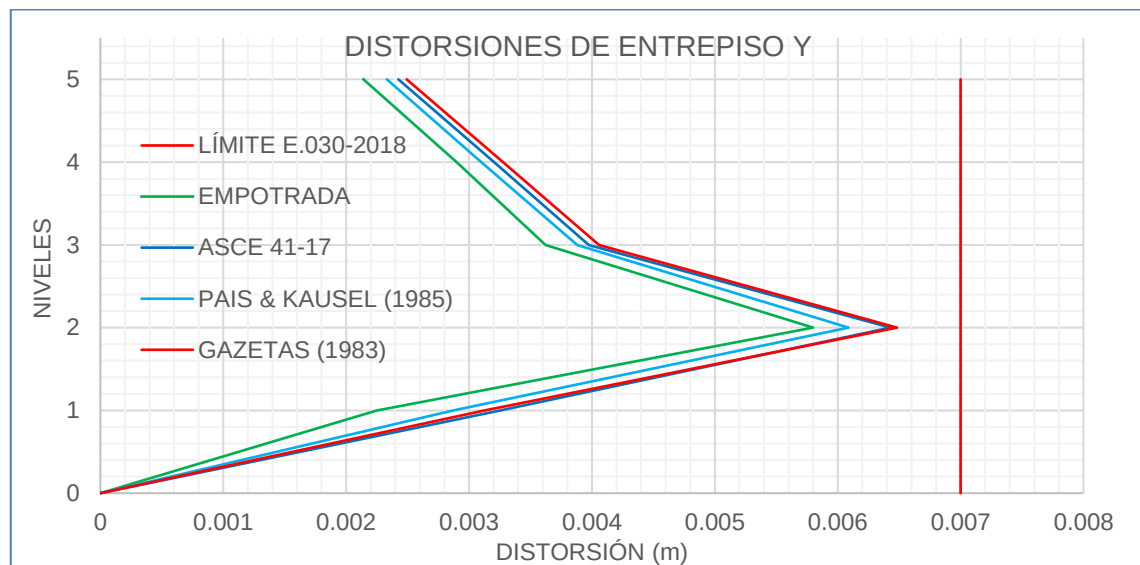


Figura 65. Distorsiones de entrepiso en dirección "Y" (Vivienda de 05 niveles).

En la **Tabla 75 y Tabla 76** se visualiza las derivas del modelo empotrado y de la misma forma con interacción suelo-cimiento-estructura tanto ASCE 41-13, Pais & Kausel(1985) y Gazetas(1983), en la dirección X las derivas varían en 0.77, 0.48 y 0.80mm los cuales en porcentajes representan 17.26%, 10.99% y 18.08%, en el sentido Y varían 0.28, 0.18 y 0.35mm expresados en porcentajes son 13.20%, 8.77% y 16.24%. El comportamiento de las derivas se puede observar en las **Figura 64 y Figura 65** donde el modelo empotrado presenta menos desplazamientos y Gazetas (1983) mayor desplazamiento, los demás modelos como intermedios.

4.3.3. Periodo fundamental de la estructura

Tabla 77.

Periodos fundamentales de la estructura (Vivienda de 3 niveles).

MODOS DE VIBRACIÓN	BASE EMPOTRADA Periodos (seg)	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA		
		ASCE 41-17 Periodos (seg)	PAIS & KAUSEL Periodos (seg)	GAZETAS Periodos (seg)
1	0.405	0.423	0.415	0.428
2	0.338	0.353	0.344	0.353
3	0.323	0.34	0.332	0.338
4	0.114	0.117	0.115	0.118
5	0.099	0.101	0.100	0.101
6	0.096	0.098	0.097	0.098
7	0.054	0.054	0.054	0.054
8	0.052	0.053	0.053	0.053
9	0.050	0.050	0.050	0.050

Nota: Fuente, elaboración propia.

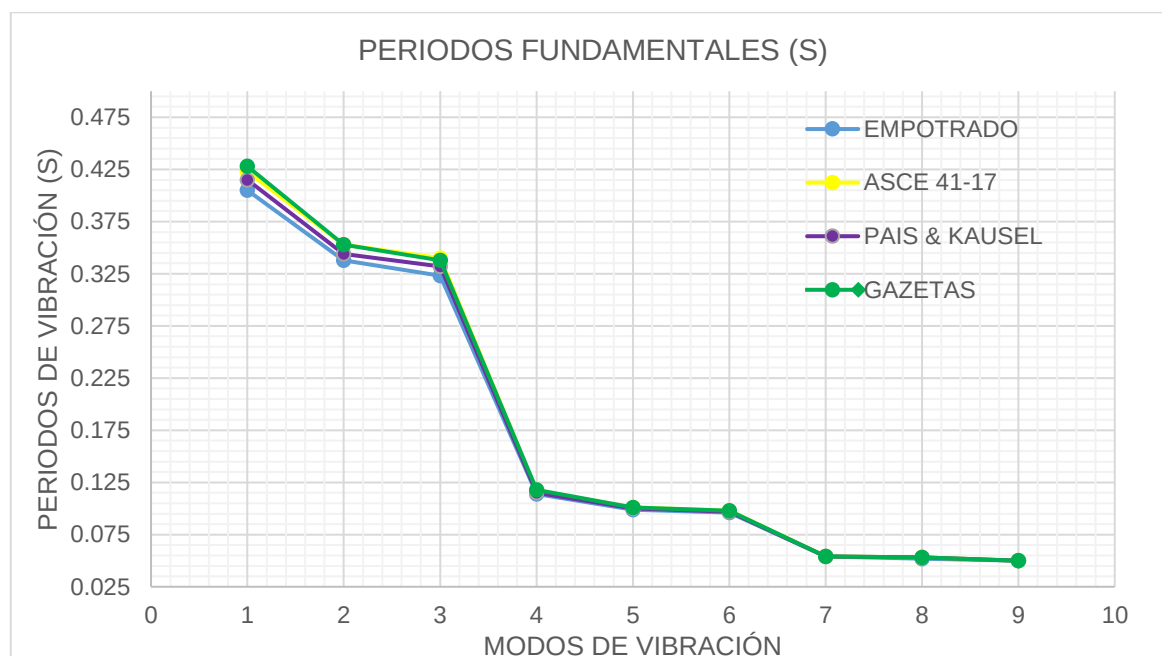


Figura 66. Periodo fundamental (vivienda de 3 niveles).

En la **Tabla 77** se observa los periodos fundamentales de una vivienda de 03 niveles, los incrementos de los modelos flexibles con respecto a la base empotrada son 0.018, 0.01 y 0.023 segundos expresados en porcentajes van de 4.44%, 2.46% y 5.68%. La **Figura 66** muestra el comportamiento de cada uno de los modelos siendo el empotrado con menos periodos y Gazetas (1983) con más periodos, los demás modelos como intermedios.

Tabla 78.

Periodos fundamentales de la estructura (Vivienda 5 niveles)

MODOS DE VIBRACIÓN	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA		
		ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
	Periodos (seg)	Periodos (seg)	Periodos (seg)	Periodos (seg)
1	0.532	0.586	0.559	0.584
2	0.411	0.454	0.441	0.448
3	0.373	0.406	0.390	0.403
4	0.138	0.146	0.143	0.146
5	0.116	0.123	0.121	0.122
6	0.097	0.104	0.101	0.104
7	0.058	0.062	0.060	0.062
8	0.053	0.056	0.056	0.056
9	0.041	0.044	0.043	0.044
10	0.029	0.031	0.031	0.032
11	0.0280	0.030	0.030	0.031
12	0.0200	0.022	0.024	0.024
13	0.017	0.018	0.023	0.024
14	0.017	0.018	0.023	0.023
15	0.012	0.013	0.019	0.019

Nota: Fuente, elaboración propia.

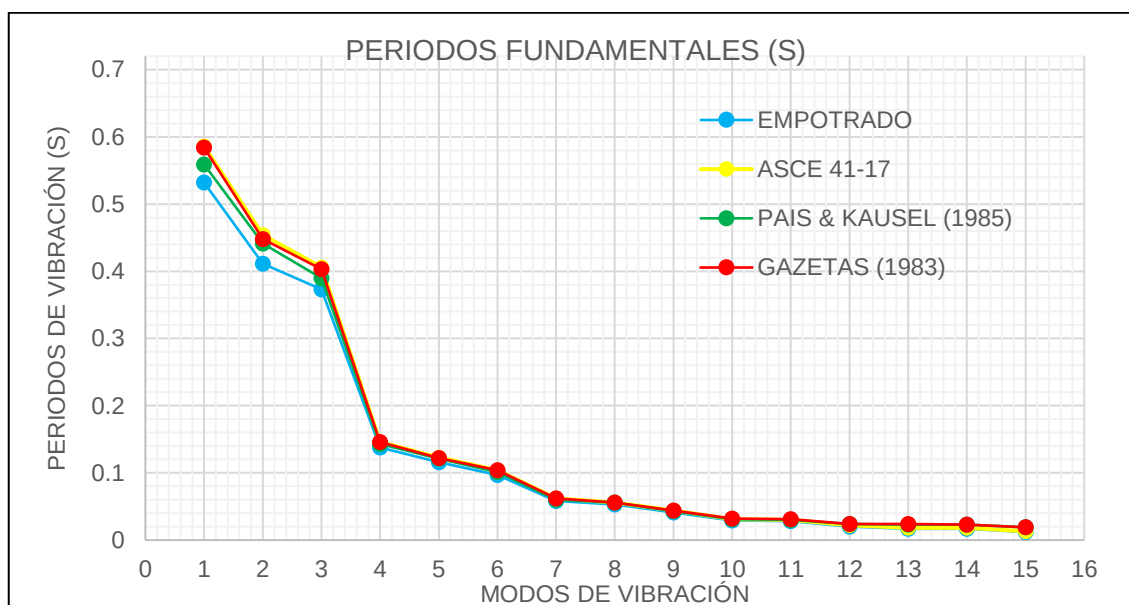


Figura 67. Periodos fundamentales (Vivienda de 05 niveles).

En la **Tabla 78** se observa los periodos fundamentales de una vivienda de 05 niveles, los incrementos de los modelos flexibles con respecto a la base empotrada son 0.054, 0.027 y 0.052 segundos expresados en porcentajes van de 10.15%, 5.08% y 9.77%. La **Figura 67** muestra el comportamiento de cada uno de los modelos siendo el empotrado con menos periodos y Gazetas (1983) con más periodos, los demás modelos como intermedios.

4.3.4. Fuerzas cortantes

4.3.4.1. Fuerzas cortantes en la base

La normativa recomienda que las cortantes dinámicas mínimas en la base deben ser por lo menos el 80% de la cortante estática, con la incorporación de modelos flexibles en las tablas siguientes se detallan las cortantes dinámicas.

Tabla 79.

Cortantes dinámicas en la base min. 80%V. estática E.030-2018 (vivienda 03 niveles).

DIRECCIÓN	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA		
	%V. ESTÁTICA	ASCE 41-17 %V. ESTÁTICA	PAIS & KAUSEL (1985) %V. ESTÁTICA	GAZETAS (1983) %V. ESTÁTICA
X	90.13%	90.59%	89.98%	90.89%
Y	93.61%	93.91%	93.23%	93.90%

Nota: Fuente, elaboración propia.

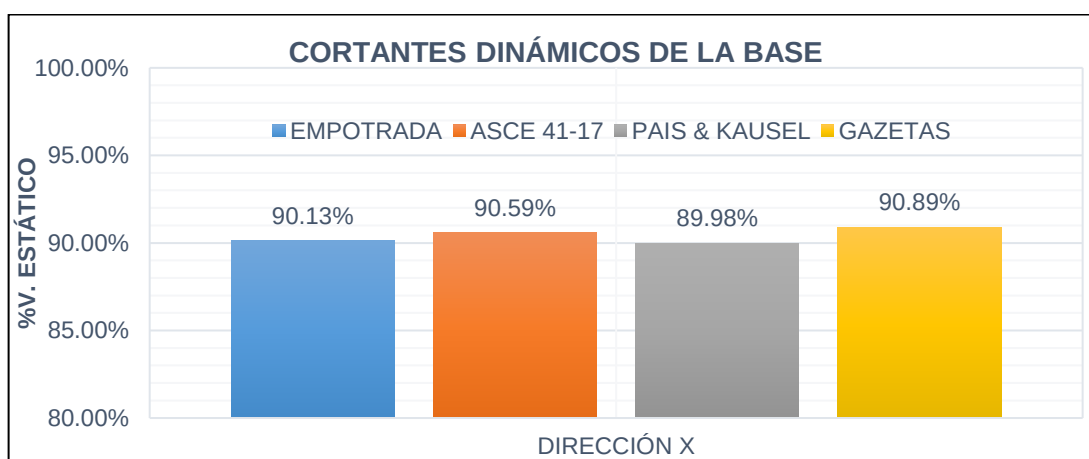


Figura 68. Cortantes en la base dirección X (Vivienda de 03 niveles).

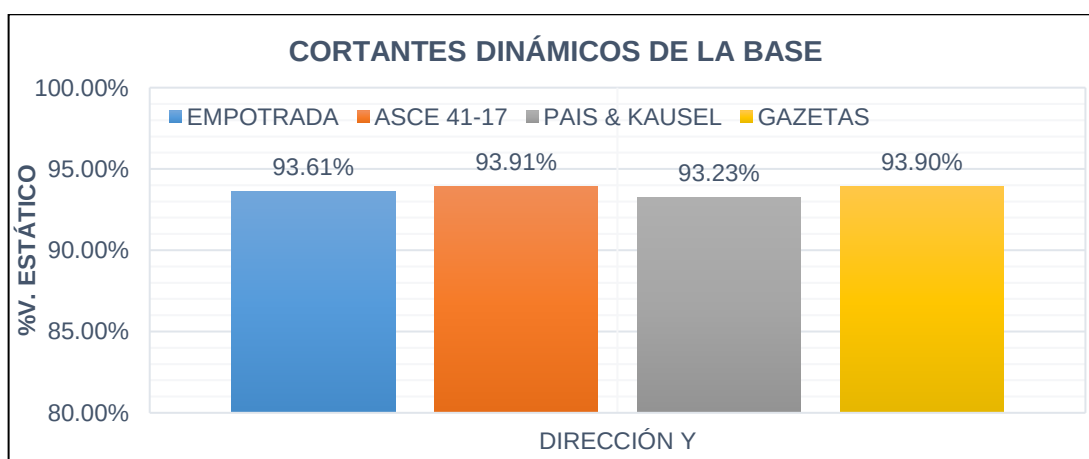


Figura 69. Cortantes en la base dirección Y (Vivienda de 03 niveles).

En la **Tabla 79** se observa las cortantes en la base de la edificación según modelo empotrado y modelos flexibles (con interacción suelo-cimiento-estructura) los incrementos son mínimos y todos pasan el 80% de la cortante estática en la base. De la misma forma

en la **Figura 68 y Figura 69** se aprecian los comportamientos de cada modelo con variaciones mínimas.

Tabla 80.
Cortantes dinámicas en la base mín. 80% V. estática E-030-2018 (Vivienda 05 niveles).

DIRECCIÓN	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA		
		ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
	%V. ESTÁTICA	%V. ESTÁTICA	%V. ESTÁTICA	%V. ESTÁTICA
X	81.60%	83.80%	82.34%	83.91%
Y	83.88%	86.42%	84.49%	86.16%

Nota: Fuente, elaboración propia.

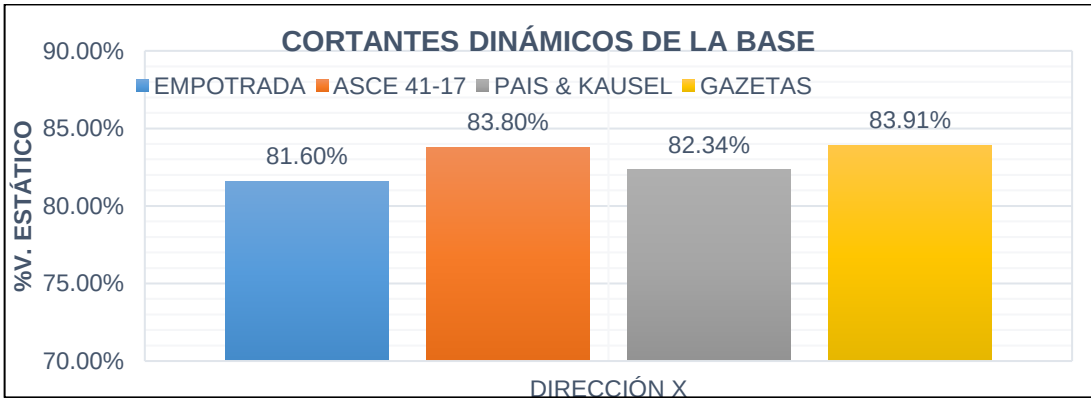


Figura 70. Cortantes en la base dirección X (Vivienda de 05 niveles).

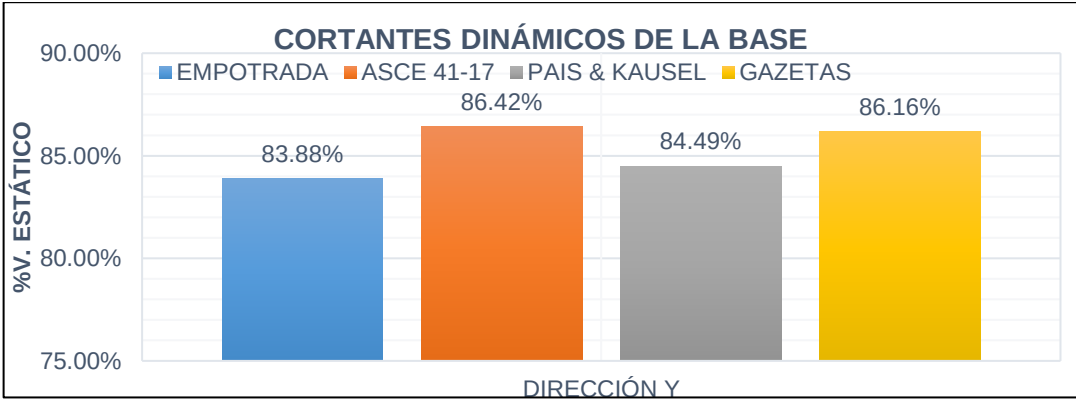


Figura 71. Cortantes en la base dirección Y (Vivienda de 05 niveles).

En la **Tabla 80** se observa las cortantes en la base de la edificación según modelo empotrado y modelos flexibles (con interacción suelo-cimiento-estructura) los incrementos son mínimos y todos pasan el 80% de la cortante estática en la base. De la misma forma en la **Figura 70 y Figura 71** se aprecian los comportamientos de cada modelo con variaciones de 2.54%, 0.61% y 2.28% con respecto a la base empotrada.

4.3.4.2.Distribución de fuerzas cortantes

Las fuerzas cortantes distribuidas en la edificación se visualizan en las siguientes tablas tanto con base empotrada y con interacción suelo-cimiento-estructura.

Tabla 81.

Fuerzas cortantes en la dirección "X" (Vivienda 03 niveles).

NIVEL	CASOS DE CARGA	BASE	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA		
		EMPOTRADA	ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
		EMPOTRADO			
		VX (Ton)	VX (Ton)	VX (Ton)	VX (Ton)
NIVEL 3	SISMO SSX	8.201	8.1853	8.177	8.167
NIVEL 2	SISMO SSX	15.496	15.4994	15.446	15.507
NIVEL 1	SISMO SSX	19.897	19.9986	19.865	20.066

Nota: Fuente, elaboración propia.

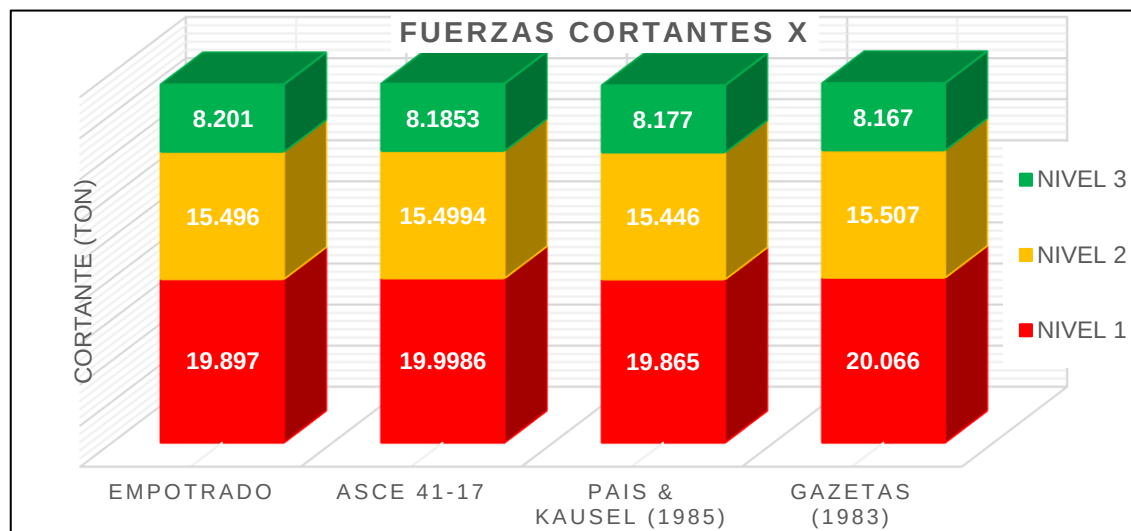


Figura 72. Fuerzas cortantes X (Vivienda de 05 niveles).

Tabla 82.

Fuerzas cortantes en la dirección Y (vivienda 03 niveles).

PISO	CASOS DE CARGA	BASE	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA		
		EMPOTRADA	ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
		EMPOTRADO			
		VY (Ton)	VY (Ton)	VY (Ton)	VY (Ton)
NIVEL 3	SISMO SSY	7.641	7.5829	7.590	7.613
NIVEL 2	SISMO SSY	15.335	15.2706	15.234	15.302
NIVEL 1	SISMO SSY	20.665	20.7326	20.582	20.729

Nota: Fuente, elaboración propia.

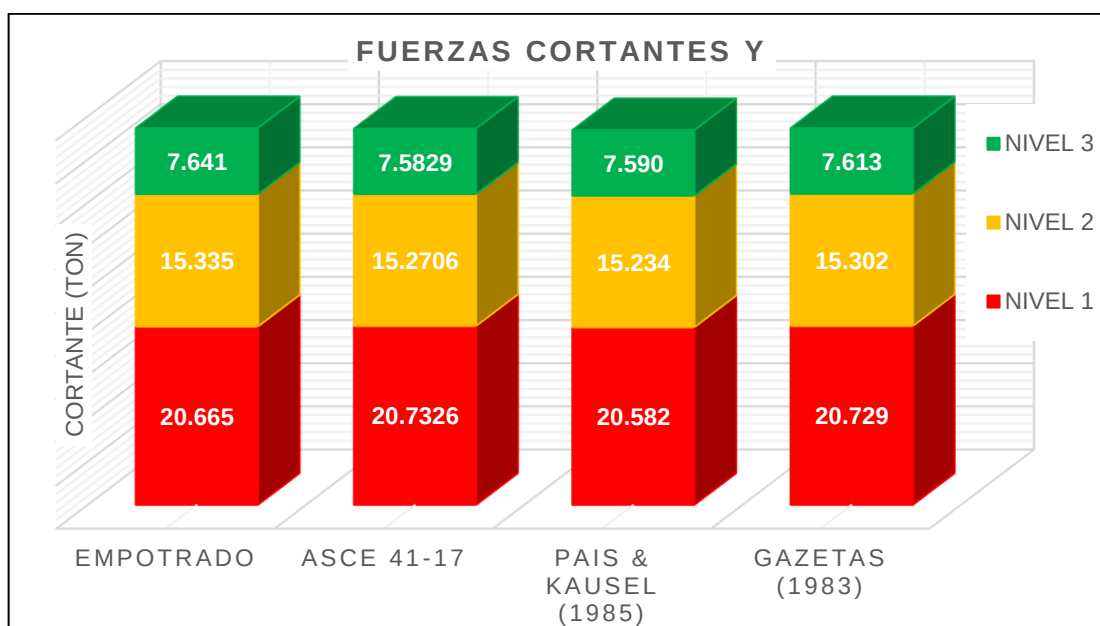


Figura 73. Fuerzas cortantes X (vivienda de 03 niveles).

Las fuerzas cortantes se distribuyen en todos los niveles de la estructura, el nivel 3 tiene una concentración mayor a comparación de niveles superiores sin embargo en modelos flexibles con interacción suelo-cimiento-estructura los comportamientos son similares los incrementos a comparación de la base empotrada son mínimas 0.33%, 0.40% y 0.30% en Y, en la dirección X presentan comportamientos similares.

Tabla 83.

Fuerzas cortantes en la dirección X (vivienda 05 niveles).

PISO	CASOS DE CARGA	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA			
		EMPOTRADO	ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)	
		VX (Ton)	VX (Ton)	VX (Ton)	VX (Ton)	
NIVEL 5	SISMO SSX	12.501	12.4026	12.529	12.589	
NIVEL 4	SISMO SSX	24.570	24.6074	24.558	24.759	
NIVEL 3	SISMO SSX	33.691	33.9417	33.697	34.017	
NIVEL 2	SISMO SSX	39.902	40.5037	40.032	40.573	
NIVEL 1	SISMO SSX	43.211	44.3762	43.606	44.438	

Nota: Fuente, elaboración propia.

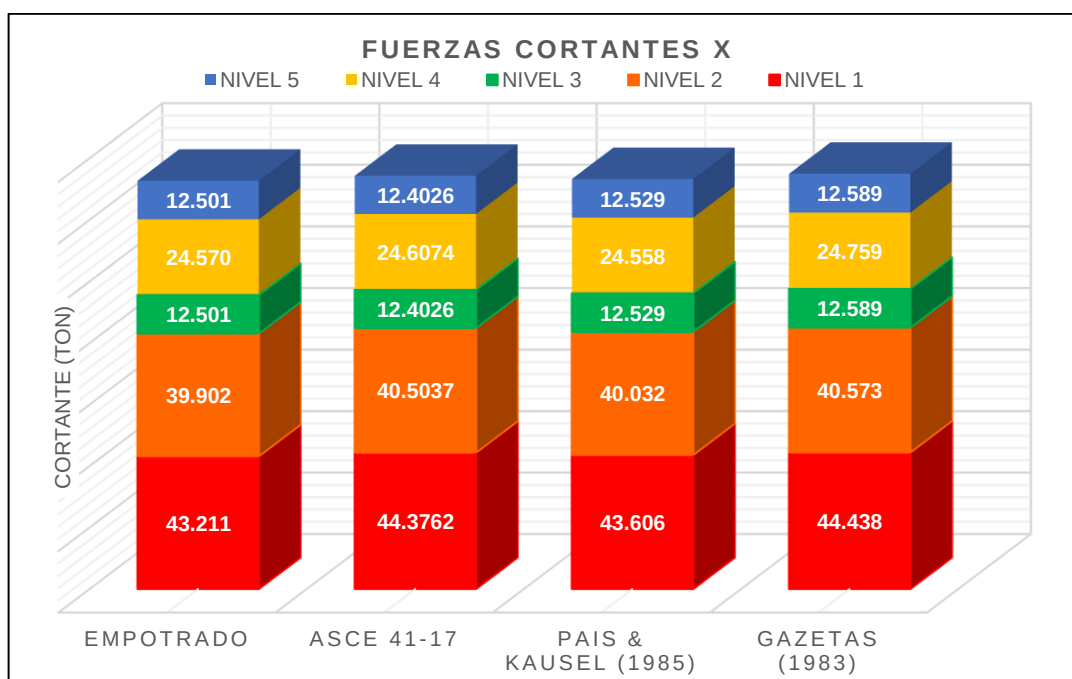


Figura 74. Fuerzas cortantes X (Vivienda de 05 niveles).

Tabla 84.

Fuerzas cortantes en la dirección "Y" (vivienda 05 niveles).

PISO	CASOS DE CARGA	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA		
			ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
			VY (Ton)	VY (Ton)	VY (Ton)
NIVEL 5	SISMO SSY	12.083	11.9335	11.971	12.185
NIVEL 4	SISMO SSY	24.374	24.3412	24.143	24.525
NIVEL 3	SISMO SSY	33.993	34.1969	33.752	34.248
NIVEL 2	SISMO SSY	40.747	41.3757	40.668	41.349
NIVEL 1	SISMO SSY	44.419	45.7635	44.742	45.628

Nota: Fuente, elaboración propia.

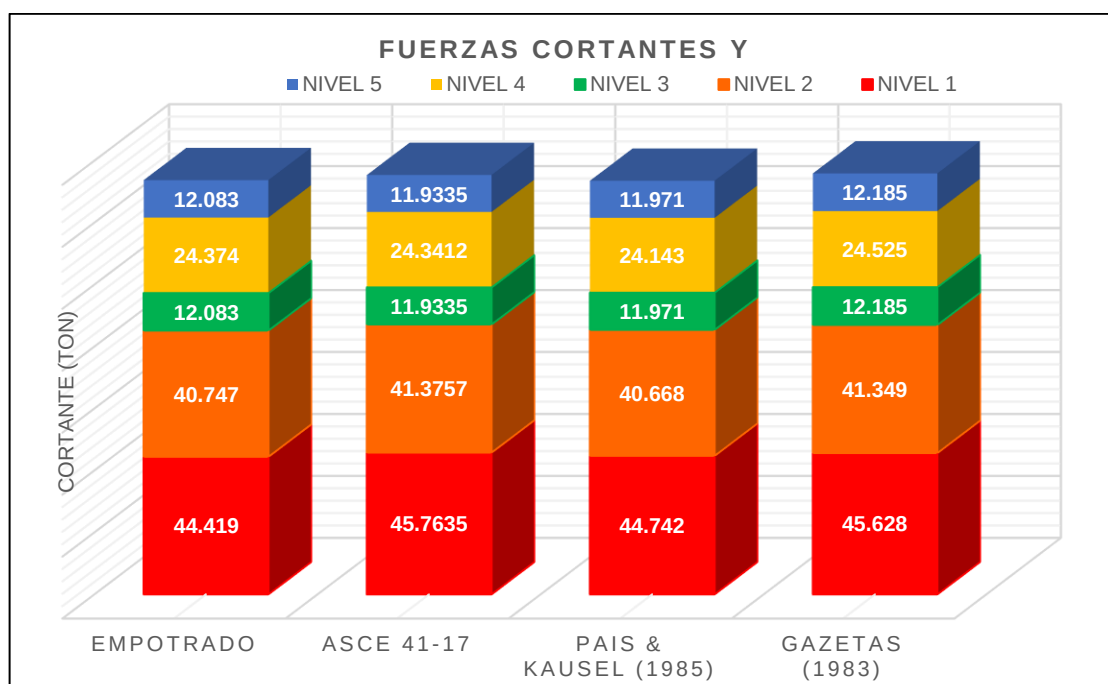


Figura 75. Fuerzas cortantes "Y" (vivienda de 05 niveles).

La distribución de fuerzas cortantes se observa en la **Tabla 83 y Tabla 84**, en la dirección X incrementan en 1.16, 0.395 y 1.27ton estos expresados en porcentajes 2.69%, 0.9% y 2.83%. En la dirección Y también incrementan en 1.34, 3.32 y 1.21ton estos expresados en porcentajes representan 3.02%, 7.48% y 2.72% con respecto a la base empotrada, los resultados incrementales están comparadas en base al primer nivel por su presencia de mayor cantidad de fuerzas cortantes. Las **Figura 74 y Figura 75** muestran el comportamiento de cada fuerza cortante en direcciones X y Y tanto en base empotrada y modelos flexibles con interacción suelo-cimiento-estructura.

4.3.5. Momento de volteo

En las tablas siguientes se muestran los momentos de volteo para cada uno de los modelos analizados.

Tabla 85.
Momentos en la dirección "X" (vivienda 03 niveles).

NIVEL	CASOS DE CARGA	BASE EMPOTRADA MX(Ton)	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO-ESTRUCTURA		
			ASCE 41-17 MX(Ton)	PAIS & KAUSEL (1985) MX(Ton)	GAZETAS (1983) MX(Ton)
NIVEL 3	SISMO SSX	20.632	20.4737	20.492	20.555
NIVEL 2	SISMO SSX	61.873	61.5588	61.467	61.719
NIVEL 1	SISMO SSX	139.376	139.3507	138.669	139.484

Nota: Fuente, elaboración propia.

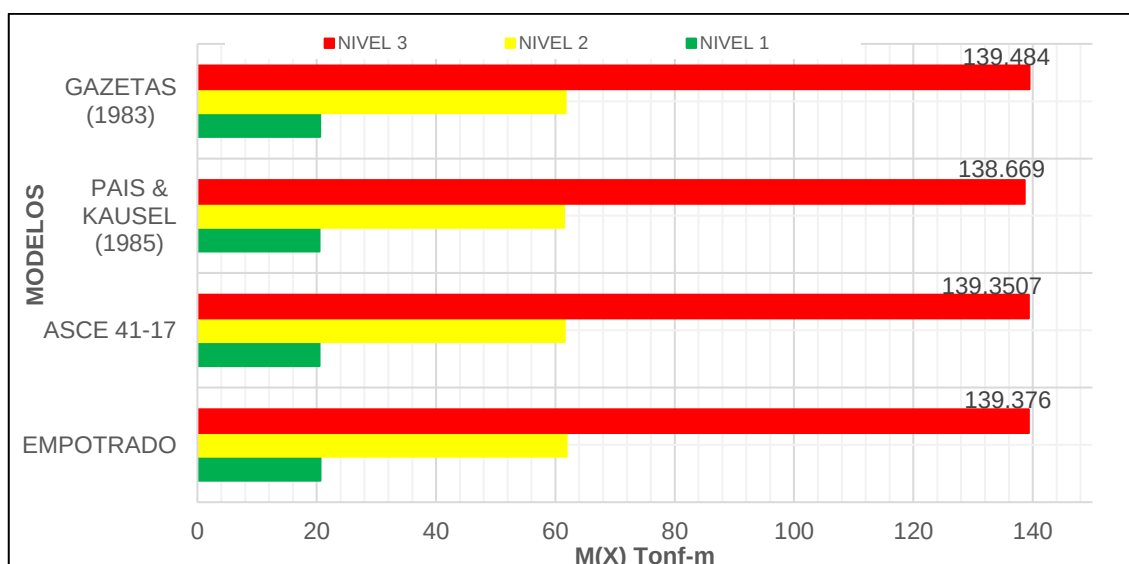


Figura 76. Momentos de volteo n "X" (vivienda de 03 niveles).

Tabla 86.

Momentos en la dirección Y (vivienda 03 niveles).

PISO	CASOS DE CARGA	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO- ESTRUCTURA		
			ASCE 41- 17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
			MY(Ton)	MY(Ton)	MY(Ton)
NIVEL 3	SISMO SSY	22.142	22.1003	22.078	22.050
NIVEL 2	SISMO SSY	63.628	63.6171	63.440	63.601
NIVEL 1	SISMO SSY	137.844	138.2359	137.540	138.499

Nota: Fuente, elaboración propia.

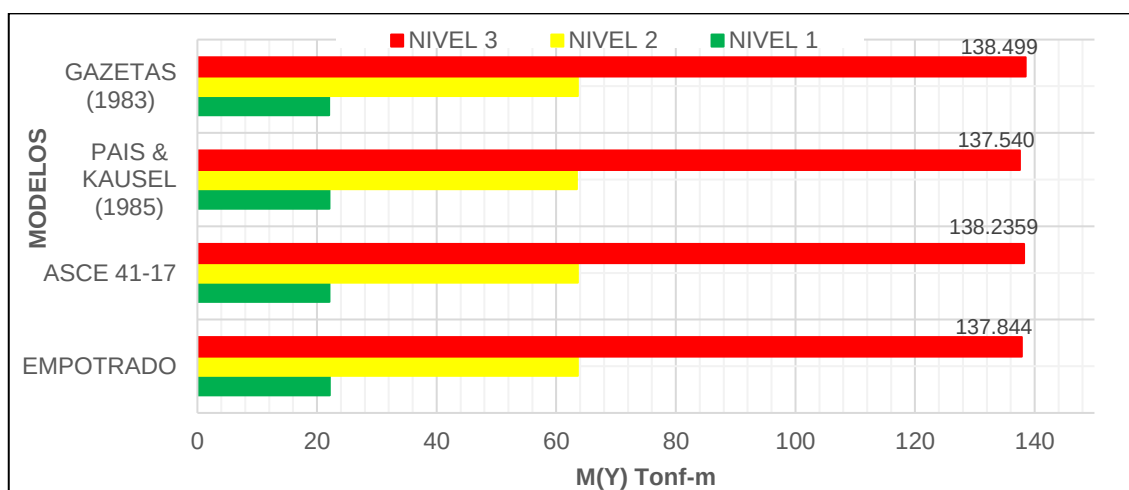


Figura 77. Momentos de volteo en "Y" (vivienda de 03 niveles).

La **Tabla 85** y **Tabla 86** muestran el comportamiento de cada uno de los modelos analizados, en X los modelos ACSE y PAIS & KAUSEL reducen 0.02% sin embargo, GAZETAS incrementa 0.07% son valores mínimos de diferencia.

En la dirección Y los valores cambian en base al modelo empotrado, el modelo ASCE y GAZETAS suben un porcentaje mínimo y PAIS & KAUSEL disminuye de la misma forma

en porcentajes inferiores al 1% en las figuras se puede observar el comportamiento de cada uno de ellos.

Tabla 87.
Momentos en la dirección en "X" (vivienda de 05 niveles).

NIVEL	CASOS DE CARGA	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO- ESTRUCTURA		
			ASCE 41- 17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
			MX(Ton)	MX(Ton)	MX(Ton)
NIVEL 5	SISMO SSX	32.624	32.2205	32.323	32.899
NIVEL 4	SISMO SSX	97.832	97.5157	96.911	98.111
NIVEL 3	SISMO SSX	188.404	188.8631	186.869	189.339
NIVEL 2	SISMO SSX	296.603	298.9805	294.846	299.105
NIVEL 1	SISMO SSX	476.026	484.0416	475.463	483.201

Nota. Fuente, elaboración propia.

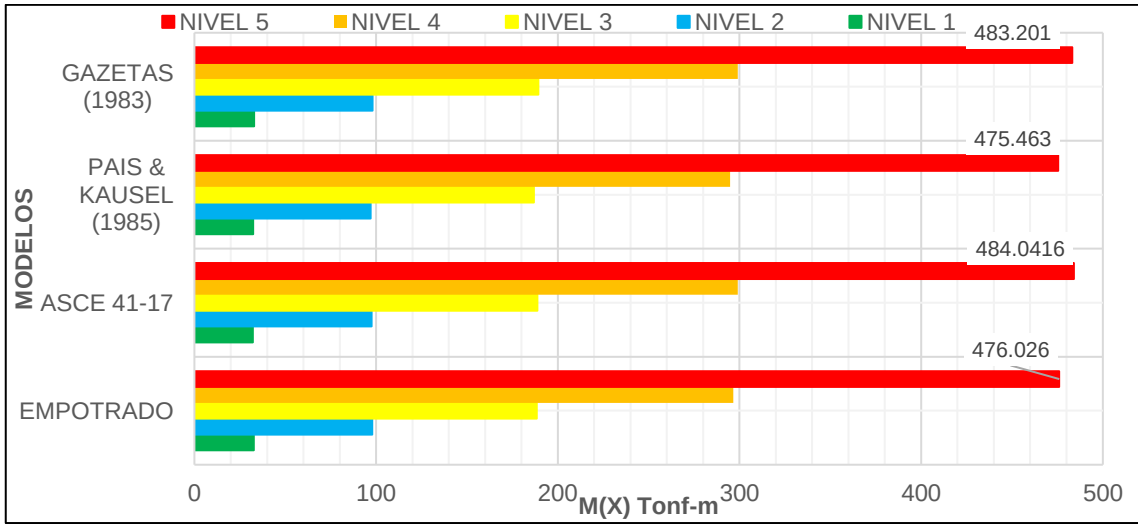


Figura 78. Momentos de volteo en "X" (vivienda de 05 niveles).

Tabla 88.
Momentos en la dirección en "Y" (vivienda de 05 niveles).

PISO	CASOS DE CARGA	BASE EMPOTRADA	CON INTERACCIÓN SUELO-CIMIENTO- ESTRUCTURA		
			ASCE 41-17	PAIS & KAUSEL (1985)	GAZETAS (1983)
			MY(Ton)	MY(Ton)	MY(Ton)
NIVEL 5	SISMO SSY	33.754	33.487	33.828	33.990
NIVEL 4	SISMO SSY	99.373	99.3755	99.334	99.822
NIVEL 3	SISMO SSY	188.879	189.7578	188.832	190.218
NIVEL 2	SISMO SSY	294.469	297.1524	294.689	297.585
NIVEL 1	SISMO SSY	468.499	476.0236	470.089	476.365

Nota: Fuente, elaboración propia.

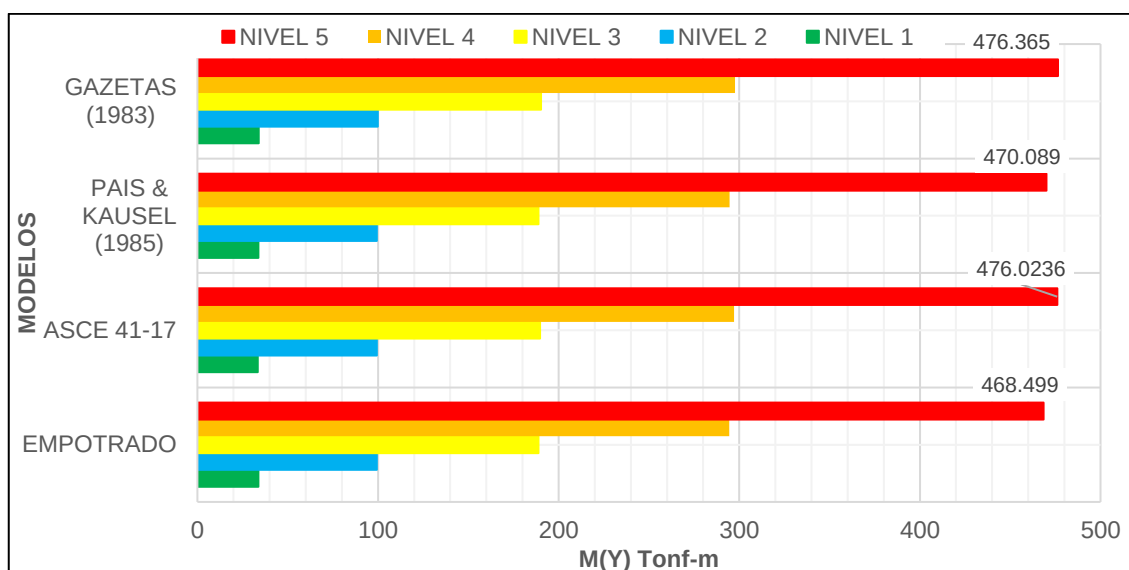


Figura 79. Momentos de volteo en "Y" (vivienda de 05 niveles).

Los momentos de volteo de los modelos flexibles para la vivienda de 05 niveles incrementan en ambas direcciones considerablemente a comparación del modelo empotrado, en la dirección X los modelos ASCE y GAZETAS incrementaron 1.68% y 1.51% mientras el modelo PAIS & KAUSEL disminuyó 0.2%. En la dirección Y todos los modelos flexibles incrementaron ASCE 1.62%, PAIS & KAUSEL 0.34% y GAZETAS 1.68%, la comparación se hizo en el primer nivel ya que presenta el mayor porcentaje de momentos a comparación de niveles superiores. En la **Figura 78** y **Figura 79** se visualizan los comportamientos de cada uno de los modelos analizados.

4.3.6. Diseño de cimentaciones con SAFE y Manual.

En la **Tabla 89** se muestran los resultados obtenidos del software SAFE v.16 y Manual por el método Winkler, de los cuales se determinó los desplazamientos (asentamientos) máximos y las verificaciones de las presiones máximas que ejerce el suelo a la zapata, dicho cálculo se determinó para cada uno de los autores mencionados.

Tabla 89.

Resultado de desplazamientos y presiones del suelo.

Autores	VESIC		TERZAGUI		KLEPIKOV		MORRISON		SPT	
	Método SAFE 2016	Método Winker Manual	Método SAFE 2016	Método Winker Manual	Método SAFE 2016	Método Winker Manual	Método SAFE 2016	Método Winker Manual	Método SAFE 2016	Método Winker Manual
Balasto kg/cm3	Kv=0.857		KT=0.278		Kk=0.746		KM=2.002		Kspt=1.897	
Despl. (mm)	8.079	6.578	10.999	20.028	9.264	7.539	3.526	2.884	3.714	3.037
P (kg/cm2)	0.692	0.564	0.69	0.56	0.691	0.563	0.706	0.577	0.705	0.576

Nota: Fuente, elaboración propia.

De igual manera se verificó los cálculos de momento flector y la distribución de acero para una zapata de 2.50x2.50x0.45m, en el cual el momento flector está en función del coeficiente de balasto, entonces, los resultados se muestran en la **Tabla 90** con sus respectivas variaciones en porcentajes.

Tabla 90.

Cálculo de momento flector y la distribución de los aceros.

Autores	VESIC		TERZAGUI		KLEPIKOV		MORRISON		SPT	
Método	SAFE 2016	Método Winker Manual	SAFE 2016	Método Winker Manual	SAFE 2016	Método Winker Manual	SAFE 2016	Método Winker Manual	SAFE 2016	Método Winker Manual
Balasto kg/cm ³	Kv=0.857		KT=0.278		Kk=0.746		KM=2.002		Kspt=1.897	
M (ton/m)	12.79	12.133	12.82	12.208	12.8	12.147	12.66	11.987	12.67	12.000
As G60	11@22cm	11@22cm	11	11	11	11	11	11	11	11
%	5.1%		4.8%		5.1%		5.3%		5.3%	

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.4 Diseño de cimentaciones

4.4.1. Verificación de asentamientos en el diseño de zapata aislada y losa

4.4.1.1. Asentamiento en zapatas aisladas para 03 niveles

Terzagui y Peck (1967) menciona que “no es practica una estimación precisa del asentamiento, porque existen numerosos factores a ser considerados (características del suelo, tamaño de cimiento, profundidad de cimentación, ubicación del nivel freático, etc).

(Alva H., 2016) Considera que “generalmente se establecen relaciones entre la distorsión máxima y el asentamiento diferencial máximo, luego se tiene relaciones entre asentamiento diferencial máximo y el asentamiento máximo de una zapata. Usualmente se considera para zapatas de edificios comerciales un asentamiento total admisible de 2.54cm”.

Donde; el asentamiento o deflexiones en los cimientos, es generado por las cargas actuantes, verificadas en el software CSI Safe V.16.

Tabla 91.

Verificación de asentamientos en cada una de los cimientos.

Zapata	Ancho	Largo	Asentamiento (mm)	Asentamiento máximo	Verificación
Z-01	1.5	1.5	3.46	25.4	CUMPLE
Z-02	2.8	1.5	2.84	25.4	CUMPLE
Z-03	1.5	1.5	4.46	25.4	CUMPLE
Z-04	1.5	2.5	3.79	25.4	CUMPLE
Z-05	2.5	2.5	2.42	25.4	CUMPLE
Z-06	1.5	2.5	2.91	25.4	CUMPLE
Z-07	1.5	2.5	3.18	25.4	CUMPLE
Z-08	2.5	2.5	2.55	25.4	CUMPLE
Z-09	1.5	2.5	3.94	25.4	CUMPLE
Z-10	1.5	2.5	4.08	25.4	CUMPLE
Z-11	2.5	2.5	2.58	25.4	CUMPLE
Z-12	1.5	2.5	3.28	25.4	CUMPLE
Z-13	1.5	1.5	3.65	25.4	CUMPLE
Z-14	2.8	1.5	3.12	25.4	CUMPLE
Z-15	1.5	1.5	4.56	25.4	CUMPLE

Nota: Fuente, elaboración propia.

Los asentamientos fueron obtenidos por el método Winkler que está en función de la carga actuante versus el coeficiente de balasto, como se muestra en la **Figura 80**, variación de asentamientos, donde los asentamientos son mayores en las zapatas esquineras que las centrales, esto es causada por la carga concentrada en la esquina, en cambio las zapatas centrales sus deflexiones son menores, ya que la zapata central recibe la carga en el centro de la cimentación y es por ello las deflexiones son menores.

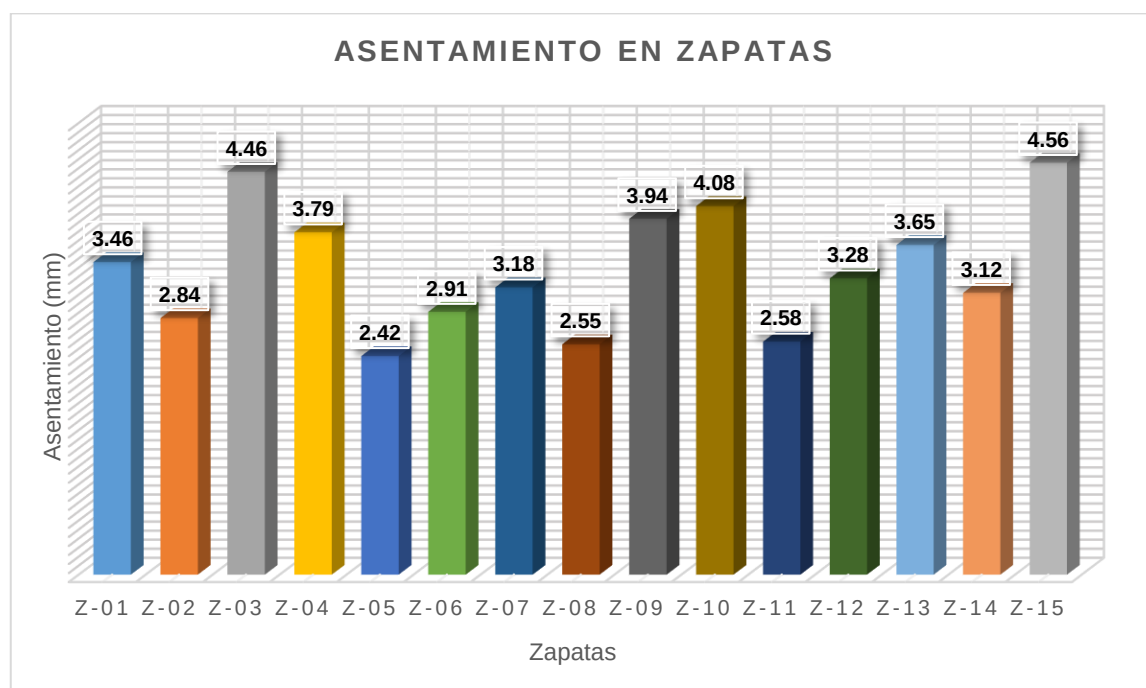


Figura 80. Variación de asentamiento en cada uno de los cimientos.

4.4.1.2. Asentamiento en losa de cimentación para 05 niveles

Tabla 92.

Verificación de asentamiento en losa de cimentación para 05 niveles.

Ancho	Largo	Asentamiento máximo (mm)	Asentamiento Permisible (mm)	Verificación
7.00	15.00	4.57	25.40	CUMPLE
7.00	15.00	4.20	25.40	CUMPLE
7.00	15.00	4.25	25.40	CUMPLE
7.00	15.00	4.39	25.40	CUMPLE
7.00	15.00	4.80	25.40	CUMPLE
7.00	15.00	4.16	25.40	CUMPLE
7.00	15.00	2.30	25.40	CUMPLE
7.00	15.00	1.98	25.40	CUMPLE

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.4.2. Verificación de presiones en el diseño de zapatas y losa de fundación

4.4.2.1. Presiones en zapatas aisladas para 03 niveles

La distribución de presiones en el contacto fundación-suelo, se calcula teniendo el módulo de balasto proporcional al asentamiento en cada uno de los nodos. Las presiones son parámetro que tiene que verificarse en el diseño de los cimientos donde la capacidad admisible del suelo será mayor que las presiones del contacto mostrados en la **Tabla 93**.

Tabla 93.

Verificación de presiones en el contacto de los cimientos.

Zapata	Ancho	Largo	Presiones (kg/cm ²)	Qadm (0.889kg/cm ²)	Verificación
Z-01	1.5	1.5	0.630	0.889	CUMPLE
Z-02	2.8	1.5	0.536	0.889	CUMPLE
Z-03	1.5	1.5	0.799	0.889	CUMPLE
Z-04	1.5	2.5	0.673	0.889	CUMPLE
Z-05	2.5	2.5	0.403	0.889	CUMPLE
Z-06	1.5	2.5	0.535	0.889	CUMPLE
Z-07	1.5	2.5	0.574	0.889	CUMPLE
Z-08	2.5	2.5	0.454	0.889	CUMPLE
Z-09	1.5	2.5	0.701	0.889	CUMPLE
Z-10	1.5	2.5	0.722	0.889	CUMPLE
Z-11	2.5	2.5	0.460	0.889	CUMPLE
Z-12	1.5	2.5	0.591	0.889	CUMPLE
Z-13	1.5	1.5	0.648	0.889	CUMPLE
Z-14	2.8	1.5	0.564	0.889	CUMPLE
Z-15	1.5	1.5	0.866	0.889	CUMPLE

Nota: Fuente, elaboración propia.

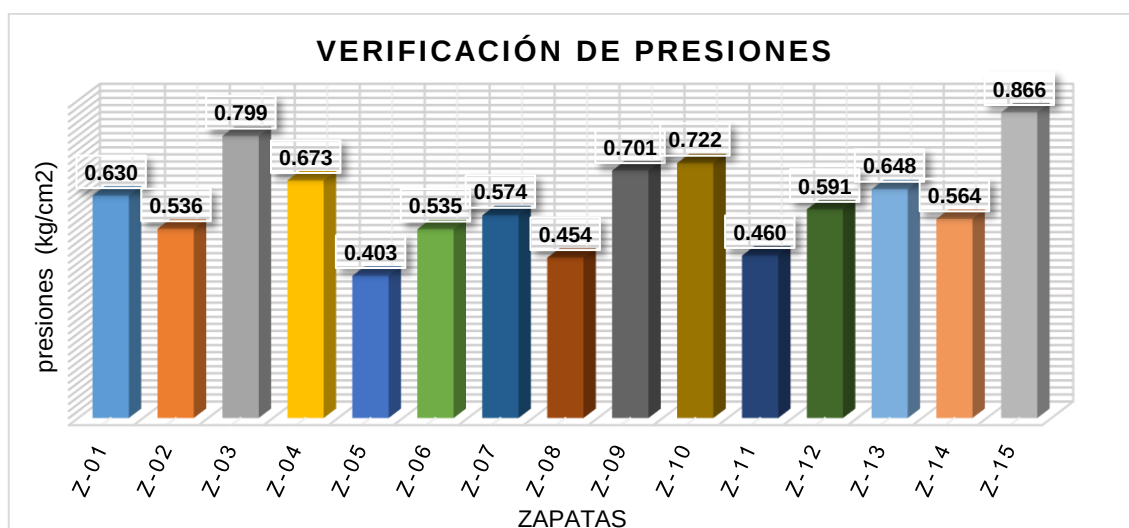


Figura 81. Verificación de presiones del contacto con el suelo.

De igual manera en la **Figura 81** se presentan los valores de presiones del suelo, las zapatas (Z-03 y Z-15) que figuran con valores considerables 0.799kg/cm² y 0.866kg/cm². Seguidamente, los cimientos (Z-05, Z-08 y Z-11) son zapatas centrales que tienen valores 0.403kg/cm², 0.454kg/cm² y 0.460kg/cm²; prácticamente inferiores de los cimientos esquineras. Sin embargo, cumpliendo los requisitos (presión del suelo < Capacidad admisible del suelo) se empezara con el diseño correspondiente.

4.4.2.2.Presiones en losa de cimentación para 5 niveles

Tabla 94.

Verificaciones de presiones en losa de cimentación.

Ancho	Largo	Presiones (kg/cm ²)	Qadm (0.889kg/cm ²)	Verificación
7.00	15.00	0.876	0.889	CUMPLE
7.00	15.00	0.795	0.889	CUMPLE
7.00	15.00	0.789	0.889	CUMPLE
7.00	15.00	0.833	0.889	CUMPLE
7.00	15.00	0.785	0.889	CUMPLE
7.00	15.00	0.872	0.889	CUMPLE
7.00	15.00	0.437	0.889	CUMPLE
7.00	15.00	0.361	0.889	CUMPLE

Nota: Fuente, elaboración propia.

En la **Tabla 94** se muestran la verificación de presiones para losa de cimentación de 5 niveles, en el cual, los seis primeros que pertenecen a presiones en bordes de la cimentación y luego los dos últimos en la parte central de la losa. Asimismo, cumplen los requisitos donde la verificación de presiones debe ser menor a la capacidad admisible del suelo.

4.4.3. Resultados de zapatas aisladas y losa de cimentación

4.4.3.1. Resumen de zapatas aisladas para 03 niveles

Tabla 95.

Distribución de acero en ejes X y Y.

Zapata	Ancho	Largo	Momento Máximo		Distribución de acero	
			X (ton*m)	Y (ton*m)	X (ton*m)	Y (ton*m)
Z-11	2.5	2.5	6.33	6.33	11#5	11#5
Z-12	1.5	2.5	7.44	2.9	11#5	7#5
Z-13	1.5	1.5	5.76	-4.52	7#5	7#5
Z-14 y 15	4.325	1.5	5.28	-10.44	7#5	19#5

Nota: Fuente, elaboración propia

El diseño de zapatas aisladas para 3 niveles consiste en cuatro tipos de cimientos de acuerdo a la *Tabla 95*, en el cual, consta para cimiento central (Z-11), lateral (Z-12), Esquinera (Z-13) y combinadas (Z-14 y Z-15).

4.4.3.2. Resumen losa de cimentación para 05 niveles

Tabla 96.

Diseño de losa por franjas en dirección "Y".

Franjas	Largo	Ancho	Momento (-)	Momento (+)	Distribución de acero	
			Y (ton*m)	Y (ton*m)	As G60 (-)	As G60 (+)
Franja 01	15.00	116.88	-12.9	14.97	5	6
Franja 02	15.00	193.75	-16.55	2.85	8	8
Franja 03	15.00	165.00	-16.82	13.63	7	7
Franja 04	15.00	136.25	-13.34	4.37	6	5
Franja 05	15.00	88.13	-10.21	12.56	4	5

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 97.

Diseño de losa por franjas en dirección "X".

Franjas	Largo	Ancho	Momento (-)	Momento (+)	Distribución de acero	
			X (ton*m)	X (ton*m)	As G60 (-)	As G60 (+)
Franja 01	7.00	111.75	-11.05	4.05	5	4
Franja 02	7.00	193.50	-14.68	0	8	8
Franja 03	7.00	159.25	-14.57	2.81	6	6
Franja 04	7.00	125.00	-12.77	3.68	6	5
Franja 05	7.00	176.25	-16.83	2.63	7	7
Franja 06	7.00	227.50	-18.37	0	9	9
Franja 07	7.00	208.25	-17.36	7.04	8	8
Franja 08	7.00	189.00	-13.67	0	8	7
Franja 09	7.00	109.50	-10.71	4.5	5	4

Nota: Fuente, elaboración propia.

En las *Tabla 96* y *Tabla 97* se detallan los aceros superiores (negativos) e inferiores (positivos) para cada franja de la losa de fundación, considerando los procesos

constructivos la distribución de acero será en toda la losa de fundación uniforme (considerando la losa como una sola franja de diseño). Los planos de los diseños se detallan en los planos adjuntados en los anexos.

4.5 Prueba de hipótesis

Hernández et. al (2014) puntualizan que “las hipótesis, en el enfoque cuantitativo, se someten a prueba en la realidad cuando se implementa un diseño de investigación, se recolectan datos con uno o varios instrumentos de medición, y se analizan e interpretan esos mismos datos”.

Para las pruebas de hipótesis se trabajaron en base a la hipótesis planteado en la investigación, están basados específicamente en los análisis de muestra de una población y la teoría de la probabilidad el uso de esta es determinante para la validación o rechazo de una hipótesis.

Moya y Saravia (2007) mencionan que “la prueba de hipótesis estadística es quizás el área más importante de la teoría de decisión. Por lo mismo es una regla que cuando los valores experimentales son observados nos conducen a una decisión de no rechazar (aceptar) o rechazar la hipótesis bajo consideración”. Para ello plantea seguir procedimientos que vienen a continuación:

Primer Paso: Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alterna.

Segundo Paso: Seleccionar el nivel de significancia.

Tercer Paso: Identificar o seleccionar el estadístico de prueba.

Cuarto Paso: Formular la regla de decisión.

Quinto Paso: Tomar una decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula.

En el presente proyecto se siguen los mismos procedimientos para la hipótesis planteada.

4.5.1. Primer Paso: Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alternativa

Para la validación de la hipótesis planteamos la nula y la alternativa, los cuales ya han sido planteado en la formulación de la hipótesis una de ellas y la otra se plantea en esta parte del proyecto.

Hipótesis Nula.- Es la hipótesis que se ha planteado en el proyecto y es la que se quiere probar. “Los suelos que presentan la urbanización los Ángeles de Miraflores son de baja

capacidad portante con valores menores de 1.0kg/cm^2 y contienen sales en sus propiedades químicas”.

Se denota $H_0 < 1.0\text{kg/cm}^2$

Hipótesis Alternativa.- Es la hipótesis que se acepta cuando la hipótesis nula es rechazada. “Los suelos de la urbanización los Ángeles de Miraflores presentan suelos con buena resistencia mayores a 1.0 kg/cm^2 ”

Se denota $H_1 > 1.0\text{kg/cm}^2$

4.5.2. Segundo Paso: Seleccionar el nivel de significancia

Para la validación de la hipótesis planteamos la nula y la alternativa, los cuales ya han sido planteado en la formulación de la hipótesis una de ellas y la otra se plantea en esta parte del proyecto.

Hernández et. al (2010) mencionan que “el nivel de significancia también denominado como nivel alfa (α), representa un nivel de la probabilidad de equivocarse” es decir un valor de acierto que fija el proyectista o investigador respecto a no equivocarse.

En los análisis de la población de estudio, para determinar la muestra se usó el 90% de confianza y 10% de error por ende para validar la hipótesis también se opta por ese mismo valor, aunque algunos investigadores toman parámetros de 1-5% esto depende de la cantidad de población de estudio y su magnitud, para el proyecto serán 0.90 y 0.10 para generalizar sin temor.

4.5.2.1. Tipos de errores

Hernández et. al (2014) indica que “nunca estaremos completamente seguros de nuestra estimación. Trabajamos con altos niveles de confianza o seguridad, pero, aunque el riesgo es mínimo, podría cometerse un error”. Los resultados posibles al probar la hipótesis son:

- ✓ Aceptar una hipótesis verdadera (decisión correcta).
- ✓ Rechazar una hipótesis falsa (decisión correcta).
- ✓ Aceptar una hipótesis falsa (conocido como error del tipo II o error beta).
- ✓ Rechazar una hipótesis verdadera (conocido como error del tipo I o error alfa).

Ambos tipos de error son indeseables; sin embargo, puede reducirse sustancialmente la posibilidad de que se presenten mediante:

- ✓ Muestras probabilistas representativas.
- ✓ Inspección cuidadosa de los datos.
- ✓ Selección de las pruebas estadísticas apropiadas.
- ✓ Mayor conocimiento de la población.

A continuación, se muestra las posibilidades de acierto correctas e incorrectas.

		Decisiones con respecto a H_0	
		Se acepta	Se rechaza
Hipótesis nula	Verdadera	Decisión correcta	Error Tipo I
	Falsa	Error Tipo II	Decisión correcta

4.5.3. Tercer Paso: Seleccionar el estadístico de prueba

Apaza Y. (2017) deduce que “Hay dos tipos de pruebas estadísticas: Los análisis paramétricos y los no paramétricos. Cada tipo posee sus características y presuposiciones que lo sustentan; la elección de qué clase de análisis efectuar depende de los supuestos. De igual forma, cabe destacar que en una misma investigación es posible llevar a cabo análisis paramétricos para algunas hipótesis y variables, y análisis no paramétricos para otras”.

Dentro de las cuales las más utilizadas son:

- ✓ Coeficiente de correlación de Pearson y regresión lineal.
- ✓ Prueba t.
- ✓ Prueba de contraste de la diferencia de proporciones.
- ✓ Análisis de varianza unidireccional (ANOVA en un sentido).
- ✓ Análisis de varianza factorial (ANOVA).
- ✓ Análisis de covarianza (ANCOVA).

4.5.4. Cuarto Paso: Formular la regla de decisión

Según Mendenhall, Beaver y Beaver (2010) indica que “todo el conjunto de valores que pueda tomar el estadístico de prueba se divide en dos conjuntos o regiones. Un conjunto, formado de valores que apoyan la hipótesis alterna y llevan a rechazar la hipótesis nula a la 135 cual se denomina *región de rechazo*. El otro formado de valores que apoyan la hipótesis nula, recibe el nombre de *región de aceptación*; entonces se tiene las dos siguientes condiciones”:

- ✓ Si el estadístico de prueba cae en la región de rechazo, entonces se rechaza la hipótesis nula.
- ✓ Si el estadístico de prueba cae en la región de aceptación, entonces la hipótesis nula se acepta.

El valor crítico es el punto de división que separa las regiones de rechazo y aceptación, esto debe ser establecido.

4.5.5. Quinto Paso: Tomar la decisión final

Es el último paso donde se realiza una comparación de hipótesis planteada y los resultados del análisis del proyecto.

4.6 Prueba de hipótesis del proyecto

Moya y Saravia (2007), enseñan que para analizar la prueba de dos muestras que no están relacionadas o sean independientes, se puede usar el estadístico de prueba de la DIFERENCIA ENTRE DOS MEDIAS POBLACIONALES. Esta prueba se aplica para decidir si existe o no una diferencia significativa entre las medias de dos poblaciones (dos grupos de datos obtenidos).

En la siguiente tabla se muestran resultados de la capacidad portante del suelo y lo mencionado en la hipótesis.

Tabla 98.

Resultados de capacidad portante del suelo y valores de la hipótesis planteada.

MUESTRA	Capacidad Portante del Suelo (kg/cm ²)	Capacidad Portante Planteada en la Hipótesis (kg/cm ²)
P-1	0.981	1.0
P-2	0.984	1.0
P-3	0.984	1.0
P-4	1.047	1.0
P-5	0.924	1.0
P-6	1.016	1.0
P-7	0.963	1.0
Promedio Muestral X		0.986

Nota: Fuente, elaboración propia.

De acuerdo con los resultados en la **Tabla 98** procedemos a calcular la desviación estándar para el cálculo del error estándar:

Para los cálculos del promedio muestral y la varianza muestral se calcula a partir de la siguiente ecuación detallada por Moya y Saravia (2007).

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X^1}{n}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n}$$

De las ecuaciones anteriores tenemos los resultados en las siguientes tablas para las dos variables (la primera resultados y la segunda mencionadas en la hipótesis). La Primera es la variable A que trabaja con los resultados del proyecto.

Tabla 99.
Muestra de la primera variable "A".

MUESTRA	Capacidad Admisible		
	X_i	$X - X_i$	$(X - X_i)^2$
P-1	0.981	0.005	0.0000250
P-2	0.984	0.002	0.0000040
P-3	0.984	0.002	0.0000040
P-4	1.047	-0.061	0.0037210
P-5	0.924	0.062	0.0038440
P-6	1.016	-0.030	0.0009000
P-7	0.963	0.023	0.0005290
Promedio Muestral X		0.986	
Varianza Muestral S		0.001	

Nota. Fuente, elaboración propia.

Teniendo los valores de cada punto o cada ensayo la desviación estándar se calculó de acuerdo a los propuestos por Moya y Saravia (2007).

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n} \quad S = 0.372$$

Con la desviación estándar calculamos el error estándar de la siguiente forma:

$$\hat{\sigma}_{\hat{x}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} = 0.152$$

La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que es una prueba de hipótesis bilateral o prueba de dos colas. Por lo tanto, la hipótesis nula se rechaza cuando cumplen las siguientes condiciones. (Moya y Saravia, 2007)

$$t < -t_{\frac{\alpha}{2}} \text{ o } t > t_{\frac{\alpha}{2}}$$

Para el siguiente proyecto de investigación la población es menor que 30 con varianzas poblacionales por ende utilizaremos la distribución de T, con $n_1 - 1 = 6$ grados de libertad los cuales se muestran en la siguiente tabla.

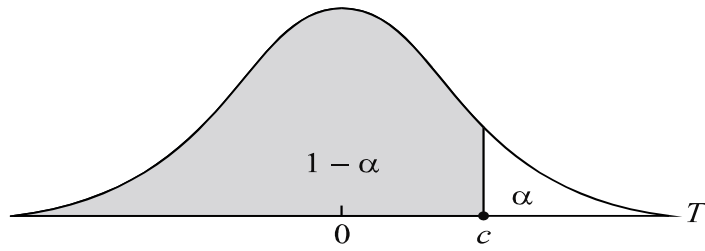


Figura 82. Ilustración de la tabla siguiente y sus datos.

Tabla 100.

Tabla de *T* de student

<i>r</i>	<i>1 - a</i>							
	0.05	0.80	0.85	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995
1	6.313	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	2.92	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	2.353	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	2.131	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	2.015	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.943	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.894	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.859	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.833	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.8125	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169

Nota. Tomada de probabilidad e inferencia estadística, Moya y Saravia 2007.

El valor crítico de la siguiente tabla es obtenida bajo un nivel de significancia de 0.10 y 6 grados de libertad las cuales quedan definidos a continuación.

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = t_{\frac{0.1}{2}} = t_{0.05} = -1.943$$

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = t_{\frac{0.1}{2}} = t_{0.05} = 1.943$$

Calculamos el valor de la media muestral de compensación de la siguiente forma:

$$t = \frac{\bar{X} - H_0}{\hat{\sigma}_{\bar{x}_i}} = -0.092$$

$$-0.092 > -1.943 \quad \text{ó} \quad -0.092 < 1.943$$

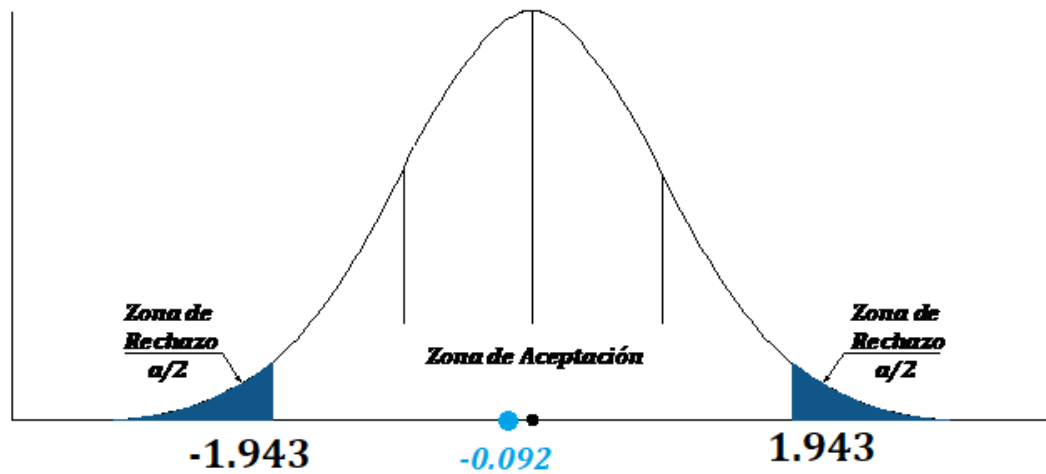


Figura 83. Zona de aceptación y rechazo de la hipótesis.

En la Figura 83 observamos que la $t = -0.092$ no cae en la zona de rechazo por ende la hipótesis nula no se rechaza, por lo tanto la afirmación de la hipótesis mencionada en la formulación de hipótesis coincide y guarda relación con los resultados, las capacidades portantes de los suelos efectivamente son bajas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se determinaron las características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la urbanización Los Ángeles de Miraflores, los ensayos empleados para determinar las propiedades mecánicas fueron ensayos de penetración estándar (SPT) y la extracción de muestras para el análisis físico-químico. Los resultados de los ensayos son: Capacidad portante del suelo, límites de consistencia, densidad relativa, ángulo de fricción, contenido de humedad y clasificación de suelos, de la misma forma se analizaron los contenidos de sulfatos, cloruros, Ph y conductividad eléctrica. Los suelos predominantes en la urbanización son 30.73% gravas, 65.58% arenas, y 3.68% de finos.

El contenido de componentes químicos dio como resultado: contenido promedio de sulfatos 174.29ppm a comparación de la norma peruana E.060 máximo 150ppm, cloruros 613.96ppm superiores a los límites permisibles de la norma ACI-201 300ppm. El agua analizada en el subsuelo llegó a un Ph 7.5, conductividad eléctrica 15.86, cloruros 4936.03ppm, sulfatos 360ppm y solidos disueltos totales 8.02g/l de los cuales comparando con las normativas están por encima de los límites permisibles por ende no se podrá usar para fines constructivos. De acuerdo a lo resultados obtenidos en los cimientos tendrá que emplearse cementos resistentes a sulfatos y cloruros debido a su excesiva presencia en la urbanización.

Se realizaron los análisis empleando modelos flexibles con interacción suelo-cimiento-estructura, los comportamientos a comparación de una base empotrada son distintos porque la flexibilidad del suelo hace que haya mayor desplazamiento y los periodos fundamentales incrementan de la misma forma, la distribución de fuerzas cortantes y momentos de volteo se ven reflejados de una mejor forma, las secciones de las columnas aumentan para la vivienda de 05 niveles y es necesario la incorporación de placas o muros estructurales para absorber fuerzas sísmicas.

Los cimientos adecuados para la vivienda de 3 niveles son zapatas aisladas y combinadas con incorporación de vigas de conexión para un asentamiento uniforme, para

una vivienda de 5 niveles es necesario una losa de fundación puesto que las zapatas aisladas no son lo suficientemente buenos debido a los traslapes de las mismas.

5.2 Recomendaciones.

Se recomienda usar cementos tipo II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS) y I(SM)(MS) para las cimentaciones ya que el suelo se encuentra con una buena cantidad de presencia de sulfatos los tipos de cementos mencionados están especificadas en la norma peruana E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El uso del agua de subsuelo no es recomendable para fines constructivos porque el contenido de sulfatos y cloruros es elevado y de acuerdo a la normativa peruana E.060 superan los límites establecidos del agua para el concreto.

Para viviendas multifamiliares de 03 niveles las cimentaciones recomendadas son zapatas aisladas y conectadas ya que cumplen con los análisis y diseño para las solicitaciones de las estructuras.

Para viviendas multifamiliares de 05 niveles las zapatas aisladas y combinadas no son suficientes por ello una losa de cimentación es una buena opción ya que la capacidad portante del suelo en la urbanización es muy baja.

Se recomienda tomar medidas de prevención en las juntas de edificaciones mencionadas en el análisis sísmico porque Juliaca se encuentra en una zona sísmica 03.

Se recomienda realizar ensayos de licuefacción de suelos y potencial de colapso debido a la mayor cantidad de presencia de arenas, las arenas y gravas son suelos susceptibles a licuación y colapso en casos de sismos, por ello es necesario realizar ensayos para estos fenómenos que pueden dañar la estructura.

5.3 Referencias bibliográficas

- BERROCAL CANCHARI, J. C. (2013). Métodos Analíticos y Numéricos Aplicados al Diseño de Cimentaciones Superficiales Considerando su Interacción con el Suelo. 167,168.
- Abascal, R. (1984). *Estudio de Problemas Dinamicos en Interacción suelo-Estructura por el Método de los Elementos de contorno* . Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla.
- Alva E. , J. (2014). *Ecuación del Potencial de Licuación de Suelos*, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Lima -Perú.
- Arthur H., N. (2001). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO*. Bogotá: McGRAW-HILL.
- ASCE 41-17. (2017). *American Society of Civil Engineers "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings"*. Virginia.
- Barriga S., M., & Enciso C., M. D. (2017). *Análisis estático de asentamientos elásticos de la cimentación de una estructura aporticada de 2 pisos en un suelo lacustre 200 de una zapata medianera por medio de moelos teóricos y numéricos*. Bogotá D.C.
- Borja S., M. (2012). *Metodología de la investigación científica*. Chiclayo.
- Botero P., J., & Muria V., D. (2000). *Interacción Suelo-Estructura Considerando la Flexibilidad del Suelo y el Desprendimiento Parcial de la Cimentación*. México.
- Bowles, J. (1988). *Special footings and beams on elastic foundations*. McGraw-Hill.
- Braja M., D. (2012). *Fundamentos de Ingenieria de Cimentaciones*. 133.
- Calavera, J. (1999). *Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón*. Madrid : INTEMAC.
- Camacho T., L., & Sempertegui T., G. (2009). *Material de Apoyo Didactico Para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Fundaciones I*. COCHABAMBA - BOLIVIA.
- Crespo V, C. (2014). *Mecánica de suelos y Cimetaciones* . México: Limusa.
- Dominguez, J. (1978). *Dynamic Stiffness of Rectangular Foundations*. Cambridge, Massachusetts.
- Estaire Gepp, J. (2004). *Comportamiento de cimentaciones superficiales sobre suelos granulares bajo solicitaciones dinámicas*. 105,108.
- Freiré T., M. J. (1999). *Precisiones para el empleo del método del módulo de balasto en edificaciones*. ESPAÑA.
- Gazetas, G. (1983). *Analysis of Machine Foundation Vibrations: State of the Art* . New York.

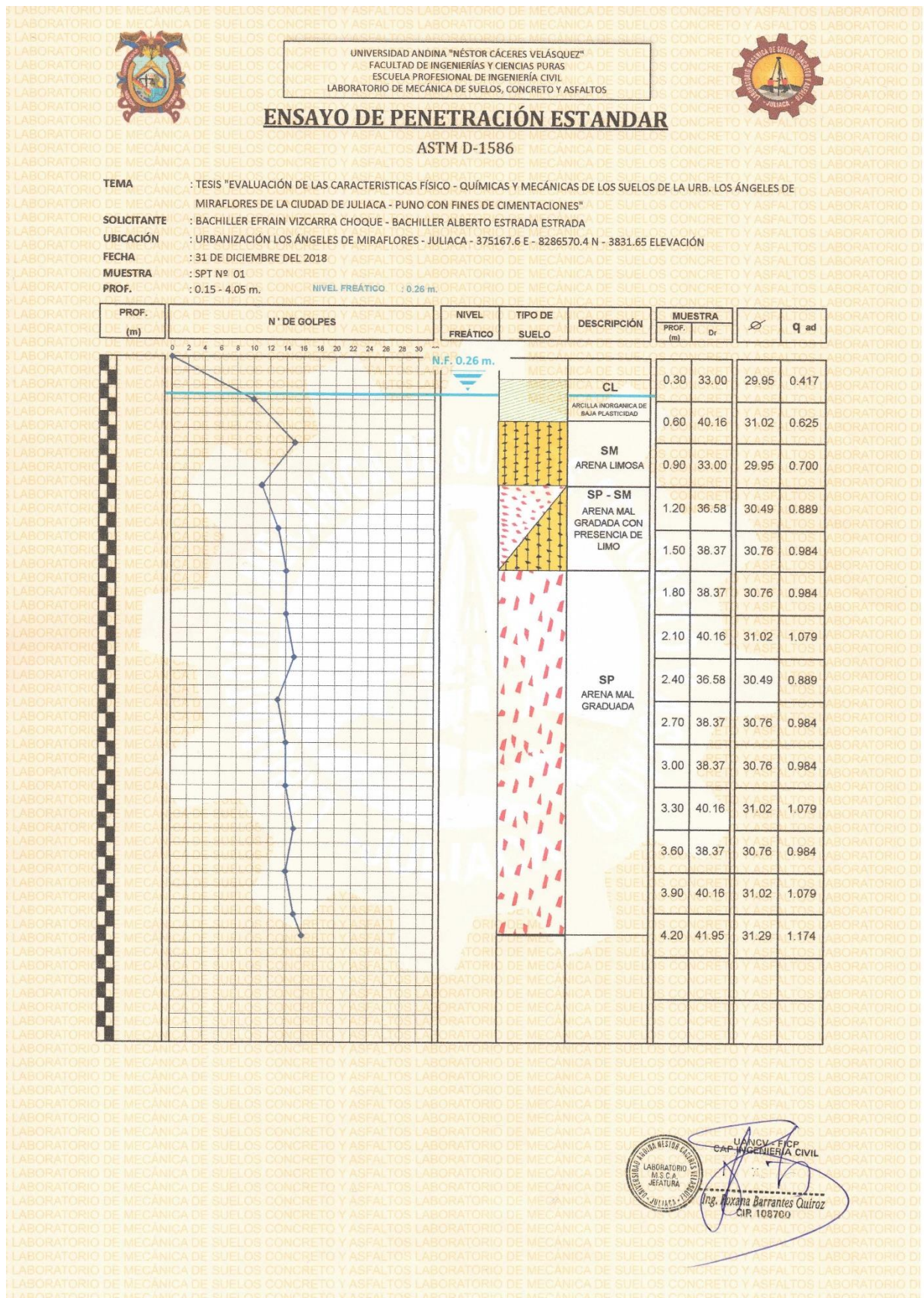
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2012). *Metodología de la investigación* . Mc Graw Hill.
- Jimenez Salas, J. (1980). *GEOTECNIA Y CIMENTOS III*. Madrid: Editorial Rueda.
- Kerlinger, N., & Lee, B. (2002). *Metodos de Investigacion en Ciencias Sociales*. México: Mc Graw Hill.
- MEDINA SEMINARIO, J. A. (2002). ANALISIS COMPARATIVO DE LAS TEORIAS DE CAPACIDAD PORTANTE POR CORTE DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES.
- Miramontes D., D., & Alemán T., M. (2004). Cálculo de esfuerzos y asentamientos bajo cargas ectangulares usando MAT-LAB. *Sociedad Mexicana de Ingeniería estructural*, 1-17.
- Montoya, J., & Pinto Vega, F. (agosto de 2010). Cimentaciones. 4-8.
- Moya C., R., & Saravia A., G. (2008). *PROBABILIDADES E INFERENCIA ESTADISTICA*.
- MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*. PERU.
- Pais , A., & Kausel, E. (1985). *STOCHASTIC RESPONSE OF FOUNDATIONS* . Massachusetts: LNEC and INVOTAN.
- Patrone, J., & Enrique, P. (2016). *La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones, métodos de prevención y control*. Universidad de Montevideo. Uruguay.
- Pire, G. (2013). *Estudio de durabilidad al ataque de sulfatos del concreto con agregado reciclado*. Bogotá.
- R.N.E. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones* . Perú.
- Rodríguez S., W. (2018). *INGENIERÍA GEOTÉCNICA SUELOS Y CIMENTACIONES*. Perú.
- Sánchez Delgado, A. Y. (6 de marzo de 2014). Propiedades Físicas y Mecánicas de los suelos.
- Santana N. , A. (2010). *Modelo Winkler para el análisis de la respuesta dinámica de estructuras enterradas*. España.
- Terzagui, K., & Peck, R. (1973). *MECÁNICA DE SUELOS EN LA INGENIERÍA PRACTICA* . Barcelona: El Ateneo.
- UCHUYPOMA, F. (2016). *Colapsabilidad Potencial*, Universidad Los Andes Huancayo – Perú.
- Valle Rodas, R. (1976). *CARRETERAS, CALLES Y AOROPISTAS*. Barcelona : El Ateneo.
- Wong , H., & Luco, J. (1975). *Dynamic Response of Rigid Foundations of Arbitrary Shape*. California .

Zeevaert, L. (1980). *Interacción suelo-estructura de cimentación*. México: Limusa.

ANEXOS

Anexo A: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

ANEXO A-1: ENSAYO DE SPT PARA LA MUESTRA – 01





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375167.6 E - 8286570.4 N - 3831.65 ELEVACIÓN

MUESTRA

SPT N° 1 - MUESTRA 1

PROFUNDIDAD

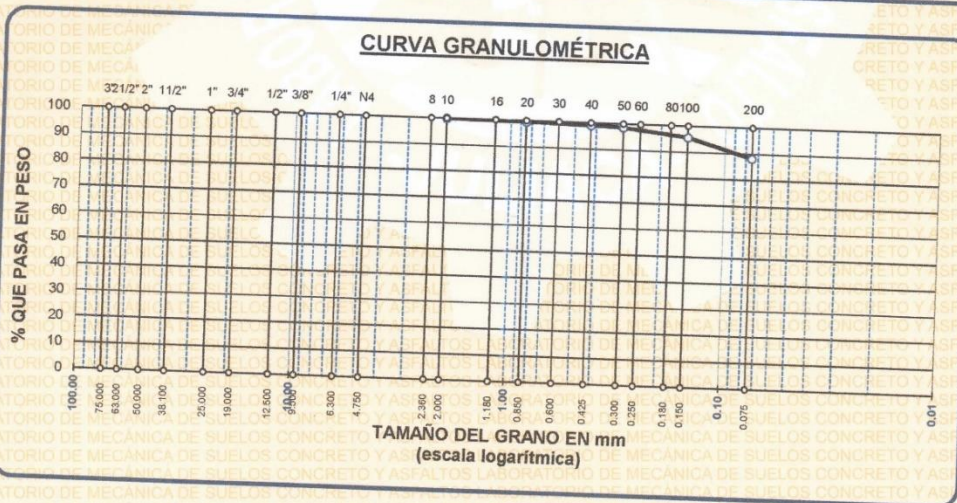
0.15 - 0.45 mt

FECHA

31 DE DICIEMBRE DEL 2018

Nº 0.26 mt

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 300.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 35.07
2"	50.000						P.P.= 264.93
1 1/2"	38.100						% W = 44.91
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 43.33
1/2"	12.500						L.P.= 24.94
3/8"	9.500						I.P.= 18.39
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						D60= ---
No20	0.850	1.25	0.42	0.42	99.58		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	1.42	0.47	0.89	99.11		SUCS : CL
No50	0.300	1.55	0.52	1.41	98.59		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	8.71	2.90	4.31	95.69		
No200	0.075	22.14	7.38	11.69	88.31		
BASE		264.93	88.31	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA		88.31					





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

: BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

: URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375167.6 E - 8286570.4 N - 3831.65 ELEVACIÓN

MUESTRA

: SPT N° 1 - MUESTRA 1

PROFUNDIDAD

: 0.15 - 0.45 mt

NF 0.26 mt

FECHA

: 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	359.64
SUELO SECO + TARRO	gr	259.93
PESO DEL TARRO	gr	37.91
PESO DEL AGUA	gr	99.71
PESO DEL SUELO SECO	gr	222.02
HUMEDAD %	%	44.91

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		I	J
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30.25	29.71
SUELO SECO + TARRO	gr	26.36	26.14
PESO DEL TARRO	gr	17.33	17.87
PESO DEL AGUA	gr	3.89	3.57
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.03	8.27
HUMEDAD %	%	43.08	43.17
N° DE GOLPES		26	26

LÍMITE PLÁSTICO

D	C-2
13.37	13.17
12.43	12.27
8.63	8.69
0.94	0.90
3.80	3.58
24.74	25.14

LÍMITE LÍQUIDO %	:	43.33	LÍMITE PLÁSTICO %	:	24.94
-------------------------	----------	--------------	--------------------------	----------	--------------

ÍNDICE PLÁSTICO % : 18.39

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



MAICV - FICP
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

Roxana Barralones Cruz



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES
DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375167.6 E - 8286570.4 N - 3831.65 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 1 - MUESTRA 2

PROFUNDIDAD : 0.45 - 0.90 mt

NF. 0.26 ml

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.300					
No4	4.750	48.42	16.14	16.14	83.86	
No8	2.360					
No10	2.000	39.56	13.19	29.33	70.67	
No16	1.180					
No20	0.850	31.10	10.37	39.69	60.31	
No30	0.600					
No40	0.425	25.95	8.65	48.34	51.66	
No 50	0.300	11.82	3.94	52.28	47.72	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	16.98	5.66	57.94	42.06	
No200	0.075	15.83	5.28	63.22	36.78	
BASE TOTAL		300.00	100.00	100.00	0.00	
% PERDIDA		36.78				

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.I. = 300.00

P.L. = 189.66

P.P. = 110.34

% W = 33.63

LÍMITES DE CONSISTENCIA:

L.L. = 45.43

L.P. = 27.04

I.P. = 18.39

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10 =

Cu =

D30 =

Cc =

D60 = 0.83

CLASIFICACIÓN:

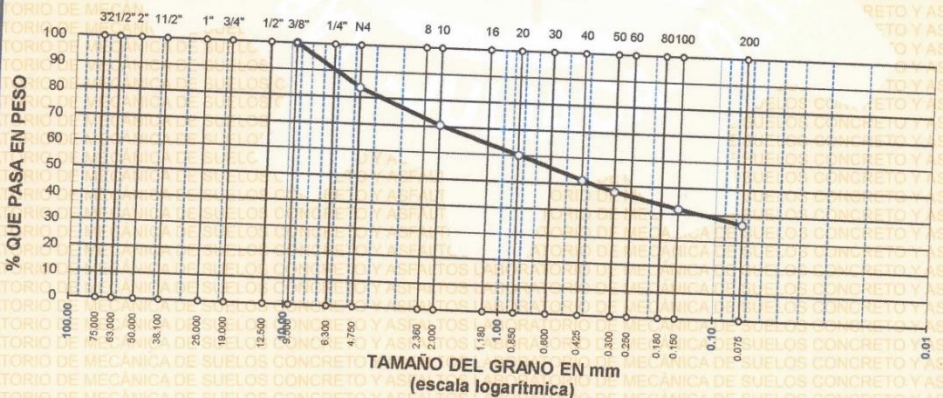
I.G. =

SUCS : SM

ASSTHO :

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



ING. EFRAY VIZCARRA CHOQUE
CAP. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375167.6 E - 8286570.4 N - 3831.65 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 1 - MUESTRA 2

PROFUNDIDAD : 0.45 - 0.90 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	269.44
SUELO SECO + TARRO	gr	211.28
PESO DEL TARRO	gr	38.36
PESO DEL AGUA	gr	58.16
PESO DEL SUELO SECO	gr	172.92
HUMEDAD %	%	33.63

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO		4	14
TARRO N°			
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.81	41.43
SUELO SECO + TARRO	gr	38.93	38.05
PESO DEL TARRO	gr	30.28	30.50
PESO DEL AGUA	gr	3.88	3.38
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.65	7.55
HUMEDAD %	%	44.86	44.77
N° DE GOLPES		28	28

LÍMITE PLÁSTICO		16	R-2
		10.78	13.19
		9.82	12.14
		6.22	8.31
		0.96	1.05
		3.60	3.83
		26.67	27.42

LÍMITE LÍQUIDO %	45.43	LÍMITE PLÁSTICO %	27.04
------------------	-------	-------------------	-------

ÍNDICE PLÁSTICO % : 18.39

$$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Ing. Roxana Barrantes Quirós
CIR 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGEL DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375167.6 E - 8286570.4 N - 3831.65 ELEVACIÓN

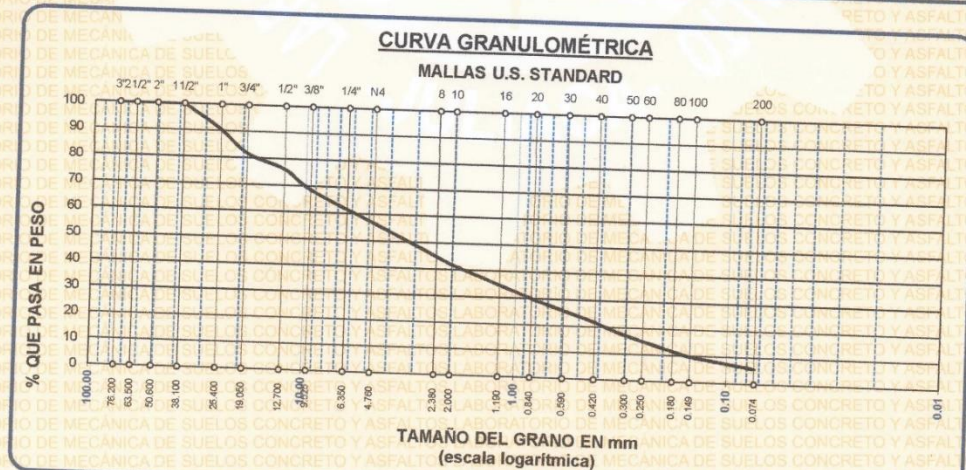
MUESTRA : SPT N° 1 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD : 0.90 - 1.50 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NF. 0.26 mt

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.L.= 550.00
2"	50.800						P.L.= 524.34
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		P.P.= 25.66
1"	25.400	53.16	9.67	9.67	90.33		%W= 12.08
3/4"	19.050	48.06	8.74	18.40	81.60		LÍMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700	30.45	5.54	23.94	76.06		L.L.= 18.59
3/8"	9.525	41.18	7.49	31.43	68.57		L.P.= NP
1/4"	6.350						I.P.= NP
No4	4.760	64.73	11.77	43.20	56.80		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.156 Cu= 38.9
No10	2.000	66.01	26.40	58.19	41.81		D30= 0.841 Cc= 0.75
No16	1.190						D60= 6.05
No20	0.840	51.98	20.79	70.01	29.99		CLASIFICACIÓN:
No30	0.590						I.G. =
No40	0.420	36.18	14.47	82.87	17.13		SUSCS : SP - SM
No 50	0.300	20.43	8.17	90.28	9.72		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.149	32.63	13.05	100.00	0.00		
No200	0.074	17.11	6.84				
BASE		25.66	10.26				
TOTAL		550.00	100.00				
% PÉRDIDA		4.67					



UNION - PIP
CARRERA INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

: BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

: URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375167.6 E - 8286570.4 N - 3831.65 ELEVACIÓN

MUESTRA

: SPT N° 1 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD

: 0.90 - 1.50 mt NF: 0.26 mt

FECHA

: 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	500.69
SUELO SECO + TARRO	gr	450.72
PESO DEL TARRO	gr	37.04
PESO DEL AGUA	gr	49.97
PESO DEL SUELO SECO	gr	413.68
HUMEDAD %	%	12.08

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		S	P
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	36.25	32.86
SUELO SECO + TARRO	gr	33.21	30.14
PESO DEL TARRO	gr	18.85	17.49
PESO DEL AGUA	gr	3.04	2.72
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.36	12.65
HUMEDAD %	%	21.17	21.50
N° DE GOLPES		8	8

LÍMITE PLASTICO

LÍMITE LIQUIDO % : 18.59 LÍMITE PLASTICO % : NP

INDICE PLASTICO % : NP

LL = $W_n \cdot (N/25)^{0.121}$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



UNICV - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGEL DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375167.6 E - 8286570.4 N - 3831.65 ELEVACIÓN

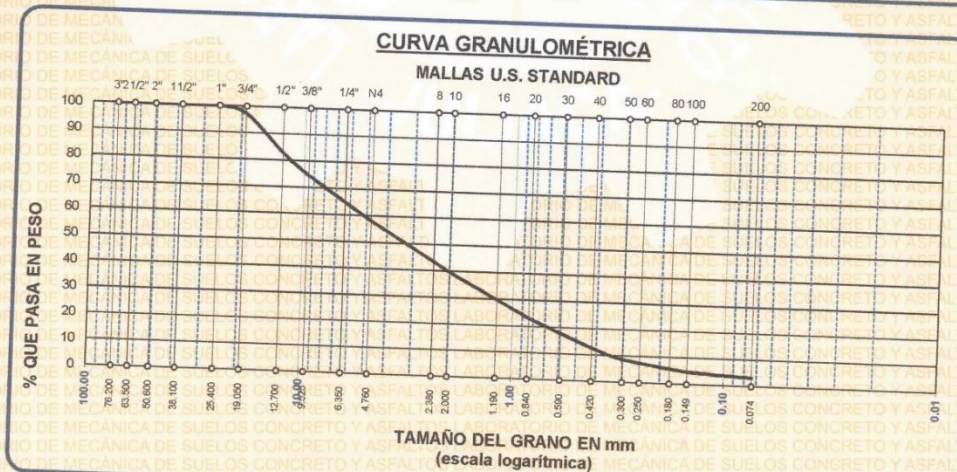
MUESTRA : SPT N° 1 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD : 1.50 - 4.05 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NF. 0.26 mt

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.L.= 1500.00
2"	50.800						P.L.= 1472.33
1 1/2"	38.100						P.P.= 27.67
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		% W= 9.00
3/4"	19.050	40.63	2.71	2.71	97.29		LÍMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700	215.18	14.35	17.05	82.95		L.L.= 16.98
3/8"	9.525	125.96	8.40	25.45	74.55		L.P.= NP
1/4"	6.350						I.P.= NP
No8	4.760	246.32	16.42	41.87	58.13		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No10	2.380						D10= 0.338 Cu= 15.7
No16	1.190	158.98	31.80	60.35	39.65		D30= 1.323 Cc= 0.98
No20	0.840	142.21	28.44	76.89	23.11		D60= 5.30
No30	0.590						CLASIFICACIÓN:
No40	0.420	90.18	18.04	87.37	12.63		I.G. =
No 50	0.300	33.26	6.65	91.24	8.76		SUSCS : SP
No60	0.250						ASSTHO :
No80	0.180						OBSERVACIONES:
No100	0.149	34.71	6.94	95.27	4.73		
No200	0.074	12.99	2.60	96.78	3.22		
BASE		27.67	5.53	100.00	0.00		
TOTAL		1500.00	100.00				
% PERDIDA		1.84					



LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375167.6 E - 8286570.4 N - 3831.65 ELEVACIÓN

MUESTRA

SPT N° 1 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD

1.50 - 4.05 mt NF. 0.26 mt

FECHA

31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	619.59
SUELO SECO + TARRO	gr	571.60
PESO DEL TARRO	gr	38.23
PESO DEL AGUA	gr	47.99
PESO DEL SUELO SECO	gr	533.37
HUMEDAD %	%	9.00

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		9	16
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	47.82	44.45
SUELO SECO + TARRO	gr	44.90	42.13
PESO DEL TARRO	gr	30.33	30.71
PESO DEL AGUA	gr	2.92	2.32
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.57	11.42
HUMEDAD %	%	20.04	20.32
N° DE GOLPES		6	6

LÍMITE PLASTICO

LÍMITE LIQUIDO % : 16.98 LÍMITE PLASTICO % : NP

INDICE PLASTICO % : NP

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



UAMCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700

ANEXO A-2: ENSAYO DE SPT PARA LA MUESTRA – 02



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375167.6 E - 8285570.4 N - 3831.65 ELEVACIÓN

MUESTRA SPT N° 1 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD 1.50 - 4.05 mt

FECHA 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

	gr	
SUELO HUMEDO + TARRO	619.59	
SUELO SECO + TARRO	571.60	
PESO DEL TARRO	38.23	
PESO DEL AGUA	47.99	
PESO DEL SUELO SECO	533.37	
HUMEDAD %	9.00	

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°	9	16
SUELO HUMEDO + TARRO	47.82	44.45
SUELO SECO + TARRO	44.90	42.13
PESO DEL TARRO	30.33	30.71
PESO DEL AGUA	2.92	2.32
PESO DEL SUELO SECO	14.57	11.42
HUMEDAD %	20.04	20.32
N° DE GOLPES	6	6

LÍMITE PLASTICO

LÍMITE LIQUIDO % : 16.98

INDICE PLASTICO % : NP

LÍMITE PLASTICO % : NP

LL = $W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108760



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE: BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN: URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375083.7 E - 8286598.2 N - 3833.65 ELEVACIÓN

MUESTRA: SPT N° 2 - MUESTRA 1

PROFUNDIDAD: 0.15 - 1.05 mt **NF. 0.30 mt**

FECHA: 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.300					
No4	4.750	32.98	10.99	10.99	89.01	
No10	2.360					
No16	2.000	15.66	5.22	16.21	83.79	
No20	1.180					
No30	0.850	7.94	2.65	18.86	81.14	
No40	0.600					
No50	0.425	7.47	2.49	21.35	78.65	
No60	0.300	6.12	2.04	23.39	76.61	
No80	0.250					
No100	0.180					
No200	0.150	25.27	8.42	31.81	68.19	
BASE	0.075	45.55	15.18	47.00	53.00	
TOTAL		159.01	53.00	100.00	0.00	
% PERDIDA		53.00				

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.L. = 300.00

P.L. = 140.99

P.P. = 159.01

% W = 23.12

LIMITES DE CONSISTENCIA:

L.L. = 41.89

L.P. = 19.52

I.P. = 22.37

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10 = --- Cu = ---

D30 = --- Cc = ---

D60 = 0.11

CLASIFICACIÓN:

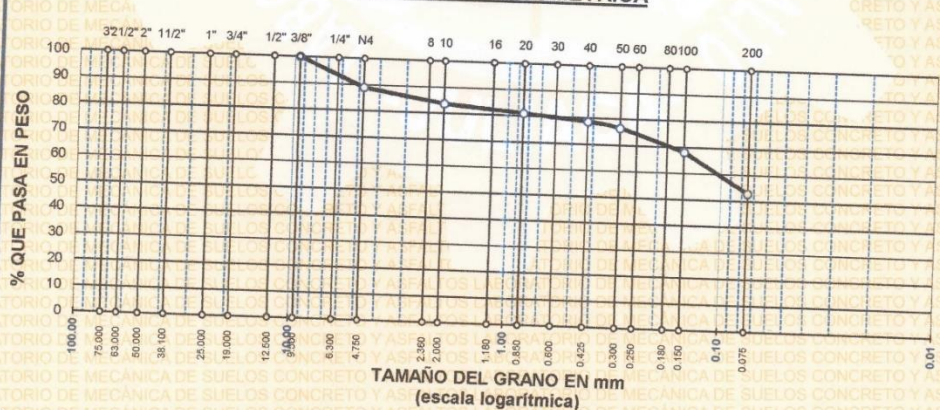
I.G. = :

SUCS : CL

ASSTHO :

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Ing. Placina Barrantes Quiroz
CIP: 109703



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375083.7 E - 8286598.2 N - 3833.65 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 2 - MUESTRA 1

PROFUNDIDAD : 0.15 - 1.05 mt NF 0.30 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	190.73
SUELO SECO + TARRO	gr	162.12
PESO DEL TARRO	gr	38.39
PESO DEL AGUA	gr	28.61
PESO DEL SUELO SECO	gr	123.73
HUMEDAD %	%	23.12

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		9	16
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	44.13	41.18
SUELO SECO + TARRO	gr	40.09	37.95
PESO DEL TARRO	gr	30.33	30.12
PESO DEL AGUA	gr	4.04	3.23
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.76	7.83
HUMEDAD %	%	41.39	41.25
N° DE GOLPES		28	28

LÍMITE PLÁSTICO

A	C
12.92	13.40
12.09	12.52
7.86	7.99
0.83	0.88
4.23	4.53
19.62	19.43

LÍMITE LÍQUIDO %	41.89	LÍMITE PLÁSTICO %	19.52
------------------	-------	-------------------	-------

ÍNDICE PLÁSTICO % : 22.37

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quintoz
CIP: 103760



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375083.7 E - 8286598.2 N - 3833.65 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 2 - MUESTRA 2

PROFUNDIDAD : 1.05 - 1.80 mt

Nº. 0.30 ml

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.300					
No4	4.750	31.47	7.87	7.87	92.13	
No8	2.360					
No10	2.000	21.70	5.43	13.29	86.71	
No16	1.180					
No20	0.850	24.46	6.12	19.41	80.59	
No30	0.600					
No40	0.425	146.49	36.62	56.03	43.97	
No 50	0.300	89.68	22.42	78.45	21.55	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	55.93	13.98	92.43	7.57	
No200	0.075	15.00	3.75	96.18	3.82	
BASE		15.27	3.82	100.00	0.00	
TOTAL		400.00	100.00			
% PERDIDA			3.82			

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.I.= 400.00

P.L.= 384.73

P.P.= 15.27

% w = 19.32

LIMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.= 16.53

L.P.= NP

I.P.= NP

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10= 0.176 Cu= 3.47

D30= 0.347 Cc= 1.12

D60= 0.61

CLASIFICACIÓN:

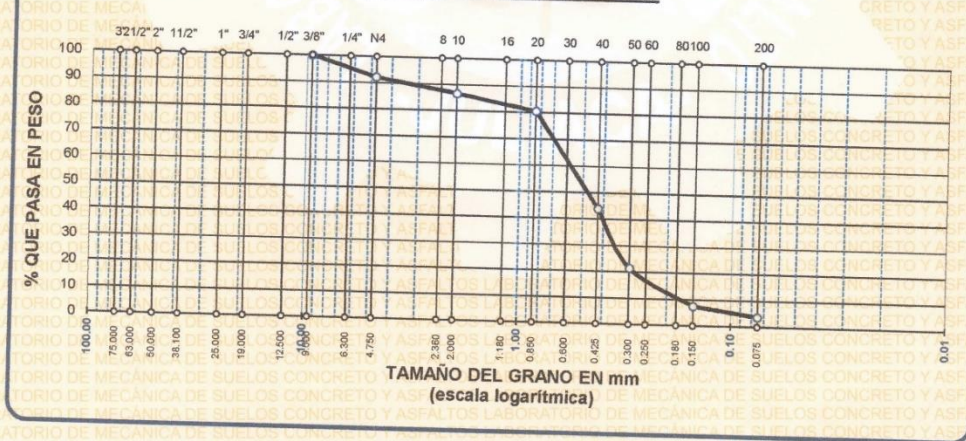
I.G. =

SUCS : SP

ASSTHO :

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNANCV - RCP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Mayana Barrantes Quiroz
CIP. 108760



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

SOLICITANTE

UBICACIÓN

MUESTRA

PROFUNDIDAD

FECHA

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375083.7 E - 8266598.2 N - 3833.65 ELEVACIÓN
SPT N° 2 - MUESTRA 2
1.05 - 1.80 mt NF. 0.30 mt
31 DE DICIEMBRE DEL 2018

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	229.25
SUELO SECO + TARRO	gr	198.38
PESO DEL TARRO	gr	38.58
PESO DEL AGUA	gr	30.87
PESO DEL SUELO SECO	gr	159.80
HUMEDAD %	%	19.32

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.61	33.46
SUELO SECO + TARRO	gr	31.10	31.17
PESO DEL TARRO	gr	18.12	19.26
PESO DEL AGUA	gr	2.51	2.29
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.98	11.91
HUMEDAD %	%	19.34	19.23
N° DE GOLPES		7	7

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO %

: 16.53 **LÍMITE PLÁSTICO %** : NP

ÍNDICE PLÁSTICO % : NP

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



ING. JHONATAN BARRANTES QUITOZ
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGEL DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

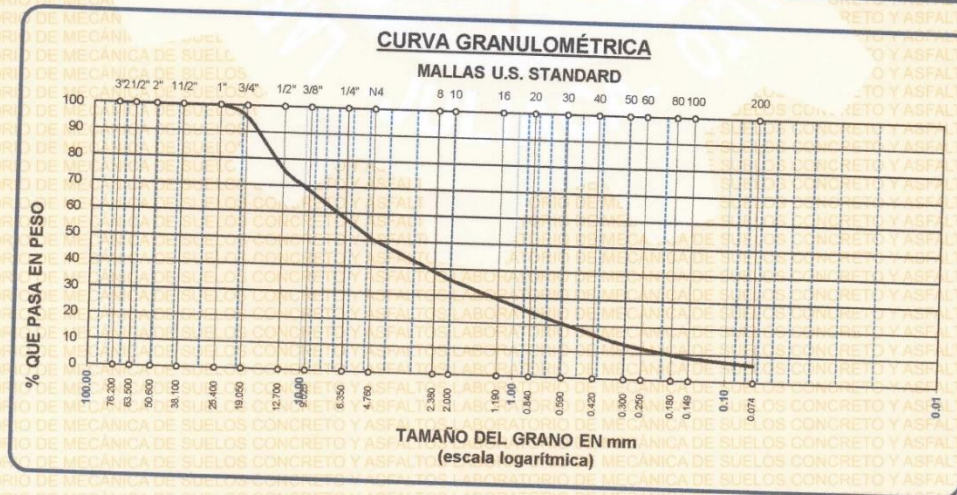
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375083.7 E - 8286598.2 N - 3833.65 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 2 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD : 1.80 - 3.00 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.L.= 2500.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 2435.10
2"	50.800						P.P.= 64.90
1 1/2"	38.100						% w = 10.45
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		LÍMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	108.86	4.35	4.35	95.65		L.L.= 20.72
1/2"	12.700	485.82	19.43	23.79	76.21		L.P.= NP
3/8"	9.525	195.88	7.84	31.62	68.38		I.P.= NP
1/4"	6.350						
No4	4.760	443.84	17.75	49.38	50.62		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.192 Cu= 37.9
No10	2.000	144.88	28.98	64.04	35.96		D30= 1.393 Cc= 1.39
No16	1.190						D60= 7.28
No20	0.840	112.34	22.47	75.42	24.58		
No30	0.590						
No40	0.420	77.49	15.50	83.26	16.74		CLASIFICACIÓN:
No 50	0.300	34.80	6.96	86.79	13.21		I.G. =
No60	0.250						
No80	0.180						SUSCS : GW - GM
No100	0.149	44.06	8.81	91.25	8.75		ASSTHO :
No200	0.074	21.53	4.31	93.43	6.57		OBSERVACIONES:
BASE		64.90	12.98	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		2.60					



Ing. Roxana Barrera Quiroz
CIP 109700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ANGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

URBANIZACIÓN LOS ANGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375083.7 E - 8286598.2 N - 3833.65 ELEVACIÓN

MUESTRA

SPT N° 2 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD

1.80 - 3.00 mt

FECHA

31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	298.81
SUELO SECO + TARRO	gr	274.26
PESO DEL TARRO	gr	39.37
PESO DEL AGUA	gr	24.55
PESO DEL SUELO SECO	gr	234.89
HUMEDAD %	%	10.45

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		C	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.03	31.84
SUELO SECO + TARRO	gr	30.04	29.37
PESO DEL TARRO	gr	17.30	18.83
PESO DEL AGUA	gr	2.99	2.47
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.74	10.54
HUMEDAD %	%	23.47	23.43
N° DE GOLPES		9	9

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO % : 20.72 LÍMITE PLÁSTICO % : NP

ÍNDICE PLÁSTICO % : NP

LL = $W_n \cdot (N/25)^{0.121}$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 105790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375083.7 E - 8286598.2 N - 3833.65 ELEVACIÓN

MUESTRA

SPT N° 2 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD

3.00 - 4.05 mt

FECHA

31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NF. 0.30 mt

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500					
1/4"	6.300					
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
No8	2.360					
No10	2.000	50.54	10.11	10.11	89.89	
No16	1.180	68.94	13.79	23.90	76.10	
No30	0.600					
No40	0.425	139.50	27.90	51.80	48.20	
No 50	0.300	96.42	19.28	71.08	28.92	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	92.54	18.51	89.59	10.41	
No200	0.075	23.38	4.68	94.26	5.74	
BASE		28.68	5.74	100.00	0.00	
TOTAL		500.00				
% PERDIDA		5.74				

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.L.= 500.00

P.L.= 471.32

P.P.= 28.68

% w = 20.17

LÍMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.= 12.23

L.P.= NP

I.P.= NP

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10= 0.143

D30= 0.307

D60= 0.60

Cu= 4.22

Cc= 1.09

CLASIFICACIÓN:

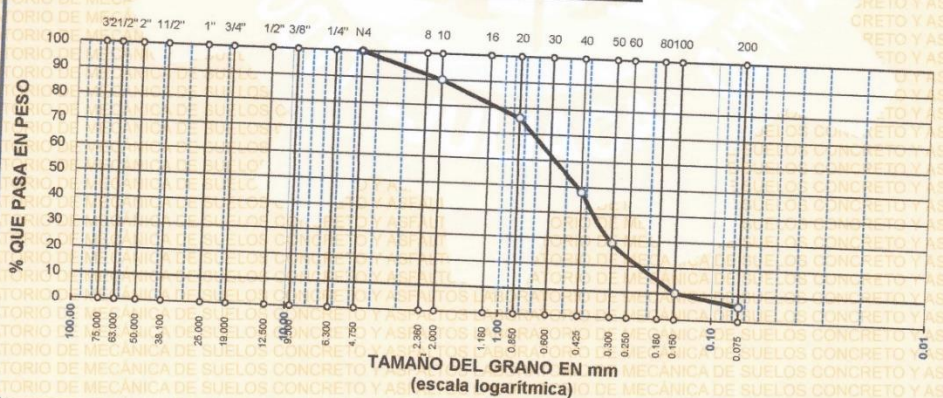
I.G.=

SUCS : SW - SM

ASSTHO :

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



MANEJO - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Cuñoz
CIR 105760



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESES : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375083.7 E - 8286598.2 N - 3833.65 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 2 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD : 3.00 - 4.05 mt NF 0.30 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	164.02
SUELO SECO + TARRO	gr	142.79
PESO DEL TARRO	gr	37.54
PESO DEL AGUA	gr	21.23
PESO DEL SUELO SECO	gr	105.25
HUMEDAD %	%	20.17

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO			
TARRO N°		G	H
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.90	32.81
SUELO SECO + TARRO	gr	31.09	31.18
PESO DEL TARRO	gr	19.54	20.95
PESO DEL AGUA	gr	1.81	1.63
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.55	10.23
HUMEDAD %	%	15.67	15.93
N° DE GOLPES		3	3

LÍMITE PLÁSTICO	

LÍMITE LÍQUIDO % :	12.23	LÍMITE PLÁSTICO % :	NP
--------------------	-------	---------------------	----

ÍNDICE PLÁSTICO % :	NP
---------------------	----

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

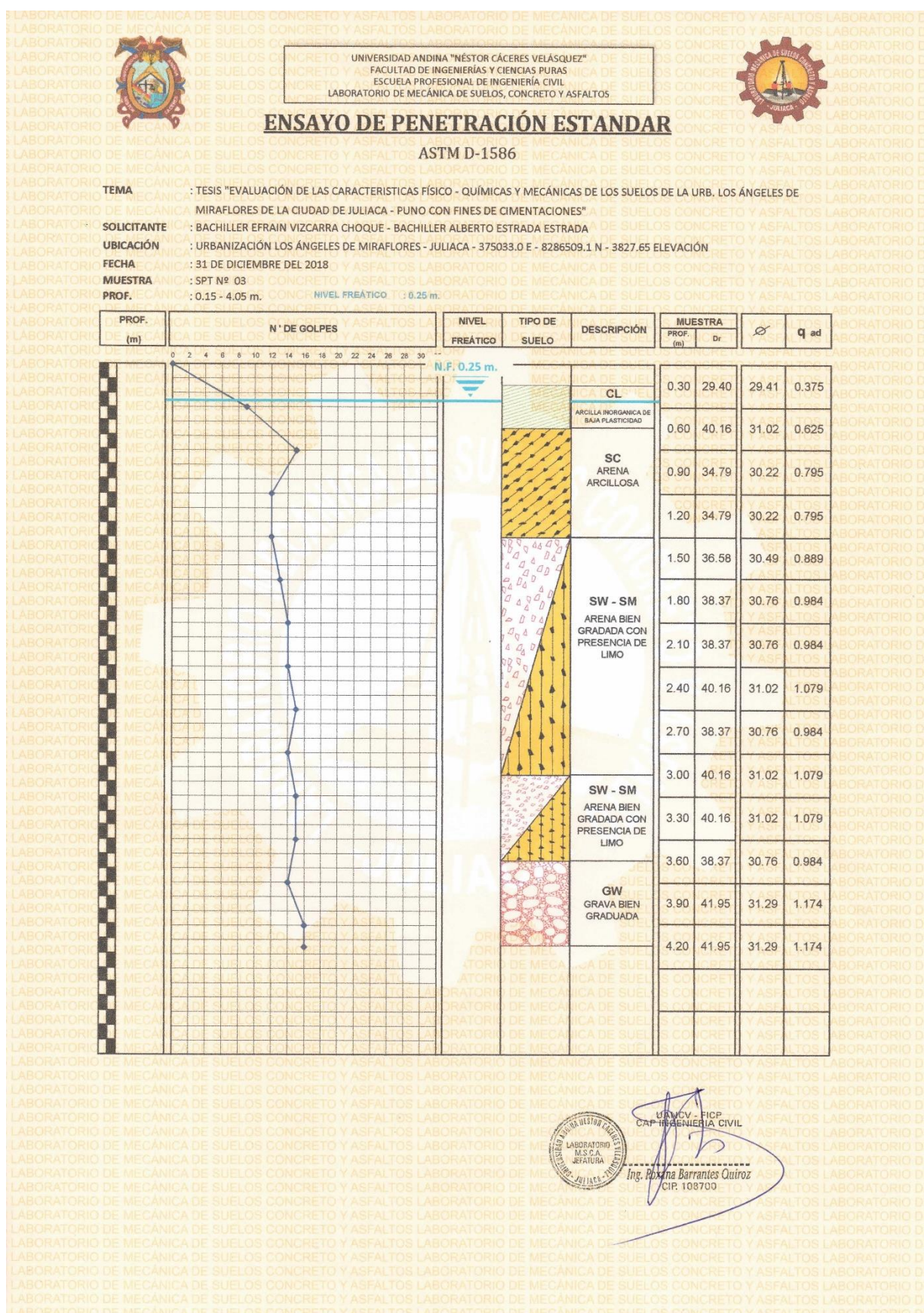
N = Número de Golpes



UANDV - FIAP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP: 108700

ANEXO A-3: ENSAYO DE SPT PARA LA MUESTRA – 03





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375033.0 E - 8286509.1 N - 3827.65 ELEVACIÓN

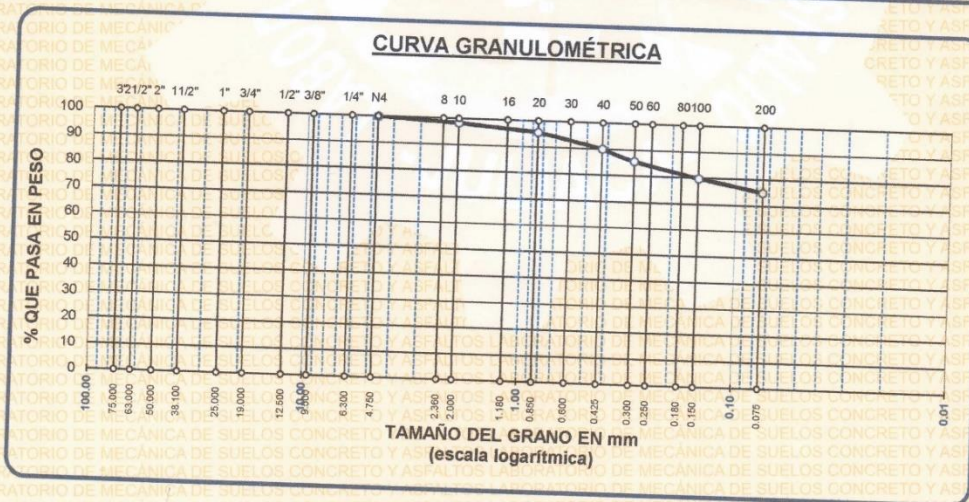
MUESTRA : SPT N° 3 - MUESTRA 1

PROFUNDIDAD : 0.15 - 0.45 mt

NF. 0.25 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 200.00
2"	50.000						P.L.= 49.80
1 1/2"	38.100						P.P.= 150.20
1"	25.000						%W= 38.17
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 43.33
3/8"	9.500						L.P.= 24.94
1/4"	6.300						I.P.= 18.39
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	3.40	1.70	1.70	98.30		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						D60= ---
No20	0.850	5.26	2.63	4.33	95.67		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	11.08	5.54	9.87	90.13		SUCS : CL
No 50	0.300	8.92	4.46	14.33	85.67		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	11.48	5.74	20.07	79.93		
No200	0.075	9.66	4.83	24.90	75.10		
BASE		150.20	75.10	100.00	0.00		
TOTAL		200.00	100.00				
% PERDIDA		75.10					



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 109700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375033.0 E - 8286509.1 N - 3827.65 ELEVACIÓN
MUESTRA : SPT N° 3 - MUESTRA 1
PROFUNDIDAD : 0.15 - 0.45 mt NF. 0.25 mt
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	138.79
SUELO SECO + TARRO	gr	111.14
PESO DEL TARRO	gr	38.71
PESO DEL AGUA	gr	27.65
PESO DEL SUELO SECO	gr	72.43
HUMEDAD %	%	38.17

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		I	J
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30.25	29.71
SUELO SECO + TARRO	gr	26.36	26.14
PESO DEL TARRO	gr	17.33	17.87
PESO DEL AGUA	gr	3.89	3.57
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.03	8.27
HUMEDAD %	%	43.08	43.17
N° DE GOLPES		26	26

LÍMITE PLÁSTICO

D	C-2
13.37	13.17
12.43	12.27
8.63	8.69
0.94	0.90
3.80	3.58
24.74	25.14

LÍMITE LÍQUIDO % : 43.33 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 24.94

ÍNDICE PLÁSTICO % : 18.39

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIR 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375033.0 E - 8286509.1 N - 3827.65 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 3 - MUESTRA 2

PROFUNDIDAD : 0.45 - 1.20 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NF. 0.25 ml

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	3.18	1.27	1.27	98.73	
1/4"	6.300	6.58	2.63	3.90	96.10	
No4	4.750	14.70	5.88	9.78	90.22	
No8	2.360	19.26	7.70	17.49	82.51	
No10	2.000	29.79	11.92	29.40	70.60	
No16	1.180	20.15	8.06	37.46	62.54	
No20	0.850	22.61	9.04	46.51	53.49	
No30	0.600	10.98	4.39	50.90	49.10	
No40	0.425	122.75	49.10	100.00	0.00	
No 50	0.300					
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150					
No200	0.075					
BASE						
TOTAL		250.00	100.00			
% PERDIDA		49.10				

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.I.= 250.00

P.L.= 127.25

P.P.= 122.75

% W= 18.97

LIMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.= 27.22

L.P.= 18.35

I.P.= 8.86

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10= --- Cu= ---

D30= --- Cc= ---

D60= 0.26

CLASIFICACIÓN:

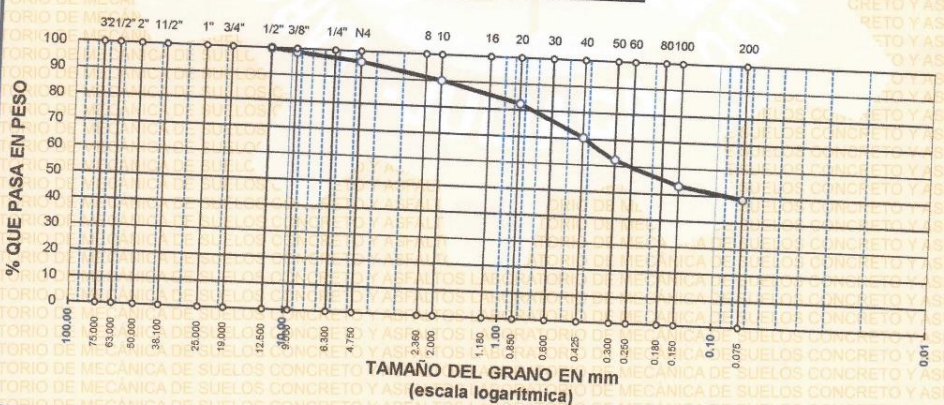
I.G. =

SUCS : SC

ASSTHO :

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ing. Rocío Barrantes Quiróz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

SOLICITANTE

UBICACIÓN

MUESTRA

PROFUNDIDAD

FECHA

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375033.0 E - 8286509.1 N - 3827.65 ELEVACIÓN
SPT N° 3 - MUESTRA 2
0.45 - 1.20 mt NF: 0.25 mt
31 DE DICIEMBRE DEL 2018

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	177.68
SUELO SECO + TARRO	gr	155.53
PESO DEL TARRO	gr	38.75
PESO DEL AGUA	gr	22.15
PESO DEL SUELO SECO	gr	116.78
HUMEDAD %	%	18.97

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LÍQUIDO			
TARRO N°		L	LL
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.87	32.11
SUELO SECO + TARRO	gr	29.71	29.23
PESO DEL TARRO	gr	18.41	18.93
PESO DEL AGUA	gr	3.16	2.88
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.30	10.30
HUMEDAD %	%	27.96	27.96
N° DE GOLPES		20	20

LÍMITE PLÁSTICO	
G	H
13.89	12.47
13.05	11.70
8.50	7.48
0.84	0.77
4.55	4.22
18.46	18.25

LÍMITE LÍQUIDO %	27.22	LÍMITE PLÁSTICO %	18.35
ÍNDICE PLÁSTICO %	08.86		

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Fig. Roxana Barrantes Quiroz
CIP: 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES

SOLICITANTE

BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375033.0 E - 8286509.1 N - 3827.65 ELEVACIÓN

MUESTRA

SPT N° 3 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD

1.20 - 2.85 mt

FECHA

31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NF. 0.26 mt

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	56.28	5.63	5.63	94.37	
3/8"	9.500	75.95	7.60	13.22	86.78	
1/4"	6.300					
No4	4.750	131.86	13.19	26.41	73.59	
No8	2.360					
No10	2.000	140.48	14.05	40.46	59.54	
No16	1.180					
No20	0.850	135.38	13.54	54.00	46.01	
No30	0.600					
No40	0.425	147.78	14.78	68.77	31.23	
No 50	0.300	86.02	8.60	77.38	22.63	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	86.60	8.66	86.04	13.97	
No200	0.075	33.98	3.40	89.43	10.57	
BASE		105.67	10.57	100.00	0.00	
TOTAL		1000.00	100.00			
% PERDIDA		10.57				

TAMANO MAXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.J.= 1000.00
P.L.= 894.33
P.P.= 105.67
% W = 13.91

LIMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.= 20.28
L.P.= NP
I.P.= NP

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10= 0.071 Cu= 29.4
D30= 0.407 Cc= 1.12
D60= 2.09

CLASIFICACIÓN:

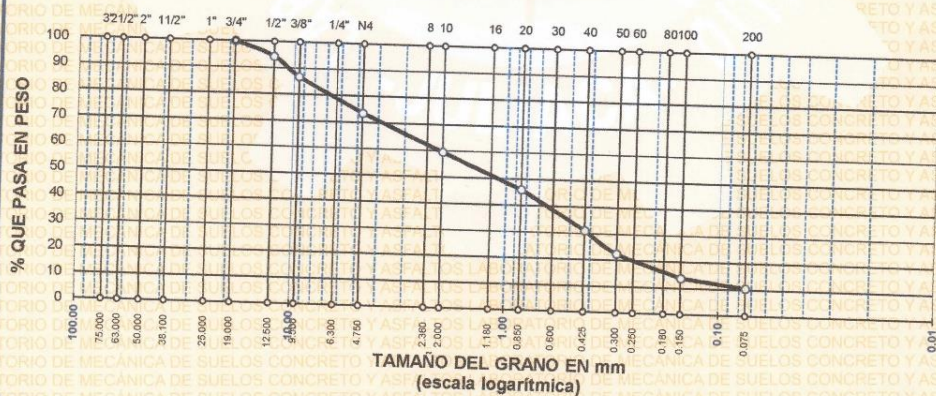
I.G. =

SUCS : SW - SM

ASSTHO :

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ing. Roxana Barrantes Quiroz

CIP. 109700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

SOLICITANTE

UBICACIÓN

MUESTRA

PROFUNDIDAD

FECHA

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375033.0 E - 8286509.1 N - 3827.65 ELEVACIÓN
SPT N° 3 - MUESTRA 3
1.20 - 2.85 mt NF: 0.25 mt
31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	177.51
SUELO SECO + TARRO	gr	160.57
PESO DEL TARRO	gr	38.79
PESO DEL AGUA	gr	16.94
PESO DEL SUELO SECO	gr	121.78
HUMEDAD %	%	13.91

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		M	N
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.08	33.61
SUELO SECO + TARRO	gr	32.00	30.82
PESO DEL TARRO	gr	18.72	18.88
PESO DEL AGUA	gr	3.08	2.79
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.28	11.94
HUMEDAD %	%	23.19	23.37
N° DE GOLPES		8	8

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO %	20.28	LÍMITE PLÁSTICO %	NP
------------------	-------	-------------------	----

ÍNDICE PLÁSTICO %	NP
-------------------	----

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Ing. Roxana Barraltes Quiroz
CIP: 100700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375033.0 E - 8286509.1 N - 3827.65 ELEVACIÓN

MUESTRA

SPT N° 3 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD

2.85 - 3.45 mt

FECHA

31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NF. 0.25 ml

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.300					
No4	4.750	5.93	1.98	1.98	98.02	
No8	2.360					
No10	2.000	20.31	6.77	8.75	91.25	
No16	1.180					
No20	0.850	43.71	14.57	23.32	76.68	
No30	0.600					
No40	0.425	81.73	27.24	50.56	49.44	
No 50	0.300	52.03	17.34	67.90	32.10	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	49.31	16.44	84.34	15.66	
No200	0.075	12.69	4.23	88.57		
BASE		34.29	11.43	100.00	11.43	
TOTAL		300.00			0.00	
% PERDIDA		11.43				

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.L.= 300.00

P.L.= 265.71

P.P.= 34.29

% w = 25.19

LÍMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.= 19.11

L.P.= NP

I.P.= NP

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10= 0.066 Cu= 8.99

D30= 0.281 Cc= 2.04

D60= 0.59

CLASIFICACIÓN:

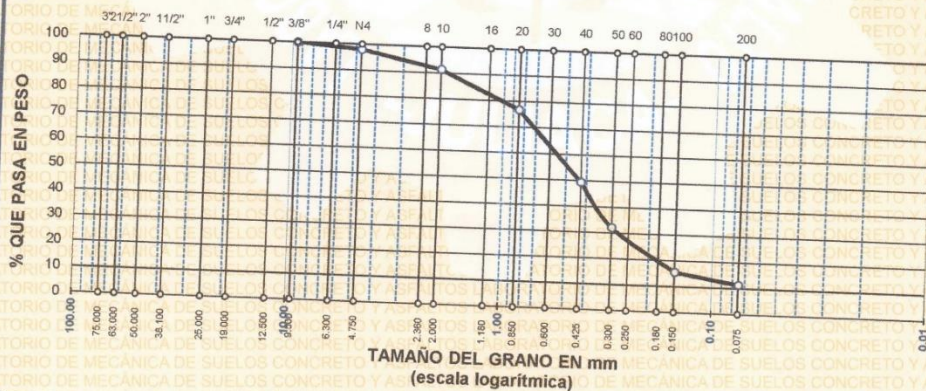
I.G. =

SUCS : SW - SM

ASSTHO :

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

: BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

: URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375033.0 E - 8286509.1 N - 3827.65 ELEVACIÓN

MUESTRA

: SPT N° 3 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD

: 2.85 - 3.45 mt

FECHA

: 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	164.29
SUELO SECO + TARRO	gr	138.75
PESO DEL TARRO	gr	37.36
PESO DEL AGUA	gr	25.54
PESO DEL SUELO SECO	gr	101.39
HUMEDAD %	%	25.19

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		N	R
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.39	29.17
SUELO SECO + TARRO	gr	30.77	27.11
PESO DEL TARRO	gr	19.16	18.10
PESO DEL AGUA	gr	2.62	2.06
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.61	9.01
HUMEDAD %	%	22.57	22.86
N° DE GOLPES		6	6

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LIQUIDO %

: 19.11

LÍMITE PLÁSTICO %

: NP

ÍNDICE PLÁSTICO %

: NP

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UAMCY - FICP
INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

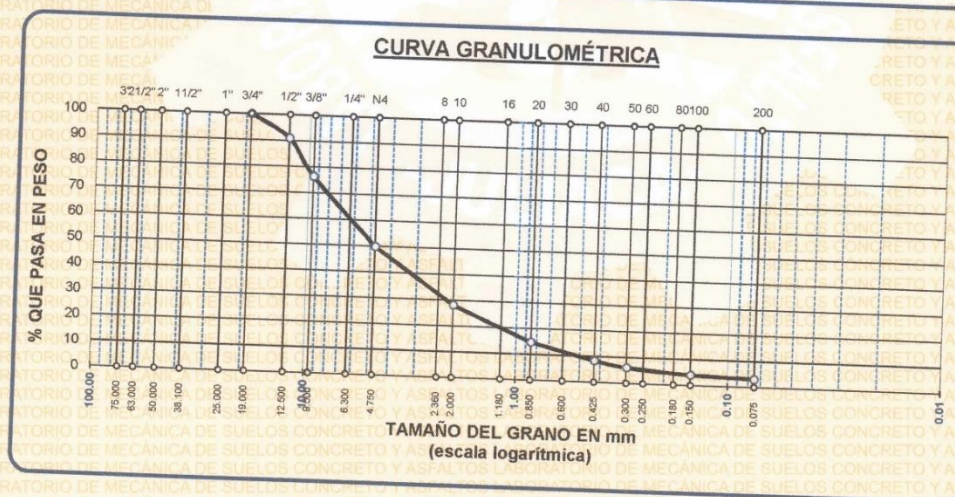


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375033.0 E - 8286509.1 N - 3827.65 ELEVACIÓN
MUESTRA : SPT N° 3 - MUESTRA 5
PROFUNDIDAD : 3.45 - 4.05 mt
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 1000.00
2"	50.000						P.L.= 968.54
1 1/2"	38.100						P.P.= 31.46
1"	25.000						% W = 8.87
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	90.72	9.07	9.07	90.93		L.L.= 17.67
3/8"	9.500	145.86	14.59	23.66	76.34		L.P.= NP
1/4"	6.300						I.P.= NP
No4	4.750	264.66	26.47	50.12	49.88		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= 0.532 Cu= 12.3
No10	2.000	217.00	21.70	71.82	28.18		D30= 2.231 Cc= 1.42
No16	1.180						D60= 6.57
No20	0.850	134.06	13.41	85.23	14.77		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	63.80	6.38	91.61	8.39		SUCS : GW
No50	0.300	22.76	2.28	93.89	6.11		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	21.36	2.14	96.02	3.98		
No200	0.075	8.32	0.83	96.85	3.15		
BASE		31.46	3.15	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA		3.15					



UNIV. ACP
CAP. INGENIERIA CIVIL
Ing. Barana Barrantes Quiroz
C.R. 109700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

: BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

: URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375033.0 E - 8286509.1 N - 3827.65 ELEVACION

MUESTRA

: SPT. N° 3 - MUESTRA 5

PROFUNDIDAD

: 3.45 - 4.05 mt

FECHA

: 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NF. 0.25 mt

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	189.95
SUELO SECO + TARRO	gr	177.45
PESO DEL TARRO	gr	36.53
PESO DEL AGUA	gr	12.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	140.92
HUMEDAD %	%	8.87

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		S	R
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.51	30.21
SUELO SECO + TARRO	gr	30.98	27.99
PESO DEL TARRO	gr	18.85	17.49
PESO DEL AGUA	gr	2.53	2.22
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.13	10.50
HUMEDAD %	%	20.86	21.14
N° DE GOLPES		6	6

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO %

:

17.67

LÍMITE PLÁSTICO %

:

NP

ÍNDICE PLÁSTICO %

:

NP

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

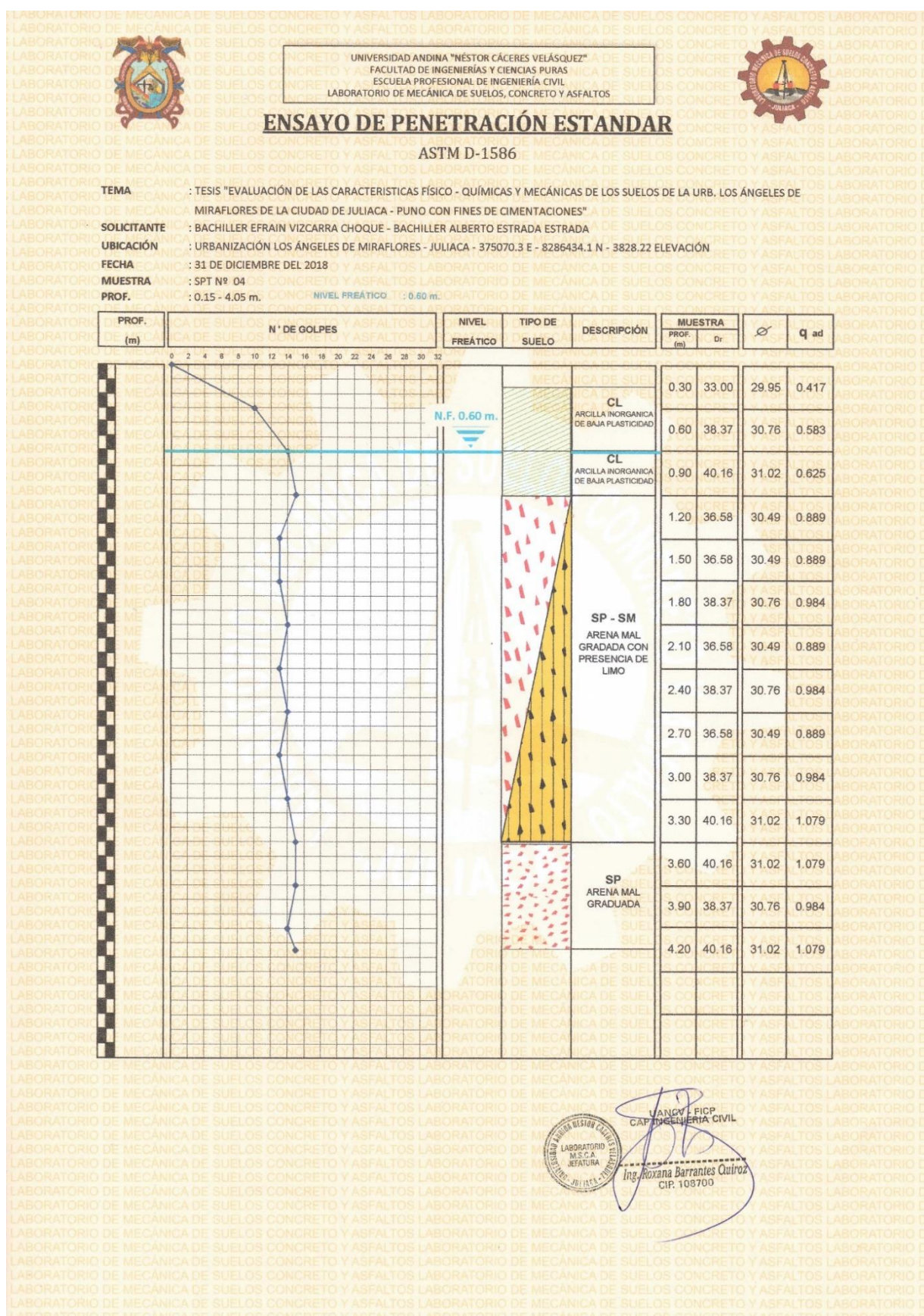
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



AVANCY - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIF. 103760

ANEXO A-4: ENSAYO DE SPT PARA LA MUESTRA – 04





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375070.3 E - 8286434.1 N - 3828.22 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 4 - MUESTRA 1

PROFUNDIDAD : 0.15 - 0.60 mt

NF. 0.60 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500					
1/4"	6.300					
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
No8	2.360					
No10	2.000	0.47	0.47	0.47	99.53	
No16	1.180					
No20	0.850	0.70	0.70	1.17	98.83	
No30	0.600					
No40	0.425	2.49	2.49	3.66	96.34	
No 50	0.300	2.75	2.75	6.41	93.59	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	5.63	5.63	12.04	87.96	
No200	0.075	9.13	9.13	21.17	78.83	
BASE TOTAL		100.00	100.00	100.00	0.00	
% PERDIDA		78.83				

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.I. = 100.00

P.L. = 21.17

P.P. = 78.83

% W = 34.34

LIMITES DE CONSISTENCIA:

L.L. = 40.10

L.P. = 24.36

I.P. = 15.75

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10 = --- Cu = ---

D30 = --- Cc = ---

D60 = ---

CLASIFICACIÓN:

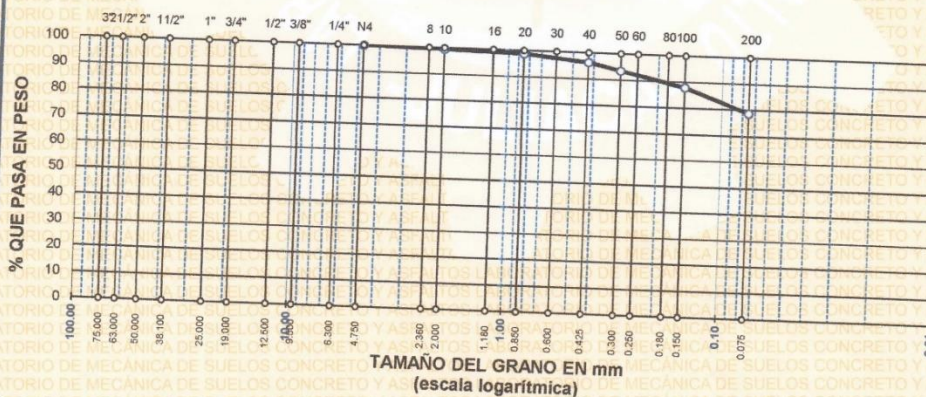
I.G. = :

SUCS : CL

ASSTHO :

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNANCY - EICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375070.3 E - 8286434.1 N - 3828.22 ELEVACIÓN
MUESTRA : SPT N° 4 - MUESTRA 1
PROFUNDIDAD : 0.15 - 0.60 mt
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	168.87
SUELO SECO + TARRO	gr	135.07
PESO DEL TARRO	gr	36.65
PESO DEL AGUA	gr	33.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	98.42
HUMEDAD %	%	34.34

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LÍQUIDO			
TARRO N°		E	O
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	37.16	38.61
SUELO SECO + TARRO	gr	34.05	35.09
PESO DEL TARRO	gr	26.11	26.13
PESO DEL AGUA	gr	3.11	3.52
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.94	8.96
HUMEDAD %	%	39.17	39.29
N° DE GOLPES		30	30

LÍMITE PLÁSTICO	
I	J
13.47	13.28
12.44	12.32
8.22	8.37
1.03	0.96
4.22	3.95
24.41	24.30

LÍMITE LÍQUIDO % :	40.10	LÍMITE PLÁSTICO % :	24.36
ÍNDICE PLÁSTICO % :	15.75		

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



QUANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 108709



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

SOLICITANTE

UBICACIÓN

MUESTRA

PROFUNDIDAD

FECHA

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375070.3 E - 8286434.1 N - 3828.22 ELEVACIÓN
SPT N° 4 - MUESTRA 2
D.60 - 0.90 mt NF. 0.60 mt
31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	148.49
SUELO SECO + TARRO	gr	122.52
PESO DEL TARRO	gr	37.57
PESO DEL AGUA	gr	25.97
PESO DEL SUELO SECO	gr	84.95
HUMEDAD %	%	30.57

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		Q	T
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.83	36.37
SUELO SECO + TARRO	gr	34.92	33.05
PESO DEL TARRO	gr	26.07	25.56
PESO DEL AGUA	gr	3.91	3.32
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.85	7.49
HUMEDAD %	%	44.18	44.33
N° DE GOLPES		29	29

LÍMITE PLÁSTICO

L	K
12.19	13.69
11.34	12.77
7.60	8.72
0.85	0.92
3.74	4.05
22.73	22.72

LÍMITE LÍQUIDO %	45.06	LÍMITE PLÁSTICO %	22.72
------------------	-------	-------------------	-------

ÍNDICE PLÁSTICO % : 22.33

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108709



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375070.3 E - 8286434.1 N - 3828.22 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 4 - MUESTRA 2

PROFUNDIDAD : 0.60 - 0.90 mt

NF. 0.60 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.300					
No4	4.750	1.18	0.39	0.39	99.61	
No8	2.360					
No10	2.000	14.36	4.79	5.18	94.82	
No16	1.180					
No20	0.850	23.36	7.79	12.97	87.03	
No30	0.600					
No40	0.425	29.48	9.83	22.79	77.21	
No 50	0.300	19.18	6.39	29.19	70.81	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	27.00	9.00	38.19	61.81	
No200	0.075	25.48	8.49	46.68	53.32	
BASE		159.96	53.32	100.00	0.00	
TOTAL		300.00	100.00			
% PERDIDA		53.32				

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.L.= 300.00

P.L.= 140.04

P.P.= 159.96

% W= 30.57

LIMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.= 45.06

L.P.= 22.72

I.P.= 22.33

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10= --- Cu= ---

D30= --- Cc= ---

D60= 0.13

CLASIFICACIÓN:

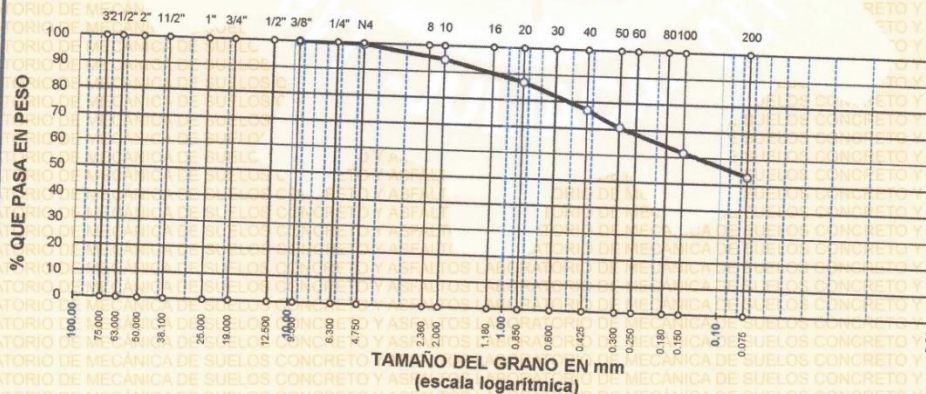
I.G. =

SUCS CL

ASSTHO :

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



LAUCV - ECP
CAP INGENIERIA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIF. 199700



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGEL DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375070.3 E - 8286434.1 N - 3828.22 ELEVACIÓN

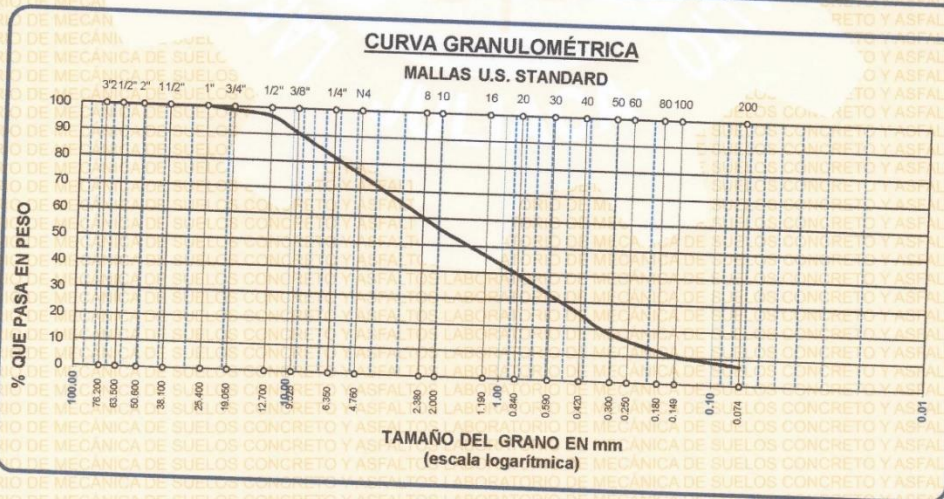
MUESTRA : SPT N° 4 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD : 0.90 - 3.30 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NE : 0.60 mt

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.L.= 1000.00
2"	50.600						P.L.= 951.43
1 1/2"	38.100						P.P.= 48.57
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		% W= 9.62
3/4"	19.050	12.93	1.29	1.29	98.71		LÍMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700	18.28	1.83	3.12	96.88		L.L.= 16.11
3/8"	9.525	60.13	6.01	9.13	90.87		L.P.= NP
1/4"	6.350						I.P.= NP
No4	4.760	150.79	15.08	24.21	75.79		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.139 Cu= 18.2
No10	2.000	128.36	25.67	43.67	56.33		D30= 0.554 Cc= 0.88
No16	1.190						D60= 2.52
No20	0.840	108.20	21.64	60.07	39.93		
No30	0.590						
No40	0.420	96.10	19.22	74.64	25.36		
No 50	0.300	48.09	9.62	81.92	18.08		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	50.54	10.11	89.59	10.41		
No200	0.074	20.14	4.03	92.64	7.36		
BASE		48.57	9.71	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA		4.86					



ING. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JULIACA - PUNO
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIR. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375070.3 E - 8286434.1 N - 3828.22 ELEVACIÓN

MUESTRA

SPT N° 4 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD

0.90 - 3.30 mt

FECHA

31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	276.25
SUELO SECO + TARRO	gr	255.31
PESO DEL TARRO	gr	37.56
PESO DEL AGUA	gr	20.94
PESO DEL SUELO SECO	gr	217.75
HUMEDAD %	%	9.62

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		Y	V
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.51	38.90
SUELO SECO + TARRO	gr	39.00	36.92
PESO DEL TARRO	gr	25.55	26.46
PESO DEL AGUA	gr	2.51	1.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.45	10.46
HUMEDAD %	%	18.66	18.93
N° DE GOLPES		7	7

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO %	:	16.11	LÍMITE PLÁSTICO %	:	NP
------------------	---	-------	-------------------	---	----

ÍNDICE PLÁSTICO %	:	NP
-------------------	---	----

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



WANCY - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

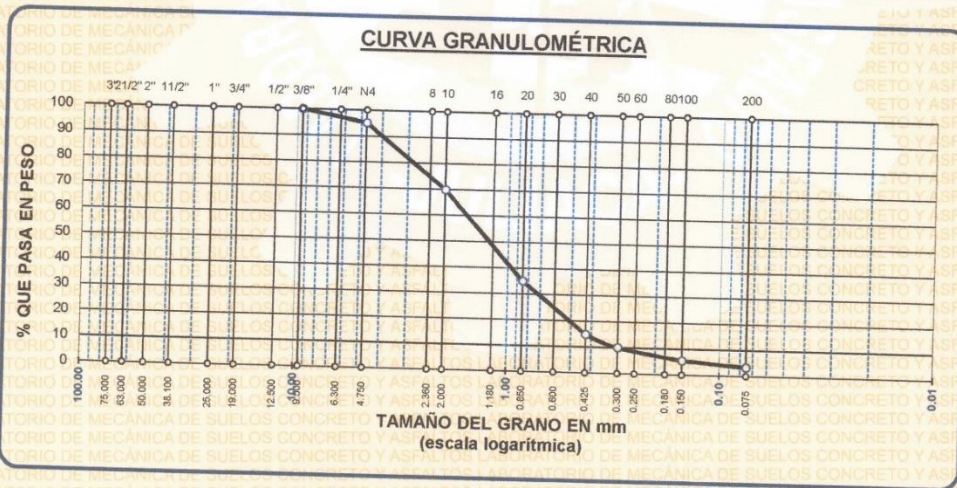


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375070.3 E - 8286434.1 N - 3828.22 ELEVACIÓN
MUESTRA : SPT N° 4 - MUESTRA 4
PROFUNDIDAD : 3.30 - 4.05 mt NF, 0.60 mt
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 500.00
2"	50.000						P.L.= 482.66
1 1/2"	38.100						P.P.= 17.34
1"	25.000						% W = 15.39
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 12.58
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= NP
1/4"	6.300						I.P.= NP
No4	4.750	24.32	4.86	4.86	95.14		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= 0.299 Cu= 5.59
No10	2.000	126.32	25.26	30.13	69.87		D30= 0.744 Cc= 1.1
No16	1.180						D60= 1.67
No20	0.850	174.24	34.85	64.98	35.02		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	100.90	20.18	85.16	14.84		SUCS : SP
No 50	0.300	24.14	4.83	89.98	10.02		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	22.14	4.43	94.41	5.59		
No200	0.075	10.60	2.12	96.53	3.47		
BASE		17.34	3.47	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		3.47					



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
ING. ROYANA BARRALES CHIRAZ
CIP: 103703



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375070.3 E - 8286434.1 N - 3828.22 ELEVACIÓN

MUESTRA

SPT N° 4 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD

3.30 - 4.05 mt

FECHA

31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NF. 0.60 mt

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	155.86
SUELO SECO + TARRO	gr	140.01
PESO DEL TARRO	gr	37.00
PESO DEL AGUA	gr	15.85
PESO DEL SUELO SECO	gr	103.01
HUMEDAD %	%	15.39

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		W	Z
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	37.99	35.48
SUELO SECO + TARRO	gr	36.31	34.14
PESO DEL TARRO	gr	26.08	25.81
PESO DEL AGUA	gr	1.68	1.34
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.23	8.33
HUMEDAD %	%	16.42	16.09
N° DE GOLPES		3	3

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO %

12.58

LÍMITE PLÁSTICO %

NP

ÍNDICE PLÁSTICO %

NP

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

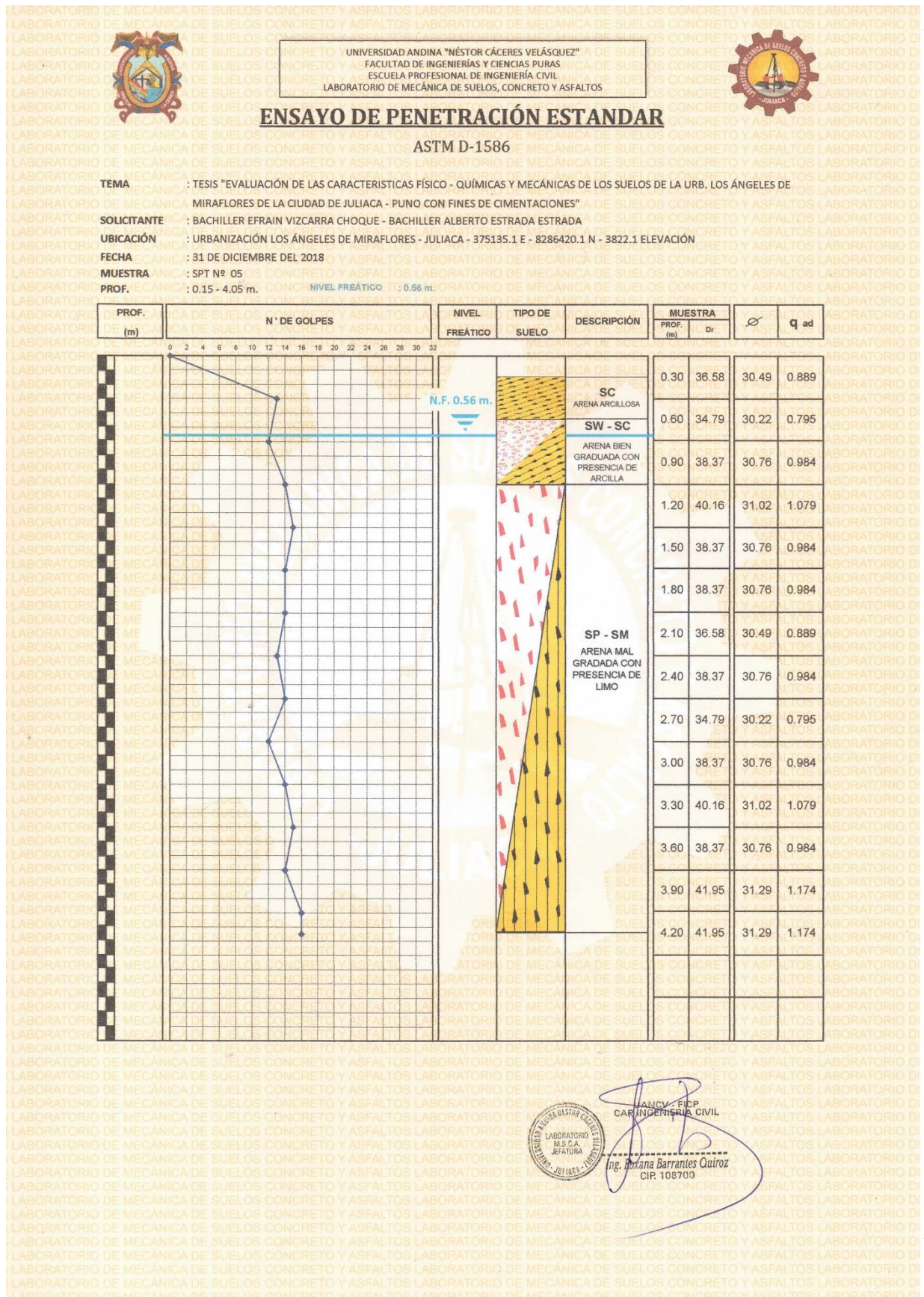
N = Número de Golpes



Ing. EFRAY VIZCARRA CHOQUE
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP: 105700

ANEXO A-5: ENSAYO DE SPT PARA LA MUESTRA – 05





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE: BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN: URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375135.1 E - 8286420.1 N - 3822.1 ELEVACIÓN

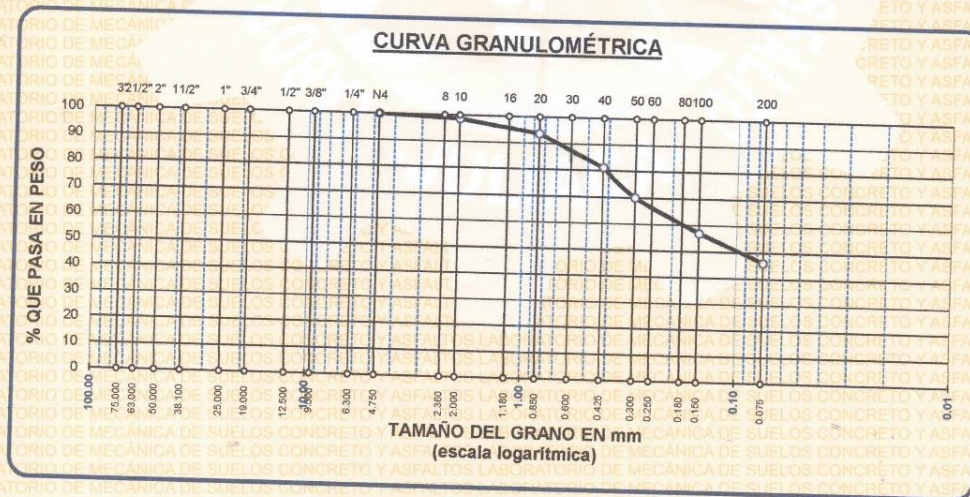
MUESTRA: SPT N° 5 - MUESTRA 1

PROFUNDIDAD: 0.15 - 0.45 mt

NF. 0.56 mt

FECHA: 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 100.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 53.74
2"	50.000						P.P.= 46.26
1 1/2"	38.100						% W = 32.40
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 41.78
1/2"	12.500						L.P.= 18.26
3/8"	9.500						I.P.= 23.52
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	1.36	1.36	1.36	98.64		D60= 0.18
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	4.98	4.98	6.34	93.66		I.G. = :
No30	0.600						SUCS : SC
No40	0.425	12.33	12.33	18.67	81.33		ASSTHO :
No50	0.300	11.22	11.22	29.89	70.11		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	13.01	13.01	42.90	57.10		
No200	0.075	10.84	10.84	53.74	46.26		
BASE		46.26	46.26	100.00	0.00		
TOTAL		100.00	100.00				
% PERDIDA		46.26					



WANCY - PFCP
CAR. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

SOLICITANTE

UBICACIÓN

MUESTRA

PROFUNDIDAD

FECHA

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375135.1 E - 8286420.1 N - 3822.1 ELEVACIÓN
SPT N° 5 - MUESTRA 1
0.15 - 0.45 mt NF. 0.66 mt
31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	172.35
SUELO SECO + TARRO	gr	139.13
PESO DEL TARRO	gr	36.60
PESO DEL AGUA	gr	33.22
PESO DEL SUELO SECO	gr	102.53
HUMEDAD %	%	32.40

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		X	U
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.64	35.96
SUELO SECO + TARRO	gr	34.97	33.20
PESO DEL TARRO	gr	26.00	26.44
PESO DEL AGUA	gr	3.67	2.76
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.97	6.76
HUMEDAD %	%	40.91	40.83
N° DE GOLPES		30	30

LÍMITE PLÁSTICO

E	P
14.69	14.18
13.87	13.38
9.37	9.01
0.82	0.80
4.50	4.37
18.22	18.31

LÍMITE LÍQUIDO %

41.78

LÍMITE PLÁSTICO %

18.26

ÍNDICE PLÁSTICO %

23.52

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



INGENIERO CIVIL
CAP. INGENIERIA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIR 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375135.1 E - 8286420.1 N - 3822.1 ELEVACIÓN
MUESTRA : SPT N° 5 - MUESTRA 2
PROFUNDIDAD : 0.45 - 0.90 mt
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	9.51	3.17	3.17	96.83	
1/4"	6.300					
No4	4.750	74.64	24.88	28.05	71.95	
No8	2.360					
No10	2.000	57.69	19.23	47.28	52.72	
No16	1.180	46.86	15.62	62.90	37.10	
No20	0.850					
No30	0.600					
No40	0.425	39.39	13.13	76.03	23.97	
No 50	0.300	22.59	7.53	83.56	16.44	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	17.70	5.90	89.46	10.54	
No200	0.075	6.63	2.21	91.67	8.33	
BASE		24.99	8.33	100.00	0.00	
TOTAL		300.00	100.00			
% PERDIDA		8.33				

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.L.= 300.00

P.L.= 275.01

P.P.= 24.99

%W= 14.36

LÍMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.= 31.63

L.P.= 17.22

I.P.= 14.41

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10= 0.132

D30= 0.620

D60= 3.04

Cu= 23.1

Cc= 0.96

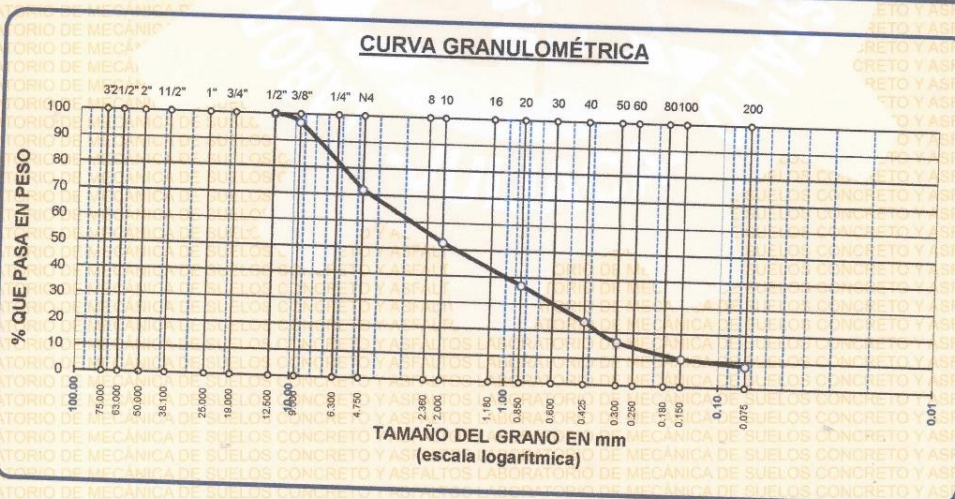
CLASIFICACIÓN:

I.G. =

SUCS : SW - SC

ASSTHO :

OBSERVACIONES:



UANCV - EICP
C.A.P. INGENIERÍA CIVIL
Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

SOLICITANTE

UBICACIÓN

MUESTRA

PROFUNDIDAD

FECHA

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375135.1 E - 8286420.1 N - 3822.1 ELEVACIÓN
SPT N° 5 - MUESTRA 2
0.45 - 0.90 mt NF: 0.58 mt
31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	143.71
SUELO SECO + TARRO	gr	130.36
PESO DEL TARRO	gr	37.37
PESO DEL AGUA	gr	13.35
PESO DEL SUELO SECO	gr	92.99
HUMEDAD %	%	14.36

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		2	3
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.38	45.63
SUELO SECO + TARRO	gr	38.76	42.15
PESO DEL TARRO	gr	30.34	30.84
PESO DEL AGUA	gr	2.62	3.48
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.42	11.31
HUMEDAD %	%	31.12	30.77
N° DE GOLPES		30	30

LÍMITE PLÁSTICO

R	Q
14.17	13.89
13.35	13.11
8.60	8.57
0.82	0.78
4.75	4.54
17.26	17.18

LÍMITE LÍQUIDO %	31.63	LÍMITE PLÁSTICO %	17.22
------------------	-------	-------------------	-------

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.41

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Ing. Roxana Barrantes Quirós

CIP: 106700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGEL DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375135.1 E - 8286420.1 N - 3822.1 ELEVACIÓN

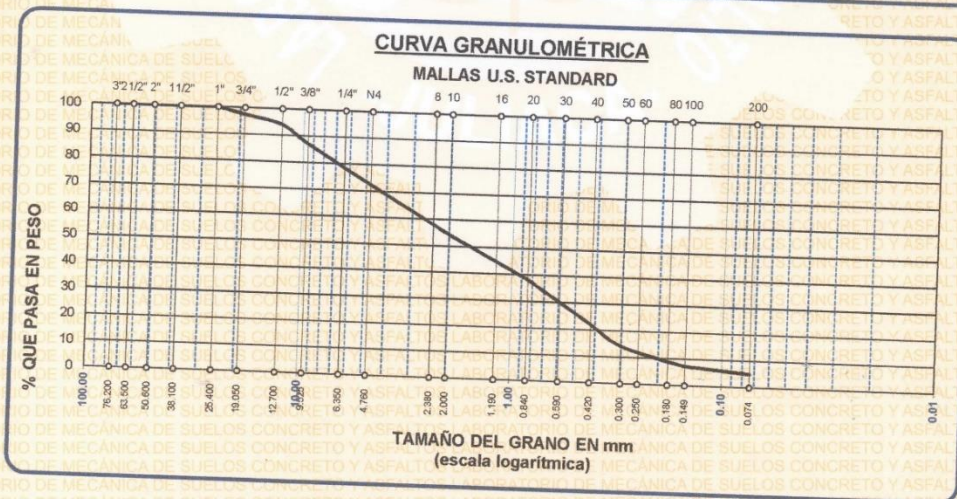
MUESTRA : SPT N° 5 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD : 0.90 - 4.05 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NF. 0.56 mt

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.I.= 1000.00
2"	50.800						P.L.= 964.49
1 1/2"	38.100						P.P.= 35.51
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		% W= 11.76
3/4"	19.050	25.10	2.51	2.51	97.49		LÍMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700	34.18	3.42	5.93	94.07		L.L.= 15.88
3/8"	9.525	69.50	6.95	12.88	87.12		L.P.= NP
1/4"	6.350						I.P.= NP
No4	4.760	147.53	14.75	27.63	72.37		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.208 Cu= 13.7
No10	2.000	124.36	24.87	45.63	54.37	500 gr	D30= 0.625 Cc= 0.66
No16	1.190						D60= 2.86
No20	0.840	111.49	22.30	61.77	38.23		CLASIFICACIÓN:
No30	0.590						I.G. =
No40	0.420	111.33	22.27	77.88	22.12		SUSCS : SP - SM
No 50	0.300	54.74	10.95	85.80	14.20		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.149	47.44	9.49	92.67	7.33		
No200	0.074	15.13	3.03	94.86	5.14		
BASE		35.51	7.10	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA		3.55					



ING. ROXANA BARRANTES QUIROGA
CIP: 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES*
SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375135.1 E - 8286420.1 N - 3822.1 ELEVACION
MUESTRA : SPT N° 5 - MUESTRA 3
PROFUNDIDAD : 0.90 - 4.05 mt NF. 0.56 mt
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	419.38
SUELO SECO + TARRO	gr	379.32
PESO DEL TARRO	gr	38.68
PESO DEL AGUA	gr	40.06
PESO DEL SUELO SECO	gr	340.64
HUMEDAD %	%	11.76

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		4	14
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	45.56	42.78
SUELO SECO + TARRO	gr	43.20	40.89
PESO DEL TARRO	gr	30.28	30.50
PESO DEL AGUA	gr	2.36	1.89
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.92	10.39
HUMEDAD %	%	18.27	18.19
N° DE GOLPES		8	8

LÍMITE PLASTICO

LÍMITE LIQUIDO % : 15.88 **LÍMITE PLASTICO %** : NP

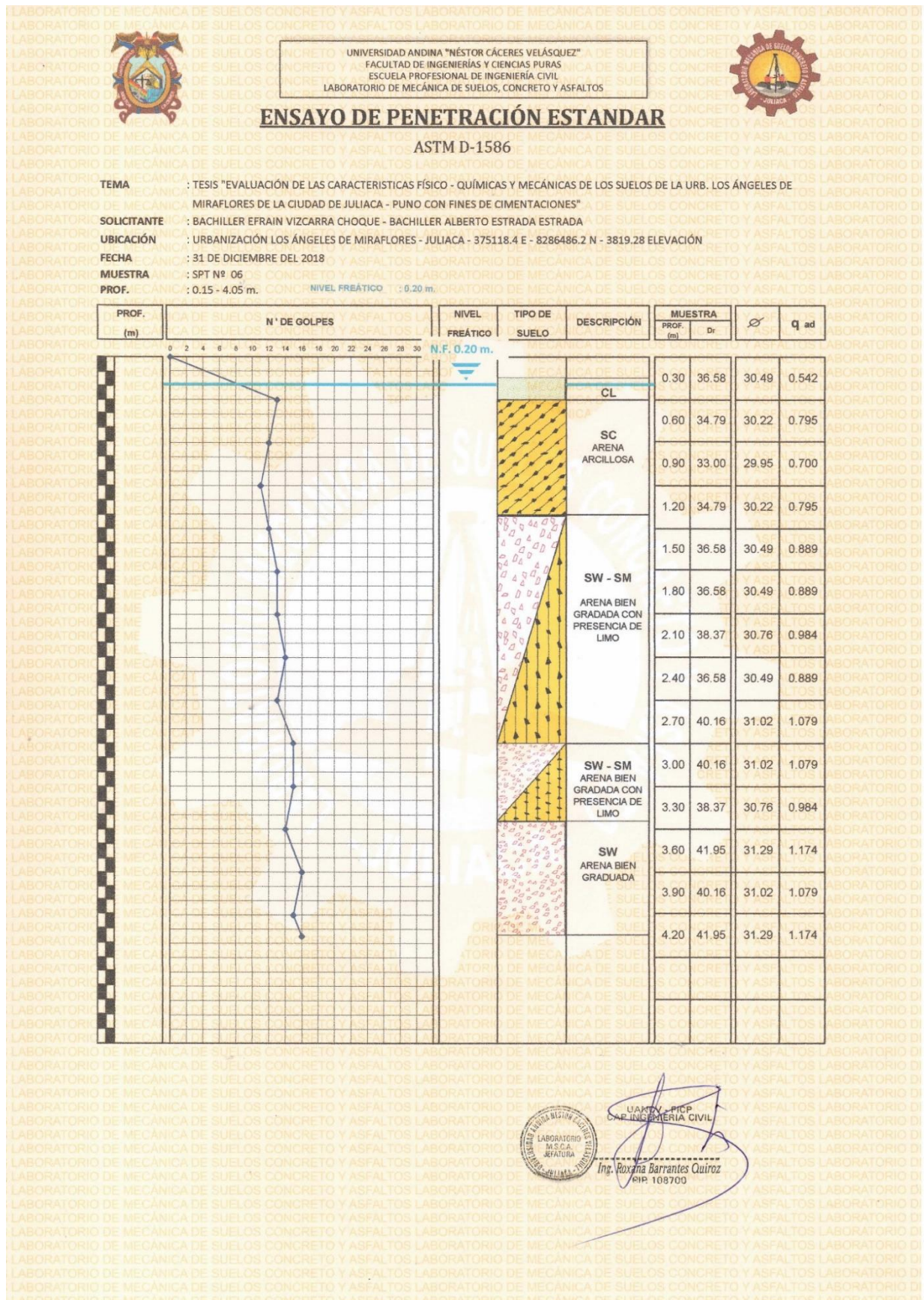
INDICE PLASTICO % : NP

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Límite Líquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes



Ing. Roxana Barrantes Quiróz
CIP. 108700

ANEXO A-6: ENSAYO DE SPT PARA LA MUESTRA – 06





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES

DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH.EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375118.4 E - 8286486.2 N - 3819.28 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 6 - MUESTRA 1

PROFUNDIDAD : 0.15 - 0.30 mt

NF, 0.20 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500					
1/4"	6.300					
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
No8	2.360					
No10	2.000	2.72	1.81	1.81	98.19	
No16	1.180					
No20	0.850	4.19	2.79	4.61	95.39	
No30	0.600					
No40	0.425	9.87	6.58	11.19	88.81	
No 50	0.300	7.11	4.74	15.93	84.07	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	9.42	6.28	22.21	77.79	
No200	0.075	8.46	5.64	27.85	72.15	
BASE		108.23	72.15	100.00	0.00	
TOTAL		150.00	100.00			
% PERDIDA		72.15				

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.L.= 150.00

P.L.= 41.77

P.P.= 108.23

% W = 39.01

LÍMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.= 43.56

L.P.= 23.42

I.P.= 20.14

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10= --- Cu= ---

D30= --- Cc= ---

D60= ---

CLASIFICACIÓN:

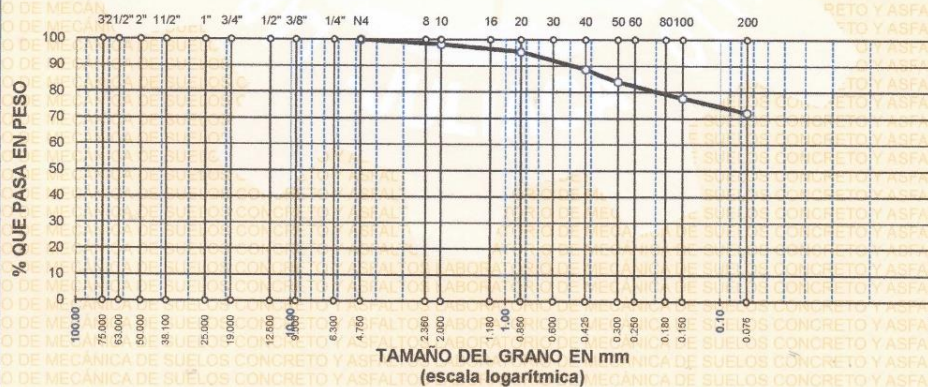
I.G. =

SUCS : CL

ASSTHO :

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 108760



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375118.4 E - 8286486.2 N - 3819.28 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 6 - MUESTRA 1

PROFUNDIDAD : 0.15 - 0.30 mt **NF: 0.20 mt**

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	143.50
SUELO SECO + TARRO	gr	113.73
PESO DEL TARRO	gr	37.41
PESO DEL AGUA	gr	29.77
PESO DEL SUELO SECO	gr	76.32
HUMEDAD %	%	39.01

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		H	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.18	33.46
SUELO SECO + TARRO	gr	30.56	29.20
PESO DEL TARRO	gr	20.15	19.54
PESO DEL AGUA	gr	4.62	4.26
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.41	9.66
HUMEDAD %	%	44.38	44.10
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

J	L
12.62	11.94
11.81	11.12
8.37	7.60
0.81	0.82
3.44	3.52
23.55	23.30

LÍMITE LÍQUIDO % : 43.56 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 23.42

ÍNDICE PLÁSTICO % : 20.14

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UTINCV - PROF
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIF 105700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES

DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375118.4 E - 8286486.2 N - 3819.28 ELEVACIÓN

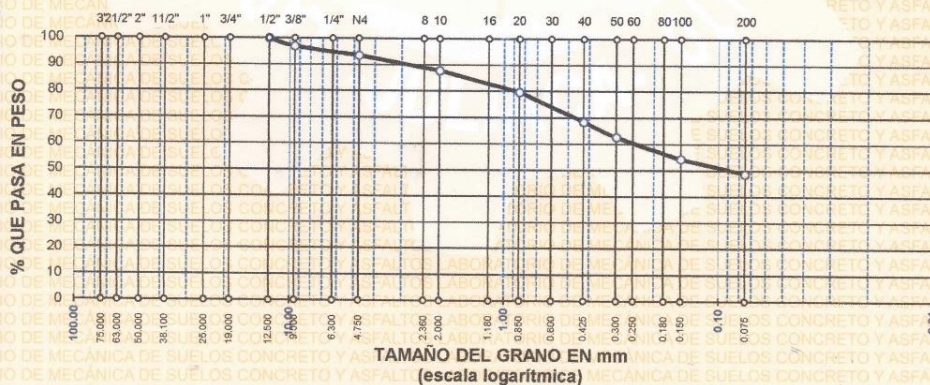
MUESTRA : SPT N° 6 - MUESTRA 2

PROFUNDIDAD : 0.30 - 1.10 mt NF, 0.20 ml

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 300.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 153.55
2"	50.000						P.P.= 146.45
1 1/2"	38.100						%W= 19.59
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 28.11
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 19.39
3/8"	9.500	9.20	3.07	3.07	96.93		I.P.= 8.72
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	10.25	3.42	6.48	93.52		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	16.89	5.63	12.11	87.89		D60= 0.25
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	24.35	8.12	20.23	79.77		I.G. = :
No30	0.600						SUCS : SC
No40	0.425	33.79	11.26	31.49	68.51		ASSTHO : TO Y ASFALTOS
No50	0.300	17.42	5.81	37.30	62.70		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	24.87	8.29	45.59	54.41		
No200	0.075	16.78	5.59	51.18	48.82		
BASE		146.45	48.82	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA		48.82					

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIV. FICP
CAP. INGENIERIA CIVIL
Ing. Roxana Barrientes Quiroz
CIP. 108760



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES
DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES
SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375118.4 E - 8286486.2 N - 3819.28 ELEVACIÓN
MUESTRA : SPT N° 6 - MUESTRA 2
PROFUNDIDAD : 0.30 - 1.10 mt NF. 0.20 mt
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	190.30
SUELO SECO + TARRO	gr	165.26
PESO DEL TARRO	gr	37.41
PESO DEL AGUA	gr	25.04
PESO DEL SUELO SECO	gr	127.85
HUMEDAD %	%	19.59

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.60	31.93
SUELO SECO + TARRO	gr	29.58	28.82
PESO DEL TARRO	gr	18.83	17.87
PESO DEL AGUA	gr	3.02	3.11
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.75	10.95
HUMEDAD %	%	28.09	28.40
N° DE GOLPES		24	24

LÍMITE PLÁSTICO

D	E
13.61	15.28
12.81	14.31
8.63	9.37
0.80	0.97
4.18	4.94
19.14	19.64

LÍMITE LÍQUIDO % : 28.11 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 19.39

ÍNDICE PLÁSTICO % : 08.72

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIF. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375118.4 E - 8286486.2 N - 3819.28 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 6 - MUESTRA 3

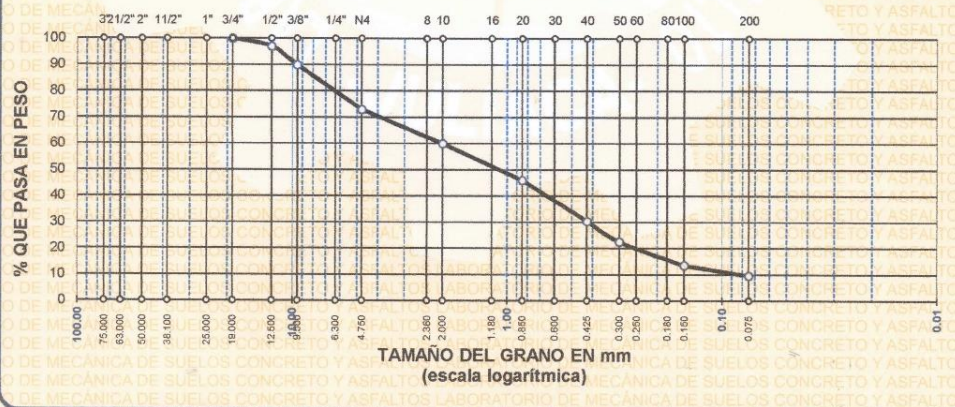
PROFUNDIDAD : 1.10 - 2.70 mt NF. 0.20 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	29.50	2.95	2.95	97.05	
3/8"	9.500	71.32	7.13	10.08	89.92	
1/4"	6.300					
No4	4.750	169.47	16.95	27.03	72.97	
No8	2.360					
No10	2.000	129.25	12.93	39.95	60.05	
No16	1.180					
No20	0.850	140.18	14.02	53.97	46.03	
No30	0.600					
No40	0.425	155.36	15.54	69.51	30.49	
No50	0.300	79.36	7.94	77.44	22.56	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	90.14	9.01	86.46	13.54	
No200	0.075	39.15	3.92	90.37	9.63	
BASE		96.27	9.63	100.00	0.00	
TOTAL		1000.00	100.00			
% PERDIDA		9.63				

TAMAÑO MÁXIMO:
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
P.L.= 1000.00
P.L.= 903.73
P.P.= 96.27
% W = 13.91
LÍMITES DE CONSISTENCIA:
L.L.= 20.36
L.P.= NP
I.P.= NP
CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
D₁₀= 0.082 Cu= 24.3
D₃₀= 0.417 Cc= 1.06
D₆₀= 2.00
CLASIFICACIÓN:
I.G. = :
SUCS : SW - SM
ASSTHO :
OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



UANDV - RCP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES

DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

: BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

: URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375118.4 E - 8286486.2 N - 3919.28 ELEVACIÓN

MUESTRA

: SPT N° 6 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD

: 1.10 - 2.70 m

NF. 0.20 m

FECHA

: 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	177.51
SUELO SECO + TARRO	gr	160.57
PESO DEL TARRO	gr	38.79
PESO DEL AGUA	gr	16.94
PESO DEL SUELO SECO	gr	121.78
HUMEDAD %	%	13.91

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		2	3
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	45.17	44.93
SUELO SECO + TARRO	gr	42.41	42.33
PESO DEL TARRO	gr	30.34	30.84
PESO DEL AGUA	gr	2.76	2.60
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.07	11.49
HUMEDAD %	%	22.87	22.63
N° DE GOLPES		10	10

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LIQUIDO % : 20.36 LÍMITE PLÁSTICO % : NP

ÍNDICE PLÁSTICO % : NP

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



LABOR. CIVIL
CAP. INGENIERIA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIF. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375118.4 E - 8286486.2 N - 3619.28 ELEVACIÓN

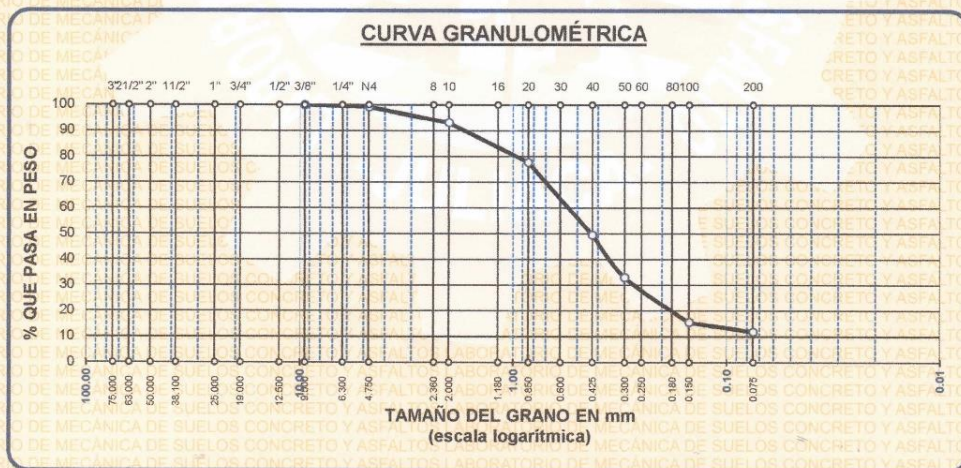
MUESTRA : SPT N° 6 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD : 2.70 - 3.25 mt

Nº. 0.20 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 250.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 220.29
2"	50.000						P.P.= 29.71
1 1/2"	38.100						% w = 25.19
1"	25.000						LÍMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 18.28
1/2"	12.500						L.P.= NP
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P.= NP
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	1.90	0.76	0.76	99.24		D10= 0.063 Cu= 9.22
No8	2.360						D30= 0.273 Cc= 2.03
No10	2.000	15.47	6.19	6.95	93.05		D60= 0.58
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	38.42	15.37	22.32	77.68		I.G. =
No30	0.600						SUCS : SW - SM
No40	0.425	70.15	28.06	50.38	49.62		ASSTHO :
No50	0.300	41.28	16.51	66.89	33.11		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	43.79	17.52	84.40	15.60		
No200	0.075	9.28	3.71	88.12	11.88		
BASE		29.71	11.88	100.00	0.00		
TOTAL		250.00	100.00				
% PERDIDA		11.88					



LABORATORIO M.S.C.A. REFATURA
Ing. Rocío Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375118.4 E - 8286486.2 N - 3819.28 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 6 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD : 2.70 - 3.25 mt **NF: 0.20 mt**

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	164.29
SUELO SECO + TARRO	gr	138.75
PESO DEL TARRO	gr	37.36
PESO DEL AGUA	gr	25.54
PESO DEL SUELO SECO	gr	101.39
HUMEDAD %	%	25.19

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		4	9
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.59	47.08
SUELO SECO + TARRO	gr	40.43	44.13
PESO DEL TARRO	gr	30.28	30.33
PESO DEL AGUA	gr	2.16	2.95
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.15	13.80
HUMEDAD %	%	21.28	21.38
N° DE GOLPES		7	7

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO % : 18.28 **LÍMITE PLÁSTICO %** : NP

ÍNDICE PLÁSTICO % : NP

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UATM - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES

DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375118.4 E - 8266486.2 N - 3819.28 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 6 - MUESTRA 5

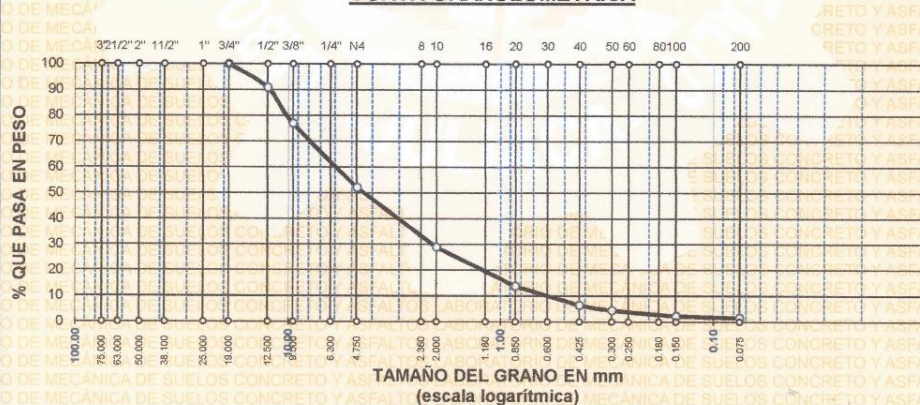
PROFUNDIDAD : 3.25 - 4.05 mt

NF. 0.20 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 800.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 787.71
2"	50.000						P.P.= 12.29
1 1/2"	38.100						% W = 8.87
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L.= 15.29
1/2"	12.500	73.50	9.19	9.19	90.81		L.P.= NP
3/8"	9.500	110.74	13.84	23.03	76.97		I.P.= NP
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	198.76	24.85	47.88	52.13		D10= 0.629 Cu= 9.95
No8	2.360						D30= 2.123 Cc= 1.15
No10	2.000	185.28	23.16	71.04	28.97		D60= 6.26
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	120.86	15.11	86.14	13.86		I.G. = :
No30	0.600						SUCS : SW
No40	0.425	59.28	7.41	93.55	6.45		ASSTHO :
No 50	0.300	15.56	1.95	95.50	4.50		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	17.93	2.24	97.74	2.26		
No200	0.075	5.80	0.73	98.46	1.54		
BASE		12.29	1.54	100.00	0.00		
TOTAL		800.00	100.00				
% PERDIDA		1.54					

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIANCV - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Rosana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375118.4 E - 8288486.2 N - 3819.28 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 6 - MUESTRA 5

PROFUNDIDAD : 3.25 - 4.05 mt NF. 0.20 ml

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	189.95
SUELO SECO + TARRO	gr	177.45
PESO DEL TARRO	gr	36.53
PESO DEL AGUA	gr	12.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	140.92
HUMEDAD %	%	8.87

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.36	34.69
SUELO SECO + TARRO	gr	32.65	32.28
PESO DEL TARRO	gr	18.12	19.26
PESO DEL AGUA	gr	2.71	2.41
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.53	13.02
HUMEDAD %	%	18.65	18.51
N° DE GOLPES		5	5

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO % : 15.29 **LÍMITE PLÁSTICO %** : NP

ÍNDICE PLÁSTICO % : NP

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

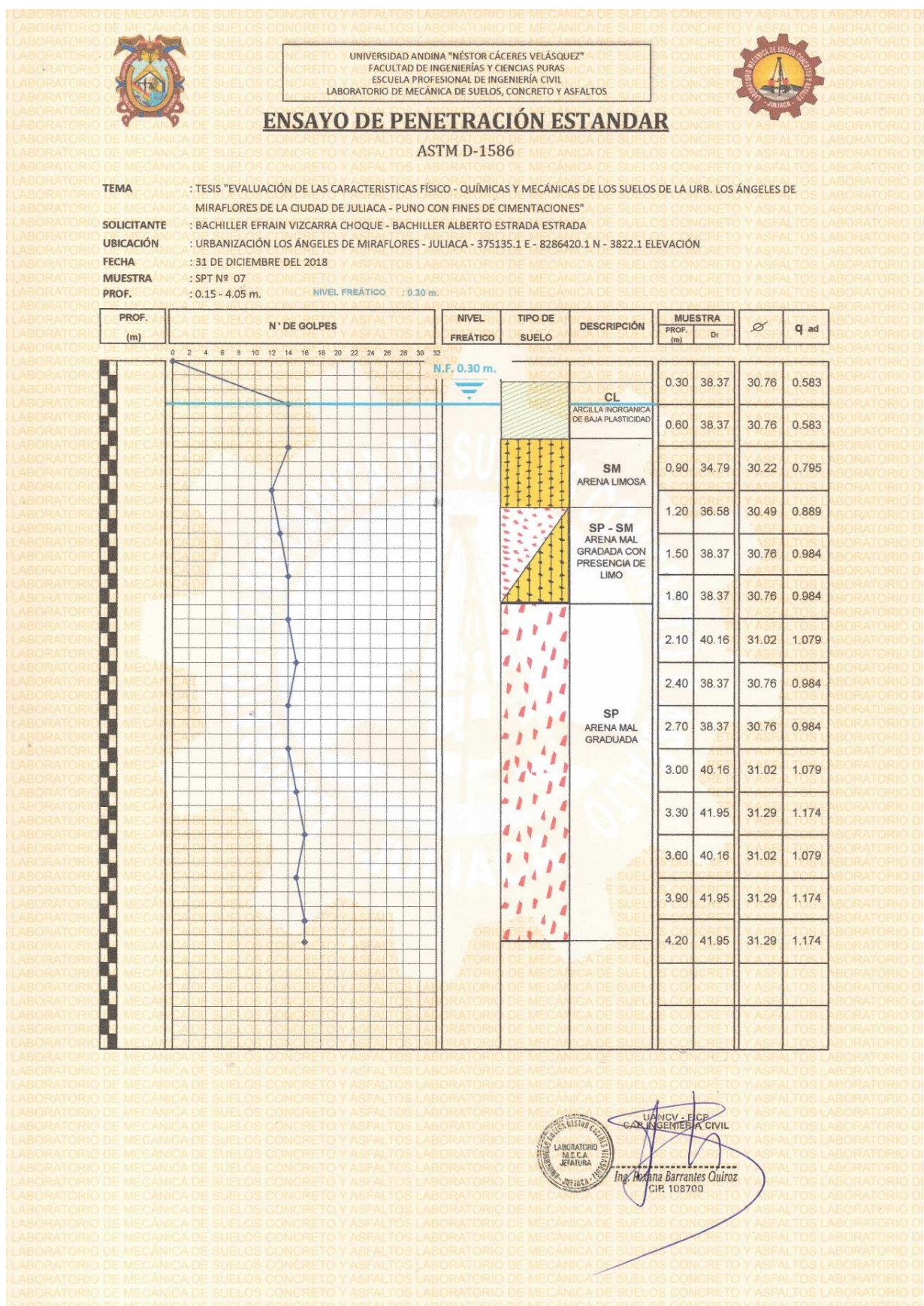
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 109700

ANEXO A-7: ENSAYO DE SPT PARA LA MUESTRA – 07





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ANGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ANGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375135.1 E - 8286420.1 N - 3822.1 ELEVACIÓN

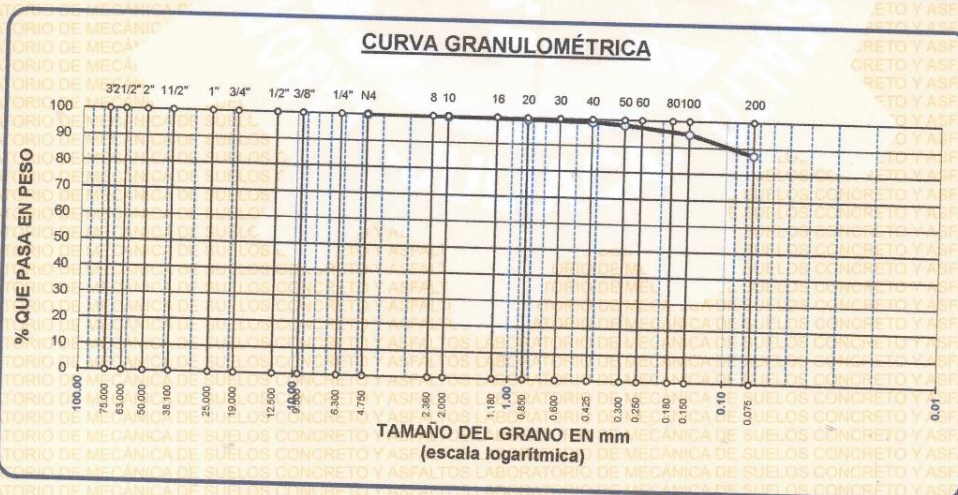
MUESTRA : SPT N° 7 - MUESTRA 1

PROFUNDIDAD : 0.15 - 0.55 mt

NF. 0.30 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 250.00
2"	50.000						P.L.= 31.89
1 1/2"	38.100						P.P.= 218.31
1"	25.000						% W = 43.06
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 43.06
3/8"	9.500						L.P.= 23.83
1/4"	6.300						I.P.= 19.24
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	0.52	0.21	0.21	99.79		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						D60= ---
No20	0.850	1.03	0.41	0.62	99.38		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	1.20	0.48	1.10	98.90		SUCS : CL
No 50	0.300	2.10	0.84	1.94	98.06		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	7.36	2.94	4.88	95.12		
No200	0.075	19.48	7.79	12.68	87.32		
BASE TOTAL		218.31	87.32	100.00	0.00		
% PERDIDA		250.00	100.00				
		87.32					



UNIV. PGP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiróz
CIP. 109703



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ANGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ANGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375135.1 E - 8286420.1 N - 3822.1 ELEVACIÓN
MUESTRA : SPT N° 7 - MUESTRA 1
PROFUNDIDAD : 0.15 - 0.55 mt NF. 0.30 mt
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	321.50
SUELO SECO + TARRO	gr	235.62
PESO DEL TARRO	gr	36.20
PESO DEL AGUA	gr	85.88
PESO DEL SUELO SECO	gr	199.42
HUMEDAD %	%	43.06

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		K	L
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.25	29.67
SUELO SECO + TARRO	gr	27.23	26.40
PESO DEL TARRO	gr	18.03	18.93
PESO DEL AGUA	gr	4.02	3.27
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.20	7.47
HUMEDAD %	%	43.70	43.78
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

2	5
13.92	13.98
12.52	12.69
6.63	7.29
1.40	1.29
5.89	5.40
23.77	23.89

LÍMITE LÍQUIDO % : 43.06 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 23.83

ÍNDICE PLÁSTICO % : 19.24

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

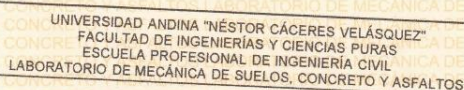
LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



TESIS

DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA PUNO CON FINES DE

SOLICITANTE : BACH FERRAIN VIZCARRA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE

MUESTRA : SPT N° 7 - MUESTRA 2

PROFUNDIDAI : 0.55 - 1.02 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

NF, 0.30 min

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.300					
No4	4.750	30.57	10.19	10.19	89.81	
No8	2.360					
No10	2.000	42.98	14.33	24.52	75.48	
No16	1.180					
No20	0.850	33.60	11.20	35.72	64.28	
No30	0.600					
No40	0.425	23.72	7.91	43.62	56.38	
No 50	0.300	14.60	4.87	48.49	51.51	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	18.90	6.30	54.79	45.21	
No200	0.075	16.61	5.54	60.33	39.67	
BASE		119.02	39.67	100.00	0.00	
TOTAL		300.00	100.00			
% PERDIDA		39.67				

TAMAÑO MÁXIMO:

P.I.= 300.00

P.L.= 180.98

P.P.= 119.02

% w = 30.27

LÍMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.= 44.75

L.P.= 26.60

I.P.= 18.16

CHARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10= --- Cu= ---

D30= --- Cc= ---

D60= 0.62

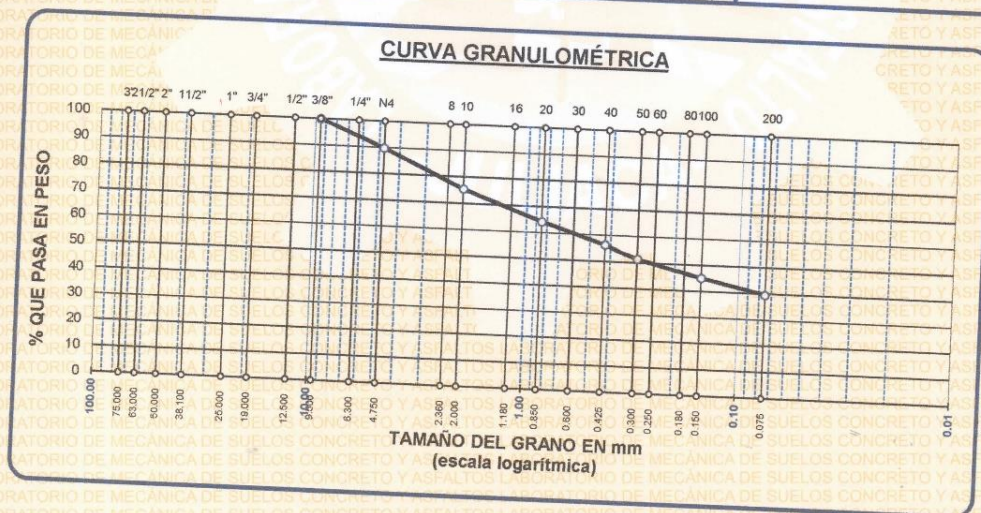
CLASIFICACIÓN:

I.G. = :

SUCS : SM

ASSTHO :

OBSERVACIONES:



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiro
CIP: 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ANGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"
SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ANGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375135.1 E - 8286420.1 N - 3822.1 ELEVACIÓN
MUESTRA : SPT N° 7 - MUESTRA 2
PROFUNDIDAD : 0.55 - 1.02 mt NF. 0.30 mt
FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	210.57
SUELO SECO + TARRO	gr	170.28
PESO DEL TARRO	gr	37.19
PESO DEL SUELO SECO	gr	40.29
HUMEDAD %	%	133.09

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.73	40.32
SUELO SECO + TARRO	gr	30.27	33.87
PESO DEL TARRO	gr	18.12	19.26
PESO DEL AGUA	gr	5.46	6.45
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.15	14.61
HUMEDAD %	%	44.94	44.15
N° DE GOLPES		26	26

LÍMITE PLÁSTICO

H	I
12.73	13.49
11.62	12.39
7.48	8.22
1.11	1.10
4.14	4.17
26.81	26.38

LÍMITE LIQUIDO %	44.75	LÍMITE PLÁSTICO %	26.60
------------------	-------	-------------------	-------

ÍNDICE PLÁSTICO % : 18.16

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
CAP. INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
C.R. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGEL DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

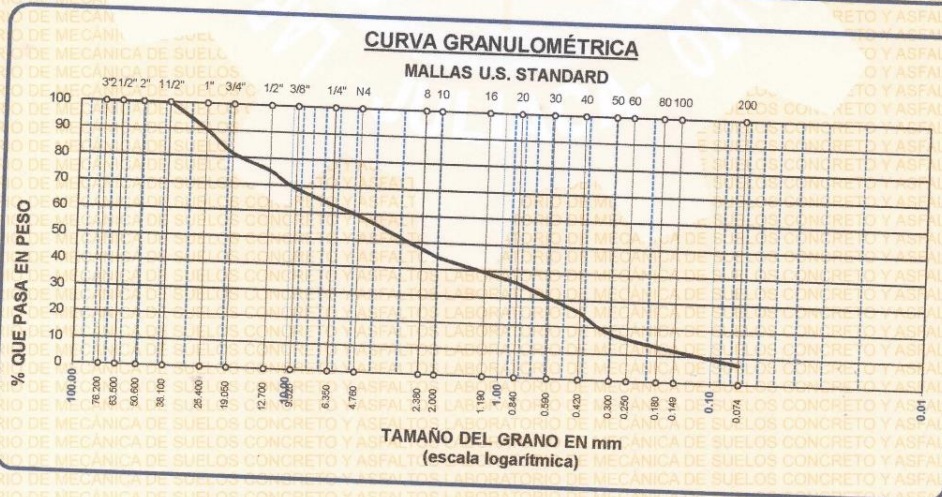
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375193.2 E - 8286495.2 N - 3824.22 ELEVACIÓN

MUESTRA : SPT N° 7 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD : 1.02 - 1.70 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.L.= 600.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 569.25
2"	50.800						P.P.= 30.75
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% w = 12.24
1"	25.400	60.10	10.02	10.02	89.98		LÍMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	51.48	8.58	18.60	81.40		L.L.= 18.87
1/2"	12.700	36.10	6.02	24.61	75.39		L.P.= NP
3/8"	9.525	38.70	6.45	31.06	68.94		I.P.= NP
1/4"	6.350						
No4	4.760	57.10	9.52	40.58	59.42		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.117 Cu= 43.2
No10	2.000	62.12	24.85	55.34	44.66		D30= 0.602 Cc= 0.61
No16	1.190						D60= 5.05
No20	0.840	36.43	14.57	64.00	36.00		
No30	0.590						
No40	0.420	44.47	17.79	74.57	25.43		
No 50	0.300	32.28	12.91	82.25	17.75		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	24.15	9.66	87.99	12.01		
No200	0.074	19.80	7.92	92.69	7.31		
BASE		30.75					
TOTAL		600.00	12.30	100.00	0.00		
% PERDIDA		5.13					



U.A.N.C.V. - PUNO
CAP. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiróz
CIP. 109763



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375193.2 E - 8286495.2 N - 3824.22 ELEVACIÓN

MUESTRA

SPT N° 7 - MUESTRA 3

PROFUNDIDAD

1.02 - 1.70 mt

FECHA

31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	410.35
SUELO SECO + TARRO	gr	369.57
PESO DEL TARRO	gr	36.49
PESO DEL AGUA	gr	40.78
PESO DEL SUELO SECO	gr	333.08
HUMEDAD %	%	12.24

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		E	O
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.56	39.58
SUELO SECO + TARRO	gr	36.34	37.19
PESO DEL TARRO	gr	26.11	26.13
PESO DEL AGUA	gr	2.22	2.39
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.23	11.06
HUMEDAD %	%	21.70	21.61
N° DE GOLPES		8	8

LÍMITE PLASTICO

LÍMITE LIQUIDO % : 18.87 LÍMITE PLASTICO % : NP

INDICE PLASTICO % : NP

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGEL DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE : BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES JULIACA - 375193.2 E - 8286495.2 N - 3824.22 ELEVACIÓN

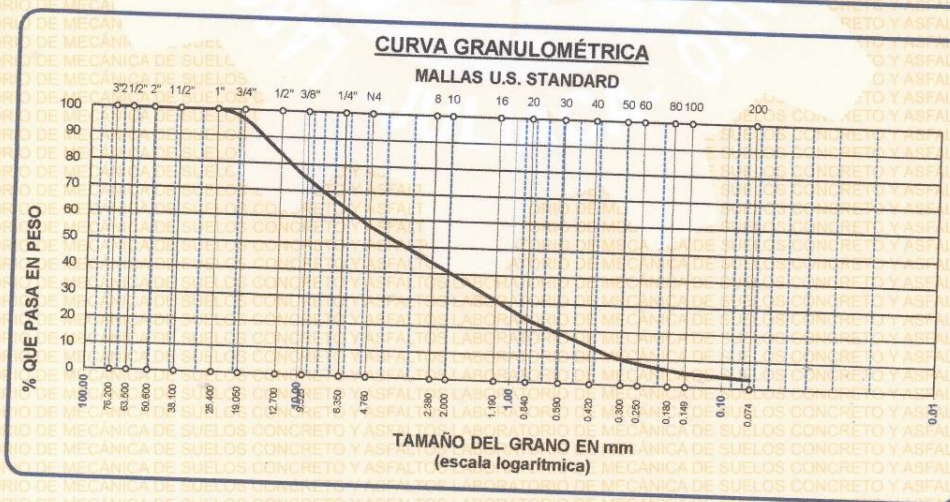
MUESTRA : SPT N° 7 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD : 1.70 - 4.05 mt

FECHA : 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

UF : 0.30 mt

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.L.= 1500.00
2"	50.800						P.L.= 1469.34
1 1/2"	38.100						P.P.= 30.66
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		%W= 9.30
3/4"	19.050	50.36	3.36	3.36	96.64		LÍMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700	192.48	12.83	16.19	83.81		L.L.= 17.11
3/8"	9.525	138.14	9.21	25.40	74.60		L.P.= NP
1/4"	6.350						I.P.= NP
No4	4.760	260.78	17.39	42.78	57.22		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.307 Cu= 18
No10	2.000	142.79	28.56	59.12	40.88	500 gr	D30= 1.266 Cc= 0.94
No16	1.190						D60= 5.52
No20	0.840	150.11	30.02	76.30	23.70		CLASIFICACIÓN:
No30	0.590						I.G. =
No40	0.420	82.70	16.54	85.76	14.24		SUSCS : SP
No 50	0.300	39.28	7.86	90.26	9.74		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.149	40.18	8.04	94.86	5.14		
No200	0.074	14.28	2.86	96.49	3.51		
BASE		30.66	6.13	100.00	0.00		
TOTAL		1500.00	100.00				
% PERDIDA		2.04					



UNICV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Ing. Wokana Barrantes Quiroz
CIR 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES DE LA CIUDAD DE JULIACA-PUNO CON FINES DE CIMENTACIONES"

SOLICITANTE

BACH. EFRAIN VIZCARRA CHOQUE - BACH. ALBERTO ESTRADA ESTRADA

UBICACIÓN

URBANIZACIÓN LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES - JULIACA - 375193.2 E - 8286495.2 N - 3824.22 ELEVACIÓN

MUESTRA

SPT N° 7 - MUESTRA 4

PROFUNDIDAD

1.70 - 4.05 mt

FECHA

31 DE DICIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	506.17
SUELO SECO + TARRO	gr	466.28
PESO DEL TARRO	gr	37.42
PESO DEL AGUA	gr	39.89
PESO DEL SUELO SECO	gr	428.86
HUMEDAD %	%	9.30

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		M	N
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	37.22	35.30
SUELO SECO + TARRO	gr	34.22	32.50
PESO DEL TARRO	gr	18.72	18.88
PESO DEL AGUA	gr	3.00	2.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.50	13.62
HUMEDAD %	%	19.35	20.56
N° DE GOLPES		7	7

LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO %	:	17.11	LÍMITE PLÁSTICO %	:	NP
ÍNDICE PLÁSTICO %	:	NP			

$$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



DANCY - FICP
CAP/INGENIERIA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP: 108700

Anexo B: ANALISIS FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS

ANEXO B-1: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS M-01



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DE MUESTRA DE SUELO M-01 UTM: 375167.6 E 8286570.4 N

PROCEDENCIA : DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN -PUNO.
INTERESADO : EFRAIN VIZCARRA CHOQUE, ALBERTO ESTRADA ESTRADA
MOTIVO : Análisis Físico-químico
MUESTREO : 22/12/2018 Y 23/12/2018 (por los Interesados)
ANALISIS : 24/12/2018

PROYECTO : "Evaluación de la características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la Urb. Los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca – Puno con fines de Cimentaciones"

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Solido

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 8.01 C.E.: 4.89 ms/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Cloruros (como Cl⁻) : 1035.43 ppm
Sulfatos (como SO₄⁼) : 238.00 ppm
Sólidos Disueltos Totales : 2.43 g/l
Carbonatos (como CO₃⁼) : positivo

DICTAMEN

La muestra analizada es en base seca los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS M-02



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DE MUESTRA DE SUELO M-02 UTM: 375083.7 E 8286598.2 N

PROCEDENCIA : DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN -PUNO.
INTERESADO : EFRAIN VIZCARRA CHOQUE, ALBERTO ESTRADA ESTRADA
MOTIVO : Análisis Físico-químico
MUESTREO : 22/12/2018 Y 23/12/2018 (por los Interesados)
ANÁLISIS : 24/12/2018

PROYECTO : "Evaluación de la características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la Urb. Los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca – Puno con fines de Cimentaciones"

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Solido

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 7.90 C.E.: 2.25 ms/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Cloruros (como Cl ⁻)	:	538.99	ppm
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	:	228.00	ppm
Sólidos Disueltos Totales	:	1.13	g/l
Carbonatos (como CO ₃ ²⁻)	:	positivo	

DICTAMEN

La muestra analizada es en base seca los resultados serán interpretados en el área correspondiente.


ANALISTA
PUNO - PERU
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS M-03



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DE MUESTRA DE SUELO M-03 UTM: 375033.0 E 8286509.1 N

PROCEDENCIA : DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN -PUNO.
INTERESADO : EFRAIN VIZCARRA CHOQUE, ALBERTO ESTRADA ESTRADA
MOTIVO : Análisis Físico-químico
MUESTREO : 22/12/2018 Y 23/12/2018 (por los Interesados)
ANÁLISIS : 24/12/2018

PROYECTO : "Evaluación de la características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la Urb. Los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca – Puno con fines de Cimentaciones"

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Solido

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 7.92 C.E.: 2.55 ms/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Cloruros (como Cl⁻) : 496.44 ppm
Sulfatos (como SO₄²⁻) : 208.00 ppm
Sólidos Disueltos Totales : 1.22 g/l
Carbonatos (como CO₃⁼) : positivo

DICTAMEN

La muestra analizada es en base seca los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS M-04



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE MUESTRA DE SUELO M-04 UTM: 375070.3 E 8286434.1 N

PROCEDENCIA : DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN -PUNO.
INTERESADO : EFRAIN VIZCARRA CHOQUE, ALBERTO ESTRADA ESTRADA
MOTIVO : Análisis Físico-químico
MUESTREO : 22/12/2018 Y 23/12/2018 (por los Interesados)
ANÁLISIS : 24/12/2018

PROYECTO : "Evaluación de la características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la Urb. Los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca – Puno con fines de Cimentaciones"

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Solido

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 7.95 C.E.: 2.55 ms/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Cloruros (como Cl⁻) : 510.62 ppm
Sulfatos (como SO₄²⁻) : 150.00 ppm
Sólidos Disueltos Totales : 1.28 g/l
Carbonatos (como CO₃⁼) : positivo

DICTAMEN

La muestra analizada es en base seca los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS M-05



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DE MUESTRA DE SUELO M-05 UTM: 375135.1 E 8286420.1 N

PROCEDENCIA : DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN -PUNO.
INTERESADO : EFRAIN VIZCARRA CHOQUE, ALBERTO ESTRADA ESTRADA
MOTIVO : Análisis Físico-químico
MUESTREO : 22/12/2018 Y 23/12/2018 (por los Interesados)
ANÁLISIS : 24/12/2018

PROYECTO : "Evaluación de la características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la Urb. Los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca – Puno con fines de Cimentaciones"

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Solido

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 7.89 C.E.: 2.02 ms/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Cloruros (como Cl⁻) : 382.97 ppm
Sulfatos (como SO₄²⁻) : 132.00 ppm
Sólidos Disueltos Totales : 1.02 g/l
Carbonatos (como CO₃²⁻) : positivo

DICTAMEN

La muestra analizada es en base seca los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS M-06



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE MUESTRA DE SUELO M-06 UTM: 375118.4 E 8286486.2 N

PROCEDENCIA : DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN -PUNO.
INTERESADO : EFRAIN VIZCARRA CHOQUE, ALBERTO ESTRADA ESTRADA
MOTIVO : Análisis Físico-químico
MUESTREO : 22/12/2018 Y 23/12/2018 (por los Interesados)
ANÁLISIS : 24/12/2018

PROYECTO : "Evaluación de la características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la Urb. Los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca – Puno con fines de Cimentaciones"

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Solido

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 8.00 C.E.: 3.52 ms/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Cloruros (como Cl ⁻)	:	751.75	ppm
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	:	104.00	ppm
Sólidos Disueltos Totales	:	1.76	g/l
Carbonatos (como CO ₃ ⁼)	:	positivo	

DICTAMEN

La muestra analizada es en base seca los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS M-07



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DE MUESTRA DE SUELO M-07 UTM: 375193.2 E 8286495.2 N

PROCEDENCIA : DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN -PUNO.
INTERESADO : EFRAIN VIZCARRA CHOQUE, ALBERTO ESTRADA ESTRADA
MOTIVO : Análisis Físico-químico
MUESTREO : 22/12/2018 Y 23/12/2018 (por los Interesados)
ANÁLISIS : 24/12/2018

PROYECTO : "Evaluación de la características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la Urb. Los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca – Puno con fines de Cimentaciones"

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Solido

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 8.00 C.E.: 1.39 ms/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Cloruros (como Cl^-) : 581.54 ppm
Sulfatos (como SO_4^{2-}) : 160.00 ppm
Sólidos Disueltos Totales : 1.40 g/l
Carbonatos (como CO_3^{2-}) : positivo

DICTAMEN

La muestra analizada es en base seca los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DE MUESTRA DE AGUA UTM: 375193.2 E 8286495.2 N

PROCEDENCIA : DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN -PUNO.
INTERESADO : EFRAIN VIZCARRA CHOQUE, ALBERTO ESTRADA ESTRADA
MOTIVO : Análisis Físico-químico
MUESTREO : 23/12/2018 (por los Interesados)
ANÁLISIS : 24/12/2018

PROYECTO : "Evaluación de la características físico-químicas y mecánicas de los suelos de la Urb. Los Ángeles de Miraflores de la ciudad de Juliaca – Puno con fines de Cimentaciones"

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 7.50 C.E.: 15.86 ms/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Cloruros (como Cl⁻) : 4936.03 ppm
Sulfatos (como SO₄⁻²) : 360.00 ppm
Sólidos Disueltos Totales : 8.02 g/l

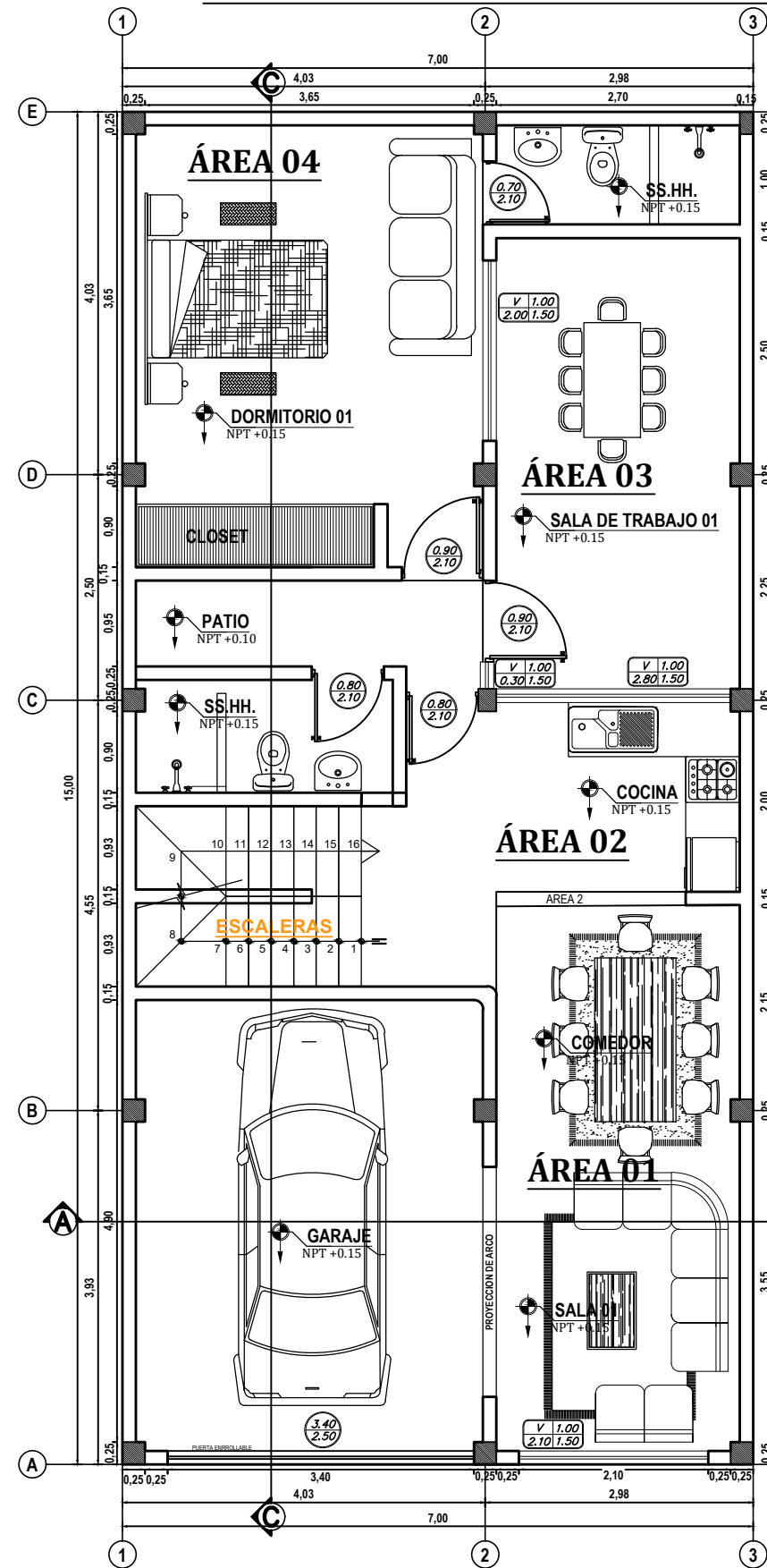
DICTAMEN

La muestra analizada es en base líquido los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

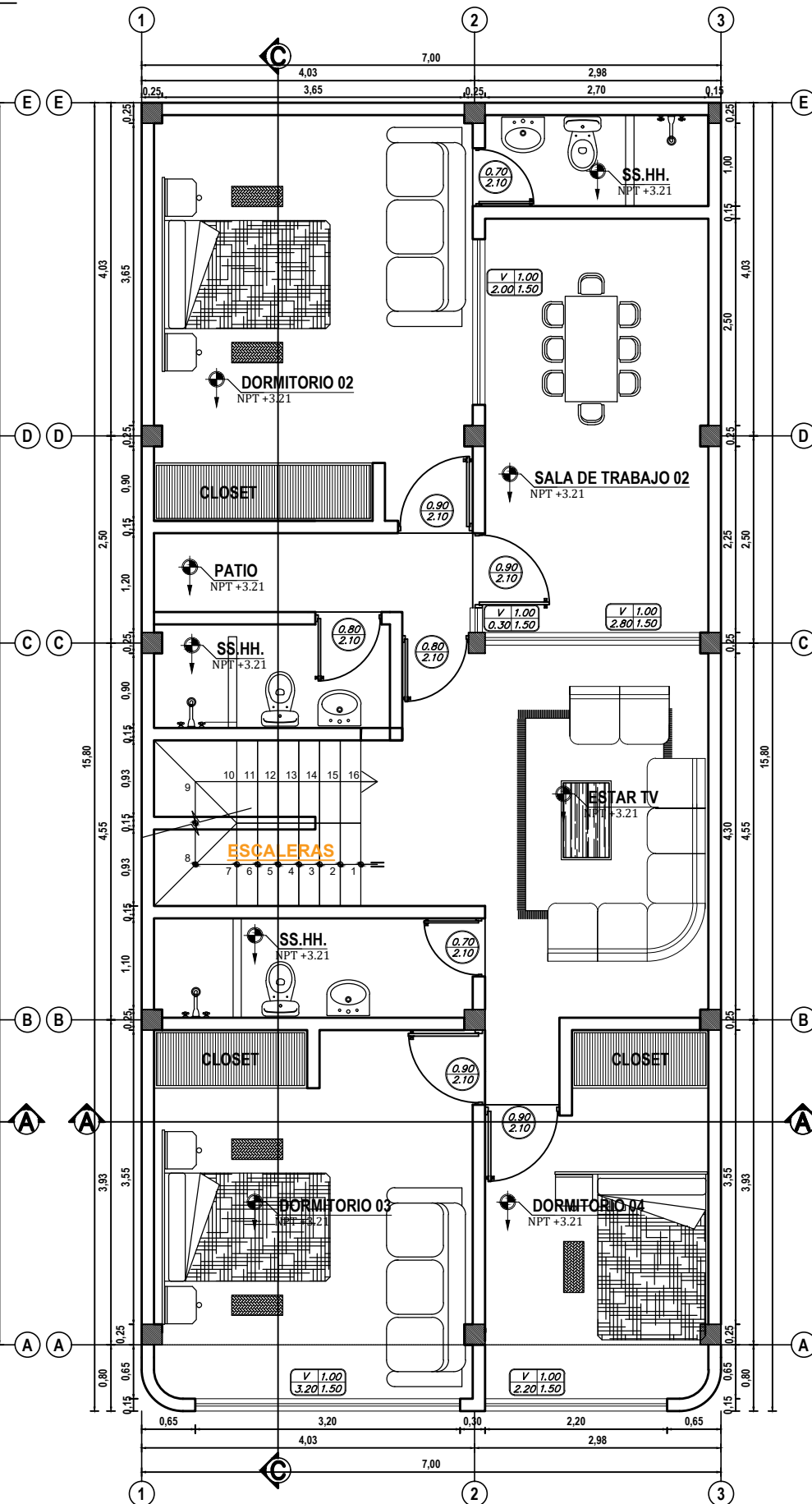
Anexo C: PLANOS DE ARQUITECTURA

PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DEL INGENIERO CIVIL
VIVIENDA MULTIF. DE 05 NIV. URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES

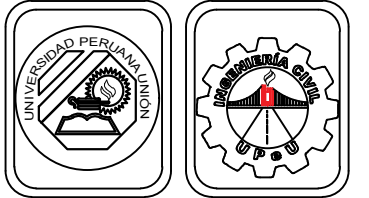
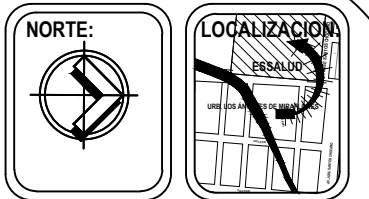
DETALLES EN PLANTA



PLANTA DEL PRIMER NIVEL



PLANTA DEL SEGUNDO NIVEL



ÁREA:
Arquitectura

ESPECIFICACIONES
NOTAS GENERALES
Deberán respetarse todos los paños y niveles del proyecto arquitectónico, en caso de dudas se tendrá que consultar directamente a los proyectistas. El constructor deberá respetar las normativas vigentes nacionales como el Reglamento Nacional de Edificaciones y sus componentes.
NOTAS DE MATERIALES
SIMBOLOGIA
NPT: Nivel de Piso Terminado
V: Ventana
Ver: Verano: Muro Cortina
Muros Bajos e=15cm

DETALLES
DETALLE DE VANOS
SIMBOLO PARA PUERTAS: ANCHO, ALTO
SIMBOLO PARA VENTANAS: TIPO, ANCHO, ALTO

Proyectistas:
Efrain Vizcarra Choque
ALberto Estrada Estrada

Tit. del Plano:
Planta, Cortes y Perfiles

Proyecto:
Vivienda Multifamiliar Urb. Los Angeles de miraflores

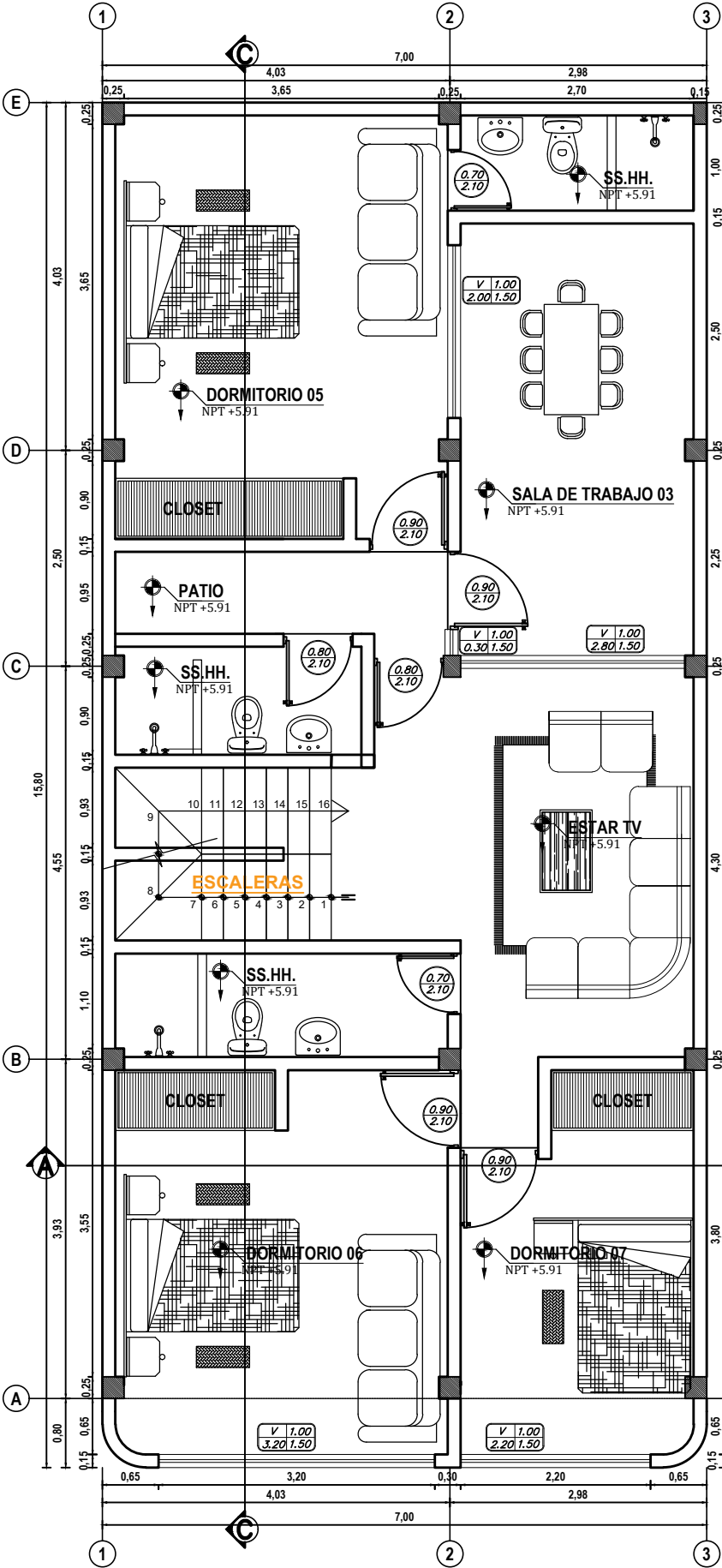
Ubicación:
Juliaca, San Román, Puno-Perú

Asesor:
Ing. Gerardo W. Pari Quispe
Fecha:
Febrero 2019
Clave:
A-1
Escala:
1:75
Acotación:
MTR

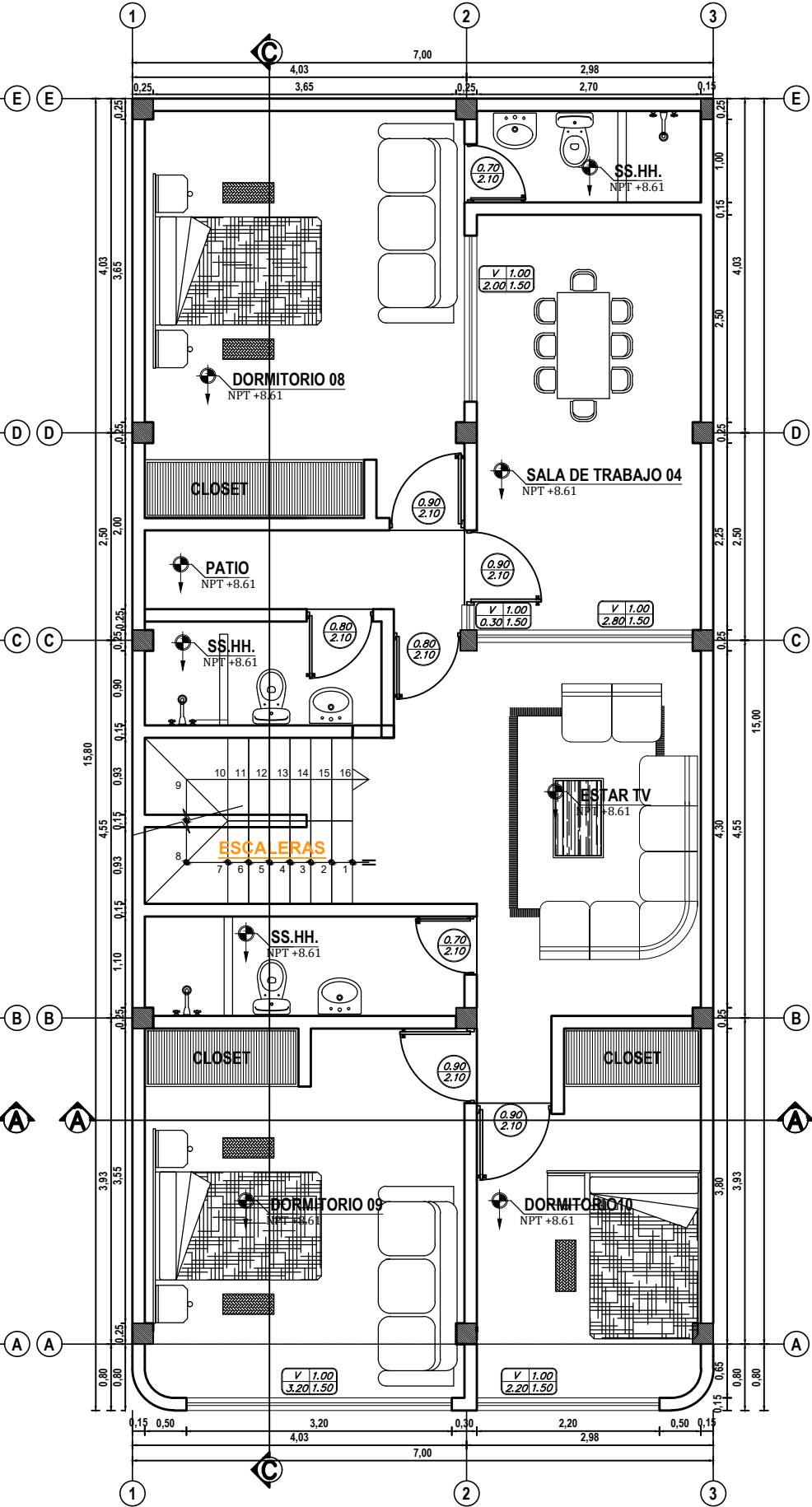
PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DEL INGENIERO CIVIL

VIVIENDA MULTIF. DE 05 NIV. URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES

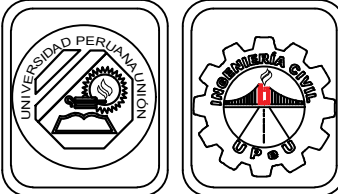
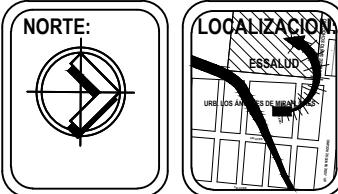
DETALLES EN PLANTA



PLANTA DEL TERCER NIVEL



PLANTA DEL 4to y 5to NIVEL

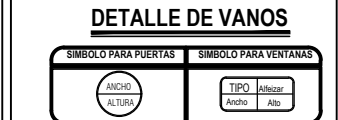


AREA:
Arquitectura

ESPECIFICACIONES
NOTAS GENERALES
Deberán respetarse todos los patios y niveles del proyecto arquitectónico, en caso de dudas se tendrá que consultar directamente a los proyectistas. El constructor deberá respetar las normativas vigentes nacionales como el Reglamento Nacional de Edificaciones y sus componentes.

SIMBOLOGIA
NPT: Nivel de Piso Terminado
V: Ventana
M: Muro Cortina
Muros Bajos e=15cm

DETALLES



Proyectistas:
Efrain Vizcarra Choque
ALberto Estrada Estrada

Tit. del Plano:
Planta, Cortes y Perfiles

Proyecto:
Vivienda Multifamiliar Urb. Los Angeles de miraflores

Ubicación:
Juliaca, San Román, Puno-Perú

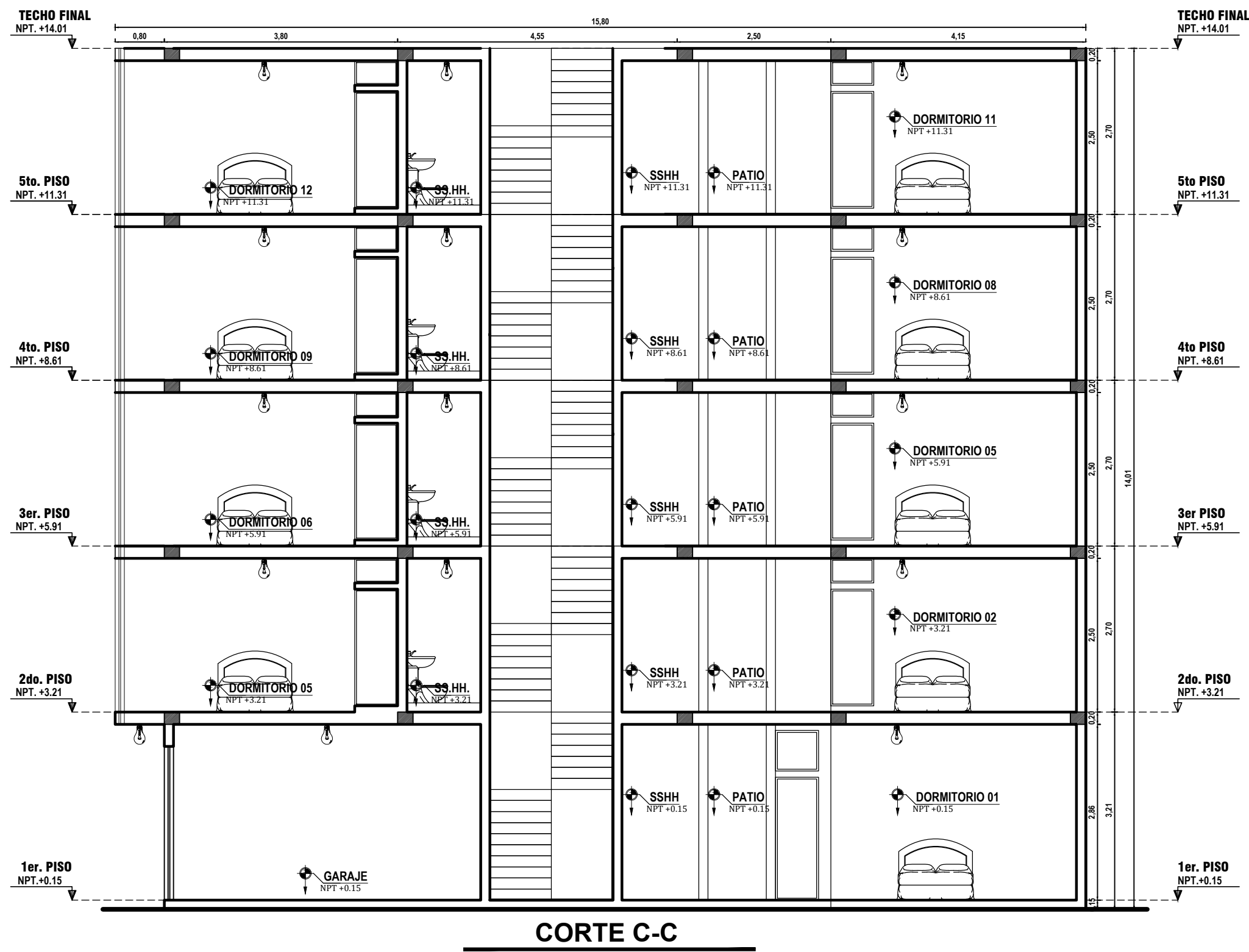
Asesor:
Ing. Gerardo W. Pari Quispe

Fecha:
Febrero 2019

Clave:
A-2

Escala: 1:75
Acotación: MTR

DETALLES DE CORTES Y ELEVACIONES



NORTE:

LOCALIZACION:

ÁREA:
Arquitectura

ESPECIFICACIONES
NOTAS GENERALES

Deberán respetarse todos los paños y niveles del proyecto arquitectónico, en caso de dudas se tendrá que consultar directamente a los proyectistas. El constructor deberá respetar las normativas vigentes nacionales como el Reglamento Nacional de Edificaciones y sus componentes.

SIMBOLOGIA

NPT.: Nivel de Piso Terminado

V: Ventana

—: Ventana; Muro Cortina

—: Muros Bajos

DETALLES

Proyectistas:
Efrain Vizcarra Choque
ALberto Estrada Estrada

Tit. del Plano:
Planta, Cortes y Perfiles

Proyecto:
Vivienda Multifamiliar Urb. Los Ángeles de miraflores

Ubicación:
Juliaca, San Román, Puno-Perú

Asesor:
Ing. Gerardo W. Pari Quispe

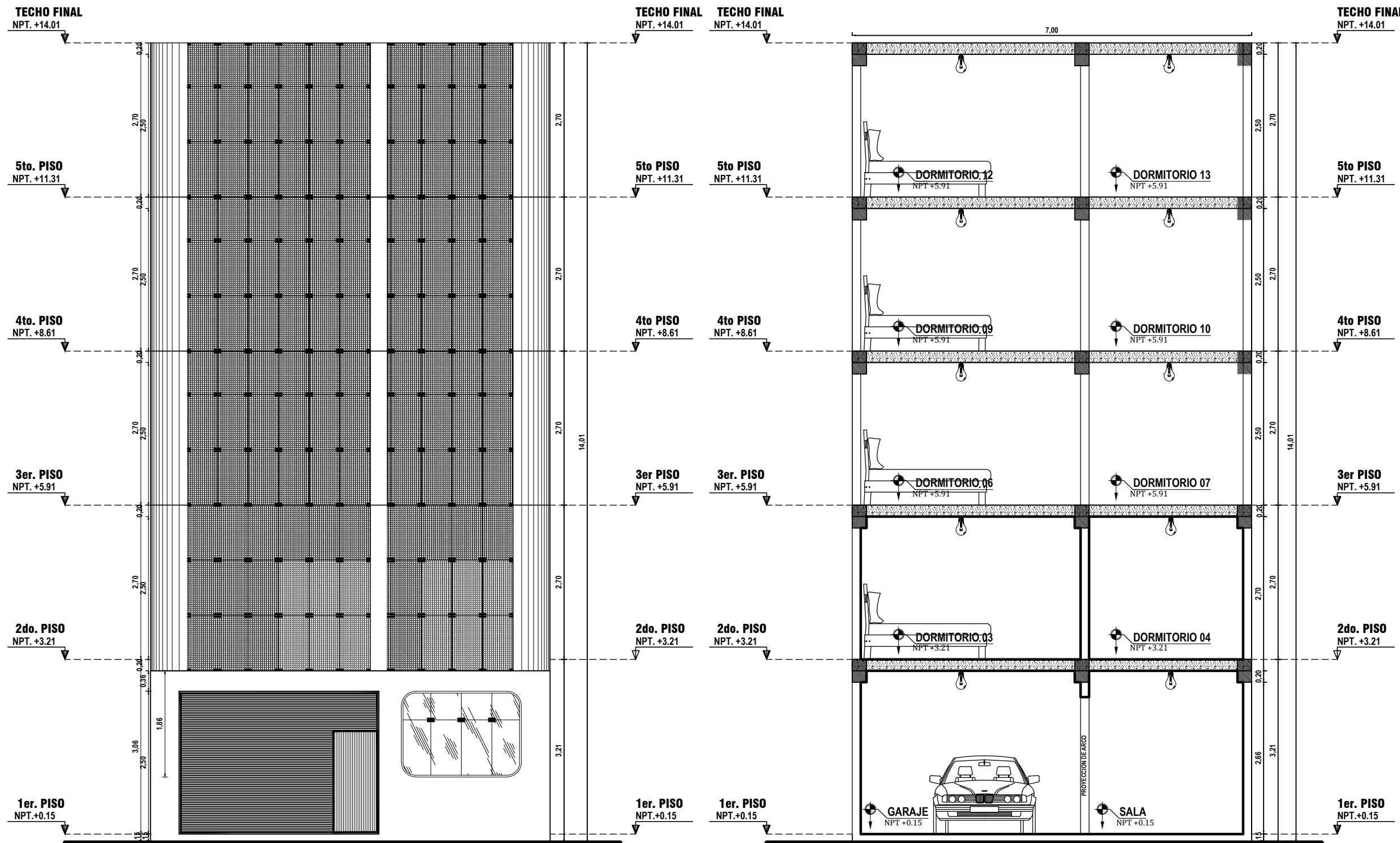
Fecha:
Febrero 2019

Clave:
A-3

Escala:
1:75

Acotación:
MTR

DETALLES DE CORTES Y ELEVACIONES



ELEVACIÓN: FRONTAL

CORTE C-C



ÁREA: **Arquitectura**

ESPECIFICACIONES

NOTAS GENERALES

Deberán respetarse todos los paños y niveles del proyecto arquitectónico, en caso de dudas se tendrá que consultar directamente a los proyectistas. El constructor deberá respetar las normativas vigentes nacionales como el Reglamento Nacional de Edificaciones y sus componentes.

SIMBOLOGIA

NPT.	Nivel de Piso Terminado
V	Ventana
	Ventana; Muro Cortina
	Muros Bajos

DETALLES ____

Proyectistas:

Efrain Vizcarra Choque
ALberto Estrada Estrada

Tit. del Plano:
Planta, Cortes y Perfiles

Proyecto:
(Vivienda Multifamiliar Urb. Los Ángeles de miraflores)

Ubicación:
Juliaca, San Román, Puno-Perú

Asesor:
Ing. Gerardo W. Pari Quispe

Fecha: Febrero 2019

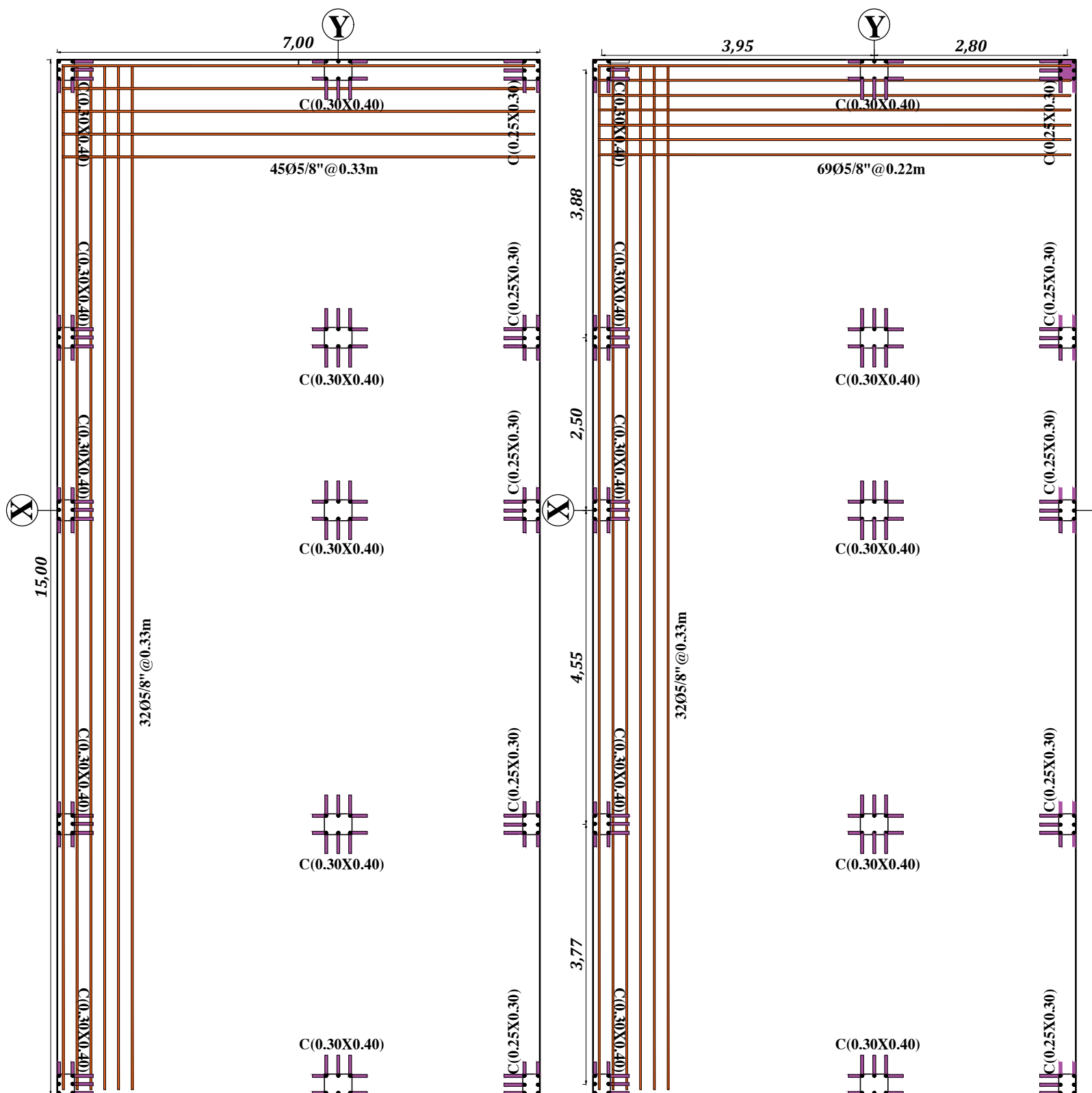
Clave: **A-4**

Clave:
A-4

Anexo D: PLANOS DE CIMENTACIONES

PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DEL INGENIERO CIVIL

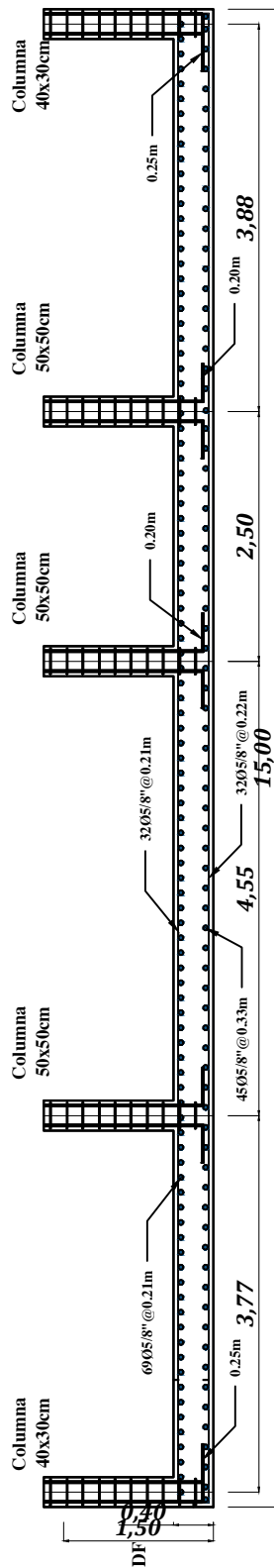
VIVIENDA MULTIF. DE 05 NIV. URB. LOS ÁNGELES DE MIRAFLORES



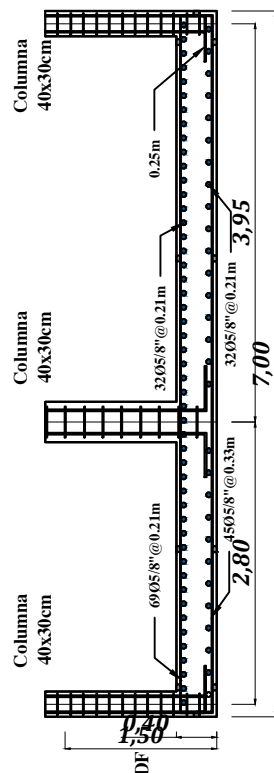
Acero Positivo (Parte Inferior)

Acero Negativo (Parte Superior)

Losa de Cimentción (Distribución de Acero)



Detalle Longitudinal Y-Y



Detalle Transversal X-X



ÁREA:
CIMENTACIONES

ESPECIFICACIONES	
NOTAS GENERALES	
Deberán respetarse todas las especificaciones detalladas en los planos, en caso de dudas se tendrá que consultar directamente a los proyectistas. El constructor deberá respetar las normativas vigentes nacionales como el Reglamento Nacional de Edificaciones y sus componentes. Los detalles y el diseño de cimentaciones están elaborados bajo estudios de suelos físico-químicos y mecánicos para garantizar la estabilidad de la estructura.	
NOTAS DE MATERIALES	
Los materiales a usarse serán netamente las que están estipuladas en el Capítulo IV del proyecto los cuales han sido determinados por el estudio de mecánica de suelos y los recomendados mínimos son:	
f _c =210 kg/cm ² (El cemento tipo II como mínimo)	
f _y =4200 kg/cm ²	
SIMBOLOGIA	
-1.50m	Profundidad de desplante de la cimentación
6db	Doble del acero=10cm estipulado en la E.060
rb	Recubrimiento hacia el exterior
r	Recubrimientos laterales
DETALLES	

Proyectistas:
Efrain Vizcarra Choque
ALberto Estrada Estrada

Tit. del Plano:
Detalles losa de fundación

Proyecto:
Vivienda Multifamiliar Urb. Los Ángeles de miraflores

Proyecto:
Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil

Asesor:
Ing. Gerardo W. Pari Quispe

Fecha:
Mayo 2019

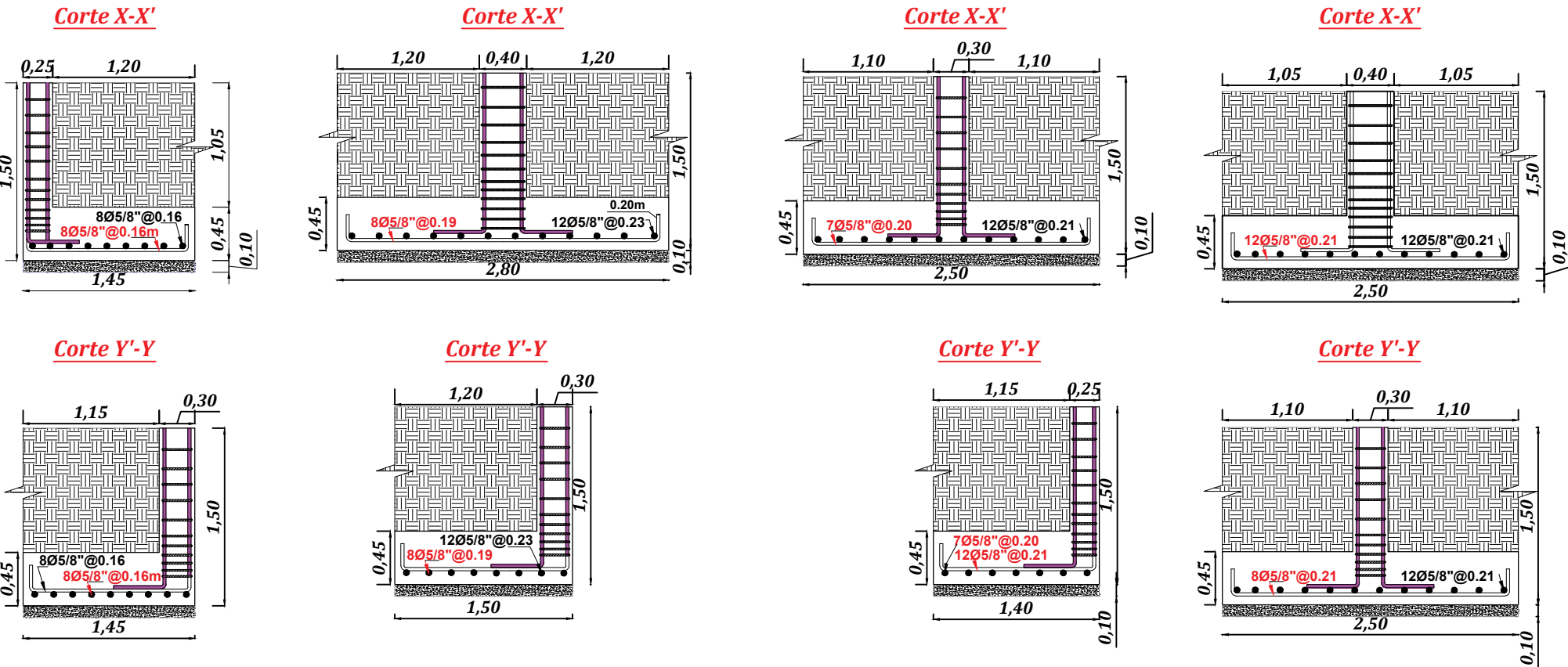
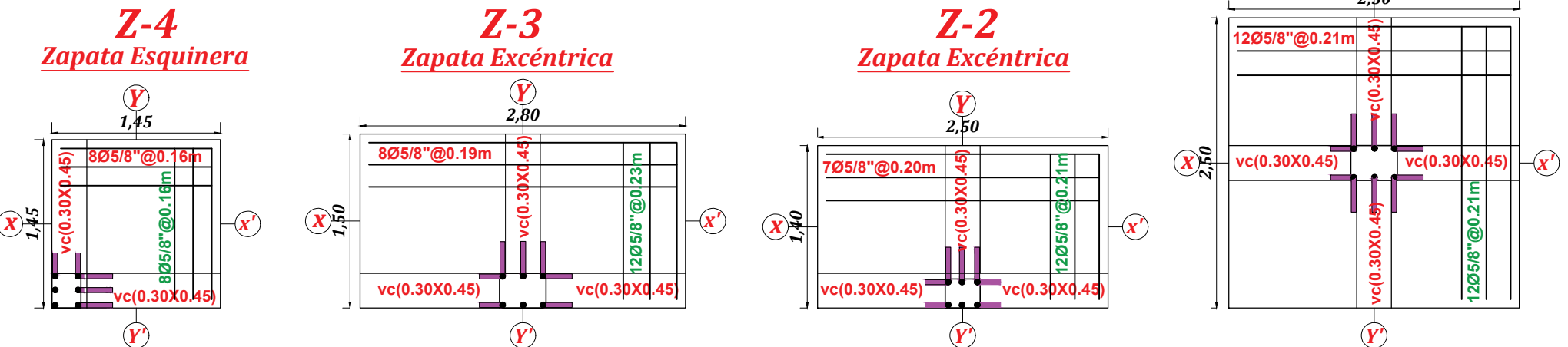
Clave:
C-1

Escala:
1:75

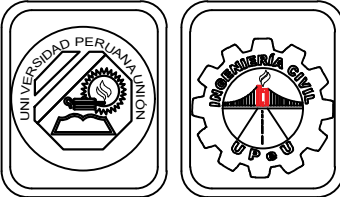
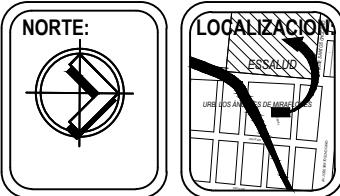
Acotación:
MTR

DETALLES DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES AISLADAS

DETALLES EN PLANTA



DETALLES EN CORTES



ÁREA:
CIMENTACIONES

ESPECIFICACIONES
NOTAS GENERALES

Deberán respetarse todas las especificaciones detalladas en los planos, en caso de dudas se tendrá que consultar directamente a los proyectistas. El constructor deberá respetar las normativas vigentes nacionales como el Reglamento Nacional de Edificaciones y sus componentes. Los detalles y el diseño de cimentaciones están elaborados bajo estudios de suelos físico-químicos y mecánicos para garantizar la estabilidad de la estructura.

NOTAS DE MATERIALES
Los materiales a usarse serán netamente las que están estipuladas en el Capítulo IV del proyecto los cuales han sido determinados por el estudio de mecánica de suelos y los recomendados mínimos son:
fc=210 kg/cm² (El cemento tipo II como mínimo)
fy=4200 kg/cm²

SIMBOLOGIA
-1.50m Profundidad de desplante de la cimentación
6db Doble del acero 10cm estipulado en la E.060
rb Recubrimiento hacia el solado
r Recubrimientos laterales

DETALLES

Proyectistas:

Efrain Vizcarra Choque
ALberto Estrada Estrada

Tit. del Plano:
Detalles losa de fundación

Proyecto:
Vivienda Multifamiliar Urb. Los Ángeles de miraflores

Proyecto:
Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil

Asesor:
Ing. Gerardo W. Pari Quispe

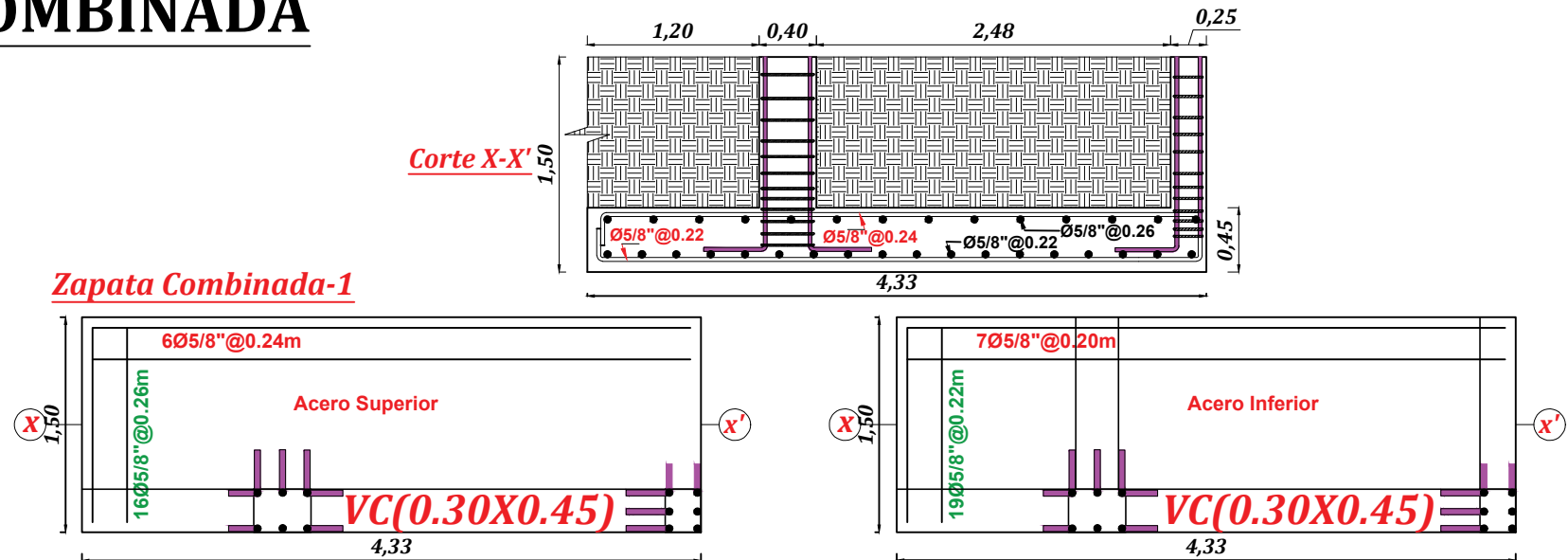
Fecha:
Mayo 2019

Escala:
1:75

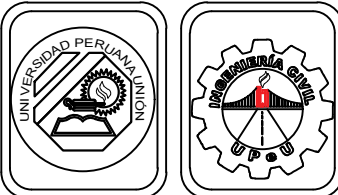
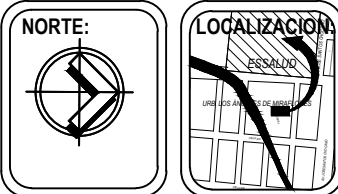
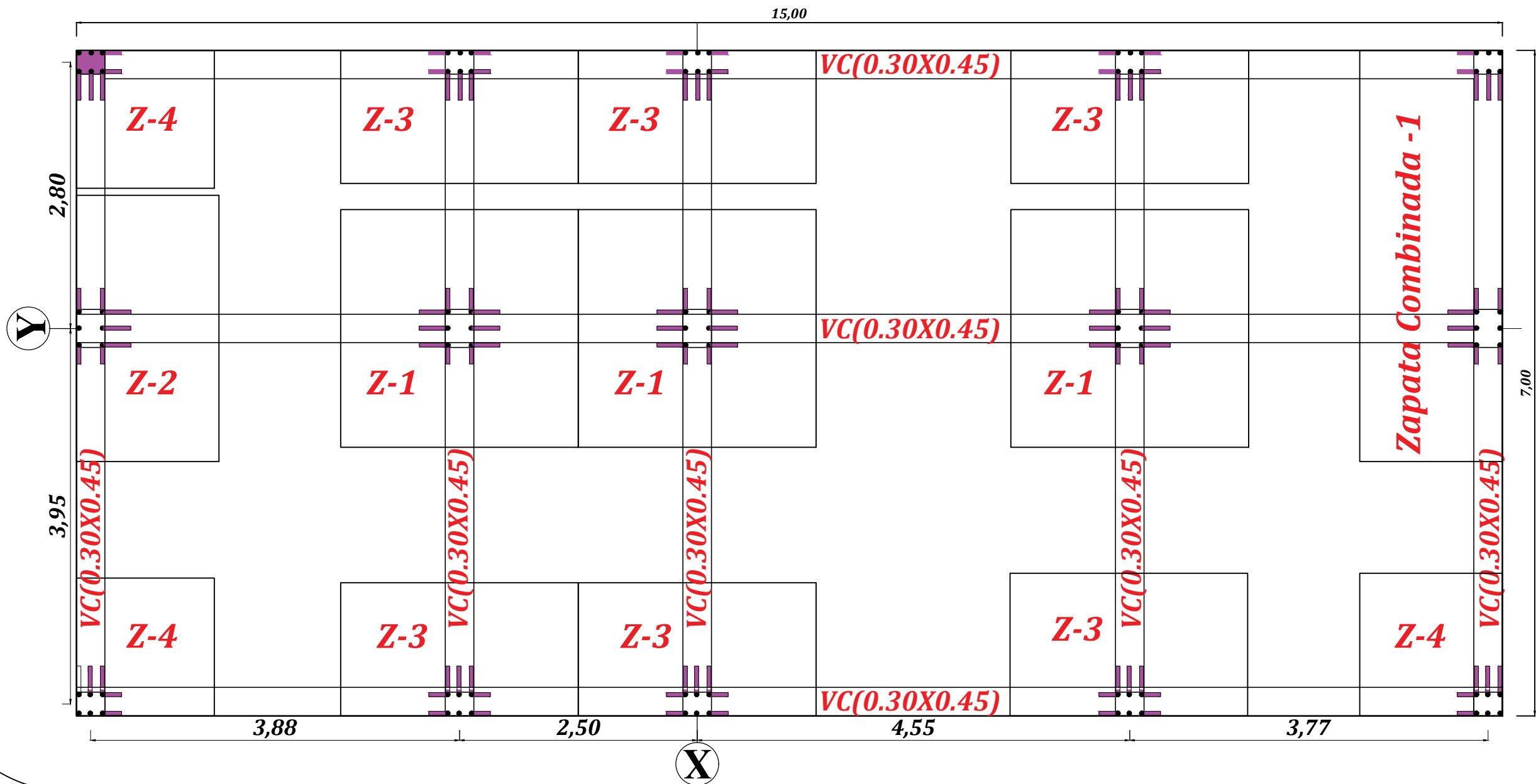
Acotación:
MTR

Clave:
C-2

ZAPATA COMBINADA



UBICACIÓN DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES AISLADAS



ÁREA:
CIMENTACIONES

ESPECIFICACIONES
NOTAS GENERALES
Deberán respetarse todas las especificaciones detalladas en los planos, en caso de dudas se tendrá que consultar directamente a los proyectistas. El constructor deberá respetar las normativas vigentes nacionales como el Reglamento Nacional de Edificaciones y sus componentes. Los detalles y el diseño de cimentaciones están elaborados bajo estudios de suelos físico-químicos y mecánicos para garantizar la estabilidad de la estructura.
NOTAS DE MATERIALES
Los materiales a usarse serán netamente las que están estipuladas en el Capítulo IV del proyecto los cuales han sido determinados por el estudio de mecánica de suelos y los recomendados mínimos son:
 $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (El cemento tipo II como mínimo)
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

SIMBOLOGÍA
-1,50m Profundidad de desplante de la cimentación
6db Doble del acero=10cm estipulado en la E.060
rb Recubrimiento hacia el solado
r Recubrimientos laterales

DETALLES

Proyectistas:
Efrain Vizcarra Choque
Alberto Estrada Estrada

Tit. del Plano:
Detalles losa de fundación

Proyecto:
Vivienda Multifamiliar Urb. Los Ángeles de miraflores

Proyecto:
Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil

Asesor:
Ing. Gerardo W. Pari Quispe

Fecha:
Mayo 2019

Escala:
1:75

Acotación:
MTR

Clave:
C-2