

ÍNDICE

Contenido.....	Pág.
1. Introducción.....	1
1.1 Generalidades sobre la tesis.....	3
1.1.1 Nombre de la tesis.....	3
1.1.2 Nombre del proyecto.....	3
1.1.3 Localización del sitio de estudio.....	3
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Justificación.....	6
1.4 Diseño metodológico.....	7
1.4.1 Recopilación de información.....	7
1.4.2 Reconocimiento de campo.....	7
1.4.3 Trabajos de campo.....	7
1.4.4 Pruebas en laboratorios.....	8
1.4.5 Interpretación y análisis de resultados.....	8
2. Marco teórico.....	9
2.1 Estudios Geotécnicos y su uso.....	9
2.2 Investigaciones del subsuelo según utilidad y propósito.....	9
2.3 Propiedades físicas de los suelos.....	10
2.3.1 Tamaño de los granos.....	10
2.3.2 Forma de las partículas.....	10
2.3.3 Color.....	10
2.3.4 Humedad.....	11
2.3.5 Grado de saturación.....	11
2.3.6 límites de consistencia de los suelos.....	11
2.3.6.1 Límite líquido.....	11
2.3.6.2 Límite plástico.....	11
2.3.6.3 Índice de plasticidad.....	11
2.3.7 Peso específico.....	11
2.3.8 Porosidad.....	12
2.3.9 Resistencia.....	12
2.3.10 Compacidad relativa.....	12
2.3.11 Consistencia.....	13
2.4 Métodos y descripción de algunas pruebas.....	14
2.4.1 Designación ASTM.....	14
2.4.2 Pruebas geofísicas.....	15
2.4.2.1 Aspectos generales.....	15
2.4.2.2 Prueba magnética.....	16
2.4.2.3 Prueba eléctrica.....	18
2.4.2.3.1 Sondeos verticales eléctricos continuos (SEVC).....	20
2.4.3 Penetración estándar y muestreo de suelos.....	21

2.4.3.1	Procedimiento de campo en la prueba de penetración estándar	21
2.4.3.2	Correcciones del número de golpes.....	22
2.4.3.2.1	Corrección por confinamiento (Cn)	23
2.4.3.2.2	Corrección por energía (η_1).....	25
2.4.3.2.3	Corrección por longitud de barras (η_2)	26
2.4.3.2.4	Corrección por el tomamuestras (η_3).....	27
2.4.3.2.5	Corrección por el diámetro de la perforación (η_4).....	27
2.4.3.3	Criterios para la estimación de cantidad y profundidad de sondeos	28
2.4.4	Clasificación de suelo en campo	29
2.4.5	Granulometría	32
2.4.6	Humedad del suelo in situ	35
2.4.7	Límite líquido	35
2.4.8	Límite plástico	37
2.4.9	Clasificación de los suelos en laboratorio	39
2.4.10	Penetrómetro de bolsillo	39
2.5	Cimentaciones	40
2.5.1	Cimientos superficiales	40
2.5.1.1	Zapatas aisladas	41
2.5.1.2	Zapatas corridas	41
2.5.1.3	Losas de cimentación	41
2.5.2	Cimientos profundos	41
2.6	Problemas generales de las cimentaciones	42
2.7	Problemas especiales de las cimentaciones.....	42
2.7.1	Suelos expansivos	43
2.7.2	Susceptibilidad de licuefacción	43
2.7.3	Suelos colapsables	44
2.7.4	Ataque químico a las cimentaciones.....	44
2.7.4.1	Acidez de los suelos	44
2.8	Parámetros necesarios en la proyección de cimentaciones	44
2.8.1	Factor de seguridad	45
2.8.2	Capacidad de carga	46
2.8.2.1	Falla por corte general	47
2.8.2.2	Falla por punzonamiento.....	47
2.8.2.3	Falla por corte local.....	48
2.8.2.4	Determinación de la capacidad de carga.....	49
2.8.2.4.1	Teoría de Terzaghi.....	49
2.8.2.4.2	Teoría de Meyerhof.....	50
2.8.2.4.3	Teoría de Hansen	52
2.8.2.5	Cálculo de capacidad de carga en función del SPT.....	53
2.8.2.5.1	Selección de N de diseño	53
2.8.2.5.2	Resistencia al corte.....	54
2.8.3	Distribución de esfuerzos.....	54
2.8.4	Asentamientos	56
2.8.4.1	Asentamientos de zapatas en suelos no cohesivos.....	57
2.8.4.1.1	Análisis de asentamiento basado en el ensayo de penetración estándar.....	58
2.8.4.1.1.1	Método de Meyerhof Modificado	58

2.8.4.1.1.2	Método de Burland y Burbidge	59
2.8.5	Factores determinantes para el tipo de cimentación	62
2.8.5.1	Cargas y características de la estructuras	62
2.8.5.2	Respuesta del sistema fundación suelo	62
2.8.5.3	Características del suelo de fundación	62
2.8.5.4	Presencia de aguas subterráneas	63
2.8.5.5	Localización del sitio	63
2.8.5.6	Profundidad y ubicación de las fundaciones	63
2.8.5.7	Factores económicos	64
2.8.6	Los suelos ante las solicitaciones sísmicas	64
2.8.6.1	Influencia de los suelos en los efectos de los sismos	65
2.8.6.2	Tipos de suelos y comportamientos sísmicos característicos	65
2.8.6.3	Efectos de suelos en solicitaciones sísmicas	66
2.8.6.4	Factores que influyen en las propiedades dinámicas del suelo	67
2.9	Geología	68
2.9.1	Definiciones	68
3	Exploración geofísica	73
3.1	Introducción	73
3.1.1	Generalidades	73
3.2	Metodología general	73
3.2.1	Recopilación de información	73
3.2.2	Trabajo de campo	73
3.2.3	Análisis de datos	74
3.3	Prueba magnética	74
3.3.1	Aspectos del trabajo de campo en la prueba magnética	75
3.3.2	Procesamiento de datos	77
3.3.3	Resultados	77
3.3.4	Interpretación	80
3.4	Prueba eléctrica	81
3.4.1	Equipo utilizado	81
3.4.1.1	Lund Imaging System	81
3.4.2	Aspectos del trabajo de campo en la prueba eléctrica	82
3.4.3	Procesamiento de datos	85
3.4.4	Resultados y descripción general de las imágenes de resistividad	85
3.4.5	Interpretación	90
3.5	Levantamiento geodésico	91
4.	Geología y estratigrafía de Managua	94
4.1	Datos generales	94
4.2	Marco geológico-estructural del área de Managua	94
4.2.1	Estructura de Nejapa	95
4.2.2	Estructura de Tiscapa	96
4.2.3	Llanos aluviales del centro y norte de Managua	96
4.3	Estratigrafía de Managua	96
4.3.1	Grupo las sierras	96
4.3.2	Grupo Managua	97

4.3.2.1	Fontana lapilli (hormigón).....	97
4.3.2.2	Toba pomácea	97
4.3.2.3	Lapilli negro intermedio	97
4.3.2.4	Gravas de Altamira	98
4.3.2.5	Cenizas de Tiscapa.....	98
4.3.2.6	Cenizas de Motastepe	98
4.3.2.7	Formación San Judas	98
4.3.2.8	Tobas del Retiro.....	98
4.3.2.9	Suelos recientes.....	98
4.3.3	Geología local	100
4.3.3.1	Levantamiento geológico en trinchera y afloramientos	100
4.3.3.2	Estratigrafía local	101
4.3.3.3	Zonificación sísmica del terreno.....	103
4.3.3.3.1	Zona 1 Buena.....	104
4.3.3.3.2	Zona 6 de alto riesgo	104
4.3.3.3.3	Zona Indefinida	105
4.3.3.3.4	Zona 2 de margen de seguridad	105
4.3.4	Relieve de la zona en estudio	105
5	Estudio geotécnico.....	107
5.1	Introducción.....	107
5.2	Estructura del informe	107
5.2	Trabajos de campo	108
5.2.1	Prospección Geotécnica y Pruebas in situ	108
5.3	Análisis en el laboratorio	111
5.3.1	Metodología	111
5.3.2	Resultados	111
5.4	Caracterización geotécnica	112
5.4.1	Caracterización del subsuelo por sondeo	112
5.4.1.1	Prs-1	112
5.4.1.2	Prs-2	113
5.4.1.3	Prs-3	114
5.4.1.4	Prs-4	116
5.4.1.5	Prs-5	117
5.4.1.6	Prs-6	118
6	Conclusiones y Recomendaciones	120
6.1	Conclusiones.....	120
6.2	Recomendaciones	124
	Trabajos previos.....	124
	Cortes y/o rellenos	124
	Estabilidad de excavaciones	125
	Cimentaciones	125
	Taludes, drenaje y erosión	126
	Asesoría geotécnica.....	127
7	Limitaciones	127

8	Referencias bibliográficas	128
a)	Anexos	131
	Anexo 1 "Perfiles magnéticos"	132
	Anexo 2 "Capas de resistividades eléctricas"	136
	Anexo 3 "Resultados geotécnicos"	143
	Anexo 4 "Memoria de cálculo del estudio geotécnico"	154
	Anexo 5 "Datos, imágenes y mapas relacionados a la geología del sitio" ...	173

b)	Índice de tablas	
	Tabla 2.1 “Relación de N golpes del SPT en arenas con la compacidad relativa y el ángulo de fricción interno”	13
	Tabla 2.2 “Relación de N golpes del SPT con la consistencia en arcillas y el ángulo de fricción interno”	14
	Tabla 2.3 “Designaciones estándar utilizadas en el estudio”	14
	Tabla 2.4 “Propiedades resistivas de algunos materiales”	18
	Tabla 2.5 “Grado de corrosión según resistividades del suelo”	19
	Tabla 2.6 “Corrección de N_{cam} por confinamiento”	23
	Tabla 2.7 “Valores de sobrecarga con factor de confinamiento cero”	24
	Tabla 2.8 “Relación de energía estándar”	26
	Tabla 2.9 “Valores de η_1 según el tipo de martillo y procedimiento usado en la prueba”	26
	Tabla 2.10 “Correcciones por longitud de barras”	27
	Tabla 2.11 “Correcciones por tomamuestra”	27
	Tabla 2.12 “Corrección por diámetro de la perforación η_4 ”	27
	Tabla 2.13 “Espaciamiento de perforaciones”	28
	Tabla 2.14 “Profundidad mínima de perforación”	29
	Tabla 2.15 “Criterios para describir plasticidad”	30
	Tabla 2.16 “Identificación de suelos inorgánicos de granos finos”	31
	Tabla 2.17 “Diámetro nominal de las partículas y porción retenida en el tamiz No10”	34
	Tabla 2.18 “Factor de corrección para el límite líquido”	37
	Tabla 2.19 “Tipos de cimientos”	40
	Tabla 2.20 “Relación entre el potencial de cambio volumétrico y límites de consistencia”	43
	Tabla 2.21 “Colapsabilidad de los suelos según el peso específico seco”	44
	Tabla 2.22 “Factores de seguridad recomendado para zapatas aisladas”	46
	Tabla 2.23 “Factores de carga según Terzaghi”	50
	Tabla 2.24 “Factores de forma según Terzaghi”	50
	Tabla 2.25 “Factores (forma, profundidad e inclinación) según Meyerhof”	51
	Tabla 2.26 “Factores de carga de Meyerhof y Hansen”	52
	Tabla 2.27 “Factores de forma y de profundidad según Hansen”	53
	Tabla 2.28 “Asentamientos diferenciales permisibles”	57
	Tabla 3.1 “Tabla con las coordenadas correspondiente al trazo de la estructura vertical delimitada por el estudio geofísico”	85
	Tabla 3.2 “Coordenadas y elevaciones de puntos tomados con DGPS”	92
	Tabla 4.1 “Tipos de suelos en el área de estudio”	101
	Tabla 5.1 “Identificación, localización y otros datos de interés para cada sondeo”	109
	Tabla 5.2 “Resumen de ensayos de laboratorios”	111
	Tabla a.1 “Pesos específicos”	158
	Tabla a.2 “Factores de corrección usados en la investigación”	159
	Tabla a.3 “Correcciones de los valores de N_{campo} ”	159
	Tabla a.4 “Capacidad de carga a diferentes niveles”	162
	Tabla a.5 “Distribución de esfuerzos para diferentes capacidad de carga y anchos de zapata”	164

	Tabla a.6 “Asentamientos para diferentes cargas y anchos de zapatas”	170
	Tabla a.7 “Carga admisible utilizando material de relleno, sobre excavación y sobrecargas de rellenos”	172
	Tabla a.8 “Comparación según criterios geológicos y geotécnicos de tipos de tipos de suelos en la trinchera.....	174
c)	Índice de figuras	
	Figura 1.1 “Mapa de ubicación del área de estudio”	4
	Figura 2.1 “Elementos del campo geomagnético”	17
	Figura 2.2 “Dispositivos o arreglos que se utilizan en la prueba eléctrica”	19
	Figura 2.3 “Valores de Cn según la presión de confinamiento”	24
	Figura 2.4 “Gráfica granulométrica”	33
	Figura 2.5 “Carta de plasticidad para la clasificación de los suelos con diámetro menor 0.074mm”	38
	Figura 2.6 “Falla por corte general”	47
	Figura 2.7 “Falla por punzonamiento”	47
	Figura 2.8 “Falla por corte local”	48
	Figura 2.9 “Curva tensión – deformación típica de un ensayo triaxial”	65
	Figura 3.1 “Magnetómetro GSM-19”	74
	Figura 3.2 “Mapa de localización de perfiles magnéticos. Proyección UTM, Datum WGS84 ”	76
	Figura 3.3 “Perfiles magnéticos realizados en el RURD/UNAN Managua. Nicaragua/2005”	78
	Figura 3.4 “Mapa de campo magnético total”	79
	Figura 3.5 “Equipo Lund Imaging System”	82
	Figura 3.6 “Localización de los perfiles de SEVC realizados en el área de proyección del Estadio Nacional de fútbol .RURD-UNAN-Managua.2005....	84
	Figura 3.7 “Posible localización de la falla Zogaib en el área de estudio	86
	Figura 3.8 “Imágenes de resistividad correspondientes a los perfiles eléctricos en dirección Oeste-Este”: a) PE 20, b) PE 60, c) PE 100, d) PE 140, e) PE 180, y f) PE 220 en el área de proyección del Estadio Nacional de Fútbol. RURD-UNAN-Managua.2005”	89
	Figura 3.9 “Equipo DGPS”	91
	Figura 3.10 “Mapa topográfico de la zona de estudio”	93
	Figura 4.1 “Mapa geológico del área de Managua”	95
	Figura 4.2 “Propuesta de columna estratigráfica generalizada de Managua”	99
	Figura 4.3 “Columna estratigráfica compuesta de la zona de estudio”	103
	Figura 5.1 “Ubicación de sondeos”	110
	Figura a.1 “Perfiles magnéticos realizados en el RURD /UNAN. Managua. Nicaragua/2005”	135
	Figura a.2 “Capas de resistividades eléctricas a diferentes profundidades. Sitio de estudio RURD/UNAN-Managua.Nicaragua/2005”	142
	Figuras a.3 “Resultados geotécnicos”	149
	Figura a.4 “Curvas Granulométricas representativas”	153
	Figura a.5 “Registro de perforaciones”	158
	Figura a.6 “Análisis de distribución de esfuerzos”	164
	Figura a.7 “Zapatatas sobre relleno”	171

Figura a.8 "Trinchera para el estudio de fallas superficiales en el sitio de estudio"	175
Figura a.9 "Vista Oeste-Este de la estratigrafía en trinchera"	176
Figura a.10 "Vista Este-Oeste muestra la parte superior de la estratigrafía"177	
Figura a.11 "Perfil geológico de la zona de estudio"	178
Figura a.12 "Mapa de fallas cercanas al área de estudio"	179
Figura a.13 "Mapa de zonificación sísmica del área de estudio.....	180
Figura a.14 "Mapa de ubicación de proyecto Laboratorio de geotecnia del CIGEO, zona vecina al proyecto actual"	181
Figura a.15 "Zonificación del área de proyecto Laboratorio de geotecnia del CIGEO, zona vecina al proyecto actual"	182