NSE 7.3

DISEÑO DE CONCRETO PREFABRICADO Y PREESFORZADO EN EDIFICACIONES

AGIES

Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica

Normas de Seguridad Estructural para Guatemala

2018

Actualización 15/07/2020

NORMAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL PARA GUATEMALA

NSE 7.3

DISEÑO DE CONCRETO PREFABRICADO Y PREESFORZADO EN EDIFICACIONES

Edición 2018
Actualización 15/07/2020

Normas de Seguridad Estructural para Guatemala
Diseño de Concreto Prefabricado y Preesforzado en Edificaciones
NSE 7.3 Edición 2018
Derechos reservados --
© Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES
Proyecto desarrollado por AGIES por medio de la Dirección de Comités Técnicos

Este proyecto ha sido parcialmente financiado para cubrir gastos de publicación y diseminación por Trocaire y por el Departamento de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Unión Europea, el cual proporciona asistencia a las víctimas de catástrofes naturales y conflictos fuera de las fronteras de la Unión Europea. La ayuda se brinda a las víctimas de manera imparcial, directo a las personas con más necesidad con independencia de su nacionalidad, religión, sexo, origen étnico o afiliación política.

El contenido técnico y opiniones expresados en este documento no reflejan de ninguna manera tecnología en uso ni opiniones de la Unión Europea, por lo que ésta no se hace responsable de la información que contiene este documento. Tampoco las otras organizaciones mencionadas.

La redacción, actualización y discusión de la Edición 2018 de estas normas ha sido posible por los aportes ad-honorem de tiempo de los miembros de los comités técnicos de AGIES y grupos revisores.

Nota de AGIES

Los aportes directos de nuestros patrocinadores se utilizan para diseminación de tecnología por medio de seminarios, mesas técnicas de trabajo, conferencias, cursos cortos, publicaciones colaterales y otros medios de difusión. Los aportes para impresión y publicación se reciben frecuentemente en especie.

La redacción de los documentos, la investigación bibliográfica o de campo y actividades relacionadas con la actualización y/o generación de textos, son aportadas por los miembros de los comités técnicos en su propio tiempo disponible. Ningún directivo de AGIES y ningún miembro de comités técnicos reciben emolumentos por parte de AGIES.

AGIES
Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica
Edificio de los Colegios Profesionales de Guatemala
Cuarto Nivel
Zona 15, Ciudad de Guatemala 0115
Guatemala
Tel. (502) 5493-0807
www.agies.org

La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) es una entidad privada no lucrativa, académica, gremial formativa, científica y cultural, que promueve la investigación y divulgación de conocimientos científicos y tecnológicos en el campo de las estructuras, la sismología y áreas afines, así como el mejoramiento de los niveles docentes y profesionales en dichos campos, para el mejor y mayor uso de los recursos materiales y humanos conexos con el mismo. Es una gremial adscrita al Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Las Normas de Seguridad Estructural (NSE) están dirigidas a personas calificadas para comprender el significado y limitaciones de su contenido y sus recomendaciones, quedando bajo la responsabilidad de estas personas el uso de los criterios aquí establecidos. La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica no asume ninguna responsabilidad, ni total, ni parcial, por el uso que se haga del contenido del presente documento y no será responsable de ningún daño, falla o pérdida derivada de la aplicación del mismo.

Los comentarios y sugerencias al presente documento deberán ser dirigidos al Comité Técnico de AGIES. Todas las personas, miembros o no de AGIES, están invitadas a colaborar con el mejoramiento del contenido de este y el resto de documentos que conforma las Normas de Seguridad Estructural.

NSE 7.3

DISEÑO DE CONCRETO PREFABRICADO Y PREESFORZADO EN EDIFICACIONES

Edición 2018

Actualización 15/07/2020

RECONOCIMIENTO

Este documento ha sido elaborado por un comité de ingenieros bajo la supervisión de la Dirección de Comités Técnicos de AGIES.

Director de Comités Técnicos

- Dr. Héctor Monzón Despang

Comité Redactor

- Ing. Anthony Bickford
- Ing. Francisco Arrecis

Se agradece el aporte de comentarios

- Ing. Francisco Mejía
- Ing. Francisco Lizama
- Ing. Julio Morán
- Ing. Giovanni de Francesco

Coordinación

- Ing. Fernando Szasdi
- Inga. Lucia Mercedes Borja Ortiz

Créditos

- Organización y Diseño: AGIES
- Diagramación: Nydia Monroy
- Foto de portada: Fernando Szasdi

TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN
1.1 — Ámbito de aplicación
1.2 — Definiciones

CAPÍTULO 2
SISTEMAS ESTRUCTURALES PARA RESISTIR CARGA DE SISMO
2.1 — Tipos de sistemas estructurales para resistir carga lateral
2.2 — Factores para diseño sismo resistente

CAPÍTULO 3
ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS DE CONCRETO
1.3 — General

CAPÍTULO 4
ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREESFORZADOS DE CONCRETO
4.1 — General
4.2 — Elementos preesforzados que forman parte del sistema para resistir carga lateral de sismo
4.2.1 — Sistemas que emulan comportamiento monolítico
4.2.2 — Sistemas que no emulan comportamiento monolítico
4.3 — Elementos preesforzados que no forman parte del sistema para resistir carga lateral de sismo

CAPÍTULO 5
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES
5.1 — General

CAPÍTULO 6
REGLAMENTOS DE REFERENCIA

CAPÍTULO 7
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PRÓLOGO

Los sistemas estructurales y elementos no estructurales de concreto prefabricado y preesforzado son utilizados exitosamente en edificios construidos en zonas de amenaza sísmica alta alrededor del mundo cuando se utilizan los métodos de diseño y los procesos constructivos apropiados. Con los avances en la investigación, la tecnología y las normativas de diseño, actualmente se ha logrado desarrollar sistemas estructurales de concreto prefabricado cuyo desempeño es igual o superior al de los sistemas estructurales monolíticos de concreto reforzado. Además, siguiendo los requerimientos de las normativas actuales, es posible incluso utilizar acero de preesfuerzo y aprovechar su alta resistencia en sistemas estructurales prefabricados, cumpliendo con los requisitos de comportamiento dúctil y disipación de energía que se necesitan para resistir las cargas de sismo, aplicando detalles propios de cada tipo estructural.

Los elementos prefabricados presentan algunas ventajas en cuanto a procesos de producción y tiempo de ejecución con relación a los sistemas construidos in situ. Sin embargo, debido a la necesidad de interconectar los elementos estructurales, se debe tomar especial cuidado en el diseño y construcción de las conexiones entre los mismos para obtener un desempeño satisfactorio. La aplicación de normas y estándares de diseño ayudan al ingeniero estructural a diseñar estructuras seguras incluso en zonas de amenaza sísmica alta.

Esta norma incluye los requisitos para el análisis y diseño sismo-resistente de sistemas estructurales y no estructurales de concreto prefabricado y concreto preesforzado, y se basa en la aplicación de estándares internacionales de prestigio, reconocidos a nivel mundial, adoptados para su aplicación al escenario de amenaza sísmica de Guatemala. Se espera que esta norma contribuya con la introducción de sistemas estructurales que aún no se aplican en Guatemala, y que venga a reforzar las bases del diseño sismo resistente de los sistemas prefabricados actualmente en uso.

Comité Técnico NSE 7.3

CAPÍTULO 1 — INTRODUCCIÓN

1.1 — Ámbito de la aplicación

1.1.1 Los lineamientos a seguir para el análisis, diseño y construcción de elementos estructurales y no estructurales, prefabricados y preesforzados de concreto en edificios, serán los presentados en Building Code Requirements for Structural Concrete ACI 318-14 y las recomendaciones del Precast/Prestressed Concrete Institute PCI. Para puentes y obras de infraestructura se deberá consultar la documentación pertinente, como las Normas para el Diseño y Construcción de Puentes de AGIES (NSE 5.2-18) y las normas AASHTO.

1.1.2 Los lineamientos presentados en ACI 318-14 y las recomendaciones del PCI deberán aplicarse de manera compatible y consistente con las Normas NSE 1, NSE 2 y NSE 3.

1.2 — Definiciones

- **Conexión dúctil —** Conexión entre uno o más elementos prefabricados que experimenta fluencia como resultado de los desplazamientos de diseño por sismo.

- **Conexión fuerte —** Conexión entre uno o más elementos prefabricados que permanece elástica mientras que los elementos adyacentes experimentan fluencia como resultado de los desplazamientos de diseño por sismo.

- **Elemento estructural preesforzado —** elemento al que se le introducen esfuerzos internos de compresión con el propósito de reducir los esfuerzos de tensión inducidos por las condiciones externas de carga.

- **Elemento estructural prefabricado —** elemento que es construido en un lugar diferente al de su ubicación final en la estructura.

- **Sistemas que emulan estructuras monolíticas —** son sistemas estructurales formados por elementos prefabricados de concreto, unidos de tal manera que se busca imitar el comportamiento de sistemas estructurales monolíticos de concreto reforzado.

- **Sistemas que no emulan estructuras monolíticas —** son sistemas estructurales formados por elementos prefabricados de concreto, unidos de tal manera que tienen un desempeño similar o superior al de los sistemas estructurales monolíticos de concreto reforzados, aunque su comportamiento mecánico bajo cargas gravitacionales y laterales sea distinto al de sistemas monolíticos.

FIN DEL CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 2 — SISTEMAS ESTRUCTURALES PARA RESISTIR CARGA DE SISMO

2.1 — Tipos de sistemas estructurales para resistir carga lateral

2.1.1 Se reconocen dos tipos principales de sistemas estructurales de concreto prefabricado para resistir carga lateral de sismo:

2.1.1.1 *Sistemas que emulan estructuras monolíticas (SEM)* — Dentro de los SEM se reconocen dos sub sistemas:

(a) **SEM de Marcos Resistentes a Momento (SEM-MRM) —** Los SEM-MRM pueden ser tipo A (especiales) o tipo C (ordinarios). Los SEM-MRM tipo A puede tener dos tipos de conexión entre elementos estructurales: conexiones fuertes y conexiones dúctiles.

(b) **SEM de Muros Estructurales (SEM-ME) —** Los SEM-ME pueden ser tipo A (especiales), tipo B (intermedios) o tipo C (ordinarios).

2.1.1.2 *Sistemas que no emulan estructuras monolíticas (SNE)* — Dentro de los SNE se reconocen dos sub sistemas:

(a) **SNE de Marcos Resistentes a Momento (SNE-MRM) —** Los SNE-MRM deberán presentar un comportamiento igual o superior a los sistemas monolíticos de marcos tipo A (especiales). Este tipo de sistemas debe cumplir con los requisitos de ACI 374.1-05.

Comentario 2.1.1.2 a
ACI 550.3-13 define los requisitos de diseño para un tipo de marcos especiales de concreto prefabricado con cables post tensados no adheridos.

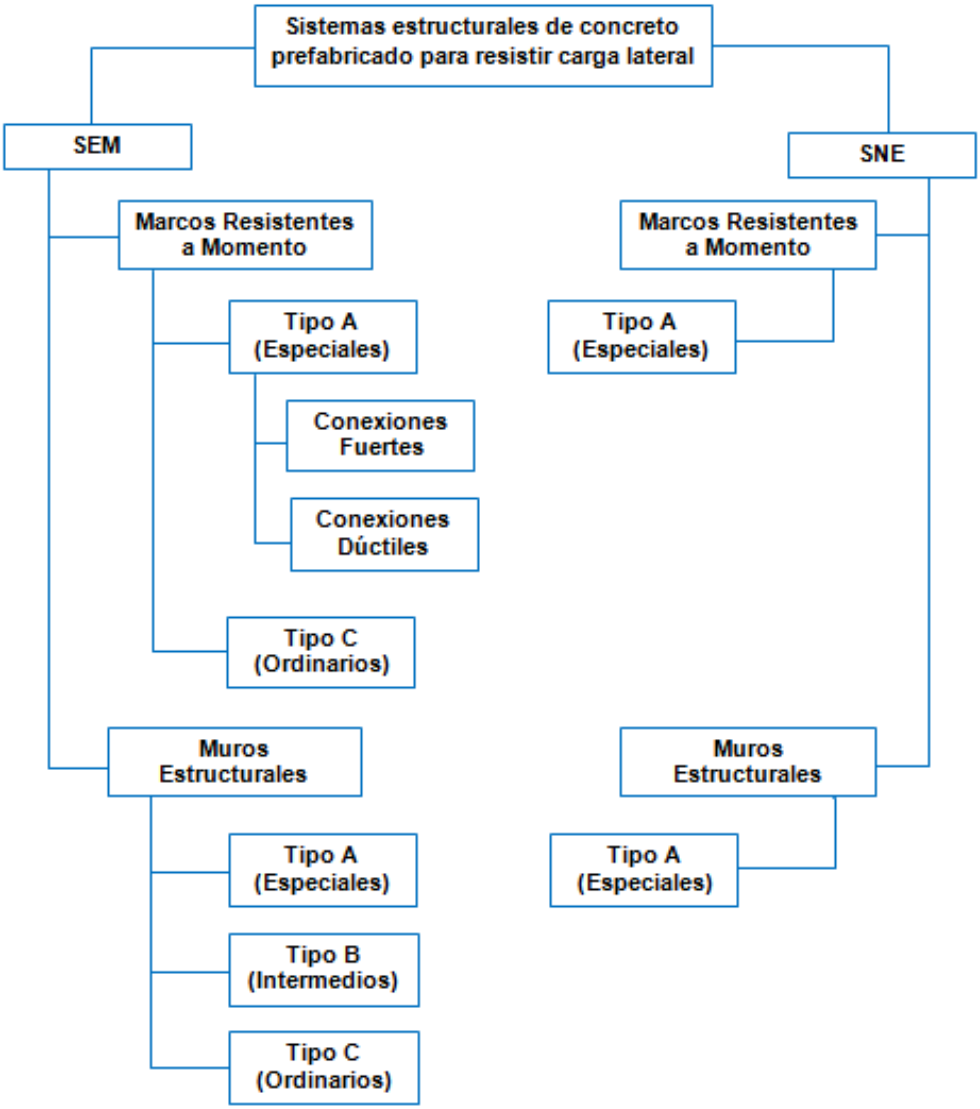
(b) **SNE de Muros Estructurales (SNE-ME) —** Los SNE-ME deberán presentar un comportamiento igual o superior a los sistemas monolíticos de muros tipo A (especiales).

Comentario 2.1.1.2 b
ACI ITG 5.2-09 presenta los requisitos para un tipo de muros especiales prefabricados con cables post tensados no adheridos.

2.1.2 El diagrama de la Figura 2.1.2-1 muestra la clasificación de los sistemas estructurales prefabricados de concreto para resistir carga lateral.

Comentario 2.1
Los sistemas estructurales prefabricados para resistir carga laterales de sismo reconocidos en esta norma están basados en los sistemas reconocidos por el reglamento ASCE 7-16 en combinación con ACI 318-14.

Figura 2.1.2-1 — Tipos de sistemas estructurales prefabricados de concreto para resistir carga lateral de sismo



2.2 — Factores para diseño sismo resistente

2.2.1 La Tabla 2.2.1-1 presenta los factores de diseño sismo-resistente para sistemas estructurales de concreto prefabricado. Estos factores se aplican de manera consistente con la Sección 1.5 de la NSE 3.

Comentario 2.2.1
Los factores para diseño sismo resistente de la Tabla 2.2.1-1 están basados en ASCE 7-16.

2.2.2 Todos los sistemas estructurales que resisten carga lateral de sismo deben cumplir con los requisitos del Capítulo 18 de ACI 318-14.

TABLA 2.2.1-1 — Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismo resistentes de concreto prefabricado

Sistema estructural de concreto prefabricado		Requisitos de Diseño según ACI 318-14	R	Ω_r	C_d	Límite de altura (metros)[1] Nivel de protección			
						A	B	C	D
E1-CP	**SISTEMA DE MARCOS**	**Capítulo 18**							
E1-CPA	**Marcos tipo CPA**								
	Con conexiones dúctiles	Secciones 18.2.3 a 18.2.8 y la sección 18.9	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
	Con conexiones fuertes		8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
	Sistema híbrido		8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
E1-CPC	**Marcos tipo CPC**	Sección 18.3	3	3	2.5	30	NP	NP	NP
E2-CP	**SISTEMA DE CAJÓN**	Capítulo 18							
E2-CPA	**Muros tipo CPA**	Secciones 18.2.3 a 18.2.8 y la sección 18.11	5	2.5	5	SL	75	50	30
E2-CPB	**Muros tipo CPB**	Sección 18.5	4	2.5	4	30	30	15	12
E2-CPC	**Murtos tipo CPC**	Sección 18.2.1.3	3	2.5	3	30	NP	NP	NP

TABLA 2.2.1-1 — (continuación)

Sistema estructural de concreto prefabricado		Requisitos de Diseño según ACI 318-14	R	Ω_r	C_d	Límite de altura (metros)[1] Nivel de protección			
						A	B	C	D
E3-CP	**SISTEMA GENERAL**	Capítulo 18							
E3-CPA	**Muros tipo CPA**	Secciones 18.2.3 a 18.2.8 y la sección 18.11	6	2.5	5	SL	75	50	30
E3-CPB	**Muros tipo CPB**	Sección 18.5	5	2.5	4.5	30	30	15	12
E3-CPC	**Muros tipo CPC**	Sección 18.2.1.3	4	2.5	4	30	NP	NP	NP

[1] SL = Sin límite, NP = No se permite

[2] E1 = Sistema de Marcos
E2 = Sistema de Cajón
E3 = Sistema General

[3] CPA = Concreto Prefabricado Tipo A (especial)
CPB = Concreto Prefabricado Tipo B (intermedio)
CPC = Concreto Prefabricado Tipo C (ordinario)

FIN DEL CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 3 — ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS DE CONCRETO

3.1 — General

3.1.1 Se deberá cumplir con los requisitos para sistemas específicos presentados en las Secciones 4.12.1 y 4.12.3 de ACI 318-14, en el caso de elementos compuestos que resisten flexión, los requisitos del Capítulo 16 de ACI 318-14 para las conexiones entre elementos, y los requisitos presentados a continuación para diseño sismo resistente.

3.1.2 Elementos prefabricados que forman parte del sistema para resistir carga lateral de sismo deberán cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 2.2.1-1 del ACI 318-14.

3.1.3 Elementos prefabricados que no forman parte del sistema para resistir carga lateral de sismo deberán cumplir con los requisitos de diseño de los Capítulos 1 a 17 y 19 a 26 de la Norma ACI 318-14. Para NDP D y E se deberá cumplir también con los requisitos de la Sección 18.14 del ACI 318-14.

FIN DEL CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 4 — ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREESFORZADOS DE CONCRETO

4.1 — General

4.1.1 Se deberá cumplir con los requisitos presentados en las Secciones 4.12.2 y 4.12.3 de ACI 318-14 para sistemas específicos, en el caso de elementos compuestos que resisten flexión, se deberá también cumplir con los requisitos del Capítulo 16 de ACI 318-14 para las conexiones entre elementos, así como los requisitos presentados a continuación para diseño sismo-resistente.

4.2 — Elementos preesforzados que forman parte del sistema para resistir carga lateral de sismo

4.2.1 Sistemas que emulan comportamiento monolítico — Los elementos estructurales preesforzados de concreto que emulan comportamiento monolítico deberán cumplir con los requisitos de diseño indicados en la Tabla 2.2.1-1 del ACI 318-14.

4.2.1 Sistemas que no emulan comportamiento monolítico — Los elementos estructurales preesforzados de concreto que no emulan comportamiento monolítico, además de cumplir con los requisitos de diseño indicados en la Tabla 2.2.1-1 del ACI 318-14, deberán cumplir con los requisitos de ACI 374.1-05. En cualquier tipo de proyecto construido con sistemas que no emulan comportamiento monolítico, será obligatoria la supervisión técnica estructural continua, según se estipula en la NSE 1-18. Se deberá poner especial cuidado a los procesos de montaje y post tensión de los elementos estructurales.

Comentario 4.2.1
ACI 550.3-13 define los requisitos de diseño para un tipo de marcos especiales de concreto prefabricado con cables post tensados no adheridos. ACI ITG 5.2-09 presenta los requisitos para un tipo de sistema de muros especiales prefabricados con cables post tensados no adheridos.

4.3 — Elementos preesforzados que no forman parte del sistema para resistir carga lateral de sismo

4.3.1 Los elementos estructurales preesforzados de concreto que no formen parte del sistema para resistir carga lateral de sismo deberán cumplir con los requisitos de diseño de los Capítulos 1 a 17 y 19 a 26 del ACI 318-14. Para NDP D y E se deberá cumplir también con los requisitos de la Sección 18.14 del ACI 318-14.

FIN DEL CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 5 — ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

5.1 — General

5.1.1 Las fuerzas para el diseño de componentes no estructurales deberán calcularse en conformidad con el Capítulo 13 de ASCE/SEI 7-16, aplicado de manera compatible con las NSE de AGIES.

5.1.2 Los elementos no estructurales, prefabricados y preesforzados, deberán cumplir con los requisitos de diseño de los Capítulos 1 a 17 y 19 a 26 del ACI 318-14.

5.1.3 Deberán tomarse las medidas necesarias para que los desplazamientos y deformaciones de la estructura, tanto por carga gravitacional como por carga lateral, no afecten de manera adversa a los componentes no estructurales. De igual manera, se deberán tomar las medidas para que los componentes no estructurales no introduzcan efectos indeseados o no considerados en el comportamiento del sistema estructural para resistir carga lateral.

5.1.4 Se deberá poner especial cuidado al diseño de los anclajes y conexiones de los elementos no estructurales.

FIN DEL CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 6 — REGLAMENTOS DE REFERENCIA

6.1 AGIES, NSE 2018. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala. 2018.

6.2 ASCE/SEI 7-16. American Society of Civil Engineers. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. 2016.

6.3 ACI 318-14. American Concrete Institute. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. 2014.

6.4 ACI 374.1-05. American Concrete Institute. Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing and Commentary. 2005.

6.5 ACI 550.1R-01. American Concrete Institute. Emulating Cast-in-Place Detailing in Precast Concrete Structures. 2001.

6.6 ACI 550.3-13. American Concrete Institute. Design Specification for Unbonded Post-Tensioned Precast Concrete Special Moment Frames Satisfying ACI 374.1 and Commentary. 2013.

6.7 ACI ITG-5.1-07. American Concrete Institute. Acceptance Criteria for Special Unbonded Post-Tensioned Precast Structural Walls Based on Validation Testing and Commentary. 2007.

FIN DEL CAPÍTULO 6

CAPÍTULO 7 — REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1 Clealand, Ned., and Ghosh S. 2007. Seismic Design of Precast/Prestressed Concrete Structures.

7.2 Design and Typical Details of Connections for Precast and Prestressed Concrete. PCI, Prestressed Concrete Institute. 1988.

7.3 Nawy, Edward. 2010. Prestressed Concrete a Fundamental Approach, Fifth Edition.

7.4 PCI Design Handbook. Precast/Prestressed Concrete Institute. 2010.

7.5 PCI Connections Manual for Precast and Prestressed concrete construction. Precast/Prestressed Concrete Institute, 2008.

7.6 Post-Tensioning Manual. Post-Tensioning Institute. 2006.

FIN DEL CAPÍTULO 7

Con el apoyo de

Financiado por
Unión Europea
Protección Civil y
Ayuda Humanitaria

Trocaire
Working for a just world.

ACCIÓN CONTRA EL HAMBRE

Pastoral Social San Marcos

Cáritas San Marcos, Guatemala

A.C.C.S.S.