

ÍNDICE GENERAL

1.	GENERALIDADES	21
1.1	Introducción	21
1.2	Antecedentes	23
1.3	Planteamiento del Problema	29
1.3.1	Identificación del problema	29
1.3.2	Formulación del problema	30
1.4	Objetivos y acciones	30
1.4.1	Objetivo general	30
1.4.2	Objetivos específicos y acciones del proyecto	30
1.5	Justificación	31
1.5.1	Justificación técnica	31
1.5.2	Justificación económica	31
1.6	Alcance y limitaciones	31
1.6.1	Alcance geográfico	31
1.6.2	Alcance temporal	32
1.6.3	Limitaciones	32
2.	MARCO TEÓRICO	33
2.1	Estudios geotécnicos	33
2.1.1	<i>Mecánica de Suelos</i>	33
2.1.2	<i>Análisis granulométrico</i>	33
2.1.3	<i>Contenido de humedad</i>	34
2.1.4	<i>Límites de Atterberg</i>	35
2.1.4.1	<i>Limite Líquido</i>	35
2.1.4.2	<i>Limite Plástico</i>	36

2.1.4.3	<i>Índice de plasticidad</i>	37
2.1.4.4	<i>Índice de fluidez</i>	37
2.1.5	Capacidad portante del suelo	38
2.1.6	Ensayo de penetración estándar SPT	39
2.2	Hormigón armado y acero de refuerzo	42
2.2.1	Hormigón armado	42
2.2.1.1	<i>Resistencia a la compresión</i>	42
2.2.1.2	<i>Resistencia a la tracción</i>	43
2.2.1.3	<i>Módulo de elasticidad</i>	43
2.2.1.4	<i>Tracción por flexión</i>	43
2.2.1.5	<i>Esfuerzo cortante</i>	44
2.2.1.6	<i>Fluencia lenta</i>	44
2.2.1.7	<i>Retracción</i>	45
2.2.1.8	<i>Cambio de temperatura</i>	45
2.2.1.9	<i>Peso unitario</i>	45
2.2.2	Acero de refuerzo	47
2.3	Análisis estructural	49
2.3.1	Idealización de la estructura	49
2.3.2	Análisis de cargas	49
2.3.2.1	<i>Carga viva</i>	50
2.3.2.2	<i>Carga muerta</i>	50
2.3.2.3	<i>Cargas ambientales</i>	51
2.3.3	Efectos producidos por las cargas actuantes	60
2.3.3.1	<i>Esfuerzos internos</i>	61
2.3.3.2	<i>Reacciones</i>	61
2.3.3.3	<i>Deformaciones</i>	62

2.3.3.4	<i>Derivas</i>	62
2.3.4	Simultaneidad de las acciones	62
2.4	Diseño de los elementos estructurales	64
2.4.1	Diseño de vigas	64
2.4.1.1	<i>Diseño a flexión</i>	67
2.4.1.2	<i>Diseño a corte</i>	70
2.4.2	Diseño de losas	71
2.4.2.1	<i>Diseño de losas por el Método de Rigidez Relativa</i>	73
2.4.3	Diseño de columnas	75
2.4.3.1	<i>Diseño de columnas cortas sometidas a carga axial y flexión.</i>	77
2.4.4	Diseño de muro de contención	80
2.4.4.1	<i>Teoría de Rankine</i>	81
2.4.4.2	<i>Empuje activo</i>	81
2.4.4.3	<i>Empuje pasivo</i>	82
2.4.5	Diseño de muro de corte	82
2.4.6	Diseño de escaleras	84
2.4.6.1	<i>Diseño de tramo a flexo-compresión</i>	85
2.4.6.2	<i>Diseño de tramo a flexión</i>	86
2.4.7	Diseño de pilotes	87
2.4.7.1	<i>Diseño del cabezal de pilotes</i>	90
2.5	Dinámica estructural	92
2.5.1	Grados de Libertad	92
2.5.2	Sistemas de un grado de libertad	93
2.5.2.1	<i>Formulación de la ecuación del movimiento</i>	94
2.5.2.2	<i>Vibración libre</i>	95
2.5.2.3	<i>Amortiguamiento de un sistema</i>	96

2.5.2.4	<i>Vibración libre no amortiguada</i>	96
2.5.2.5	<i>Vibración libre con amortiguamiento viscoso</i>	97
2.5.2.6	<i>Periodos de vibración</i>	98
2.5.2.7	<i>Resonancia y frecuencia resonante</i>	98
2.5.3	Sistemas de múltiples grados de libertad	98
2.5.3.1	<i>Modos de vibración</i>	99
2.5.3.2	<i>Número de modos de vibración</i>	100
2.5.3.3	<i>Factor de participación modal</i>	100
2.5.3.4	<i>Espectros de respuesta</i>	101
2.6	Análisis Estructural Sísmico Dinámico	102
2.6.1	Método de análisis sísmico	102
2.6.1.1	<i>Análisis modal espectral</i>	102
2.6.2	Aplicación de software para análisis estructural	105
2.6.3	Hipótesis de cargas	105
2.6.3.1	<i>Hipótesis de cargas bajo efectos de sismo, según la NBDS 2006</i>	105
2.6.3.2	<i>Verificación de desplazamientos laterales, según NBDS 2006</i>	106
2.6.3.3	<i>Hipótesis de cargas bajo efectos de sismo, según la GBDS 2020</i>	106
2.6.4	Espectros de diseño	108
2.7	Análisis técnico – económico	111
2.7.1	Cómputo métrico	111
2.7.2	Precios unitarios	111
2.7.3	Presupuestos	111
3.	INGENIERÍA DEL PROYECTO	113
3.1	Estudios Geotécnicos	113
3.1.1	Localización	113
3.1.2	Alcance de trabajo	113

3.1.2.1	<i>Trabajo de campo</i>	113
3.1.2.2	<i>Trabajo de laboratorio</i>	114
3.1.2.3	<i>Trabajo de gabinete</i>	115
3.1.3	Descripción de los sondeos	115
3.1.4	Conclusiones	115
3.1.5	Recomendaciones	116
3.2	Análisis estructural	116
3.2.1	Descripción funcional	116
3.2.2	Descripción estructural	117
3.2.3	Características del material	117
3.2.3.1	<i>Hormigón</i>	117
3.2.3.2	<i>Acero de refuerzo</i>	117
3.2.4	Planos arquitectónicos	117
3.2.5	Análisis de cargas	118
3.2.5.1	<i>Cargas vivas y Cargas muertas consideradas:</i>	118
3.2.5.2	<i>Cargas de viento</i>	120
3.2.6	Pre dimensionado de los elementos estructurales	122
3.2.6.1	<i>Vigas</i>	122
3.2.6.2	<i>Losas</i>	123
3.2.6.3	<i>Columnas</i>	125
3.2.7	Modelo estructural	126
3.3	Diseño Estructural Sísmico Dinámico – Según la NBDS 2006	127
3.3.1	Análisis Sísmico	127
3.3.1.1	<i>Excentricidad Accidental</i>	127
3.3.1.2	<i>Determinación de las masas</i>	128
3.3.1.3	<i>Nudo Maestro</i>	130

3.3.1.4	<i>Modos de vibrar</i>	131
3.3.1.5	<i>Espectro de diseño</i>	132
3.3.1.6	<i>Hipótesis de cargas</i>	134
3.3.1.7	<i>Momento torsor sísmico</i>	135
3.3.1.8	<i>Deformaciones laterales</i>	137
3.3.1.9	<i>Fuerzas internas actuantes en la estructura</i>	142
3.3.2	Diseño de los elementos estructurales	145
3.3.2.1	<i>Diseño de vigas</i>	145
3.3.2.2	<i>Diseño de losas</i>	149
3.3.2.3	<i>Diseño de columnas</i>	155
3.3.2.4	<i>Diseño de muro de contención</i>	157
3.3.2.5	<i>Diseño de muro de corte</i>	167
3.3.2.7	<i>Diseño de fundaciones</i>	179
3.3.3	Planos estructurales	188
3.4	Diseño Estructural Sísmico Dinámico – Según la GBDS 2020	189
3.4.1	Análisis Sísmico	189
3.4.1.1	<i>Excentricidad accidental</i>	189
3.4.1.2	<i>Determinación de las masas</i>	190
3.4.1.3	<i>Nudo maestro</i>	192
3.4.1.4	<i>Modos de vibrar</i>	193
3.4.1.5	<i>Espectro de diseño</i>	194
3.4.1.6	<i>Hipótesis de carga</i>	198
3.4.1.7	<i>Momento torsor sísmico</i>	199
3.4.1.8	<i>Deformaciones laterales</i>	201
3.4.2	Diseño de los elementos estructurales	209
3.4.2.1	<i>Diseño de vigas</i>	209

3.4.2.2	<i>Diseño de losas</i>	213
3.4.2.3	<i>Diseño de columnas</i>	219
3.4.2.4	<i>Diseño de muro de contención</i>	222
3.4.2.5	<i>Diseño de muro de corte</i>	222
3.4.2.6	<i>Diseño de escaleras</i>	222
3.4.2.7	<i>Diseño de fundaciones</i>	222
3.4.3	Planos estructurales	228
3.5	Análisis técnico - económico	229
3.5.1	Comparación de documentos NBDS 2006 – GBDS 2020	229
3.5.2	Análisis de precios unitarios	230
3.5.3	Cómputo métrico general	231
3.5.4	Presupuesto	233
CONCLUSIONES		235
RECOMENDACIONES		241
BIBLIOGRAFÍA		242

ANEXOS

Anexo 1. Historia sísmica en Bolivia.....	1
Anexo 2. Clasificación de cabezales por número de pilotes.....	2
Anexo 3. Diagramas de interacción.....	3
Anexo 4. Perfiles estratigráficos.....	5
Anexo 5. Planos arquitectónicos.....	9
Anexo 6. Planos estructurales.....	16
Anexo 7. Diseño de las vigas según la NBDS 2006.....	75
Anexo 8. Cómputo métrico de las vigas según la NBDS 2006.....	77
Anexo 9. Diseño de las losas según la NBDS 2006.....	80
Anexo 10. Cómputo métrico de las losas según la NBDS 2006.....	83
Anexo 11. Diseño de las columnas según la NBDS 2006.....	87
Anexo 12. Cómputo métrico de las columnas según la NBDS 2006.....	90
Anexo 13. Diseño de las fundaciones según la NBDS 2006.....	94
Anexo 14. Cómputo métrico de las fundaciones según la NBDS 2006.....	94
Anexo 15. Diseño de las vigas según la GBDS 2020.....	95
Anexo 16. Cómputo métrico de las vigas según la GBDS 2020.....	97
Anexo 17. Diseño de las losas según la GBDS 2020.....	100
Anexo 18. Cómputo métrico de las fundaciones según la NBDS 2006.....	103
Anexo 19. Diseño de las columnas según la GBDS 2020.....	107
Anexo 20. Cómputo métrico de las columnas según la GBDS 2020.....	110
Anexo 21. Diseño de las fundaciones según la GBDS 2020.....	114
Anexo 22. Cómputo métrico de las fundaciones según la GBDS 2020.....	114
Anexo 23. Comparación de los documentos entre la NBDS 2006 – GBDS 2020	115