

8ª JORNADA
**COMISIÓN
PERMANENTE**

del Código Modelo Sísmico para
América Latina y El Caribe

CÓDIGO SALVADOREÑO DE EDIFICACIONES

Ing. M.I. Brenda Hazel Sandoval

Ministerio de Obras Públicas y de Transporte, MOPT

San Salvador, El Salvador

8 de octubre de 2025

www.codigomodelosismico.org



*Quien no aprende de su historia,
Está condenado a repetirla..*

Napoleón Bonaparte

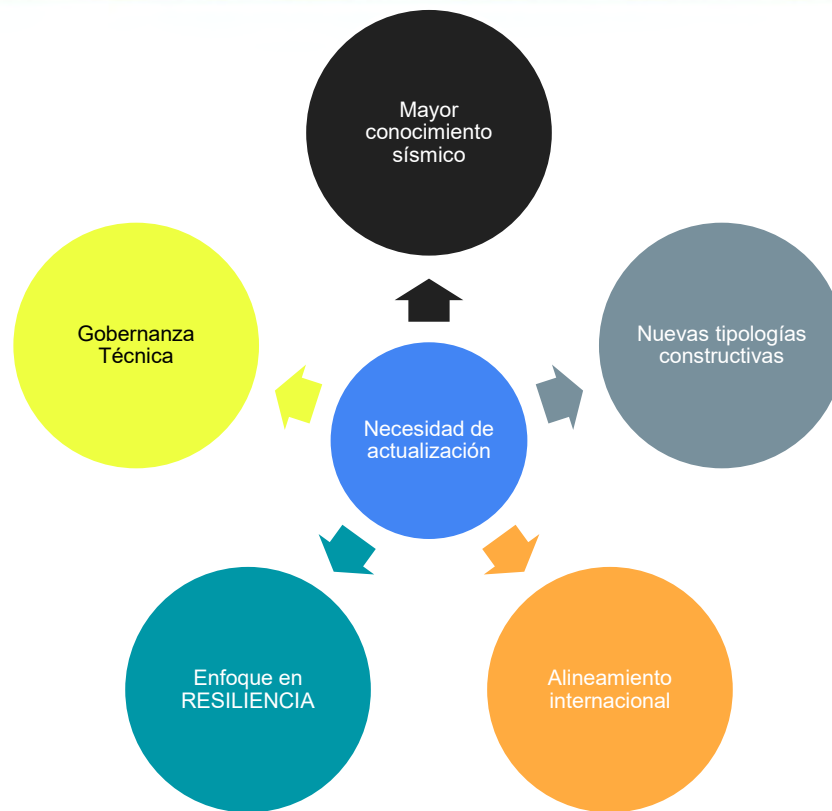
Objetivo:

Fortalecer la seguridad estructural del país mediante la actualización de la normativa sísmica nacional, incorporando: conocimientos científicos recientes (globales y a nivel nacional), avances tecnológicos y estándares internacionales.



Necesitamos implementar una **Colaboración Estratégica** que nos permita **Fortalecer la infraestructura nacional**, promoviendo **resiliencia**, **sostenibilidad** e **innovación**, integrando políticas públicas, inversión privada y conocimiento técnico-científico

Necesidad de actualizar normativa E.S.



Validado por COMISIÓN RECTORA PERMANENTE:



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES

MOP

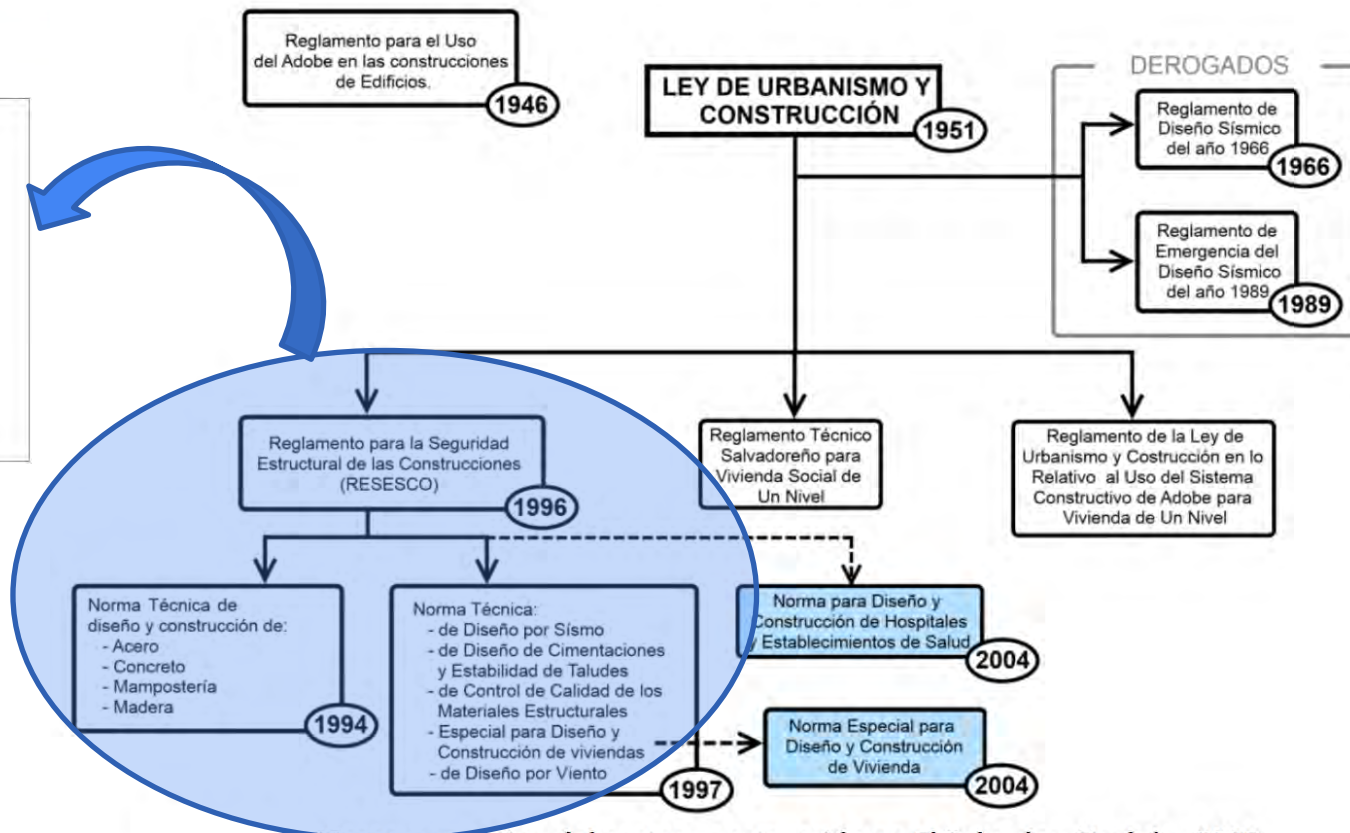


Elaborado por seis (6) grupos de trabajo conformado por 33 INGENIEROS ESPECIALISTAS EN ESTRUCTURAS, INGENIERÍA SÍSMICA, GEOFÍSICA en representación de Instituciones de Gobierno, Empresa Privada y Academia

Normativa Vigente de Diseño de Edificaciones en El Salvador

UNIFORM BUILDING
CODE

1991
EDITION



Marco normativo del sector construcción en El Salvador. Hasbún, 2015.

RESESCO - Decreto No. 105 publicado en Diario Oficial 30/10/1996

OBJETIVOS Y ALCANCES

Art. 1.- El presente Reglamento establece los requisitos mínimos para el diseño estructural, la ejecución, supervisión estructural y el uso de las construcciones con los objetivos siguientes:

1. Garantizar las condiciones de seguridad estructural y de servicio en condiciones normales de operación y de eventos sísmicos moderados.
2. Minimizar las posibilidades de colapso de las construcciones y la pérdida de vidas y lesiones a seres humanos en caso de un evento sísmico severo.
3. Mantener al máximo posible el funcionamiento de aquellas edificaciones que prestan servicios o que alojan instalaciones para esenciales para la recuperación posterior a una catástrofe.

Art. 2.- Los procedimientos de diseño para las acciones de sismo y viento, así como los requisitos específicos de diseño y construcción para determinados materiales y sistemas estructurales están definidos en Normas Técnicas que forman parte de este Reglamento.

Art. 3.- Las disposiciones de este Reglamento son aplicables a las construcciones nuevas y a las existentes que puedan ser objeto de modificación, reparación o demolición y son de estricto cumplimiento en todo el territorio de la República.

Art. 4.- Aquellas estructuras especiales como puentes, túneles, muelles y otras, cuyos requisitos de diseño estructural no están contemplados en este Reglamento deberán diseñarse en base a normas internacionalmente reconocidas utilizando en lo pertinente los parámetros de este Reglamento y sus Normas Técnicas, dejándolos claramente establecidos en la memoria de cálculo correspondiente.

Art. 5.- Todo fabricante de materiales de construcción o importador de los mismos, tendrá la obligación de comprobar y certificar ante la OPAMSS o ante la Organización Regional correspondiente, que sus materiales cumplen con las especificaciones ofrecidas, por medio de ensayos de laboratorios realizados por una empresa dedicada a la geotécnica y a la ingeniería de materiales debidamente registrada. Cuando no exista un laboratorio especializado en el control de calidad de algunos de los materiales, el certificado correspondiente deberá ser extendido por el fabricante.

Art. 6.- Cuando el Centro de Investigaciones Geotécnicas (CIG) así exija, en estructuras cuya área cubierta exceda de 10,000 m² o cuya altura exceda de 30 metros, deberán instalarse acelerógrafos capaces de registrar con precisión movimientos intensos, según especificaciones requeridas.

Art. 7.- El Centro de Investigaciones Geotécnicas podrá exigir la instalación de acelerógrafos en otras estructuras que por su importancia y ubicación lo ameriten.

Art. 8.- El incumplimiento de las disposiciones contenidas en el presente Reglamento y sus Normas Técnicas, será sancionado de conformidad a lo dispuesto en el Art. 9 de la "Ley de Urbanismo y Construcción", y en lo que corresponda, a lo dispuesto en la "Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños".

- FILOSOFÍA DE DISEÑO

La filosofía de diseño de NTDS-RESESCO es por Esfuerzos Permisibles, algo usual para el inicio de los años 1990's, pero que requiere secciones más robustas, mayor cantidad de material y más \$\$\$.

- FALTA DE CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES MODERNAS

Los códigos actuales ya incorporan conceptos de Desempeño Estructural (Performance – Based Design), aceleración espectral por sitio local y diseño por capacidad y ductilidad, lo que les permite la construcción de formas versátiles, seguras y modernas.

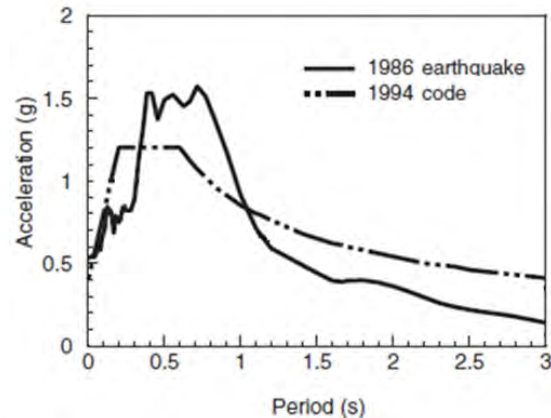
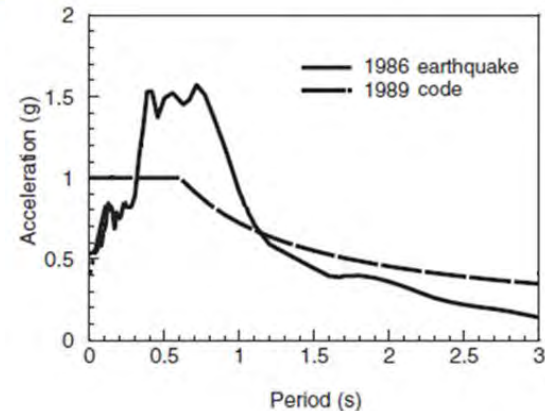
- Componentes No Estructurales

Nuestra normativa no contempla el diseño sísmico de componentes no estructurales.



Adaptada del documento Visión 2000 (SEAOC 1995)

- Nuestra Norma Vigente tiene grandes Limitaciones en el método de análisis y los lineamientos respecto al refuerzo, reparación y adecuación sísmica de las estructuras dañadas por sismos;
- Existe un vacío tecnológico en la aplicación de normativas y métodos de análisis de estructuras que ahora son más frecuentes (i.e. disipadores de energía y aislamiento sísmico);
- Se necesita mejorar la claridad en la definición de los criterios de diseño y métodos de análisis, coeficientes y conceptos generales;
- Nuestra norma tiene Limitados lineamientos de diseño por viento, factor que actualmente ya incide en el comportamiento de las edificaciones en altura, que son cada vez más usuales en nuestro medio.
- Otras normas consideran el cálculo de la amenaza sísmica y por consiguiente el input para el diseño de estructuras utiliza el Sismo Extremo (MCE-2500 años).
- La manera moderna de presentación de los espectros es multi-período.



• SISMICIDAD

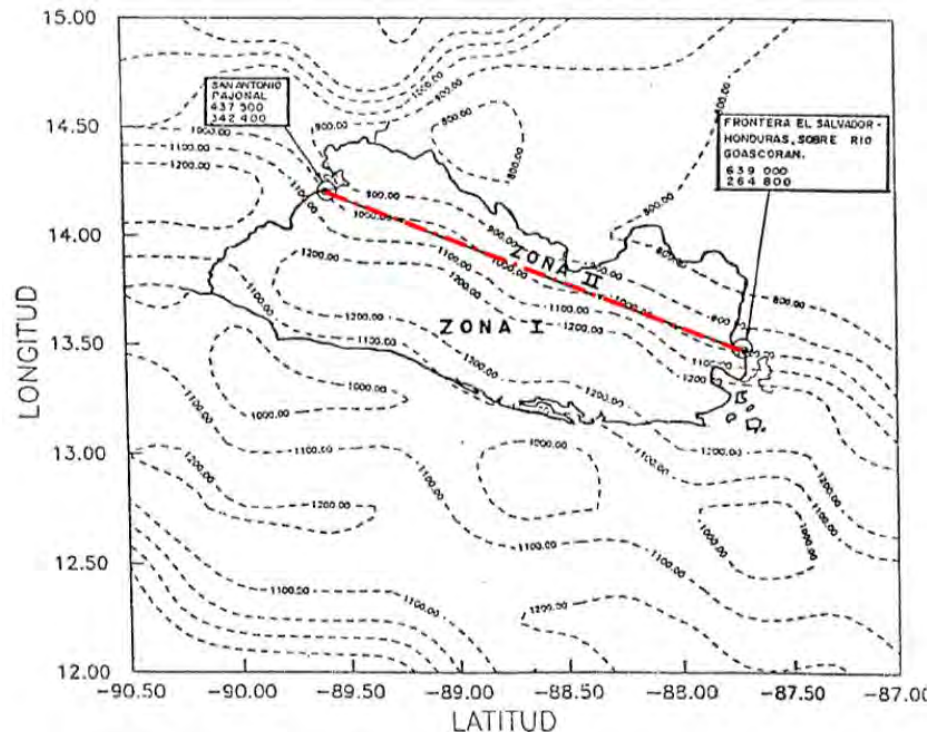
La NTDS – RESESCO categoriza el país en dos grandes zonas, y les asigna valores de 0.40 para Zona 1 y 0.30 para Zona 2.

El Salvador se ubica en una zona de alta amenaza sísmica por la subducción de la placa de Cocos bajo la del Caribe.

Fallas locales activas (San Salvador, Lempa, Ilopango, etc.) generan sismos frecuentes de gran intensidad.

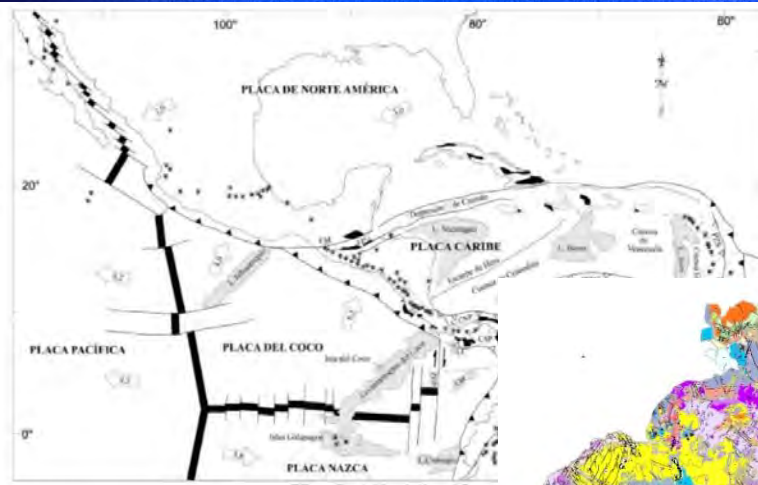
La actual normativa se basa en parámetros sísmicos y modelos geotécnicos desactualizados.

Actualmente se tiene una limitada consideración de amplificación de respuesta sísmica por efectos de sitio.

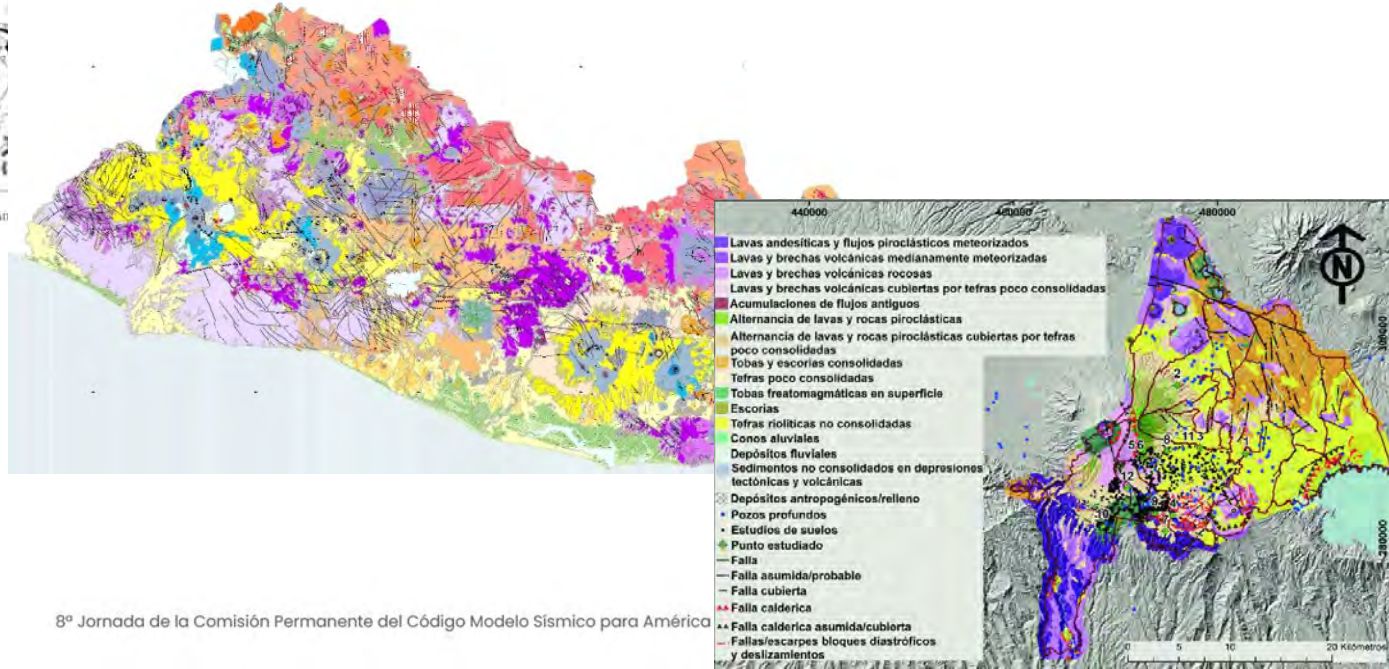


Mapa de Zonificación Sísmica de E.S. Fuente: Norma Técnica de Diseño por Sismo, 1994. RESESCO - MOPT

Sismicidad de E.S.



Placas tectónicas presentes en América Central y la región. Imagen: [Geología de América Central de la Universidad de Costa Rica](#).





En El Salvador tendremos más sismos
y terremotos?

La respuesta es:

SÍ!

Estamos preparados ante futuros sismos?

?

Nuestro país se ha visto afectado por la ocurrencia de terremotos y las pérdidas asociadas desde mucho tiempo atrás.

MARN tiene registros que datan desde 1524.

Fuente:
<https://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/registro/estadisticas/>

Fecha	Hora GMT	Ubicación (LAT,LON)	MAGNITUD	Prof (km)	Intensidad Máxima (MM)	Epicentro	Comentarios
1524	---	---	---	---	---	San Salvador	Primera ruina de que se tiene noticia
23 de mayo de 1576	---	---	---	---	---	Entre San Marcos y Santo Tomás, San Salvador.	Total destrucción de San Salvador.
1593	---	---	---	---	---	San Salvador	Terremoto daña severamente San Salvador
1625	---	---	---	---	---	San Salvador	Violento terremoto causa graves daños en San Salvador
1650	---	---	---	---	---	San Salvador	Violento terremoto causa daños en San Salvador
1656	---	---	---	---	---	San Salvador	Terremoto en San Salvador
30 de septiembre de 1659	---	---	---	---	---	---	Gran erupción del volcán Boqueron. Completa destrucción de

Efectos de terremotos a lo largo de la historia:

- Pérdida de vidas
- Colapso de viviendas
- Movilización de urbes
- Afectación cultural
- Pérdida de historia
- Pérdidas económicas
- Inseguridad y temor

Sismo 16 abril 1854

Terremoto que devastó completamente la ciudad de San Salvador, obligando al gobierno a trasladar la capital temporalmente a Cojutepeque y luego fundar la "Nueva San Salvador" (hoy Santa Tecla) en la Hacienda Santa Tecla.

La magnitud del sismo se estima en 6.6 grados en la escala Richter y fue un evento que marcó la historia del país, incluyendo la reconstrucción de San Salvador y el desarrollo de Nueva San Salvador.

Año	Magnitud	Epicentro	Sitios más afectados	Comentario
1854	6.5	13.681° N 89.135° O	S.S.	Ruina total de S.S. Capital se trasladó a Santa Tecla
	6.3	13.672° N 89.038° O	San Vicente Cojutepeque	



El terremoto del 16 de abril de 1854, dibujado por el viajero polaco-francés Arnold Boscowitz.

Sismo 19 diciembre 1936

Año	Magnitud	Epicentro	Sitios más afectados	# muertos	# heridos	# damnificados	Pérdidas	Comentario
1936	6.1	13.717° N 88.933° O	San Vicente	150	376	3,000	5 millones colones (\$570,000.00 actuales)	80% de viviendas de San Vicente destruidas



Conformaron Comités de Emergencia con los “notables” de la zona. (Fuente:
<https://www.laprensagrafica.com/revistas/Cuando-San-Vicente-cayo-20140216-0029.html>)

Sismo 6 mayo 1951

Año	Magnitud	Epicentro	Sitios más afectados	# muertos	# heridos	# damnificados	Comentario
1951	6.2	13.52° N 88.40° O	Jucuapa, Chinameca	400	1,100	25,000	Se tuvieron fuertes réplicas 6 y 7 mayo



(Fuente: <https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/Los-danos-de-dos-sismos-que-destruyeron-Jucuapa-y-Chinameca-hace-68-anos-FOTOS-20190507-0424.html>)

Sismo 3 mayo 1965

Año	Magnitud	Epicentro	Sitios más afectados	# muertos	# heridos	# damnificados	Pérdida \$\$	Comentario
1965	6.5	13°40'58.8" N, 89°4'12" W	San Salvador	125	500	50,000	35mdd	4,000 casas destruidas Demolición Penitenciaría Central Demolición parcial Aero Ilopango Daños iniciales Edificio Rubén Darío



(Fuente: <https://historico.elsalvador.com/historico/589968/imagenes-del-mortal-terremoto-de-1965-que-sacudio-toda-el-area-metropolitana-de-san-salvador.html>)

Sismo 10 octubre 1986

Año	Magnitud	Epicentro	Sitios más afectados	# muertos	# heridos	# damnificados	Pérdida \$\$	Comentario
1986	5.7	13°39'57"N 89°11'25"O	San Salvador	1,530	10,000	200,000	1,031 mdd (daños directos) 40% deuda externa	Durante guerra civil 3,500 Edificaciones colapsadas 60,000 viviendas destruidas 1 semana de réplicas



(Fuente: <https://radioyski.com/2020/10/10/34-anos-del-terremoto-que-devasto-san-salvador/>)

Sismo 13 enero 2001

Año	Magnitud	Epicentro	Sitios más afectados	# muertos	# heridos	# damnificados	Pérdida \$\$	Comentario
Enero 2001	7.7	13°02'N 88°40'O	S.S., La Libertad, Juayúa, Usulután, Panchimalco, San Vicente	944		(485 en Las Colinas)	1,364,160	1,604 mdd (939 directos y 665 indirectos)
								32,000 MyPES destruidas (823 mdd de pérdidas en sector privado) 39,000 desempleos 1385 escuelas dañadas (109 colapsadas) 108,261 viviendas destruidas 94 hospitales dañados 28/90 iglesias coloniales dañadas 1,155 edificios públicos 445 derrumbes 25% de carreteras del país dañadas



8ª Jornada de la Comisión Permanente del Código Modelo Sismico para América Latina y El Caribe

(Fuente: <https://www.notimerica.com/sociedad/noticia-salvador-recuerda-terremotos-2001-murieron-mas-1000-personas-20170213093055.html>)

Sismo 13 febrero 2001

Año	Magnitud	Epicentro	Sítios más afectados	# muertos	# heridos	# damnificados	Pérdida \$\$	Comentario
Feb 2001	6.6	N 13.60000 W 88.96000	Cuscatlán, San Vicente, La Paz	315	3399	252,622	348.5 mdd	57,008 viviendas destruidas 111 escuelas colapsadas 41 hospitales dañados inoperables 82 edificios públicos con daño severo



(Fuente: <https://www.elsalvador.com/h-fotogalerias/h-noticias-fotogalerias/terremotos-terremoto-2001-el-salvador/1123105/2024/>)

Sismo 6 mayo 1951

Año	Magnitud	Epicentro	Sitios más afectados	# muertos	# heridos	# damnificados	Comentario
1951	6.2	13.52° N 88.40° O	Jucuapa, Chinameca	400	1,100	25,000	Se tuvieron fuertes réplicas 6 y 7 mayo



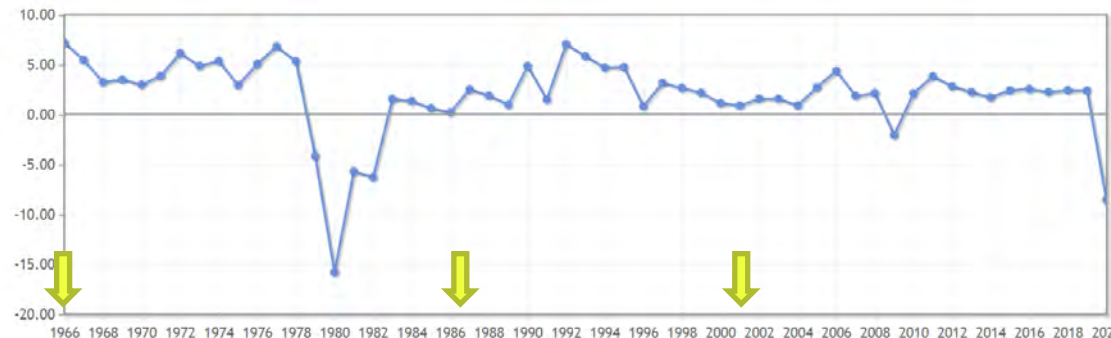
(Fuente: <https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/Los-danos-de-dos-sismos-que-destruyeron-Jucuapa-y-Chinameca-hace-68-anos-FOTOS-20190507-0424.html>)

Pérdidas por Sismos en E.S.

Año	Magnitud	# muertos	# heridos	# damnificados	Pérdida \$\$	% PIB	Normativa vigente
1854	6.5						--
1936	6.1	150	376	3,000			--
1951	6.2	400	1,100	25,000			Reglamento para uso de adobe en construcción de edificios (1946)
1965	6.5	125	500	50,000	35mdd	3.99% PIB (35/878 mdd)	Ley de Urbanismo y Construcción (1951)
1986	5.7	1,530	10,000	200,000	1,031 mdd (daños directos) 40% deuda externa	27.3% PIB (1031/3772 mdd)	Reglamento Diseño Sísmico (1966)
Ene 2001	7.7	944 (485 en Las Colinas)		1,364,160	1,604 mdd (939 directos y 665 indirectos)	13.5% PIB (1,604/12,283 mdd) 67,452 mdd en pérdidas totales, directos e indirectos	RESESCO 1994 (Tomada de UBC 1991)
Feb 2001	6.6	315	3399	252,622	348.5 mdd	2.83% PIB	
2025	6.6	?	?	?	?	?	
2055	6.6	?	?	?	?	?	

Fuente: Datos sobre las cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE.

8ª Jornada de la Comisión I

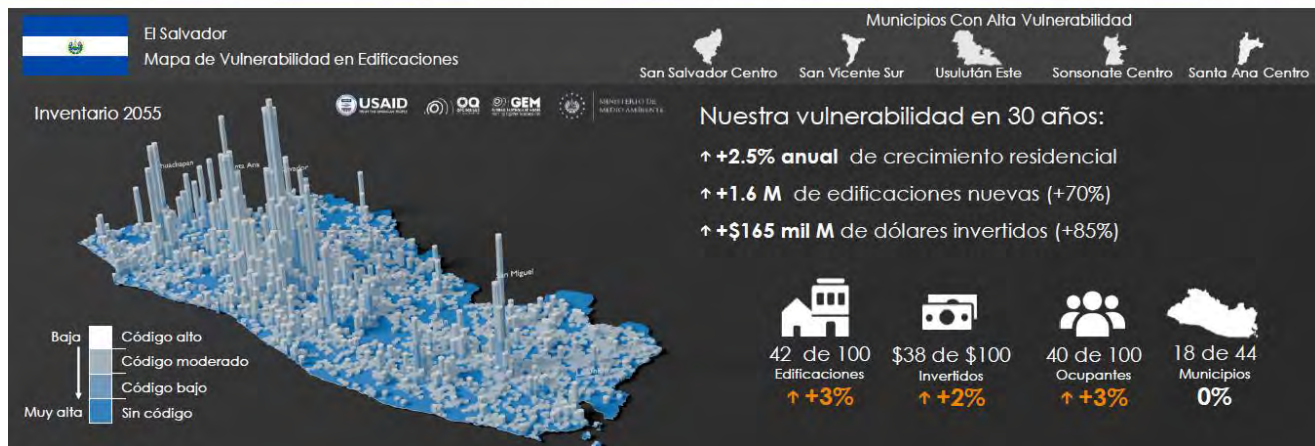


Pérdidas por Sismos en E.S.



Fuente: Pronóstico de Riesgo Sísmico en E.S.; Proyecto FORCE: USAID, MARN, UES, OpenQuake, GEM

Aumento de Exposición: Crecimiento Poblacional en E.S.



Pérdidas previstas en 2055 si seguimos construyendo con RESESCO

Fuente: Pronóstico de Riesgo Sísmico en E.S.; Proyecto FORCE: USAID, MARN, UES, OpenQuake, GEM



Aumento de Exposición: Crecimiento Poblacional en E.S.

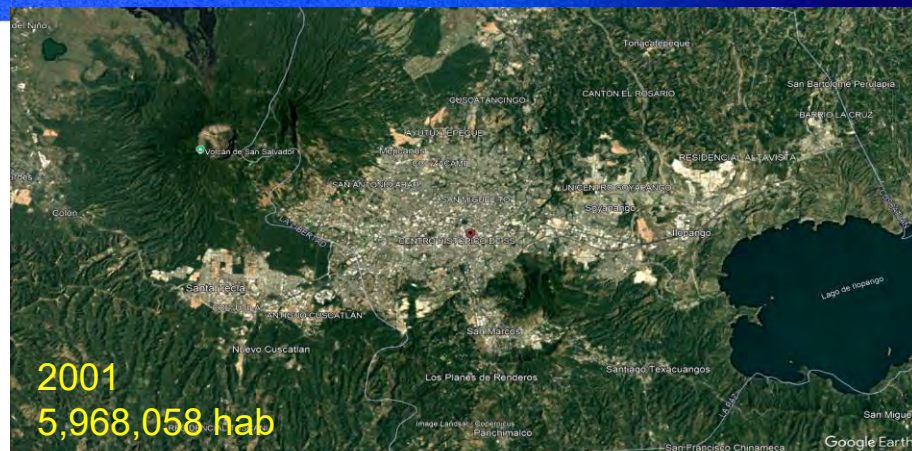


Pérdidas previstas en 2055 si construimos con CSE

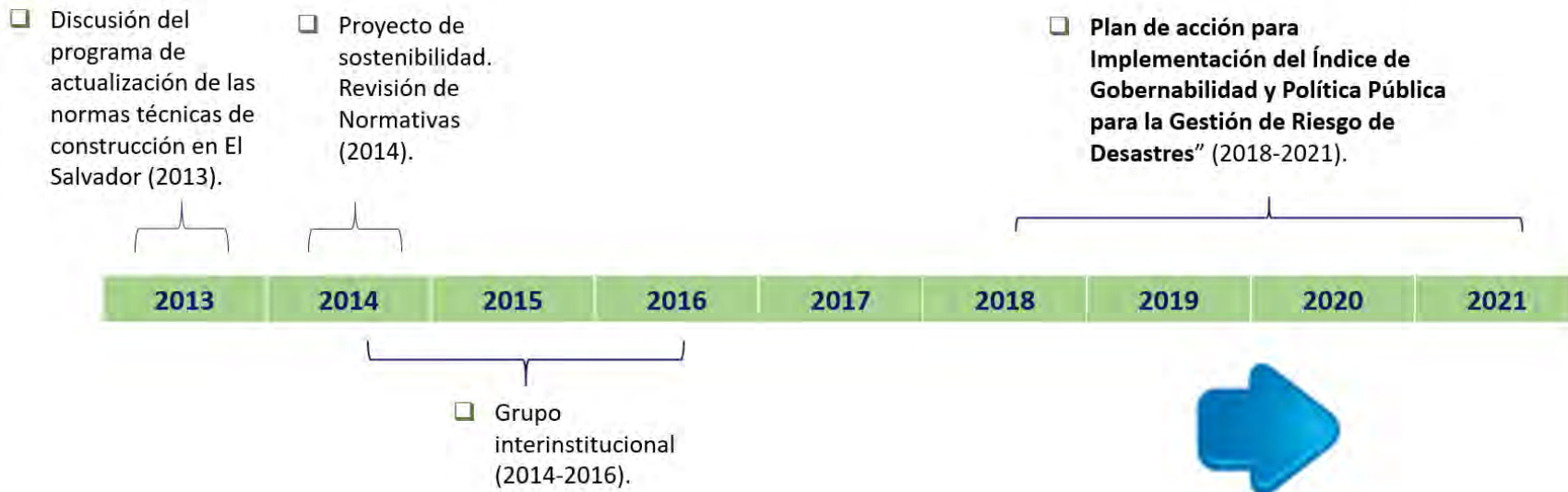
Fuente: Pronóstico de Riesgo Sísmico en E.S.; Proyecto FORCE: USAID, MARN, UES, OpenQuake, GEM



Aumento de Exposición: Crecimiento Poblacional en E.S.



Esfuerzos previos para realizar una actualización de la normativa Salvadoreña:



PLAN DE ACCIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DEL ÍNDICE DE GOBERNABILIDAD Y POLÍTICA PÚBLICA PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES

Período de ejecución: **2018-2021** / Financiado por: **BID** / Participantes : **MARN-MOPT-UCA**

COMPONENTE 1. Fortalecimiento de capacidades para mejorar el entendimiento del Riesgo Sísmico:

- Estudios para la caracterización dinámica de los suelos del país (Amenaza Sísmica)
- Análisis de vulnerabilidad sísmica (laboratorio de dinámica de suelos y de estructuras grandes).



COMPONENTE 2. Fortalecimiento de Normativa Nacional Sismorresistente y su implementación:

- Propuesta de actualización del Reglamento de Seguridad Estructural de las Construcciones
- Diseño de Plan Nacional para la reducción de la vulnerabilidad sísmica.



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE



MINISTERIO DE
OBRAS PÚBLICAS Y
DE TRANSPORTE



Colaboración del
Pueblo Japonés



Insumos Técnicos de Fase I: Gobernabilidad y Política Pública para la GRD

Amenaza Sísmica

Evaluación probabilística de amenaza sísmica de El Salvador 2020. utilizando la metodología de Global Earthquake Model-GEM.

Efecto de Sitio

- Generación de mapa de velocidades promedio a 30 metros de profundidad (Vs30) de El Salvador 2021.
- Modelos analíticos para análisis de respuesta de sitio a nivel nacional 2020.
- Estimación de efectos de sitio a través de Modelos Empíricos 2020.

Vulnerabilidad Estructural

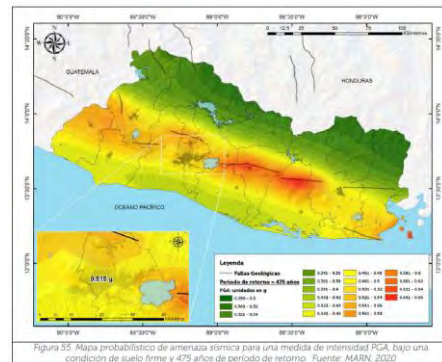
- Evaluación de la respuesta y vulnerabilidad sísmica de edificios de marcos resistentes a momento y su cuantificación.
- Evaluación de la vulnerabilidad de la mampostería y su adecuación estructural

Lineamientos

Lineamientos para la evaluación de la vulnerabilidad y readecuación estructural

Provisiones de Diseño

Modernización de las provisiones que rigen el diseño sísmico



Proceso de Creación de:

“CÓDIGO SALVADOREÑO DE EDIFICACIONES”



GOBIERNO DE
EL SALVADOR

MINISTERIO DE
OBRAS PÚBLICAS Y
DE TRANSPORTE

Como parte del compromiso adquirido de país, se procedió a implementar el Componente 2 del Plan de Gobernabilidad y Política Pública para la GRD, el cual consiste en el Fortalecimiento de la Normativa Nacional Sismorresistente, mediante su actualización e implementación, así como el diseño del Plan Nacional para la Reducción de Vulnerabilidad Sísmica.

Resultado de esta fase, se generó la propuesta de Código Salvadoreño de Edificaciones, cuyo contenido se muestra a continuación:

CONTENIDO

I. SIGLAS.....	3
II. TERMINOLOGÍA.....	4
III. DEFINICIONES.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGA	10
3. CRITERIOS DE DISEÑO SÍSMICO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS.....	12
4. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO SÍSMICO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS.....	19
5. PROCEDIMIENTOS DE LA FUERZA LATERAL EQUIVALENTE	24
6. ANÁLISIS ESPECTRAL DE RESPUESTA MODAL	26
7. ANÁLISIS NO LINEAL.....	27
8. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO SÍSMICO PARA COMPONENTES NO ESTRUCTURALES.....	28
9. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO SÍSMICO PARA ESTRUCTURAS DISÍMILES A EDIFICIOS.....	29
10. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO SÍSMICO PARA ESTRUCTURAS SÍSMICAMENTE AISLADAS	30
11. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO SÍSMICO PARA ESTRUCTURAS CON SISTEMAS DE AMORTIGUAMIENTO	32
12. DISEÑO POR VIENTO	33
13. DISEÑO DE CONCRETO ESTRUCTURAL	47
14. DISEÑO DE ACERO Y ESTRUCTURAS COMPUESTAS	54
15. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.....	64
16. CIMENTACIONES	77
17. EXCAVACIONES	80
18. CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES	83
19. CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO DEL TERRENO Y ANÁLISIS DE RESPUESTA DEL SITIO.....	85

La creación del Código Salvadoreño de Edificaciones (CSE) ha estado a cargo no solo de una institución, sino de una Comisión Técnica de alto nivel, formada por profesionales de la ingeniería estructural y sísmica, en representación de los tres grandes gremios de ingeniería de nuestro país: **Gobierno** – **Empresa Privada** – **Academia**.

Esta Comisión es de carácter permanente, pues se busca lograr la sostenibilidad en la revisión y actualización de normativa que contribuya a alcanzar un mayor desarrollo de nuestro país.

- + Edificaciones seguras
- Pérdidas Económicas
- + Desarrollo
- + Calidad de vida



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES

MOP

**COAMSS
OPAMSS**



INSTITUCION	REPRESENTANTES
CASALCO	Propietario: Ing. Rodrigo Garay Suplente: Dr. Héctor David Hernández
MARN	Propietario: Ing. Douglas Antonio Hernández Suplente: Msc. Luis Ernesto Mixco
MOPT	Propietario: M.I. Brenda Sandoval
OPAMSS	Propietario: Msc. Susan Duran Saravia
UCA	Propietario: Dr. José Carlos Hasbun Suplente: Dr. Erick Burgos Ganuza
UES	Propietario: Adry Vivina Flores Suplente: Fredy Orellana
Profesional Independiente	Dr. Manuel López

Grupo 1 - Carga y Diseño por Sismo

Caps 1-11 y 19, Incluye:

- Evaluación de Amenaza
- Desempeño de Estructuras Aisladas
- Componentes No Estructurales y obras varias

Grupo 2 - Diseño por Viento

Cap. 12

Grupo 3 - Concreto Estructural, pre-fabricado y presforzado

Cap. 13



Grupo 4 - Acero Estructural y

Estructuras Compuestas

Cap. 14

Grupo 5 – Norma Técnica

Complementaria de Mampostería

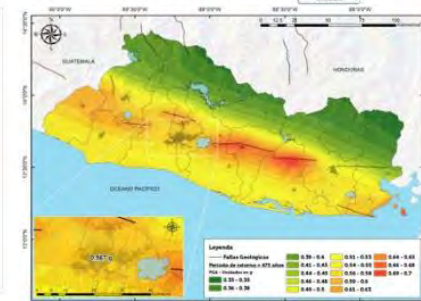
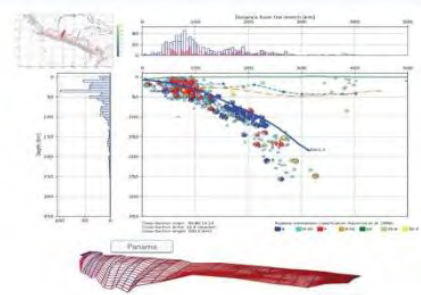
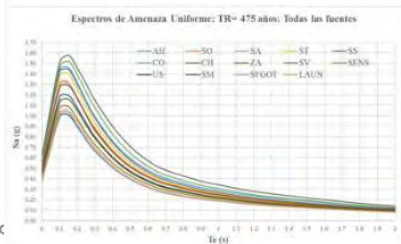
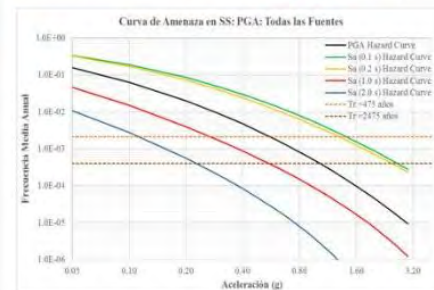
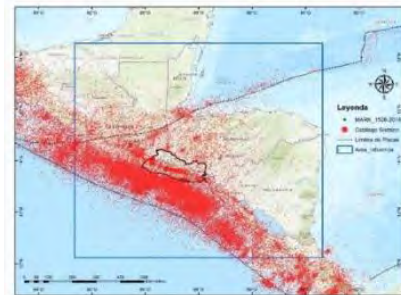
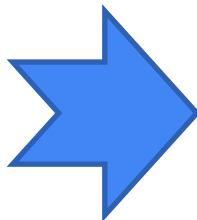
Grupo 6 – Geotecnia y

Geodinámica

Cáp. 15 al 18

Cambios relevantes del CSE vs RESESCO

- Mayor conocimiento de la Amenaza Sísmica de nuestro país

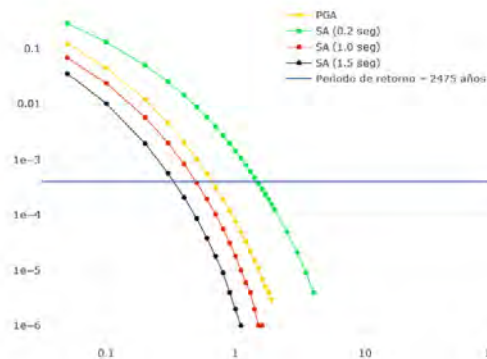


Fuente: <https://prasedes.snet.gob.sv/>

Cambios relevantes del CSE vs RESESCO

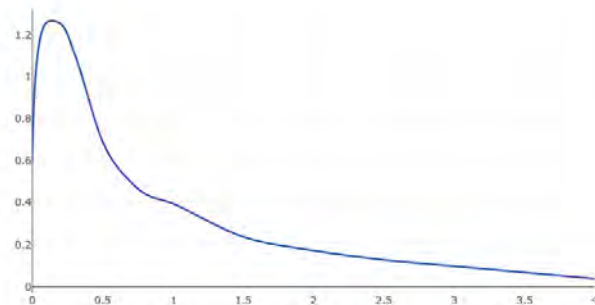
Seleccione el módulo con el que desea trabajar

Módulo de amenaza sísmica



[Clic para Acceder](#)

Módulo de espectros de diseño



[Clic para Acceder](#)

Fuente: <https://prasedes.snet.gob.sv/seleccion/>

- Clasificación de Sitio

CSE hace una calificación Cuantitativa en base a V_{s30} , no como NTDS en base a características estimadas del perfil de suelo.

Adicionalmente, la clasificación de sitios ya va armonizada con normativa internacional

Sitios ASCE 7-22	Perfiles de suelo NTDS
A	S_1
B	S_1
BC	S_1
C	S_1
	S_2
CD	S_2
	S_3
D	S_3
	S_4
E	S_4
F	S_4

COMPARACIÓN DE LA DEMANDA SÍSMICA

Fase 1: Comparación de espectros

Consideraciones técnicas para el análisis:

Ubicación de edificios

Zona oriental de la falda del Volcán de San Salvador (Zona Metropolitana)

Sistema estructural

Marcos de concreto con detallado especial ($R=8$)

Aceleraciones horizontales

RESESCO: $A = 0.40 \text{ g}$

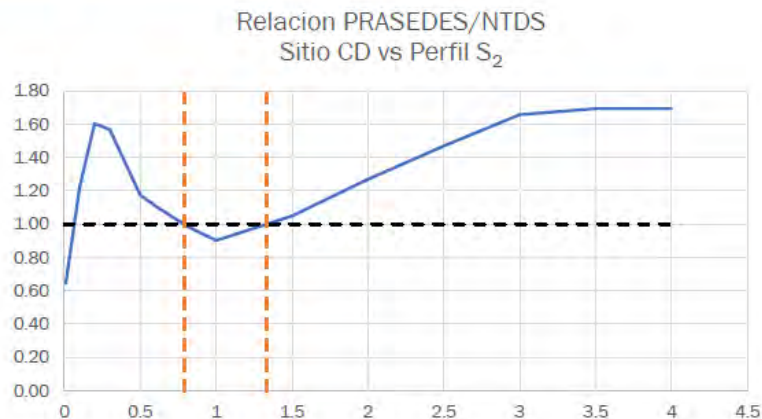
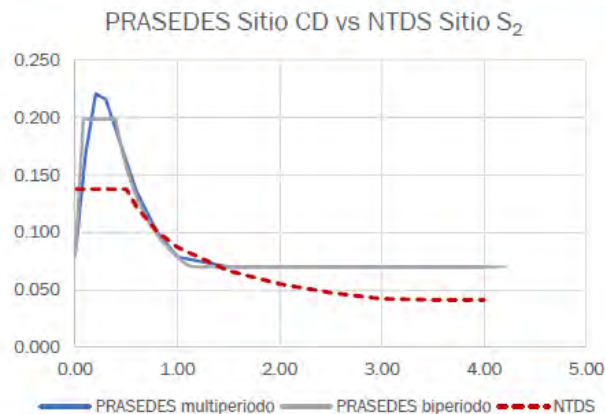
CSE (ASCE 7-22): $S_s = 2.06 \text{ g}$ y $S_1 = 0.61 \text{ g}$

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

COMPARACIÓN DE LA DEMANDA SÍSMICA

Sitio CD vs Perfil S_2

Est. 1973



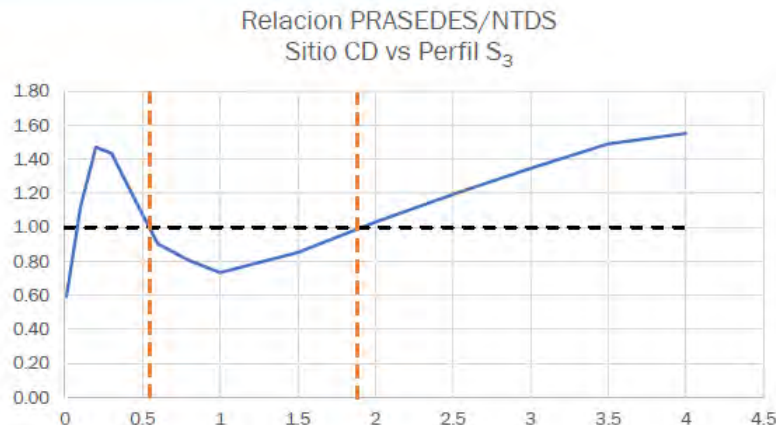
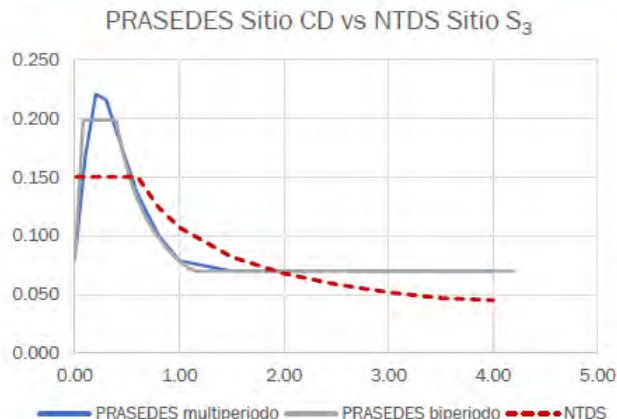
Sitios ASCE 7-22	Perfiles de suelo NTDS
A	S_1
B	S_1
BC	S_1
C	S_1 S_2
CD	S_2 S_3
D	S_3 S_4
E	S_4
F	S_4

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

COMPARACIÓN DE LA DEMANDA SÍSMICA

Est. 1973

Sitio CD vs Perfil S_3



Sitios ASCE 7-22	Perfiles de suelo NTDS
A	S_1
B	S_1
BC	S_1
C	S_1
	S_2
CD	S_2
	S_3
D	S_3
	S_4
E	S_4
F	S_4

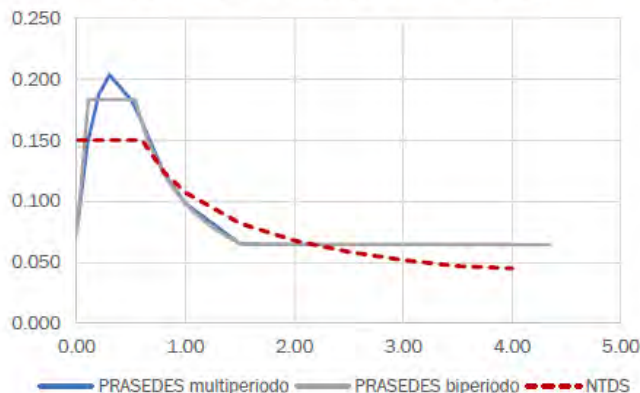
Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

COMPARACIÓN DE LA DEMANDA SÍSMICA

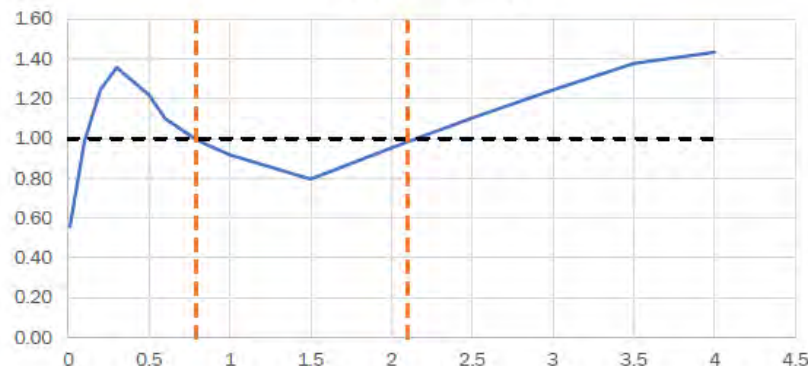
Est. 1973

Sitio D vs Perfil S_3

PRASEDES Sitio D vs NTDS Sitio S_3



Relacion PRASEDES/NTDS
Sitio D vs Perfil S_3



Sitios ASCE 7-22	Perfiles de suelo NTDS
A	S_1
B	S_1
BC	S_1
C	S_1
	S_2
CD	S_2
	S_3
D	S_3
	S_4
E	S_4
F	S_4

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

COMPARACIÓN DE LA DEMANDA SÍSMICA

Fase 2: Comparación de Cortantes de Diseño

El estudio también abarca la comparación de los cortantes de diseño para 3 tipologías de edificios.

Esta comparación adicional es necesaria, ya que analizar solo los espectros no refleja completamente las diferencias reales en el diseño con ambas normativas debido a otros factores que influyen en la demanda:

Factores de importancia I dependientes de área por nivel y número de pisos según NTDS

Adición mandatoria de un porcentaje de carga viva como masa en NTDS

T,min de vibración según cada código

Porcentajes distintos de escalamiento para los resultados de RS

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

COMPARACIÓN DE LA DEMANDA SÍSMICA

Fase 2: Comparación de Cortantes de Diseño

Tipologías de edificios estudiadas:

Edificio de **3 niveles** con **marcos de concreto armado** especiales

Edificio de **7 niveles** con **marcos de concreto armado** especiales

Edificio de **12 niveles** con **marcos de concreto armado** especiales

Las alturas elegidas y las dimensiones del edificio son poco influyentes en las conclusiones alcanzadas, dado que los parámetros extraídos de estos modelos son únicamente:

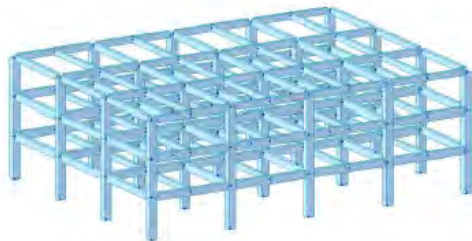
- Masa total
- Periodos de vibración de los 3 modos fundamentales en dirección larga y corta

Clasificación de Sitio:

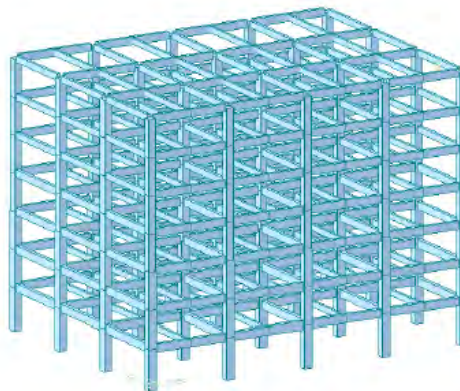
La clase de sitio que seleccionada (Clase D o S3) corresponde al sitio que históricamente se ha usado como sitio por default, tanto en ASCE 7-16 como en NTDS. El CSE se basa en ASCE 7-22, para el cual ya no se usa el Sitio Clase D como sitio por defecto, sino una combinación crítica de varias clases. Sin embargo, para efectos de simplicidad se ha procedido con Sitio Clase D.

Fase 2: Comparación de Cortantes de Diseño

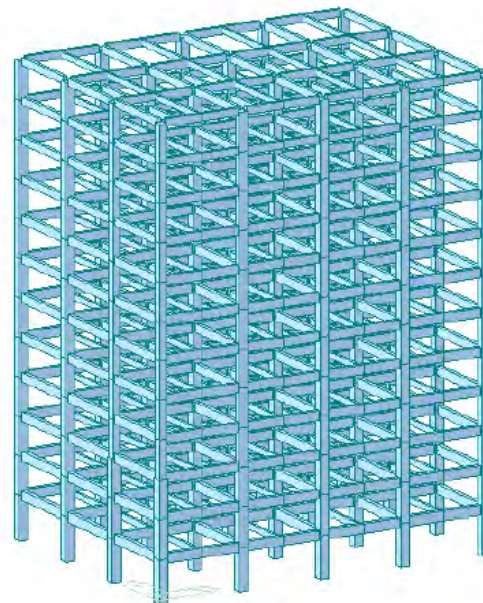
Tipologías de edificios estudiadas:



Edificio de 3 niveles



Edificio de 7 niveles



Edificio de 12 niveles

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

Fase 2: Comparación de Cortantes de Diseño

Edificio	PRASEDES		NTDS		PRASEDES/NTDS	
	V ELF (T)	V RS (T)	V ELF (T)	V RS (T)	ELF	RS
3 Niveles regular	440	440	361	325	1.22	1.35
7 Niveles regular	495	495	679	611	0.73	0.81
12 Niveles regular	675	675	980	882	0.69	0.77

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

Se realizó el mismo análisis considerando condiciones de regularidad e irregularidad.

En este análisis, se ha considerado que la irregularidad incide en lo siguiente:

- Para la NTDS, se requiere la normalización de los resultados RS al 100 % del ELF.
- Para PRASEDES, no hay requerimientos adicionales, excepto que en algunos casos la irregularidad puede llevar a utilizar $\rho = 1.30$

Edificio	PRASEDES/NTDS	
	ELF	RS
3 niveles Regular	1.22	1.35
7 niveles Regular	0.73	0.81
12 niveles Regular	0.69	0.77
3 niveles Irregular $\rho=1.0$	1.22	1.22
7 niveles Irregular $\rho=1.0$	0.73	0.73
12 niveles Irregular $\rho=1.0$	0.69	0.69
3 niveles Irregular $\rho=1.3$	1.58	1.58
7 niveles Irregular $\rho=1.3$	0.95	0.95
12 niveles Irregular $\rho=1.3$	0.90	0.90

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

Fase 2: Comparación de Cortantes de Diseño

Conclusiones del estudio

- **Edificios bajo:**
Con el CSE/PRASEDES, el cortante basal **puede incrementarse entre un 20 % y un 60 %** en comparación con la NTDS. Este aumento se puede ver agravado si el edificio presenta irregularidades ($\rho=1.30$).
- **Edificios medianos y altos:**
Con CSE/PRASEDES se puede **reducir el cortante basal entre 10% y 35%** respecto a NTDS.

Estas diferencias se deben principalmente a:

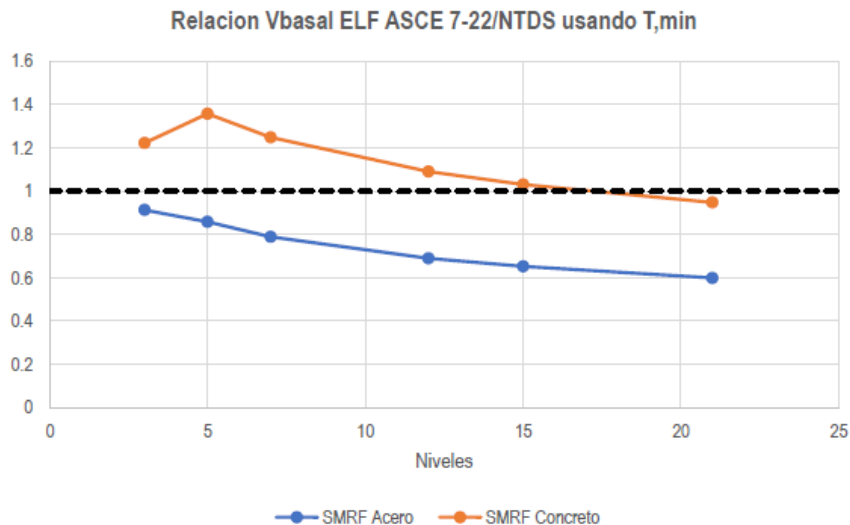
- Eliminación de la cargas vivas artificial que debe agregarse a la masa según NTDS.
- La eliminación del uso de $I=1.20$ para edificios de más de 4 pisos o $1,000 \text{ m}^2$ por piso según NTDS.

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

MARCOS DE ACERO vs. MARCOS DE CONCRETO

Para el caso de edificaciones con marcos de acero, el potencial ahorro de PRASEDES sobre NTDS es aun mayor.

Las fórmulas para periodos mínimos para ELF (que rigen también para RS), se acercan más en sus valores para marcos de acero, que para marcos de concreto.



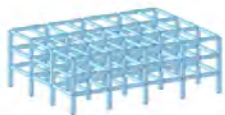
Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

Cambios relevantes del CSE vs RESECO

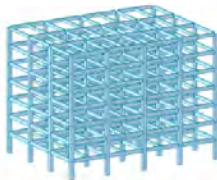
IMPLICACIONES EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL

¿Qué implican tienen los resultados anteriores para el diseño estructural de edificios?

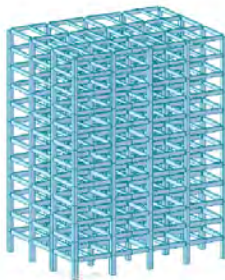
Se realizó un estudio comparativo adicional de los diseños estructurales de edificios de 3, 7, 12 y 17 niveles.



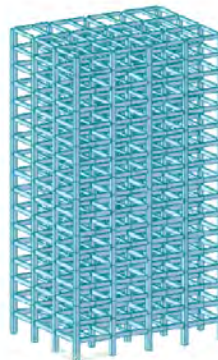
Edificio de 3 niveles



Edificio de 7 niveles



Edificio de 12 niveles



Edificio de 17 niveles

Est. 1973i

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

Ubicación de edificios

Zona oriental de la falda del Volcán de San Salvador (Zona Metropolitana)

Sistema estructural

Marcos de concreto con detallado especial (R=8)

Clase de Sitio

RESECO: Sitio S_3 ($C_0 = 3.00$, $T_0 = 0.60$ s)

CSE (ASCE 7-22): Sitio Clase D

Aceleraciones horizontales

RESECO: $A = 0.40$ g

CSE (ASCE 7-22): $S_s = 2.06$ g y $S_1 = 0.61$ g

Criterios de Deriva

- CSE (ASCE 7-22):
Deriva límite uniforme del 2.00% (Categoría de riesgo II, $I_a = 1.00$)
- RESECO (NTDS):
Deriva límite = 2.00% para 3N y 1.50% para 7N, 12N y 17N
Deriva se revisa considerando $I=1.20$ (cuando aplica)

Resistencias del Material

- Concreto:
Vigas y losas: $f'_c = 280$ kg/cm²
Columnas: f'_c entre 280 y 420 kg/cm² (según corte en nudos y flexo-compresión)
- Acero: ASTM A615 Grado 60

Cargas Muertas Superimpuestas y Cargas Vivas

- SIDL = 220 kg/cm² (cargas de piso, instalaciones y paredes interiores)
- LL = 250 kg/cm²

Dimensiones y Cuantías Meta

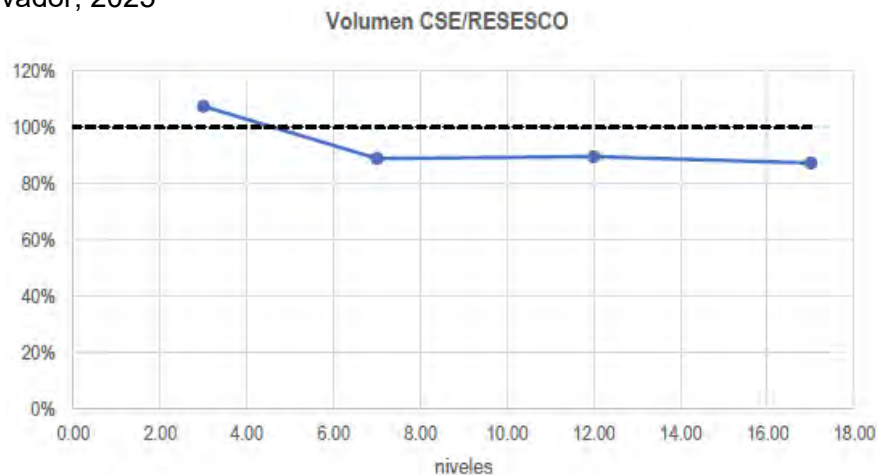
- Vigas principales:
Cuantía máx.: 1.50%-1.70%
Cuantía mín.: 1.00%-1.20%
Relación h/b: entre 1.50 y 1.75 (máx. 2.00)
- Columnas:
Sección cuadrada
Cuantía: 1.00% - 2.50%
Dimensionamiento dictado por resistencia de nudos

Cambios relevantes del CSE vs RESESCO

Volúmenes de concreto

Edificio	Área (m ²)	RESESCO	CSE	Relación
		Volumen m ³ (vigas y columnas)	Volumen m ³ (vigas y columnas)	CSE/RESESCO
3 Niveles	3,072.0	283.9	305.1	107%
7 Niveles	6,144.0	778.6	691.9	89%
12 Niveles	9,984.0	1,758.2	1,573.7	90%
17 Niveles	13,824.0	2,805.6	2,448.7	87%

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

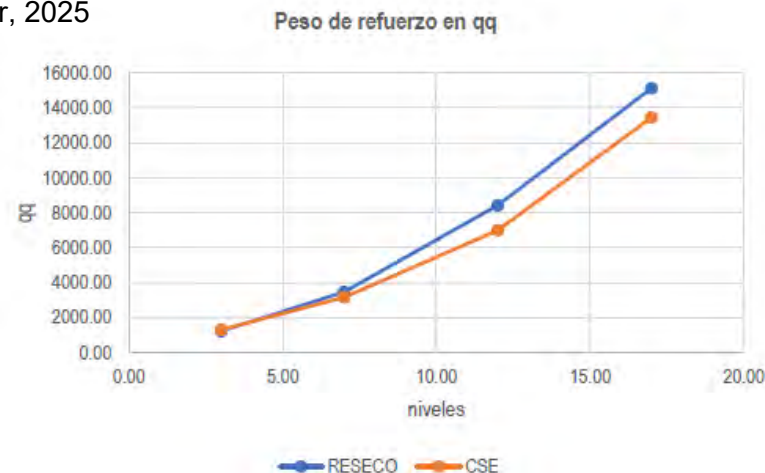


Cambios relevantes del CSE vs RESECO

Quintalajes de Acero

Edificio	RESECO	CSE	Relación
	qq	qq	CSE/RESECO
3 Niveles	1217.46	1301.02	107%
7 Niveles	3465.35	3146.03	91%
12 Niveles	8424.49	6996.05	83%
17 Niveles	15121.17	13442.32	89%

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025



Demanda Sísmica

Para edificios de baja altura se observa un incremento del cortante basal de hasta 60% al usar CSE/PRASEDES. Pero para edificios de altura media y alta, el CSE reduce la fuerza sísmica de diseño entre 15–35%.

Materiales y cantidades de construcción

Para edificios bajos, el CSE implica aumento de 5–10% en concreto y acero. Para alturas mayores, se logra ahorro de 10–15% en materiales estructurales (volumen de concreto y quintalaje de refuerzo).

Impacto económico

Sobrecosto de $\sim \$5/\text{m}^2$ en edificios bajos.
Ahorros entre $\$10/\text{m}^2$ y $\$18/\text{m}^2$ en edificios altos.

Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

Cambios relevantes del CSE vs RESESCO: Diseño por Viento

asia
asociación salvadoreña de
ingenieros y arquitectos

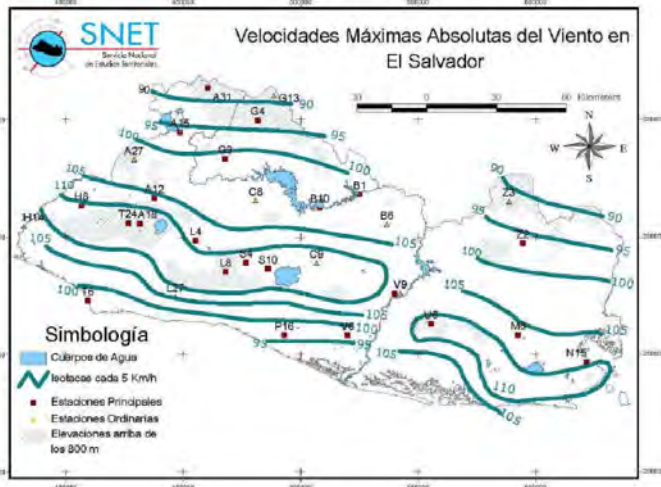
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
REPUBLICA DE EL SALVADOR

NORMA TECNICA

PARA DISEÑO POR VIENTO

Y SUS COMENTARIOS

REGlamento PARA LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LAS CONSTRUCCIONES
EL SALVADOR, 1997



4.1. PRESION ESTATICA DE DISEÑO

El efecto del viento se considerará equivalente a una presión (empuje o succión) que actúa en forma estática en dirección perpendicular a la superficie expuesta. Su intensidad se determinará con la expresión:

$$P = C_p C_z K P_o \quad (4.1)$$

en la cual: P_o es la presión básica de diseño y se tomará igual a 30 kg/m^2 .

C4.1 PRESION ESTATICA DE DISEÑO

Para el análisis de estructuras sometidas a la acción del viento, la Norma proporciona una expresión en la que se obtiene la presión ejercida por esta acción, basada en factores correctivos sobre la presión básica de diseño.

La presión básica de diseño se obtiene a partir de las velocidades máximas absolutas del viento, según los registros del Meteorológico Nacional, (Referencia 1) la cual es de 98 km/h , que representa el promedio de la máxima velocidad regional, esta se divide entre un factor de ráfaga de 1.30 obteniéndose la velocidad básica de: 75 km/h ; para obtener la presión básica de diseño se ha utilizado la fórmula empírica:

$$P_o = 0.0048 V^2$$

En la que P_o es la presión en kg/m^2 y V es la velocidad en km/h , obteniéndose una presión básica de diseño igual a 27 kg/m^2 , para efectos prácticos se aproxima a 30 kg/m^2 .

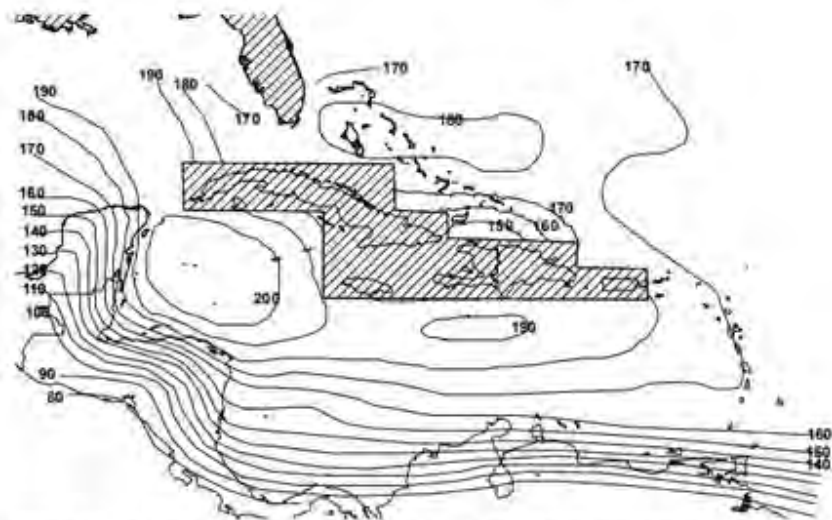


Figure 3-4. Contours of predicted 1,700 year return period peak gust wind speeds (mph) at a height of 10m in flat open terrain.

En la norma **ASCE 7-22**, la **velocidad básica del viento** se define como la **velocidad de ráfaga de 3 segundos** medida a una altura de **33 pies (10 metros)** sobre el nivel del suelo en una exposición tipo C. Esta velocidad representa la máxima ráfaga promedio que se espera que ocurra durante un intervalo de 3 segundos, y se utiliza como base para el diseño estructural frente a cargas de viento

Wind Speed Maps for The Caribbean for Application with the Wind Load Provisions of ASCE 7

FILOSOFIA DE DISEÑO ASCE7-22 (VIENTO) APLICADA A EL SALVADOR

- ENFOQUE BASADO EN EL RIESGO, VIENTO BASICO DE DISEÑO
 - PERIODO DE RETORNO DE 300 AÑOS, CON UNA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA ANUAL DEL 0.33%.
 - PERIODO DE RETORNO DE 700 AÑOS, CON UNA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA ANUAL DEL 0.1428%.
 - PERIODO DE RETORNO DE 1,700 AÑOS, CON UNA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA ANUAL DEL 0.0588%.
 - PERIODO DE RETORNO DE 3,000 AÑOS, CON UNA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA ANUAL DEL 0.033%.
- DIFERENCIACION POR TIPO DE ESTRUCTURA, DE ACUERDO A LA CATEGORIA DE RIESGO DE LA ESTRUCTURA
- INCORPORACION DE DATOS METEOROLOGICOS ACTUALIZADOS
- APLICACIÓN REGIONALIZADA EN EL SALVADOR

Fuente: GT-2 CSE: Ing. L.
López, Ing. J. Cuéllar

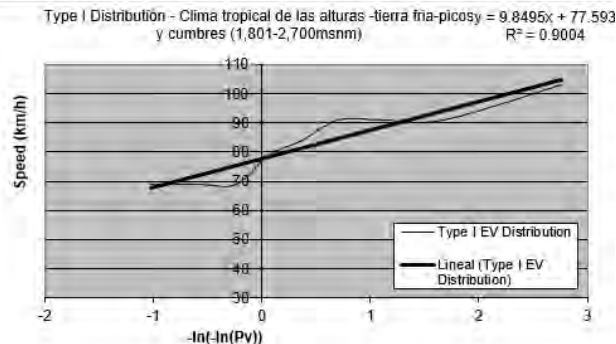
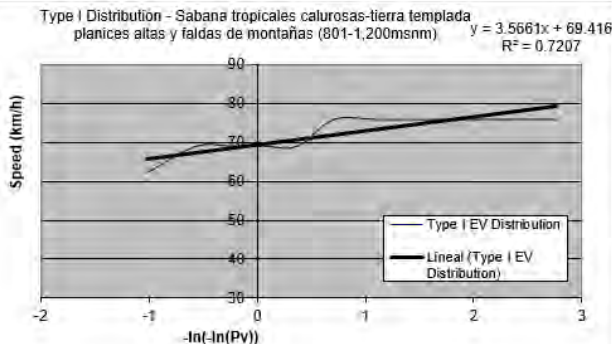
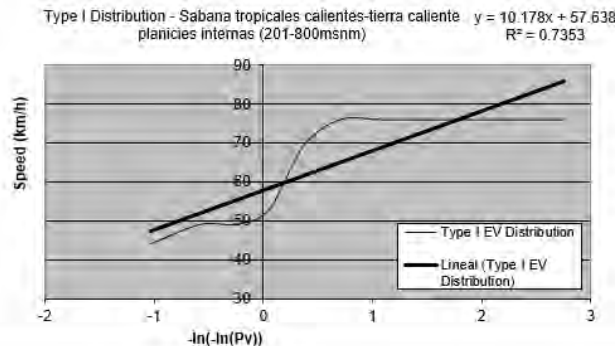
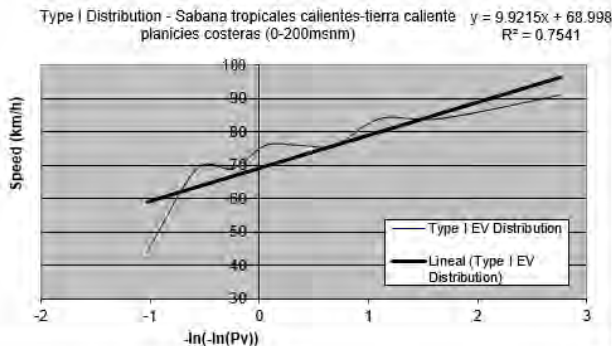
Cambios relevantes CSE vs RESESCO: Diseño por Viento

Información climática utilizada para cálculo de amenaza por Viento

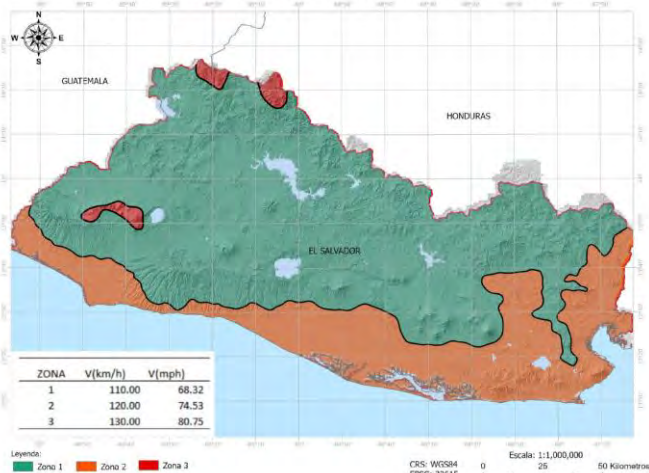


Fuente: GT-2 CSE: Ing. L. López, Ing. J. Cuéllar

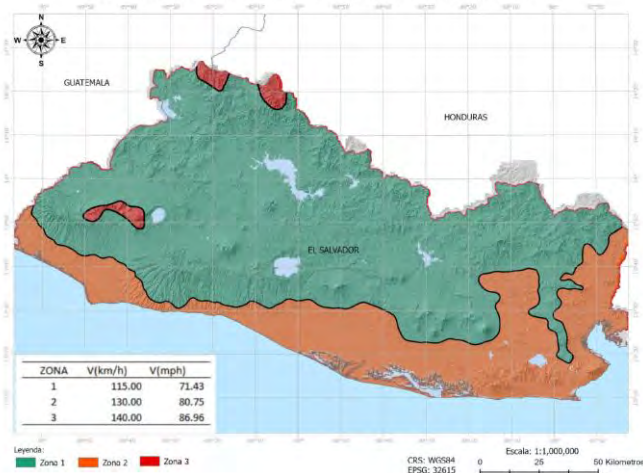
Gráficos de Gumbel para cada zona climática



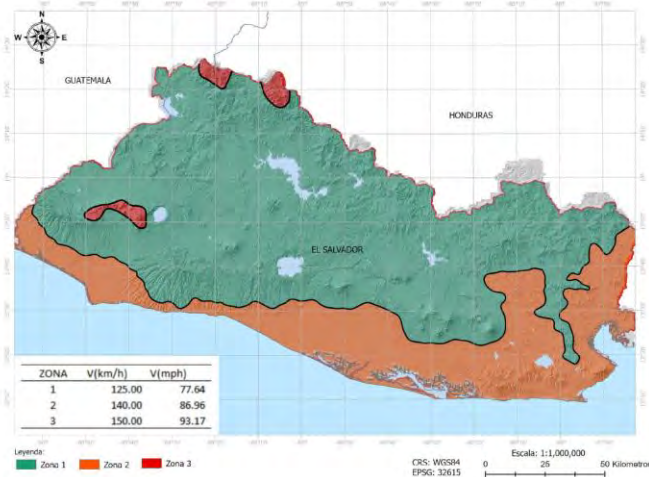
ZONAS DE VELOCIDAD BASICA DE DISEÑO PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 300 AÑOS



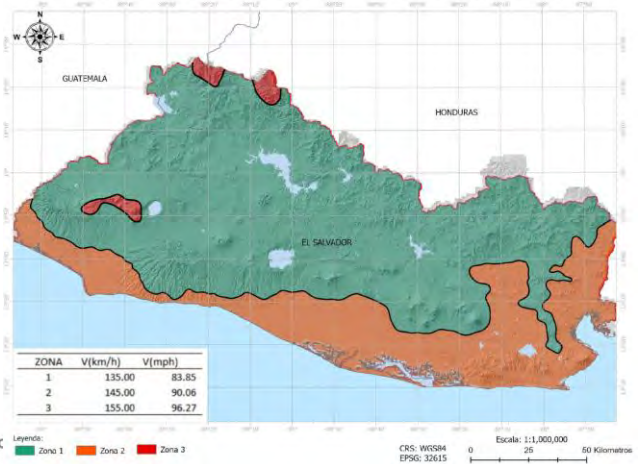
ZONAS DE VELOCIDAD BASICA DE DISEÑO PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 700 AÑOS



ZONAS DE VELOCIDAD BASICA DE DISEÑO PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 1,700 AÑOS



ZONAS DE VELOCIDAD BASICA DE DISEÑO PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 3,000 AÑOS



Fuente: GT-2 CSE: Ing.
L. López, Ing. J. Cuéllar

Cambios relevantes CSE vs RESESCO: Estructuras de Acero

En nuestro país, muchos diseñadores estructurales competentes consideran para el diseño de sus estructuras las especificaciones y disposiciones modernas que se utilizan en países desarrollados. Para el diseño de estructuras de acero, estos diseñadores suelen tomar como referencia los estándares AISC 360, AISC 341 y AISC 358, entre otros, sin embargo, uno de los problemas más serios que normalmente enfrentan es la inconsistencia entre los procedimientos y consideraciones del RESESCO (1996) y los que actualmente prescriben los estándares antes mencionados, los cuales han sufrido una evolución coordinada.

La Norma Técnica para Diseño y Construcción de Estructuras de Acero del RESESCO está basada principalmente en el siguiente estándar:

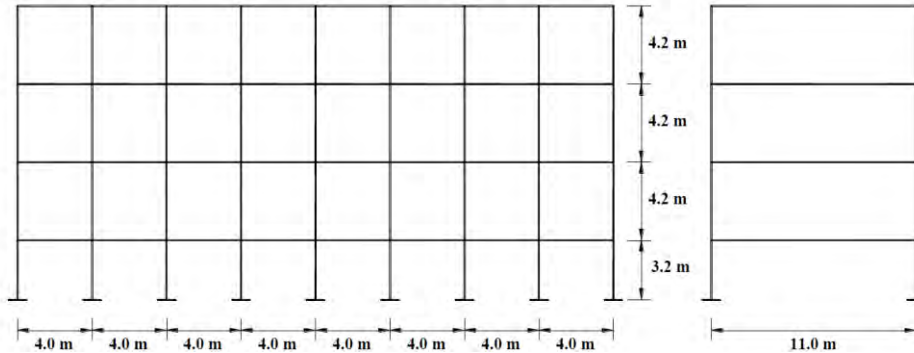
Specification for Structural Steel Buildings – Allowable Stress Design and Plastic Design, 1989.

Diseño Elástico	Diseño por factores de carga y resistencia
Análisis Elástico	Análisis Elástico
No realiza distinción racional de la naturaleza de las cargas y de sus combinaciones.	<i>Realiza distinción racional de la naturaleza de las cargas y de sus combinaciones.</i>
Utiliza la resistencia de los componentes estructurales en forma conservadora.	<i>Utiliza la resistencia de los componentes estructurales en forma más eficiente.</i>
No permite incluir los descubrimientos por la ciencia y la tecnología.	<i>Permite incluir los descubrimientos por la ciencia y la tecnología.</i>
<i>Sencillo de comprender y aplicar.</i>	Más complicado de comprender y aplicar.
Fue el método más utilizado en USA hasta finales del siglo pasado. Ya no está incluido en los estándares modernos.	<i>Es el método preferente de diseño en USA.</i>

Comparación de Demandas: NTDS vs CSE

4 Niveles. Estructura a base de marcos de momento de acero estructural.

Niveles 1, 2 y 3: diafragmas rígido. Nivel 4: diafragma flexible.



Comparación de demandas NTDSes – ASCE 7-22.

NTDSes.

$$W = 917.12 \text{ tonf} \quad FC = 1.40$$

$$C_s = 0.111 \rightarrow F_{ST} = 142.52 \text{ tonf} \quad R = 12$$

$$C_s = 0.190 \rightarrow F_{ST} = 243.95 \text{ tonf} \quad R = 7$$

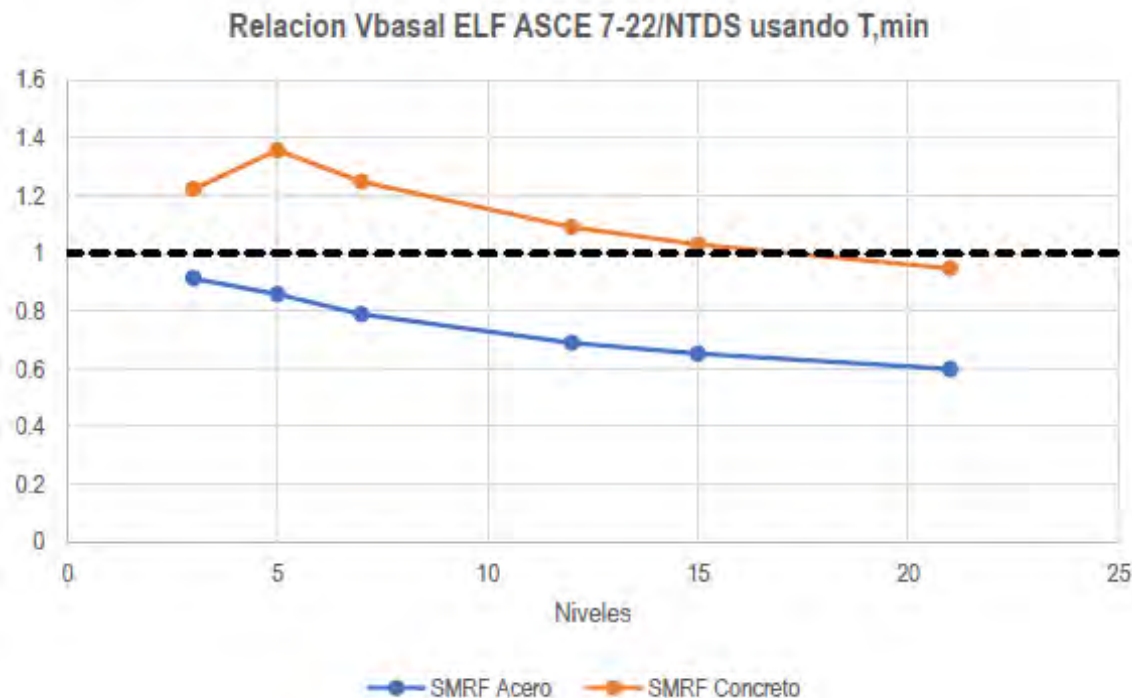
ASCE 7-22.

$$W = 727.04 \text{ tonf} \quad FC = 1.00$$

$$C_s = 0.349 \rightarrow F_{ST} = 253.74 \text{ tonf} \quad R = 3.5$$

Análisis comparativos de Demanda Sísmica NTDS vs CSE, por Dr José Carlos Hasbún, 2025

Comparación de Demandas: NTDS vs CSE



Fuente: Narváez Hinds, El Salvador, 2025

Retos Pendientes



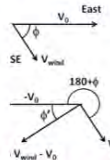
Creación de una estructura de implementación del CSE



Normas Complementarias



Capacitación de profesionales



Caracterización de la Amenaza por Viento E.S.



Colegio de Ingenieros (certificaciones)



Actualización de pensum académico



Instrumentación



Calificación de mano de obra



Hagamos Ingeniería...

*Por una Infraestructura
Resiliente en El Salvador*

Gracias por su atención



América Latina y El Caribe

www.codigomodelosismico.org