

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL**

**DISERTACION PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

***COMPARACIÓN ENTRE LA NORMA ECUATORIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN 2011 Y LA NORMA AMERICAN SOCIETY OF
CIVIL ENGINEERS 07-10 PARA DISEÑO SISMO-RESISTENTE:
CORTE BASAL***

GABRIELA ALEJANDRA JARAMILLO GUERRA

MARITZA VALERIA ROCHA ANDINO

DIRECTOR ING. JUAN CARLOS GARCÉS

QUITO, 2013.

Resumen

Ecuador se encuentra en una zona que se caracteriza por su alta sismicidad al igual que otros países que pertenecen al Cinturón de Fuego del Pacífico como Chile, Japón, Estados Unidos, entre otros. Reconociendo la actividad sísmica en la región, el diseño sismo-resistente de estructuras es una necesidad imperiosa en los países que están inmersos en esta zona. En virtud de que la actividad sísmica genera riesgos para las poblaciones y en casos extremos, puede originar grandes pérdidas materiales y humanas; cada país, ha desarrollado sus propias normas, para garantizar la seguridad pública considerando criterios de regulación y control en el diseño y análisis estructural sismo-resistente.

Siendo Estados Unidos uno de los países con amplio conocimiento dentro del campo de la ingeniería sísmica, ésta tesis, presenta una visión general y comparación de los actuales códigos sísmicos de Ecuador y Estados Unidos NEC-11 y ASCE 07-10, respectivamente; destacando los criterios de cada uno para la obtención del Corte Basal.

Dedicatoria

Para la mujer más importante en mi vida, porque gracias a todo su amor, apoyo y sacrificios he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Gracias Mami, te amo!

Para mi papá, mis abuelitos, mis tíos y primos que están siempre presentes, no todos de manera física pero si en mi corazón.

Gabriela

Son muchas las limitaciones que enfrentamos los seres humanos, el mayor de ellos quizá sea vencer el miedo y romper los esquemas. Sin embargo mi generación heredo el amor al desafío, ese sentimiento que te impulsa a romper barreras, dedico este trabajo a todas aquellas que como yo, saben que las carreras como ésta no son privativas de un género, sino de una ilusión, de un sueño.

Lo entrego también a mis maestros y a mi familia, luchadores y creadoras de espacios. Quienes me han enseñado que en la vida, no existen más límites que los que te creas tú.

Valeria

Agradecimientos

Al haber culminado otra etapa de mi vida estudiantil, quiero expresar mi más sentido agradecimiento a toda mi familia por apoyarme incondicionalmente en todo momento. De igual forma un sincero agradecimiento a mis profesores quienes fueron parte de mi formación profesional y una especial mención al Ing. Juan Carlos Garcés quien con sus conocimientos, experiencia y paciencia, supo orientar y ayudarme durante el desarrollo de este trabajo.

Gabriela

INDICE

CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES	1
<i>1.1 Introducción</i>	1
<i>1.1.1. Peligro Sísmico en el Ecuador</i>	2
1.1.1.1 Sismos originados por la subducción.....	2
1.1.1.2 Sismos originados por fallas geológicas	3
1.1.1.3 Sismos de origen volcánico.....	4
<i>1.1.2 Sismo de Diseño y respuesta espectral</i>	5
<i>1.1.3 Código Sísmico para la construcción</i>	6
1.1.3.1 Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011.....	6
1.1.3.2 Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (American Society of Civil Engineers) 07-10.	7
<i>1.2 Objetivo y alcance</i>	10
<i>1.2.1 Objetivo General</i>	10
1.2.1.1 Objetivo Específico.....	11
<i>1.2.2 Alcance del proyecto</i>	11
<i>1.3 Descripción de problema</i>	14
CAPITULO II	15
BASES DE DISEÑO.....	15
<i>2.1 Bases de Diseño ASCE 07-10</i>	15
2.1.1 Valores sísmicos de movimiento de terreno	15
2.1.2.1. Parámetros de aceleración asignados	16

2.1.2 Factor de Importancia y Categoría de riesgo	16
2.1.2.1 Categoría de riesgo:	16
2.1.2.2 Factor de importancia.....	18
2.1.3 Categoría de diseño sísmico.....	19
2.1.4 Tipo de suelo	21
2.1.4.1. Clasificación del suelo	21
2.1.5 Coeficientes de sitio y parámetros de aceleración de respuesta espectral por riesgo del sismo máximo considerado.	22
2.1.6 Parámetros de aceleraciones espectrales para diseño.....	24
2.1.7 Espectro de Respuesta de Diseño.....	25
2.1.8 Determinación del Periodo fundamental T de la estructura.....	27
2.1.8.1. Periodo fundamental aproximado T_a	28
2.1.9 Selección del sistema estructural	29
2.1.9.1 Definiciones de Sistemas Estructurales:	29
2.1.9.2 Coeficientes y factores de diseño para sistemas de resistencia sísmica.....	30
2.1.10 Selección de Procedimientos de Análisis.....	32
2.1.11 Procedimiento de la fuerza lateral equivalente	33
2.1.11.1 Fuerza sísmica estática o “Corte Basal”.....	33
2.1.11.2 Cálculo del coeficiente de respuesta sísmico C_s	33
2.1.12 Análisis del Espectro de Respuesta Modal	35
2.1.12.1 Número de Modos.....	35
2.1.12.2 Parámetros de Respuesta modal.....	35
2.1.12.3 Parámetros de Respuesta combinada	36

2.1.12.4 Escala de fuerzas	36
2.1.13. Irregularidades en estructuras	37
2.1.13.1 Irregularidad Horizontal.....	37
2.1.13.2 Irregularidad Vertical	39
2.2. <i>Bases de Diseño NEC-11</i>	40
2.2.1. Mapa de Zonificación sísmica para diseño	40
2.2.2. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura coeficiente I	43
2.2.3. Tipos de suelo	44
2.2.3.1 Tipos de perfiles de suelo.....	45
2.2.3.2 Procedimiento de clasificación del perfil del suelo.....	47
2.2.4. Coeficientes de Amplificación O Deamplificación dinámica de perfiles de suelo F_a , F_d y F_s	49
2.2.4.1 Tipo de suelo y factores de sitio F_a	49
2.2.4.2 Tipo de suelo y factores de sitio F_d	50
2.2.4.3 Tipo de suelo y factores de sitio F_s	50
2.2.5. Espectro Elásticos de Diseño	51
2.2.5.1 Espectro Elástico de Diseño en aceleraciones	51
2.2.6. Determinación del Periodo de vibración T	54
2.2.6.1. Método 1	54
2.2.6.2. Método 2	56
2.2.7. Selección del sistema estructural	58
2.2.7.1 Definiciones de Sistemas Estructurales:	58
2.2.7.1.1 Pórtico Especial Sismo-Resistente:.....	58

2.2.7.1.2. Pórtico Especial Sismo-Resistente con diagonales rigidizadoras:	
.....	58
2.2.7.1.3. Pórtico Especial Sismo-Resistente con muros estructurales (Sistemas Duales):.....	59
2.2.7.2. Coeficiente de reducción de respuesta estructural R:	60
2.2.8. Determinación de las fuerzas sísmicas de diseño mínimas.....	61
2.2.8.1. Dirección de aplicación de fuerzas sísmicas	62
2.2.8.2. Modelación estructural.....	62
2.2.9. Procedimientos de cálculo de fuerzas sísmicas estáticas	63
2.2.9.1. Cortante basal de diseño.....	63
2.2.9.2. Coeficientes de configuración estructural	64
2.2.9.2.1 Coeficiente de configuración estructural en planta ϕ_{PI}	64
2.2.9.2.1 Coeficiente de configuración estructural en elevación ϕ_{PE}	66
2.2.10. Análisis dinámico espectral.....	69
2.2.10.1. Descripción de los procedimientos de análisis dinámico para el cálculo de fuerzas sísmicas	69
2.2.10.2. Espectro respuesta.....	70
2.2.10.3. Número de modos	70
2.2.10.4. Número de modos reducción de las fuerzas dinámicas de respuesta elástica para diseño.....	71
2.2.10.5. Torsión	71
 CAPÍTULO III	 72
 ESPECTROS DINÁMICOS	 72

3.1 Espectros de respuesta sísmica ASCE 07-10.....	72
3.1.1. Quito.....	73
3.1.1.1. Quito Suelo B.....	73
3.1.1.2. Quito Suelo C.....	74
3.1.1.3. Quito Suelo D.....	75
3.1.2. Manta	76
3.1.2.1. Manta Suelo B.....	76
3.1.2.2. Manta Suelo C.....	77
3.1.2.3. Manta Suelo D	78
3.1.3. Esmeraldas	79
3.1.3.1. Esmeraldas Suelo B	79
3.1.3.2. Esmeraldas Suelo C	80
3.1.3.3. Esmeraldas Suelo D	81
3.2 Espectros de respuesta sísmica NEC-11.....	82
3.2.1. Quito.....	83
3.2.1.1. Quito Suelo B.....	83
3.2.1.2. Quito Suelo C.....	84
3.2.1.3. Quito Suelo D.....	85
3.2.2 Manta	86
3.2.2.1 Manta Suelo B.....	86
3.2.2.1 Manta Suelo C.....	87
3.2.2.1 Manta Suelo D	88
3.2.2 Esmeraldas	89
3.2.3.1. Esmeraldas Suelo B	89

3.2.3.2. Esmeraldas Suelo C	90
3.2.3.3. Esmeraldas Suelo D	91
3.3. <i>Comparación de Espectros de respuesta sísmica entre los desarrollados por las Normas ASCE 07-10 y NEC-11</i>	92
3.3.1. Quito.....	92
3.3.1.1. Quito Suelo B.....	92
3.3.1.2. Quito Suelo C.....	92
3.3.1.3. Quito Suelo D.....	92
3.3.2 Manta	93
3.3.2.1 Manta Suelo B.....	93
3.3.2.2. Manta Suelo C.....	94
3.3.2.3. Manta Suelo D	94
3.3.3 Esmeraldas	94
3.3.3.1 Esmeraldas Suelo B	95
3.3.3.2. Esmeraldas Suelo C	95
3.3.3.3 Esmeraldas Suelo D	95
3.4 <i>Comparación de Espectros de respuesta sísmica ASCE 07-10 Vs. NEC-11</i> 97	
3.4.1. Espectros ASCE 07-10 vs NEC-11 Quito.....	97
3.4.2. Espectros ASCE 07-10 vs. NEC-11 Manta.....	98
3.4.3. Espectros ASCE 07-10 Esmeraldas	99
CAPÍTULO IV	100
OBTENCIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO	100
4.1 <i>Resultados</i>	100

4.1.1 Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón	100
4.1.1.1. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Quito	100
4.1.1.1.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito	100
4.1.1.1.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito	102
4.1.1.2. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Manta	104
4.1.1.2.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta	104
4.1.1.2.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta	106
4.1.1.3. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Esmeraldas	108
4.1.1.3.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas	108
4.1.1.3.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas	110
4.1.2 Sistema Resultados ASCE07-10: Sistema Dual de Hormigón	112
4.1.2.1. Corte Basal Sistema Dual de Hormigón: Quito	112
4.1.2.1.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón- Quito.....	112
4.1.2.1.2 Corte Basal según NEC-11 Sistema Dual de Hormigón: Quito	114

4.1.2.2. Corte Basal Sistema Dual de Hormigón: Manta.....	116
4.1.2.2.1 Corte Basal según ASCE 07-10 Sistema Dual de Hormigón: Manta.....	116
4.1.2.2.2 Corte Basal según NEC-11 Sistema Dual de Hormigón: Manta	118
4.1.2.3. Corte Basal Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas.....	120
4.1.2.3.1 Corte Basal según ASCE 07-10 Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas	120
4.1.2.3.2 Corte Basal según NEC-11 Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas	122
4.1.3 Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero	124
4.1.3.1. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Quito	124
4.1.3.1.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Quito.....	124
4.1.3.1.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Quito	126
4.1.3.2. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Manta	128
4.1.3.2.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Manta	128
4.1.3.2.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Manta	130
4.1.3.3. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Esmeraldas	132

4.1.3.3.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas	132
4.1.3.3.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas	134
4.2 Comparación entre Norma ASCE 07-10 y NEC-11.....	136
4.2.1 Comparación Cualitativa entre Norma ASCE 07-10 y NEC-11.....	136
4.2.2 Comparación Cuantitativa entre Norma ASCE 07-10 y NEC-11: Análisis Estático.....	141
4.2.2.1 Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón ...	141
4.2.2.1.1. Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Quito.....	141
4.2.2.1.2 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Manta.....	142
4.2.2.1.3 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Esmeraldas	143
4.2.2.2 Sistema Dual de Hormigón	144
4.2.2.2.1 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Quito	144
4.2.2.2.2 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Manta	145
4.2.2.2.3 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas	146
4.2.2.3.2 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Manta.....	148
4.2.2.3.3 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Esmeraldas.....	149

4.2.3 Comparación Cuantitativa entre Norma ASCE 07-10 y NEC-11:	
Análisis Espectro de Respuesta Modal	150
4.2.3.1 Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón	150
4.2.3.1.1 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Quito.....	150
4.2.3.1.2 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Manta.....	151
4.2.3.1.3 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Esmeraldas	152
4.2.3.2 Sistema Dual de Hormigón	153
4.2.3.2.1 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Quito	153
4.2.3.2.2 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Manta	154
4.2.3.2.3 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas	155
4.2.3.3 Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero	156
4.2.3.3.1 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Quito	156
4.2.3.3.2 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Manta.....	157
4.2.3.3.3 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Esmeraldas.....	158
4.3 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10.....	159

4.3.1 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico resistente a momento de Hormigón: Quito ...	159
4.3.2 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico resistente a momento de Hormigón: Manta..	160
4.3.3 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico resistente a momento de Hormigón: Esmeraldas	160
4.3.4 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Quito	161
4.3.5 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Manta.....	161
4.3.6 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas.....	162
4.3.7 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Pórtico arriostrado de acero: Quito.....	162
4.3.8 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Pórtico arriostrado de acero: Manta.....	163
4.3.9 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Pórtico arriostrado de acero: Esmeraldas	163
CONCLUSIONES	164
RECOMENDACIONES	174
BIBLIOGRAFIA	175

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Cinturón de Fuego del Pacífico	1
Figura 1.2 Mapa Geodinámico del Ecuador.	2
Figura 1.3 Interacción de las Placas Tectónicas.....	3
Figura 1.4 Principales Rasgos Morfo-Estructurales de los Andes, Ecuador.	4
Figura 1.5 Corte Geológico a 0.0° del Ecuador.	5
Figura 1.6 Descripción del espectro respuesta.....	6
Figura 2.1: Espectro de respuesta de diseño	26
Figura 2.2. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona z	41
Figura 2.3: Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño	51
Figura 3.1: Espectro de respuesta de diseño	72
Figura 3.2: Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño	82

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 3.1 Espectro ASCE 7-10 Quito Suelo B	73
Gráfico 3.2 Espectro Asce 7-10 Quito Suelo C	74
Gráfico 3.3 Espectro Asce 7-10 Quito Suelo D	75
Gráfico 3.4 Espectro Asce 7-10 Manta Suelo B	76
Gráfico 3.5 Espectro Asce 7-10 Manta Suelo C	77
Gráfico 3.6 Espectro Asce 7-10 Manta Suelo D	78
Gráfico 3.7 Espectro Asce 7-10 Esmeraldas Suelo B	79
Gráfico 3.8 Espectro Asce 7-10 Esmeraldas Suelo C	80
Gráfico 3.9 Espectro Asce 7-10 Esmeraldas Suelo D.....	81
Gráfico 3.9 Espectro Nec-11 Quito Suelo B	83
Gráfico 3.9 Espectro Nec-11 Quito Suelo C.....	84
Gráfico 3.10 Espectro Nec-11 Quito Suelo D.....	85
Gráfico 3.11 Espectro Nec-11 Manta Suelo B.....	86
Gráfico 3.12 Espectro Nec-11 Manta Suelo C.....	87
Gráfico 3.13 Espectro Nec-11 Manta Suelo D.....	88
Gráfico 3.14 Espectro Nec-11 Esmeraldas Suelo B.....	89
Gráfico 3.15 Espectro Nec-11 Esmeraldas Suelo C.....	90
Gráfico 3.16 Espectro Nec-11 Esmeraldas Suelo D	91

Gráfico 3.17 Comparación de Espectros Quito Suelo B.....	92
Gráfico 3.18 Comparación de Espectros Quito Suelo C.....	92
Gráfico 3.19 Comparación de Espectros Quito Suelo D.....	93
Gráfico 3.20 Comparación de Espectros Manta Suelo B.....	93
Gráfico 3.21 Comparación de Espectros Manta Suelo C.....	94
Gráfico 3.22 Comparación de Espectros Manta Suelo D	94
Gráfico 3.23 Comparación de Espectros Esmeraldas Suelo B	95
Gráfico 3.24 Comparación de Espectros Esmeraldas Suelo C	95
Gráfico 3.25 Comparación de Espectros Esmeraldas Suelo D	96
Gráfico 3.26 Espectros ASCE 07-10 Quito	97
Gráfico 3.27 Espectros NEC-11 Quito.....	97
Gráfico 3.28 Espectros ASCE 07-10 Manta	98
Gráfico 3.29 Espectros NEC-11 Manta	98
Gráfico 3.30 Espectros ASCE 07-10 Esmeraldas	99
Gráfico 3.31 Espectros NEC-11 Esmeraldas	99
Gráfico 4.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito	101
Gráfico 4.2 Resultados Corte Basal: ASCE 07-10: (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito.....	101

Gráfico 4.3 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito.....	103
Gráfico 4.4 Resultados Corte Basal: NEC-11 : (Análisis Espectro De Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito.....	103
Gráfico 4.5 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta	105
Gráfico 4.6 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta.....	105
Gráfico 4.7 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta.....	107
Gráfico 4.8 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta.....	107
Gráfico 4.9 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas	109
Gráfico 4.10 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal) : Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas	109
Gráfico 4.11 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas	111
Gráfico 4.12 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas	111

Gráfico 4.13 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) : Sistema Dual de Hormigón –Quito	113
Gráfico 4.14 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón -Quito.....	113
Gráfico 4.15 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático): Sistema Dual de Hormigón -Quito.....	115
Gráfico 4.16 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón –Quito	115
Gráfico 4.17 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) Sistema Dual de Hormigón -Manta.....	117
Gráfico 4.18 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón -Manta.....	117
Gráfico 4.19 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático) : Sistema Dual de Hormigón -Manta.....	119
Gráfico 4.20 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón -Manta.....	119
Gráfico 4.21 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) Sistema Dual de Hormigón -Esmeraldas.....	121
Gráfico 4.22 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón -Esmeraldas	121
Gráfico 4.23 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático) : Sistema Dual de Hormigón -Esmeraldas.....	123

Gráfico 4.24 Resultados Corte Basal NEC-11: (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón -Esmeraldas	123
Gráfico 4.25 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Arriostrado de Acero -Quito.....	125
Gráfico 4.26 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Quito.....	125
Gráfico 4.27 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Arriostrado de Acero -Quito	127
Gráfico 4.28 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Quito.....	127
Gráfico 4.29 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Arriostrado de Acero -Manta.....	129
Gráfico 4.30 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Manta.....	129
Gráfico 4.31 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Manta.....	131
Gráfico 4.32 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Manta.....	131
Gráfico 4.33 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Arriostrado de Acero -Esmeraldas	133
Gráfico 4.34 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas	133

Gráfico 4.35 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas	135
Gráfico 4.36 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas	135
Gráfico 4.19 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito.....	141
Gráfico 4.20 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito.....	141
Gráfico 4.21 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito.....	141
Gráfico 4.22 Corte Basal: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	141
Gráfico 4.23 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta.....	142
Gráfico 4.24 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta.....	142
Gráfico 4.25 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta.....	142
Gráfico 4.26 Corte Basal: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	142
Gráfico 4.27 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas	143
Gráfico 4.28 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas	143
Gráfico 4.29 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas	143
Gráfico 4.30 Corte Basal: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	143
Gráfico 4.31 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito.....	144
Gráfico 4.32 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito.....	144
Gráfico 4.33 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito.....	144
Gráfico 4.34 Corte Basal: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	144

Gráfico 4.35 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta.....	145
Gráfico 4.36 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta.....	145
Gráfico 4.37 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta.....	145
Gráfico 4.38 Corte Basal: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	145
Gráfico 4.39 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas	146
Gráfico 4.40 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas	146
Gráfico 4.41 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas	146
Gráfico 4.42 Corte Basal: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	146
Gráfico 4.43 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito.....	147
Gráfico 4.44 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito.....	147
Gráfico 4.45 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito.....	147
Gráfico 4.46 Corte Basal: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	147
Gráfico 4.47 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta.....	148
Gráfico 4.48 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta.....	148
Gráfico 4.49 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta.....	148
Gráfico 4.50 Corte Basal: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	148
Gráfico 4.51 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas	149
Gráfico 4.52 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas	149
Gráfico 4.53 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas	149
Gráfico 4.54 Corte Basal: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	149

Gráfico 4.55 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito.....	150
Gráfico 4.56 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito.....	150
Gráfico 4.57 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito.....	150
Gráfico 4.58 Espectro De Diseño: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	150
Gráfico 4.59 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta.....	151
Gráfico 4.60 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta.....	151
Gráfico 4.61 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta.....	151
Gráfico 4.62 Espectro De Diseño: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	151
Gráfico 4.63 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas	152
Gráfico 4.64 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas	152
Gráfico 4.65 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas	152
Gráfico 4.66 Espectro De Diseño: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	152
Gráfico 4.67 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito.....	153
Gráfico 4.68 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito.....	153
Gráfico 4.69 Comparación Corte Basal 18 Nies: Quito.....	153
Gráfico 4.70 Espectro De Diseño: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	153
Gráfico 4.71 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta.....	154
Gráfico 4.72 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta.....	154
Gráfico 4.73 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta.....	154
Gráfico 4.74 Espectro De Diseño: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	154

Gráfico 4.75 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas	155
Gráfico 4.76 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas	155
Gráfico 4.77 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas	155
Gráfico 4.78 Espectro De Diseño: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	155
Gráfico 4.79 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito.....	156
Gráfico 4.80 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito.....	156
Gráfico 4.81 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito.....	156
Gráfico 4.82 Espectro De Diseño: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	156
Gráfico 4.83 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta.....	157
Gráfico 4.84 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta.....	157
Gráfico 4.85 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta.....	157
Gráfico 4.86 Espectro De Diseño: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	157
Gráfico 4.87 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas	158
Gráfico 4.88 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas	158
Gráfico 4.89 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas	158
Gráfico 4.90 Espectro De Diseño: ASCE 07-10 Vs. NEC-11	158

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Consideraciones Prediseño: Sistema Pórtico Especial a Momento de Hormigón	12
Tabla 1.2 : Consideraciones Prediseño: Sistema Dual De Hormigón.....	13
Tabla 1.3: Consideraciones Prediseño: Sistema: Pórtico Especial Arriostrado de (Acero)	13
Tabla 2. 1: Valores De Aceleraciones S_s Y S_1	16
Tabla 2. 2: Categoría de Riesgo de Edificios y Otras Estructuras para Cargas de Inundación, Viento Nieve, Sísmicas Y Hielo	17
Tabla 2. 3: Factores de Importancia por Categoría de Riesgo de Edificios y Otras Estructuras Para Nieve, Hielo y Cargas Sísmicas.....	18
Tabla 2. 4: Categoría de Diseño Sísmico Basado en el Parámetro de Aceleración de Respuesta Espectral para Diseño Sísmico en Periodo Corto.	20
Tabla 2. 5Categoría de Diseño Sísmico Basado en el Parámetro de Aceleración de Respuesta Espectral para Diseño Sísmico Para El Periodo 1 Segundo	20
Tabla 2. 6: Clasificación Del Suelo.....	22
Tabla 2. 7: Coeficiente De Sitio F_a	24
Tabla 2. 8: Coeficiente De Sitio F_v	24
Tabla 2. 10: Coeficiente para el Límite Superior de Período Calculado	29
Tabla 2. 11: Coeficientes y Factores de Diseño para Sistemas de Resistencia Sísmica	31

Tabla 2. 12: Procedimientos de Análisis Permitidos	32
Tabla 2.13: Irregularidades Estructurales Horizontales	38
Tabla 2. 14: Irregularidades Estructurales Vertical.....	39
Tabla 2. 15: Valores de Factor Z En Función de la Zona Sísmica Adoptada.....	41
Tabla 2. 16: Poblaciones Ecuatorianas y Valor del Factor Z	42
Tabla 2. 17: Tipo De Uso, Destino e Importancia de la Estructura	44
Tabla 2.18: Clasificación de Perfiles De Suelo.....	46
Tabla 2. 19: Criterios para Clasificar Suelos Dentro de los Perfiles de Suelo Tipos C,D O E.....	49
Tabla 2.20: Tipo de Suelo y Factores de Sitio F_a	49
Tabla 2.22 : Tipo de Suelo y Factores de Sitio F_s	51
Tabla 2.23: Valores De C_t y A	55
Tabla 2. 24: Coeficiente de Reducción de Respuesta Estructural R	61
Tabla 2.25 Coeficiente de Irregularidad en Planta.....	65
Tabla 2. 26: Coeficiente de Irregularidad en Elevación.....	68
Tabla 3. 1 Datos Quito Suelo B	73
Tabla 3. 2 Datos Quito Suelo C	74
Tabla 3. 3 Datos Quito Suelo D	75
Tabla 3. 4 Datos Manta Suelo B	76
Tabla 3. 5 Datos Manta Suelo C	77

Tabla 3. 6 Datos Manta Suelo D	78
Tabla 3. 7 Datos Esmeraldas Suelo B	79
Tabla 3. 8 Datos Esmeraldas Suelo C	80
Tabla 3. 9 Datos Esmeraldas Suelo D	81
Tabla 3. 10 Datos Quito Suelo B	83
Tabla 3. 11 Datos Quito Suelo C	84
Tabla 3. 12 Datos Quito Suelo D	85
Tabla 3. 13 Datos Manta Suelo B	86
Tabla 3. 14 Datos Manta Suelo C	87
Tabla 3. 15 Datos Manta Suelo D	88
Tabla 3. 16 Datos Esmeraldas Suelo B	89
Tabla 3. 17 Datos Esmeraldas Suelo C	90
Tabla 3. 18 Datos Esmeraldas Suelo D	91
Tabla 4.2 Resultados Asce 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito	100
Tabla 4.4 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito	102
Tabla 4.5 Datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta	104

Tabla 4.6 Resultados Asce 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente A Momento de Hormigón-Manta	104
Tabla 4.7datos: Nec-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta.....	106
Tabla 4.9 Datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas.....	108
Tabla 4.10 Resultados ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas.....	108
Tabla 4.11 Datos: NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas.....	110
Tabla 4.12 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas.....	110
Tabla 4.13datos: ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón -Quito	112
Tabla 4.14 Resultados ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón –Quito.....	112
Tabla 4.15datos: NEC-11: Sistema Dual de Hormigón -Quito	114
Tabla 4.16 Resultados NEC-11: Sistema Dual de Hormigón –Quito.....	114
Tabla 4.17 Datos: ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón –Manta.....	116
Tabla 4.18 Resultados ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón –Manta	116
Tabla 4.19datos:NEC-11: Sistema Dual de Hormigón -Manta	118
Tabla 4.20 Resultados NEC-11: Sistema Dual de Hormigón –Manta.....	118
Tabla 4.21datos: ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón -Esmeraldas.....	120

Tabla 4.22 Resultados ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón Esmeraldas	120
Tabla 4.23 Datos: NEC-11: Sistema Dual de Hormigón –Esmeraldas.....	122
Tabla 4.24 Resultados Nec-11: Sistema Dual de Hormigón –Esmeraldas	122
.....	122
Tabla 4.25 Datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero – Quito.....	124
Tabla 4.26 Resultados ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero - Quito.....	124
Tabla 4.27 Datos: NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Quito	126
Tabla 4.28 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero – Quito.....	126
Tabla 4.29 Datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero – Manta.....	128
Tabla 4.30 Resultados ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Manta.....	128
Tabla 4.31 Datos: NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Manta	130
Tabla 4.32 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero - Manta.....	130

Tabla 4.33datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero - Esmeraldas	132
Tabla 4.34 Resultados ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Esmeraldas	132
Tabla 4.35datos: NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero - Esmeraldas	134
Tabla 4.36 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero – Esmeraldas	134
Tabla 4.37: Comparación Cualitativa Entre ASCE 07-10 y NEC-11	136
Tabla 4.38: Ajuste De Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón: Quito	159
Tabla 4.39: Ajuste De Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón: Manta	160
Tabla 4.40: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón: Esmeraldas....	160
Tabla 4.41: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Quito	161
Tabla 4.42: Ajuste De Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Manta.....	161
Tabla 4.43: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas.....	162

Tabla 4.44: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Pórtico Arriostrado de Acero: Quito.....	162
Tabla 4.45: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Pórtico Arriostrado de Acero: Manta	163
Tabla 4.46: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Pórtico Arriostrado de Acero: Esmeraldas	163

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

Ecuador pertenece a los países que conforman el Cinturón de Fuego del Pacífico, el cual, se caracteriza por ser una de las zonas más sísmicas del planeta, debido a que concentra más del 75% de los volcanes activos e inactivos del mundo y alrededor el 80% de los terremotos más grandes del mundo se producen a lo largo de ésta zona.

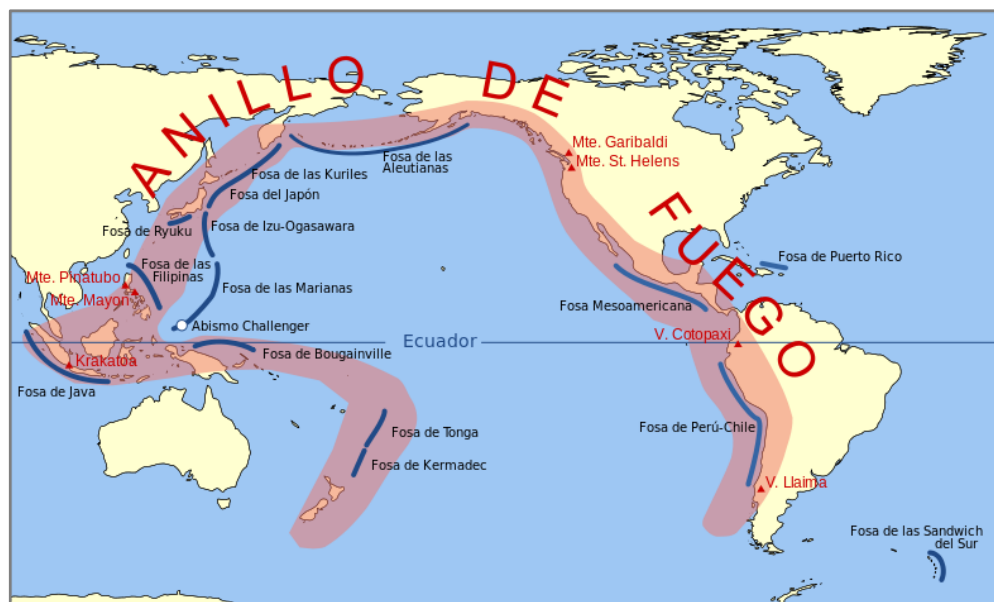


Figura ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.

Fuente:http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Pacific_Ring_of_Fire-es.svg&page=1

1.1.1. Peligro Sísmico en el Ecuador

El Ecuador se ve afectado a la vez por sismo originados por el mecanismo de subducción de Placa Oceánica de Nazca, bajo la Placa Continental Sudamericana, por sismos superficiales relacionados con la deformación andina actual y por sismos de origen volcánico los cuales están asociados con esta actividad geológica.

1.1.1.1 Sismos originados por la subducción

La fuente sísmica más importante del país se deriva de la colisión de las placas oceánica de Nazca bajo la placa continental de Sudamérica, la fricción y los procesos termodinámicos en el área de contacto de las dos placas, y en especial en los segmentos más profundos de la placa descendente [Figura 1.3.], son los generadores de una intensa actividad sísmica.

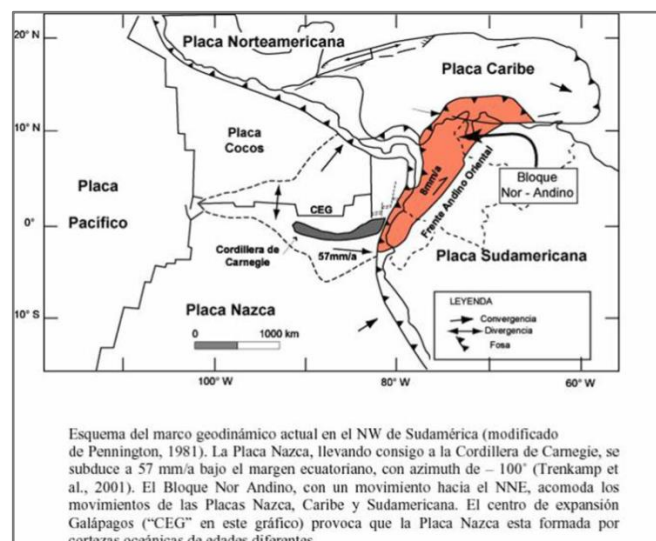


Figura ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.

Fuente: Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, IGEPN

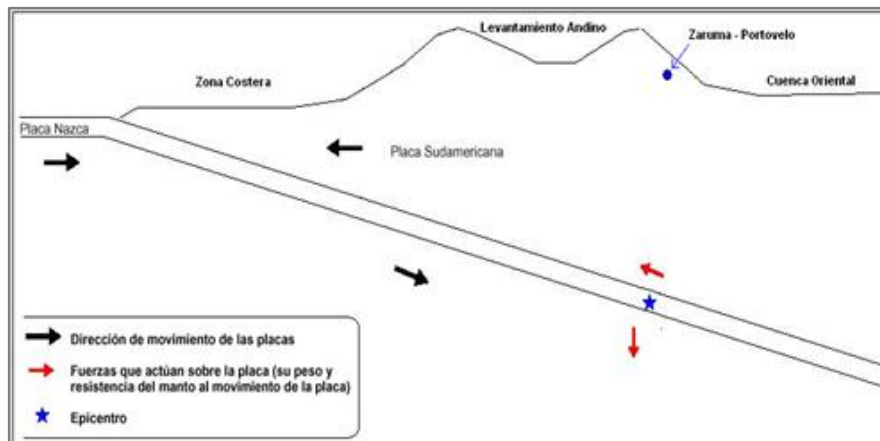


Figura **¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.**

Fuente: IGEPN

1.1.1.2 Sismos originados por fallas geológicas

El territorio ecuatoriano está surcado por varios sistemas de fallas geológicas, las cuales unas son más activas que otras, es decir los eventos generados por ellas son variables y consecuentemente, ciertas regiones del país son sísmicamente más activas que otras.

Las fallas que más se destacan dentro del territorio ecuatoriano están, el sistema Dextral Mayor, que es un límite entre el bloque norandino y el resto del continente sudamericano. Este sistema comprende Guayaquil, sube por Bucay, Pallatanga. Posteriormente, cruza el valle interandino por el sector de Riobamba, atraviesa la parte de atrás de la cordillera y sube hacia al norte por la zona de El Chaco hasta la Bonita y se dirige luego Colombia. [Figura 4]; y el otro sistema importante, es el denominado de fallas inversas, de las estribaciones de la Cordillera Real, donde se originó el primer gran terremoto conocido en el Ecuador en 1541.

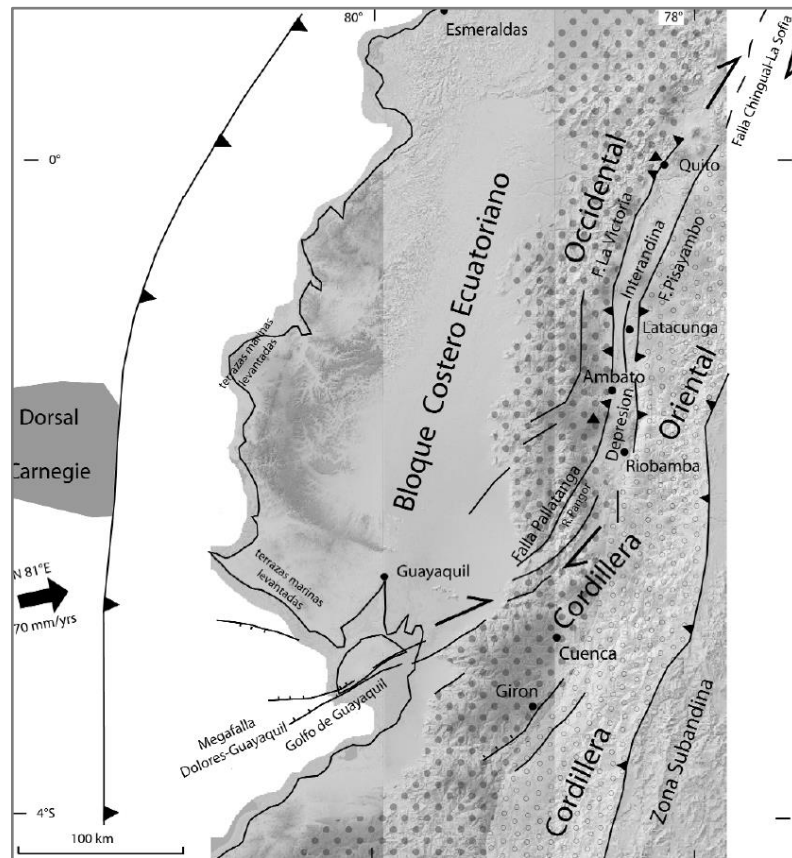


Figura ;**Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.**

Fuente: Revista de la Asociación Geológica Argentina, Artículo Neotectónica de Los Andes Entre 1°N Y 47°S (Ecuador, Bolivia Y Chile).

1.1.1.3 Sismos de origen volcánico

El Ecuador es tierra de volcanes. La región interandina de nuestro país está atravesada por varias cadenas montañosas, por lo que hemos llegado a experimentar sismos asociados con esta actividad geológica. La energía de estos sismos no es suficiente para que se propaguen a grandes distancias ni para que causen daños; es así que, por lo general, los sismos de origen volcánico (menores a 3 grados en la escala de Richter) no son sentidos por la

población y los podemos considerar como una actividad premonitora de las erupciones.

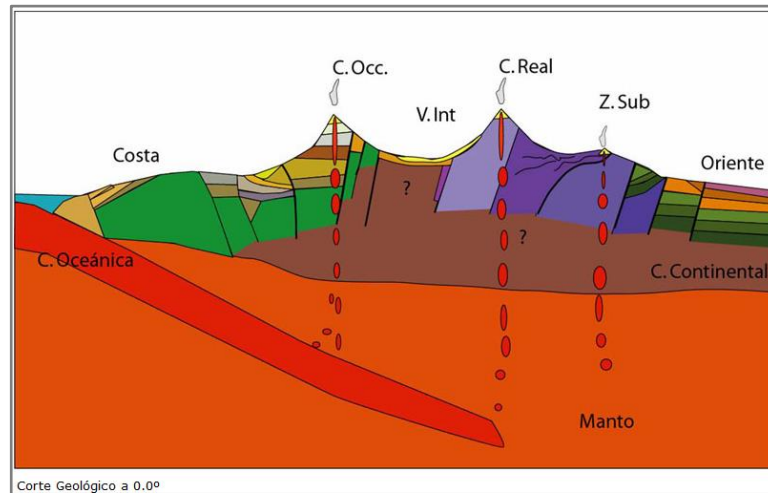


Figura **¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.**

Fuente: Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional

1.1.2 Sismo de Diseño y respuesta espectral

El Sismo Máximo Considerado (SMC) corresponde al movimiento del terreno definido para un evento con una probabilidad de excedencia .Aunque si bien es cierto que se pueden presentar movimientos más fuertes, se considera que diseñar para estos eventos muy poco probables es impráctico.

La palabra " espectro " en la ingeniería sísmica resume en un solo gráfico la idea de la respuesta de los edificios en función de periodos de vibración frente a movimientos de terreno. Es decir, que para un sismo determinado y un porcentaje de amortiguamiento crítico, un espectro de respuesta típica representa el conjunto de respuestas relacionadas con el terremoto, tales como la aceleración, la velocidad, y la deflexión para un rango completo. Las curvas espectrales son representaciones

gráficas donde la abscisa es la frecuencia natural del sistema (periodo) y la ordenada es la respuesta de aceleración de respuesta espectral.

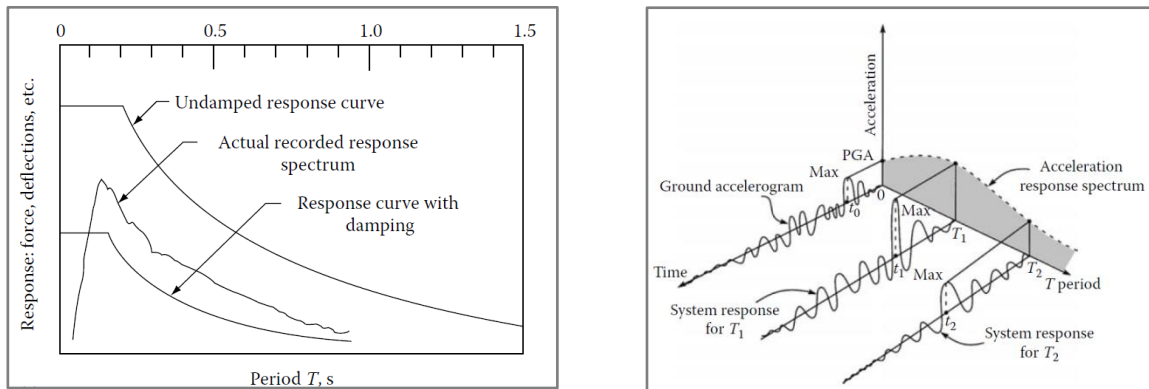


Figura 1.6 Descripción del Espectro Respuesta

Fuente: Bungale Taranath, 2010

1.1.3 Código Sísmico para la construcción

1.1.3.1 Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011

En la primera mitad del siglo XX, las construcciones seguían arquetipos tradicionales, que de alguna manera dificultaban la ejecución de obras a gran escala. Con el paso del tiempo y con la consolidación urbana en el Ecuador bajo el esquema de una modernización capitalista, las ciudades más importantes empiezan a expandirse, el mayor auge de la construcción fue tras el boom petrolero en la década de los años 70, que permitió que el Estado pueda contar con recursos económicos resultados de la venta del petróleo.

A pesar de que el Ecuador a lo largo de su historia, ha registrado sismos de grandes proporciones como el de Esmeraldas el 31 de enero de 1906, considerado el quinto terremoto más fuerte registrado en el mundo. Fue solo a

partir de y como consecuencia del sismo ocurrido en Pelileo (Provincia de Tungurahua) el 05 de agosto de 1949 que se realizó el primer Código Ecuatoriano de la Construcción basado en el código UBC de California, cuya actualización se realizó en 1977 bajo las mismas bases.

En el año 2000 se reúne un Subcomité técnico del ente regulador, el cual realiza la primera zonificación sísmica en el Ecuador que forma parte del Código Ecuatoriano de la Construcción emitido en el año 2001.

Por Decreto Ejecutivo del 24 de marzo del 2011, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda y la Cámara de la Construcción de Quito, mediante convenio se desarrolla la propuesta para la nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011.

Con fecha 17 de julio del 2013, aprobaron que se ponga en vigencia la aplicación nacional de esta Norma, con este acuerdo por parte del Comité Ejecutivo de la NEC, el MIDUVI será el encargado de emitir un Acuerdo Ministerial disponiendo la vigencia de esta normativa.

1.1.3.2 Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (American Society of Civil Engineers) 07-10.

En los Estados Unidos, los códigos de construcción están desarrollados y adoptados para los estados, ciudad o cantones.

Anteriormente los códigos tenían un enfoque regional, aunque generalmente eran basados y bastante similares en las áreas de práctica y experiencia

importantes en cada región, de tal forma que cada una de ellas tenía su código “líder”.

El NBC (*National Building Code*), se usó en los principales centros urbanos del este de los Estados Unidos como Nueva York, el cual consolidó criterios progresivos en materia de seguridad contra incendios y protección de vidas; el SBC (*Standard Building Code*), sirvió al sureste de Estados Unidos principalmente por la incidencia de huracanes de esta zona, desarrolló criterios en el diseño contra fuerzas de viento y el UBC (*Uniform Building Code*), sirvió a la actividad sísmica Oeste de los Estados Unidos, y era conocido por su liderazgo en los criterios de diseño sísmico. Las disposiciones desarrolladas por cualquiera de estos códigos en un área de liderazgo eran adoptados y a menudo homologadas en ediciones posteriores.

Los requisitos de diseño sísmico en el UBC eran principalmente desarrollados por el Comité de Sismología de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC), redactó tanto recomendaciones como disposiciones y comentarios.

El terremoto de San Fernando, cerca de Los Ángeles, California en 1971, trajo como resultado graves daños en edificios modernos diseñados bajo conformidad de los códigos vigentes de la época. En respuesta a estos daños imprevistos, se amplió un estudio para mejorar los criterios de diseño sísmico. Este esfuerzo dio lugar a la publicación de ATC 3-06, Provisional.

Las disposiciones para el Desarrollo de la normativa sísmica de edificios (ATC, 1978), se convirtió en la base para las disposiciones de diseño sísmico moderno en los Estados Unidos.

A mediados de la década de 1980, el Comité de Sismología SEAOC revisó las disposiciones sísmicas de la UBC en base al informe ATC 3-06, y los cambios se llevaron a cabo en la edición de 1988 de la UBC.

En 1985, con el apoyo de NEHRP, el Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción formó el BSSC (*Building Seismic Safety Council*), el cual se encargó de desarrollar una serie de recomendaciones y disposiciones llamado “Disposiciones de Reglamentos Sísmicos para Nuevos Edificios y otras Estructuras” (*The NEHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings*) fueron más consistentes en las recomendaciones basadas en el informe original ATC 3-06.

Finalmente en 1992, las Disposiciones del NEHRP fueron adoptas por primera vez en los códigos de construcción en la edición de 1991 se transcribe tanto en el NBC (*National Building Code*) y CBS. Luego, en 1998, la ASCE(*American Society of Civil Engineers*) adoptó la edición de 1994 de las Disposiciones del NEHRP en sus ediciones ASCE 7-98 y ASCE, 2000.

A finales de 1990, se conformó el ICC (*International Code Council*) con el propósito de publicar un solo código aplicable a nivel nacional. La primera edición del Código Internacional de la Construcción (ICC, 2000) adoptó criterios de diseño sísmico basado en la edición de 1997 las disposiciones del

NEHRP, ediciones posteriores del IBC se han publicado en un ciclo de 3 años incluyendo el 2003, 2006, 2009 y, más recientemente, la edición del 2012.

A partir de 2006, el CIB adoptó los requisitos de diseño sísmico en función de ASCE 7-05, Cargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras (ASCE, 2006). (National Institute of Standards and Technology, 2012)

1.2 Objetivo y alcance

1.2.1 Objetivo General

El presente trabajo pretende proporcionar una fuente de información y de referencia al analizar el nivel de exigencia en las especificaciones técnicas para diseño sismo-resistente de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 (NEC-11), en comparación con la norma American Society of Civil Engineers 07- 10 (ASCE 07-10), y además, sea un referente para posteriores investigaciones o estudios sobre la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Este estudio también pretende ser parte de una investigación de la vulnerabilidad de un diseño bajo la nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción, evaluar el nivel de exigencia de las especificaciones técnicas de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 (NEC-11), en comparación con los obtenidos en la norma American Society of Civil Engineers 07- 10 (ASCE 07-10)

1.2.1.1 Objetivo Específico

Definir e identificar las variables para realizar una comparación cualitativa y cuantitativa, utilizando la filosofía de diseño sísmico que presenta cada código en estudio.

- Para el análisis cualitativo se comparará el código ASCE 07-10 con el NEC-11, identificando parámetros comunes o los efectos que consideren las normas según sus criterios sísmicos, enfocándonos en los procedimientos para la obtención del Corte Basal y los espectros de respuesta que presenta cada código.
- En base a los criterios de cada código, la comparación de tipo cuantitativa se hará tomando en cuenta los valores del Corte Basal para un determinado tipo de estructura analizada, en función de la ubicación de la misma, su naturaleza de ocupación y el tipo de suelo en la que va a ser asentada.

1.2.2 Alcance del proyecto

- Se analizará una estructura regular destinada para vivienda, de alturas 18, 36 y 54 metros (6, 12 y 18 niveles respectivamente), con una altura de entrepiso de 3 metros cada una.
- Para la ubicación de la estructura se tomará en cuenta, tres ciudades del Ecuador como son: Quito, Manta y Esmeraldas y establecida sobre los tipos de suelos B, C y D.
- Para las dimensiones de las secciones de columnas, vigas, riostras y muros de corte se realizará únicamente un pre-diseño para poder realizar un modelo en el programa de análisis estructural *Autodesk Robot Structural-Analysis 2013-*

y obtener los resultados de comportamiento dinámico de la estructura (periodo de vibración).

- Se analizarán tres diferentes tipos de sistemas estructurales para resistencia sísmica:

Tabla 1.1 Consideraciones prediseño: Sistema Pórtico especial a momento de hormigón

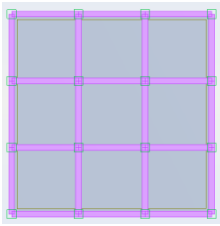
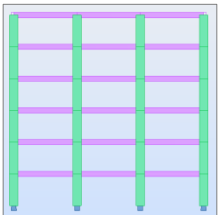

Sistema de Pórtico especial a momento (Hormigón)			
Losa maciza:	e=15cm	Hormigón $f_c=280\text{Kg/cm}^2$	
Columnas:	80x80 (cm ²)		
Vigas:	50x50 (cm ²)		
Cargas:		Ocupación: Residencia	
Carga Muerta		Carga Viva	
Entrepisos	250 Kg/m ²	Entrepisos	200 Kg/m ²
Cubierta	100 Kg/m ²	Cubierta	100 Kg/m ²
Planta		Corte Elevación	
			
			

Tabla 1.2 : Consideraciones prediseño: Sistema Dual de Hormigón

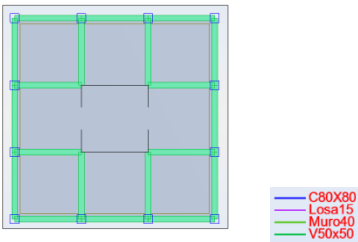
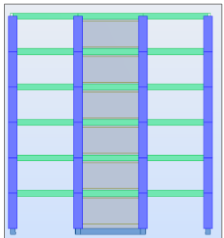
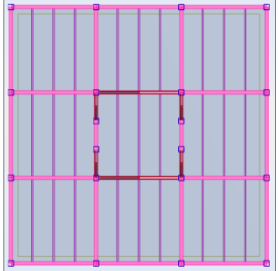
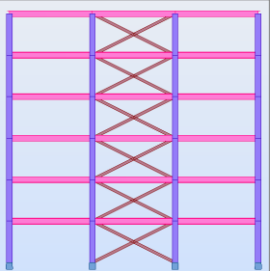
Sistema Dual de Hormigón			
Losa maciza:	e=15cm	Hormigón $f_c=280\text{Kg/cm}^2$	
Columnas:	80x80 (cm ²)		
Vigas:	50x50 (cm ²)		
Muro de corte	e=40cm		
Cargas:		Ocupación: Residencia	
Carga Muerta		Carga Viva	
Entrepisos	250 Kg/m ²	Entrepisos	200 Kg/m ²
Cubierta	100 Kg/m ²	Cubierta	100 Kg/m ²
Planta		Corte Elevación	
			

Tabla 1.3: Consideraciones prediseño: Sistema: Pórtico Especial Arriostrado de (Acero)

Sistema: Pórtico Especial Arriostrado de (Acero)			
Losa maciza:	e=15cm	Hormigón $f_c=280\text{Kg/cm}^2$ Acero $F_y= A36$	
Columnas:	40x40x2		
Vigas:	250x15-400x10		
Riostras:	100x9-300x4		
Cargas:		Ocupación: Residencia	
Carga Muerta		Carga Viva	
Entrepisos	250 Kg/m ²	Entrepisos	200 Kg/m ²
Cubierta	100 Kg/m ²	Cubierta	100 Kg/m ²
Planta		Corte Elevación	
			

1.3 Descripción de problema

Aunque no hay datos específicos, se estima que aproximadamente entre un 60% y 70% de las viviendas en el país son de carácter informal o antiguas, construidas de forma irregular y sin ninguna clase de dirección técnica, las mismas que se convierten en potencialmente vulnerables frente a un posible acontecimiento sísmico en el Ecuador.

La construcción en el país responde a la realidad económica de la gente, lo que deriva en la autoconstrucción; esto, pese a que entre 1970 y 1980 ya se comenzó a medir el peligro sísmico y sus consecuencias y desde el 2001, rige en el país el Código Ecuatoriano de la Construcción con zonificación sísmica.

Ante la naturaleza de los sismos y al complejo comportamiento estructural frente a la causa-efecto de estos eventos, es conveniente tomar la iniciativa para seguir realizando investigaciones en base a la vigencia y experiencia de la aplicación del Código Ecuatoriano de la Construcción, con la finalidad de disminuir la vulnerabilidad estructural ante la acción de los sismos.

CAPITULO II

BASES DE DISEÑO

2.1 Bases de Diseño ASCE 07-10

El capítulo 11 (Criterios para diseño sísmico) presenta los criterios para el diseño y construcción de edificios y otras estructuras sujetas a los movimientos sísmicos del terreno. Las cargas sísmicas especificadas se basan en la disipación post-elástica de energía en la estructura y por esta razón, los requerimientos para diseño, detallamiento y construcción deben satisfacerse incluso para estructuras y elementos para los cuales las combinaciones de carga que no contienen sismo indican mayores demandas que aquellas combinaciones que incluyen cargas sísmicas. (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 57)

El capítulo 12 (Requisitos de diseño sísmico para estructuras tipo edificio), presenta los requisitos para edificios asignados a las categorías de diseño sísmico (*SDC*) de tipo B, C, D, E o F.

2.1.1 Valores sísmicos de movimiento de terreno

Los parámetros S_s y S_1 representan los valores de aceleración máxima de movimiento de terreno en roca, asociadas a un terremoto que se espera que ocurra una vez cada 2.475 años, por lo general redondeada a 2500 años (MCE: *Maximum Considered Earth quake*) y con el 5% de amortiguamiento.

S_s = Aceleración espectral a período corto (T=0.2seg)

S_1 = Aceleración espectral a período de un segundo (T=1.0seg)

2.1.2.1. Parámetros de aceleración asignados

Los valores para los parámetros de aceleraciones S_s y S_1 respectivamente, están proporcionados en la página Web del United States Geological Survey: usgs.gov/designmaps,

Tabla 2. 1: Valores de Aceleraciones S_s y S_1

Ciudad	S_s	S_1
Esmeraldas	3,42	1,37
Manta	1,97	0,79
Quito	2,04	0,82

Fuente: <http://earthquake.usgs.gov/designmaps>

2.1.2 Factor de Importancia y Categoría de riesgo

2.1.2.1 Categoría de riesgo:

Edificios y otras estructuras se clasificarán, en función del riesgo para la vida humana, la salud y el bienestar asociado con el daño o el fracaso de la naturaleza de su ocupación o uso, de acuerdo a la Tabla 1.5-1 para los efectos de la aplicación contra inundaciones, viento, nieve, terremotos y disposiciones de hielo. Cada edificio u otra estructura se asignarán a la más alta categoría de riesgo aplicable o categorías. Las cargas de diseño mínimas

para estructuras deberán incorporar los factores de importancia aplicables dados en la Tabla 1.5-2, como es requerido por otras secciones de esta Norma. La asignación de un edificio u otra estructura a múltiples categorías de riesgo basado en el tipo de condición de carga que se evalúa (ej., la nieve o sísmica) también es permitido. Cuando el código de construcción u otra norma referenciada especifica una categoría de ocupación, la categoría de riesgo no debe ser tomado como inferior a la categoría de ocupación indicada en la misma (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 67).

Tabla 2. 2: Categoría de riesgo de edificios y otras estructuras para cargas de inundación, viento nieve, sísmicas y hielo

Table 1.5-1 Risk Category of Buildings and Other Structures for Flood, Wind, Snow, Earthquake, and Ice Loads	
Use or Occupancy of Buildings and Structures	Risk Category
Buildings and other structures that represent a low risk to human life in the event of failure	I
All buildings and other structures except those listed in Risk Categories I, III, and IV	II
Buildings and other structures, the failure of which could pose a substantial risk to human life.	III
Buildings and other structures, not included in Risk Category IV, with potential to cause a substantial economic impact and/or mass disruption of day-to-day civilian life in the event of failure.	
Buildings and other structures not included in Risk Category IV (including, but not limited to, facilities that manufacture, process, handle, store, use, or dispose of such substances as hazardous fuels, hazardous chemicals, hazardous waste, or explosives) containing toxic or explosive substances where their quantity exceeds a threshold quantity established by the authority having jurisdiction and is sufficient to pose a threat to the public if released.	
Buildings and other structures designated as essential facilities.	IV
Buildings and other structures, the failure of which could pose a substantial hazard to the community.	
Buildings and other structures (including, but not limited to, facilities that manufacture, process, handle, store, use, or dispose of such substances as hazardous fuels, hazardous chemicals, or hazardous waste) containing sufficient quantities of highly toxic substances where the quantity exceeds a threshold quantity established by the authority having jurisdiction to be dangerous to the public if released and is sufficient to pose a threat to the public if released. ^a	
Buildings and other structures required to maintain the functionality of other Risk Category IV structures.	
^a Buildings and other structures containing toxic, highly toxic, or explosive substances shall be eligible for classification to a lower Risk Category if it can be demonstrated to the satisfaction of the authority having jurisdiction by a hazard assessment as described in Section 1.5.2 that a release of the substances is commensurate with the risk associated with that Risk Category.	

Fuente: ASCE 07-10, Tabla 1.5-1

2.1.2.2 Factor de importancia

El factor de importancia refleja la importancia relativa asignada a un edificio de acuerdo a su categoría de riesgo. En un intento de lograr el rendimiento deseado del edificio durante y después de un terremoto, el corte basal de diseño se aumenta un 25% para los de Ocupación Categoría III, y 50% para las de Ocupación Categoría IV.

El factor de importancia, I_e , se asignará a cada estructura de acuerdo con la Tabla 1.5-2.

Tabla 2. 3: Factores de Importancia por Categoría de riesgo de edificios y otras estructuras para nieve, hielo y cargas sísmicas

Risk Category from Table 1.5-1	Snow Importance Factor, I_s	Ice Importance Factor—Thickness, I_t	Ice Importance Factor—Wind, I_w	Seismic Importance Factor, I_e
I	0.80	0.80	1.00	1.00
II	1.00	1.00	1.00	1.00
III	1.10	1.25	1.00	1.25
IV	1.20	1.25	1.00	1.50

^aThe component importance factor, I_p , applicable to earthquake loads, is not included in this table because it is dependent on the importance of the individual component rather than that of the building as a whole, or its occupancy. Refer to Section 13.1.3.

Fuente: ASCE 07-10, Tabla 1.5-2

2.1.3 Categoría de diseño sísmico

Se asignarán a las estructuras una categoría de diseño sísmico según esta sección:

- Las estructuras de categoría de riesgo I, II Y III, que tenga una aceleración espectral a periodo 1 segundo, S_1 , sea mayor o igual a 0.75 ($S_1 \geq 0.75$) será asignada como categoría de diseño sísmico tipo E.
- Las estructuras de categoría de riesgo IV, que tenga una aceleración espectral a periodo 1 segundo, S_1 , sea mayor o igual a 0.75 ($S_1 \geq 0.75$) será asignada como categoría de diseño sísmico tipo F.
- Para todas las otras estructuras la categoría de diseño sísmico, se asignará basados en su categoría de riesgo y de sus parámetros de aceleraciones espectrales para diseño, S_{DS} y S_{D1} , determinado de acuerdo con la Sección 11.4.4. A cada edificio y estructura se asignará la categoría de diseño sísmico más severa, de acuerdo con la Tabla 11.6-1 11.6-2, independientemente del período fundamental de vibración de la estructura, T .

Donde S_1 es menor que 0,75, la categoría de diseño sísmico se permite determinar a partir de la Tabla 11.6-1 solo en donde se apliquen todas las condiciones siguientes:

1. En cada una de las dos direcciones ortogonales, el periodo fundamental de la estructura aproximado, T_a , determinado de acuerdo con la Sección 12.8.2.1 es menor que $0.8T_S$, donde T_S es determinado en acuerdo con la Sección 11.4.5.

2. En cada una de dos direcciones ortogonales, el periodo fundamental de la estructura usado para calcular la deriva de piso historia es menor que T_S .
3. La ecuación 12.8-2 es usada para determinar el coeficiente de respuesta sísmica C_s . (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 67)

Tabla 2. 4: Categoría de Diseño Sísmico Basado en el parámetro de aceleración de respuesta espectral para diseño sísmico en periodo corto.

Table 11.6-1 Seismic Design Category Based on Short Period Response Acceleration Parameter		
Value of S_{DS}	Risk Category	
	I or II or III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

Fuente: ASCE 07-10, Tabla11.6-1

Tabla 2. 5: Categoría de Diseño Sísmico Basado en el parámetro de aceleración de respuesta espectral para diseño sísmico para el periodo 1 segundo

Table 11.6-2 Seismic Design Category Based on 1-S Period Response Acceleration Parameter		
Value of S_{D1}	Risk Category	
	I or II or III	IV
$S_{D1} < 0.067$	A	A
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	B	C
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{D1}$	D	D

Fuente: ASCE 07-10, Tabla11.6-2

2.1.4 Tipo de suelo

En base en las propiedades del suelo de implantación, el tipo de suelo será considerado bien como suelo de clase A, B, C, D, E, o F de acuerdo con el capítulo 20. Cuando las propiedades del suelo no son conocidas suficientemente en detalle para determinar el tipo de suelo, el suelo de clase D podrá ser utilizado, a menos que una autoridad bajo su competencia o datos geotécnicos determine que los tipos de suelos de clase E o F están presentes en el sitio de implantación (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 65).

2.1.4.1. Clasificación del suelo

El suelo de implantación se clasificará de acuerdo con Tabla 20.3-1 y Sección 20.3 basado en los primeros 100 pies (30 m) del perfil del sitio. Donde datos específicos del suelo no estén disponibles en la profundidad de 100 pies (30 m), se permite estimar las propiedades del suelo apropiadas apoyado en un informe de suelos, realizado por un profesional registrado que lo ejecute bajo las condiciones geológicas conocidas del suelo.

Cuando las propiedades del suelo no son conocidos suficientemente en detalle para determinar el tipo de suelo, la clase D se utilizará a menos que la autoridad competente o bajo datos geotécnicos se determine que los tipos de suelo de tipo E o F están presentes en el sitio. Los tipos de suelo A y B no serán asignados si hay más de 10 ft (10,1 m) de suelo entre la superficie de la

roca y la parte inferior de la zapata o losa de cimentación (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 203).

Tabla 2. 6: Clasificación del suelo

Table 20.3-1 Site Classification			
Site Class	\bar{v}_s	\bar{N} or \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u
A. Hard rock	>5,000 ft/s	NA	NA
B. Rock	2,500 to 5,000 ft/s	NA	NA
C. Very dense soil and soft rock	1,200 to 2,500 ft/s	>50	>2,000 psf
D. Stiff soil	600 to 1,200 ft/s	15 to 50	1,000 to 2,000 psf
E. Soft clay soil	<600 ft/s	<15	<1,000 psf
	Any profile with more than 10 ft of soil having the following characteristics: —Plasticity index $PI > 20$, —Moisture content $w \geq 40\%$, —Undrained shear strength $\bar{s}_u < 500$ psf		
F. Soils requiring site response analysis in accordance with Section 21.1	See Section 20.3.1		

For SI: 1 ft/s = 0.3048 m/s; 1 lb/ft² = 0.0479 kN/m².

Fuente: ASCE 07-10, Tabla 20.3-1

2.1.5 Coeficientes de sitio y parámetros de aceleración de respuesta espectral por riesgo del sismo máximo considerado.

Los parámetros de aceleración de respuesta espectral por riesgo del sismo máximo considerado (MCE) para los periodos cortos (S_{MS}) y para el periodo 1 segundo (S_{M1}), ajustados por los efectos del tipo de suelo, son determinados por las ecuaciones 11.4-1 y 11.4-2, respectivamente (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 65)

Los valores S_S y S_1 se modifican para tener en cuenta los efectos del tipo de suelo mediante los coeficientes F_a para la aceleración a periodo corto y F_V

para la aceleración a periodo de 1 segundo. Los valores modificados se denotan como S_{MS} y S_{M1} .

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (ASCE 07 - 10 \quad Ec. 11.4 - 1)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (ASCE 07 - 10 \quad Ec. 11.4 - 2)$$

Donde:

S_s = Aceleración espectral a periodo corto determinada en la sección 11.4.1 (T=0.2seg)

S_1 = Aceleración espectral a periodo de un segundo determinada en la sección 11.4.1 (T=1.0seg)

Los coeficientes de sitio F_a y F_v se definen en las Tablas 11.4-1 y 11.4-2, respectivamente. Si el procedimiento de diseño simplificado de la Sección 12.14 se utiliza, el valor de F_a se determinará en conformidad con la Sección 12.14.8.1, y los valores de F_v , S_{MS} , y no será necesario determinar el valor de S_{M1} (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 65).

Tabla 2. 7: Coeficiente de Sitio Fa.

Table 11.4-1 Site Coefficient, F_a					
Site Class	Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE _R) Spectral Response Acceleration Parameter at Short Period				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.5$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	See Section 11.4.7				

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values of S_S .

Fuente: ASCE 07-10, Tabla 11.4-1

Tabla 2. 8: Coeficiente de sitio Fv

Table 11.4-2 Site Coefficient, F_v					
Site Class	Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE _R) Spectral Response Acceleration Parameter at 1-s Period				
	$S_I \leq 0.1$	$S_I = 0.2$	$S_I = 0.3$	$S_I = 0.4$	$S_I \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	See Section 11.4.7				

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values of S_I .

Fuente: ASCE 07-10, Tabla 11.4-1

2.1.6 Parámetros de aceleraciones espectrales para diseño

El parámetro de aceleración de respuesta espectral para diseño sísmico para el periodo corto, S_{DS} , y para el periodo 1 segundo, S_{D1} , se determina a partir de las ecuaciones. 11.4-3 y 11.4-4, respectivamente. Si el procedimiento alternativo de diseño simplificado de la Sección 12.14 se utilice, el valor de S_{DS} se determinará en conformidad con la Sección 12.14.8.1, y el valor de S_{D1} no sea necesario determinar (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 65).

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (ASCE\ 07 - 10\ Ec.\ 11.4 - 3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (ASCE\ 07 - 10\ Ec.\ 11.4 - 4)$$

Los valores de las aceleraciones espectrales de diseño son los dos tercios de las aceleraciones modificadas (S_{MS} y S_{M1}) con el propósito de reducir los valores de movimiento de tierra a un 10% de probabilidad de ser excedido en 50 años. Estos representan los valores de movimiento de tierra que se espera ocurra cada 475 años.

2.1.7 Espectro de Respuesta de Diseño

Donde el espectro de respuesta de diseño es requerido por esta norma y los procedimientos de los valores sísmicos de movimiento de terreno no se utilizan, la curva del espectro de respuesta de diseño será desarrollada como se indica en la figura. 11.4-1 (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 66).

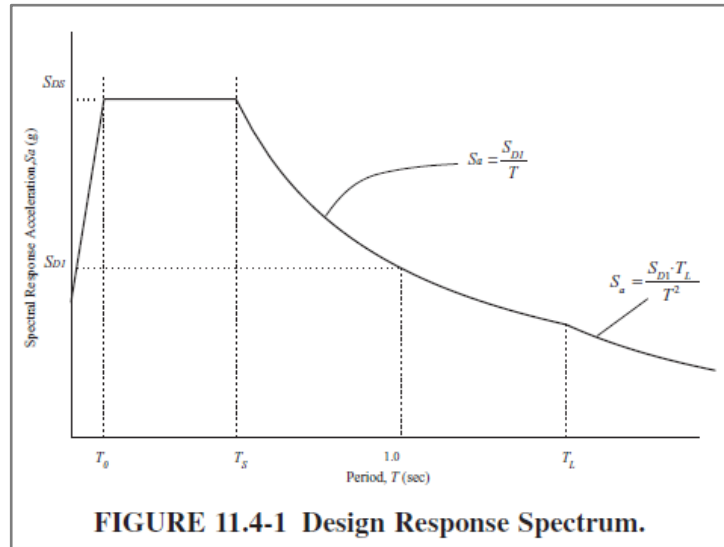


Figura 2.1: Espectro de Respuesta de Diseño

Fuente: ASCE 07-10, Figura 11.4-1

1. Para períodos menores a T_0 la aceleración de respuesta espectral S_a , se determina por la siguiente ecuación 11.4-5:

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (\text{ASCE } 07 - 10 \quad \text{Ec. } 11.4 - 5)$$

2. Para períodos mayores o iguales a T_0 y menores o iguales a T_S , la aceleración de respuesta espectral S_a , será igual al valor de S_{DS} .
3. Para períodos mayores a T_S y menores o iguales a T_L , la aceleración de respuesta espectral S_a , se determina por la siguiente ecuación 11.4-6:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (\text{ASCE } 07 - 10 \quad \text{Ec. } 11.4 - 6)$$

4. Para períodos mayores a T_L , S_a , se determina por la siguiente ecuación 11.4-7:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (\text{ASCE 07 - 10 Ec. 11.4 - 7})$$

Donde:

S_{DS} = El parámetro de aceleración de respuesta espectral para diseño sísmico para el periodo corto.

S_{D1} = El parámetro de aceleración de respuesta espectral para diseño sísmico para el periodo 1 segundo.

T = período fundamental de la estructura, [seg.]

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

T_L = período de transición en período largo mostrado en la figura 22-12 a figura 22-16 (estas figuras son aplicadas solo para Estados Unidos (ASCE/SEI 07-10, 2010, pp. 66,67).

2.1.8 Determinación del Periodo fundamental T de la estructura

El periodo fundamental de la estructura, T en la dirección de análisis deberá establecerse utilizando las propiedades estructurales y las características de deformación de los elementos resistentes de la estructura, mediante un análisis apropiado y sustentado.

El periodo fundamental T , no debe exceder al resultado de la multiplicación entre el coeficiente de límite superior C_u (Tabla 12.8-1) y el periodo fundamental aproximado T_a ($T \leq C_u T_a$) determinado por la sección 12.8.2.1 (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 90).

2.1.8.1. Periodo fundamental aproximado T_a

El periodo fundamental aproximado (T_a) en segundos, será determinado por la siguiente ecuación:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (\text{ASCE 07} - 10 \quad \text{Ec. 12.8} - 7)$$

Donde:

h_n = distancia vertical desde la base del sistema estructural hasta el nivel más alto de la estructura en metros.

Los valores de C_t y x están dados por la siguiente tabla:

Tabla 2.9: Valores aproximados de los parámetros de periodo C_t y x

Table 12.8-2 Values of Approximate Period Parameters C_t and x		
Structure Type	C_t	x
Moment-resisting frame systems in which the frames resist 100% of the required seismic force and are not enclosed or adjoined by components that are more rigid and will prevent the frames from deflecting where subjected to seismic forces:		
Steel moment-resisting frames	0.028 (0.0724) ^a	0.8
Concrete moment-resisting frames	0.016 (0.0466) ^a	0.9
Steel eccentrically braced frames in accordance with Table 12.2-1 lines B1 or D1	0.03 (0.0731) ^a	0.75
Steel buckling-restrained braced frames	0.03 (0.0731) ^a	0.75
All other structural systems	0.02 (0.0488) ^a	0.75

^aMetric equivalents are shown in parentheses.

Fuente: ASCE 07-10, Tabla 12.8-2

Tabla 2. 10: Coeficiente para el límite superior de Período Calculado

Table 12.8-1 Coefficient for Upper Limit on Calculated Period	
Design Spectral Response Acceleration Parameter at 1 s, S_{D1}	Coefficient C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Fuente: ASCE 07-10, Tabla 12.8-1

2.1.9 Selección del sistema estructural

2.1.9.1 Definiciones de Sistemas Estructurales:

C. Sistemas de Pórtico Resistente a Momento (Moment Resisting Frame

Systems): Este sistema consiste en un pórtico cuyos miembros y nudos resistentes fuerzas laterales por flexión así como a lo largo del eje axial de los mismos. Los pórticos resistentes a momento se clasifican en: Pórticos a Momentos Ordinarios (OMF) y Pórticos a Momento Especiales (SMF) (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 59).

D. Sistemas Duales con Pórticos Resistentes A Momento Tipo Especial (Dual Systems with Special Moment Frames Capable of Resisting at least 25% of prescribed Seismic Forces): Este sistema posee un pórtico espacial esencialmente completo que proporciona resistencia a las cargas verticales. La resistencia a fuerzas sísmicas está concebida por pórticos resistentes a momento y muros de corte o pórticos arriostrados, como lo prescrito en la sección 12.2.1.1. (Para un sistema dual el pórtico a momento será capaz de resistir al menos el 25% de las fuerzas sísmicas de diseño. El total de la resistencia a las fuerzas sísmicas será provisto por la combinación de los pórticos a momento y los muros de corte o pórticos arriostrados en proporción a sus rigideces (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 59 y 78).

2.1.9.2 Coeficientes y factores de diseño para sistemas de resistencia sísmica

La tabla 12.2-1 presenta varias alternativas de estructuración para edificaciones que estarán sujetas a las acciones sísmicas. En esta tabla constan las limitaciones de altura según la categoría de diseño sísmico de cada estructura, los requisitos de detallamiento que se deben cumplir y los tres parámetros que se utilizan en el análisis y posterior diseño:

R = Coeficiente de modificación de respuesta

Ω_0 = Factor de sobrerresistencia del sistema

Cd = Factor de amplificación para desplazamientos.

La tabla que se presenta a continuación es solo un extracto de toda la tabla 12.2-1, la cual contiene el tipo de sistemas estructurales que serán analizadas en la presente disertación.

Tabla 2. 11: Coeficientes y factores de diseño para sistemas de resistencia sísmica

Table 12.2-1 (Continued)									
Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified	Response Modification Coefficient, R^a	Overstrength Factor, Ω_o^f	Deflection Amplification Factor, C_d^b	Structural System Limitations Including Structural Height, h_s (ft) Limits ^c				
					Seismic Design Category				
					B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. MOMENT-RESISTING FRAME SYSTEMS									
1. Steel special moment frames	14.1 and 12.2.5.5	8	3	5½	NL	NL	NL	NL	NL
2. Steel special truss moment frames	14.1	7	3	5½	NL	NL	160	100	NP
3. Steel intermediate moment frames	12.2.5.7 and 14.1	4½	3	4	NL	NL	35 ^k	NP ^h	NP ^h
4. Steel ordinary moment frames	12.2.5.6 and 14.1	3½	3	3	NL	NL	NP ⁱ	NP ⁱ	NP ⁱ
5. Special reinforced concrete moment frames ^g	12.2.5.5 and 14.2	8	3	5½	NL	NL	NL	NL	NL
6. Intermediate reinforced concrete moment frames	14.2	5	3	4½	NL	NL	NP	NP	NP
7. Ordinary reinforced concrete moment frames	14.2	3	3	2½	NL	NP	NP	NP	NP
8. Steel and concrete composite special moment frames	12.2.5.5 and 14.3	8	3	5½	NL	NL	NL	NL	NL
9. Steel and concrete composite intermediate moment frames	14.3	5	3	4½	NL	NL	NP	NP	NP
10. Steel and concrete composite partially restrained moment frames	14.3	6	3	5½	160	160	100	NP	NP
11. Steel and concrete composite ordinary moment frames	14.3	3	3	2½	NL	NP	NP	NP	NP
12. Cold-formed steel—special bolted moment frame ^g	14.1	3½	3 ^o	3½	35	35	35	35	35
D. DUAL SYSTEMS WITH SPECIAL MOMENT FRAMES CAPABLE OF RESISTING AT LEAST 25% OF PRESCRIBED SEISMIC FORCES									
12.2.5.1									
1. Steel eccentrically braced frames	14.1	8	2½	4	NL	NL	NL	NL	NL
2. Steel special concentrically braced frames	14.1	7	2½	5½	NL	NL	NL	NL	NL
3. Special reinforced concrete shear walls ^l	14.2	7	2½	5½	NL	NL	NL	NL	NL
4. Ordinary reinforced concrete shear walls ^l	14.2	6	2½	5	NL	NL	NP	NP	NP
5. Steel and concrete composite eccentrically braced frames	14.3	8	2½	4	NL	NL	NL	NL	NL
6. Steel and concrete composite special concentrically braced frames	14.3	6	2½	5	NL	NL	NL	NL	NL

Fuente: ASCE 07-10, Tabla 12.2-1

2.1.10 Selección de Procedimientos de Análisis

El análisis estructural de acuerdo con el capítulo 12 se consistir en uno de los tipos permitidos en la Tabla 12.6-1, basado en la categoría de diseño sísmico de la estructura, el sistema estructural, las propiedades dinámicas, y regularidad, con su debida aprobación de una autoridad competente, se podrá utilizar un procedimiento alternativo. El procedimiento de análisis seleccionado debe ser ejecutado de acuerdo a los requerimientos a la sección correspondiente en la Tabla 12.6-1 (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 88).

Tabla 2. 12: Procedimientos de Análisis Permitidos

Table 12.6-1 Permitted Analytical Procedures				
Seismic Design Category	Structural Characteristics	Equivalent Lateral Force Analysis, Section 12.8 ^a	Modal Response Spectrum Analysis, Section 12.9 ^a	Seismic Response History Procedures, Chapter 16 ^a
B, C	All structures	P	P	P
D, E, F	Risk Category I or II buildings not exceeding 2 stories above the base	P	P	P
	Structures of light frame construction	P	P	P
	Structures with no structural irregularities and not exceeding 160 ft in structural height	P	P	P
	Structures exceeding 160 ft in structural height with no structural irregularities and with $T < 3.5T_s$	P	P	P
	Structures not exceeding 160 ft in structural height and having only horizontal irregularities of Type 2, 3, 4, or 5 in Table 12.3-1 or vertical irregularities of Type 4, 5a, or 5b in Table 12.3-2	P	P	P
	All other structures	NP	P	P

^aP: Permitted; NP: Not Permitted; $T_s = S_{D1}/S_{D2}$.

Fuente: ASCE 07-10, Tabla 12.6-1

2.1.11 Procedimiento de la fuerza lateral equivalente

2.1.11.1 Fuerza sísmica estática o “Corte Basal”

La fuerza sísmica estática o “Corte Basal” se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V = C_S W \quad (\text{ASCE 07 - 10 Ec. 12.8 - 1})$$

Donde:

C_S = coeficiente de respuesta sísmica

W = peso efectivo para sismo

(ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 89)

2.1.11.2 Cálculo del coeficiente de respuesta sísmico C_S

El coeficiente de respuesta sísmico será determinado bajo la ecuación 12.8-2:

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (\text{ASCE 07 - 10 Ec. 12.8 - 2})$$

Donde:

S_{DS} = El parámetro de aceleración de respuesta espectral para diseño sísmico para el periodo corto

R= El factor de modificación de respuesta en la tabla 12.2-1

I_e = El factor de importancia de acuerdo con la Tabla 1.5-2.

- El coeficiente C_S no debe exceder los siguientes valores determinados por las ecuaciones 12.8-3 y 12.8-4:

$$C_S = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \text{ para } T \leq T_L \quad (\text{ASCE 07 - 10 Ec. 12.8 - 3})$$

$$C_S = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)} \text{ para } T > T_L \quad (\text{ASCE 07 - 10 Ec. 12.8 - 4})$$

Hasta no tener una información más precisa, T_L puede tomarse como 4.00 [seg.]

- El coeficiente C_S no debe ser menor a:

$$C_S \geq 0.01 \quad (\text{ASCE 07 - 10 Ec. 12.8 - 5})$$

- Para estructuras localizadas en sitios donde S₁ es igual o mayor que 0.6g, C_S no debe ser menor que:

$$C_S \geq \frac{0.5S_1}{I} \text{ cuando } S_1 \geq 0.6g \quad (\text{ASCE 07 - 10 Ec. 12.8 - 6})$$

El valor máximo S_s para determinar el valor de C_s :

Para estructuras regulares de cinco o menos pisos sobre el la base como se define en la Sección 11.2 y con un periodo T , de 0,5 s o menos, se permite calcular C_s , utilizando un valor de 1,5 para la S_s . (Sección 12.8.1.3, capítulo 12 ASCE 07-10) (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 89)

2.1.12 Análisis del Espectro de Respuesta Modal

2.1.12.1 Número de Modos

El análisis se debe llevar a cabo para determinar los modos naturales de vibración de la estructura. El análisis incluirá un número suficiente de los modos para obtener una participación modal de masa combinada de al menos 90 por ciento de la masa real en cada uno de las direcciones ortogonales horizontales de respuesta considerada por el modelo (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 94).

2.1.12.2 Parámetros de Respuesta modal

El valor de cada parámetro de diseño relacionada con la fuerza, incluyendo las derivas de piso, fuerzas de apoyo y fuerzas en los miembros individuales para cada modo de la respuesta se calcula utilizando las propiedades de cada modo y los espectros de respuesta definido en

cualquiera de las secciones 11.4.5 o 21.2 dividido por la cantidad de R/I_e . El valor de desplazamiento y la deriva cantidades se multiplicará por la cantidad C_d/I_e (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 94).

2.1.12.3 Parámetros de Respuesta combinada

El valor de cada parámetro de interés calculada para los distintos modos se pueden combinar utilizando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) método, la combinación cuadrática completa (CQC) método, el método de combinación cuadrática completa como modificado por ASCE 4 (CQC-4), o un aprobado enfoque equivalente. El CQC o el método CQC-4 se utilizará para cada uno de los valores modales donde los modos estrechamente espaciados tengan significativa correlación cruzada de la respuesta de traslación y de torsión (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 94).

2.1.12.4 Escala de fuerzas

Cuando el período calculado fundamental supera $C_u T_a$ en una dirección dada, $C_u T_a$ se puede utilizar en lugar de T en esa dirección. Cuando la respuesta combinada para el corte basal modal (V_t) es menor que el 85 por ciento del corte basal (V) calculado mediante el procedimiento de fuerza lateral estática, las fuerzas se multiplicarán por $0.85 \left(\frac{V}{V_t} \right)$

Donde:

V = Corte basal calculado con el procedimiento de fuerza lateral equivalente, de acuerdo con esta sección y Sección 12.8.

V_t = Corte basal calculada por la combinación modal

2.1.13. Irregularidades en estructuras

Las estructuras serán clasificadas como irregulares en base a los criterios establecidos en esta sección. Esta clasificación se basa en la configuración estructural (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 81).

(. . .) Estructuras asignados a SDC (*Categoría de diseño sísmico*) E o F con torsión extrema, piso blando, piso débil, o irregularidad extrema y piso débil no se permitirán. Estructuras asignados a SDC D con irregularidad extrema y piso débil no se permitirán. Estructuras en SDC B y C con irregularidad extrema y piso débil no se permitirán en alturas más de dos pisos o 30 pies (9 m), a menos que el piso débil sea capaz de resistir las combinaciones de carga con el factor de sobrerresistencia, Ω_o . . .) (Bungale S. Taranath, 2010)

2.1.13.1 Irregularidad Horizontal

Las estructuras que tienen una o más de la irregularidad tipos que aparecen en la tabla 12,3-1, se considerarán también que tiene una

irregularidad estructural horizontal. Las estructuras asignadas a las categorías de diseño sísmico listados en la Tabla 12.3-1 deberá cumplir con los requisitos en las secciones que se hace referencia en la tabla (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 81)

Tabla 2.13: Irregularidades Estructurales Horizontales

Table 12.3-1 Horizontal Structural Irregularities			
Type	Description	Reference Section	Seismic Design Category Application
1a.	Torsional Irregularity: Torsional irregularity is defined to exist where the maximum story drift, computed including accidental torsion with $A_x = 1.0$, at one end of the structure transverse to an axis is more than 1.2 times the average of the story drifts at the two ends of the structure. Torsional irregularity requirements in the reference sections apply only to structures in which the diaphragms are rigid or semirigid.	12.3.3.4 12.7.3 12.8.4.3 12.12.1 Table 12.6-1 Section 16.2.2	D, E, and F B, C, D, E, and F C, D, E, and F C, D, E, and F D, E, and F B, C, D, E, and F
1b.	Extreme Torsional Irregularity: Extreme torsional irregularity is defined to exist where the maximum story drift, computed including accidental torsion with $A_x = 1.0$, at one end of the structure transverse to an axis is more than 1.4 times the average of the story drifts at the two ends of the structure. Extreme torsional irregularity requirements in the reference sections apply only to structures in which the diaphragms are rigid or semirigid.	12.3.3.1 12.3.3.4 12.7.3 12.8.4.3 12.12.1 Table 12.6-1 Section 16.2.2	E and F D B, C, and D C and D C and D D B, C, and D
2.	Reentrant Corner Irregularity: Reentrant corner irregularity is defined to exist where both plan projections of the structure beyond a reentrant corner are greater than 15% of the plan dimension of the structure in the given direction.	12.3.3.4 Table 12.6-1	D, E, and F D, E, and F
3.	Diaphragm Discontinuity Irregularity: Diaphragm discontinuity irregularity is defined to exist where there is a diaphragm with an abrupt discontinuity or variation in stiffness, including one having a cutout or open area greater than 50% of the gross enclosed diaphragm area, or a change in effective diaphragm stiffness of more than 50% from one story to the next.	12.3.3.4 Table 12.6-1	D, E, and F D, E, and F
4.	Out-of-Plane Offset Irregularity: Out-of-plane offset irregularity is defined to exist where there is a discontinuity in a lateral force-resistance path, such as an out-of-plane offset of at least one of the vertical elements.	12.3.3.3 12.3.3.4 12.7.3 Table 12.6-1 Section 16.2.2	B, C, D, E, and F D, E, and F B, C, D, E, and F D, E, and F B, C, D, E, and F
5.	Nonparallel System Irregularity: Nonparallel system irregularity is defined to exist where vertical lateral force-resisting elements are not parallel to the major orthogonal axes of the seismic force-resisting system.	12.5.3 12.7.3 Table 12.6-1 Section 16.2.2	C, D, E, and F B, C, D, E, and F D, E, and F B, C, D, E, and F

Fuente: ASCE 07-10, Tabla 12.3.1.

2.1.13.2 Irregularidad Vertical

Las estructuras que tienen uno o más tipos de irregularidades que aparecen en la tabla 12.3-2, se considerarán que tienen una irregularidad estructural vertical. Tales estructuras asignadas a la categoría de diseño sísmico que figuran en la tabla 12.3-2, deberán cumplir con los requisitos de las secciones de referencia expuestas en esta tabla. (ASCE/SEI 07-10, 2010, p. 81)

Tabla 2. 14: Irregularidades Estructurales Vertical

Table 12.3-2 Vertical Structural Irregularities			
Type	Description	Reference Section	Seismic Design Category Application
1a.	Stiffness-Soft Story Irregularity: Stiffness-soft story irregularity is defined to exist where there is a story in which the lateral stiffness is less than 70% of that in the story above or less than 80% of the average stiffness of the three stories above.	Table 12.6-1	D, E, and F
1b.	Stiffness-Extreme Soft Story Irregularity: Stiffness-extreme soft story irregularity is defined to exist where there is a story in which the lateral stiffness is less than 60% of that in the story above or less than 70% of the average stiffness of the three stories above.	12.3.3.1 Table 12.6-1	E and F D, E, and F
2.	Weight (Mass) Irregularity: Weight (mass) irregularity is defined to exist where the effective mass of any story is more than 150% of the effective mass of an adjacent story. A roof that is lighter than the floor below need not be considered.	Table 12.6-1	D, E, and F
3.	Vertical Geometric Irregularity: Vertical geometric irregularity is defined to exist where the horizontal dimension of the seismic force-resisting system in any story is more than 130% of that in an adjacent story.	Table 12.6-1	D, E, and F
4.	In-Plane Discontinuity in Vertical Lateral Force-Resisting Element Irregularity: In-plane discontinuity in vertical lateral force-resisting elements irregularity is defined to exist where there is an in-plane offset of a vertical seismic force-resisting element resulting in overturning demands on a supporting beam, column, truss, or slab.	12.3.3.3 12.3.3.4 Table 12.6-1	B, C, D, E, and F D, E, and F D, E, and F
5a.	Discontinuity in Lateral Strength-Weak Story Irregularity: Discontinuity in lateral strength-weak story irregularity is defined to exist where the story lateral strength is less than 80% of that in the story above. The story lateral strength is the total lateral strength of all seismic-resisting elements sharing the story shear for the direction under consideration.	12.3.3.1 Table 12.6-1	E and F D, E, and F
5b.	Discontinuity in Lateral Strength-Extreme Weak Story Irregularity: Discontinuity in lateral strength-extreme weak story irregularity is defined to exist where the story lateral strength is less than 65% of that in the story above. The story strength is the total strength of all seismic-resisting elements sharing the story shear for the direction under consideration.	12.3.3.1 12.3.3.2 Table 12.6-1	D, E, and F B and C D, E, and F

Fuente: ASCE 7-10, Tabla 12.3-2

2.2. Bases de Diseño NEC-11

La premisa fundamental de este capítulo es constituirse en un documento de permanente actualización, necesario para el cálculo y diseño sismo-resistente de estructuras, que refleje el conocimiento actual del potencial sísmico del Ecuador, y que permita, por un lado, poner al alcance de los calculistas y diseñadores herramientas sencillas de cálculo utilizando conceptos actuales de Ingeniería Sísmica, y por otro, permitiendo que el diseñador conozca claramente las hipótesis de cálculo que está adoptando y tome conciencia de la responsabilidad que implica tomar ciertas decisiones a la hora de aceptar tales hipótesis (NEC-11, 2011, pág. 7).

2.2.1. Mapa de Zonificación sísmica para diseño

El mapa de zonas sísmicas proviene de un estudio que considera los resultados de los estudios de peligro sísmico del Ecuador actualizados al año 2011, así como también ciertos criterios adicionales que tienen que ver principalmente con la uniformidad del peligro de ciertas zonas del país, criterios de practicidad en el diseño, protección de ciudades importantes, irregularidad en curvas de definición de zonas sísmicas, suavizado de zonas de límites inter-zonas y compatibilidad con mapas de peligro sísmico de los países vecinos (NEC-11, 2011, pág. 9).

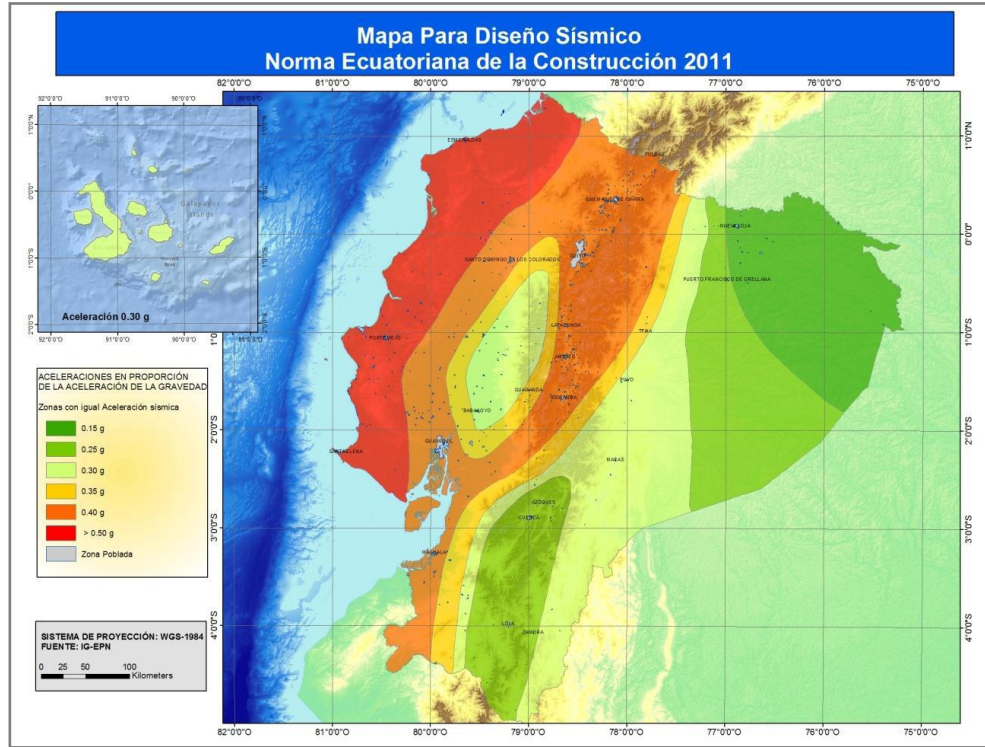


Figura 2.2. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z

Fuente: NEC-11, Fig. 2.1

Tabla 2. 15: Valores de factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Tabla 2.1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada						
Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: NEC-11. Tabla 2.1

Se destaca el hecho de que el mapa de zonificación sísmica para diseño de la Figura 2.1 proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años), incluyendo una

saturación a 0.50g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI. Para así poder reconocer que los verdaderos resultados de peligro sísmico para un periodo de retorno de 475 años para la zona VI son en realidad mayores a 0.50g, y que han sido saturados a dicho valor para ser utilizados en estructuras de edificación de uso normal, por razones de tipo económico.

Además el código en sus bases de diseño manifiesta que los resultados alcanzados hasta el momento en los estudios de peligro sísmico tienen un carácter dinámico, ya que reflejan el estado actual del conocimiento en la sismología y neotectónica del Ecuador. A medida que se tenga mayor información proveniente de las redes de sismógrafos y acelerógrafos que funcionan actualmente en el territorio nacional y de las nuevas redes en instalación, del fallamiento activo y de mejores ecuaciones de predicción, ésta información será incluida en versiones posteriores de esta norma (NEC-11, 2011, pág. 11).

Tabla 2. 16: Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z

Ciudad	Factor Z
Quito	0.4
Manta	0.5
Esmeraldas	0.5

Fuente: NEC-11 , Tabla 2.2

2.2.2. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura coeficiente I

El mapa de zonas sísmicas proviene de un estudio que considera los resultados de los estudios de peligro sísmico del Ecuador actualizados al año 2011, así como también ciertos criterios adicionales que tienen que ver principalmente con la uniformidad del peligro de ciertas zonas del país, criterios de practicidad en el diseño, protección de ciudades importantes, irregularidad en curvas de definición de zonas sísmicas, suavizado de zonas de límites inter-zonas y compatibilidad con mapas de peligro sísmico de los países vecinos.

La estructura a construirse se clasificara en una de las categorías que se establecen en la Tabla 2.9, y se adoptara el correspondiente factor de importancia I.

El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores danos durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño (NEC-11, 2011, pág. 48).

Tabla 2. 17: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

Tabla 2.9. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura		
Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras substancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras substancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: NEC-11. Tabla 2.9

2.2.3. Tipos de suelo

Los perfiles de suelo presentados en esta sección hacen referencia a depósitos estables de suelo.

Cuando exista la posibilidad de que el depósito no sea estable, especialmente ante la ocurrencia de un sismo, como puede ser en sitios en ladera o en sitios con suelos potencialmente licuables o rellenos, no deben utilizarse las presentes definiciones y en su lugar debe realizarse una investigación geotécnica que identifique la estabilidad del depósito, además de las medidas correctivas, si son posibles, que se deben tomar para poder ejecutar una construcción en el lugar.

El estudio geotécnico debe indicar claramente las medidas correctivas y los coeficientes de sitio que se debe utilizar en el diseño, una vez que se ejecuten las medidas correctivas planteadas. La construcción de edificaciones en el

sitio no debe iniciarse sin tomar las medidas correctivas, cuando estas sean necesarias (NEC-11, 2011, pág. 35).

2.2.3.1 Tipos de perfiles de suelo

Se definen seis tipos de perfil de suelo los cuales se presentan en la Tabla 2.3. Los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A a E. Aquellos perfiles que tengan estratos claramente diferenciables deben subdividirse, asignándoles un subíndice *i* que va desde 1 en la superficie, hasta *n* en la parte inferior de los 30 m superiores del perfil. Para el perfil tipo F se aplican otros criterios, como los expuestos en la sección 2.5.4.9 y la respuesta no debe limitarse a los 30 m superiores del perfil en los casos de perfiles con espesor de suelo significativo (NEC-11, 2011, pág. 35 y 36).

Esta identificación y posterior clasificación de parámetros correspondientes a los 30m superiores de cada perfil (velocidad media de onda de corte V_s) y considerando ensayos realizados en muestras tomadas al menos cada 1.50m del espesor del suelo como: ensayo de penetración estándar, resistencia media de corte, índice de plasticidad y contenido de agua en porcentaje.

Tabla 2.18: Clasificación de perfiles de suelo

Tabla 2.3. Clasificación de los perfiles de suelo		
Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50.0$ $\bar{S}_u \geq 100 \text{ KPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{S}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$\bar{V}_s < 180 \text{ m/s}$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w \geq 40% $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2)$
F	<p>Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista (Ver 2.5.4.9). Se contemplan las siguientes subclases:</p> <p>F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p>F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).</p> <p>F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)</p> <p>F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m)</p> <p>F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.</p> <p>F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.</p>	

Nota: V_s = Velocidad media de la onda de cortante

Fuente: NEC-11, Tabla 2.3

2.2.3.2 Procedimiento de clasificación del perfil del suelo

Para utilizar la Tabla 2.3 que define el perfil de suelo a escoger para el diseño, deben seguirse los siguientes pasos:

Paso 1: Debe verificarse si el suelo presenta las características descritas para la categoría de perfil de suelo tipo F según la Tabla 2.3, en cuyo caso debe realizarse un estudio sísmico particular de clasificación en el sitio, por parte de un ingeniero geotécnico, conforme lo estipula la sección. 2.5.4.9.

Paso 2: Debe establecerse la existencia de estratos de arcilla blanda. La arcilla blanda se define como aquella que tiene una resistencia al corte no drenado menor de 50 kPa (0.50 kgf/cm²), un contenido de agua, w , mayor del 40%, y un índice de plasticidad, IP , mayor de 20. Si existe un espesor total, H , de 3 m o más de estratos de arcilla que cumplan estas condiciones, el perfil de suelo se clasifica como tipo E.

Paso 3: El perfil se clasifica según la Tabla 2.3, utilizando uno de los tres criterios descritos en 2.5.4.5: V_s , N_{60} , o la consideración conjunta de N_{ch} y S_u , seleccionando el aplicable como se indica a continuación. En el caso que se obtenga V_s prevalecerá la clasificación basada en este criterio, caso contrario se podrá utilizar el criterio basado en N_{60} que involucra todos los estratos del perfil. Se recomienda estimar el rango de V_s mediante correlaciones semi-empíricas propuestas en la literatura técnica para condiciones geotécnicas similares a los suelos encontrados.

Alternativamente, se podrá utilizar el criterio basado conjuntamente en S_u , para la fracción de suelos cohesivos y el criterio N_{ch} , que toma en cuenta la fracción de los suelos no cohesivos del perfil. Para esta tercera consideración, en el caso de que las dos evaluaciones respectivas indiquen perfiles diferentes, se debe utilizar el perfil de suelos más blandos de los dos casos, por ejemplo, asignando un perfil tipo E en lugar de tipo D. (NEC-11, 2011, pág. 39).

En la Tabla 2.4 se describen los criterios para clasificar perfil de suelos tipo C, D o E. Los tres criterios se aplican así:

- (a) V_s en los 30 m superiores del perfil,
- (b) N en los 30 m superiores del perfil, o
- (c) N_{ch} para los estratos de suelos existentes en los 30 m superiores que se clasifican como no cohesivos cuando $IP < 20$, o el promedio ponderado su en los estratos de suelos cohesivos existentes en los 30 m superiores del perfil, que tienen $IP > 20$, lo que indique un perfil más blando (NEC-11, 2011, pág. 39)

Tabla 2. 19: Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C,D o E

Tipo de perfil	\bar{V}_s	\bar{N} o \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm^2)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)

Fuente: NEC-11; Tabla 2.4

2.2.4. Coeficientes de Amplificación O Deamplificación dinámica de perfiles de suelo F_a , F_d y F_s

2.2.4.1 Tipo de suelo y factores de sitio F_a

En la Tabla 2.5 se presentan los valores del coeficiente F_a que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio (NEC-11, 2011, pág. 40).

Tabla 2.20: Tipo de suelo y Factores de sitio F_a

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D		1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.15
E		1.8	1.5	1.4	1.28	1.15	1.05
F		ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota

Fuente: NEC-11, Tabla 2.5

2.2.4.2 Tipo de suelo y factores de sitio F_d

En la Tabla 2.6 se presentan los valores del coeficiente F_d que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio. Estos valores obedecen a los estudios recientes de respuesta dinámica en suelos, mencionados anteriormente (NEC-11, 2011, pág. 41).

Tabla 2. 21: Tipo de suelo y Factores de sitio F_d

Tabla 2.6. Tipo de suelo y Factores de sitio F_d							
Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	I	II	III	IV	V	VI
		0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D		1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E		2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F		ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota

Fuente: NEC-11. Tabla 2.6

2.2.4.3 Tipo de suelo y factores de sitio F_s

En la Tabla 2.7 se presentan los valores del coeficiente F_s , que consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos (NEC-11, 2011, pág. 41).

Tabla 2.22 : Tipo de suelo y Factores de sitio F_s

Tabla 2.7. Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s							
Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	I	II	III	IV	V	VI
		0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C		1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D		1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F		ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota

Nota: Para los suelos tipo F no se proporcionan valores de F_a , F_d ni de F_s , debido a que requieren un estudio especial, conforme lo estipula la sección 2.5.4.9.

Fuente: NEC-11, Tabla 2.7

2.2.5. Espectro Elásticos de Diseño

2.2.5.1 Espectro Elástico de Diseño en aceleraciones

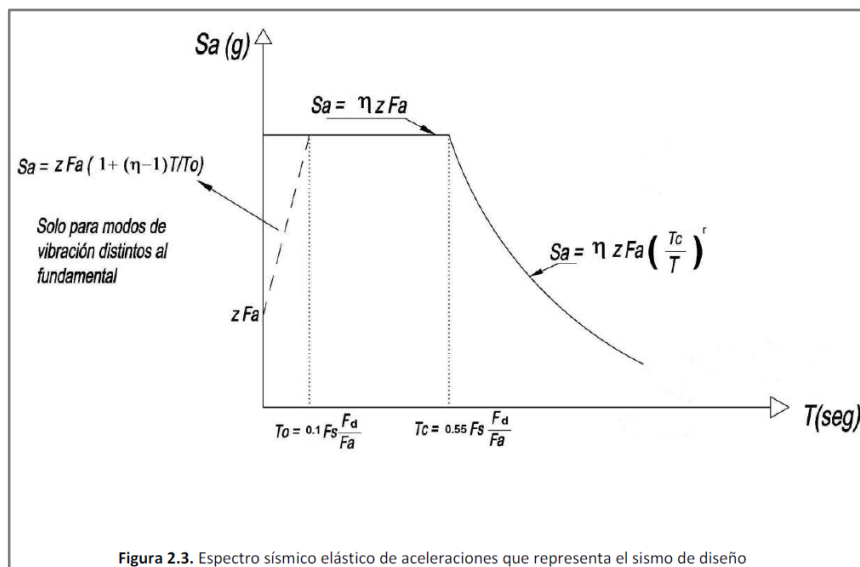


Figura 2.3: Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Fuente: NEC-11, Figura 2.3.

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones expresado como fracción de la aceleración de la gravedad S_a , para el nivel del sismo de diseño, se proporciona en la Figura 2.3, consistente con el factor de zona

sísmica Z , el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y considerando los valores de los coeficiente de amplificación o de amplificación de suelo de las tablas 2.5, 2.6 y 2.7. Dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 0.05, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para periodos de vibración estructural T pertenecientes a 2 rangos (NEC-11, 2011, pág. 43):

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c \quad (\text{NEC} - 11 \quad \text{Ec. 2} - 7)$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \quad \text{para } T > T_c \quad (\text{NEC} - 11 \quad \text{Ec. 2} - 8)$$

Donde:

$r=1$, para tipo de suelo A, B o C

$r=1.5$, para tipo de suelo D o E.

Asimismo, de los análisis de las ordenadas de los espectros de peligro uniforme en roca para el 10% de probabilidad de excedencia en 50 años (Periodo de retorno 475 años), que se obtienen a partir de los valores de aceleraciones espectrales proporcionados por las curvas de peligro sísmico de la sección 2.5.3 (Curvas de peligro sísmico) y, normalizándolos para la aceleración máxima en el terreno, Z , se definieron los valores de la relación de amplificación espectral, η (S_a/Z , en roca), que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

$\eta = 1.8$ (Provincias de la Costa, excepto Esmeraldas)

$\eta = 2.48$ (Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos)

$\eta = 2.6$ (Provincias del Oriente)

Los límites para el periodo de vibración T_C y T_L (este último a ser utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos definido en 2.5.5.2) se obtienen de las siguientes expresiones:

$$T_C = 0.55 F_S \frac{F_d}{F_a} \quad (NEC - 11 \text{ Ec. 2 - 9})$$

$$T_L = 2.4 F_d \quad (NEC - 11 \text{ Ec. 2 - 10})$$

No obstante, para los perfiles de suelo tipo D y E, los valores de T_L se limitaran a un valor máximo de 4 segundos

Para análisis dinámico y, únicamente para evaluar la respuesta de los modos de vibración diferentes al modo fundamental, el valor de S_a debe evaluarse mediante la siguiente expresión, para valores de periodo de vibración menores a T_0 :

$$S_a = Z F_a \left(1 + (n - 1) \frac{T}{T_0} \right) \quad \text{para } T \leq T_0 \quad (NEC - 11 \text{ Ec. 2 - 11})$$

$$T_0 = 0.10 F_S \frac{F_d}{F_a} \quad (NEC - 11 \text{ Ec. 2 - 12})$$

Si de estudios de microzonificación sísmica realizados para una región determinada del país, conforme lo estipulado en las secciones 2.5.4.1, 2.5.4.9.1 y 2.5.4.9.2, se establecen valores de F_a, F_d, F_S y de S_a diferentes a los establecidos en esta sección, se podrán utilizar los valores de los mencionados estudios, prevaleciendo los de este documento como requisito mínimo (NEC-11, 2011, pág. 44 y 45).

2.2.6. Determinación del Periodo de vibración T

El periodo de vibración de la estructura, para cada dirección principal, será estimado a partir de uno de los métodos descritos a continuación:

2.2.6.1. Método 1

Para estructuras de edificación, el valor de T puede determinarse de manera aproximada mediante la expresión:

$$T = C_t h_n^\alpha \quad (NEC - 11 \quad Ec. 2.20)$$

Donde:

h_n = altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

Tabla 2.23: Valores de C_t y α

Sistemas estructurales	C_t	α
Estructuras de acero sin arriostramientos	0.072	0.80
Estructuras de acero con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos espaciales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.047	0.9
Pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.049	0.75

Fuente: NEC-11, Pág. 55

Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de hormigón armado o mampostería estructural, el valor de C_t puede calcularse mediante la siguiente ecuación y el valor de α es 1.0.

$$C_t = \frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$$

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^{n_w} \left[\left(\frac{h_n}{h_{wi}} \right)^2 \frac{A_{wi}}{1 + 0.83 \left(\frac{h_{wi}}{I_{wi}} \right)^2} \right] \quad (NEC - 11 \text{ Ec. } 2 - 21)$$

Donde:

A_B = área de la edificación en su base, en metros cuadrados.

n_w = número de muros de la edificación diseñados para resistir las fuerzas sísmica en la dirección de estudio.

h_{wi} = altura del muro i medida desde la base, en metros.

A_{wi} = área mínima de cortante de la sección de un muro estructural i , medida en un plano horizontal, en el primer nivel de la estructura y en la dirección de estudio, en metros cuadrados.

l_{wi} = longitud medida horizontalmente, en metros, de un muro estructural i en el primer nivel de la estructura y en la dirección de estudio (NEC-11, 2011, pág. 55 y 56).

2.2.6.2. Método 2

El periodo fundamental T puede ser calculado, utilizando las propiedades estructurales y las características de deformación de los elementos resistentes, en un análisis apropiado y adecuadamente sustentado. Este requisito puede ser cumplido mediante la utilización de la siguiente expresión, aplicada en cada dirección principal de la estructura o por medio de un análisis modal:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2}{g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i}} \quad (NEC - 11 \quad Ec. 2 - 22)$$

Donde:

f_i = representa cualquier distribución aproximada de las fuerzas laterales en el piso i , de acuerdo con los principios descritos más adelante, o cualquiera otra distribución racional.

d_i = deflexión elástica del piso i , calculada utilizando las fuerzas laterales f_i .

Sin embargo, el valor de T calculado según el método 2 no debe ser mayor en un 30% al valor de T calculado con el Método 1.

El valor de T obtenido al utilizar los métodos 1 o 2 es una estimación inicial razonable de periodo estructural que permite el cálculo de las fuerzas sísmicas a aplicar sobre la estructura y realizar su dimensionamiento. Sin embargo, una vez dimensionada la estructura, los periodos fundamentales deben recalcularse por el método 2 o por medio de un análisis modal, y el cortante basal debe ser re-evaluado junto con las secciones de la estructura. Este proceso debe repetirse hasta que en iteraciones consecutivas, la variación de periodos sea menor o igual a 10%. (NEC-11, 2011, págs. 55, 56)

2.2.7. Selección del sistema estructural

2.2.7.1 *Definiciones de Sistemas Estructurales:*

2.2.7.1.1 *Pórtico Especial Sismo-Resistente:*

Estructura formada por columnas y vigas descolgadas del sistema de piso, que resiste cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión viga-columna son capaces de resistir tales fuerzas, y está especialmente diseñado y detallado para presentar un comportamiento estructural dúctil (NEC-11, 2011, pág. 6).

2.2.7.1.2. *Pórtico Especial Sismo-Resistente con diagonales rigidizadoras:*

Sistema resistente de una estructura compuesta tanto por pórticos espaciales sismo-resistentes como por diagonales estructurales, concéntricas o no, adecuadamente dispuestas espacialmente, diseñados todos ellos para resistir fuerzas sísmicas. Se entiende como una adecuada disposición el ubicar las diagonales lo más simétricamente posible, hacia la periferia y en todo lo alto de la estructura. Para que la estructura se considere pórtico con diagonales se requiere que el sistema de diagonales absorba al menos el 75% del cortante basal en cada dirección (NEC-11, 2011, pág. 7).

2.2.7.1.3. Pórtico Especial Sismo-Resistente con muros estructurales

(Sistemas Duales):

Sistema resistente de una estructura compuesta tanto por pórticos espaciales sismo-resistentes como por muros estructurales adecuadamente dispuestos espacialmente, diseñados todos ellos para resistir fuerzas sísmicas.

Se entiende como una adecuada disposición el ubicar los muros estructurales lo más simétricamente posible, hacia la periferia y que mantienen su longitud en planta en todo lo alto de la estructura. Para que la estructura se considere como un sistema dual se requiere que los muros absorban al menos el 75 % del corte basal en cada dirección.

La presente Norma requiere que el diseñador seleccione el sistema estructural a utilizarse para la edificación, de entre 2 grupos, los sistemas estructurales dúctiles y los sistemas estructurales de ductilidad limitada, los cuales se encuentran descritos en la Tabla 2.14, junto con el valor de reducción de resistencia sísmica R correspondiente. Debe tomarse el menor de los valores de R para los casos en los cuales el sistema resistente estructural resulte en una combinación de varios sistemas como los descritos en la Tabla 2.14 (NEC-11, 2011, pág. 7).

2.2.7.2. Coeficiente de reducción de respuesta estructural R:

Para la definición del factor de reducción de resistencia R , se tomaron como criterios, tanto las recomendaciones de los códigos ASCE-7-10 (Estados Unidos) y NSR-10 (Colombia), como otros propios, que incluyen aspectos de agrupamiento de estructuración, diferencias entre realidades constructivas y de calidad entre los materiales y la construcción en Ecuador con respecto a otros países, así como penalizaciones dirigidas hacia cierto tipo de estructuras que no permiten disponer de ductilidad global apropiada para soportar las deformaciones inelásticas requeridas por el sismo de diseño. Si bien se conoce claramente que los factores de reducción de resistencia R dependen realmente de muchas variables, entre otras, del tipo de estructura, del tipo de suelo, del periodo de vibración considerado y de los factores de ductilidad, sobrerresistencia, redundancia y amortiguamiento de una estructura en condiciones límite, se ha simplificado a un parámetro constante dependiente únicamente de la tipología estructural (NEC-11, 2011, pág. 56).

Tabla 2. 24: Coeficiente de reducción de respuesta estructural R.

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.	7
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5
Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en el capítulo 4, limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 4 metros.	3
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	3
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Fuente: NEC-11, Tabla 2.14

2.2.8. Determinación de las fuerzas sísmicas de diseño mínimas

Las estructuras deben diseñarse para resistir fuerzas sísmicas provenientes de cualquier dirección horizontal. Puede asumirse que las fuerzas sísmicas de diseño actúan de manera no concurrente en la dirección de cada eje principal de la estructura para luego ser combinadas de acuerdo con el numeral 2.7.3 (NEC-11, 2011, pág. 54).

2.2.8.1. Dirección de aplicación de fuerzas sísmicas

Para la selección de la dirección de aplicación de las fuerzas sísmicas, deben considerarse los efectos ortogonales, suponiendo la concurrencia simultánea del 100% de las fuerzas sísmicas en una dirección y el 30% de las fuerzas sísmicas en la dirección perpendicular. Debe utilizarse la combinación que requiera la mayor resistencia del elemento. Alternativamente, los efectos ortogonales pueden calcularse como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los efectos producidos por el 100% de las fuerzas sísmicas actuando independientemente en las dos direcciones ortogonales, asignándole el signo que conduzca al resultado más conservador (NEC-11, 2011, pág. 59).

2.2.8.2. Modelación estructural

El modelo matemático de la estructura incluirá todos los elementos que conforman el sistema estructural resistente, así como su distribución espacial de masas y rigideces (NEC-11, 2011, pág. 54)

2.2.9. Procedimientos de cálculo de fuerzas sísmicas estáticas

2.2.9.1. Cortante basal de diseño

El cortante basal total de diseño V , a nivel de cargas últimas, que será aplicado a una estructura en una dirección especificada, se determinara mediante las expresiones:

$$V = \frac{I S_a}{R \phi_P \phi_E} W \quad (NEC - 11 \quad Ec. 2 - 19)$$

Donde:

I = factor de importancia definido en la sección 2.6.4.

W = carga reactiva definida en la sección 2.7.1.1. (La carga sísmica W representa la carga reactiva por sismo y es igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso. En el caso de estructuras de bodegas o de almacenaje, W se calcula como la carga muerta más un 50% de la carga viva de piso.)

S_a = aceleración espectral correspondiente al espectro de respuesta elástico para diseño, definida en la sección 2.5.5.1

R = Factor de reducción de respuesta estructural, definido en la sección 2.7.2.3.

Φ_P, Φ_E = Factores de configuración estructural en planta y en elevación, definidos en las secciones 2.6.6 y 2.6.7 respectivamente (NEC-11, 2011, pág. 55).

2.2.9.2. *Coefficientes de configuración estructural*

2.2.9.2.1 *Coefficiente de configuración estructural en planta ϕ_{PI}*

Estructura formada por columnas y vigas descolgadas del sistema de piso, que resiste cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión viga-columna son capaces de resistir tales fuerzas, y está especialmente diseñado y detallado para presentar un comportamiento estructural dúctil.

El coeficiente ϕ_P se estimara a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en las plantas en la estructura, descritas en la Tabla 2.12. Se utilizara la expresión:

$$\phi_P = \phi_{PA} \phi_{PB} \quad (NEC - 11 \text{ Ec. 2 - 17})$$

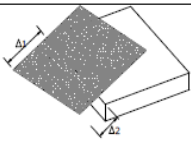
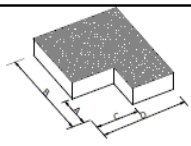
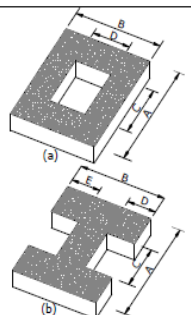
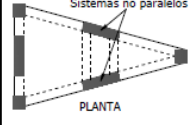
Donde:

ϕ_{PA} = El mínimo valor Φ_{Pi} de cada piso i de la estructura, obtenido de la Tabla 2.12, para cuando se encuentran presentes las irregularidades tipo 1, 2 y/o 3 (Φ_{Pi} en cada piso se calcula como el mínimo valor expresado por la tabla para las tres irregularidades)

Φ_{PB} = Se establece de manera análoga, para cuando se encuentran presentes las irregularidades tipo 4 en la estructura.

Cuando una estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritas en la Tabla 2.12, en ninguno de sus pisos, tomara el valor de ΦP 1 y se le considerara como regular en planta (NEC-11, 2011, pág. 51).

Tabla 2.25 Coeficiente de Irregularidad en planta

Tabla 2.12. Coeficientes de irregularidad en planta	
IRREGULARIDAD PENALIZADA EN PLANTA	
<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{PI}=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_{PI}=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_{PI}=0.9$ a) $CxD > 0.5AxB$ b) $[CxD + CxE] > 0.5AxB$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_{PI}=0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: NEC-11. Tabla 2.12

2.2.9.2.1 Coeficiente de configuración estructural en elevación ϕ_{PE}

Estructura formada por columnas y vigas descolgadas del sistema de piso, que resiste cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión viga-columna son capaces de resistir tales fuerzas, y está especialmente diseñado y detallado para presentar un comportamiento estructural dúctil.

El coeficiente ϕ_E se estimara a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en la elevación de la estructura, descritas en la Tabla 2.13. Se utilizara la expresión (NEC-11, 2011, pág. 51):

$$\phi_E = \phi_{EA}\phi_{EB} \quad (NEC - 11 \quad Ec. 2 - 18)$$

Donde:

ϕ_{EA} = El mínimo valor ϕ_{E_i} de cada piso i de la estructura, obtenido de la Tabla 2.13, para cuando se encuentran presentes las irregularidades tipo 1 (ϕ_{E_i} en cada piso se calcula como el mínimo valor expresado por la tabla para la irregularidad tipo 1)

ϕ_{EB} = Se establece de manera análoga, para cuando se encuentran presentes las irregularidades tipo 2 y/o 3 en la estructura

- Cuando una estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritos en la Tabla 2.13, en ninguno de sus niveles, ϕ_E tomara el valor de 1 y se le considerara como regular en elevación.
- Adicionalmente, se debe tomar en cuenta que, cuando la deriva máxima de cualquier piso es menor de 1.3 veces la deriva del piso inmediato superior, puede considerarse que no existen irregularidades de los tipos 1, 2, o 3.
- Para el caso de estructuras tipo pórtico espacial sismo-resistente con muros estructurales (sistemas duales), que cumplan con la definición proporcionada en 2.1.19, ϕ_E tomara el valor de 1.

Tabla 2. 26: Coeficiente de Irregularidad en elevación

Tabla 2.13. Coeficientes de irregularidad en elevación	
IRREGULARIDAD PENALIZADA EN ELEVACIÓN	
<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_{EI}=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D $Rigidez < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_{EI}=0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_{EI}=0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: NEC-11, Tabla 2.13

2.2.10. Análisis dinámico espectral

2.2.10.1. Descripción de los procedimientos de análisis dinámico para el cálculo de fuerzas sísmicas

- Cuando se utilicen procedimientos de cálculo dinámico, estos deberán cumplir con los criterios establecidos en esta sección. La base del análisis constituirá una representación apropiada de la acción sísmica, de conformidad con los principios de la dinámica estructural, tal como se describe en las siguientes secciones.
- La acción sísmica utilizada debe representar, como mínimo, a un sismo con una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años, sin la aplicación del factor de reducción de respuesta R , y puede ser una de las siguientes:
 - El espectro de respuesta elástico de aceleraciones, expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, es proporcionado en la sección 2.5.5.1
 - Un espectro de respuesta elástico de aceleraciones obtenido para un sitio específico, basado en la geología, tectónica, sismología y características del suelo local, cumpliendo los requisitos de la secciones 2.5.4.1, 2.5.4.9.1 y 2.5.4.9.2. El espectro debe desarrollarse para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico de 0.05, a menos que la utilización de otros valores sea consistente

con el comportamiento estructural previsto y con la intensidad del sismo establecida para el sitio.

- Acelerogramas desarrollados para el sitio específico que sean representativos de los terremotos reales esperados en la zona, cumpliendo los requisitos del numeral 2.5.4.9.1 (2).
- La componente vertical del sismo puede definirse mediante el escalamiento de la componente horizontal de la aceleración por un factor mínimo de $2/3$ (NEC-11, 2011, pág. 51).

2.2.10.2. Espectro respuesta

Para propósitos de cálculo de las fuerzas, momentos y desplazamientos dinámicos, el espectro sísmico de respuesta elástico en aceleraciones a utilizarse es el descrito en la sección 2.5.5.1 o en la 2.7.7.2 (NEC-11, 2011, pág. 62).

2.2.10.3. Número de modos

Se deben considerar en el análisis todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta total de la estructura. Este requisito puede satisfacerse al utilizar todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas (NEC-11, 2011, pág. 62).

2.2.10.4. Número de modos reducción de las fuerzas dinámicas de respuesta elástica para diseño

Las fuerzas obtenidas mediante análisis elástico dinámico pueden ser reducidos para propósitos de diseño, con el limitante de que en ningún caso podrán reducirse los parámetros de respuesta elástica a valores tales que el cortante basal de diseño reducido sea menor que el cortante basal de respuesta elástica dividido por R. El valor de R podrá ser aplicado en el cálculo del cortante basal, siempre y cuando la estructura sea diseñada cumpliendo con todos los requisitos de diseño sismo-resistente acordes con la filosofía de diseño de la presente norma, aplicando lo estipulado en la sección 2.7.2.3. Las fuerzas dinámicas obtenidas deberán también ser modificadas por los factores de importancia y de configuración estructural en planta y en elevación, de similar manera que en el caso de las fuerzas estáticas descritas en la sección 2.7.2 (NEC-11, 2011, pág. 62).

2.2.10.5. Torsión

El análisis deberá considerar los efectos torsionales, incluyendo los efectos debidos a la torsión accidental especificados para el caso del análisis estático. Cuando se utilizan modelos tridimensionales en el análisis, los efectos de la torsión accidental deben considerarse, mediante una apropiada re-localización de las masas, o mediante la aplicación de los procedimientos (NEC-11, 2011, pág. 62).

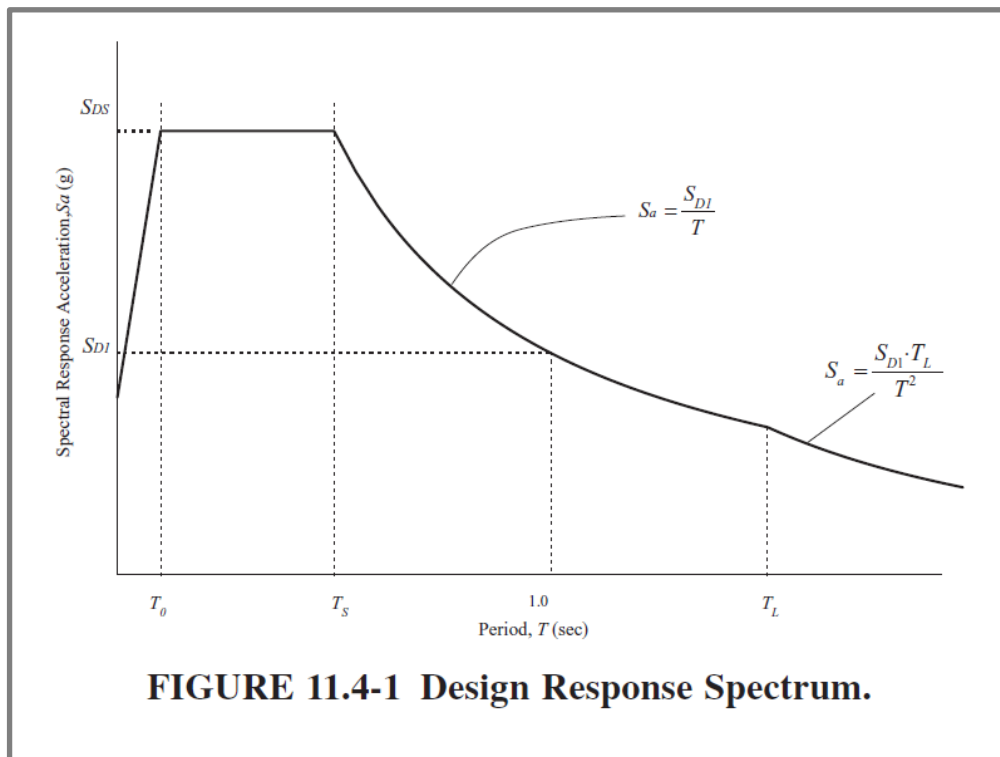
CAPÍTULO III

ESPECTROS DINÁMICOS

3.1 Espectros de respuesta sísmica ASCE 07-10

La curva del espectro de respuesta para diseño sísmico según la norma de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (American Society of Civil Engineers), la cual se desarrolla mediante el uso de las ecuaciones ASCE 7-10(11.4-5 hasta 11.4-7). Las curvas que se muestran a continuación representan el espectro de respuesta sísmica para tres ciudades de Ecuador: Quito, Manta y Esmeraldas, para suelos tipo B, C y D, respectivamente.

Figura 3.1: Espectro de Respuesta de Diseño



Fuente: ASCE 07-10, Figura 11.4.1

3.1.1. Quito

3.1.1.1. Quito Suelo B

Gráfico 3.1 Espectro ASCE 7-10 Quito suelo B

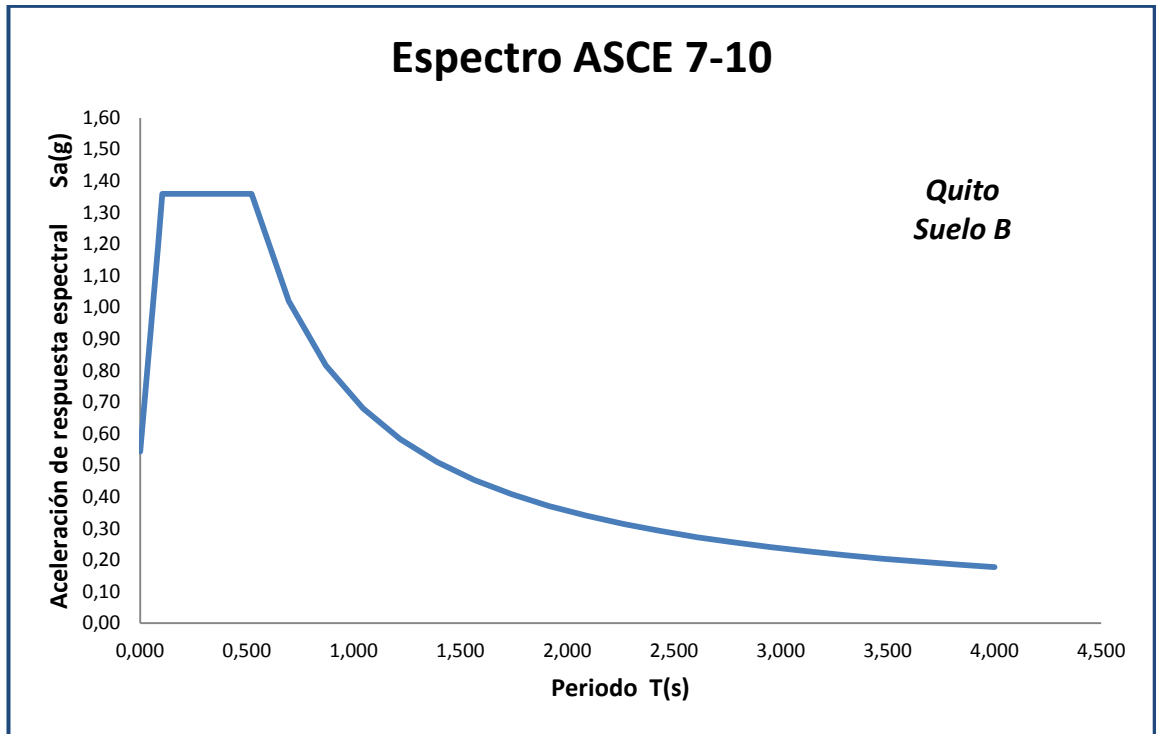


Tabla 3. 1 Datos Quito Suelo B

<i>Suelo B</i>		<i>Parámetros de aceleración</i>	
F_a	1,00	S_I	0,82
F_v	1	S_S	2,04
S_{MS}	2,04	<i>Periodos</i>	
S_{M1}	0,82	T_0	0,08
S_{DS}	1,36	T_S	0,402
S_{D1}	0,55	T_L	4

3.1.1.2. Quito Suelo C

Gráfico 3.2 Espectro ASCE 7-10 Quito suelo C

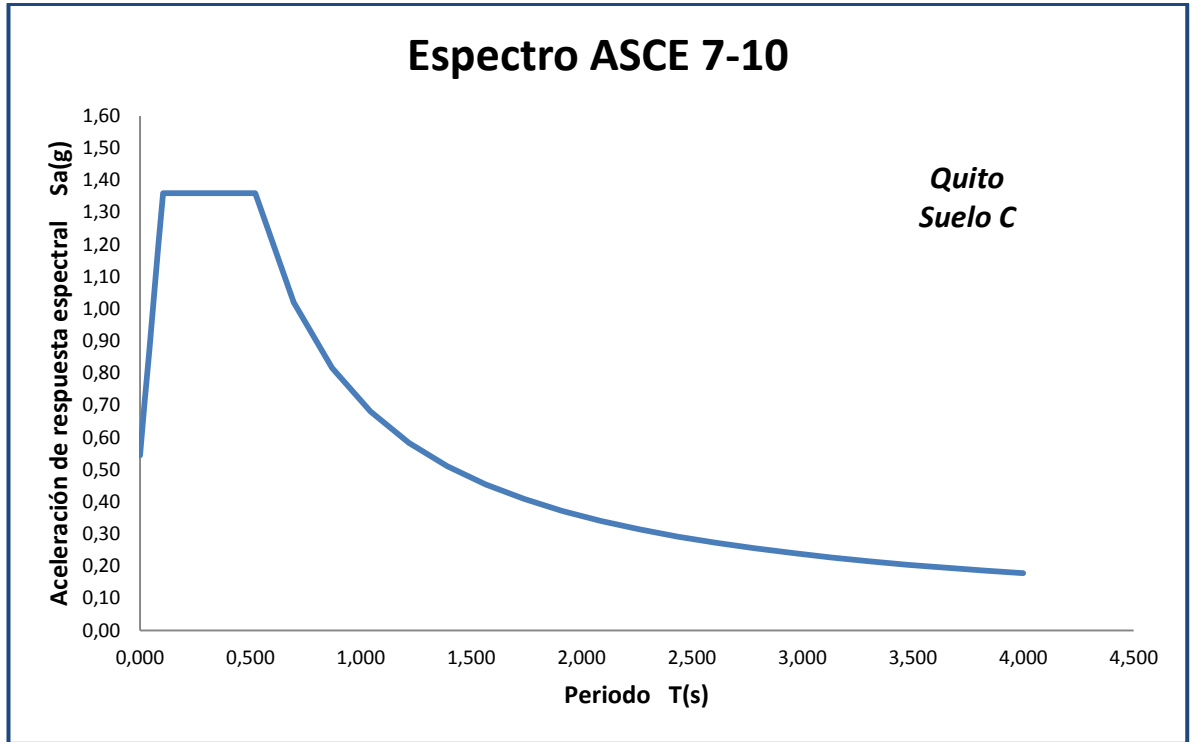


Tabla 3. 2 Datos Quito Suelo C

<i>Suelo C</i>		<i>Parámetros de aceleración</i>	
F_a	1,00	S_I	0,82
F_v	1,3	S_S	2,04
S_{MS}	2,04	<i>Periodos</i>	
S_{M1}	1,07	T_0	1,05
S_{DS}	1,36	T_S	0,523
S_{D1}	0,71	T_L	4

3.1.1.3. Quito Suelo D

Gráfico 3.3 Espectro ASCE 7-10 Quito suelo D

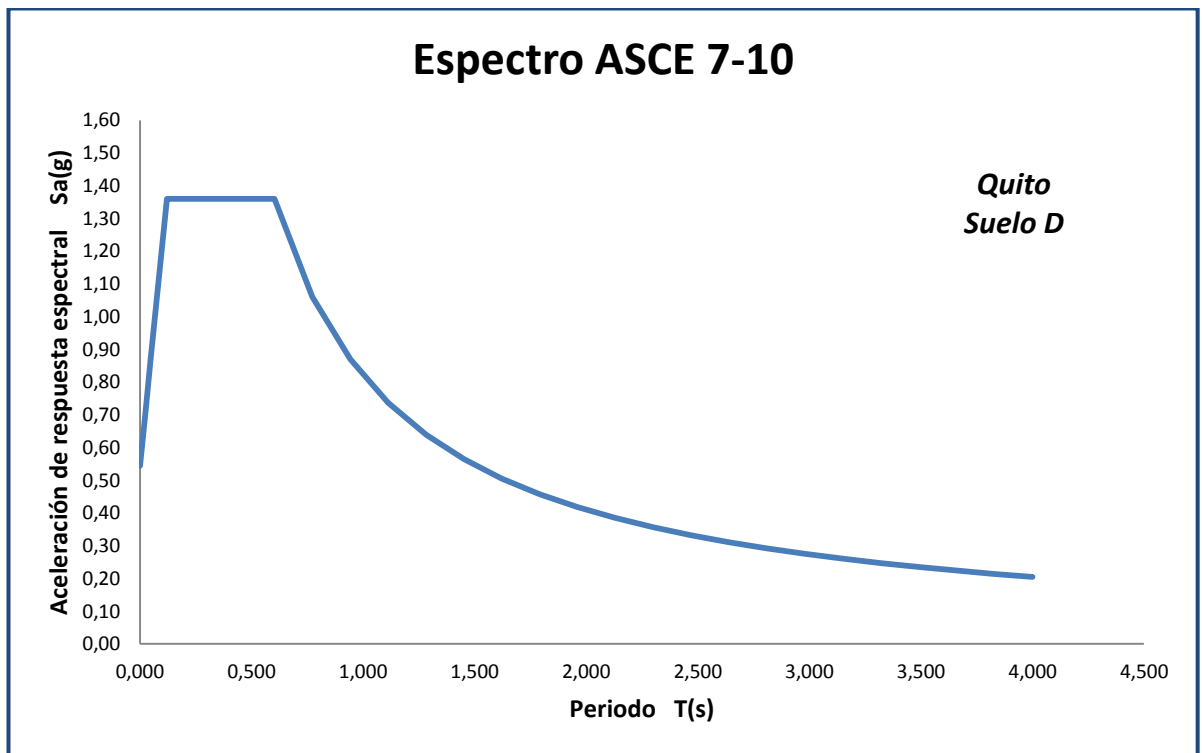


Tabla 3. 3 Datos Quito Suelo D

<i>Suelo D</i>		<i>Parámetros de aceleración</i>	
<i>F_a</i>	<i>1,00</i>	<i>S₁</i>	<i>0,82</i>
<i>F_v</i>	<i>1,5</i>	<i>S_s</i>	<i>2,04</i>
<i>S_{MS}</i>	<i>2,04</i>	<i>Periodos</i>	
<i>S_{M1}</i>	<i>1,23</i>	<i>T₀</i>	<i>0,121</i>
<i>S_{DS}</i>	<i>1,36</i>	<i>T_s</i>	<i>0,603</i>
<i>S_{D1}</i>	<i>0,82</i>	<i>T_L</i>	<i>4</i>

3.1.2. Manta

3.1.2.1. Manta Suelo B

Gráfico 3.4 Espectro ASCE 7-10 Manta suelo B

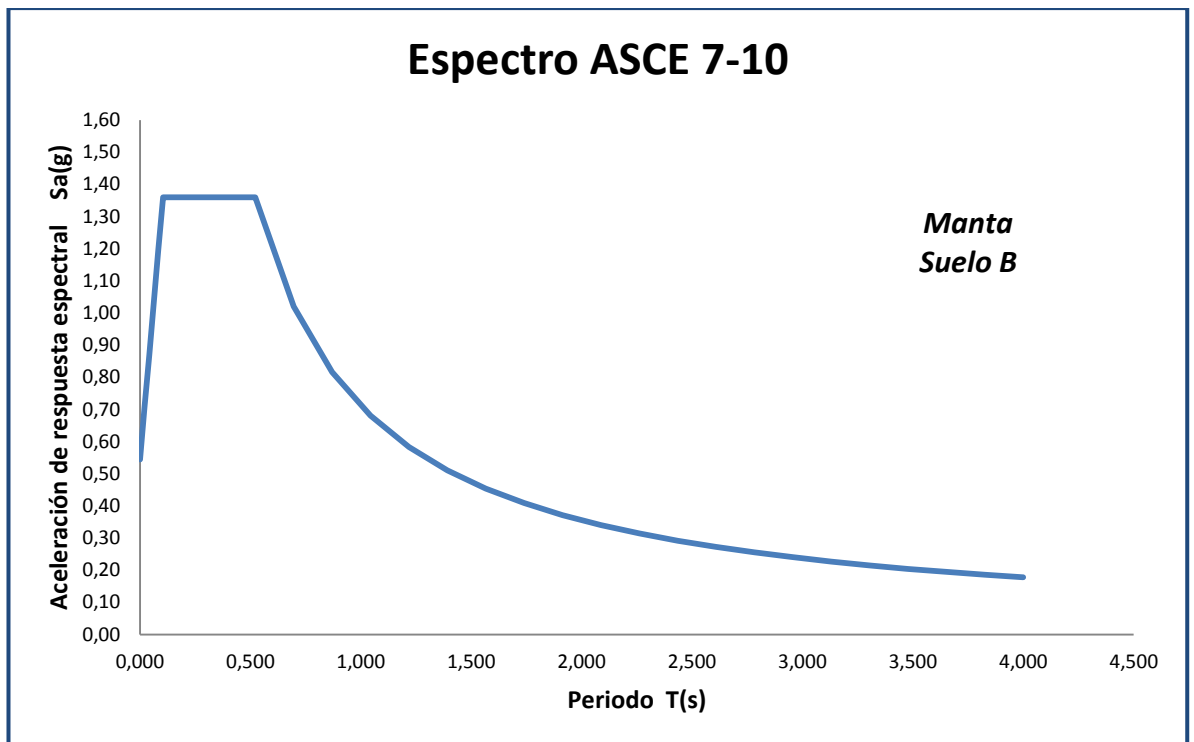


Tabla 3. 4 Datos Manta Suelo B

<i>Suelo B</i>		<i>Parámetros de aceleración</i>	
F_a	1,00	S_I	0,79
F_v	1	S_S	1,97
S_{MS}	1,97	<i>Periodos</i>	
S_{MI}	0,79	T_0	0,08
S_{DS}	1,31	T_S	0,401
S_{D1}	0,53	T_L	4

3.1.2.2. Manta Suelo C

Gráfico 3.5 Espectro ASCE 7-10 Manta suelo C

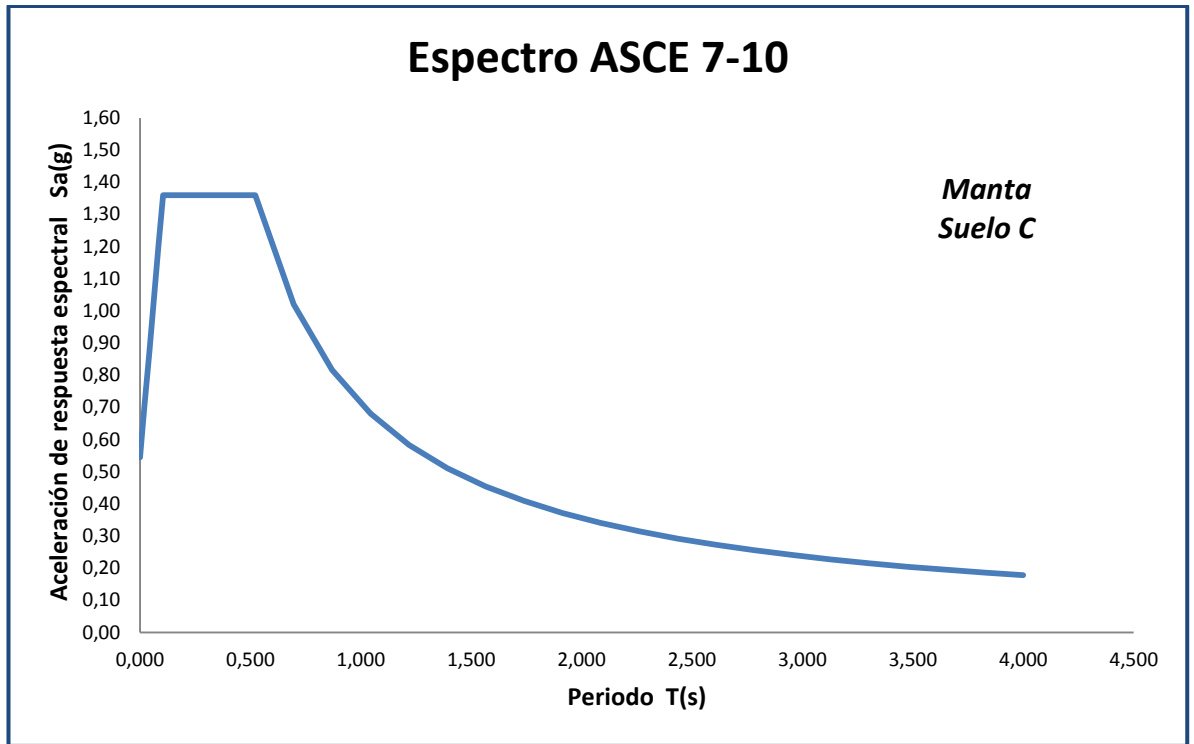


Tabla 3. 5 Datos Manta Suelo C

<i>Suelo C</i>		<i>Parámetros de aceleración</i>	
<i>F_a</i>	1,00	<i>S_I</i>	0,79
<i>F_v</i>	1,3	<i>S_S</i>	1,97
<i>S_{MS}</i>	1,94	<i>Periodos</i>	
<i>S_{MI}</i>	1,03	<i>T₀</i>	0,104
<i>S_{DS}</i>	1,31	<i>T_S</i>	0,521
<i>S_{D1}</i>	0,68	<i>T_L</i>	4

3.1.2.3. Manta Suelo D

Gráfico 3.6 Espectro ASCE 7-10 Manta suelo D

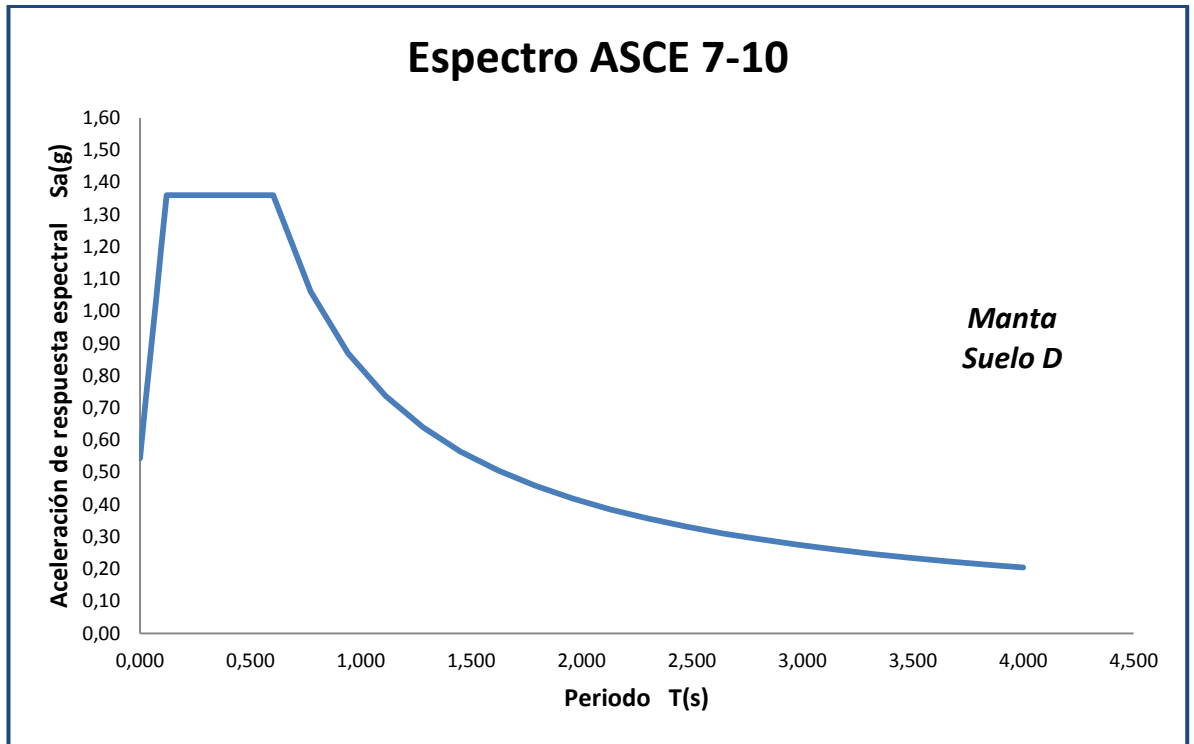


Tabla 3. 6 Datos Manta Suelo D

<i>Suelo D</i>		<i>Parámetros de aceleración</i>	
F_a	1,00	S_1	0,79
F_v	1,5	S_s	1,97
S_{MS}	1,97	<i>Periodos</i>	
S_{M1}	1,19	T_0	0,12
S_{DS}	1,31	T_s	0,602
S_{D1}	0,79	T_L	4

3.1.3. Esmeraldas

3.1.3.1. Esmeraldas Suelo B

Gráfico 3.7 Espectro ASCE 7-10 Esmeraldas suelo B

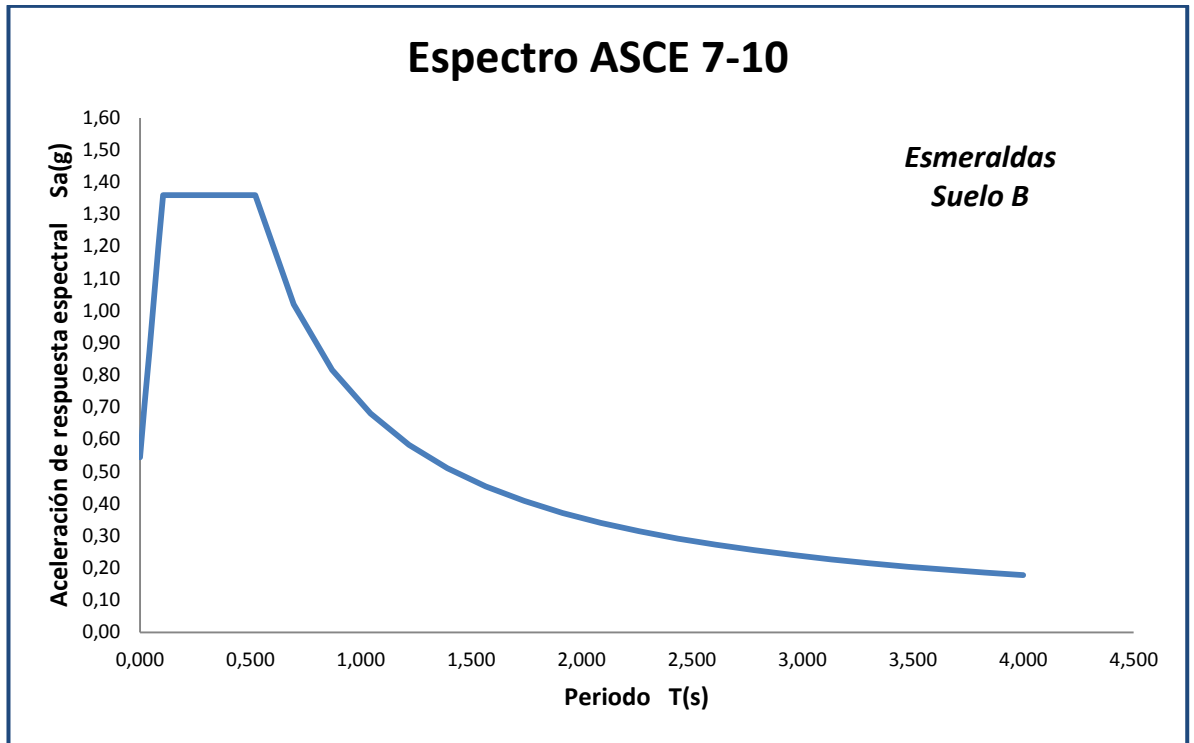


Tabla 3. 7 Datos Esmeraldas Suelo B

<i>Suelo B</i>		<i>Parámetros de aceleración</i>	
F_a	1,00	S_1	1,37
F_v	1	S_S	3,42
S_{MS}	3,42	<i>Periodos</i>	
S_{M1}	1,37	T_0	0,08
S_{DS}	2,27	T_S	0,401
S_{D1}	0,91	T_L	4

3.1.3.2. Esmeraldas Suelo C

Gráfico 3.8 Espectro ASCE 7-10 Esmeraldas suelo C

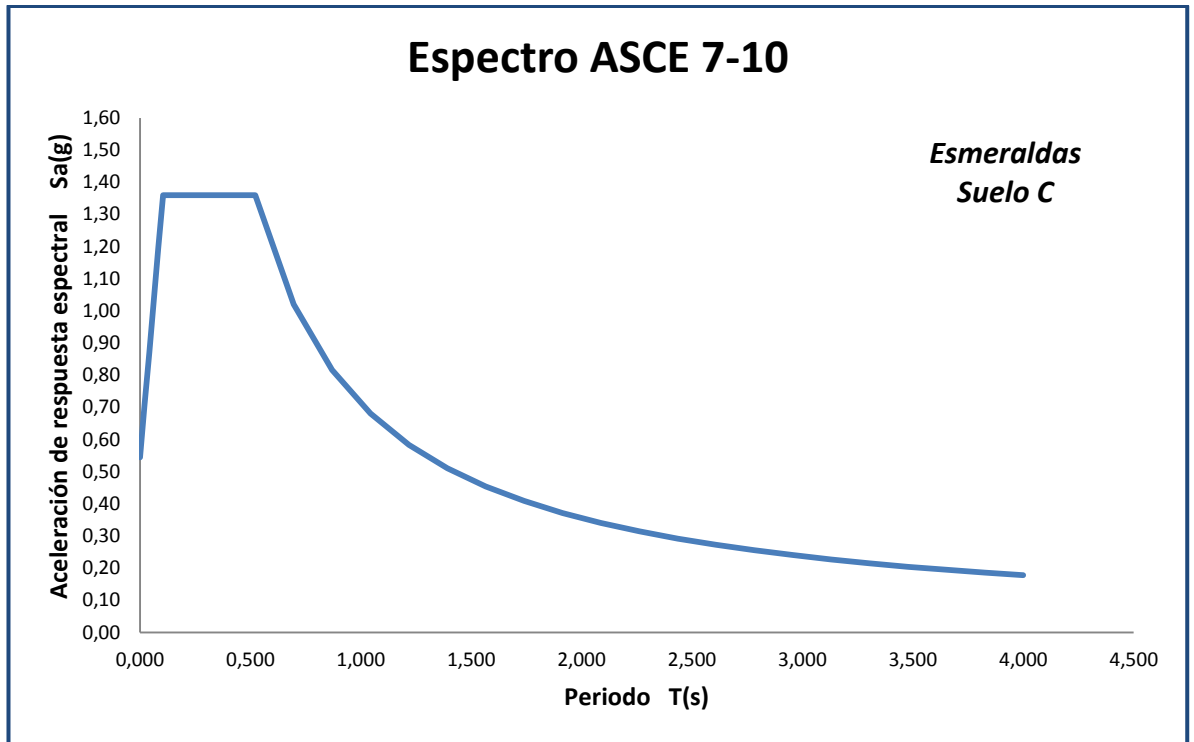


Tabla 3. 8 Datos Esmeraldas Suelo C

<i>Suelo C</i>		<i>Parámetros de aceleración</i>	
F_a	1,00	S_I	1,37
F_v	1,3	S_S	3,42
S_{MS}	3,42	<i>Periodos</i>	
S_{M1}	1,78	T_0	0,104
S_{DS}	2,28	T_S	0,521
S_{D1}	1,19	T_L	4

3.1.3.3. Esmeraldas Suelo D

Gráfico 3.9 Espectro ASCE 7-10 Esmeraldas suelo D

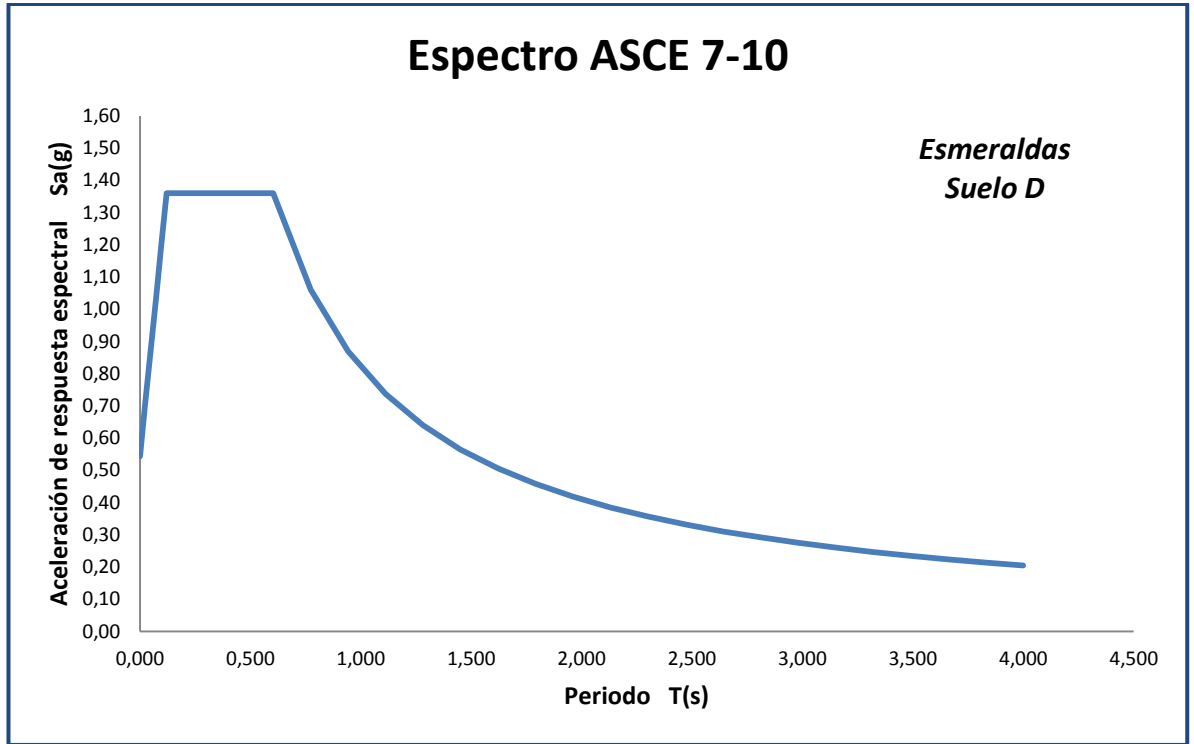


Tabla 3. 9 Datos Esmeraldas Suelo D

<i>Suelo D</i>		<i>Parámetros de aceleración</i>	
<i>F_a</i>	1,00	<i>S_I</i>	1,37
<i>F_v</i>	1,5	<i>S_S</i>	3,42
<i>S_{MS}</i>	3,42	<i>Periodos</i>	
<i>S_{MI}</i>	2,06	<i>T₀</i>	0,12
<i>S_{DS}</i>	2,28	<i>T_S</i>	0,601
<i>S_{DI}</i>	1,37	<i>T_L</i>	4

3.2 Espectros de respuesta sísmica NEC-11

La curva del espectro de respuesta para diseño sísmico según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, la cual se desarrolla mediante el uso de las ecuaciones NEC-11(2.11 2.7 y 2.8) .Las curvas que se muestran a continuación representan el espectro de respuesta sísmica para tres ciudades de Ecuador: Quito, Manta y Esmeraldas, para suelos tipo B, C y D, respectivamente.

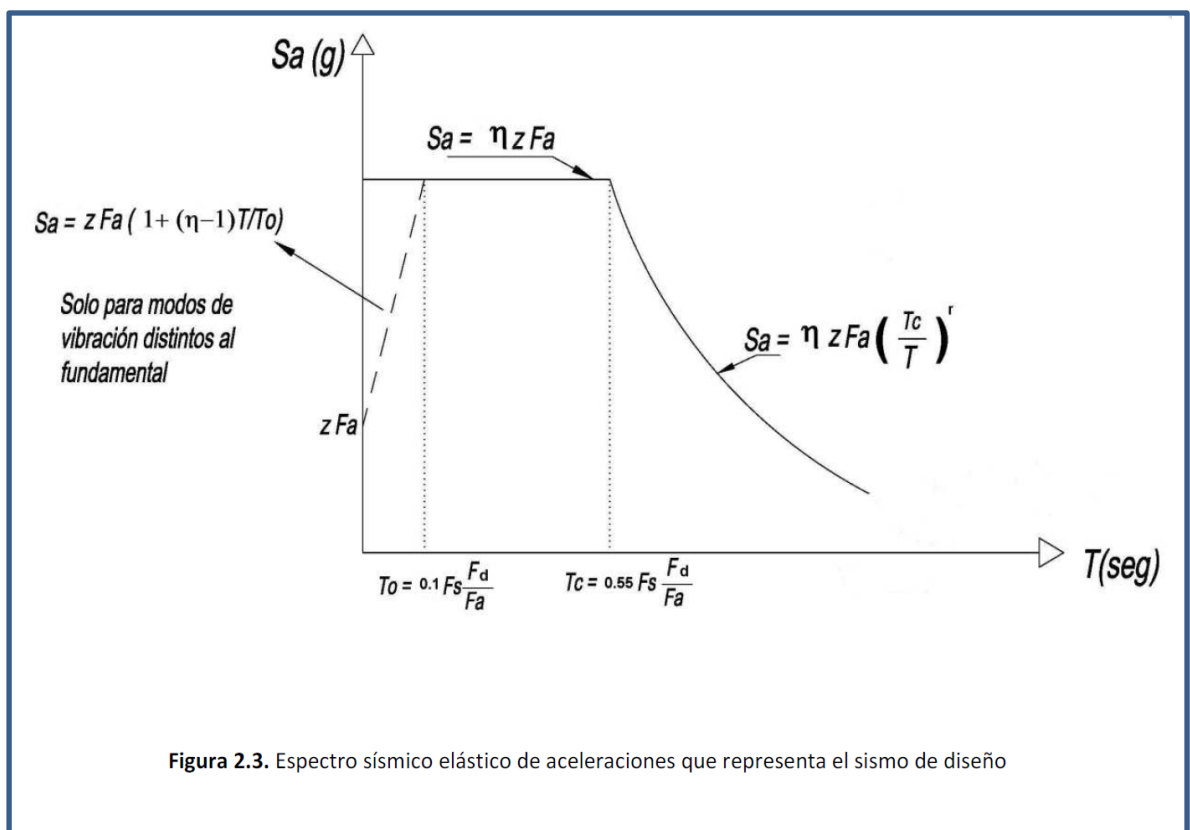


Figura 3.2: Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Fuente: NEC-11. Figura 2.3

3.2.1. Quito

3.2.1.1. Quito Suelo B

Gráfico 3.9 Espectro NEC-11 Quito suelo B

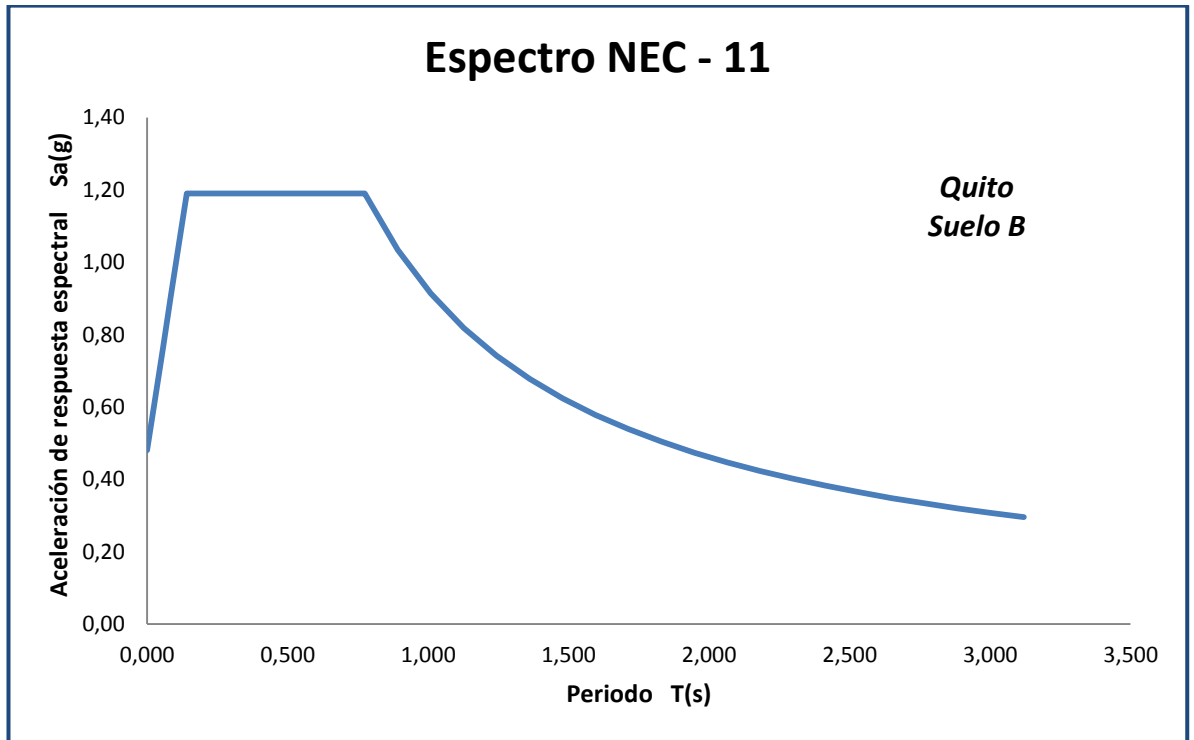


Tabla 3. 10 Datos Quito Suelo B

<i>Suelo B</i>		<i>Factores según zonificación</i>	
F_a	1,00	Z	0,4
F_d	1,00	η	2,48
F_s	0,75	r	1
<i>Periodos</i>		T_0	0,075
		T_S	0,413
		T_L	2,4

3.2.1.2. Quito Suelo C

Gráfico 3.9 Espectro NEC-11 Quito suelo C

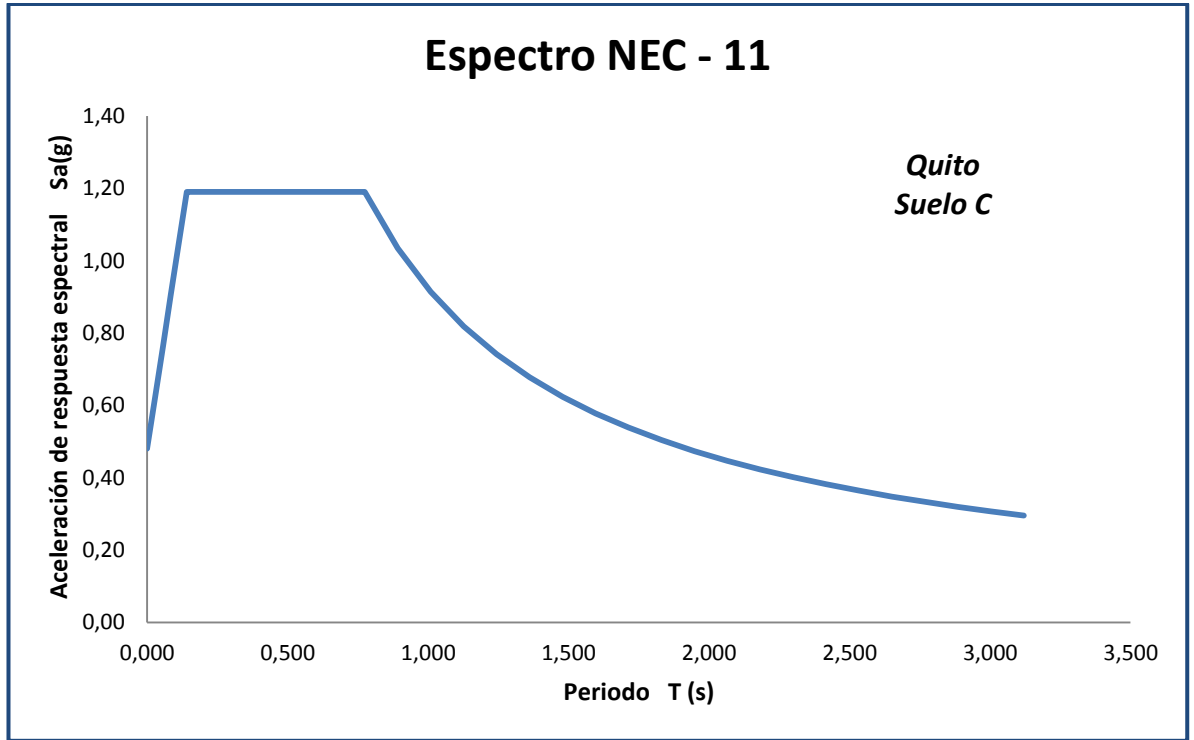


Tabla 3. 11 Datos Quito Suelo C

<i>Suelo C</i>		<i>Factores según zonificación</i>	
F_a	1,20	Z	0,4
F_d	1,30	η	2,48
F_s	1,30	r	1
<i>Periodos</i>		T_0	0,141
		T_S	0,775
		T_L	3,12

3.2.1.3. Quito Suelo D

Gráfico 3.10 Espectro NEC-11 Quito suelo D

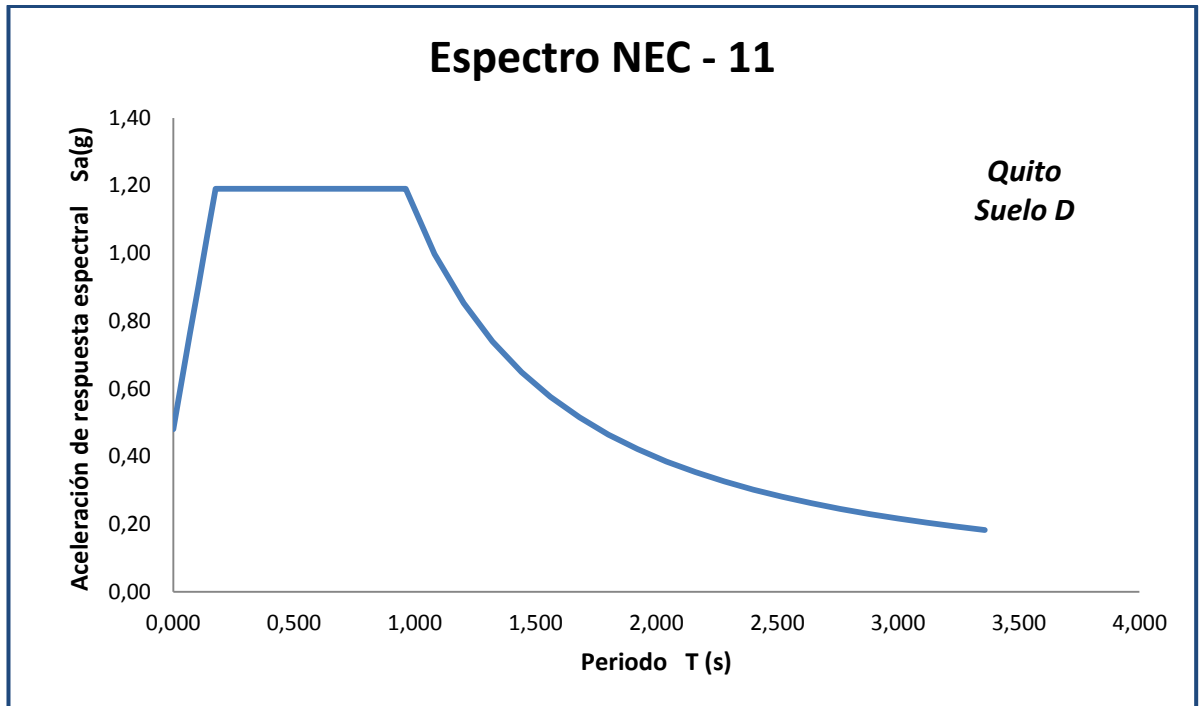


Tabla 3. 12 Datos Quito Suelo D

<i>Suelo D</i>		<i>Factores según zonificación</i>	
<i>F_a</i>	<i>1,20</i>	<i>Z</i>	<i>0,4</i>
<i>F_d</i>	<i>1,40</i>	<i>η</i>	<i>2,48</i>
<i>F_s</i>	<i>1,50</i>	<i>r</i>	<i>1</i>
<i>Periodos</i>		<i>T₀</i>	<i>0,175</i>
		<i>T_S</i>	<i>0,963</i>
		<i>T_L</i>	<i>3,36</i>

3.2.2 Manta

3.2.2.1 Manta Suelo B

Gráfico 3.11 Espectro NEC-11 Manta suelo B

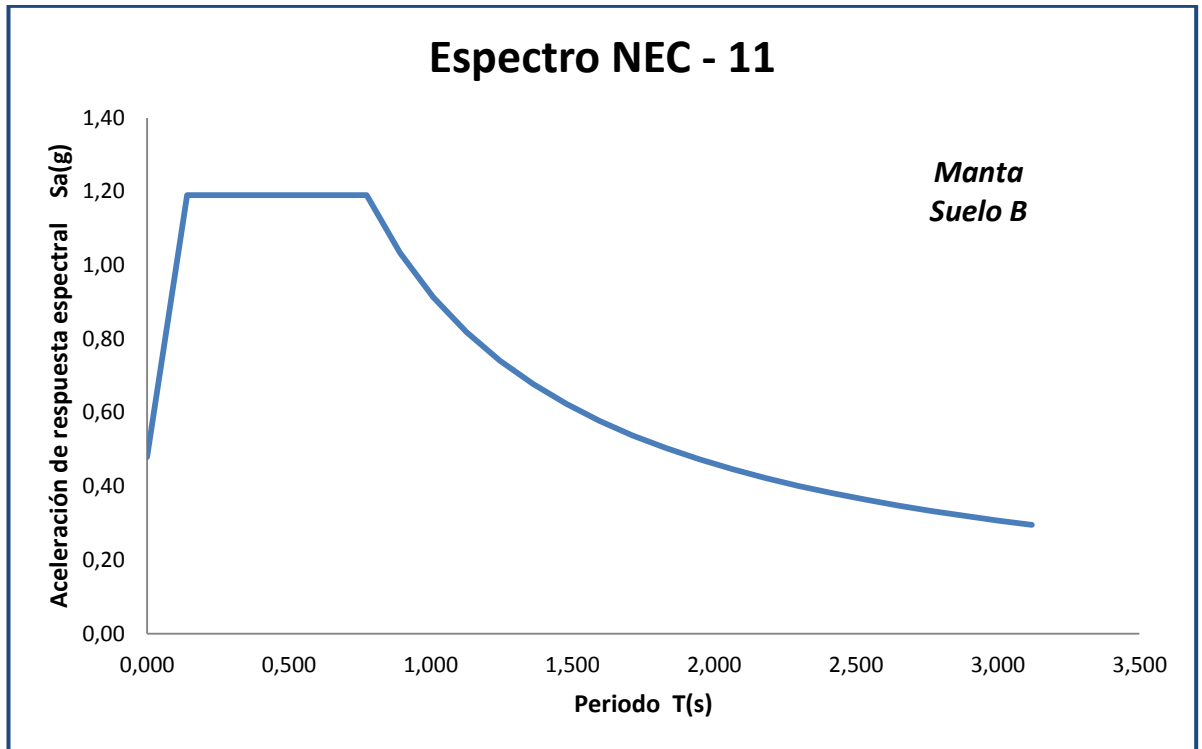


Tabla 3. 13 Datos Manta Suelo B

<i>Suelo B</i>		<i>Factores según zonificación</i>	
<i>Fa</i>	<i>1,00</i>	<i>Z</i>	<i>0,50</i>
<i>Fd</i>	<i>1,00</i>	<i>η</i>	<i>1,80</i>
<i>Fs</i>	<i>0,75</i>	<i>r</i>	<i>1,00</i>
<i>Periodos</i>		<i>T₀</i>	<i>0,075</i>
		<i>T_S</i>	<i>0,413</i>
		<i>T_L</i>	<i>2,4</i>

3.2.2.1 Manta Suelo C

Gráfico 3.12 Espectro NEC-11 Manta suelo C

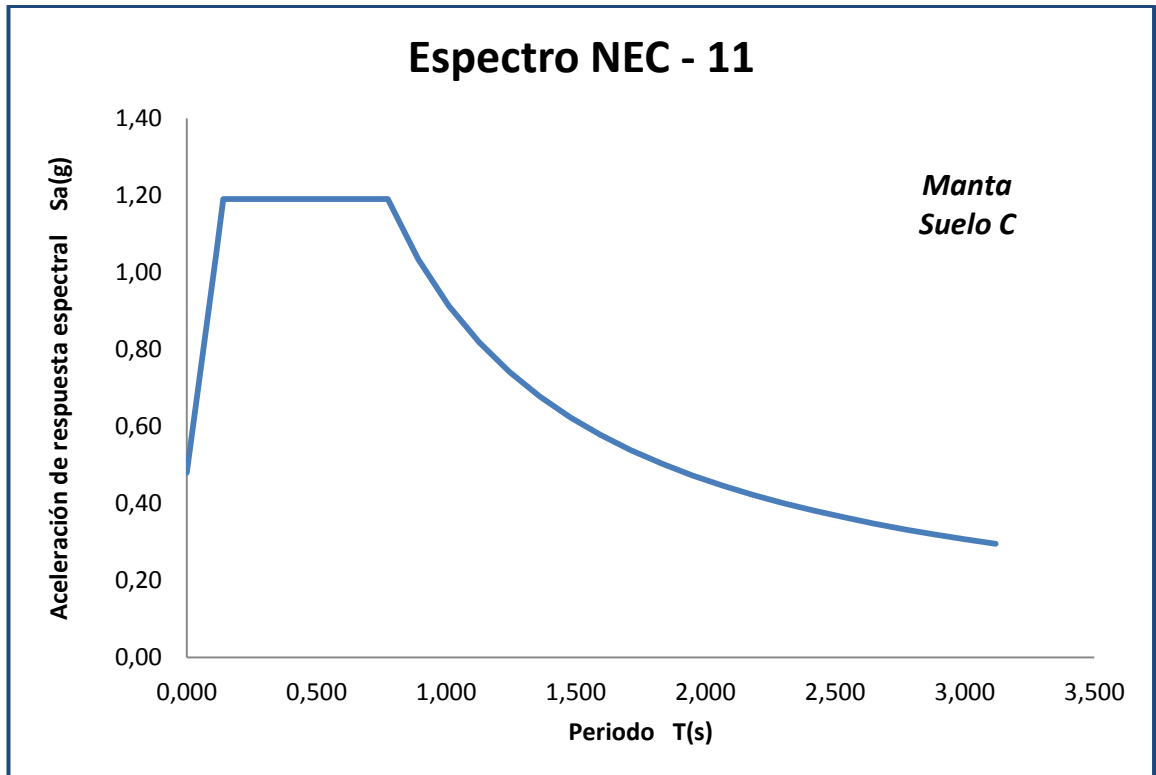


Tabla 3. 14 Datos Manta Suelo C

<i>Suelo C</i>		<i>Factores según zonificación</i>	
<i>Fa</i>	<i>1,18</i>	<i>Z</i>	<i>0,5</i>
<i>Fd</i>	<i>1,25</i>	<i>η</i>	<i>1,8</i>
<i>Fs</i>	<i>1,45</i>	<i>r</i>	<i>1</i>
<i>Periodos</i>		<i>T₀</i>	<i>0,154</i>
		<i>T_S</i>	<i>0,845</i>
		<i>T_L</i>	<i>3</i>

3.2.2.1 Manta Suelo D

Gráfico 3.13 Espectro NEC-11 Manta suelo D

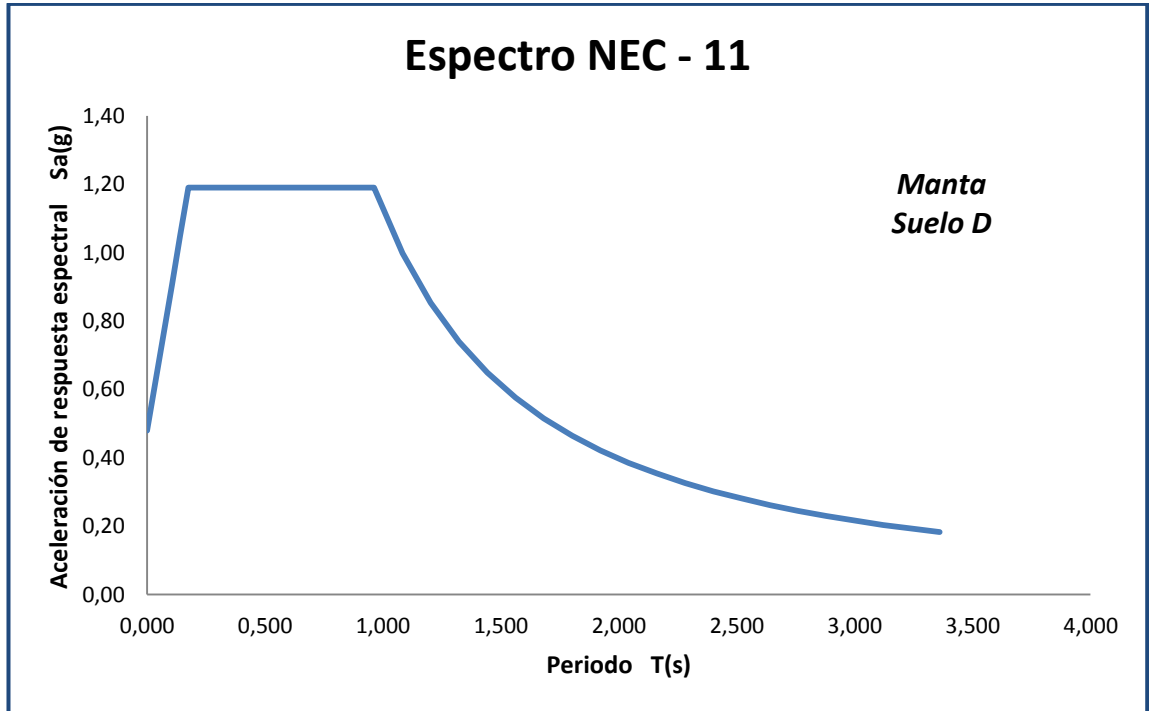


Tabla 3. 15 Datos Manta Suelo D

<i>Suelo D</i>		<i>Factores según zonificación</i>	
<i>Fa</i>	<i>1,15</i>	<i>Z</i>	<i>0,5</i>
<i>Fd</i>	<i>1,30</i>	<i>η</i>	<i>1,8</i>
<i>Fs</i>	<i>1,65</i>	<i>r</i>	<i>1,5</i>
<i>Periodos</i>		<i>T₀</i>	<i>1,187</i>
		<i>T_S</i>	<i>1,026</i>
		<i>T_L</i>	<i>3,12</i>

3.2.2 Esmeraldas

3.2.3.1. Esmeraldas Suelo B

Gráfico 3.14 Espectro NEC-11 Esmeraldas suelo B

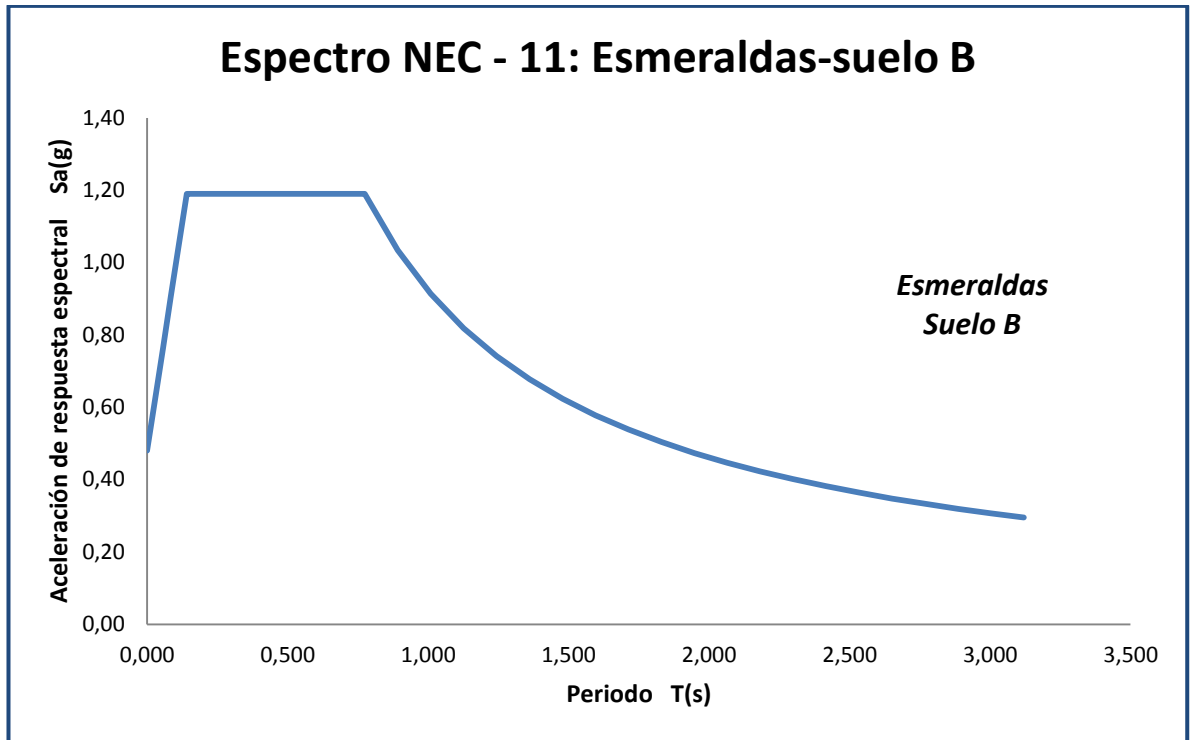


Tabla 3. 16 Datos Esmeraldas Suelo B

<i>Suelo B</i>		<i>Factores según zonificación</i>	
<i>Fa</i>	<i>1,00</i>	<i>Z</i>	<i>0,5</i>
<i>Fd</i>	<i>1,00</i>	η	<i>2,48</i>
<i>Fs</i>	<i>0,75</i>	<i>r</i>	<i>1</i>
<i>Periodos</i>		<i>T₀</i>	<i>0,075</i>
		<i>T_S</i>	<i>0,413</i>
		<i>T_L</i>	<i>2,4</i>

3.2.3.2. Esmeraldas Suelo C

Gráfico 3.15 Espectro NEC-11 Esmeraldas suelo C

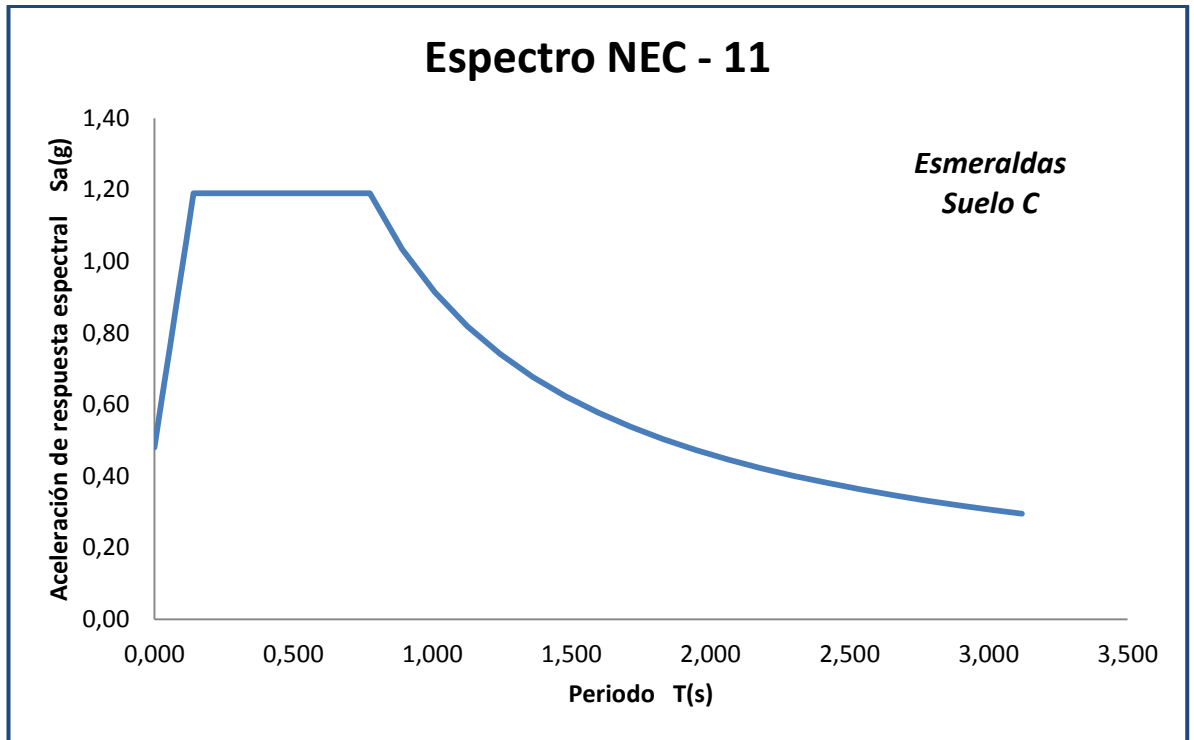


Tabla 3. 17 Datos Esmeraldas Suelo C

<i>Suelo C</i>		<i>Factores según zonificación</i>	
<i>Fa</i>	<i>1,18</i>	<i>Z</i>	<i>0,5</i>
<i>Fd</i>	<i>1,25</i>	η	<i>2,48</i>
<i>Fs</i>	<i>1,45</i>	<i>r</i>	<i>1</i>
<i>Periodos</i>		<i>T₀</i>	<i>0,154</i>
		<i>T_S</i>	<i>0,845</i>
		<i>T_L</i>	<i>3</i>

3.2.3.3. Esmeraldas Suelo D

Gráfico 3.16 Espectro NEC-11 Esmeraldas suelo D

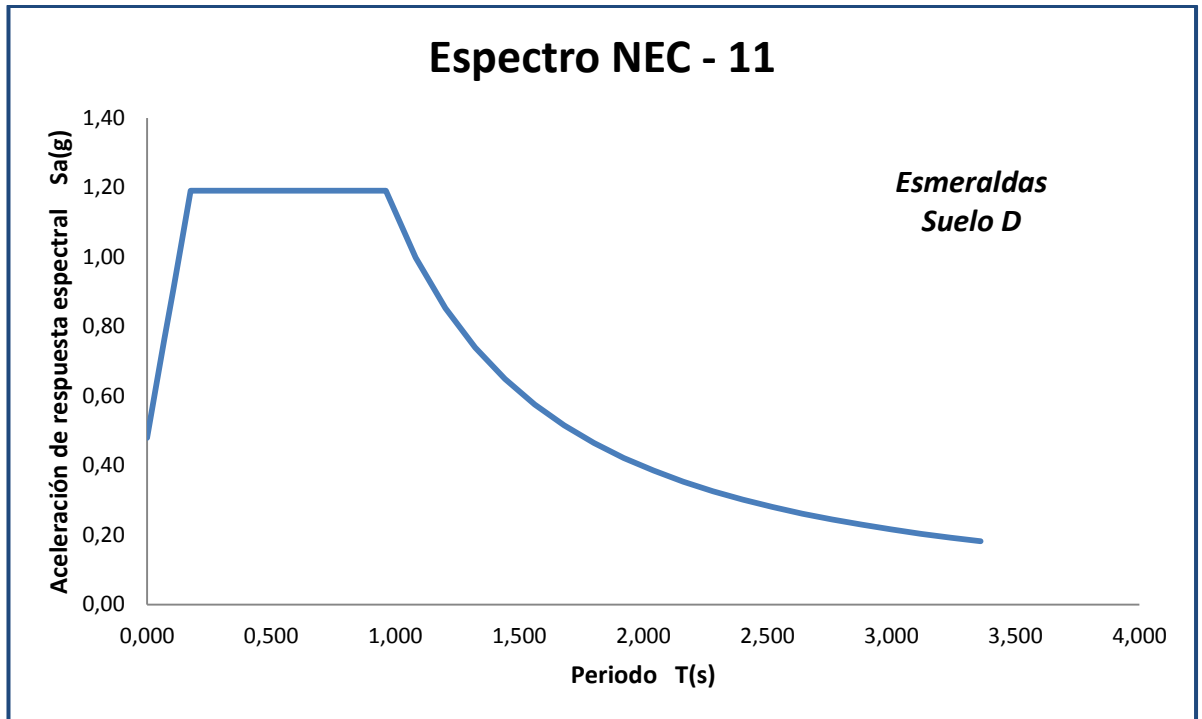


Tabla 3. 18 Datos Esmeraldas Suelo D

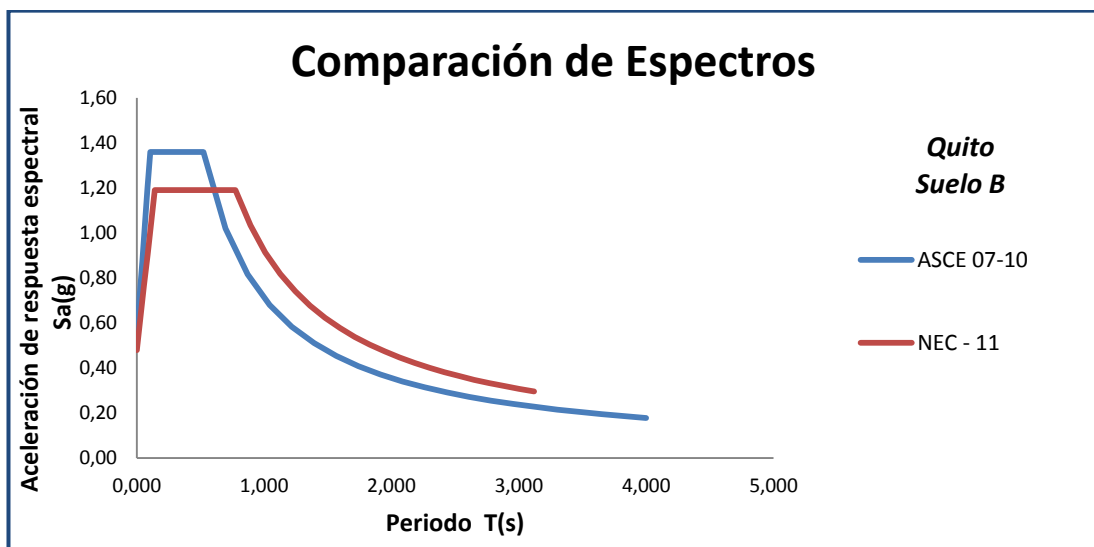
<i>Suelo D</i>		<i>Factores según zonificación</i>	
<i>F_a</i>	<i>1,15</i>	<i>Z</i>	<i>0,5</i>
<i>F_d</i>	<i>1,30</i>	<i>η</i>	<i>2,48</i>
<i>F_s</i>	<i>1,65</i>	<i>r</i>	<i>1</i>
<i>Periodos</i>		<i>T₀</i>	<i>0,187</i>
		<i>T_S</i>	<i>1,026</i>
		<i>T_L</i>	<i>3,12</i>

3.3. Comparación de Espectros de respuesta sísmica entre los desarrollados por las Normas ASCE 07-10 y NEC-11

3.3.1. Quito

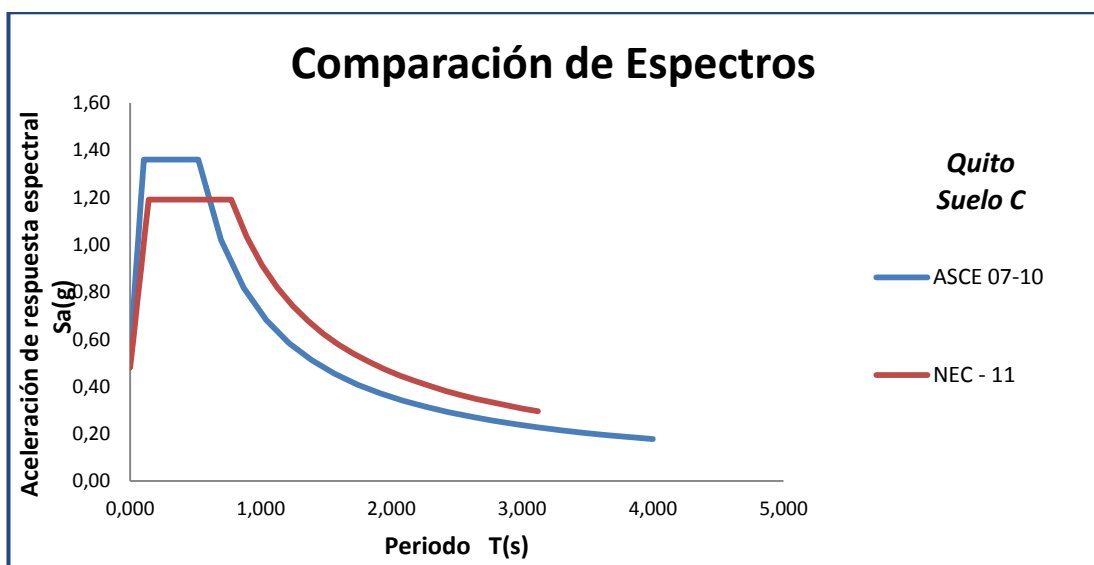
3.3.1.1. Quito Suelo B

Gráfico 3.17 Comparación de Espectros Quito suelo B



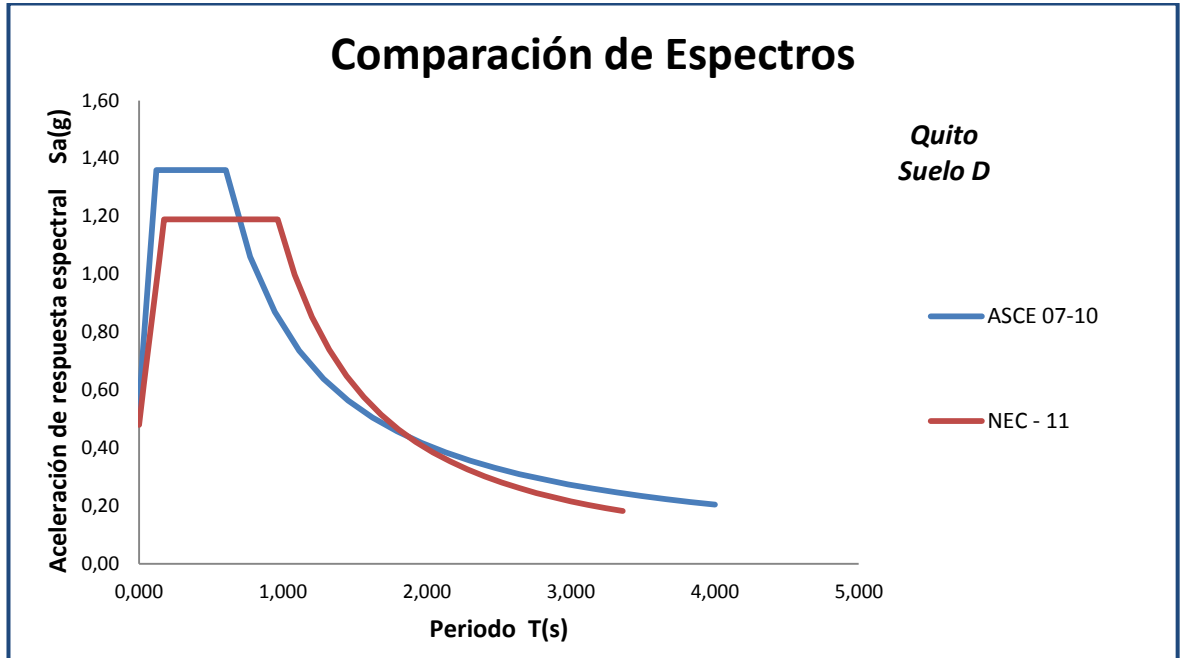
3.3.1.2. Quito Suelo C

Gráfico 3.18 Comparación de Espectros Quito suelo C



3.3.1.3. Quito Suelo D

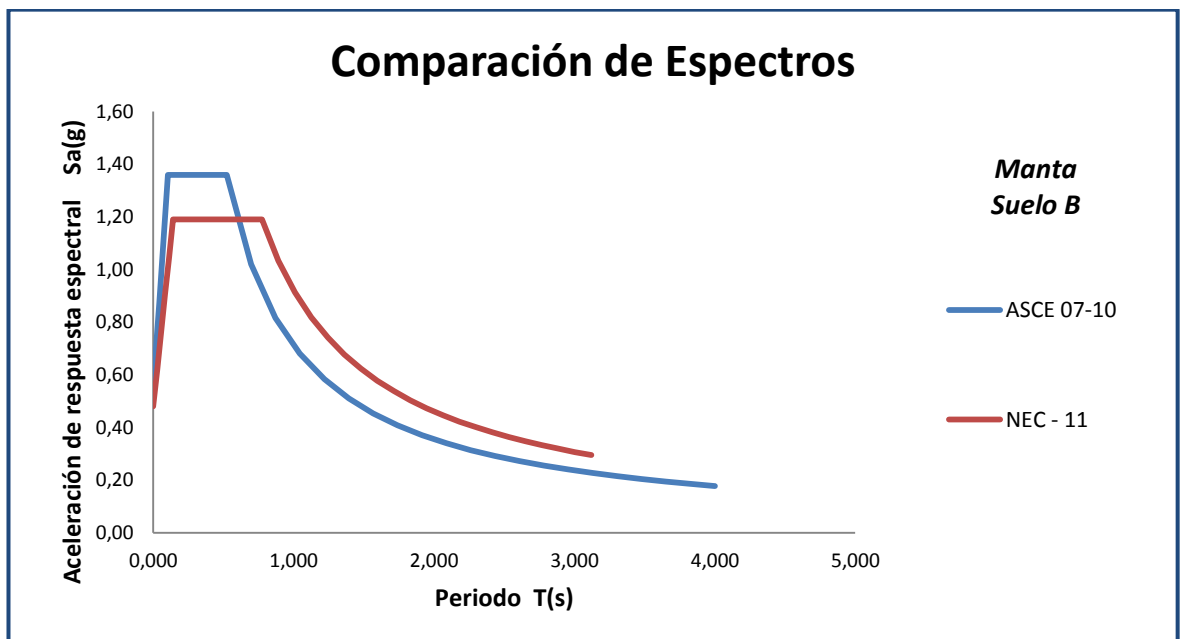
Gráfico 3.19 Comparación de Espectros Quito suelo D



3.3.2 Manta

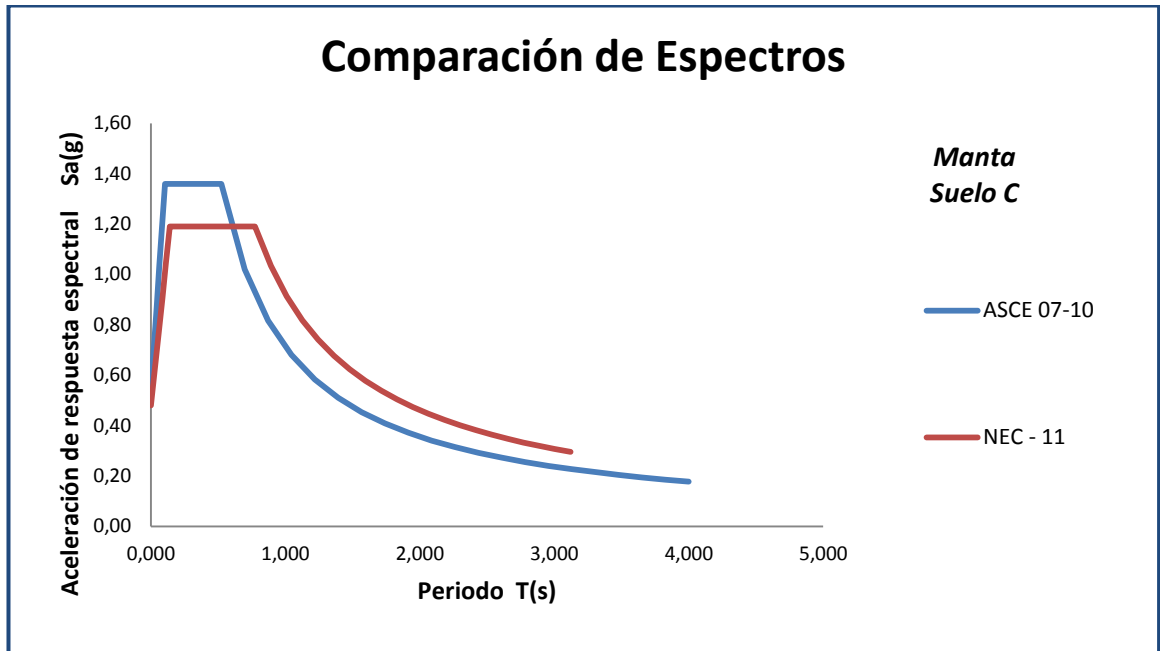
3.3.2.1 Manta Suelo B

Gráfico 3.20 Comparación de Espectros Manta suelo B



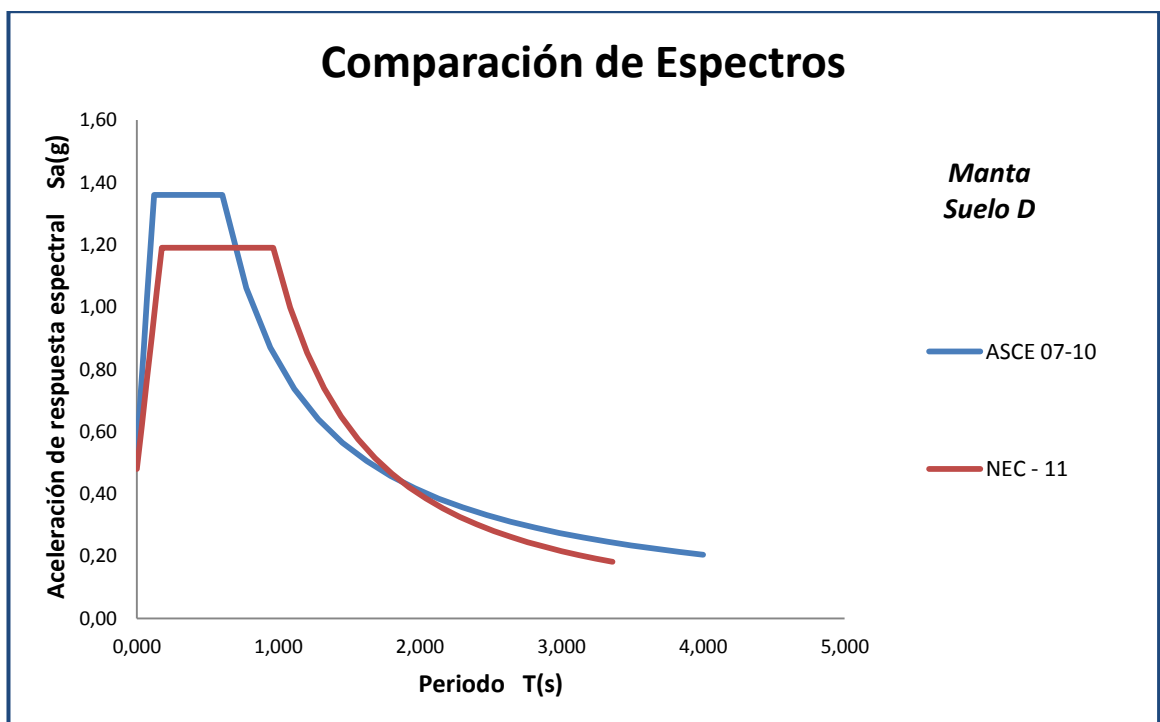
3.3.2.2. Manta Suelo C

Gráfico 3.21 Comparación de Espectros Manta suelo C



3.3.2.3. Manta Suelo D

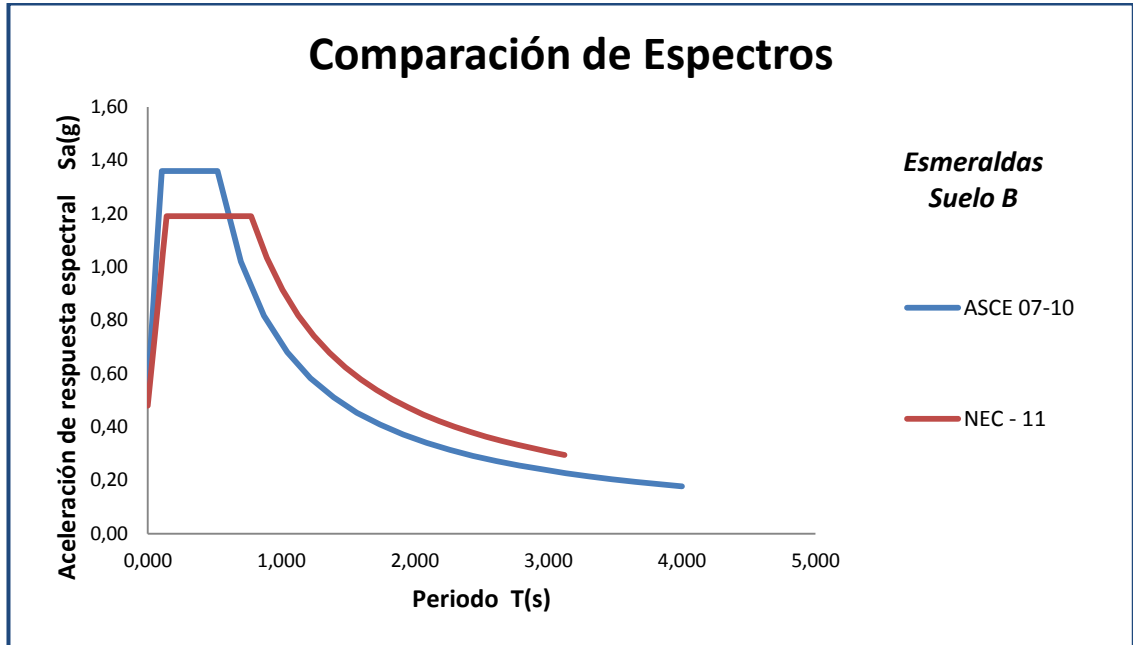
Gráfico 3.22 Comparación de Espectros Manta suelo D



3.3.3 Esmeraldas

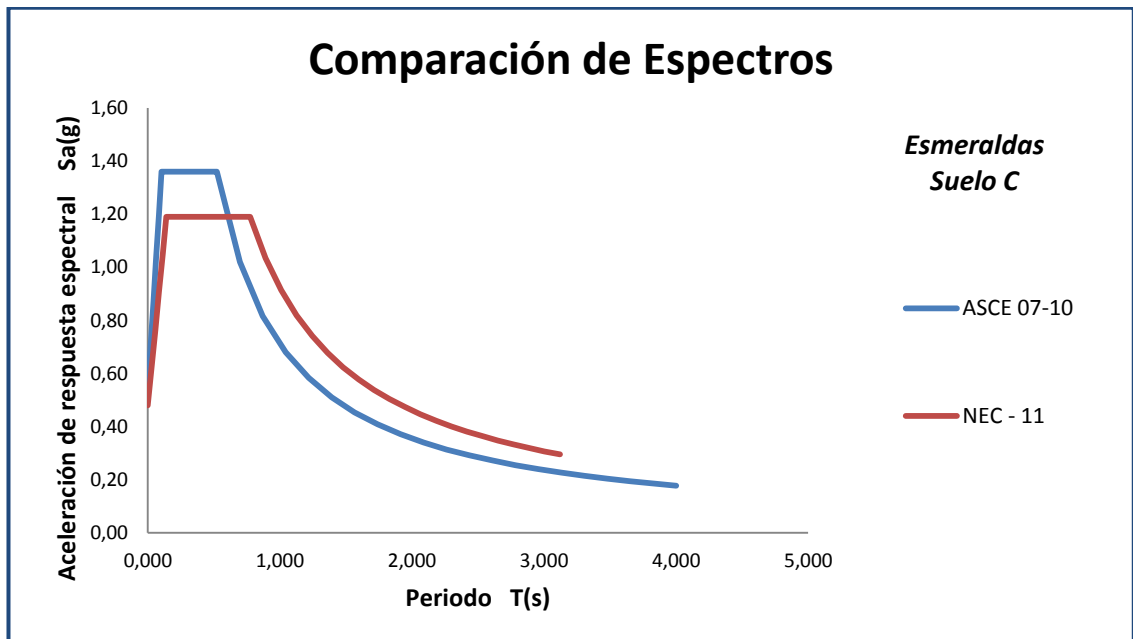
3.3.3.1 Esmeraldas Suelo B

Gráfico 3.23 Comparación de Espectros Esmeraldas suelo B



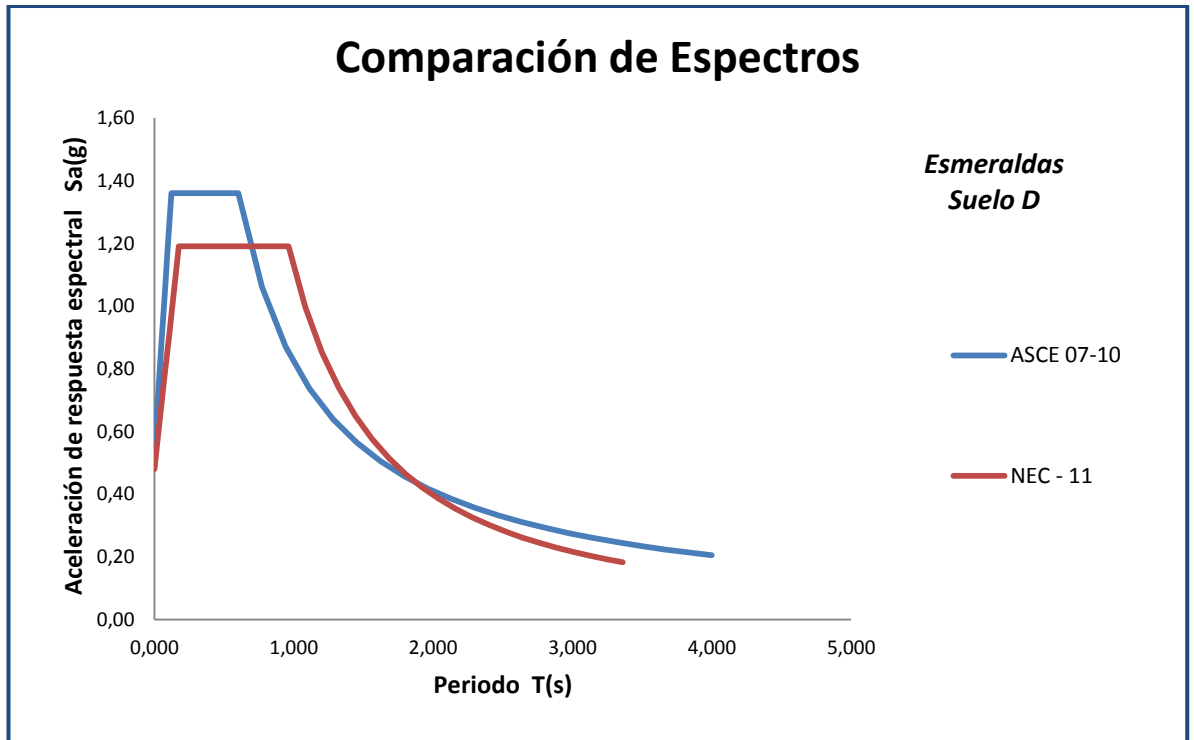
3.3.3.2. Esmeraldas Suelo C

Gráfico 3.24 Comparación de Espectros Esmeraldas suelo C



3.3.3.3 Esmeraldas Suelo D

Gráfico 3.25 Comparación de Espectros Esmeraldas suelo D



3.4 Comparación de Espectros de respuesta sísmica ASCE 07-10 Vs. NEC-11

3.4.1. Espectros ASCE 07-10 vs NEC-11 Quito

Gráfico 3.26 Espectros ASCE 07-10 Quito

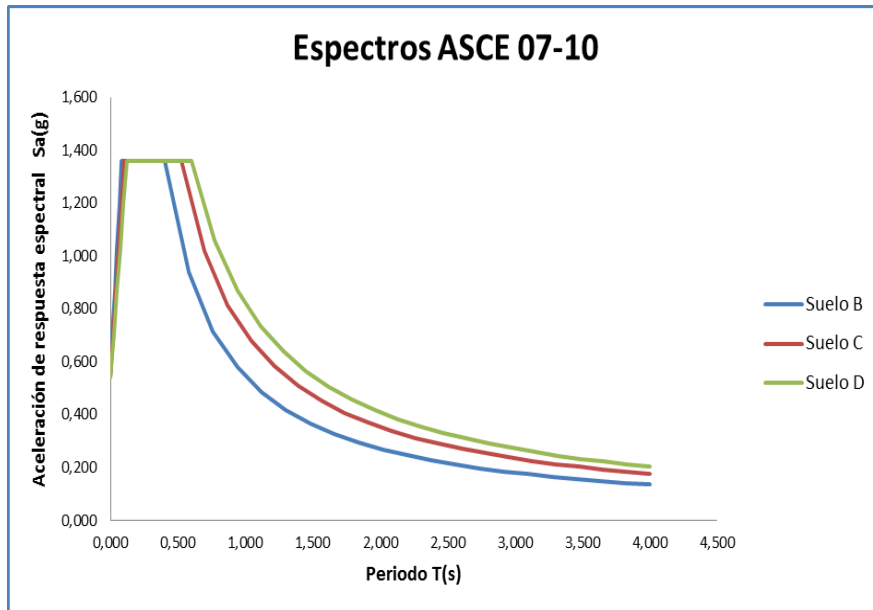
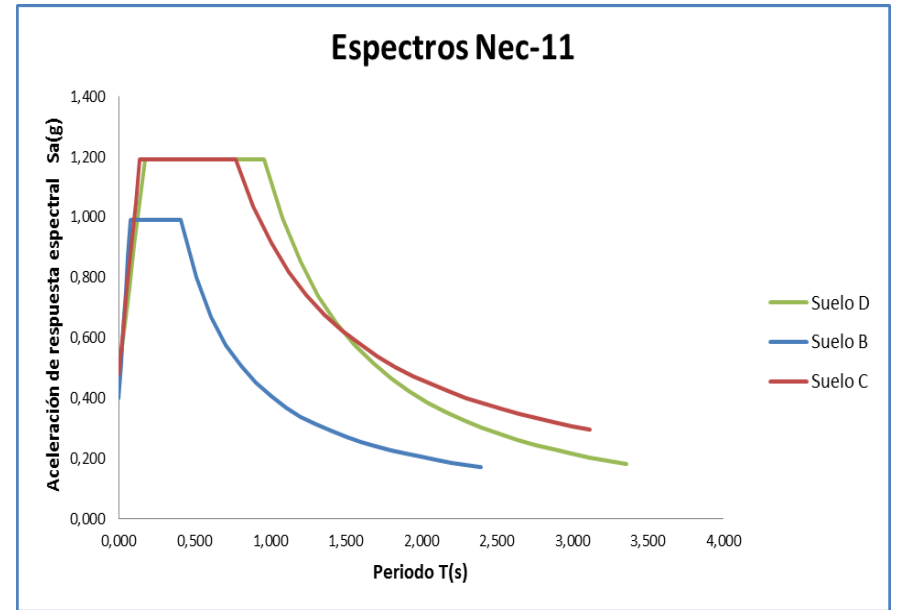


Gráfico 3.27 Espectros NEC-11 Quito



3.4.2. Espectros ASCE 07-10 vs. NEC-11 Manta

Gráfico 3.28 Espectros ASCE 07-10 Manta

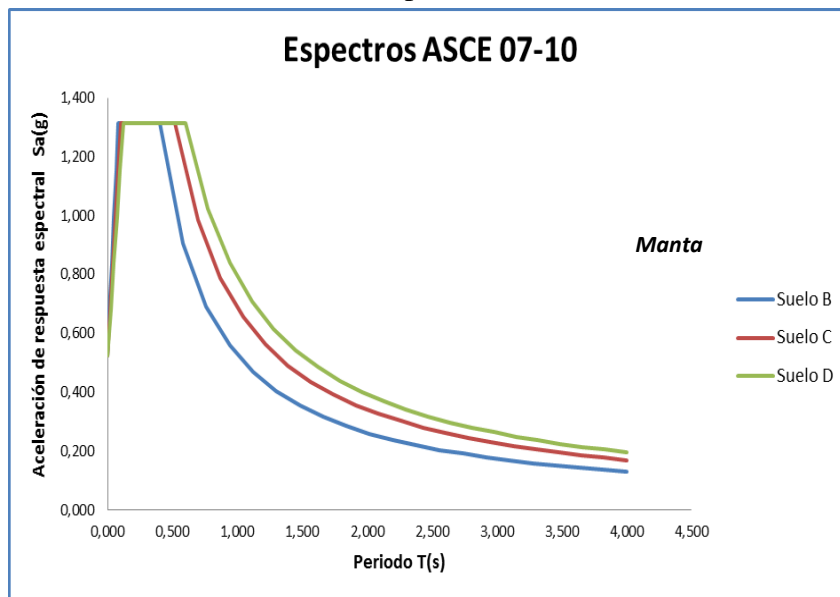
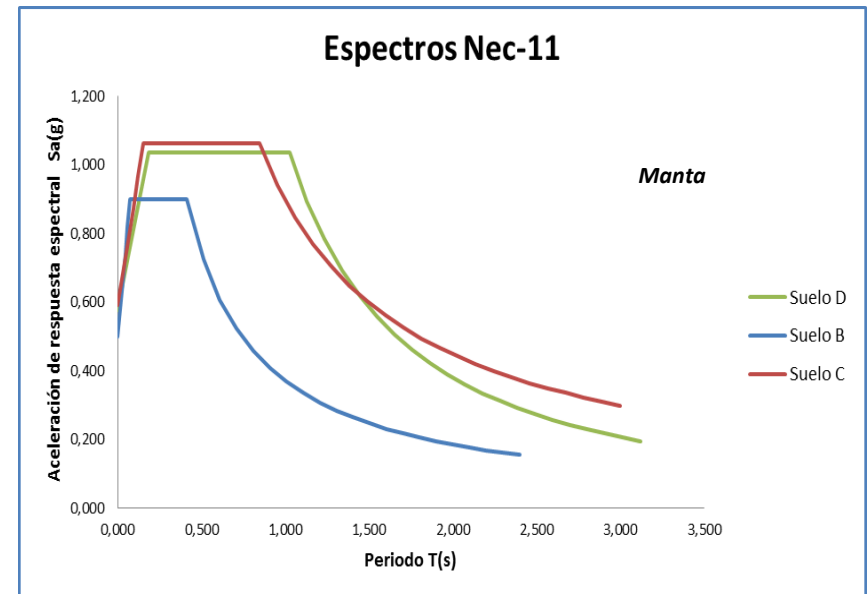


Gráfico 3.29 Espectros NEC-11 Manta



3.4.3. Espectros ASCE 07-10 Esmeraldas

Gráfico 3.30 Espectros ASCE 07-10 Esmeraldas

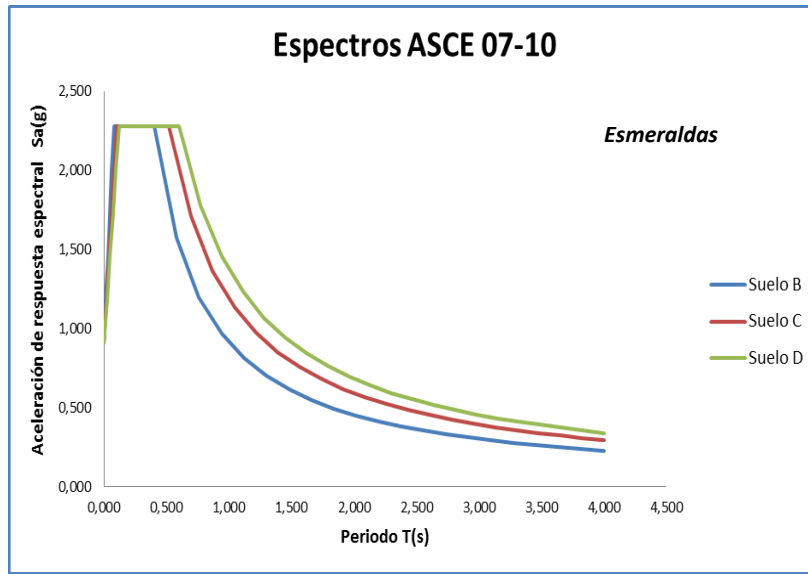
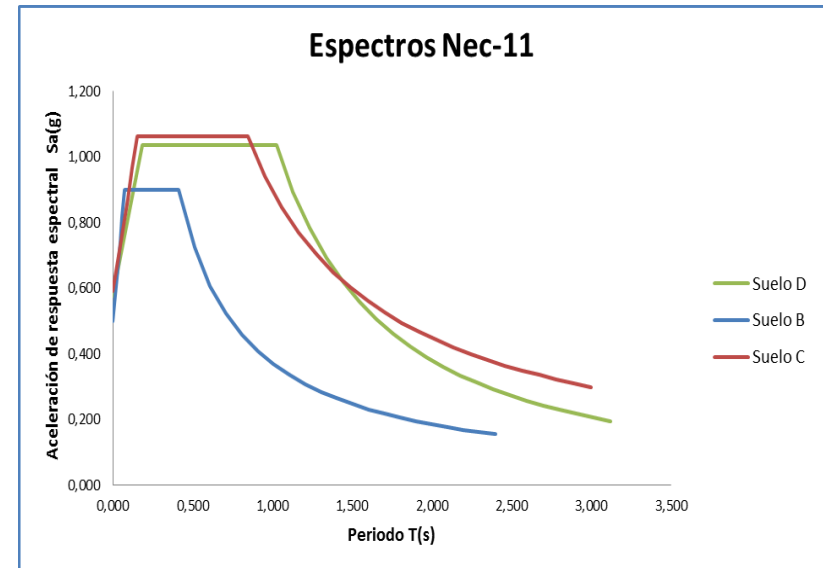


Gráfico 3.31 Espectros NEC-11 Esmeraldas



CAPÍTULO IV

Obtención de Resultados y Análisis Comparativo

4.1 Resultados

A continuación se presentan los resultados del corte basal obtenidos según las normas ASCE 07-10 y NEC-11 respectivamente.

4.1.1 Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón

4.1.1.1. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Quito

4.1.1.1.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito

Tabla 4.1 Datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 8
Ubicación:	Quito	Ss= 2,04
		S1= 0,82
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00 Fv= 1,00
	C	Fa= 1,00 Fv= 1,30
	D	Fa= 1,00 Fv= 1,50

Tabla 4.2 Resultados ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito

RESULTADOS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN QUITO											
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico		
				Período dinámico T (seg)	Período fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn ^{0.75}]		Período máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=Cu.Ta]	Corte Basal (V) [V=Cs.w]		Corte Basal	
								V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
6 Niveles (18m)	2103,07	B	0,77	0,63	0,88	0,77	8,90%	187,17	7,04%	148,12	
12 Niveles(36m)	4254,74	B	1,74	1,17	1,64	1,64	5,10%	216,99	3,38%	143,64	
18 Niveles (54m)	6406,40	B	2,75	1,69	2,36	2,36	5,10%	326,73	1,71%	109,26	
6 Niveles (18m)	2103,07	C	0,77	0,63	0,88	0,77	11,50%	241,85	8,93%	187,78	
12 Niveles(36m)	4254,74	C	1,74	1,17	1,64	1,64	5,40%	229,76	4,34%	184,69	
18 Niveles (54m)	6406,40	C	2,75	1,69	2,36	2,36	5,10%	326,73	2,19%	140,57	
6 Niveles (18m)	2103,07	D	0,77	0,63	0,88	0,77	13,30%	279,71	10,20%	214,57	
12 Niveles(36m)	4254,74	D	1,74	1,17	1,64	1,64	6,30%	268,05	4,89%	208,15	
18 Niveles (54m)	6406,40	D	2,75	1,69	2,36	2,36	5,10%	326,73	2,50%	160,20	

Gráfico 4.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito

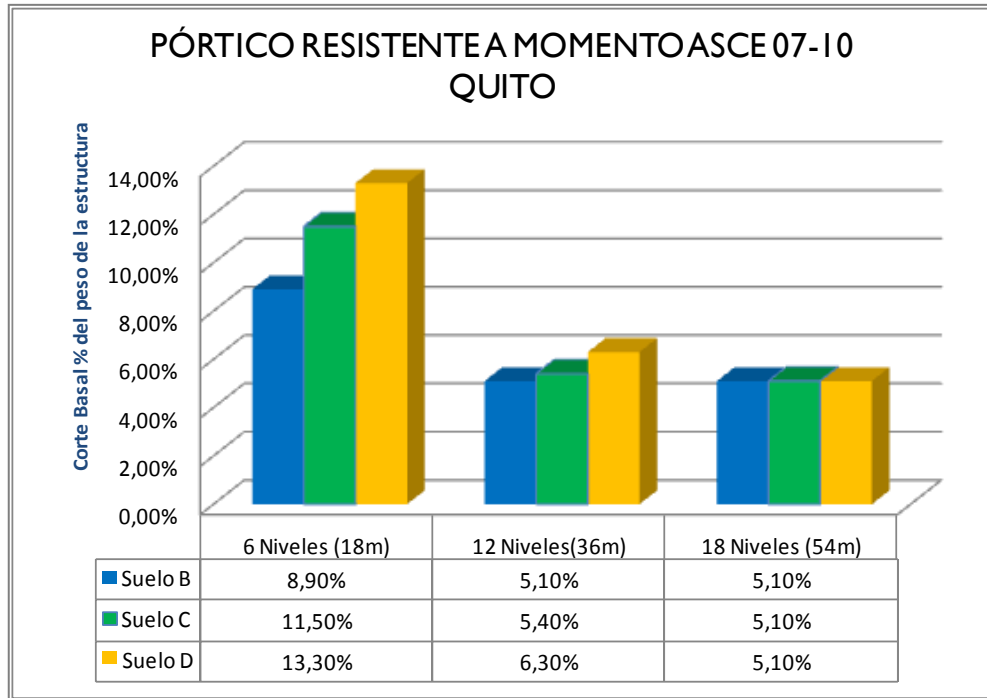
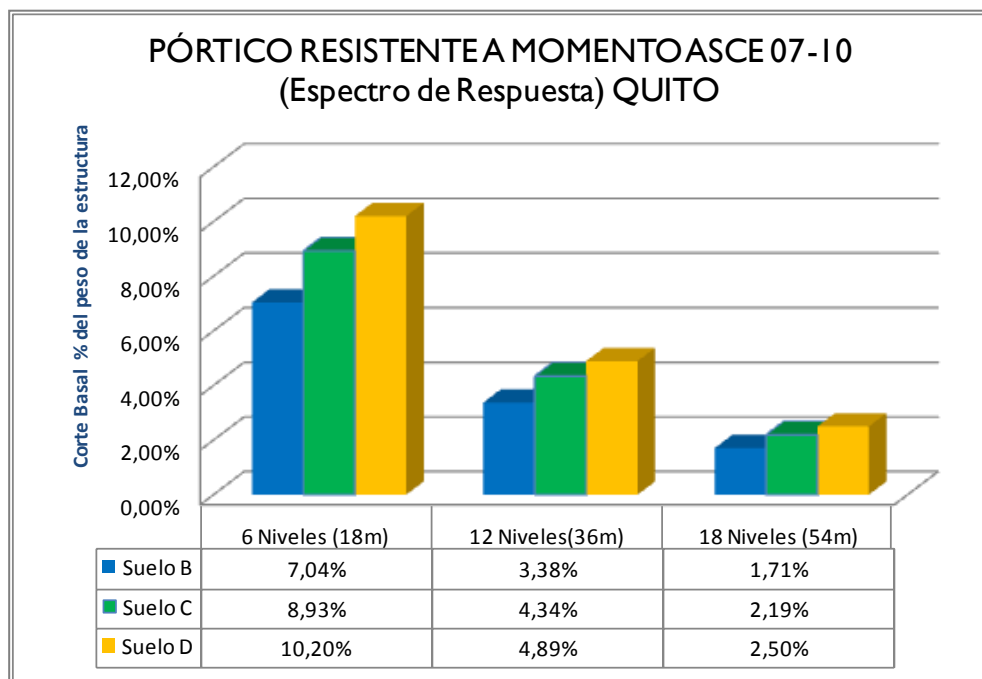


Gráfico 4.2 Resultados Corte Basal: ASCE 07-10: (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito



4.1.1.1.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito

Tabla 4.3 Datos: NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 6	
Ubicación:	Quito	Z= 0,4 $\eta= 2,48$	
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00	Fs= 0,75
		Fd= 1,00	r= 1,00
	C	Fa= 1,20	Fs= 1,30
		Fd= 1,30	r= 1,00
	D	Fa= 1,20	Fs= 1,50
		Fd= 1,40	r= 1,50

Tabla 4.4 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito

RESULTADOS NEC-11: SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN QUITO										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn ^α]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=1,3.Ta]		Corte Basal (V) [V=(I.Sa/R.φp.φR)w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
6 Niveles (18m)	2103,07	B	0,77	0,634	0,824	0,77	8,90%	187,17	7,05%	148,31
12 Niveles(36m)	4254,74	B	1,74	1,182	1,537	1,537	4,40%	187,21	3,61%	153,74
18 Niveles (54m)	6406,40	B	2,75	1,703	2,214	2,214	3,10%	198,60	2,40%	154,05
6 Niveles (18m)	2103,07	C	0,77	0,634	0,824	0,77	19,80%	416,41	15,04%	316,40
12 Niveles(36m)	4254,74	C	1,74	1,182	1,537	1,537	10,00%	425,47	7,12%	302,81
18 Niveles (54m)	6406,40	C	2,75	1,703	2,214	2,214	6,90%	442,04	4,77%	305,68
6 Niveles (18m)	2103,07	D	0,77	0,634	0,824	0,77	19,80%	416,41	15,01%	315,74
12 Niveles(36m)	4254,74	D	1,74	1,182	1,537	1,537	9,80%	416,96	6,64%	282,45
18 Niveles (54m)	6406,40	D	2,75	1,703	2,214	2,214	5,70%	365,16	3,84%	245,85

Gráfico 4.3 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito

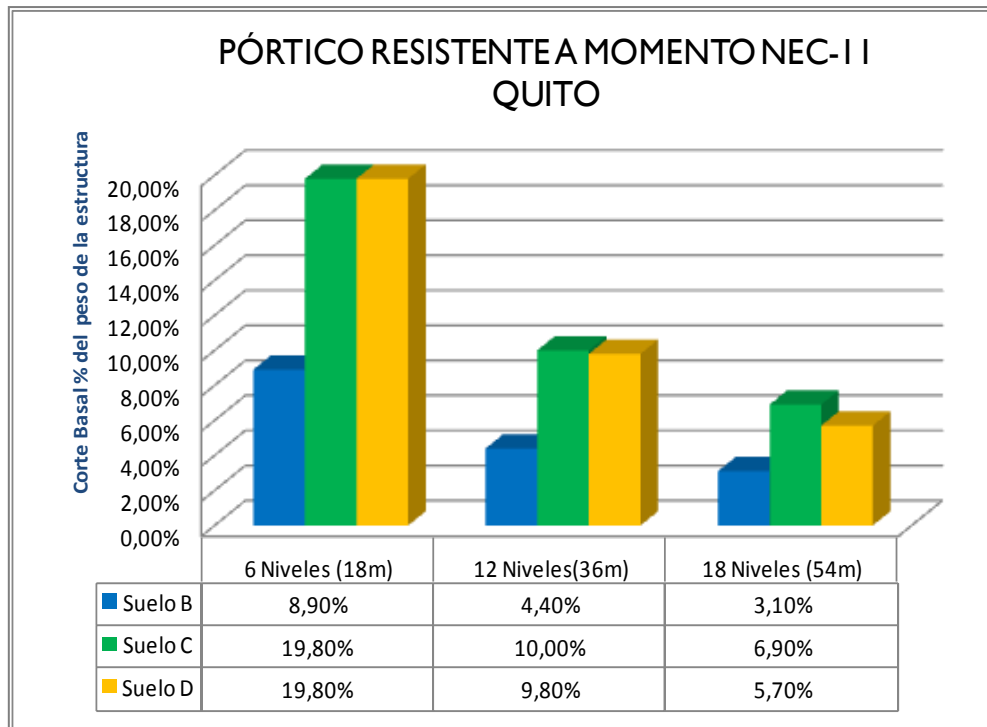
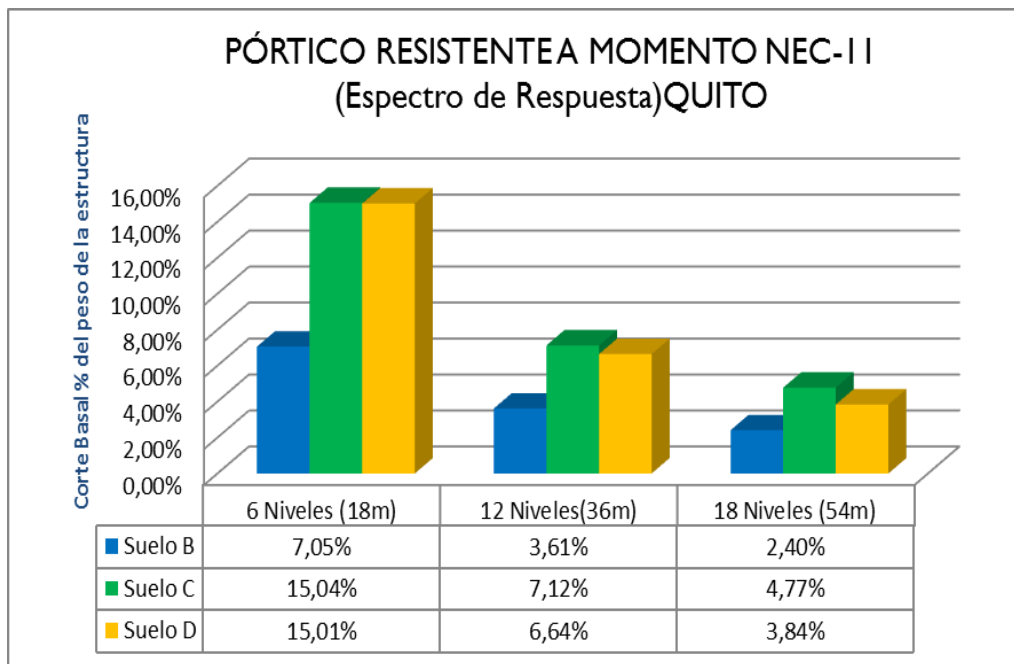


Gráfico 4.4 Resultados Corte Basal: NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Quito



4.1.1.2. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Manta

4.1.1.2.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta

Tabla 4.5 Datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 8
Ubicación:	Manta	Ss= 1,97 S1= 0,79
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00 Fv= 1,00
	C	Fa= 1,00 Fv= 1,30
	D	Fa= 1,00 Fv= 1,50

Tabla 4.6 Resultados ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta

RESULTADOS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN MANTA										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Período fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^x]	Período máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=Cu.Ta]		Corte Basal (V) [V=Cs.w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	Espectro de Respuesta	
			Período dinámico T (seg)			Período de diseño T(seg)	Cs	V (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
6 Niveles (18m)	2103,07	B	0,77	0,63	0,88	0,77	8,50%	178,76	6,79%	142,74
12 Niveles(36m)	4254,74	B	1,74	1,17	1,64	1,64	4,90%	208,48	3,25%	138,41
18 Niveles (54m)	6406,40	B	2,75	1,69	2,36	2,36	4,90%	313,91	1,64%	105,26
6 Niveles (18m)	2103,07	C	0,77	0,63	0,88	0,77	11,10%	233,44	8,60%	180,95
12 Niveles(36m)	4254,74	C	1,74	1,17	1,64	1,64	5,20%	221,25	4,18%	177,95
18 Niveles (54m)	6406,40	C	2,75	1,69	2,36	2,36	4,90%	313,91	2,11%	135,46
6 Niveles (18m)	2103,07	D	0,77	0,63	0,88	0,77	12,80%	269,19	9,83%	206,75
12 Niveles(36m)	4254,74	D	1,74	1,17	1,64	1,64	6,00%	255,28	4,71%	200,61
18 Niveles (54m)	6406,40	D	2,75	1,69	2,36	2,36	4,90%	313,91	2,41%	154,36

Gráfico 4.5 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta

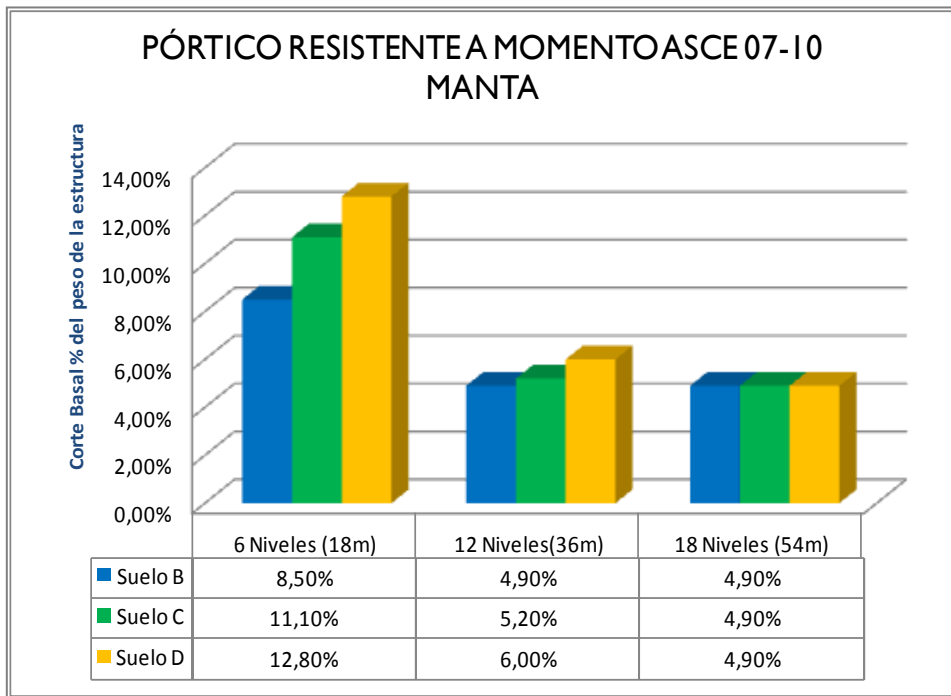
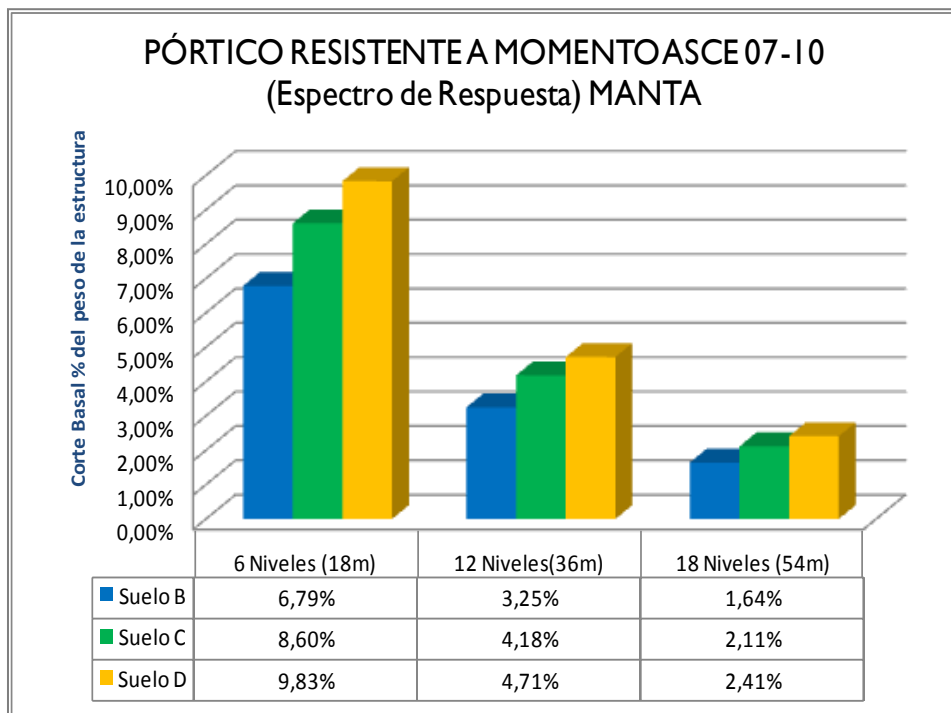


Gráfico 4.6 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta



4.1.1.2.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta

Tabla 4.7 Datos: NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 6	
Ubicación:	Manta	Z= 0,5 η= 1.80	
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00	Fs= 0,75
		Fd= 1,00	r= 1,00
	C	Fa= 1,18	Fs= 1,45
		Fd= 1,25	r= 1,00
	D	Fa= 1,15	Fs= 1,65
		Fd= 1,30	r= 1,50

Tabla 4.8 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta

RESULTADOS NEC-11: SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN MANTA											
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático			Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo dinámico T	Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^α]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=1,3.Ta]		Corte Basal (V) [V=(I.Sa/R.φp.φR)w]		Corte Basal	
								V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	Espectro de Respuesta	
										I.Sa/R.φp.φR	V (t)
6 Niveles (18m)	2103,07	B	0,77	0,634	0,824	0,77	8,00%	168,25	6,40%	134,68	
12 Niveles(36m)	4254,74	B	1,74	1,182	1,537	1,537	4,00%	170,19	3,07%	130,47	
18 Niveles (54m)	6406,40	B	2,75	1,703	2,214	2,214	2,80%	179,38	2,19%	140,17	
6 Niveles (18m)	2103,07	C	0,77	0,634	0,824	0,77	17,70%	372,24	13,40%	281,81	
12 Niveles(36m)	4254,74	C	1,74	1,182	1,537	1,537	9,70%	412,71	6,89%	292,97	
18 Niveles (54m)	6406,40	C	2,75	1,703	2,214	2,214	6,80%	435,64	4,60%	294,60	
6 Niveles (18m)	2103,07	D	0,77	0,634	0,824	0,77	17,30%	363,83	13,05%	274,45	
12 Niveles(36m)	4254,74	D	1,74	1,182	1,537	1,537	9,40%	399,95	6,28%	267,27	
18 Niveles (54m)	6406,40	D	2,75	1,703	2,214	2,214	5,40%	345,95	3,57%	228,98	

Gráfico 4.7 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta

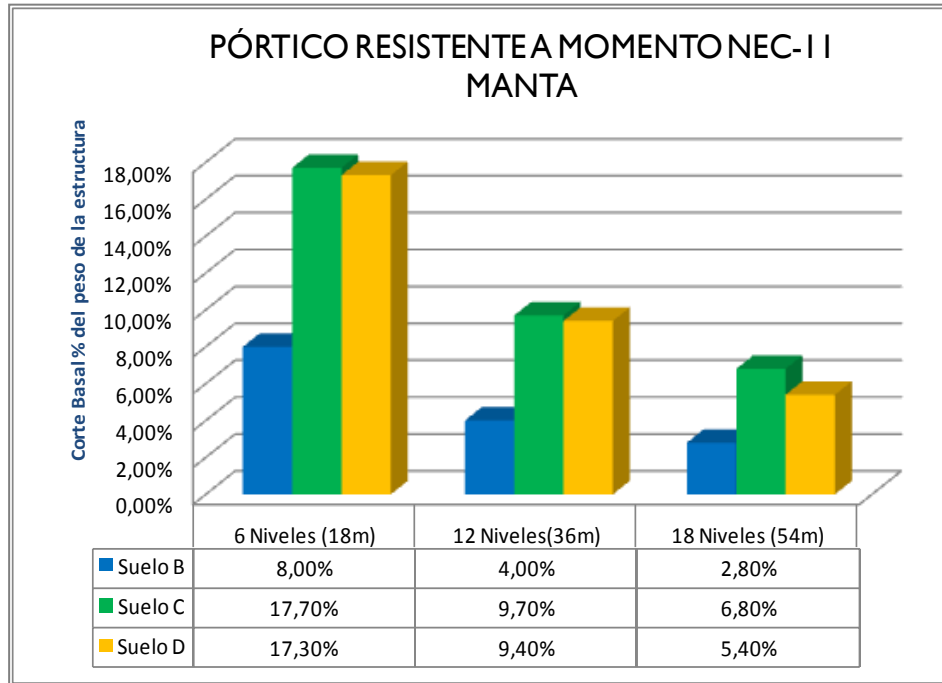
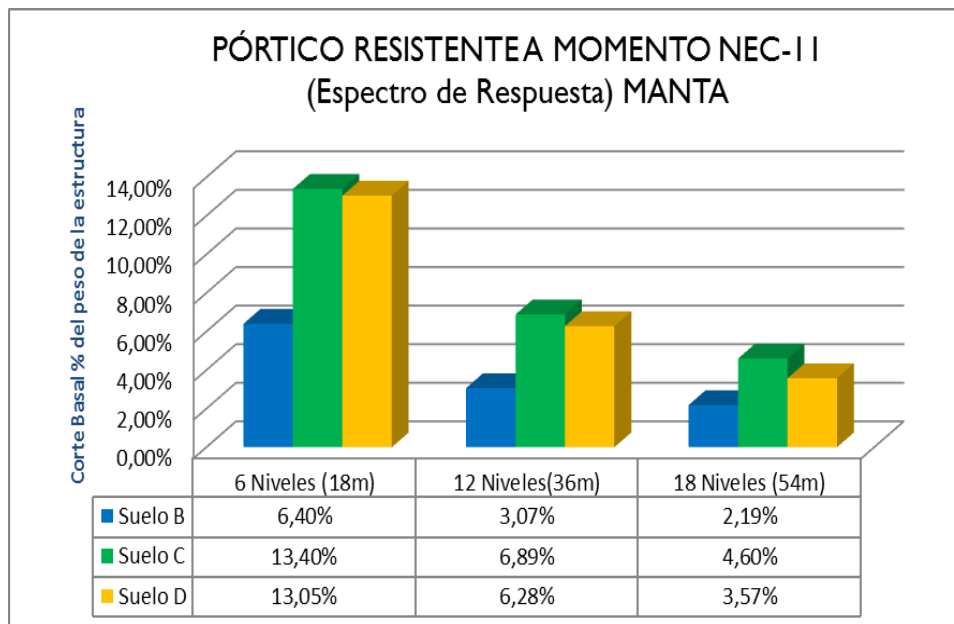


Gráfico 4.8 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Manta



4.1.1.3. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Esmeraldas

4.1.1.3.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas

Tabla 4.9 Datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 8
Ubicación:	Esmeraldas	Ss= 3.42 S1= 1.37
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00 Fv= 1,00
	C	Fa= 1,00 Fv= 1,30
	D	Fa= 1,00 Fv= 1,50

Tabla 4.10 Resultados ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas

RESULTADOS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN ESMERALDAS											
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático			Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo dinámico T (seg)	Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn ^{0.75}]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=Cu.Ta]		Corte Basal (V) [V=Cs.w]		Corte Basal	
								V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
6 Niveles (18m)	2103,07	B	0,77	0,63	0,88	0,77	14,80%	311,25	11,77%	247,58	
12 Niveles(36m)	4254,74	B	1,74	1,17	1,64	1,64	8,60%	365,91	5,64%	240,04	
18 Niveles (54m)	6406,40	B	2,75	1,69	2,36	2,36	8,60%	550,95	2,85%	182,54	
6 Niveles (18m)	2103,07	C	0,77	0,63	0,88	0,77	19,30%	405,89	14,92%	313,82	
12 Niveles(36m)	4254,74	C	1,74	1,17	1,64	1,64	9,00%	382,93	7,25%	308,6	
18 Niveles (54m)	6406,40	C	2,75	1,69	2,36	2,36	8,60%	550,95	3,67%	234,94	
6 Niveles (18m)	2103,07	D	0,77	0,63	0,88	0,77	22,20%	466,88	17,05%	358,56	
12 Niveles(36m)	4254,74	D	1,74	1,17	1,64	1,64	10,40%	442,49	8,18%	347,95	
18 Niveles (54m)	6406,40	D	2,75	1,69	2,36	2,36	8,60%	550,95	4,18%	267,72	

Gráfico 4.9 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas

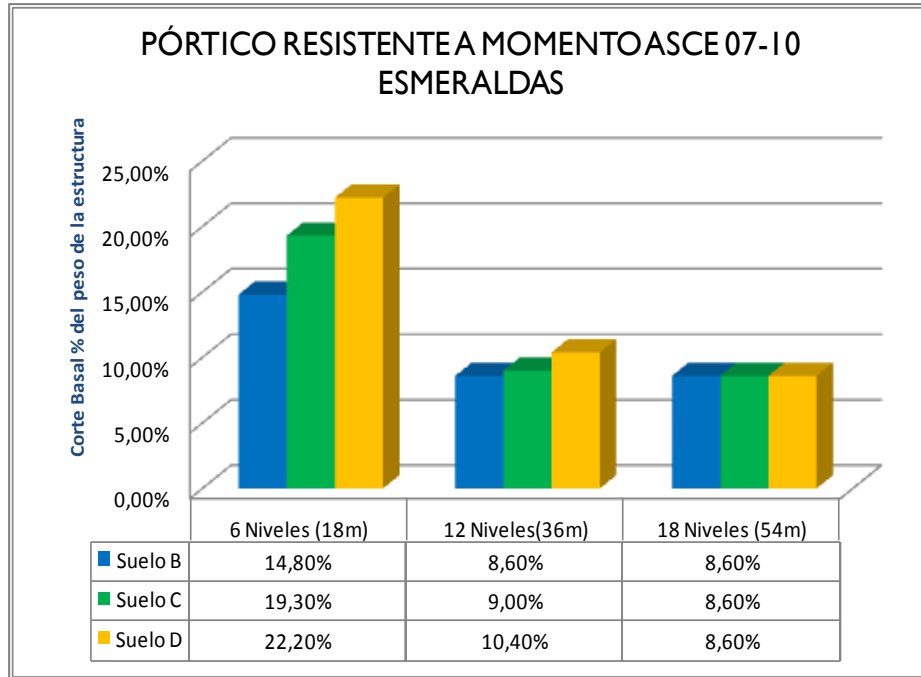
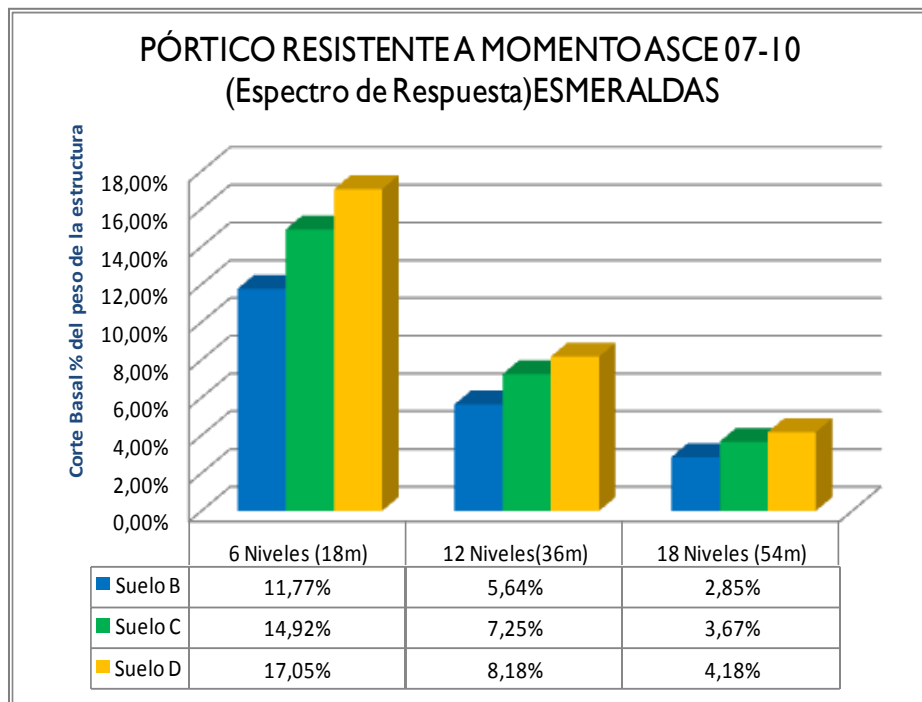


Gráfico 4.10 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal) : Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas



4.1.1.3.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas

Tabla 4.11 Datos: NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 6	
Ubicación:	Esmeraldas	Z= 0,5 η= 2.48	
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00	Fs= 0,75
		Fd= 1,00	r= 1,00
	C	Fa= 1,18	Fs= 1,45
		Fd= 1,25	r= 1,00
	D	Fa= 1,15	Fs= 1,65
		Fd= 1,30	r= 1,50

Tabla 4.12 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas

RESULTADOS NEC-11: SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN ESMERALDAS										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^α]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=1,3.Ta]		Corte Basal (V) [V=(I.Sa/R.φp.φR)w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
			Periodo dinámico T			Periodo de diseño T(seg)	I.Sa/R.φp.φR	V (t)		
6 Niveles (18m)	2103,07	B	0,77	0,634	0,824	0,77	11,00%	231,34	8,81%	185,31
12 Niveles(36m)	4254,74	B	1,74	1,182	1,537	1,537	5,50%	234,01	4,21%	179,33
18 Niveles (54m)	6406,40	B	2,75	1,703	2,214	2,214	3,90%	249,85	3,01%	192,81
6 Niveles (18m)	2103,07	C	0,77	0,634	0,824	0,77	24,40%	513,15	18,45%	388,00
12 Niveles(36m)	4254,74	C	1,74	1,182	1,537	1,537	13,40%	570,14	9,48%	403,24
18 Niveles (54m)	6406,40	C	2,75	1,703	2,214	2,214	9,30%	595,80	6,33%	405,70
6 Niveles (18m)	2103,07	D	0,77	0,634	0,824	0,77	23,80%	500,53	17,99%	378,42
12 Niveles(36m)	4254,74	D	1,74	1,182	1,537	1,537	13,00%	553,12	8,66%	368,35
18 Niveles (54m)	6406,40	D	2,75	1,703	2,214	2,214	7,50%	480,48	4,92%	315,38

Gráfico 4.11 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas

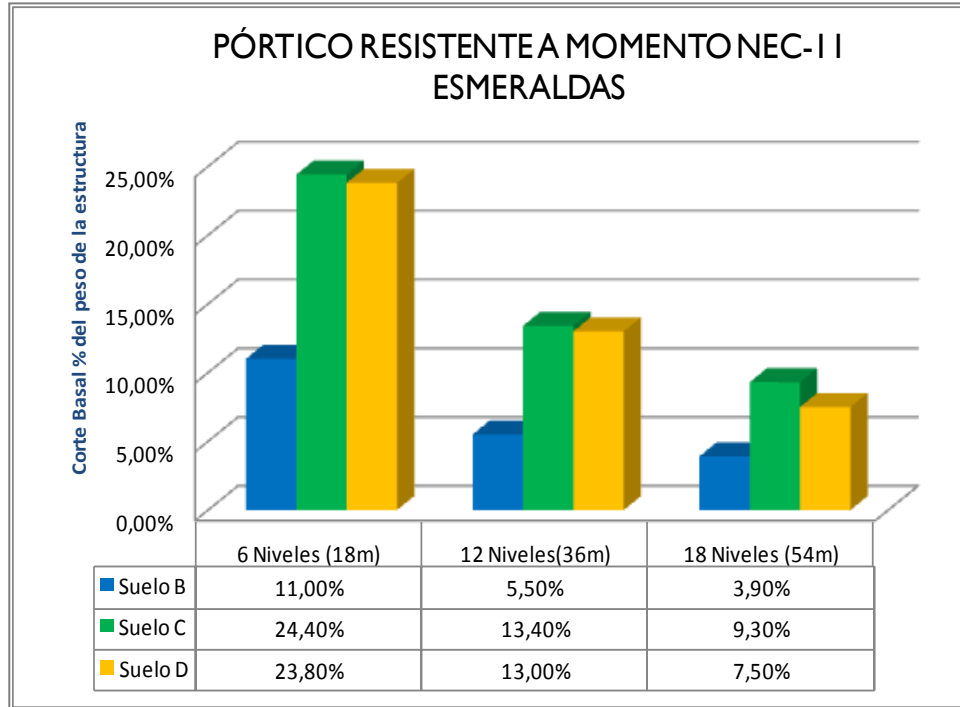
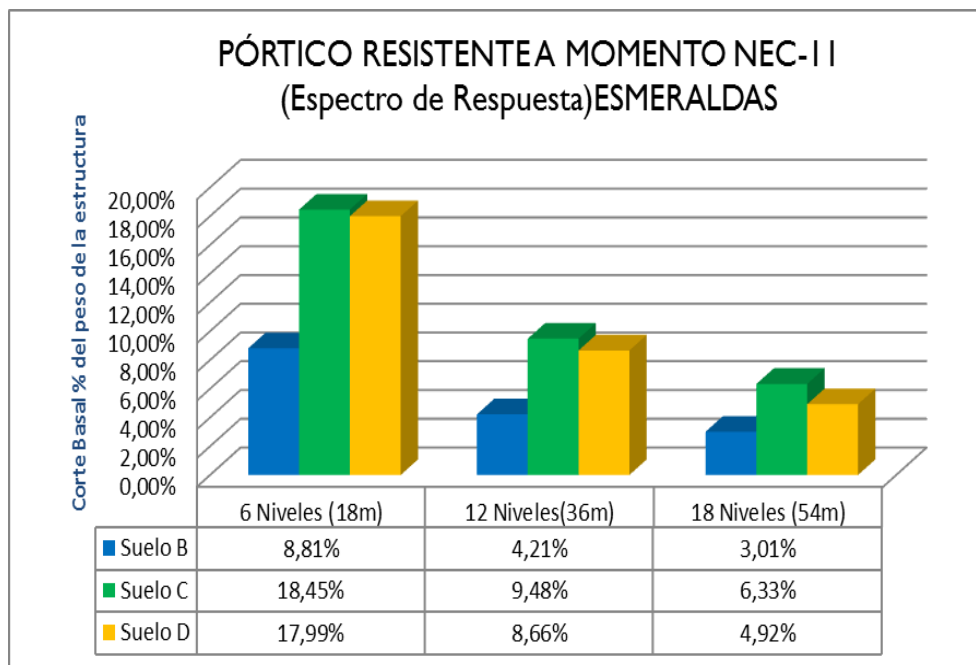


Gráfico 4.12 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón-Esmeraldas



4.1.2 Sistema Resultados ASCE07-10: Sistema Dual de Hormigón

4.1.2.1. Corte Basal Sistema Dual de Hormigón: Quito

4.1.2.1.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón-Quito

Tabla 4.13 Datos: ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón -Quito

Sistema estructural: Sistema Dual de Hormigón		R= 7
Ubicación:	Quito	Ss= 2,04
		S1= 0,82
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00 Fv= 1,00
	C	Fa= 1,00 Fv= 1,30
	D	Fa= 1,00 Fv= 1,50

Tabla 4.14 Resultados ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón –Quito

RESULTADOS ASCE 07-10: SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN QUITO										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Período fundamental (Ta)	Período máximo permitido (Tmáx)		Corte Basal (V) [V=Cs.w]		Corte Basal	
						Período dinámico T (seg)	[Ta=Ct.hn^x]	[Tmáx=Cu.Ta]	Período de diseño T(seg)	V como % del peso de la estructura
6 Niveles (18m)	2252,13	B	0,24	0,63	0,88	0,24	19,40%	436,91	13,44%	302,69
12 Niveles(36m)	3991,19	B	0,73	1,17	1,64	0,73	10,70%	427,06	9,15%	365,11
18 Niveles (54m)	6810,25	B	1,39	1,69	2,36	1,39	5,90%	401,80	5,31%	361,45
6 Niveles (18m)	2252,13	C	0,24	0,63	0,88	0,24	19,40%	436,91	13,44%	302,68
12 Niveles(36m)	3991,19	C	0,73	1,17	1,64	0,73	13,90%	554,78	11,31%	451,42
18 Niveles (54m)	6810,25	C	1,39	1,69	2,36	1,39	7,30%	497,15	6,12%	416,88
6 Niveles (18m)	2252,13	D	0,24	0,63	0,88	0,24	19,40%	436,91	13,44%	302,68
12 Niveles(36m)	3991,19	D	0,73	1,17	1,64	0,73	16,00%	638,59	12,80%	510,85
18 Niveles (54m)	6810,25	D	1,39	1,69	2,36	1,39	8,40%	572,06	6,71%	456,93

Gráfico 4.13 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) : Sistema Dual de Hormigón –Quito

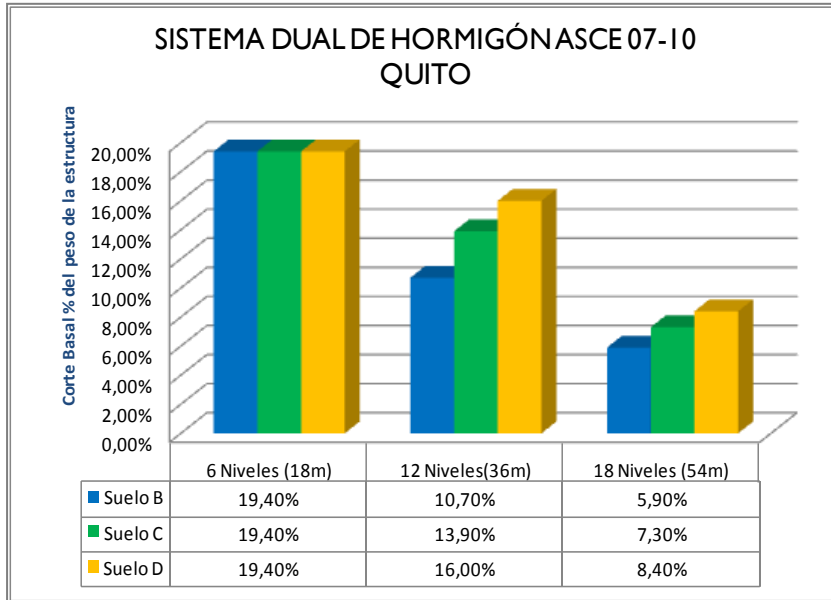
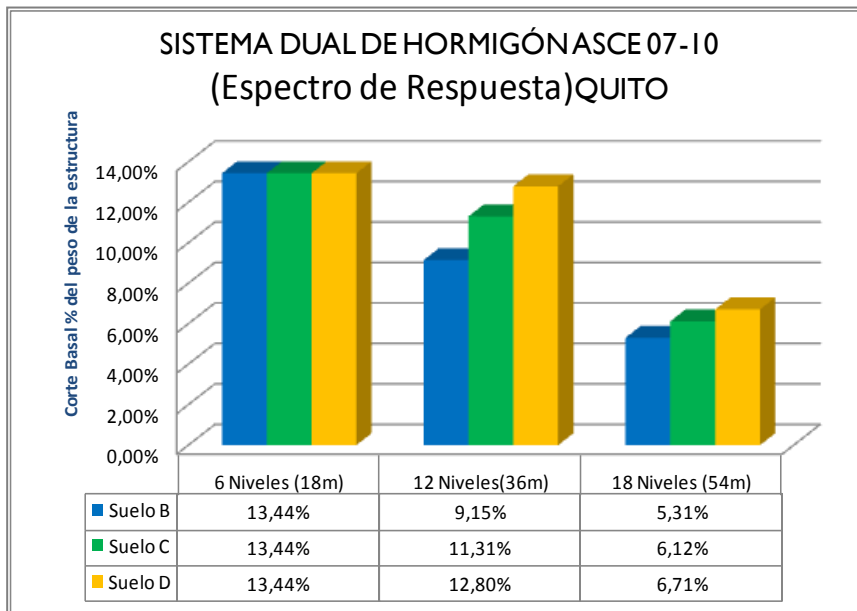


Gráfico 4.14 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón -Quito



4.1.2.1.2 Corte Basal según NEC-11 Sistema Dual de Hormigón: Quito

Tabla 4.15 Datos: NEC-11: Sistema Dual de Hormigón -Quito

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 6	
Ubicación:	Quito	Z= 0,4 η= 2,48	
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00	Fs= 0,75
		Fd= 1,00	r= 1,00
	C	Fa= 1,20	Fs= 1,30
		Fd= 1,30	r= 1,00
	D	Fa= 1,20	Fs= 1,50
		Fd= 1,40	r= 1,50

Tabla 4.16 Resultados NEC-11: Sistema Dual de Hormigón –Quito

RESULTADOS NEC-11: SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN QUITO										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn ^α]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=1,3.Ta]		Corte Basal (V) [V=(I.Sa/R.φp.φR)w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
			Periodo dinámico T			Periodo de diseño T(seg)	I.Sa/R.φp.φR	V (t)		
6 Niveles (18m)	2252,13	B	0,24	0,428	0,557	0,24	14,20%	319,80	9,82%	221,05
12 Niveles(36m)	3991,19	B	0,73	0,72	0,936	0,73	8,00%	319,30	6,83%	272,47
18 Niveles (54m)	6810,25	B	1,39	0,976	1,269	1,269	4,60%	313,27	3,93%	267,59
6 Niveles (18m)	2252,13	C	0,24	0,428	0,557	0,24	17,00%	382,86	11,80%	265,79
12 Niveles(36m)	3991,19	C	0,73	0,72	0,936	0,73	17,00%	678,50	13,30%	530,98
18 Niveles (54m)	6810,25	C	1,39	0,976	1,269	1,269	10,40%	708,27	7,02%	478,06
6 Niveles (18m)	2252,13	D	0,24	0,428	0,557	0,24	17,00%	382,86	11,78%	265,33
12 Niveles(36m)	3991,19	D	0,73	0,72	0,936	0,73	17,00%	678,50	13,23%	527,94
18 Niveles (54m)	6810,25	D	1,39	0,976	1,269	1,269	11,20%	762,75	7,22%	491,56

Gráfico 4.15 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático): Sistema Dual de Hormigón -Quito

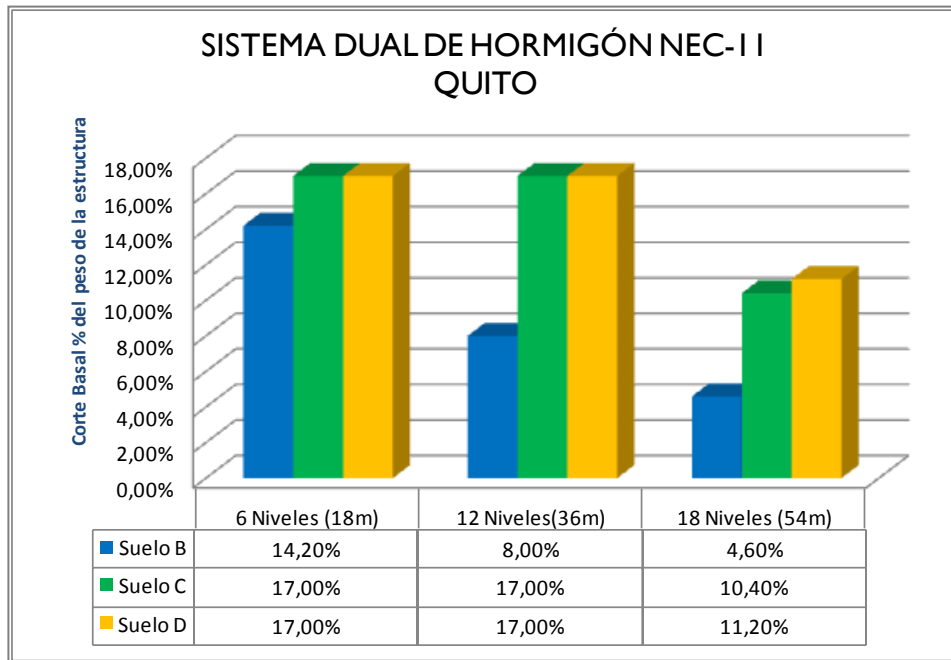
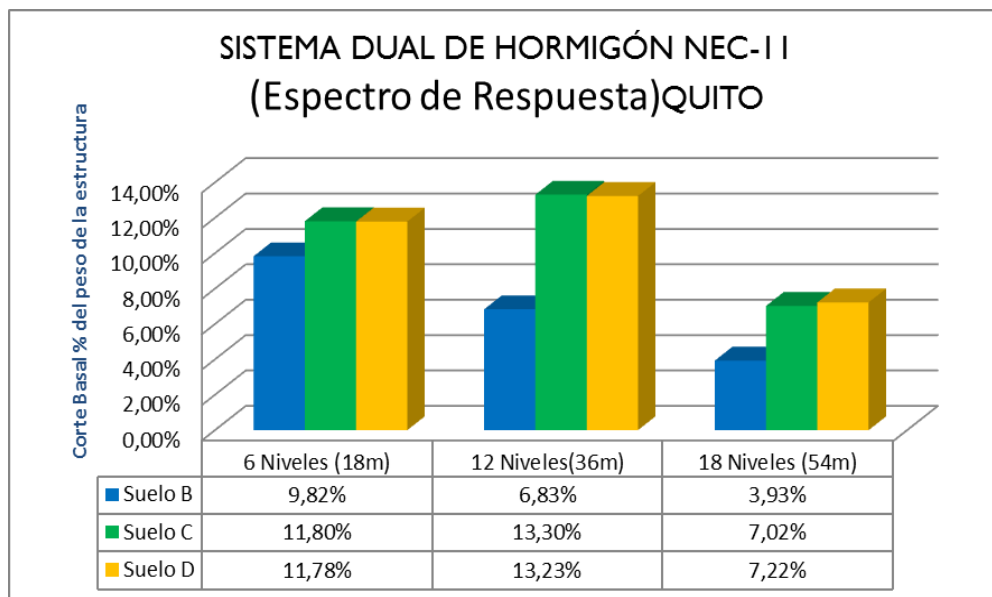


Gráfico 4.16 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón –Quito



4.1.2.2. Corte Basal Sistema Dual de Hormigón: Manta

4.1.2.2.1 Corte Basal según ASCE 07-10 Sistema Dual de Hormigón: Manta

Tabla 4.17 Datos: ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón –Manta

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 7
Ubicación:	Manta	Ss= 1,97 S1= 0,79
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00 Fv= 1,00
	C	Fa= 1,00 Fv= 1,30
	D	Fa= 1,00 Fv= 1,50

Tabla 4.18 Resultados ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón –Manta

RESULTADOS ASCE 07-10: SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN MANTA										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^x]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=Cu.Ta]		Corte Basal (V) [V=Cs.w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	Espectro de Respuesta	
			Periodo dinámico T (seg)			Periodo de diseño T(seg)	Cs	V (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
6 Niveles (18m)	2252,13	B	0,24	0,63	0,88	0,24	18,80%	423,40	12,93%	291,31
12 Niveles(36m)	3991,19	B	0,73	1,17	1,64	0,73	10,30%	411,09	8,82%	351,94
18 Niveles (54m)	6810,25	B	1,39	1,69	2,36	1,39	5,60%	381,37	5,12%	348,66
6 Niveles (18m)	2252,13	C	0,24	0,63	0,88	0,24	18,80%	423,40	12,98%	292,3
12 Niveles(36m)	3991,19	C	0,73	1,17	1,64	0,73	13,40%	534,82	10,90%	435,06
18 Niveles (54m)	6810,25	C	1,39	1,69	2,36	1,39	7,00%	476,72	5,90%	402
6 Niveles (18m)	2252,13	D	0,24	0,63	0,88	0,24	18,80%	423,40	12,98%	292,3
12 Niveles(36m)	3991,19	D	0,73	1,17	1,64	0,73	15,50%	618,63	12,33%	492,3
18 Niveles (54m)	6810,25	D	1,39	1,69	2,36	1,39	8,10%	551,63	6,47%	440,56

Gráfico 4.17 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) Sistema Dual de Hormigón -Manta

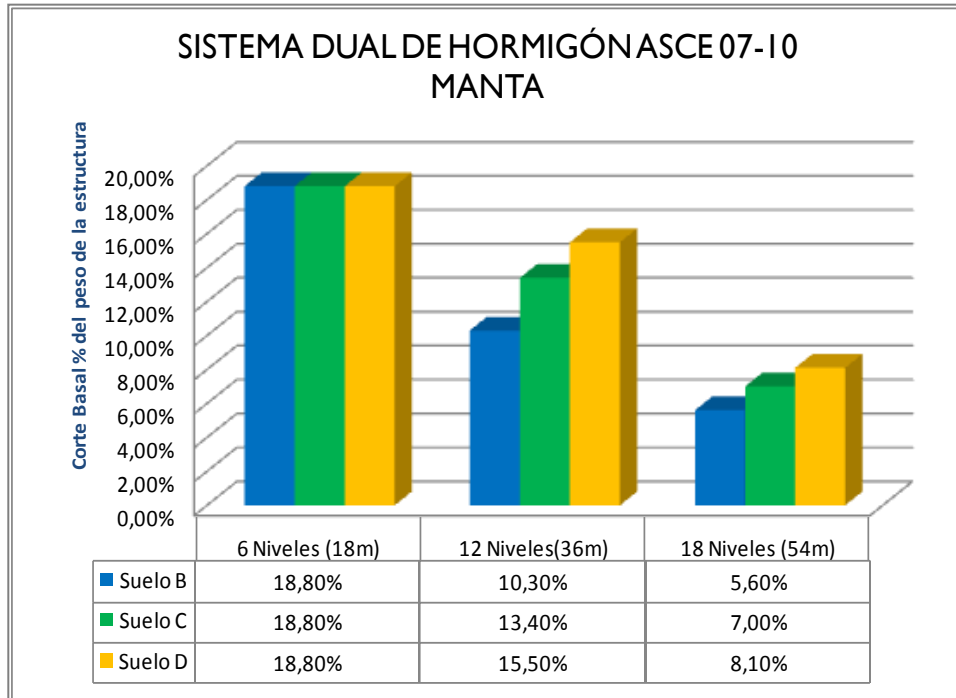
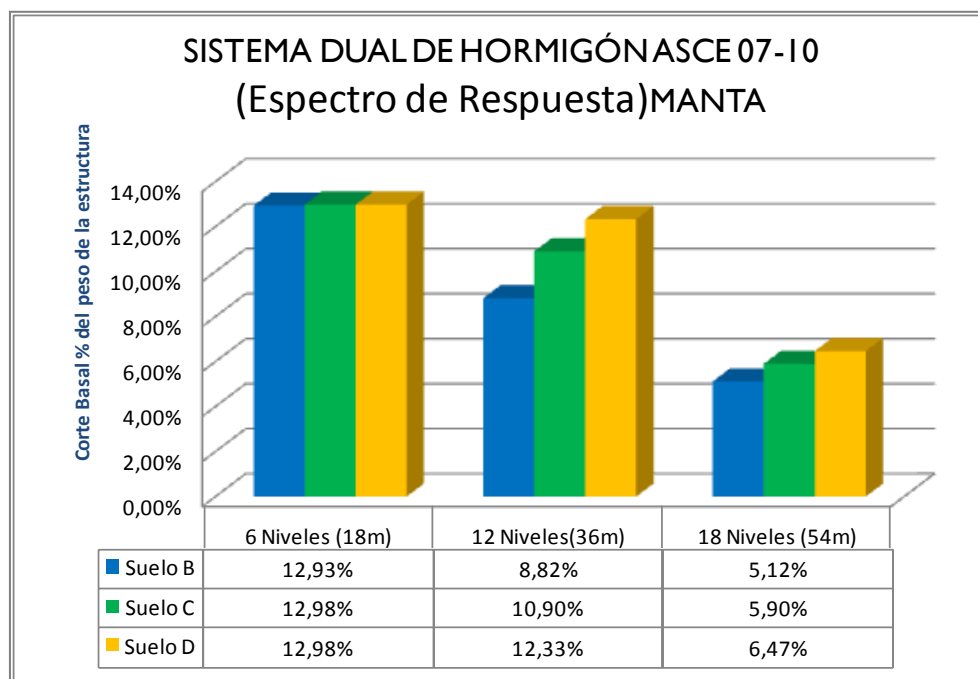


Gráfico 4.18 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón -Manta



4.1.2.2.2 Corte Basal según NEC-11 Sistema Dual de Hormigón: Manta

Tabla 4.19 Datos: NEC-11: Sistema Dual de Hormigón -Manta

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 7	
Ubicación:	Manta	Z= 0,5 η= 1.80	
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00	Fs= 0,75
		Fd= 1,00	r= 1,00
	C	Fa= 1,18	Fs= 1,45
		Fd= 1,25	r= 1,00
	D	Fa= 1,15	Fs= 1,65
		Fd= 1,30	r= 1,50

Tabla 4.20 Resultados NEC-11: Sistema Dual de Hormigón –Manta

RESULTADOS NEC-11: SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN MANTA											
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático			Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo dinámico T	Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^α]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=1,3.Ta]		Corte Basal (V) [V=(I.Sa/R.φp.φR)w]		Corte Basal	
			V como % del peso de la estructura				Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)		
									I.Sa/R.φp.φR	V (t)	
6 Niveles (18m)	2252,13	B	0,24	0,428	0,557	0,24	12,90%	290,52	8,91%	200,6	
12 Niveles(36m)	3991,19	B	0,73	0,72	0,936	0,73	7,30%	291,36	6,20%	247,54	
18 Niveles (54m)	6810,25	B	1,39	0,976	1,269	1,269	4,20%	286,03	3,57%	243,01	
6 Niveles (18m)	2252,13	C	0,24	0,428	0,557	0,24	15,20%	342,32	10,56%	237,86	
12 Niveles(36m)	3991,19	C	0,73	0,72	0,936	0,73	15,20%	606,66	11,85%	472,89	
18 Niveles (54m)	6810,25	C	1,39	0,976	1,269	1,269	10,10%	687,84	6,71%	457,26	
6 Niveles (18m)	2252,13	D	0,24	0,428	0,557	0,24	14,80%	333,32	10,24%	230,58	
12 Niveles(36m)	3991,19	D	0,73	0,72	0,936	0,73	14,80%	590,70	11,48%	458,26	
18 Niveles (54m)	6810,25	D	1,39	0,976	1,269	1,269	10,70%	728,70	6,80%	463,34	

Gráfico 4.19 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático) : Sistema Dual de Hormigón -Manta

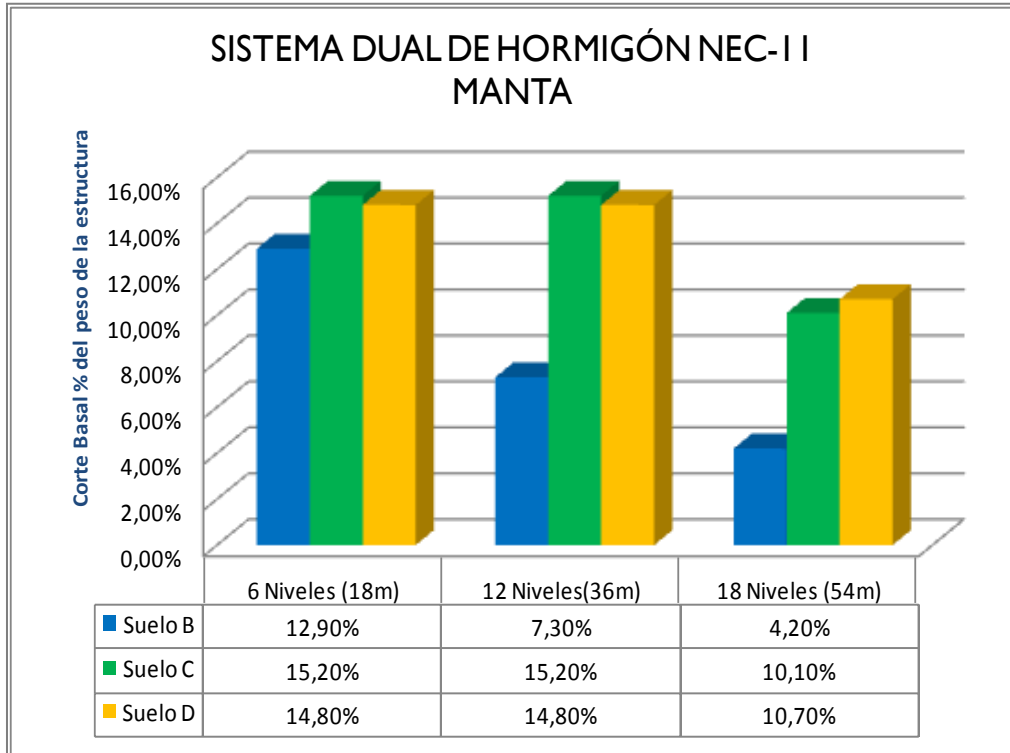
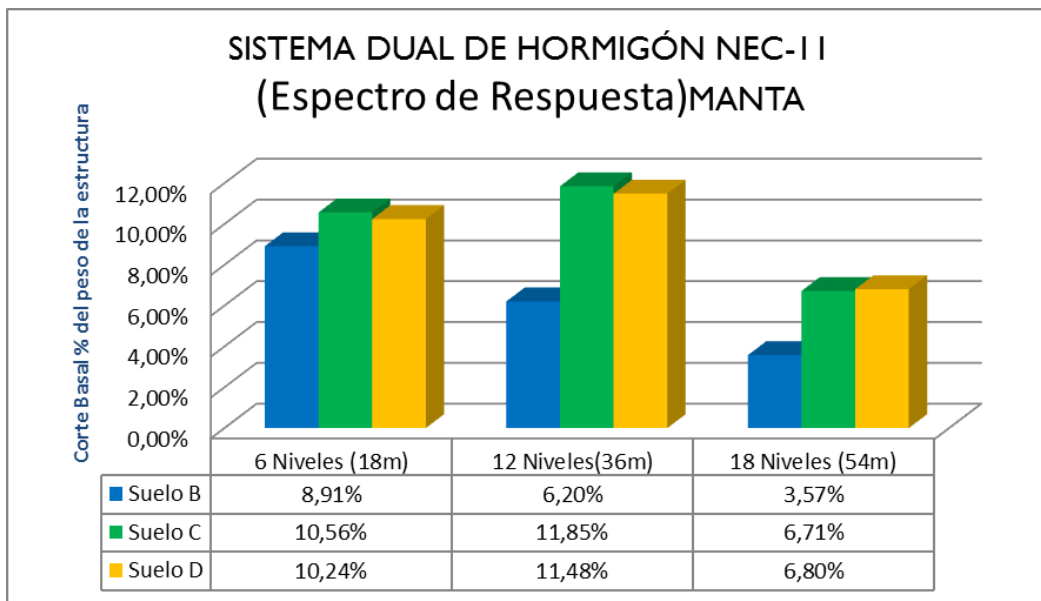


Gráfico 4.20 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón -Manta



4.1.2.3. Corte Basal Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas

4.1.2.3.1 Corte Basal según ASCE 07-10 Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas

Tabla 4.21 Datos: ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón -Esmeraldas

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 7
Ubicación:	Esmeraldas	Ss= 3.42 S1= 1.37
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00 Fv= 1,00
	C	Fa= 1,00 Fv= 1,30
	D	Fa= 1,00 Fv= 1,50

Tabla 4.22 Resultados ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón Esmeraldas

RESULTADOS ASCE 07-10: SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN ESMERALDAS										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Período fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^x]	Período máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=Cu.Ta]		Corte Basal (V) [V=Cs.w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
			Período dinámico T (seg)			Período de diseño T(seg)	Cs	V (t)		
6 Niveles (18m)	2252,13	B	0,24	0,63	0,88	0,24	32,60%	734,19	22,53%	507,46
12 Niveles(36m)	3991,19	B	0,73	1,17	1,64	0,73	17,90%	714,42	15,30%	610,48
18 Niveles (54m)	6810,25	B	1,39	1,69	2,36	1,39	9,80%	667,40	8,88%	604,97
6 Niveles (18m)	2252,13	C	0,24	0,63	0,88	0,24	32,60%	734,19	22,53%	507,36
12 Niveles(36m)	3991,19	C	0,73	1,17	1,64	0,73	23,20%	925,96	18,91%	754,6
18 Niveles (54m)	6810,25	C	1,39	1,69	2,36	1,39	12,20%	830,85	10,24%	697,44
6 Niveles (18m)	2252,13	D	0,24	0,63	0,88	0,24	32,60%	734,19	22,53%	507,43
12 Niveles(36m)	3991,19	D	0,73	1,17	1,64	0,73	26,80%	1069,64	21,39%	853,85
18 Niveles (54m)	6810,25	D	1,39	1,69	2,36	1,39	14,10%	960,25	11,22%	764,27

Gráfico 4.21 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) Sistema Dual de Hormigón -Esmeraldas

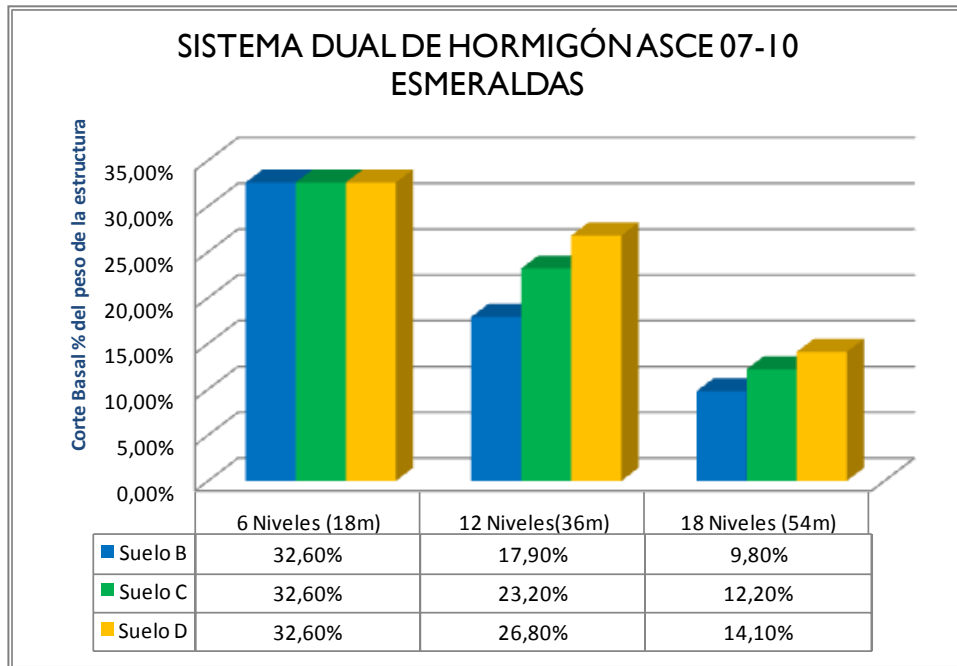
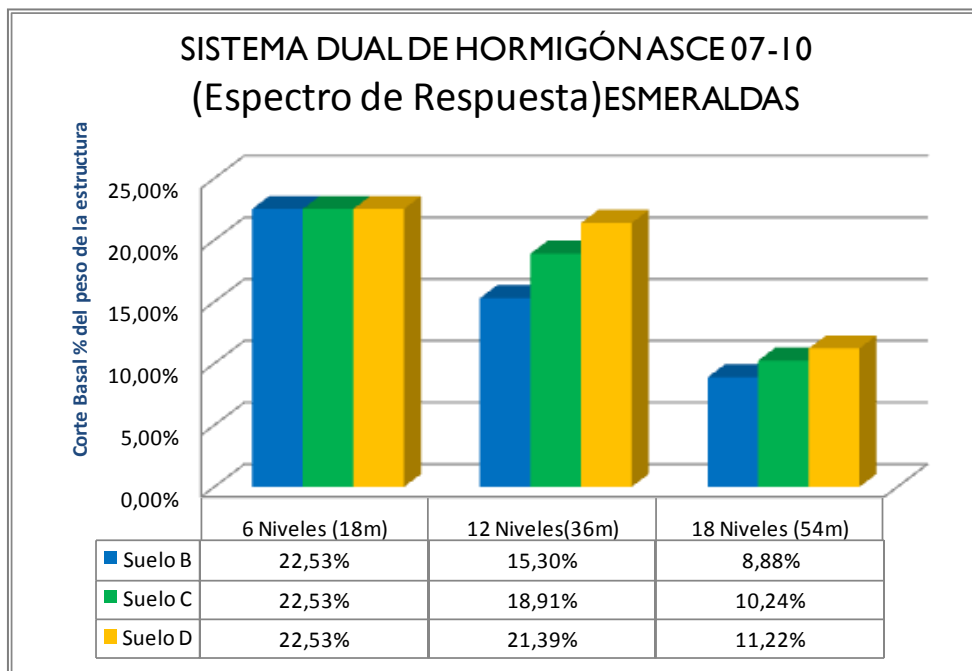


Gráfico 4.22 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón -Esmeraldas



4.1.2.3.2 Corte Basal según NEC-11 Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas

Tabla 4.23 Datos: NEC-11: Sistema Dual de Hormigón –Esmeraldas

Sistema estructural: Pórtico Resistente a Momento de Hormigón		R= 7	
Ubicación:	Esmeraldas	Z= 0,5 η= 2.48	
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00	Fs= 0,75
		Fd= 1,00	r= 1,00
	C	Fa= 1,18	Fs= 1,45
		Fd= 1,25	r= 1,00
	D	Fa= 1,15	Fs= 1,65
		Fd= 1,30	r= 1,50

Tabla 4.24 Resultados NEC-11: Sistema Dual de Hormigón –Esmeraldas

RESULTADOS NEC-11: SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN ESMERALDAS										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^α]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=1,3.Ta]		Corte Basal (V) [V=(I.Sa/R.φp.φR)w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
			Periodo dinámico T			Periodo de diseño T(seg)	I.Sa/R.φp.φR	V (t)		Vt (t)
6 Niveles (18m)	2252,13	B	0,24	0,428	0,557	0,24	17,70%	398,63	12,27%	276,25
12 Niveles(36m)	3991,19	B	0,73	0,72	0,936	0,73	10,00%	399,12	8,54%	340,7
18 Niveles (54m)	6810,25	B	1,39	0,976	1,269	1,269	5,80%	394,99	4,92%	334,75
6 Niveles (18m)	2252,13	C	0,24	0,428	0,557	0,24	20,90%	470,70	14,47%	325,988
12 Niveles(36m)	3991,19	C	0,73	0,72	0,936	0,73	20,90%	834,16	16,32%	651,25
18 Niveles (54m)	6810,25	C	1,39	0,976	1,269	1,269	13,90%	946,62	9,24%	629,51
6 Niveles (18m)	2252,13	D	0,24	0,428	0,557	0,24	20,40%	459,43	14,12%	318,03
12 Niveles(36m)	3991,19	D	0,73	0,72	0,936	0,73	20,40%	814,20	15,78%	629,78
18 Niveles (54m)	6810,25	D	1,39	0,976	1,269	1,269	14,80%	1007,92	9,37%	637,82

Gráfico 4.23 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático) : Sistema Dual de Hormigón -Esmeraldas

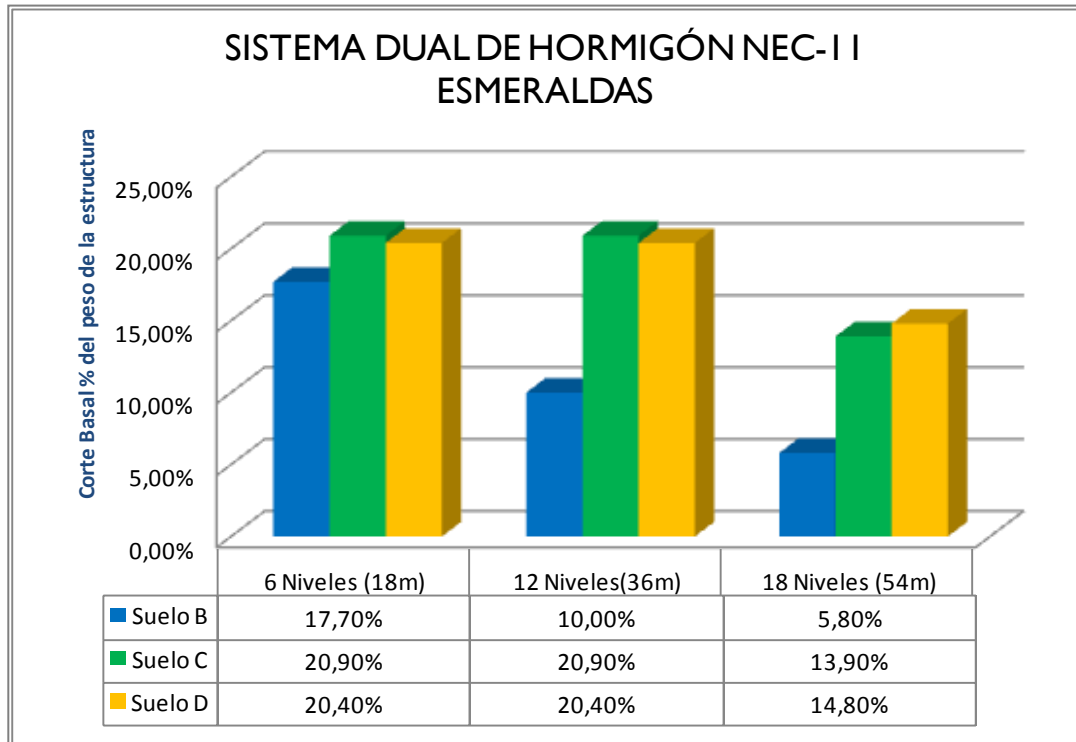
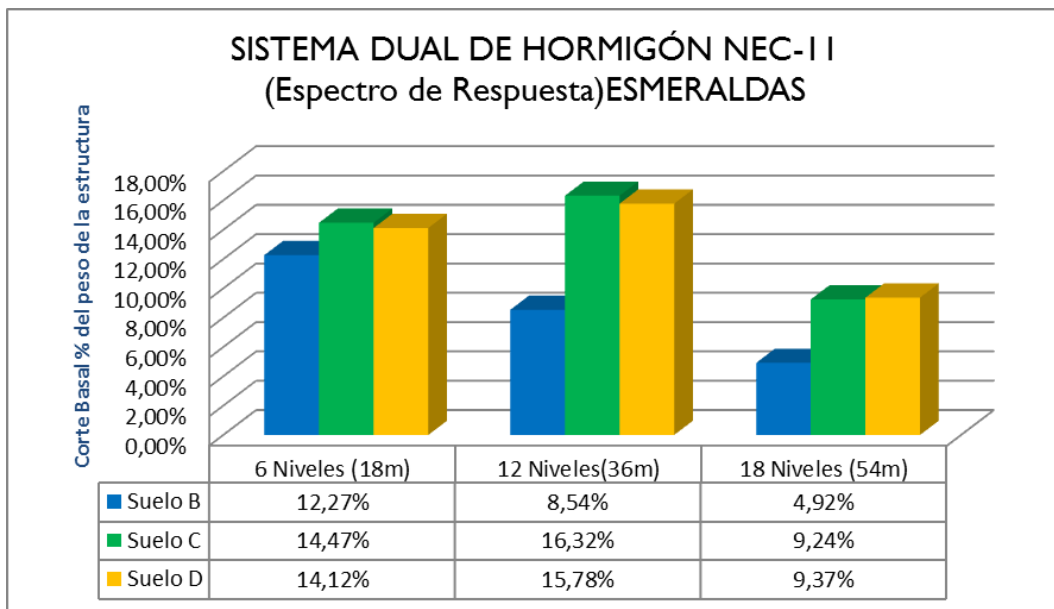


Gráfico 4.24 Resultados Corte Basal NEC-11: (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Dual de Hormigón -Esmeraldas



4.1.3 Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero

4.1.3.1. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Quito

4.1.3.1.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Quito

Tabla 4.25 Datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Quito

Sistema estructural: Pórtico Arriostrado de Acero		R= 7
Ubicación:	Quito	Ss= 2,04
		S1= 0,82
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00 Fv= 1,00
	C	Fa= 1,00 Fv= 1,30
	D	Fa= 1,00 Fv= 1,50

Tabla 4.26 Resultados ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Quito

RESULTADOS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO QUITO										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Período fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^x]	Período máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=Cu.Ta]		Corte Basal (V) [V=Cs.w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
			Período dinámico T (seg)			Período de diseño T(seg)	Cs	V (t)		
6 Niveles (18m)	1343,98	B	0,44	0,64	0,89	0,44	17,70%	308,21	14,69%	197,48
12 Niveles(36m)	2736,56	B	0,99	1,07	1,5	0,99	7,90%	273,59	6,69%	183,08
18 Niveles (54m)	4129,14	B	1,65	1,46	2,04	1,65	5,90%	279,96	4,33%	178,66
6 Niveles (18m)	1343,98	C	0,44	0,64	0,89	0,44	19,40%	343,64	15,89%	213,62
12 Niveles(36m)	2736,56	C	0,99	1,07	1,5	0,99	10,30%	354,05	8,37%	229,14
18 Niveles (54m)	4129,14	C	1,65	1,46	2,04	1,65	6,20%	279,96	5,51%	227,57
6 Niveles (18m)	1343,98	D	0,44	0,64	0,89	0,44	19,40%	253,30	15,89%	213,62
12 Niveles(36m)	2736,56	D	0,99	1,07	1,5	0,99	11,80%	225,31	9,52%	260,59
18 Niveles (54m)	4129,14	D	1,65	1,46	2,04	1,65	7,10%	279,96	6,11%	252,31

Gráfico 4.25 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Arriostrado de Acero -Quito

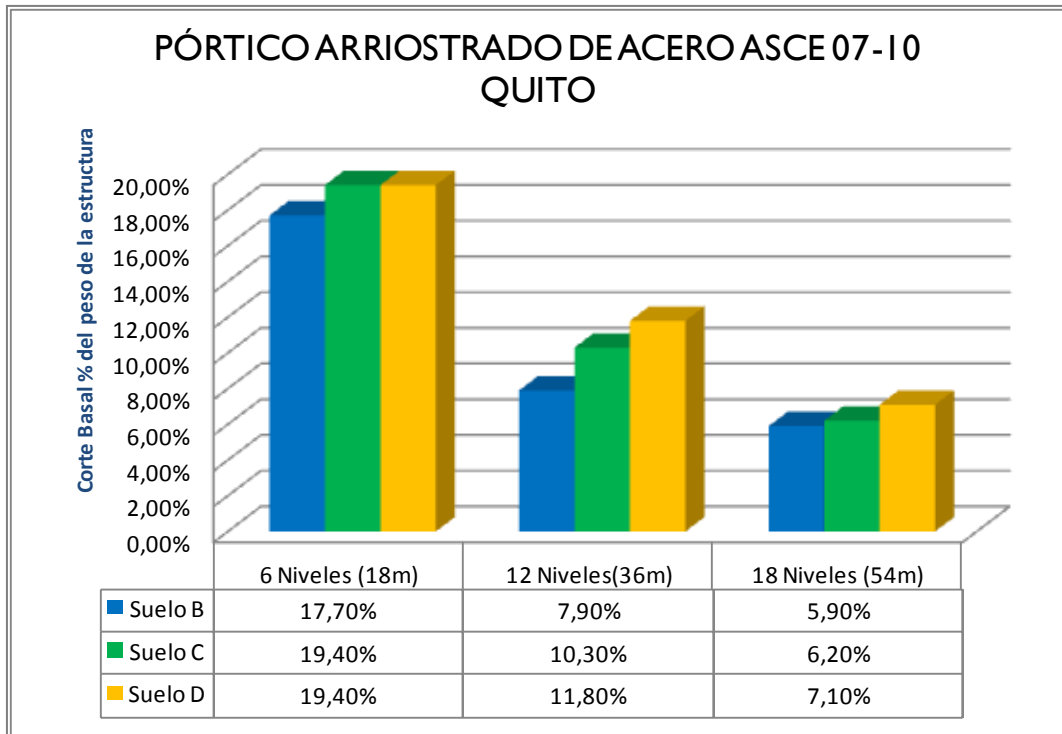
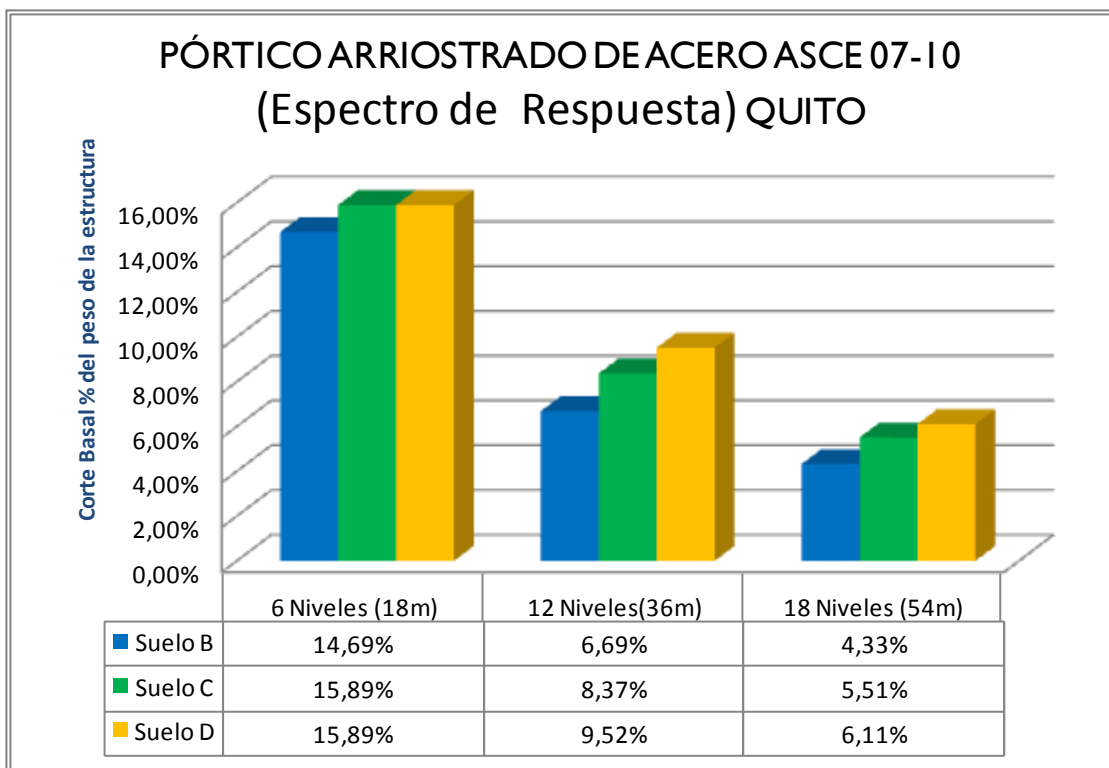


Gráfico 4.26 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Quito



1.3.1.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Quito

Tabla 4.27 Datos: NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Quito

Sistema estructural: Pórtico Arriostrado de Acero		R= 7	
Ubicación:	Quito	Z= 0,4 η= 2,48	
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00	Fs= 0,75
		Fd= 1,00	r= 1,00
	C	Fa= 1,20	Fs= 1,30
		Fd= 1,30	r= 1,00
	D	Fa= 1,20	Fs= 1,50
		Fd= 1,40	r= 1,50

Tabla 4.28 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Quito

RESULTADOS NEC-11: SISTEMA PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO QUITO										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn ^α]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=1,3.Ta]		Corte Basal (V) [V=(I.Sa/R.φp.φR)w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
			Periodo dinámico T			Periodo de diseño T(seg)	I.Sa/R.φp.φR	V (t)		
6 Niveles (18m)	1343,98	B	0,44	0,638	0,829	0,44	13,30%	230,27	11,04%	148,41
12 Niveles(36m)	2736,56	B	0,99	1,073	1,395	0,99	5,90%	205,99	4,96%	135,87
18 Niveles (54m)	4129,14	B	1,65	1,454	1,89	1,65	3,50%	158,64	3,24%	133,95
6 Niveles (18m)	1343,98	C	0,44	0,638	0,829	0,44	17,00%	301,13	13,96%	187,59
12 Niveles(36m)	2736,56	C	0,99	1,073	1,395	0,99	13,30%	460,27	10,49%	287,19
18 Niveles (54m)	4129,14	C	1,65	1,454	1,89	1,65	8,00%	354,61	6,56%	270,96
6 Niveles (18m)	1343,98	D	0,44	0,638	0,829	0,44	17,00%	301,13	13,90%	186,84
12 Niveles(36m)	2736,56	D	0,99	1,073	1,395	0,99	16,30%	547,17	12,91%	353,27
18 Niveles (54m)	4129,14	D	1,65	1,454	1,89	1,65	7,60%	326,62	6,26%	258,51

Gráfico 4.27 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Arriostrado de Acero -Quito

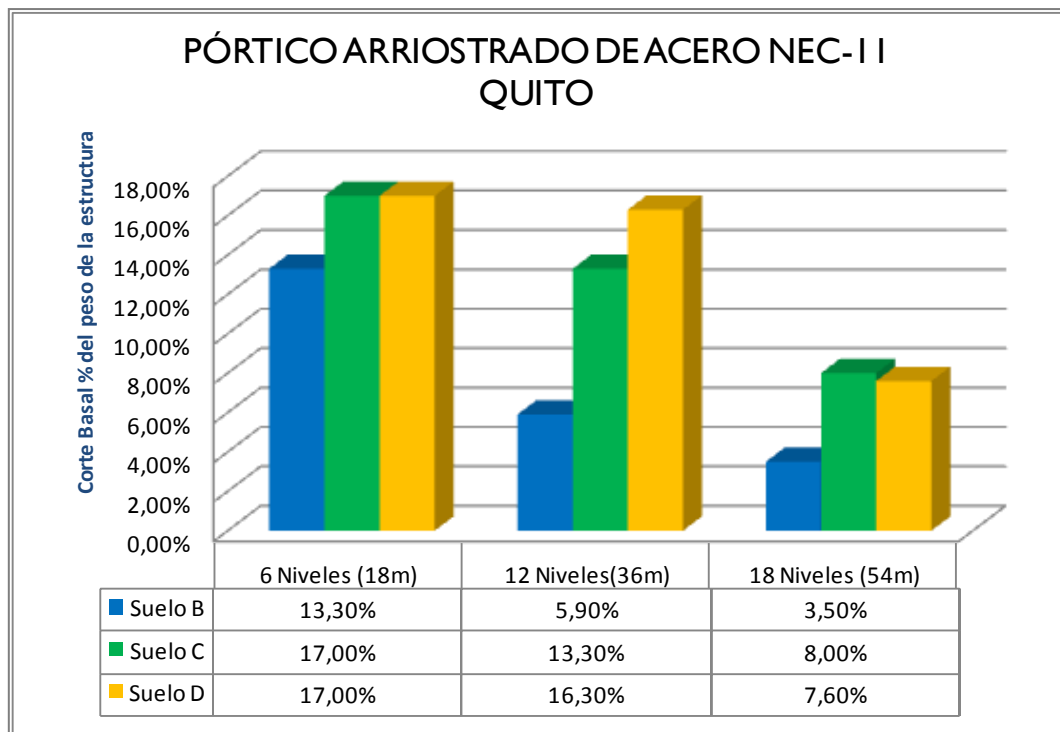
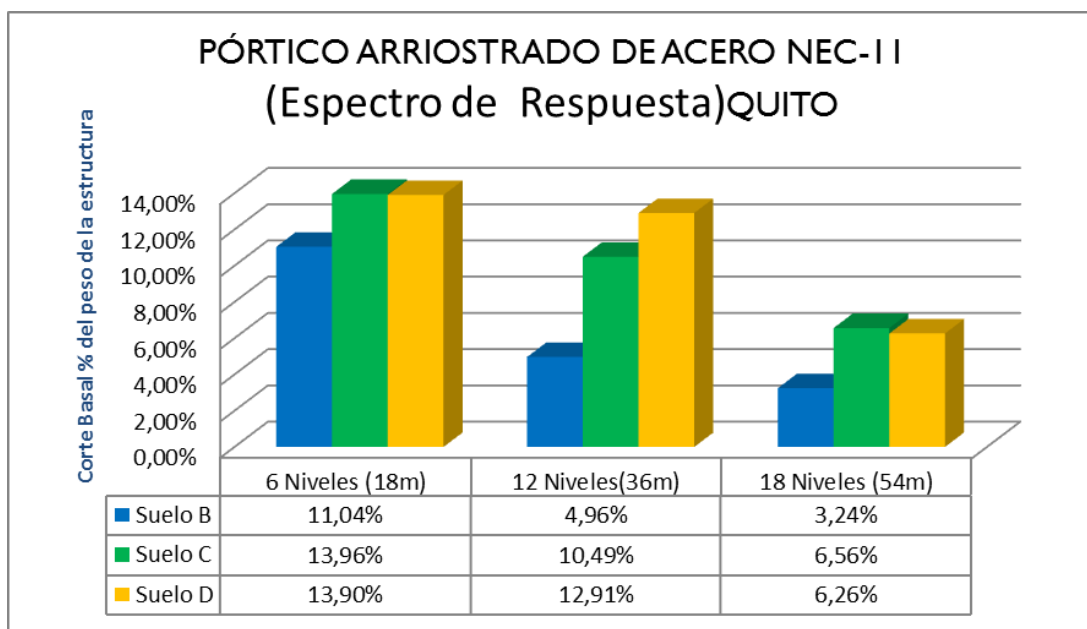


Gráfico 4.28 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Quito



4.1.3.2. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Manta

4.1.3.2.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Manta

Tabla 4.29 Datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Manta

Sistema estructural: Pórtico Arriostrado de Acero		R= 7
Ubicación:	Manta	Ss= 1,97 S1= 0,79
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00 Fv= 1,00
	C	Fa= 1,00 Fv= 1,30
	D	Fa= 1,00 Fv= 1,50

Tabla 4.30 Resultados ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Manta

RESULTADOS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO MANTA										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Período fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^x]	Período máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=Cu.Ta]		Corte Basal (V) [V=Cs.w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	Espectro de Respuesta	
			Período dinámico T (seg)			Período de diseño T(seg)	Cs	V (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
6 Niveles (18m)	1343,98	B	0,44	0,64	0,89	0,44	17,10%	194,85	14,16%	190,27
12 Niveles(36m)	2736,56	B	0,99	1,07	1,5	0,99	7,60%	167,37	6,45%	176,46
18 Niveles (54m)	4129,14	B	1,65	1,46	2,04	1,65	5,60%	228,63	4,17%	172,14
6 Niveles (18m)	1343,98	C	0,44	0,64	0,89	0,44	18,80%	253,30	15,35%	206,29
12 Niveles(36m)	2736,56	C	0,99	1,07	1,5	0,99	9,90%	225,31	8,07%	220,82
18 Niveles (54m)	4129,14	C	1,65	1,46	2,04	1,65	5,90%	270,63	5,31%	219,40
6 Niveles (18m)	1343,98	D	0,44	0,64	0,89	0,44	18,80%	253,30	15,35%	206,29
12 Niveles(36m)	2736,56	D	0,99	1,07	1,5	0,99	11,40%	225,31	6,69%	183,08
18 Niveles (54m)	4129,14	D	1,65	1,46	2,04	1,65	6,80%	270,63	5,89%	243,22

Gráfico 4.29 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Arriostrado de Acero -Manta

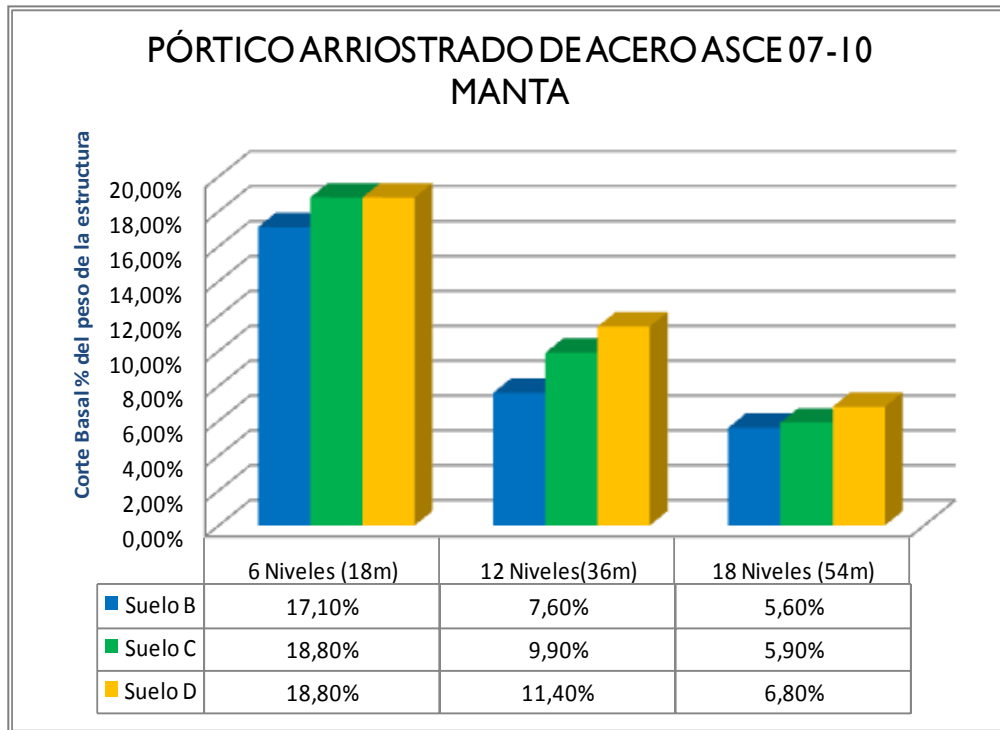
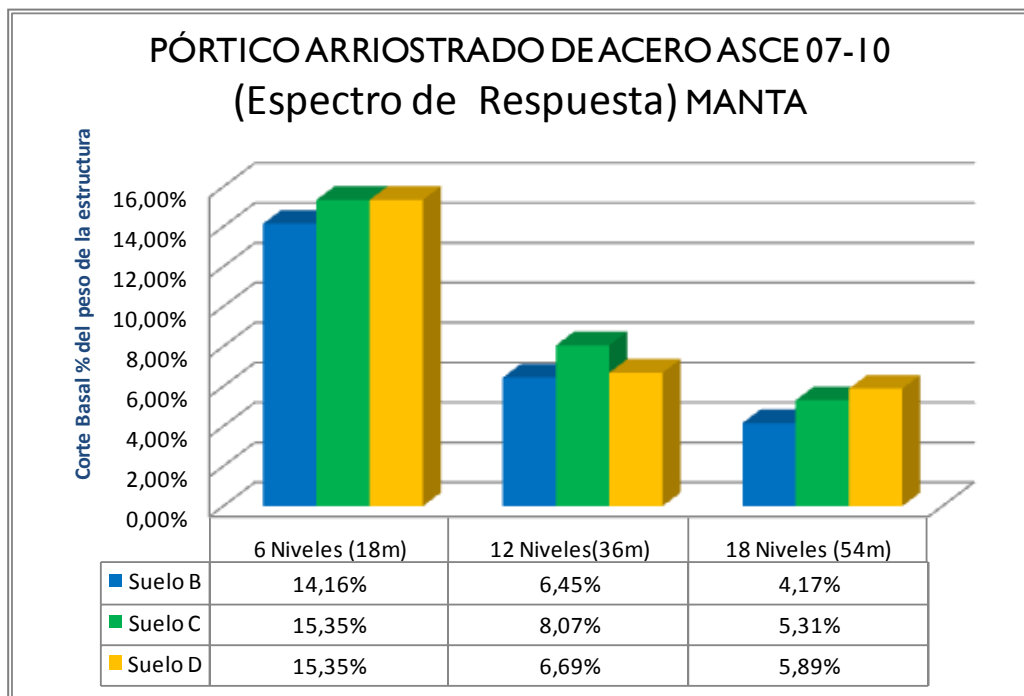


Gráfico 4.30 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Manta



4.1.3.2.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Manta

Tabla 4.31 Datos: NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Manta

Sistema estructural: Pórtico Arriostrado de Acero		R= 7	
Ubicación:	Manta	Z= 0,5 η= 1.80	
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00	Fs= 0,75
		Fd= 1,00	r= 1,00
	C	Fa= 1,18	Fs= 1,45
		Fd= 1,25	r= 1,00
	D	Fa= 1,15	Fs= 1,65
		Fd= 1,30	r= 1,50

Tabla 4.32 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Manta

RESULTADOS NEC-11: SISTEMA PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO MANTA										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Período fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^α]	Período máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=1,3.Ta]		Corte Basal (V) [V=(I.Sa/R.φP.φR)w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	Espectro de Respuesta	
			Período dinámico T			Período de diseño T(seg)	I.Sa/R.φP.φR	V (t)	V como % del peso de la estructura	Vt (t)
6 Niveles (18m)	1343,98	B	0,44	0,638	0,829	0,44	12,10%	194,85	10,08%	135,41
12 Niveles(36m)	2736,56	B	0,99	1,073	1,395	0,99	5,40%	167,37	4,50%	123,25
18 Niveles (54m)	4129,14	B	1,65	1,454	1,89	1,65	3,20%	228,63	2,95%	121,67
6 Niveles (18m)	1343,98	C	0,44	0,638	0,829	0,44	15,20%	269,24	12,42%	166,95
12 Niveles(36m)	2736,56	C	0,99	1,073	1,395	0,99	13,90%	447,39	10,23%	279,93
18 Niveles (54m)	4129,14	C	1,65	1,454	1,89	1,65	7,80%	345,28	6,28%	259,30
6 Niveles (18m)	1343,98	D	0,44	0,638	0,829	0,44	14,80%	262,16	12,08%	162,39
12 Niveles(36m)	2736,56	D	0,99	1,073	1,395	0,99	14,80%	476,36	11,56%	316,27
18 Niveles (54m)	4129,14	D	1,65	1,454	1,89	1,65	7,20%	312,62	5,87%	242,40

Gráfico 4.31 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Manta

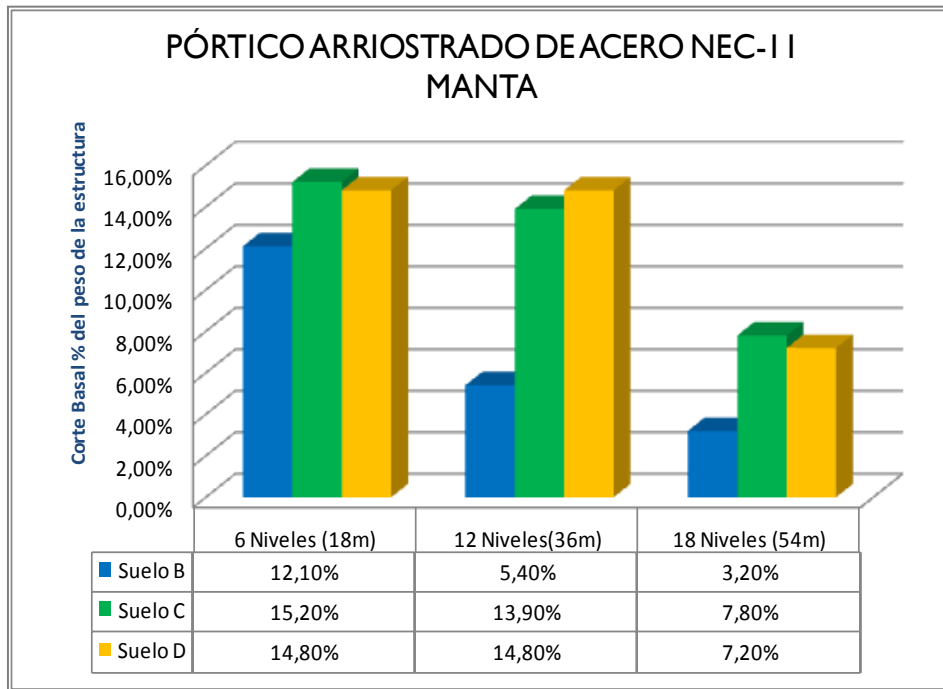
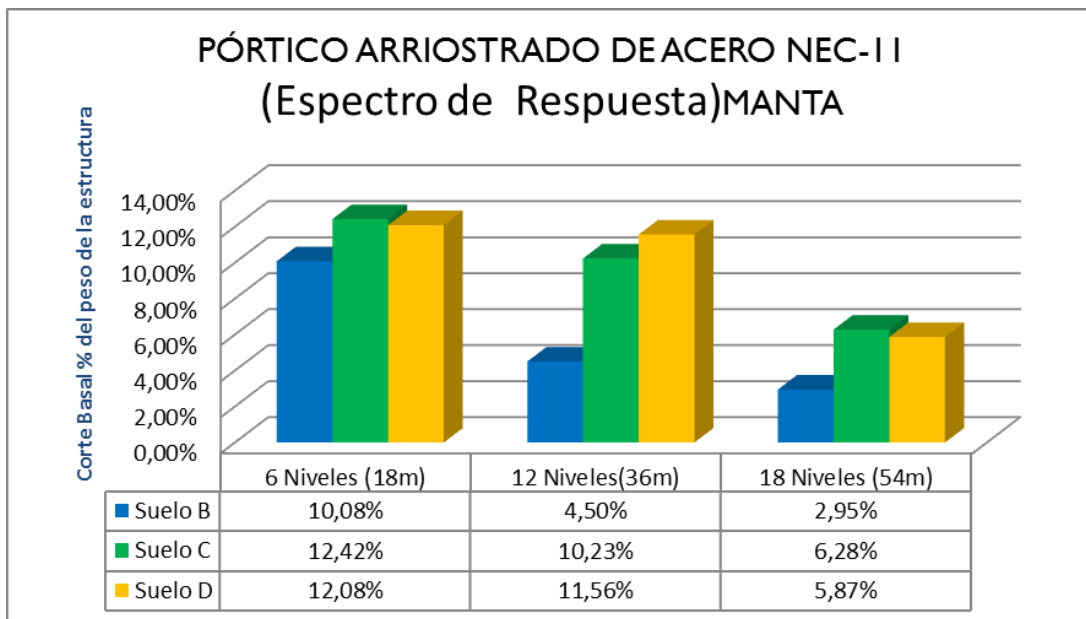


Gráfico 4.32 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Manta



4.1.3.3. Corte Basal Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Esmeraldas

4.1.3.3.1 Resultados Corte Basal ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas

Tabla 4.33 Datos: ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas

Sistema estructural: Pórtico Arriostrado de Acero		R= 7
Ubicación:	Esmeraldas	Ss= 3.42 S1= 1.37
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00 Fv= 1,00
	C	Fa= 1,00 Fv= 1,30
	D	Fa= 1,00 Fv= 1,50

Tabla 4.34 Resultados ASCE 07-10: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Esmeraldas

RESULTADOS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO ESMERALDAS										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn^x]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=Cu.Ta]		Corte Basal (V) [V=Cs.w]		Corte Basal	
			Periodo dinámico T (seg)			Cs	V (t)	V como % del peso de la estructura	Espectro de Respuesta	Vt (t)
6 Niveles (18m)	1343,98	B	0,44	0,64	0,89	0,44	29,70%	513,69	24,55%	329,97
12 Niveles(36m)	2736,56	B	0,99	1,07	1,5	0,99	13,20%	457,05	11,18%	306,07
18 Niveles (54m)	4129,14	B	1,65	1,46	2,04	1,65	9,80%	466,60	7,23%	298,54
6 Niveles (18m)	1343,98	C	0,44	0,64	0,89	0,44	32,60%	577,45	26,65%	358,13
12 Niveles(36m)	2736,56	C	0,99	1,07	1,5	0,99	17,10%	592,23	13,99%	382,98
18 Niveles (54m)	4129,14	C	1,65	1,46	2,04	1,65	10,30%	466,60	9,22%	380,60
6 Niveles (18m)	1343,98	D	0,44	0,64	0,89	0,44	32,60%	577,45	26,65%	358,13
12 Niveles(36m)	2736,56	D	0,99	1,07	1,5	0,99	19,80%	685,57	15,91%	435,51
18 Niveles (54m)	4129,14	D	1,65	1,46	2,04	1,65	11,90%	522,59	10,22%	421,90

Gráfico 4.33 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Arriostrado de Acero -Esmeraldas

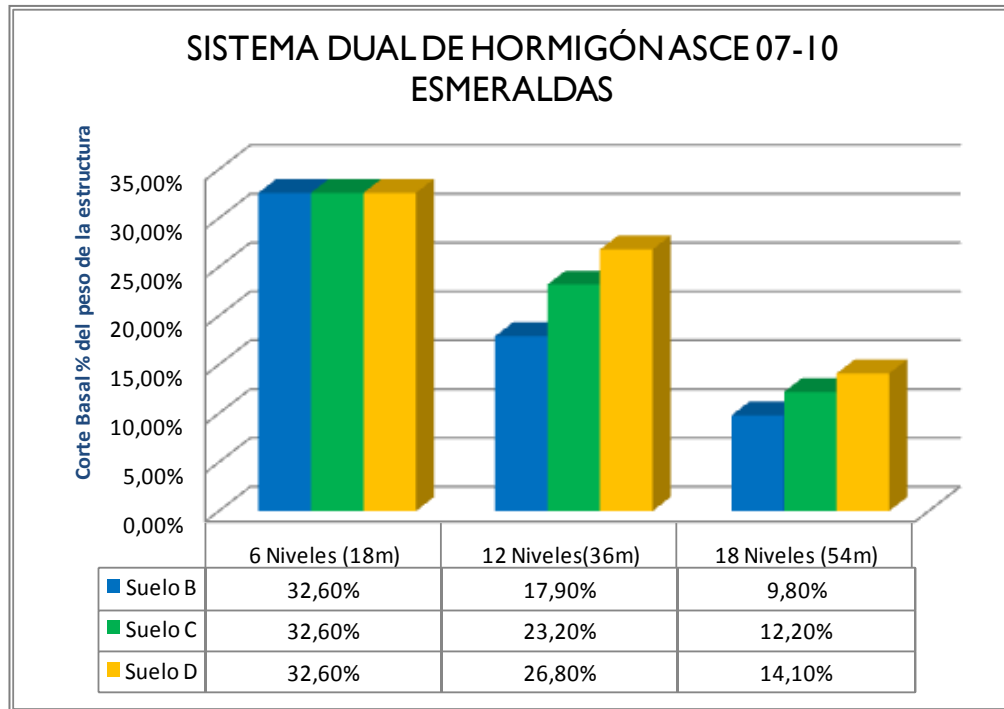
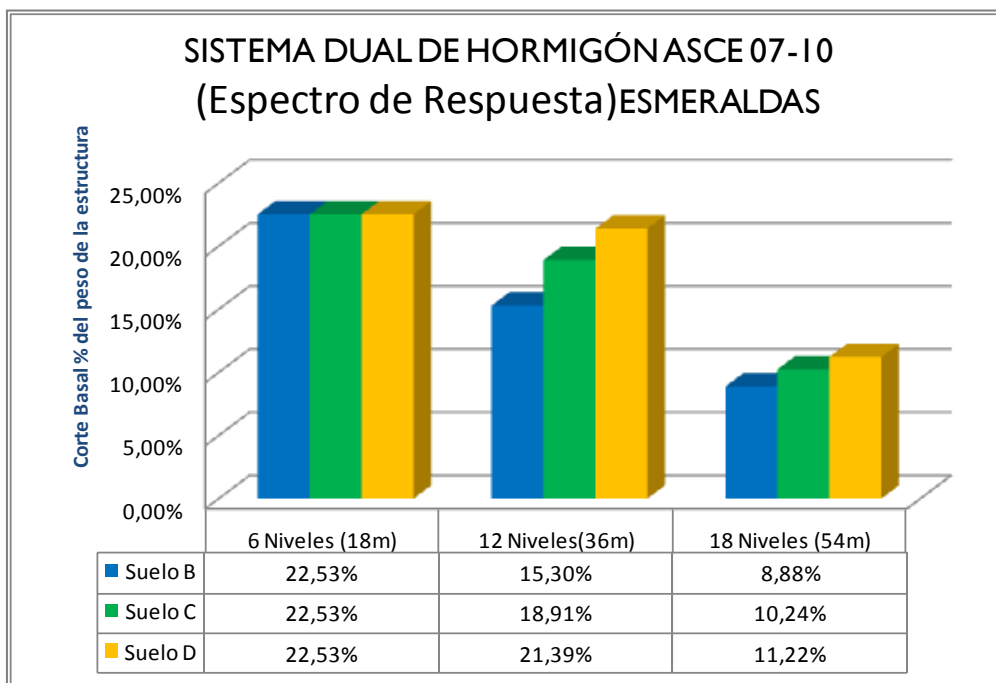


Gráfico 4.34 Resultados Corte Basal ASCE 07-10 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas



4.1.3.3.2 Resultados Corte Basal NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero - Esmeraldas

Tabla 4.35 Datos: NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas

Sistema estructural: Pórtico Arriostrado de Acero		R= 7	
Ubicación:	Esmeraldas	Z= 0,5 η= 2.48	
Tipo de suelo:	B	Fa= 1,00	Fs= 0,75
		Fd= 1,00	r= 1,00
	C	Fa= 1,18	Fs= 1,45
		Fd= 1,25	r= 1,00
	D	Fa= 1,15	Fs= 1,65
		Fd= 1,30	r= 1,50

Tabla 4.36 Resultados NEC-11: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero –Esmeraldas

RESULTADOS NEC-11: SISTEMA PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO ESMERALDAS										
Niveles	Peso estructura W(t)	Tipo de suelo	Análisis Dinámico	Análisis Estático		Periodos de diseño	Análisis Estático		Análisis Dinámico	
				Periodo fundamental (Ta) [Ta=Ct.hn ^α]	Periodo máximo permitido (Tmáx) [Tmáx=1,3.Ta]		Corte Basal (V) [V=(I.Sa/R.φp.φR)w]		Corte Basal	
							V como % del peso de la estructura	Corte Basal (t)	V como % del peso de la estructura	Espectro de Respuesta
			Periodo dinámico T			Periodo de diseño T(seg)	I.Sa/R.φp.φR	V (t)		Vt (t)
6 Niveles (18m)	1343,98	B	0,44	0,638	0,829	0,44	16,60%	286,96	13,88%	186,51
12 Niveles(36m)	2736,56	B	0,99	1,073	1,395	0,99	7,40%	254,27	6,30%	172,29
18 Niveles (54m)	4129,14	B	1,65	1,454	1,89	1,65	4,40%	195,97	4,06%	167,76
6 Niveles (18m)	1343,98	C	0,44	0,638	0,829	0,44	20,90%	370,21	17,10%	229,85
12 Niveles(36m)	2736,56	C	0,99	1,073	1,395	0,99	17,80%	617,98	14,09%	385,70
18 Niveles (54m)	4129,14	C	1,65	1,454	1,89	1,65	10,70%	471,26	8,65%	357,11
6 Niveles (18m)	1343,98	D	0,44	0,638	0,829	0,44	20,40%	361,35	16,65%	223,83
12 Niveles(36m)	2736,56	D	0,99	1,073	1,395	0,99	20,40%	656,60	15,94%	436,22
18 Niveles (54m)	4129,14	D	1,65	1,454	1,89	1,65	10,00%	429,27	8,07%	333,38

Gráfico 4.35 Resultados Corte Basal NEC-11 (Análisis Estático) : Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas

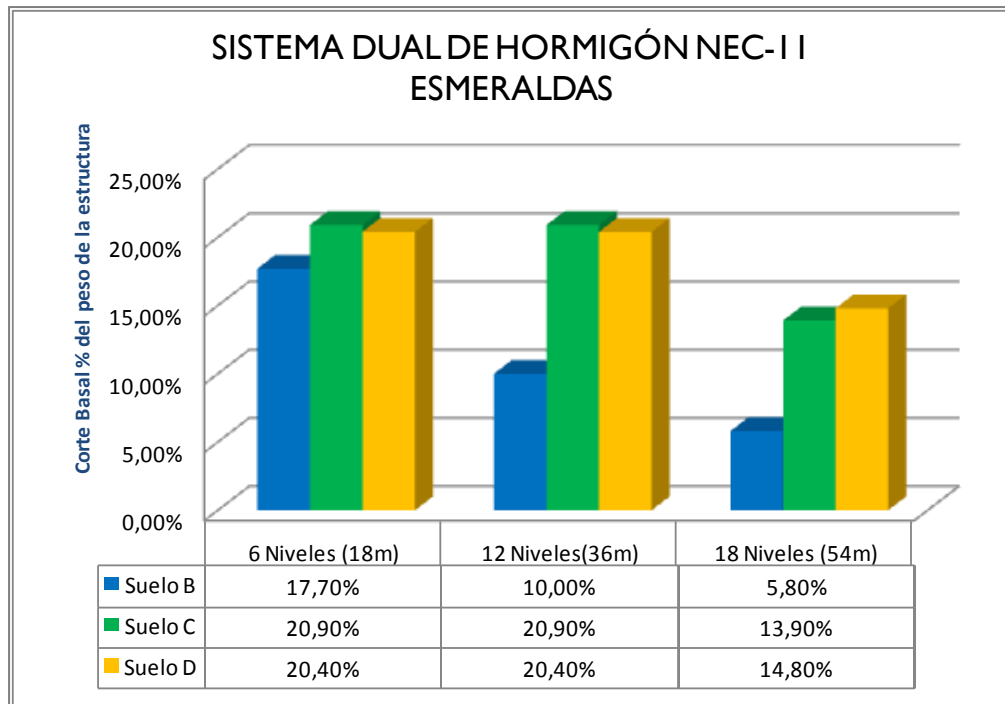
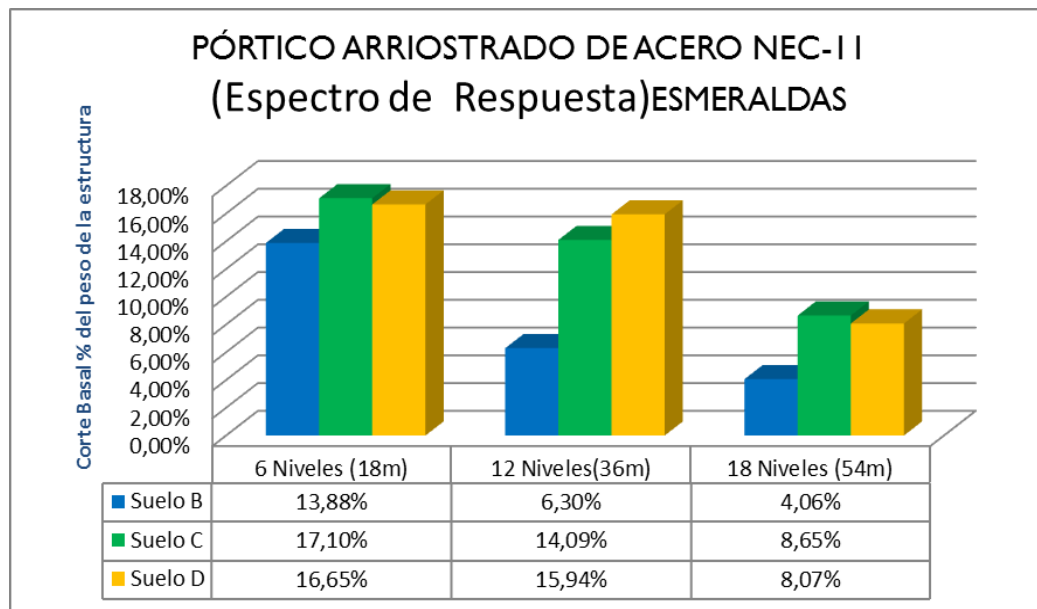


Gráfico 4.36 Resultados Corte Basal NEC-11 : (Análisis Espectro de Respuesta Modal): Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero -Esmeraldas

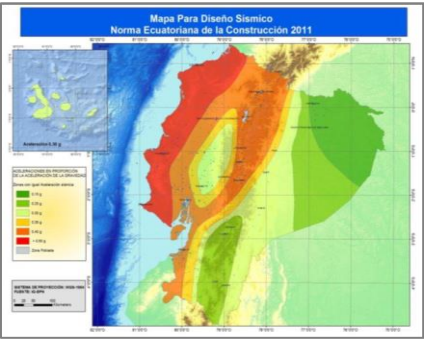
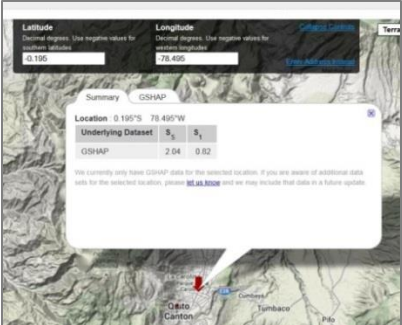


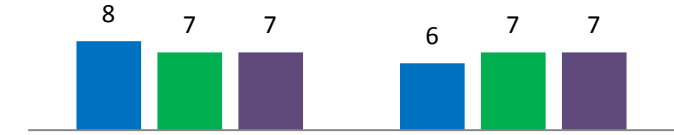
4.2 Comparación entre Norma ASCE 07-10 y NEC-11

4.2.1 Comparación Cualitativa entre Norma ASCE 07-10 y NEC-11

Para realizar una comparación de tipo cualitativa, se compararán entre sí las normas, identificando los aspectos comunes o efectos que considera cada una para la obtención del corte basal, es decir su filosofía de cálculo. Los parámetros son los siguientes:

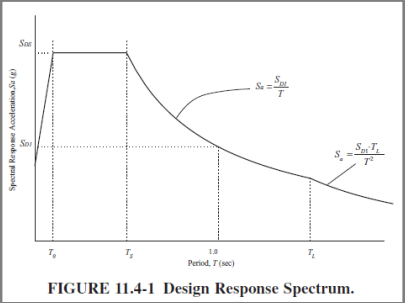
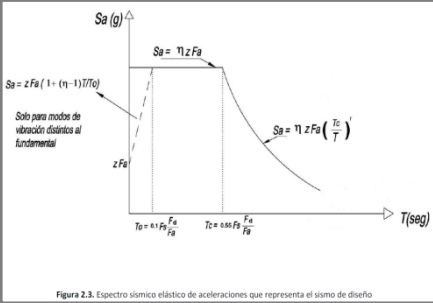
Tabla 4.37: Comparación Cualitativa entre ASCE 07-10 y NEC-11

COMPARACIÓN CUALITATIVA ENTRE ASCE 07-10 Y NEC-11 DISPOSICIONES PARA DISEÑO SÍSMICO																							
PARÁMETROS	ASCE 07-10	NEC-11																					
Zonificación Sísmica	NO APLICABLE	<p>El mapa de zonificación sísmica divide al territorio ecuatoriano en 5 zonas sísmicas. El cual fue definido en base al sismo máximo considerado.</p> 																					
Factores de diseño por Movimiento de terreno	<p>Los valores de aceleración máxima de movimiento de terreno en roca, S_s y S_1 están basados en el Sismo máximo considerado y se obtienen a partir de las coordenadas de longitud y latitud del lugar en donde va a ser implantada la estructura.</p> 	<p>El valor del factor Z se encuentra en la tabla 2.2 de la norma, de acuerdo con la zonificación sísmica, siendo la zona IV la más crítica con una aceleración 0,5g y la más baja, la zona I determinada con amenaza sísmica intermedia con una aceleración 0,15g</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona sísmica</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> <th>V</th> <th>VI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valor factor Z</td> <td>0.15</td> <td>0.25</td> <td>0.30</td> <td>0.35</td> <td>0.40</td> <td>≥ 0.50</td> </tr> <tr> <td>Caracterización del peligro sísmico</td> <td>Intermedia</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Muy alta</td> </tr> </tbody> </table>	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI	Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50	Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta
Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI																	
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50																	
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta																	

PARÁMETROS	ASCE 07-10	NEC-11																																																																																																																																																																																																																																																																													
<p style="text-align: center;">Sistemas estructurales</p>	<p>Varios sistemas incluyendo Muros portantes, Sistemas de pórticos, pórticos resistentes a momento, y sistemas duales con detallamiento sísmico especial, intermedio u ordinario. Este detallamiento está en función de la categoría de diseño y la altura de la estructura.</p> <table border="1" data-bbox="467 575 915 1234"> <caption>Table 12.2-1 (Continued)</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">Seismic Force-Resisting System</th> <th rowspan="2">ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified</th> <th rowspan="2">Response Modification Coefficient, R^a</th> <th rowspan="2">Overstrength Factor, Ω^b</th> <th rowspan="2">Deflection Amplification Factor, C_d^c</th> <th colspan="5">Structural System Limitations Including Structural Height, h_s (ft) Limit^d</th> </tr> <tr> <th colspan="5">Seismic Design Category</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D^e</th> <th>E^f</th> <th>F^g</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="10">C. MOMENT-RESISTING FRAME SYSTEMS</td> </tr> <tr> <td>1. Steel special moment frames</td> <td>14.1 and 12.2.5.5</td> <td>8</td> <td>3</td> <td>5%</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> </tr> <tr> <td>2. Steel special truss moment frames</td> <td>14.1</td> <td>7</td> <td>3</td> <td>5%</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>160</td> <td>100</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>3. Steel intermediate moment frames</td> <td>12.2.5.7 and 14.1</td> <td>4%</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>35^h</td> <td>NPⁱ</td> <td>NP^j</td> </tr> <tr> <td>4. Steel ordinary moment frames</td> <td>12.2.5.6 and 14.1</td> <td>3%</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>5. Special reinforced concrete moment frames^k</td> <td>12.2.5.5 and 14.2</td> <td>8</td> <td>3</td> <td>5%</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> </tr> <tr> <td>6. Intermediate reinforced concrete moment frames</td> <td>14.2</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>4%</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>7. Ordinary reinforced concrete moment frames</td> <td>14.2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>2%</td> <td>NL</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>8. Steel and concrete composite special moment frames</td> <td>12.2.5.5 and 14.3</td> <td>8</td> <td>3</td> <td>5%</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> </tr> <tr> <td>9. Steel and concrete composite intermediate moment frames</td> <td>14.3</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>4%</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>10. Steel and concrete composite partially restrained moment frames</td> <td>14.3</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>5%</td> <td>160</td> <td>160</td> <td>100</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>11. Steel and concrete composite ordinary moment frames</td> <td>14.3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>2%</td> <td>NL</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>12. Cold-formed steel—special bolted moment frames^l</td> <td>14.1</td> <td>3%</td> <td>3^m</td> <td>3%</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td colspan="10">D. DUAL SYSTEMS WITH SPECIAL MOMENT FRAMES CAPABLE OF RESISTING AT LEAST 25% OF PRESCRIBED SEISMIC FORCES</td> </tr> <tr> <td>1. Steel eccentrically braced frames</td> <td>14.1</td> <td>8</td> <td>2%</td> <td>4</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> </tr> <tr> <td>2. Steel special concentrically braced frames</td> <td>14.1</td> <td>7</td> <td>2%</td> <td>5%</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> </tr> <tr> <td>3. Special reinforced concrete shear wallsⁿ</td> <td>14.2</td> <td>7</td> <td>2%</td> <td>5%</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> </tr> <tr> <td>4. Ordinary reinforced concrete shear wallsⁿ</td> <td>14.2</td> <td>6</td> <td>2%</td> <td>5</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NP</td> <td>NP</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>5. Steel and concrete composite eccentrically braced frames</td> <td>14.3</td> <td>8</td> <td>2%</td> <td>4</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> </tr> <tr> <td>6. Steel and concrete composite special concentrically braced frames</td> <td>14.3</td> <td>6</td> <td>2%</td> <td>5</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> <td>NL</td> </tr> </tbody> </table>	Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified	Response Modification Coefficient, R ^a	Overstrength Factor, Ω ^b	Deflection Amplification Factor, C _d ^c	Structural System Limitations Including Structural Height, h _s (ft) Limit ^d					Seismic Design Category										B	C	D ^e	E ^f	F ^g	C. MOMENT-RESISTING FRAME SYSTEMS										1. Steel special moment frames	14.1 and 12.2.5.5	8	3	5%	NL	NL	NL	NL	NL	2. Steel special truss moment frames	14.1	7	3	5%	NL	NL	160	100	NP	3. Steel intermediate moment frames	12.2.5.7 and 14.1	4%	3	4	NL	NL	35 ^h	NP ⁱ	NP ^j	4. Steel ordinary moment frames	12.2.5.6 and 14.1	3%	3	3	NL	NL	NP	NP	NP	5. Special reinforced concrete moment frames ^k	12.2.5.5 and 14.2	8	3	5%	NL	NL	NL	NL	NL	6. Intermediate reinforced concrete moment frames	14.2	5	3	4%	NL	NL	NP	NP	NP	7. Ordinary reinforced concrete moment frames	14.2	3	3	2%	NL	NP	NP	NP	NP	8. Steel and concrete composite special moment frames	12.2.5.5 and 14.3	8	3	5%	NL	NL	NL	NL	NL	9. Steel and concrete composite intermediate moment frames	14.3	5	3	4%	NL	NL	NP	NP	NP	10. Steel and concrete composite partially restrained moment frames	14.3	6	3	5%	160	160	100	NP	NP	11. Steel and concrete composite ordinary moment frames	14.3	3	3	2%	NL	NP	NP	NP	NP	12. Cold-formed steel—special bolted moment frames ^l	14.1	3%	3 ^m	3%	35	35	35	35	35	D. DUAL SYSTEMS WITH SPECIAL MOMENT FRAMES CAPABLE OF RESISTING AT LEAST 25% OF PRESCRIBED SEISMIC FORCES										1. Steel eccentrically braced frames	14.1	8	2%	4	NL	NL	NL	NL	NL	2. Steel special concentrically braced frames	14.1	7	2%	5%	NL	NL	NL	NL	NL	3. Special reinforced concrete shear walls ⁿ	14.2	7	2%	5%	NL	NL	NL	NL	NL	4. Ordinary reinforced concrete shear walls ⁿ	14.2	6	2%	5	NL	NL	NP	NP	NP	5. Steel and concrete composite eccentrically braced frames	14.3	8	2%	4	NL	NL	NL	NL	NL	6. Steel and concrete composite special concentrically braced frames	14.3	6	2%	5	NL	NL	NL	NL	NL	<p><u>Sistemas estructurales dúctiles:</u> Sistemas Duales, Pórticos resistentes a momento, Otros sistemas estructurales para edificaciones.</p> <p><u>Sistemas estructurales de ductilidad limitada:</u> Pórticos resistentes a momento y Muros estructurales portantes</p> <table border="1" data-bbox="948 575 1395 1129"> <thead> <tr> <th colspan="2">Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Sistemas Duales</td> </tr> <tr> <td>Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.</td> <td style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr> <td>Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.</td> <td style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr> <td>Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).</td> <td style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr> <td>Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Pórticos resistentes a momentos</td> </tr> <tr> <td>Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> <tr> <td>Pórticos especiales sísmo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> <tr> <td>Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Otros sistemas estructurales para edificaciones</td> </tr> <tr> <td>Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>Pórticos especiales sísmo resistentes de hormigón armado con vigas banda.</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Pórticos resistentes a momento</td> </tr> <tr> <td>Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en el capítulo 4, limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 4 metros.</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Muros estructurales portantes</td> </tr> <tr> <td>Mampostería no reforzada, limitada a un piso.</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> </tbody> </table>	Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles		Sistemas Duales		Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.	7	Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7	Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7	Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6	Pórticos resistentes a momentos		Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6	Pórticos especiales sísmo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6	Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6	Otros sistemas estructurales para edificaciones		Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5	Pórticos especiales sísmo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5	Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada		Pórticos resistentes a momento		Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en el capítulo 4, limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 4 metros.	3	Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	3	Muros estructurales portantes		Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1	Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3	Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3	Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3
Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified						Response Modification Coefficient, R ^a	Overstrength Factor, Ω ^b	Deflection Amplification Factor, C _d ^c	Structural System Limitations Including Structural Height, h _s (ft) Limit ^d																																																																																																																																																																																																																																																																					
		Seismic Design Category																																																																																																																																																																																																																																																																													
					B	C	D ^e	E ^f	F ^g																																																																																																																																																																																																																																																																						
C. MOMENT-RESISTING FRAME SYSTEMS																																																																																																																																																																																																																																																																															
1. Steel special moment frames	14.1 and 12.2.5.5	8	3	5%	NL	NL	NL	NL	NL																																																																																																																																																																																																																																																																						
2. Steel special truss moment frames	14.1	7	3	5%	NL	NL	160	100	NP																																																																																																																																																																																																																																																																						
3. Steel intermediate moment frames	12.2.5.7 and 14.1	4%	3	4	NL	NL	35 ^h	NP ⁱ	NP ^j																																																																																																																																																																																																																																																																						
4. Steel ordinary moment frames	12.2.5.6 and 14.1	3%	3	3	NL	NL	NP	NP	NP																																																																																																																																																																																																																																																																						
5. Special reinforced concrete moment frames ^k	12.2.5.5 and 14.2	8	3	5%	NL	NL	NL	NL	NL																																																																																																																																																																																																																																																																						
6. Intermediate reinforced concrete moment frames	14.2	5	3	4%	NL	NL	NP	NP	NP																																																																																																																																																																																																																																																																						
7. Ordinary reinforced concrete moment frames	14.2	3	3	2%	NL	NP	NP	NP	NP																																																																																																																																																																																																																																																																						
8. Steel and concrete composite special moment frames	12.2.5.5 and 14.3	8	3	5%	NL	NL	NL	NL	NL																																																																																																																																																																																																																																																																						
9. Steel and concrete composite intermediate moment frames	14.3	5	3	4%	NL	NL	NP	NP	NP																																																																																																																																																																																																																																																																						
10. Steel and concrete composite partially restrained moment frames	14.3	6	3	5%	160	160	100	NP	NP																																																																																																																																																																																																																																																																						
11. Steel and concrete composite ordinary moment frames	14.3	3	3	2%	NL	NP	NP	NP	NP																																																																																																																																																																																																																																																																						
12. Cold-formed steel—special bolted moment frames ^l	14.1	3%	3 ^m	3%	35	35	35	35	35																																																																																																																																																																																																																																																																						
D. DUAL SYSTEMS WITH SPECIAL MOMENT FRAMES CAPABLE OF RESISTING AT LEAST 25% OF PRESCRIBED SEISMIC FORCES																																																																																																																																																																																																																																																																															
1. Steel eccentrically braced frames	14.1	8	2%	4	NL	NL	NL	NL	NL																																																																																																																																																																																																																																																																						
2. Steel special concentrically braced frames	14.1	7	2%	5%	NL	NL	NL	NL	NL																																																																																																																																																																																																																																																																						
3. Special reinforced concrete shear walls ⁿ	14.2	7	2%	5%	NL	NL	NL	NL	NL																																																																																																																																																																																																																																																																						
4. Ordinary reinforced concrete shear walls ⁿ	14.2	6	2%	5	NL	NL	NP	NP	NP																																																																																																																																																																																																																																																																						
5. Steel and concrete composite eccentrically braced frames	14.3	8	2%	4	NL	NL	NL	NL	NL																																																																																																																																																																																																																																																																						
6. Steel and concrete composite special concentrically braced frames	14.3	6	2%	5	NL	NL	NL	NL	NL																																																																																																																																																																																																																																																																						
Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles																																																																																																																																																																																																																																																																															
Sistemas Duales																																																																																																																																																																																																																																																																															
Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.	7																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pórticos resistentes a momentos																																																																																																																																																																																																																																																																															
Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pórticos especiales sísmo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6																																																																																																																																																																																																																																																																														
Otros sistemas estructurales para edificaciones																																																																																																																																																																																																																																																																															
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pórticos especiales sísmo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5																																																																																																																																																																																																																																																																														
Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada																																																																																																																																																																																																																																																																															
Pórticos resistentes a momento																																																																																																																																																																																																																																																																															
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en el capítulo 4, limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 4 metros.	3																																																																																																																																																																																																																																																																														
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	3																																																																																																																																																																																																																																																																														
Muros estructurales portantes																																																																																																																																																																																																																																																																															
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1																																																																																																																																																																																																																																																																														
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3																																																																																																																																																																																																																																																																														
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3																																																																																																																																																																																																																																																																														
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3																																																																																																																																																																																																																																																																														
<p style="text-align: center;">Factor de Reducción de Respuesta</p>	<div style="text-align: center;"> <h3>FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA</h3> <ul style="list-style-type: none"> ■ PÓRTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO ■ SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN ■ PÓRTICO DE ACERO ARRIOSTRADO  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pórtico Especial Resistente a Momento</th> <th>Sistema Dual de Hormigón</th> <th>Pórtico de Acero Arriostrado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ASCE 07-10</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>NEC-11</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table> </div>		Norma	Pórtico Especial Resistente a Momento	Sistema Dual de Hormigón	Pórtico de Acero Arriostrado	ASCE 07-10	8	7	7	NEC-11	6	7	7																																																																																																																																																																																																																																																																	
Norma	Pórtico Especial Resistente a Momento	Sistema Dual de Hormigón	Pórtico de Acero Arriostrado																																																																																																																																																																																																																																																																												
ASCE 07-10	8	7	7																																																																																																																																																																																																																																																																												
NEC-11	6	7	7																																																																																																																																																																																																																																																																												

PARÁMETROS	ASCE 07-10	NEC-11
Categorías estructurales y Factores de importancia	<p><u>Categoría de ocupación:</u> En función al riesgo para la vida humana, la salud y el bienestar asociado con el daño o el fracaso de la naturaleza de su ocupación o uso.</p> <p><u>Factor de importancia:</u> Refleja la importancia relativa asignada a un edificio de acuerdo a su categoría de riesgo.</p> <p><u>Categoría de diseño sísmico:</u> Según los valores S_s y S_1 se designa una categoría tipo: A, B, C, D, E y F.</p>	<p><u>Tipo de uso, destino e importancia de la estructura:</u> El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores danos durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.</p>
Clasificación de Suelo	<p>A: Roca Dura : $v_s > (1524 \text{ m/s})$; B: Roca: $1524 \text{ m/s} > v_s > 762 \text{ m/s}$ C: Suelo muy denso, Roca blanda: $762 \text{ m/s} > v_s > 365.76 \text{ m/s}$ D: Suelofirme: $365.76 \text{ m/s} > v_s > 182.88 \text{ m/s}$ E: Suelo blando y arcilla $v_s > 182.88 \text{ m/s}$ F: Suelos muy pobres: requieren un estudio especial</p>	<p>A: Roca Dura : $v_s > (1500 \text{ m/s})$; B: Roca: $1500 \text{ m/s} > v_s > 760 \text{ m/s}$ C: Suelo muy denso, Roca blanda: $760 \text{ m/s} > v_s > 360 \text{ m/s}$ D: Suelofirme: $360 \text{ m/s} > v_s > 180.00 \text{ m/s}$ E: Suelo blando y arcilla $v_s > 180.00 \text{ m/s}$ F: Suelos muy pobres: requieren un estudio especial</p>
Factores de modificación por efectos del tipo de suelo	<p>Los valores S_s y S_1 se modifican para tener en cuenta los efectos del tipo de suelo mediante los coeficientes F_a para la aceleración a periodo corto y F_v para la aceleración a periodo de 1 segundo.</p> $S_{MS} = F_a S_s \quad \rightarrow \text{Ec. (11.4 - 1)}$ $S_{M1} = F_v S_1 \quad \rightarrow \text{Ec. (11.4 - 2)}$	<p>El valor del factor Z se modifica con los siguientes coeficientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente F_a que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio. $S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c \quad \rightarrow \text{(Ec. 2 - 7)}$ $S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_c \quad \rightarrow \text{(Ec. 2 - 8)}$ • $r=1$, para tipo de suelo A, B o C $r=1.5$, para tipo de suelo D o E. • El valor de η (S_a/Z, en roca), que varía dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores: <p>$\eta=1.8$ (Provincias de la Costa, excepto Esmeraldas) $\eta=2.48$ (Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos) $\eta=2.6$ (Provincias del Oriente)</p>

PARÁMETROS	ASCE 07-10	NEC-11
Probabilidad de retorno y excedencia y Coeficiente de amortiguamiento	El Sismo máximo considerado MCE: (Maximum Considered Earthquake) con probabilidad de excedencia 2% en 50 años, asociadas a un terremoto que se espera que ocurra una vez cada 2.475 años, por lo general redondeada a 2500 años. Amortiguamiento: 5%	El Sismo máximo considerado SMC con probabilidad de excedencia 10% en 50 años asociadas a un terremoto que se espera que ocurra una vez cada 475 años. Amortiguamiento: 5%
Procedimiento de Análisis Estático		
Limitaciones	Estructuras regulares con altura menor a 48.77m.(160ft) Estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) y $T < 3.5 T_s$	No se establece límite
Ecuaciones de Corte Basal	$V = C_S W$ $C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \leq \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$ $C_{Smin} \geq 0.01$ $C_{Smin} \geq \frac{0.5S_1}{\frac{R}{I}} \text{ cuando } S_1 \geq 0.6g$	$V = \frac{I S_a}{R \phi_P \phi_E} W$ $S_a = \eta Z F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c$ $S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \text{ para } T > T_c$ $S_a = Z F_a \left(1 + (n-1) \frac{T}{T_0}\right) \text{ para } T \leq T_0$
Procedimiento de Análisis Espectro de Respuesta Modal		
Limitaciones	Sin Limitaciones	No se establece limitaciones
Ecuaciones del Espectro de Diseño	<ul style="list-style-type: none"> Para $0 < T \leq T_0$ $S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0}\right)$ Para $T_0 < T \leq T_s$ $S_a = S_{DS}$ Para $T_s < T \leq T_L$ $S_a = \frac{S_{D1}}{T}$ Para $T_L < T$ $S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2}$ 	<ul style="list-style-type: none"> $0 < T \leq T_0$ $S_a = Z F_a \left(1 + (n-1) \frac{T}{T_0}\right)$ Para $T_0 < T \leq T_c$ $S_a = \eta Z F_a$ Para $T_c < T$ $S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$

PARÁMETROS	ASCE 07-10	NEC-11
Espectros de Respuesta	 <p>FIGURE 11.4-1 Design Response Spectrum.</p>	 <p>Figura 2.3. Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño</p>
Número de Modos	<p>El análisis incluirá un número suficiente de los modos para obtener una participación modal de masa combinada de al menos 90 por ciento de la masa real en cada uno de las direcciones ortogonales horizontales de respuesta considerada por el modelo.</p>	<p>Los modos necesarios que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas.</p>
Combinación Modal	<p>Método SRSS; Método CQC cuando los modos están estrechamente espaciados.</p>	<p>No se establece método</p>
Ajuste de fuerzas	<p>La respuesta combinada para el corte basal modal V_t no debe ser menor al 85% del Corte Basal estático.</p>	<p>No se establece ajuste</p>

4.2.2 Comparación Cuantitativa entre Norma ASCE 07-10 y NEC-11: Análisis Estático

Para realizar una comparación de tipo cualitativa, se compararán entre sí los Valores de Corte Basal (procedimiento de análisis estático), calculados con cada una de las normas para cada estructura analizada.

4.2.2.1 Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón

4.2.2.1.1. Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Quito

Gráfico 4.19 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito

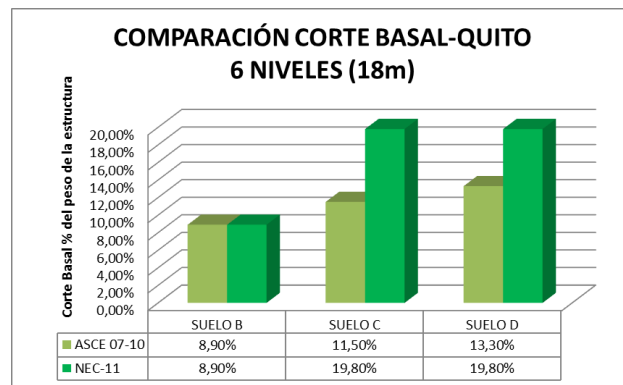


Gráfico 4.20 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito

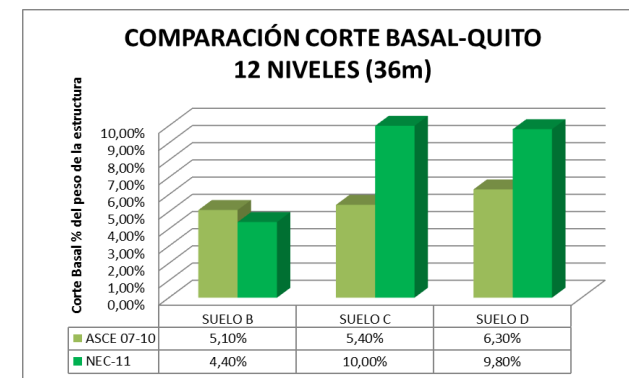


Gráfico 4.21 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito

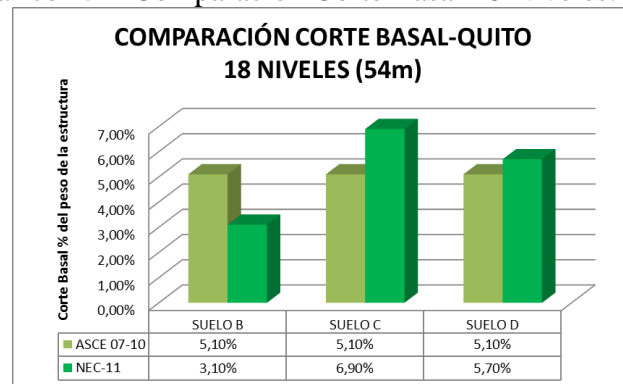
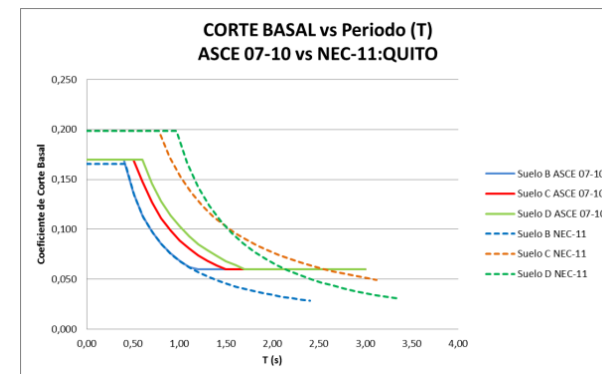


Gráfico 4.22 Corte Basal: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Quito



4.2.2.1.2 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Manta

Gráfico 4.23 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta

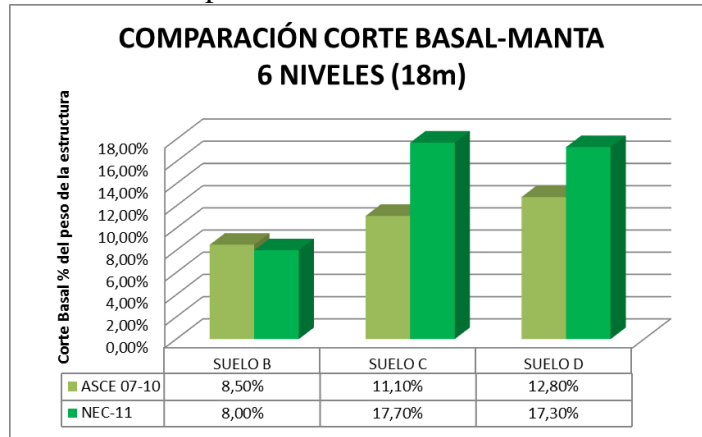


Gráfico 4.24 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta

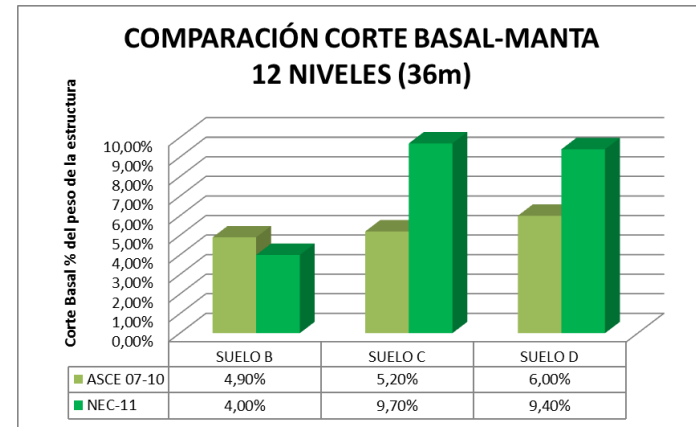


Gráfico 4.25 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta

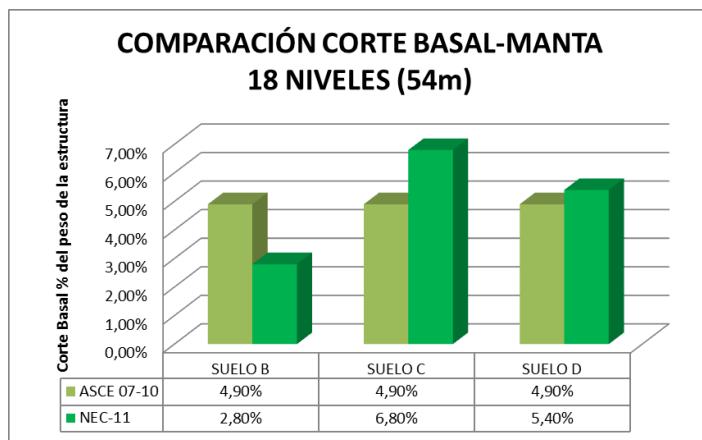
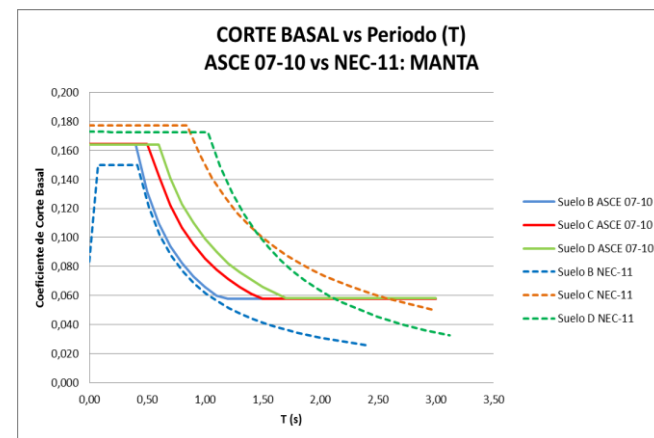


Gráfico 4.26 Corte Basal: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Manta



4.2.2.1.3 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Esmeraldas

Gráfico 4.27 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas

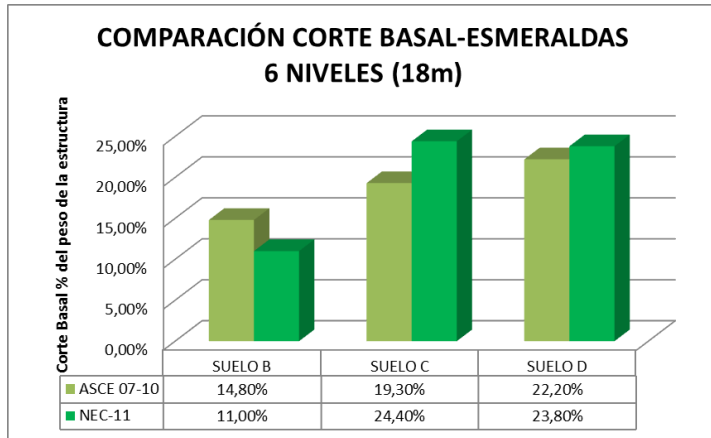


Gráfico 4.28 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas

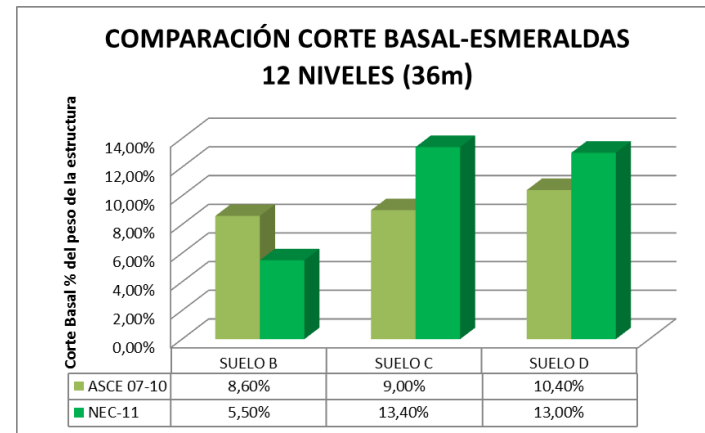


Gráfico 4.29 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas

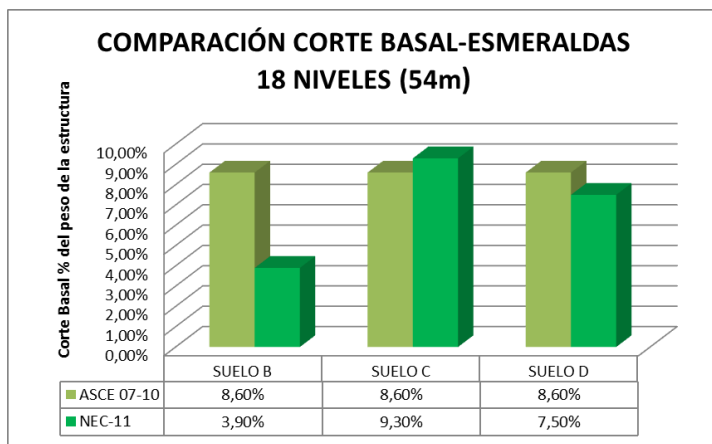
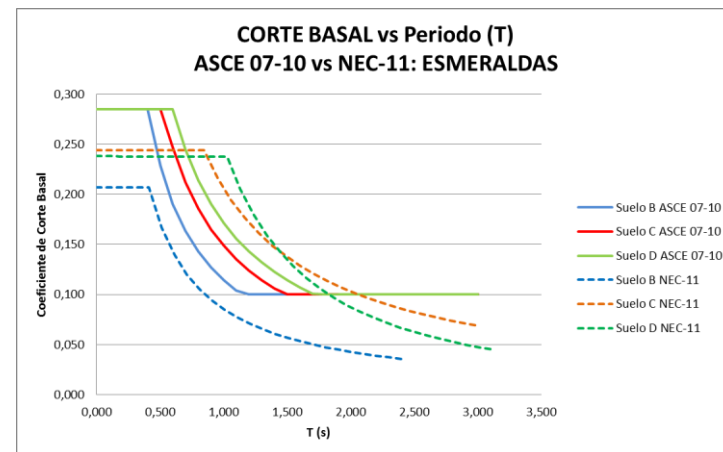


Gráfico 4.30 Corte Basal: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Esmeraldas



4.2.2.2 Sistema Dual de Hormigón

4.2.2.2.1 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Quito

Gráfico 4.31 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito

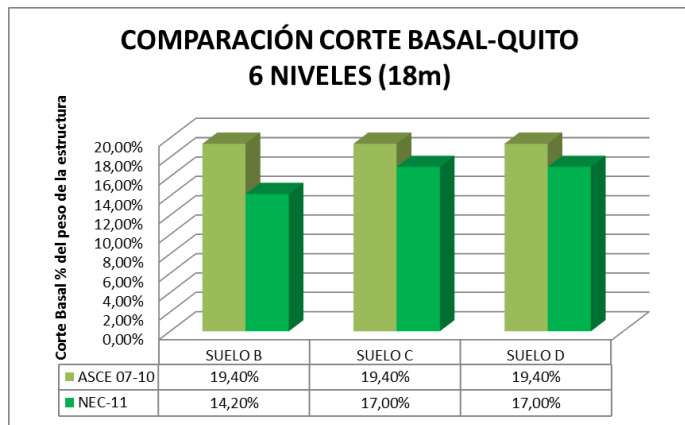


Gráfico 4.33 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito

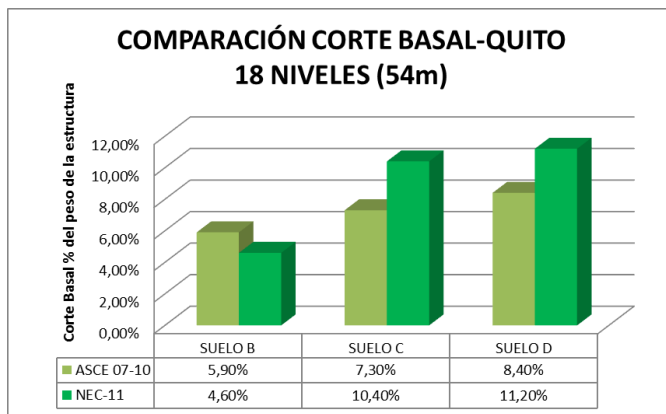


Gráfico 4.32 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito

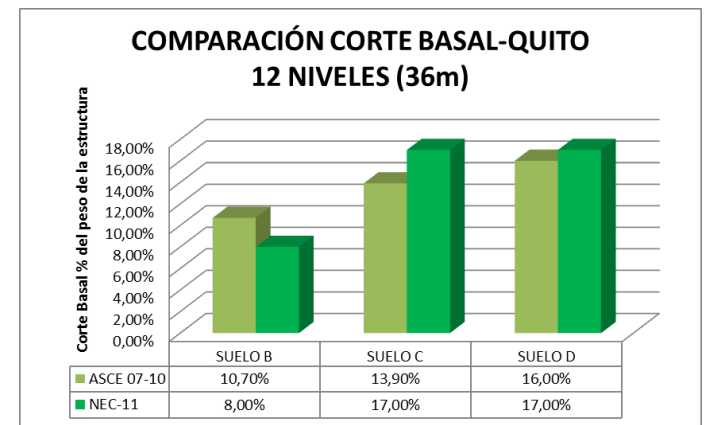
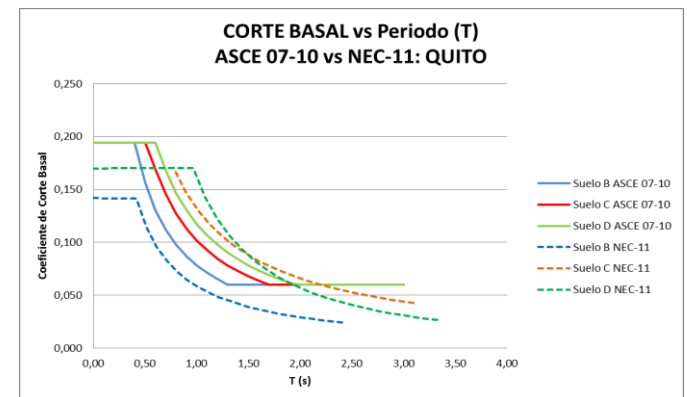


Gráfico 4.34 Corte Basal: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Esmeladas



4.2.2.2 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Manta

Gráfico 4.35 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta

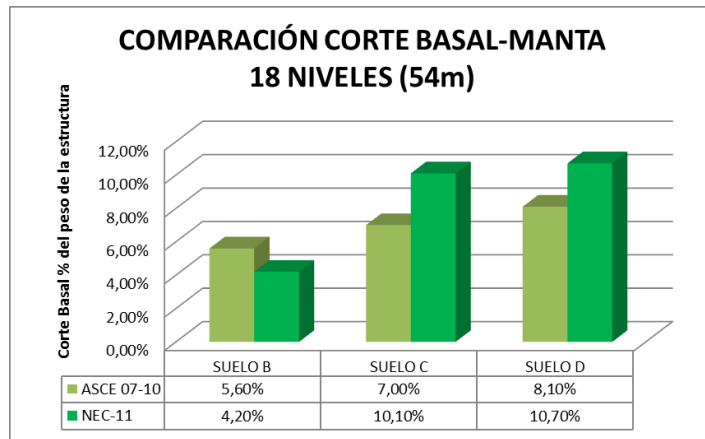


Gráfico 4.36 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta

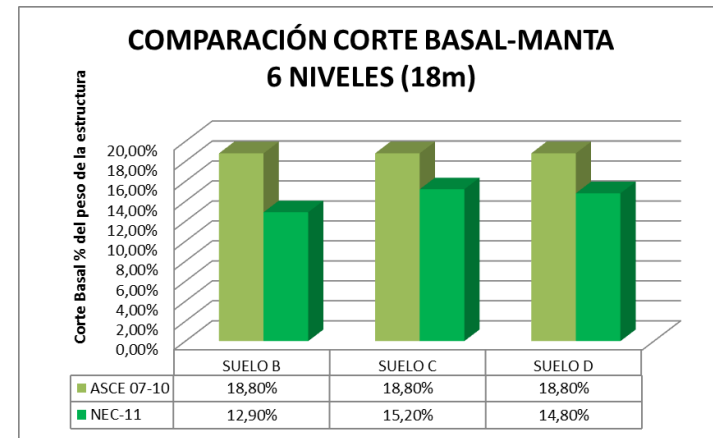


Gráfico 4.37 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta

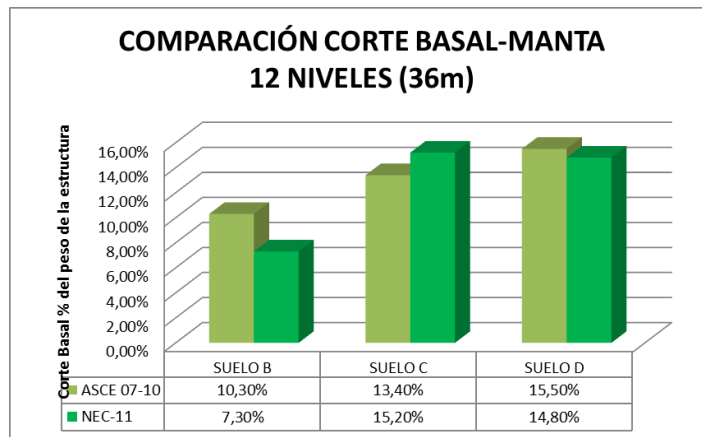
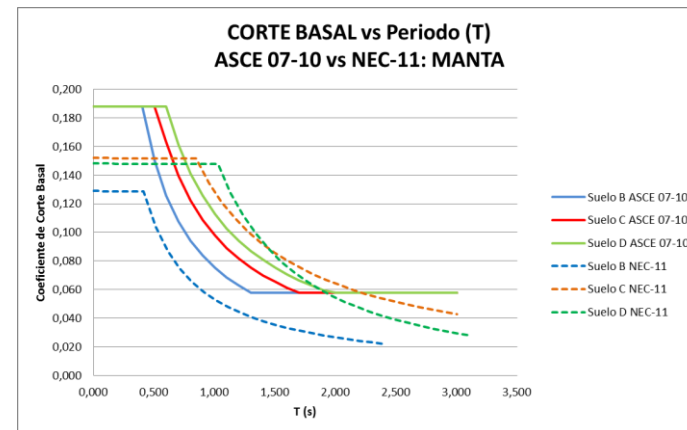


Gráfico 4.38 Corte Basal: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Manta



2.2.2.3 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas

Gráfico 4.39 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas

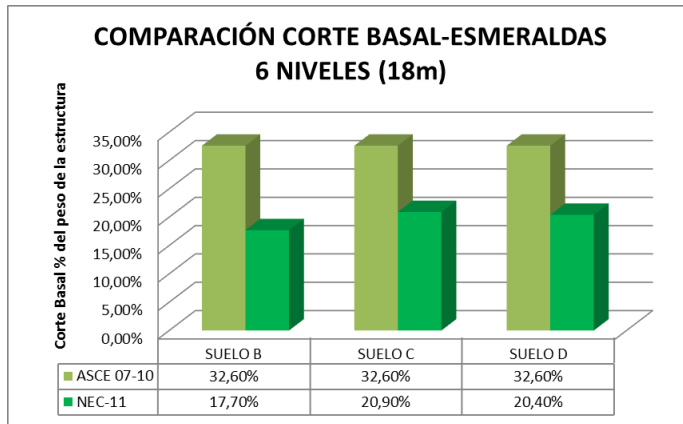


Gráfico 4.40 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas

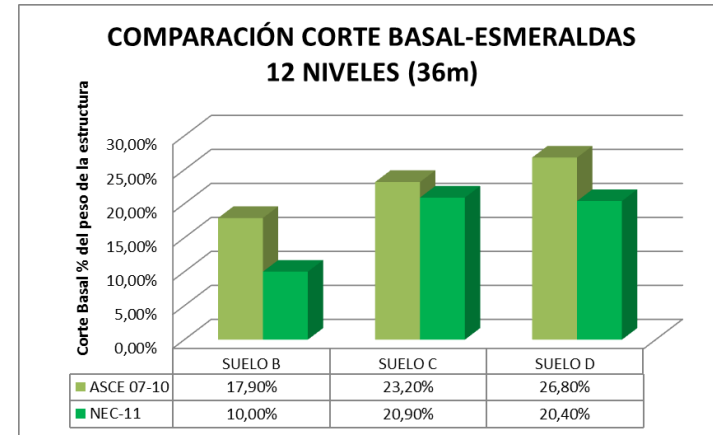


Gráfico 4.41 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas

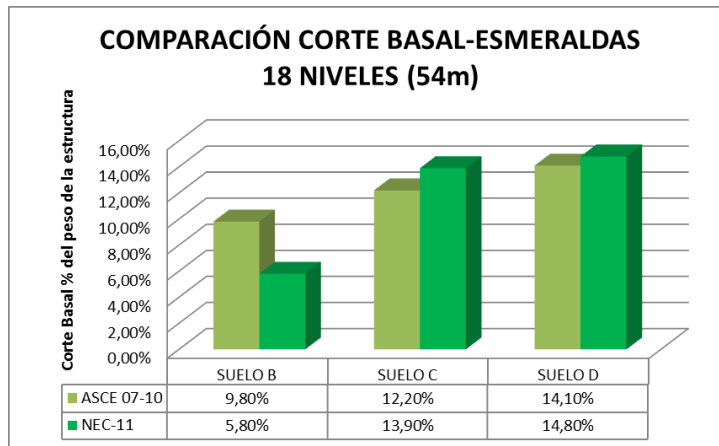
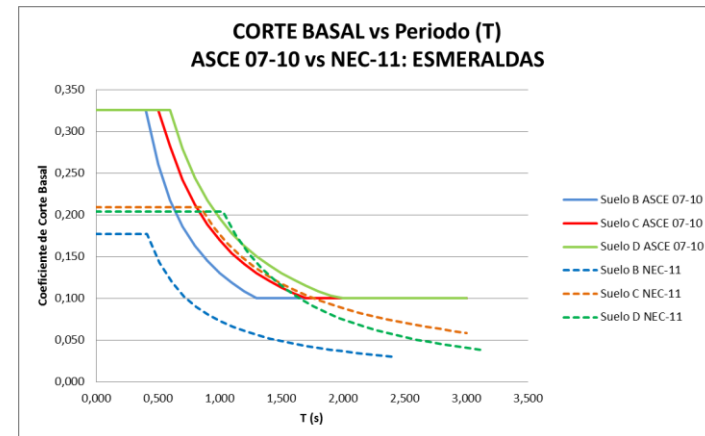


Gráfico 4.42 Corte Basal: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Esmeraldas



4.2.2.3 Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero

4.2.2.3.1 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Quito

Gráfico 4.43 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito

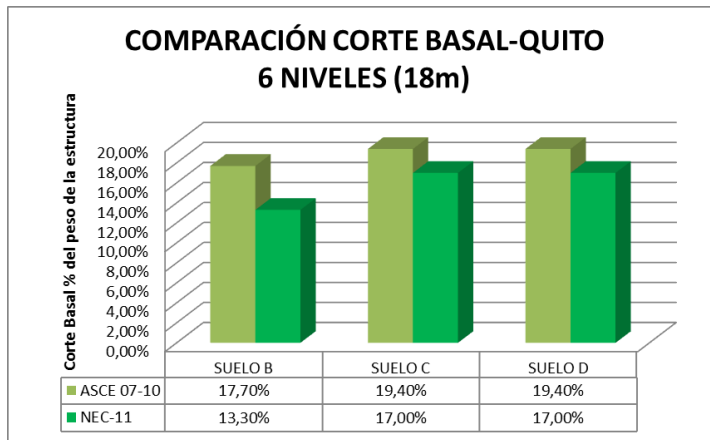


Gráfico 4.44 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito

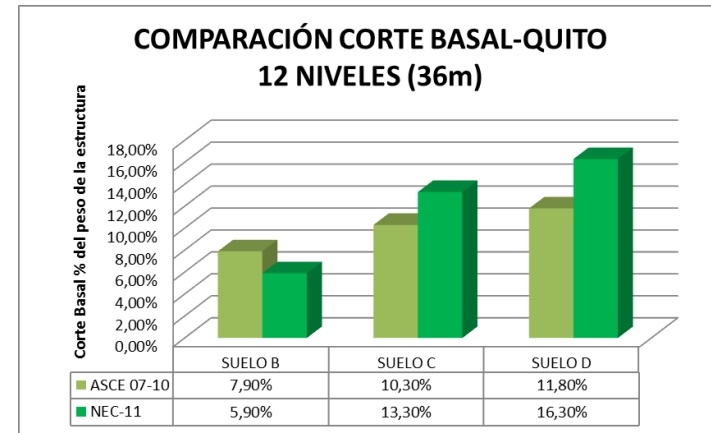


Gráfico 4.45 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito

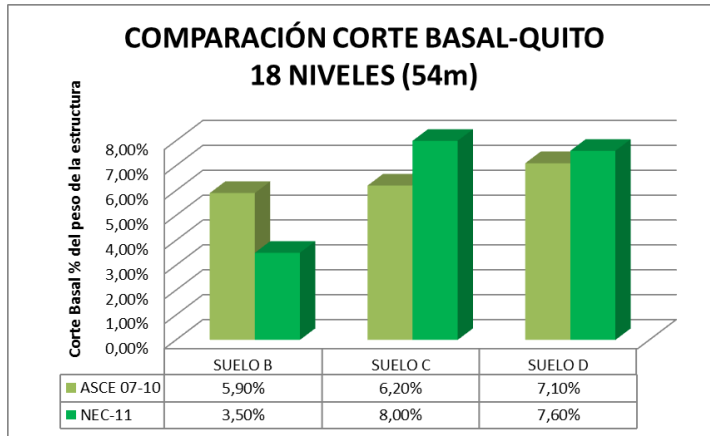
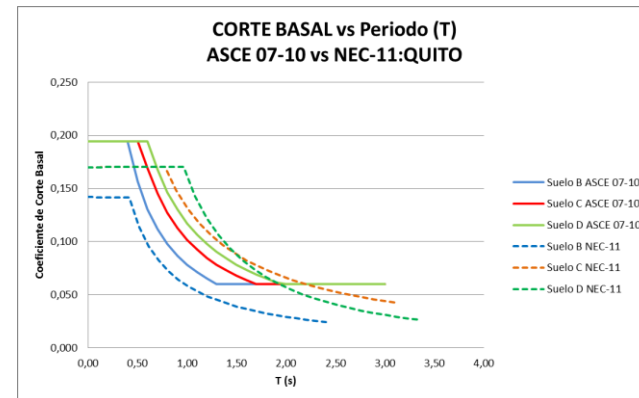


Gráfico 4.46 Corte Basal: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Quito



4.2.2.3.2 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Manta

Gráfico 4.47 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta

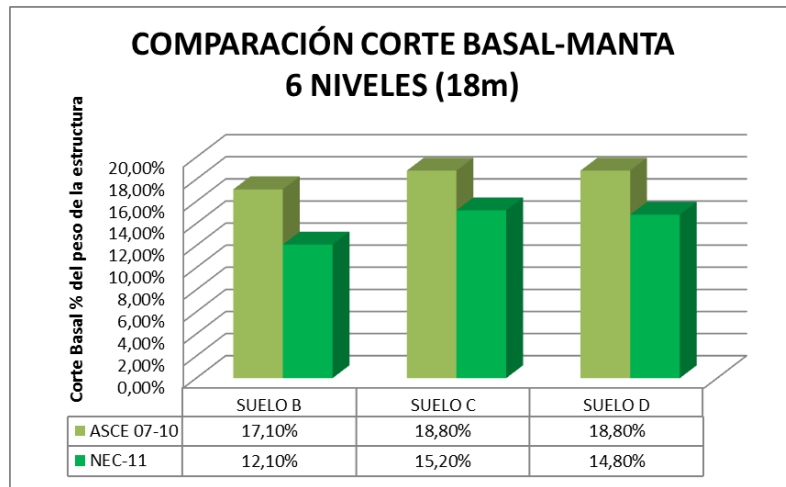


Gráfico 4.48 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta

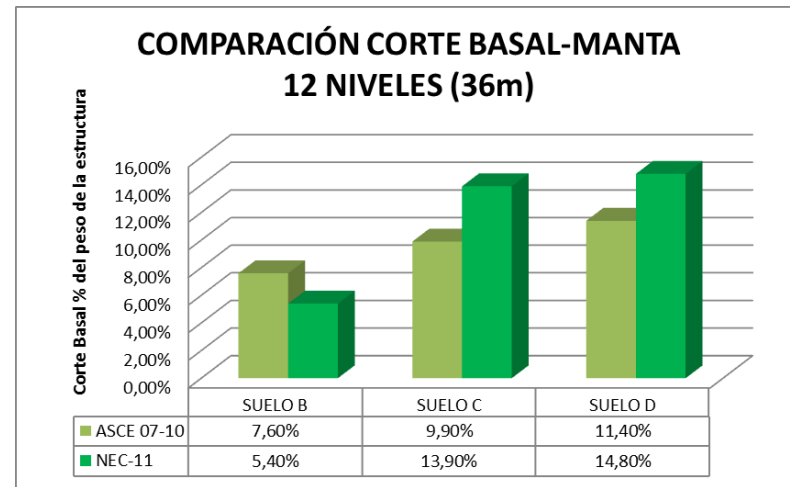


Gráfico 4.49 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta

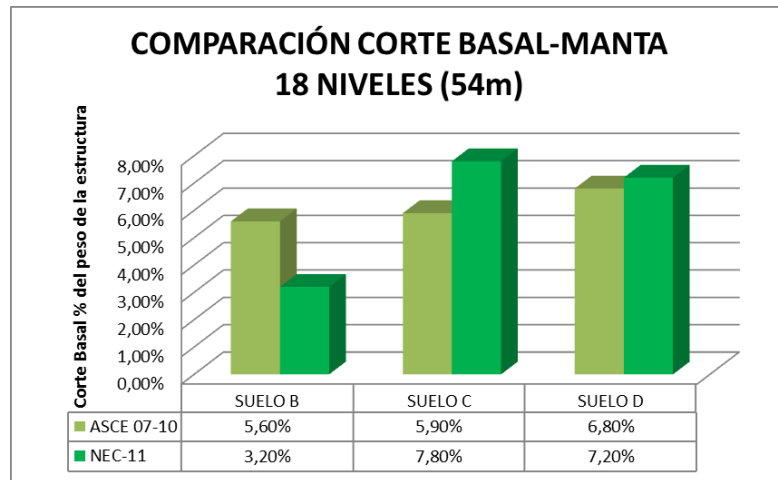
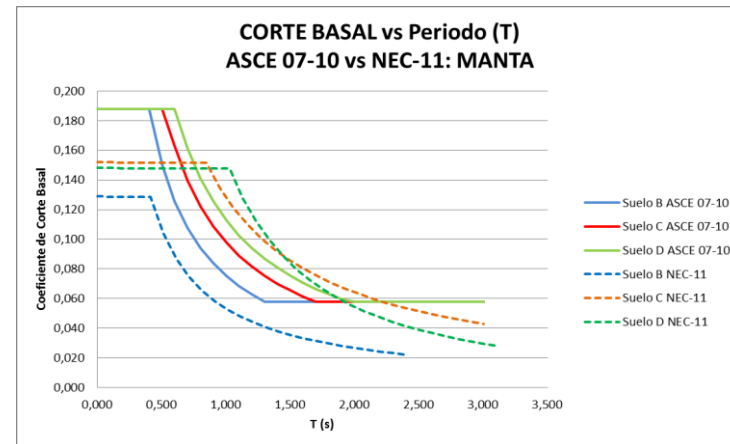


Gráfico 4.50 Corte Basal: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Manta



4.2.2.3 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Esmeraldas

Gráfico 4.51 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas

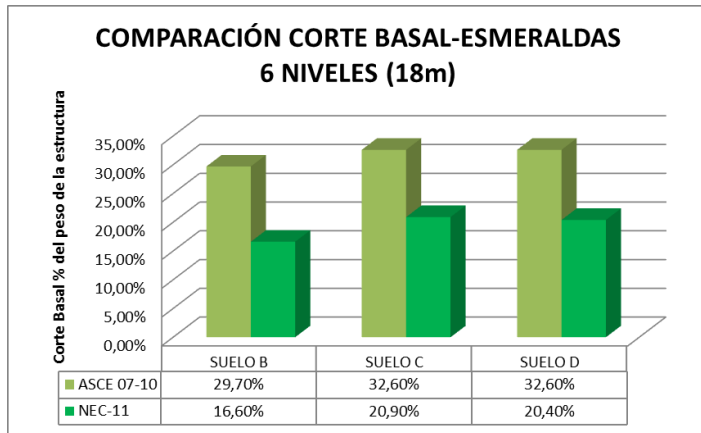


Gráfico 4.52 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas

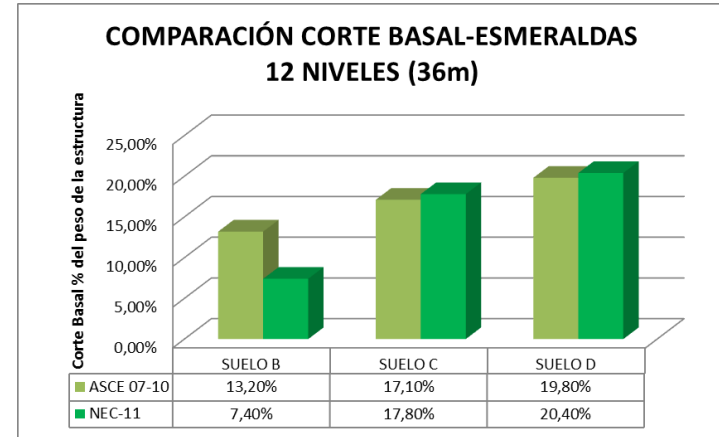


Gráfico 4.53 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas

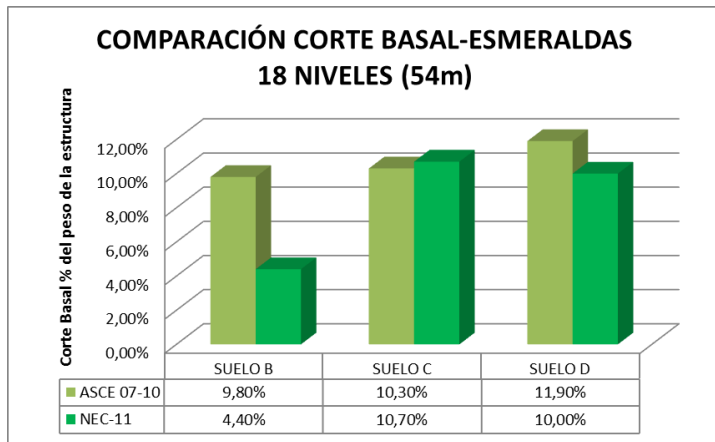
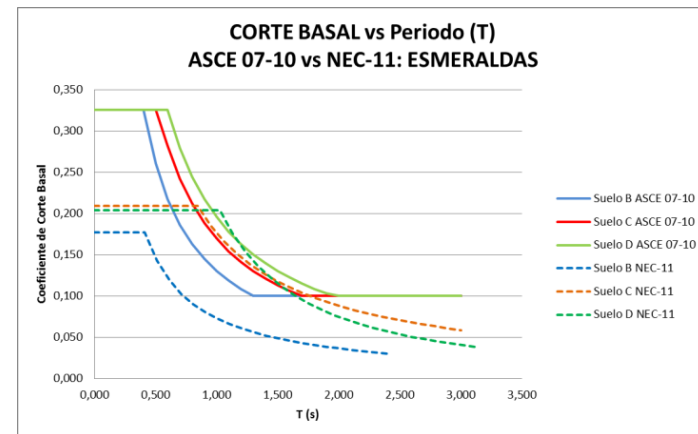


Gráfico 4.54 Corte Basal: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Esmeraldas



4.2.3 Comparación Cuantitativa entre Norma ASCE 07-10 y NEC-11: Análisis Espectro de Respuesta Modal

Para realizar una comparación de tipo cualitativa, se compararán entre sí los Valores de Corte Basal (procedimiento de análisis espectro de repuesta modal), calculados con cada una de las normas para cada estructura analizada.

4.2.3.1 Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón

4.2.3.1.1 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Quito

Gráfico 4.55 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito

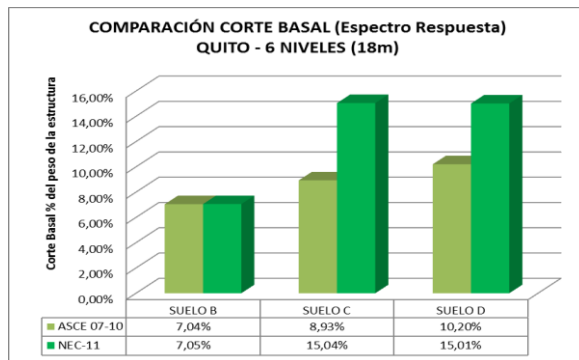


Gráfico 4.56 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito

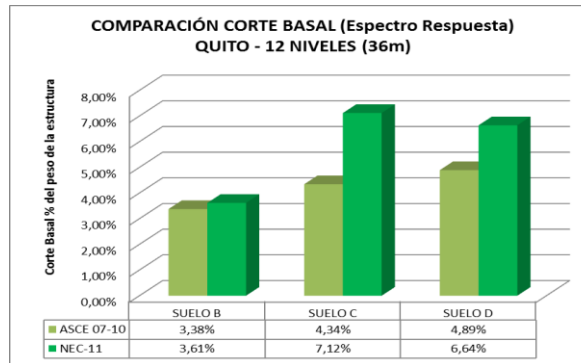


Gráfico 4.57 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito

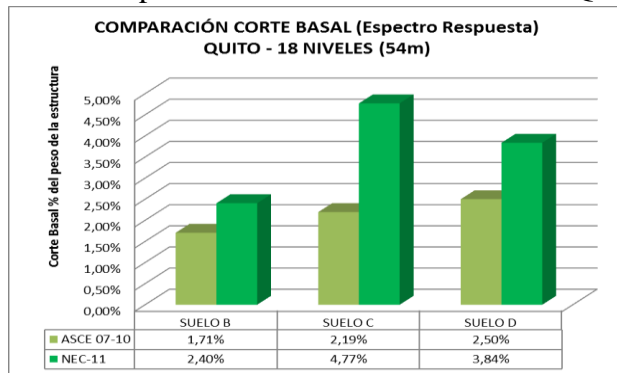
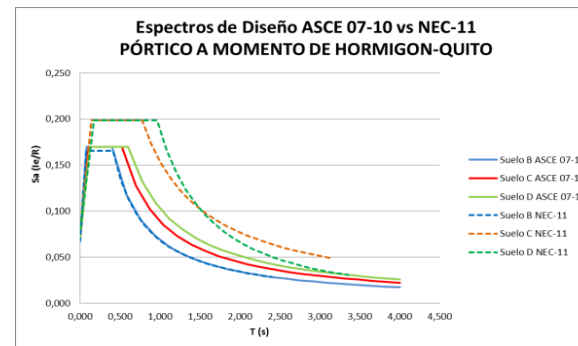


Gráfico 4.58 Espectro de Diseño: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Quito



4.2.3.1.2 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Manta

Gráfico 4.59 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta

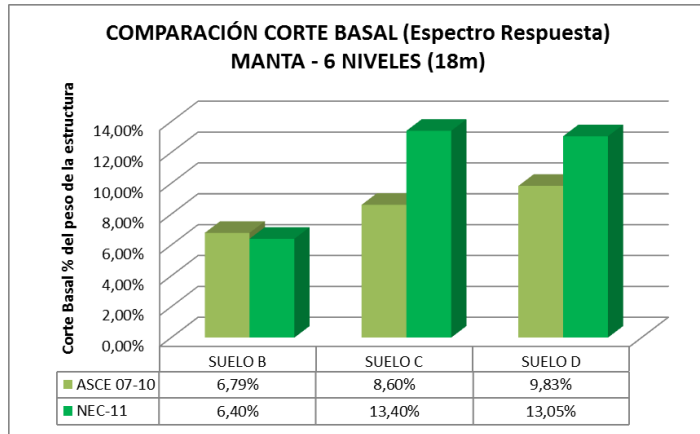


Gráfico 4.60 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta

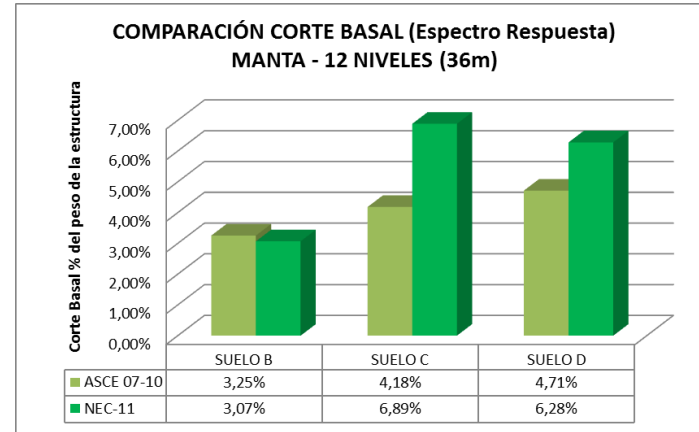


Gráfico 4.61 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta

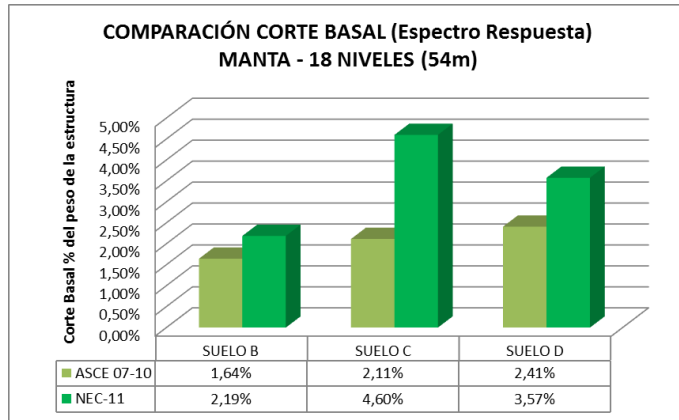
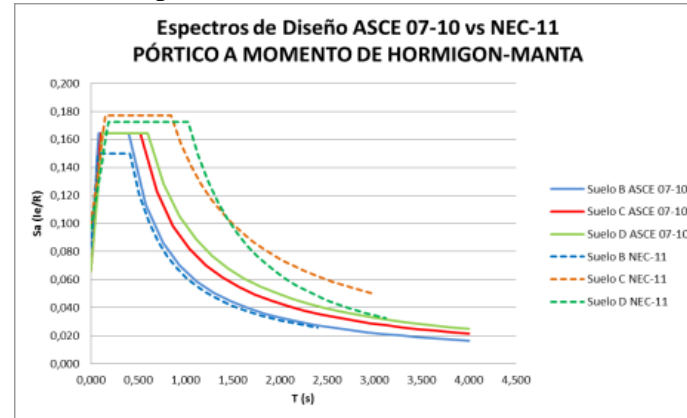


Gráfico 4.62 Espectro de Diseño: ASCE 07-10vs.NEC-11 Manta



4.2.3.1.3 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Resistente a Momento de Hormigón: Esmeraldas

Gráfico 4.63 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas

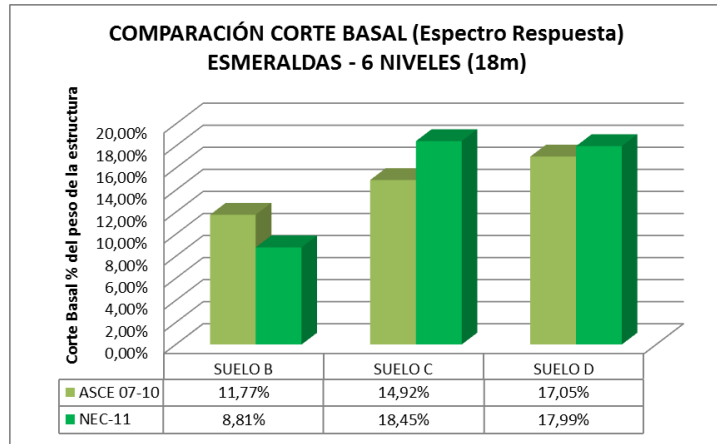


Gráfico 4.64 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas

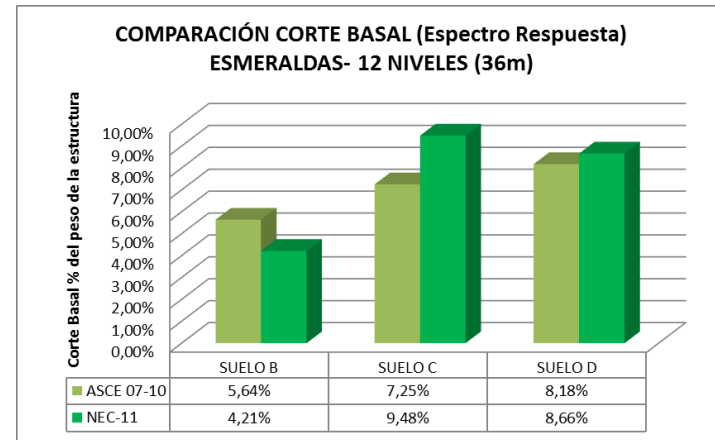


Gráfico 4.65 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas

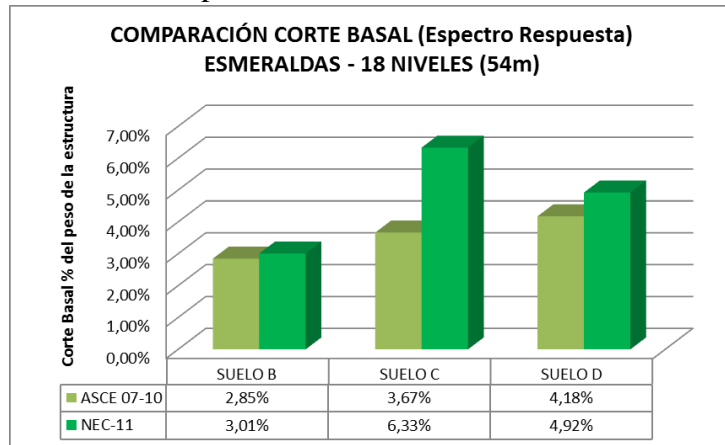
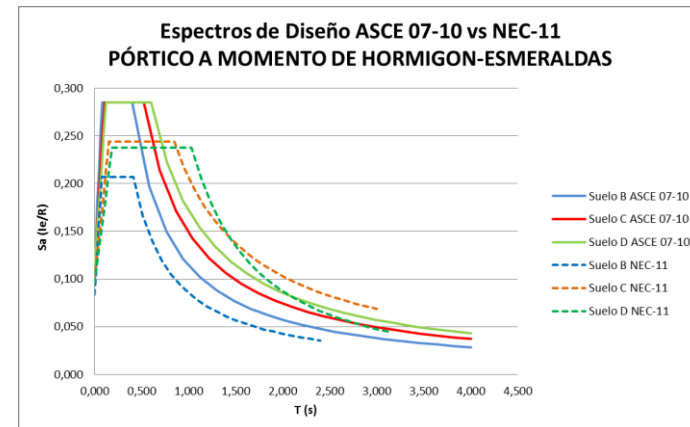


Gráfico 4.66 Espectro de Diseño:ASCE 07-10vs.NEC-11 Esmeraldas



4.2.3.2 Sistema Dual de Hormigón

4.2.3.2.1 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Quito

Gráfico 4.67 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito

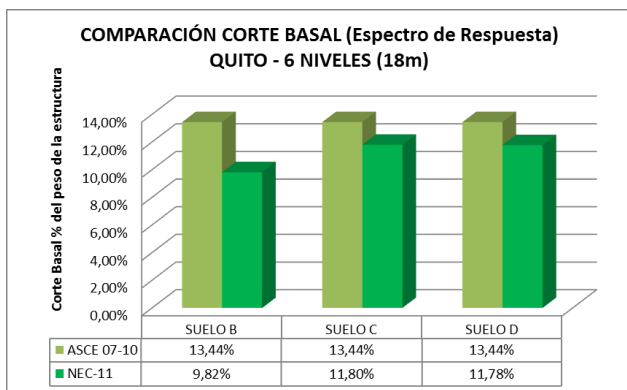


Gráfico 4.68 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito

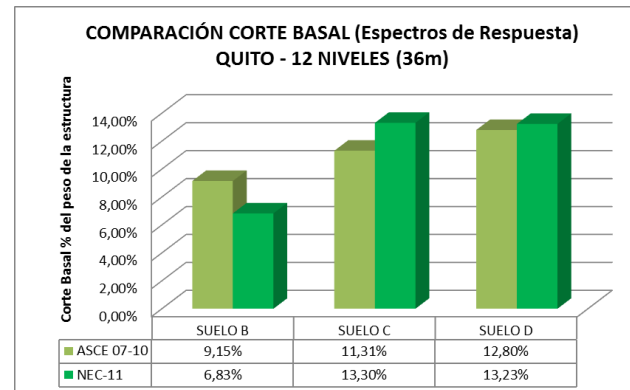


Gráfico 4.69 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito

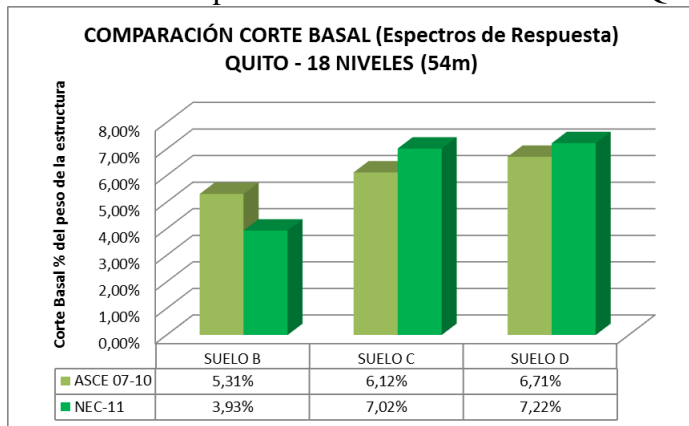
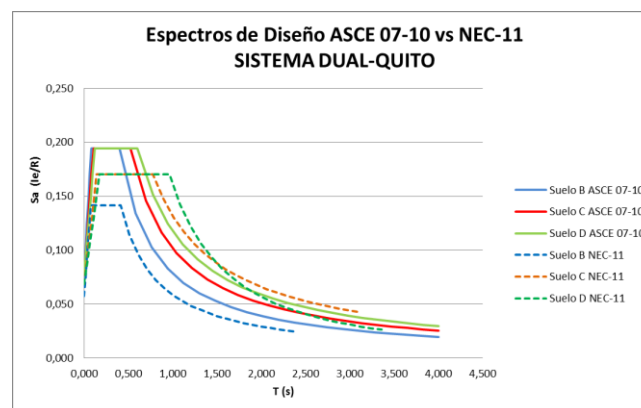


Gráfico 4.70 Espectro de Diseño: ASCE 07-1 vs. NEC-11 Quito



4.2.3.2.2 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Manta

Gráfico 4.71 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta

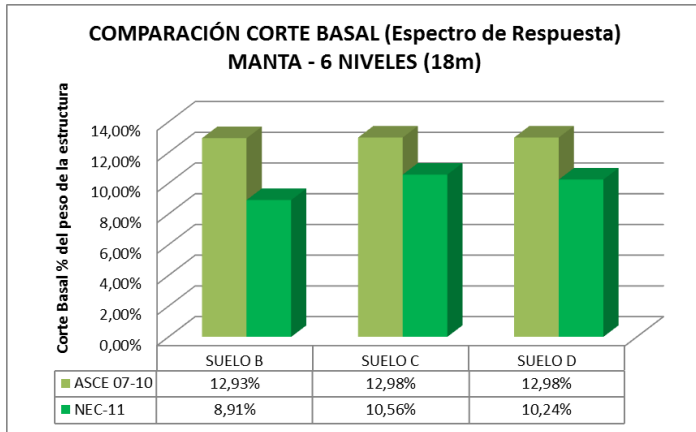


Gráfico 4.72 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta

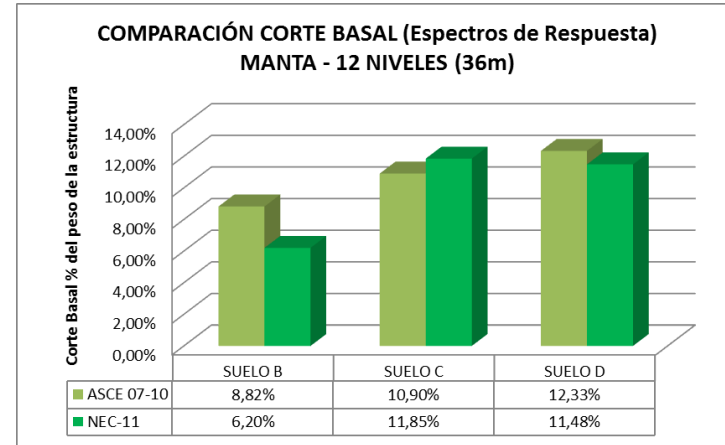


Gráfico 4.73 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta

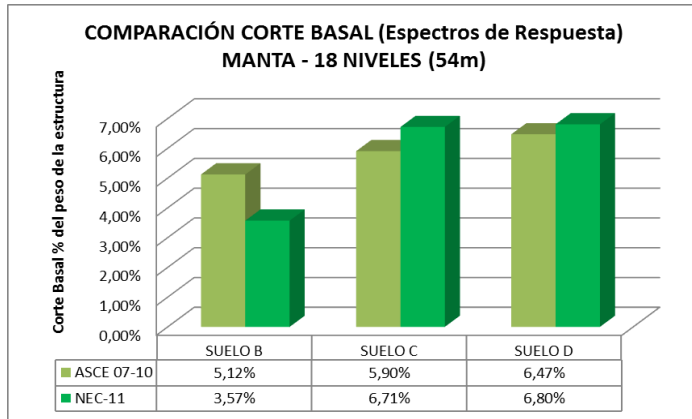
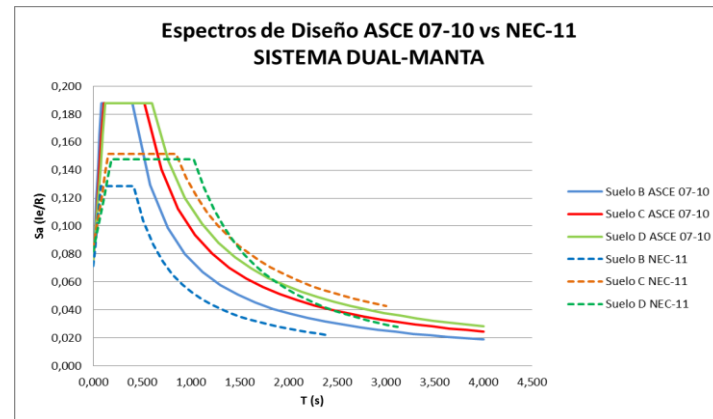


Gráfico 4.74 Espectro de Diseño: ASCE 07-10 vs. NEC-11



4.2.3.2.3 Comparación Corte Basal: Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas

Gráfico 4.75 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas

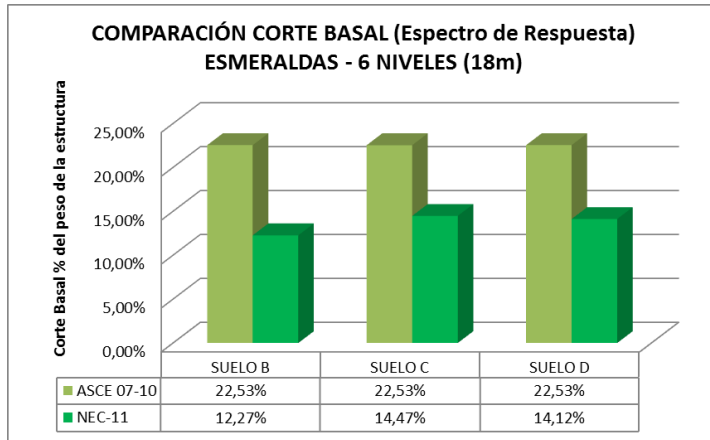


Gráfico 4.76 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas

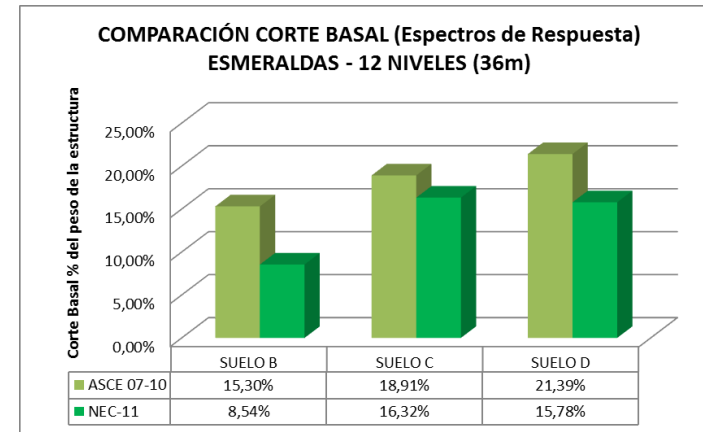


Gráfico 4.77 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas

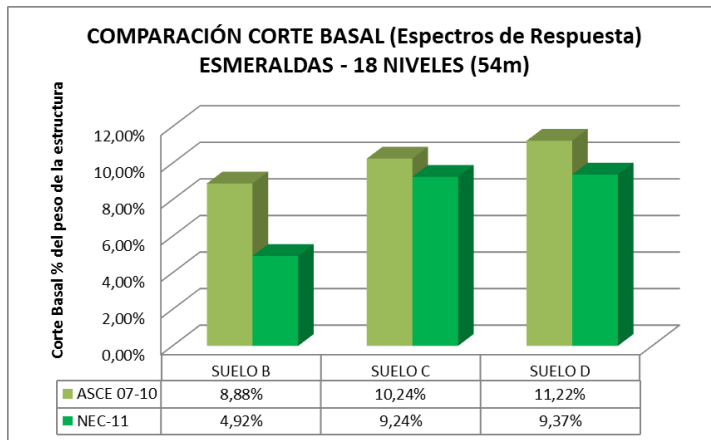
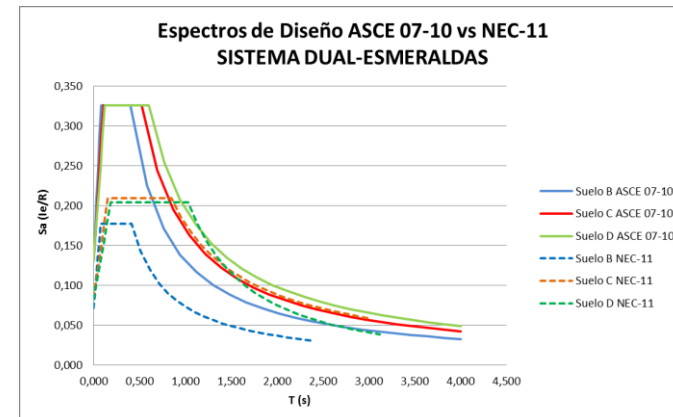


Gráfico 4.78 Espectro de Diseño: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Esmeraldas



4.2.3.3 Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero

4.2.3.3.1 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Quito

Gráfico 4.79 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Quito

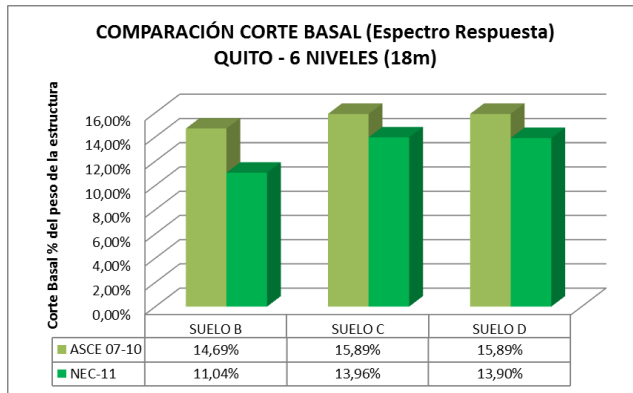


Gráfico 4.80 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Quito

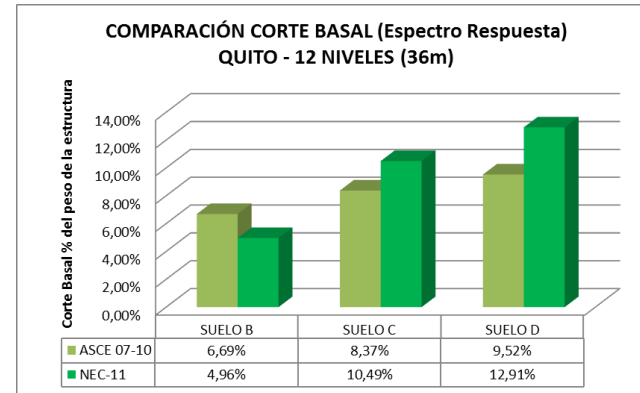


Gráfico 4.81 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Quito

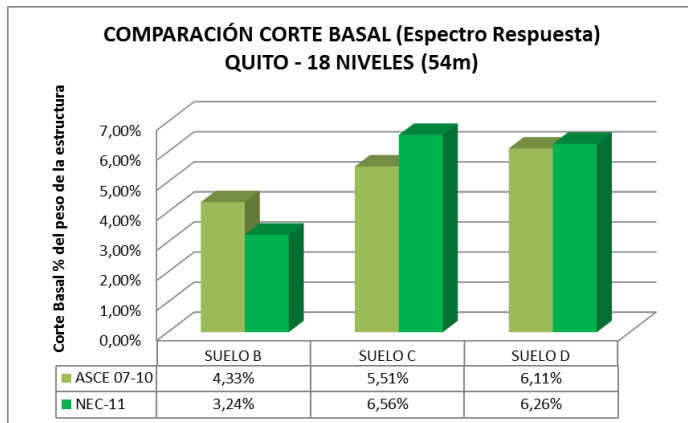
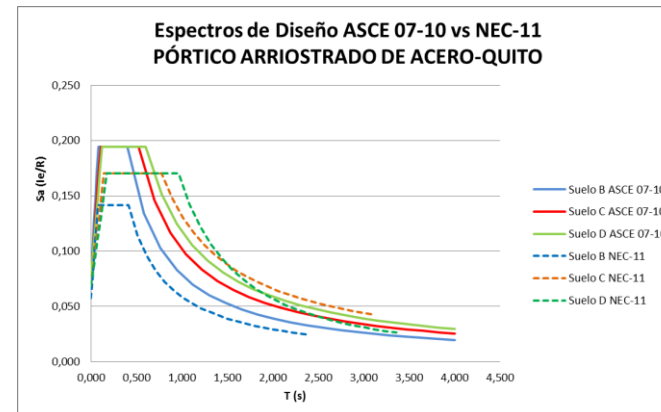


Gráfico 4.82 Espectro de Diseño: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Quito



4.2.3.3.2 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriestrado de Acero: Manta

Gráfico 4.83 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Manta

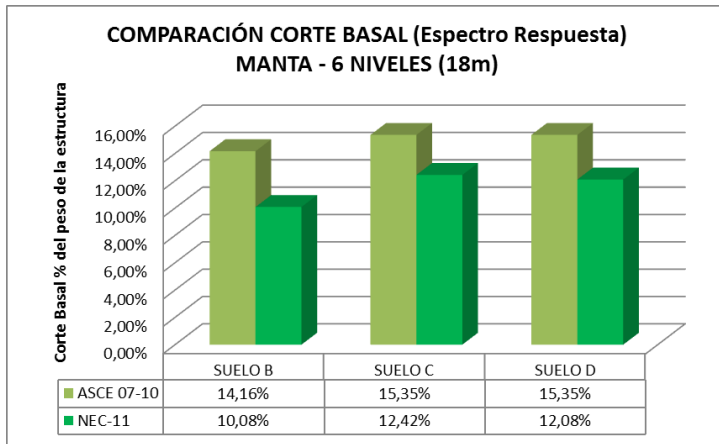


Gráfico 4.84 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Manta

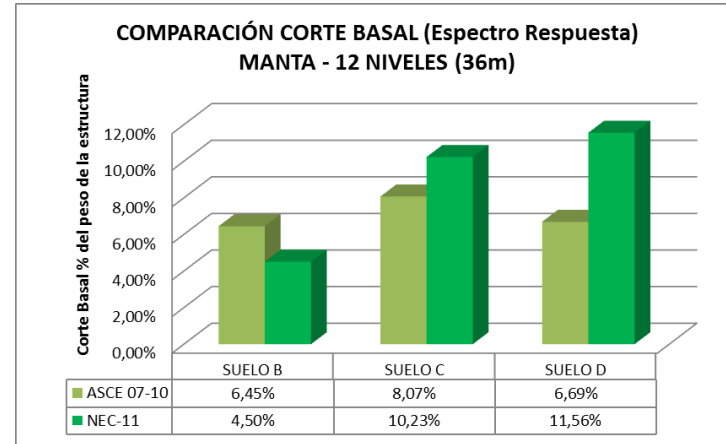


Gráfico 4.85 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Manta

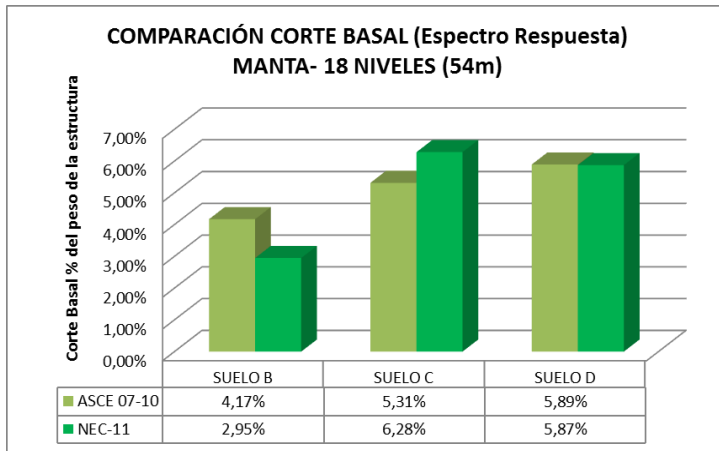
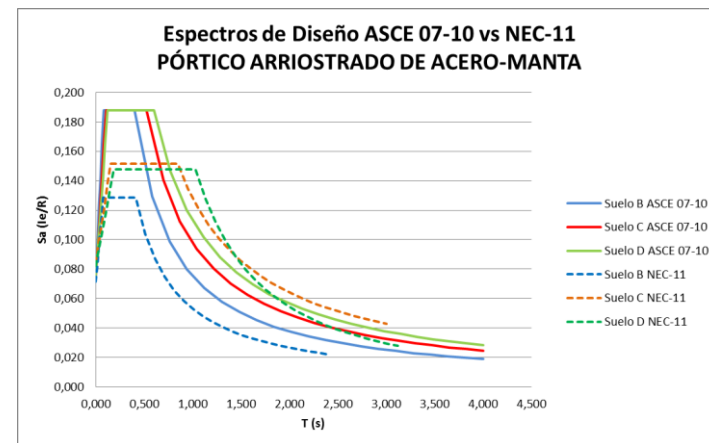


Gráfico 4.86 Espectro de Diseño: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Manta



4.2.3.3 Comparación Corte Basal: Sistema Pórtico Especial Arriostrado de Acero: Esmeraldas

Gráfico 4.87 Comparación Corte Basal 6 Niveles: Esmeraldas

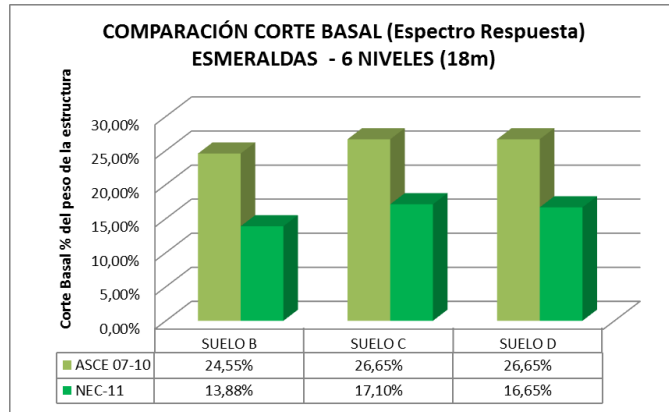


Gráfico 4.88 Comparación Corte Basal 12 Niveles: Esmeraldas

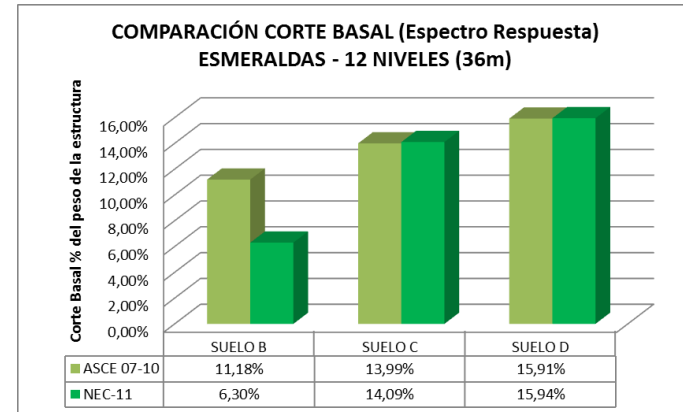


Gráfico 4.89 Comparación Corte Basal 18 Niveles: Esmeraldas

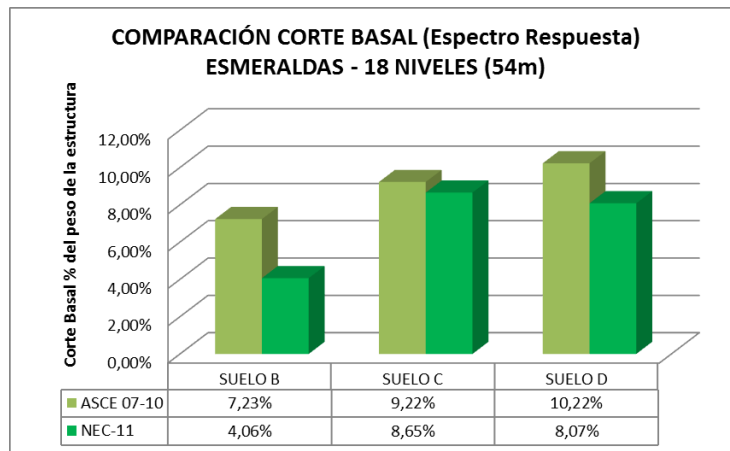
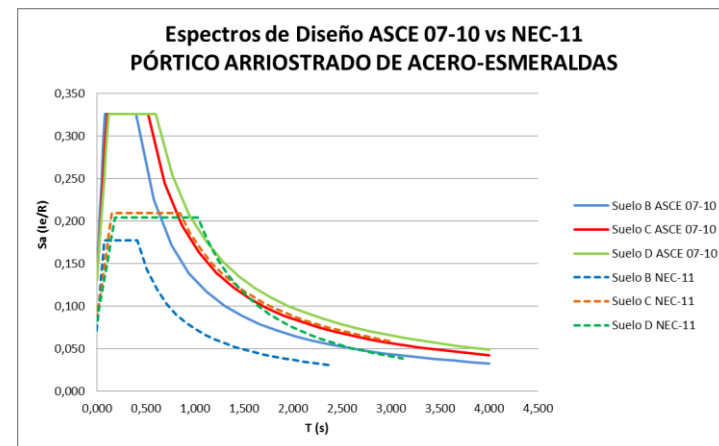


Gráfico 4.90 Espectro de Diseño: ASCE 07-10 vs. NEC-11 Esmeraldas



4.3 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10

4.3.1 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico resistente a momento de Hormigón: Quito

Tabla 4.38: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico resistente a momento de Hormigón: Quito

VERIFICACIÓN PROCEDIMIENTO ESTÁTICO: Estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) y T <3.5 Ts SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN QUITO								AJUSTE DE FUERZAS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN QUITO				
Niveles	Tipo de suelo	Categoría de Diseño Sísmico (SDC)	SD1	SDs	T	Ts	Análisis Estático	Análisis Estático	Análisis Dinámico	85%V		V diseño
					(s)			V (t)	Vt (t)	Vt < 85%V		
6 Niveles (18m)	B	E	0,55	1,36	0,77	0,40	SI	187,17	148,12	159,10	Vt < 85%V	159,10
12 Niveles(36m)	B	E	0,55	1,36	1,74	0,40	SI	216,99	143,64	184,44	Vt < 85%V	184,44
18 Niveles (54m)	B	E	0,55	1,36	2,75	0,40	NO	326,73	109,26	277,72	Vt < 85%V	277,72
6 Niveles (18m)	C	E	0,71	1,36	0,77	0,52	SI	241,85	187,78	205,58	Vt < 85%V	205,58
12 Niveles(36m)	C	E	0,71	1,36	1,74	0,52	SI	229,76	184,69	195,29	Vt < 85%V	195,29
18 Niveles (54m)	C	E	0,71	1,36	2,75	0,52	NO	326,73	140,57	277,72	Vt < 85%V	277,72
6 Niveles (18m)	D	E	0,82	1,36	0,77	0,60	SI	279,71	214,57	237,75	Vt < 85%V	237,75
12 Niveles(36m)	D	E	0,82	1,36	1,74	0,60	SI	268,05	208,15	227,84	Vt < 85%V	227,84
18 Niveles (54m)	D	E	0,82	1,36	2,75	0,60	NO	326,73	160,2	277,72	Vt < 85%V	277,72

4.3.2 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico resistente a momento de Hormigón: Manta

Tabla 4.39: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico resistente a momento de Hormigón: Manta

VERIFICACIÓN PROCEDIMIENTO ESTÁTICO: Estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) y T <3.5 Ts SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN QUITO								AJUSTE DE FUERZAS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN MANTA				
Niveles	Tipo de suelo	Categoría de Diseño Sismico (SDC)	SD1	SDs	T	Ts	Análisis Estático	Análisis Estático V (t)	Análisis Dinámico Vt (t)	85%V		V diseño
					(s)							
6 Niveles (18m)	B	E	0,53	1,31	0,77	0,40	SI	178,76	142,74	151,95	Vt < 85%V	151,95
12 Niveles(36m)	B	E	0,53	1,31	1,74	0,40	SI	208,48	138,41	177,21	Vt < 85%V	177,21
18 Niveles (54m)	B	E	0,53	1,31	2,75	0,40	NO	313,91	105,26	266,83	Vt < 85%V	266,83
6 Niveles (18m)	C	E	0,68	1,31	0,77	0,52	SI	233,44	180,95	198,42	Vt < 85%V	198,42
12 Niveles(36m)	C	E	0,68	1,31	1,74	0,52	SI	221,25	177,95	188,06	Vt < 85%V	188,06
18 Niveles (54m)	C	E	0,68	1,31	2,75	0,52	NO	313,91	135,46	266,83	Vt < 85%V	266,83
6 Niveles (18m)	D	E	0,79	1,31	0,77	0,60	SI	269,19	206,75	228,81	Vt < 85%V	228,81
12 Niveles(36m)	D	E	0,79	1,31	1,74	0,60	SI	255,28	200,61	216,99	Vt < 85%V	216,99
18 Niveles (54m)	D	E	0,79	1,31	2,75	0,60	NO	313,91	154,36	266,83	Vt < 85%V	266,83

4.3.3 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico resistente a momento de Hormigón: Esmeraldas

Tabla 4.40: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Pórtico resistente a momento de Hormigón: Esmeraldas

VERIFICACIÓN PROCEDIMIENTO ESTÁTICO: Estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) y T <3.5 Ts SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN QUITO								AJUSTE DE FUERZAS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL RESISTENTE A MOMENTO DE HORMIGÓN ESMERALDAS				
Niveles	Tipo de suelo	Categoría de Diseño Sismico (SDC)	SD1	SDs	T	Ts	Análisis Estático	Análisis Estático V (t)	Análisis Dinámico Vt (t)	85%V		V diseño
					(s)							
6 Niveles (18m)	B	E	0,91	2,28	0,77	0,40	SI	311,25	247,58	264,57	Vt < 85%V	264,57
12 Niveles(36m)	B	E	0,91	2,28	1,74	0,40	SI	365,91	240,04	311,02	Vt < 85%V	311,02
18 Niveles (54m)	B	E	0,91	2,28	2,75	0,40	NO	550,95	182,54	468,31	Vt < 85%V	468,31
6 Niveles (18m)	C	E	1,19	2,28	0,77	0,52	SI	405,89	313,82	345,01	Vt < 85%V	345,01
12 Niveles(36m)	C	E	1,19	2,28	1,74	0,52	SI	382,93	308,6	325,49	Vt < 85%V	325,49
18 Niveles (54m)	C	E	1,19	2,28	2,75	0,52	NO	550,95	234,94	468,31	Vt < 85%V	468,31
6 Niveles (18m)	D	E	1,37	2,28	0,77	0,60	SI	466,88	358,56	396,85	Vt < 85%V	396,85
12 Niveles(36m)	D	E	1,37	2,28	1,74	0,60	SI	442,49	347,95	376,12	Vt < 85%V	376,12
18 Niveles (54m)	D	E	1,37	2,28	2,75	0,60	NO	550,95	267,72	468,31	Vt < 85%V	468,31

4.3.4 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Quito

Tabla 4.41: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Quito

VERIFICACIÓN PROCEDIMIENTO ESTÁTICO: Estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) y T <3.5 Ts SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN QUITO								AJUSTE DE FUERZAS ASCE 07-10: ASCE 07-10: SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN QUITO				
Niveles	Tipo de suelo	Categoría de Diseño Sísmico (SDC)	SD1	SDs	T	Ts	Análisis Estático	Análisis Estático V (t)	Análisis Dinámico Vt (t)	85%V		V diseño
					(s)							
6 Niveles (18m)	B	E	0,55	1,36	0,24	0,40	SI	436,91	302,69	371,38	Vt < 85%V	371,38
12 Niveles(36m)	B	E	0,55	1,36	0,73	0,40	SI	427,06	365,11	363,00	OK	365,11
18 Niveles (54m)	B	E	0,55	1,36	1,39	0,40	SI	401,80	361,45	341,53	OK	361,45
6 Niveles (18m)	C	E	0,71	1,36	0,24	0,52	SI	436,91	302,68	371,38	Vt < 85%V	371,38
12 Niveles(36m)	C	E	0,71	1,36	0,73	0,52	SI	554,78	451,42	471,56	Vt < 85%V	471,56
18 Niveles (54m)	C	E	0,71	1,36	1,39	0,52	SI	497,15	416,88	422,58	Vt < 85%V	422,58
6 Niveles (18m)	D	E	0,82	1,36	0,24	0,60	SI	436,91	302,68	371,38	Vt < 85%V	371,38
12 Niveles(36m)	D	E	0,82	1,36	0,73	0,60	SI	638,59	510,85	542,80	Vt < 85%V	542,80
18 Niveles (54m)	D	E	0,82	1,36	1,39	0,60	SI	572,06	456,93	486,25	Vt < 85%V	486,25

4.3.5 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Manta

Tabla 4.42: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Manta

VERIFICACIÓN PROCEDIMIENTO ESTÁTICO: Estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) y T <3.5 Ts SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN MANTA								AJUSTE DE FUERZAS ASCE 07-10: ASCE 07-10: SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN MANTA				
Niveles	Tipo de suelo	Categoría de Diseño Sísmico (SDC)	SD1	SDs	T	Ts	Análisis Estático	Análisis Estático V (t)	Análisis Dinámico Vt (t)	85%V		V diseño
					(s)							
6 Niveles (18m)	B	E	0,53	1,31	0,24	0,40	SI	423,40	291,31	359,89	Vt < 85%V	359,89
12 Niveles(36m)	B	E	0,53	1,31	0,73	0,40	SI	411,09	351,94	349,43	OK	351,94
18 Niveles (54m)	B	E	0,53	1,31	1,39	0,40	SI	381,37	348,66	324,17	OK	348,66
6 Niveles (18m)	C	E	0,68	1,31	0,24	0,52	SI	423,40	292,3	359,89	Vt < 85%V	359,89
12 Niveles(36m)	C	E	0,68	1,31	0,73	0,52	SI	534,82	435,06	454,60	Vt < 85%V	454,60
18 Niveles (54m)	C	E	0,68	1,31	1,39	0,52	SI	476,72	402	405,21	Vt < 85%V	405,21
6 Niveles (18m)	D	E	0,79	1,31	0,24	0,60	SI	423,40	292,3	359,89	Vt < 85%V	359,89
12 Niveles(36m)	D	E	0,79	1,31	0,73	0,60	SI	618,63	492,3	525,84	Vt < 85%V	525,84
18 Niveles (54m)	D	E	0,79	1,31	1,39	0,60	SI	551,63	440,56	468,89	Vt < 85%V	468,89

4.3.6 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas

Tabla 4.43: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Dual de Hormigón: Esmeraldas

VERIFICACIÓN PROCEDIMIENTO ESTÁTICO: Estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) y T <3.5 Ts SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN ESMERALDAS								AJUSTE DE FUERZAS ASCE 07-10: ASCE 07-10: SISTEMA DUAL DE HORMIGÓN ESMERALDAS				
Niveles	Tipo de suelo	Categoría de Diseño Sísmico (SDC)	SD1	SDs	T		Análisis Estático	Análisis Estático V (t)	Análisis Dinámico Vt (t)	85%V		V diseño
					(s)	Ts					Vt < 85%V	
6 Niveles (18m)	B	E	0,91	2,28	0,24	0,40	SI	734,19	507,46	624,07	Vt < 85%V	624,07
12 Niveles(36m)	B	E	0,91	2,28	0,73	0,40	SI	714,42	610,48	607,26	OK	610,48
18 Niveles (54m)	B	E	0,91	2,28	1,39	0,40	SI	667,40	604,97	567,29	OK	604,97
6 Niveles (18m)	C	E	1,19	2,28	0,24	0,52	SI	734,19	507,36	624,07	Vt < 85%V	624,07
12 Niveles(36m)	C	E	1,19	2,28	0,73	0,52	SI	925,96	754,6	787,06	Vt < 85%V	787,06
18 Niveles (54m)	C	E	1,19	2,28	1,39	0,52	SI	830,85	697,44	706,22	Vt < 85%V	706,22
6 Niveles (18m)	D	E	1,37	2,28	0,24	0,60	SI	734,19	507,43	624,07	Vt < 85%V	624,07
12 Niveles(36m)	D	E	1,37	2,28	0,73	0,60	SI	1069,64	853,85	909,19	Vt < 85%V	909,19
18 Niveles (54m)	D	E	1,37	2,28	1,39	0,60	SI	960,25	764,27	816,21	Vt < 85%V	816,21

4.3.7 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema pórtico arriostrado de acero: Quito

Tabla 4.44: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema pórtico arriostrado de acero: Quito

VERIFICACIÓN PROCEDIMIENTO ESTÁTICO: Estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) y T <3.5 Ts PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO QUITO								AJUSTE DE FUERZAS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO QUITO				
Niveles	Tipo de suelo	Categoría de Diseño Sísmico (SDC)	SD1	SDs	T		Análisis Estático	Análisis Estático V (t)	Análisis Dinámico Vt (t)	85%V		V diseño
					(s)	Ts					Vt < 85%V	
6 Niveles (18m)	B	E	0,55	1,36	0,44	0,40	SI	308,21	197,48	261,98	Vt < 85%V	261,98
12 Niveles(36m)	B	E	0,55	1,36	0,99	0,40	SI	273,59	183,08	232,55	Vt < 85%V	232,55
18 Niveles (54m)	B	E	0,55	1,36	1,65	0,40	NO	279,96	178,66	237,96	Vt < 85%V	237,96
6 Niveles (18m)	C	E	0,71	1,36	0,44	0,52	SI	343,64	213,62	292,09	Vt < 85%V	292,09
12 Niveles(36m)	C	E	0,71	1,36	0,99	0,52	SI	354,05	229,14	300,94	Vt < 85%V	300,94
18 Niveles (54m)	C	E	0,71	1,36	1,65	0,52	SI	279,96	227,57	237,96	Vt < 85%V	237,96
6 Niveles (18m)	D	E	0,82	1,36	0,44	0,60	SI	253,30	213,62	215,31	Vt < 85%V	215,31
12 Niveles(36m)	D	E	0,82	1,36	0,99	0,60	SI	225,31	260,59	191,51	OK	260,59
18 Niveles (54m)	D	E	0,82	1,36	1,65	0,60	SI	279,96	252,31	237,96	OK	252,31

4.3.8 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Pórtico arriostrado de acero: Manta

Tabla 4.45: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema pórtico arriostrado de acero: Manta

VERIFICACIÓN PROCEDIMIENTO ESTÁTICO: Estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) y T <3.5 Ts PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO MANTA								AJUSTE DE FUERZAS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO MANTA				
Niveles	Tipo de suelo	Categoría de Diseño Sísmico (SDC)	SD1	SDs	T		Análisis Estático	Análisis Estático V (t)	Análisis Dinámico Vt (t)	85%V		V diseño
					(s)	Ts						
6 Niveles (18m)	B	E	0,53	1,31	0,44	0,40	SI	194,85	190,27	165,62	OK	190,27
12 Niveles(36m)	B	E	0,53	1,31	0,99	0,40	SI	167,37	176,46	142,26	OK	176,46
18 Niveles (54m)	B	E	0,53	1,31	1,65	0,40	NO	228,63	172,14	194,34	Vt < 85%V	194,34
6 Niveles (18m)	C	E	0,68	1,31	0,44	0,52	SI	253,30	206,29	215,31	Vt < 85%V	215,31
12 Niveles(36m)	C	E	0,68	1,31	0,99	0,52	SI	225,31	220,82	191,51	OK	220,82
18 Niveles (54m)	C	E	0,68	1,31	1,65	0,52	SI	270,63	219,4	230,03	Vt < 85%V	230,03
6 Niveles (18m)	D	E	0,79	1,31	0,44	0,60	SI	253,30	206,29	215,31	Vt < 85%V	215,31
12 Niveles(36m)	D	E	0,79	1,31	0,99	0,60	SI	225,31	183,08	191,51	Vt < 85%V	191,51
18 Niveles (54m)	D	E	0,79	1,31	1,65	0,60	SI	270,63	243,22	230,03	OK	243,22

4.3.9 Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema Pórtico arriostrado de acero: Esmeraldas

Tabla 4.46: Ajuste de Fuerzas y Verificación del Procedimiento Estático según la Norma ASCE 07-10: Sistema pórtico arriostrado de acero: Esmeraldas

VERIFICACIÓN PROCEDIMIENTO ESTÁTICO: Estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) y T <3.5 Ts PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO ESMERALDAS								AJUSTE DE FUERZAS ASCE 07-10: SISTEMA PORTICO ESPECIAL ARRIOSTRADO DE ACERO ESMERALDAS				
Niveles	Tipo de suelo	Categoría de Diseño Sísmico (SDC)	SD1	SDs	T		Análisis Estático	Análisis Estático V (t)	Análisis Dinámico Vt (t)	85%V		V diseño
					(s)	Ts						
6 Niveles (18m)	B	E	0,91	2,28	0,44	0,40	SI	513,69	329,97	436,63	Vt < 85%V	436,63
12 Niveles(36m)	B	E	0,91	2,28	0,99	0,40	SI	457,05	306,07	388,49	Vt < 85%V	388,49
18 Niveles (54m)	B	E	0,91	2,28	1,65	0,40	NO	466,60	298,54	396,61	Vt < 85%V	396,61
6 Niveles (18m)	C	E	1,19	2,28	0,44	0,52	SI	577,45	358,13	490,84	Vt < 85%V	490,84
12 Niveles(36m)	C	E	1,19	2,28	0,99	0,52	SI	592,23	382,98	503,40	Vt < 85%V	503,40
18 Niveles (54m)	C	E	1,19	2,28	1,65	0,52	SI	466,60	380,6	396,61	Vt < 85%V	396,61
6 Niveles (18m)	D	E	1,37	2,28	0,44	0,60	SI	577,45	358,13	490,84	Vt < 85%V	490,84
12 Niveles(36m)	D	E	1,37	2,28	0,99	0,60	SI	685,57	435,51	582,74	Vt < 85%V	582,74
18 Niveles (54m)	D	E	1,37	2,28	1,65	0,60	SI	522,59	421,9	444,20	Vt < 85%V	444,20

CONCLUSIONES

En general, los requisitos de diseño sísmico en Ecuador y Estados Unidos son medianamente similares, sin embargo es importante recalcar que existen diferencias en algunos de los parámetros de diseño sísmico entre las dos normas. Realizada la comparación y el análisis de las dos normas NEC-11 y ASCE 07-10 y determinado cualitativa y cuantitativamente sus diferencias y semejanzas, se concluye lo siguiente:

1. Los valores de aceleración por movimiento de terreno en la Norma ASCE 07-10 (S_S y S_I) están definidos por los componentes de dirección es decir, latitud y longitud del lugar en donde va a estar la estructura; en cambio los valores de aceleración sísmica (factor Z) en la Norma NEC-11 están definidos en el mapa de zonificación sísmica sin componentes direccionales sino más bien delimitados por sectores de diferente riesgo sísmico.
2. La Norma ASCE 07-10 por los componentes de dirección permite tener datos específicos del lugar en donde va a ser implantada la estructura, a diferencia de los valores de la Norma NEC-11 que pueden o no ser exactos o que varíen de acuerdo al lugar.

3. En cuanto a la categorización de las estructuras las dos Normas establecen similitud al clasificarlas según el uso u ocupación de la misma, proveyendo un factor de importancia. La Norma ASCE 07-10 adiciona otra condición al categorizar a las estructuras según el lugar donde existe mayor incidencia sísmica; término que merece importancia ya que una vez definida la categoría de diseño sísmico (SDC), la Norma establece restricciones y exige otros requerimientos para el diseño según el tipo de estructuras considerando la máxima altura.

4. La clasificación de los sistemas estructurales en las dos normas son similares, salvo que en la Norma americana, se clasifican a las estructuras con un detallamiento sísmico entre especial, intermedio y ordinario, los cuales están en función de la categoría de diseño sísmico (SDC) y la altura de la estructura; en contraparte la Norma NEC- 11 presenta una clasificación entre sistemas dúctiles y de ductilidad limitada sin considerar estos parámetros.

5. Tanto la Norma americana como la ecuatoriana definen el tipo de suelo de acuerdo al valor de la velocidad media de onda cortante; es decir van desde un suelo tipo A para Roca dura hasta un tipo F para suelos muy pobres que requieren estudios geotécnicos especiales.

6. En referencia a los factores de modificación para los valores de aceleración de movimiento de terreno que presenta cada Norma, se puede definir que estos se ven afectados según el tipo de suelo. La Norma ASCE 07-10 modifica los valores S_S y S_1 mediante los coeficientes F_a para la aceleración a periodo corto (rango de aceleración) y F_v para la aceleración a periodo de 1 segundo (rango de velocidades). La Norma ecuatoriana NEC-11, modifica al valor del factor Z con los coeficientes F_a y r en los rangos de aceleración y velocidades, según el tipo de suelo y un coeficiente extra η dependiendo de la región del Ecuador: $\eta=1.8$ (Provincias de la Costa, excepto Esmeraldas), $\eta=2.48$ (Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos) y $\eta=2.6$ (Provincias del Oriente). De éste último coeficiente se podría decir que no está suficientemente fundamentado ya que se sustenta en una división más bien geopolítica.

7. En relación al periodo de retorno y la probabilidad de excedencia para el sismo máximo considerado, la Norma ASCE 07-10 estima una probabilidad de excedencia del 2% en 50 años, asociadas a un terremoto con un periodo de retorno de 2500 años; en contraparte la Norma NEC-11 presenta el sismo para diseño con probabilidad de excedencia 10% en 50 años asociadas a un terremoto que se espera que ocurra una vez cada 475 años.

Periodo de retorno y Probabilidad de excedencia	ASCE 07-10	NEC-11
2% en 50 años (2500 años)	Sismo máximo considerado (SMC)	SMC= 1.5(Sismo de Diseño)
10% en 50 años (475 años)	$\frac{2}{3} MCE$ =Sismo de Diseño	Sismo de Diseño

8. El porcentaje de amortiguamiento, considerado para obtener los espectros de respuesta propuesta por las normas, es similar con un valor del 5%.
9. Los métodos para la obtención del Corte Basal y su posterior análisis, se encuentran detallados en las dos Normas, con la excepción de que la Norma americana tiene restricción para el uso del procedimiento del análisis estático, la cual se basa en la altura, periodo de la estructura y los valores de los parámetros de aceleraciones espectrales para diseño (S_{DS} y S_{D1}); es así que el análisis estático está permitido para estructuras regulares con altura menor a 48.77m.(160ft) y estructuras regulares con altura mayor a 48.77m.(160ft) con un periodo T que sea menor que T_s . El procedimiento de análisis de respuesta modal no tiene limitaciones. La Norma NEC-11 no presenta ninguna condición para escoger el procedimiento que pueda ser utilizado en el análisis.
10. El Corte Basal obtenido mediante el procedimiento estático según la Norma ASCE 07-10 resulta de la ecuación $V = C_s W$. El coeficiente C_s está en función de los valores de aceleraciones de movimiento de terreno (S_s y S_1), el factor de Reducción de Respuesta (R), el factor de importancia (I_e) y del

periodo de la estructura. La norma propone restricciones para coeficiente C_s , determinando valores máximos y mínimos según los valores S_s , S_1 , y el periodo T de la estructura. Por otro lado para obtener el valor del Corte Basal, la Norma ecuatoriana presenta la ecuación $V = \frac{I S_a}{R \phi_P \phi_E} W$ la cual está en función del valor de aceleración S_a , el factor de Reducción de Respuesta (R), el factor de importancia (I_e) y los coeficientes $\phi_P \phi_E$ por irregularidad en planta y elevación respectivamente. Es importante mencionar que el coeficiente S_a no presenta rangos mínimos y está en función del periodo de la estructura, del factor Z , y los valores de r y η .

11. En la Norma NEC-11, las irregularidades en planta o elevación que se puedan presentar en las estructuras forman parte de la ecuación para obtener el Corte Basal mediante los factores $\phi_P \phi_E$ cuyo valor máximo es 1 (sin irregularidad). La Norma americana no toma en cuenta las irregularidades de la estructura en la ecuación de Corte Basal, pero si controla y limita las mismas de acuerdo a la categoría de diseño sísmico (SDC) asignada. Es así que en la Norma ASCE 07-10 para estructuras de SDC D, E o F que tengan cualquier irregularidad horizontal excepto la de tipo A o irregularidad vertical, las fuerzas de diseño se aumentarán en un 25% (1.25) para las conexiones de diafragmas a los elementos verticales, al igual que en colectores y sus conexiones. En cambio la Norma NEC-11 sea cual fuere el

nivel de torsión, no presenta este factor de aumento para las fuerzas de diseño sino que conserva el normal 1.11 (1/0.9).

12. Al escoger el análisis de Respuesta Modal, la Norma americana permite obtener el valor de S_a a partir de la ecuación para el rango $0 < T \leq T_0$ de la curva del espectro de respuesta modal, en cambio la Norma ecuatoriana únicamente especifica el uso de la ecuación para el rango $0 < T \leq T_0$ “solo para modos de vibración distintos al fundamental.”
13. Tanto la Norma NEC-11 como la Norma ASCE 07-10 establecen que el número de modos que se debe cumplir al realizar el procedimiento de análisis de Espectro de respuesta modal, serán los necesarios para cumplir con el 90% de participación de masa real de la estructura en cada una de la direcciones ortogonales de la misma.
14. Un importante requisito que establece la Norma ASCE 07-10 y que no consta en la Norma ecuatoriana es el ajuste de fuerzas, el valor de la respuesta combinada para el Corte Basal modal V_t no debe ser menor al 85% del Corte Basal obtenido a través del procedimiento estático.

15. Como se puede apreciar en los gráficos del 3.21 al 3.29, las curvas de los espectros según la Norma ASCE 07-10 tienen mayores valores de aceleraciones (S_a) que varían entre un 14% hasta un 80% más en el rango ($T_0 < T \leq T_s$) en comparación con las curvas de los espectros bajo la Norma ecuatoriana. Por lo tanto, para estructuras cuyo periodo natural de vibración se encuentren en el rango de aceleración, el valor del corte basal será mayor usando la Norma ASCE 07-10 en comparación al de la Norma NEC-11.
16. En cuanto a los factores de reducción de respuesta (R) para el sistema estructural Pórtico especial arriostrado de acero y el Sistema dual de hormigón, las dos Normas determinan el mismo valor (7), pero para el Pórtico especial a momento de hormigón, la Norma ASCE 07-10 presenta un valor de 8 y la Norma NEC-11 un valor de 6. Es importante mencionar, que la Norma ACI 318-08 toma el factor $R=8$ el cual se encuentra implícito en la especificaciones para el diseño de los elementos que conforman el sistema estructural sismoresistente; pero en el Ecuador a pesar de que se utiliza la misma norma para el diseño de los elementos, la Norma NEC-11 utiliza un factor $R=6$ lo cual da como resultado una incongruencia.
17. Al realizar el análisis estático en todas las estructuras en la gran mayoría, los valores de Corte Basal para el tipo Pórtico especial a momento de hormigón, fueron más altos los obtenidos con la Norma ecuatoriana que

con la Norma americana; esto se debe a la diferencia de los valores de R. En cambio en los Sistemas dual de hormigón y Pórtico especial arriostrado de acero, los resultados de Corte basal fueron mayores en la Norma ASCE 07-10 en comparación con los obtenidos en la Norma NEC-11.

18. Al realizar el análisis de espectro de respuesta modal en todas las estructuras en la gran mayoría, los valores de Corte Basal para el tipo Pórtico especial a momento de hormigón, fueron más altos los obtenidos con la Norma ecuatoriana que con la Norma americana; esto se debe a la diferencia de los valores de R. En cambio en los Sistemas dual de hormigón y Pórtico especial arriostrado de acero, los resultados de Corte basal fueron mayores en la Norma ASCE 07-10 en comparación con los obtenidos en la Norma NEC-11.

19. En las tablas 3.1 a 3.3 las curvas de los espectros según la Norma ASCE 07-10 presentan un mismo valor de aceleración S_a para los 3 tipos de suelos analizados, en cambio en la norma NEC-11 los valores máximos de los espectro son diferentes entre sí.

20. En Norma ASCE 07-10 los espectros de respuesta para cada tipo de suelo en el rango de periodo largo (respuesta máxima de velocidad) son paralelos entre sí como se puede apreciar en las tablas 3.1 a 3.3; no así en las curvas de los espectros de respuesta obtenidas según la Norma NEC-11 que son claramente disímiles. Entonces los espectros para el tipo de suelo D según la Norma NEC-11 decae antes que la curva para el tipo de suelo C, en la Norma americana los mismos tienen otro comportamiento. Esto se debe al cambio brusco de los valores del factor r de 1 a 1.5.
21. Como se puede ver en los gráficos de resultados de Corte Basal de todas las estructuras analizadas tanto en el procedimiento estático como en el dinámico obtenidos según la Norma NEC-11, se puede apreciar incongruencias con estos valores en la mayoría de los casos, ya que el resultado del Corte Basal para el tipo de suelo C es mayor que el obtenido para un suelo de tipo D.
22. El nivel de exigencia en los procedimientos para diseño sismo resistente de la Norma ASCE 07-10 es mayor, principalmente por la categorización de estructuras según el riesgo sísmico del lugar (Categoría de diseño sísmico), el ajuste de fuerza para el Corte Basal ($V_t \geq 0.85V$), la disposición de rangos mínimos para el coeficiente C_s del Corte Basal, los requerimientos y/o limitaciones que tienen las estructuras en cuanto a su detallamiento sísmico

e irregularidades en planta y elevación, las cuales están en función de su categoría de diseño sísmico (SDC).

23. Finalmente, en el Ecuador la Norma americana (ASCE 07-10) es perfectamente adaptable en la aplicación de requerimientos para diseño sísmoresistente en edificios, y también para otro tipo de estructuras que se realizan en el país como tanques, sistemas en cantiléver, torres de transmisión, etc. para las cuales la Norma NEC-11, aun no establece especificaciones.

RECOMENDACIONES

Por el alto riesgo sísmico que tiene el Ecuador, es de gran importancia que la Norma Ecuatoriana de la Construcción para el diseño sismo resistente de estructuras, contemple parámetros que vayan acorde con la condición de riesgo del país y éstos coadyuven en su nivel de exigencia.

Para modificaciones posteriores de la Norma NEC-11 y su capítulo de Peligro sísmico, se sugiere tomar en consideración, la asignación de una nueva categoría estructural en función a las zonas de riesgo sísmico del país, con sus respectivas limitaciones de altura, y requerimientos para su detallamiento sísmico.

En función del peligro sísmico de las zonas, es importante también considerar la restricción de irregularidades de las estructuras tanto en planta como elevación.

Sería conveniente que el factor η el cual afecta al parámetro S_a y por ende al espectro de respuesta, no sea establecido por zonificación netamente geopolítica, sino más bien que tenga íntima relación con el tipo de suelo y el riesgo sísmico de las zonas.

Se recomienda tomar en cuenta el requisito que establece la Norma ASCE 07-10, sobre el ajuste de fuerzas, que determina un valor mínimo para el Corte Basal dinámico, el cual no debe ser menor al 85% del Corte Basal obtenido a través del procedimiento estático.

BIBLIOGRAFIA

- Argentina, A. G. (2006). Artículo Neotectónica de Los Andes Entre 1°N Y 47°S (Ecuador, Bolivia Y Chile). *Asociación Geológica Argentina*.
- ASCE/SEI 07-10. (2010). *ASCE, 2010, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia.
- Bungale S. Taranath, P. (2010). *Reinforced concrete design of tall buildings*. E.E.U.U.: Taylor & Francis Group.
- National Institute of Standards and Technology, N. (2012). *Comparison of U.S and Chilean Building Code Requirements and Seismic Design Practice 1985-2010*. EE.UU.: S/E.
- NEC-11. (2011). Capitulo 2: Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente. En C. E. Construcción. Ecuador.