



**PRESIDENCIA
DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA
DE VENEZUELA**

Comisión Presidencial para la
Evaluación de Habitabilidad de
Infraestructuras

**Comisión
Presidencial**
para la Evaluación
de Habitabilidad
de Infraestructuras

LINEAMIENTOS TÉCNICOS

APUNTALAMIENTO DE COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS DE CONCRETO ARMADO AFECTADAS POR SISMO

Documento de emergencia elaborado con motivo del sismo del 24 de junio de 2026



Urbanización Los Chaguaramos / Valle abajo, Aulas Departamento de Ingeniería Geodésica y
Agrimensura, Parroquia San Pedro, Caracas, Municipio Libertador, Distrito Capital



@COMISIONDEHABITABILIDAD

LINEAMIENTOS TÉCNICOS

APUNTALAMIENTO DE COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS DE CONCRETO ARMADO AFECTADAS POR SISMO

Documento de emergencia elaborado con motivo del sismo del 24 de junio de 2026

Revisión	Fecha	Descripción	Páginas
4	26/07/2026	Adecuación de formatos, modificación de figuras e incorporación de comentarios emitidos por comité	45
3	23/07/2026	Adecuación de formatos, modificación de figuras e incorporación de comentarios emitidos por comité	44
2	20/07/2026	Incorporación de comentarios emitidos por comité	39
1	16/07/2026	Borrador preliminar para revisión del comité	33

COMITÉ TÉCNICO DE REDACCIÓN

El presente documento fue elaborado por el comité técnico que se detalla a continuación.

N.º	Nombre y Apellido	Profesión	Grado Académico	Institución
1	Ronald Torres Moreno	Ingeniero Civil	Doctor en Ingeniería Sísmica Dinámica de suelos y Estructuras	Universidad Central de Venezuela, VE
2	Eduardo Nuñez Castellanos	Ingeniero Civil	Doctor en Ingeniería Estructural	Universidad Católica de la Santísima Concepción, CH
3	Ramón Mata Lemus	Ingeniero Civil	Doctor en Ingeniería	Universidad San Sebastián, CH
4	Alfredo Urich	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Sismorresistente	ALCONPAT-Ve
5	Ahmad Idrees Rustom	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Estructural	Universidad de Carabobo, VE
6	José Gregorio Rengel	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Sismorresistente	Universidad Central de Venezuela, VE
7	Valentina Páez	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Sismorresistente	Universidad Central de Venezuela, VE
8	José Luis Beauperthuy Urich	Ingeniero Civil	Especialista en Patología de Obras Civiles	ALCONPAT-Ve
9	Carlos González	Ingeniero Civil	Especialista en Ing. Estructural	ALCONPAT-Ve

Coordinadores del Comité Técnico de Redacción:

Dr. Eduardo Nuñez — Universidad Católica de la Santísima Concepción, CH

Msc. Alfredo Urich — ALCONPAT, VE

COMITÉ TÉCNICO ASESOR DEL TERREMOTO

Msc. Gustavo Coronel — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. Norberto Fernández — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Francisco Garcés — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. Ahmad Idrees — Universidad de Carabobo, VE

Msc. José Jácome— CENVIH, VE

Dr. Óscar López — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Duilio Marcial — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Ángelo Marinilli — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE / Universidad Católica Andrés Bello, VE

Dr. Ramón Mata — Universidad San Sebastián, CH

Dr. Eduardo Nuñez — Universidad Católica de la Santísima Concepción, CH

Msc. Valentina Páez — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. José Rengel — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Michael Schmitz— IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Ronald Torres — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. Alfredo Urich — ALCONPAT, VE

Coordinador del Comité Técnico Asesor del Terremoto:

Dr. Óscar López — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

ÍNDICE DE CONTENIDO

COMITÉ TÉCNICO DE REDACCIÓN	3
COMITÉ TÉCNICO ASESOR DEL TERREMOTO	4
PRÓLOGO	7
1. OBJETIVO	8
2. ALCANCE	8
3. REFERENCIAS NORMATIVAS	9
4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	9
5. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	12
6. EVALUACIÓN PREVIA Y CLASIFICACIÓN DEL DAÑO	12
6.1. Evaluación para el apuntalamiento	12
6.2. Clasificación y apuntalamiento en función del tipo de daño	13
6.3. Movimientos por controlar	15
7. CRITERIOS DE EXTENSIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PUNTALES	16
7.1. Principio de área tributaria	16
7.2. Extensión por cantidad de elementos dañados	17
7.3. Criterio de línea resistente: umbral del 25%	18
7.4. Extensión vertical según la materialidad de la estructura	19
7.5. Matriz de extensión	20
8. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE APUNTALAMIENTO	21
8.1. Selección por función	21
8.2. Selección por materialidad del puntal y nivel de carga	22
8.3. Clasificación de apuntalamiento vertical según la estabilidad	24
8.4. Nivel de carga	25
9. APUNTALAMIENTO SEGÚN EL MIEMBRO O LA ZONA	26
9.1. Columnas y machones dañados	26
9.2. Vigas	27
9.3. Losas y pisos inclinados	28
9.4. Muros y fachadas con riesgo de volcamiento	28

9.5. Huecos de puertas, ventanas y pasos peatonales	29
9.6. Apuntalamiento para la ejecución de reparaciones	30
10. EJECUCIÓN Y DETALLES CONSTRUCTIVOS	31
10.1. Secuencia general	31
10.2. Apoyo y reparto de cargas	31
10.3. Acuñado	32
10.4. Conexiones	32
10.5. Arriostramiento	32
10.6. Verticalidad y centrado	32
10.7. Puntales metálicos telescópicos	33
10.8. Retiro del apuntalamiento	33
11. INSPECCIÓN, MONITOREO Y MANTENIMIENTO	34
12. MATERIALES	34
13. CONTROL DE CALIDAD Y LIMITACIONES	34
14. SEGURIDAD EN OBRA	35
BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXO A. PROCEDIMIENTO Y EJEMPLO DE CÁLCULO DE UN APUNTALAMIENTO DE COLUMNA .	38
A.1 Procedimiento de diseño del apuntalamiento vertical	38
A.2. Ejemplo de cálculo	40

PRÓLOGO

El sismo del 24 de junio de 2026 afectó diferentes estructuras, entre ellas edificaciones aporticadas de concreto armado, principalmente destinadas a uso residencial. La evaluación preliminar detectó un número importante de edificaciones clasificadas con etiqueta roja (uso restringido o prohibido por riesgo de colapso parcial o total). Dentro de este grupo existen estructuras cuyos elementos estructurales con daño leve que pueden ser reparados, sin embargo, no existe un lineamiento que permita su intervención de manera estandarizada.

En este sentido, se presentan los siguientes lineamientos para el apuntalamiento de columnas, vigas y losas de concreto armado como medida provisional que permita su reparación y reduzca el riesgo de colapso durante su intervención. Estos lineamientos se elaboran con carácter de emergencia para unificar los criterios técnicos para la selección, ejecución, inspección y retiro de los apuntalamientos. El documento no se limita a un solo tipo de puntal: admite puntales metálicos telescópicos de acero, puntales pesados de aluminio, torres de carga modulares y puntales neumáticos o hidráulicos de rescate, seleccionados según el nivel de carga por soportar y el miembro o la zona por apuntalar. La madera se reserva para los elementos de reparto (cabezales, durmientes y cuñas), las riostras y los apuntalamientos laterales de retención, de contraste y de huecos.

Asimismo, la intervención se limita al área tributaria de los elementos dañados y a sus niveles superiores, y solo se extiende a la planta completa cuando el daño compromete a más del 25 % de las líneas resistentes a sismo por dirección de análisis, conforme al enfoque de capacidad sísmica residual de la guía japonesa de evaluación pos-terremoto (Nakano, Maeda, Kuramoto y Murakami, 2004).

El documento fue preparado por el comité técnico de redacción identificado en las páginas preliminares y sigue la estructura de proyectos de normas venezolanas establecida en la guía GUI-DNO-001 de la Dirección de Normalización de SENCAMER (2021). Se apoya en la Guía de Operaciones de Apuntalamiento del sistema de Búsqueda y Rescate Urbano de los Estados Unidos (FEMA, 2013), en la guía de campo de estabilización y apuntalamiento del Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos (DHS, 2011), en el manual técnico para obras provisionales de apuntalamiento elaborado tras la experiencia del terremoto de L'Aquila (COOPI, PNUD e INDECI, 2011), y en la literatura técnica española de apeos y apuntalamientos (Blasco, 2017; Oliver, 2017).

Todas las figuras son de elaboración propia, adaptadas de las fuentes citadas, en cumplimiento del apartado 4.3.4.5 de la guía GUI-DNO-001, que exige figuras en forma de dibujos de línea y prohíbe la reproducción de figuras de otros documentos. En la interfaz con las obras de reparación se incorporan los requisitos de ACI 562, la guía de apuntalamiento y re-apuntalamiento de edificaciones de concreto de varios pisos ACI 347.2R-17, las recomendaciones del Instituto Internacional de Reparación del Concreto (Rybaltowski, 2024) y la guía federal de reparación y reforzamiento pos-tsismo FEMA P-2335 (FEMA, 2025).

El apuntalamiento de emergencia no repara ni refuerza la estructura, no restituye su capacidad sismorresistente y no autoriza la reocupación de la edificación. Toda edificación con etiqueta roja debe ser objeto de una evaluación estructural detallada por un ingeniero estructural, quien decidirá entre la rehabilitación conforme a COVENIN 1756-1:2019 y la demolición. Estos lineamientos son complementarios de los “Lineamientos técnicos de evaluación, reparación y restitución de paredes de mampostería dañadas por sismo”, elaborados por el mismo comité.

1. OBJETIVO

1.1. Establecer los lineamientos para la selección, ejecución, colocación e inspección de sistemas de apuntalamiento de emergencia en edificaciones con afectaciones en columnas, vigas y losas de concreto armado afectadas por el terremoto del 24 de junio de 2026.

2. ALCANCE

2.1. Los lineamientos establecidos en este documento aplican a estructuras aporticadas de concreto armado con daños por sismo en columnas, vigas y losas. El apuntalamiento aquí descrito es una obra provisional de emergencia. No constituye reparación, reforzamiento ni rehabilitación en los términos de COVENIN 1756-1:2019, y no habilita el uso ni la ocupación de la edificación.

2.2. No aplica a los casos siguientes, que requieren procedimientos o proyectos específicos:

- Estructuras total o parcialmente colapsadas con víctimas atrapadas, cuya estabilización corresponde a los equipos de búsqueda y rescate urbano (USAR) bajo sus propios protocolos (FEMA, 2013).
- Edificaciones con daños geotécnicos dominantes (hundimientos, deslizamientos, licuación, grietas en el terreno), que exigen evaluación geotécnica previa.



- Puentes, represas, torres, instalaciones industriales y otras estructuras distintas de edificaciones.
- Edificaciones patrimoniales con arcos, bóvedas o muros de tierra, cuyas armazones de soporte deben proyectarse caso a caso; las fichas de armazón de arcos y bóvedas de COOPI, PNUD e INDECI (2011) pueden servir de referencia.
- Apuntalamientos y cimbras de concreto fresco en obras en construcción, regidos por sus propias especificaciones (UNE-EN 12812).
- Edificaciones de concreto prefabricado, cuyo apuntalamiento debe extenderse hasta el terreno y proyectarse caso a caso (FEMA, 2013).
- Apuntalamientos con altura mayor a 6.0 m.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Para la elaboración de los lineamientos se emplearon las versiones vigentes de los siguientes documentos:

- COVENIN 1756-1:2019. Construcciones Sismorresistentes. Parte 1: Requisitos.
- COVENIN 1753. Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural.
- COVENIN 2002:1988. Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones.
- COVENIN 2003:1989. Acciones del Viento sobre las Construcciones.
- UNE-EN 1065. Puntales telescópicos regulables de acero. Especificaciones de producto, diseño y evaluación por cálculo y ensayos.
- UNE-EN 12812. Cimbras. Requisitos de comportamiento y diseño general.
- ANSI/AWC NDS. National Design Specification for Wood Construction. American Wood Council.
- ACI 562. Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures. American Concrete Institute.
- ACI 347.2R-17. Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings. American Concrete Institute.
- SENCAMER (2021). GUI-DNO-001, Rev. 0: Estructura y Presentación de los Documentos Normativos. Dirección de Normalización.

4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Apeo. Estructura auxiliar provisional (de madera, metálica o mixta) que sostiene total o parcialmente una edificación con motivo de una reparación, reforma o siniestro. El apuntalamiento es un apeo de urgencia.

Apeo neutro. Principio de ejecución según el cual el apuntalamiento sostiene sin levantar: un apriete o acuñaado excesivo introduce esfuerzos adicionales y puede agravar las lesiones existentes (Blasco, 2017).

Apuntalamiento. Acción y efecto de colocar puntales para sostener provisionalmente, con carácter de urgencia, todo o parte de una edificación, a fin de evitar su hundimiento, colapso o derrumbamiento (Blasco, 2017).

Área tributaria (AT). Porción de losa o techo cuya carga es soportada por un elemento estructural determinado; en columnas de pórticos regulares queda delimitada por los anchos tributarios a los ejes adyacentes.

Cabezal (sopanda). Pieza horizontal superior que recibe directamente el miembro sostenido y reparte la carga a los puntales; trabaja a compresión perpendicular a la fibra.

Carga de diseño. Carga de trabajo segura de un sistema de apuntalamiento; incluye un factor de seguridad mínimo de 2 respecto de la resistencia última (FEMA, 2013; DHS, 2011).

Clase de apuntalamiento. Clasificación de estabilidad de los sistemas verticales: Clase 1 (unidimensional, un poste), Clase 2 (bidimensional, dos o más postes en un plano) y Clase 3 (tridimensional, conjunto arriostrado en ambas direcciones) (FEMA, 2013).

Codal. Puntal horizontal colocado entre dos muros o edificaciones enfrentadas (apuntalamiento de contraste u horizontal).

Cuña. Pieza de madera dura, en pares enfrentados, que ajusta el puntal contra el cabezal o el durmiente sin levantar la estructura.

Deriva residual (desplome). Desplazamiento lateral permanente de la estructura o de un muro tras el sismo, expresado como fracción de la altura (Δ/h).

Durmiente (solera). Pieza horizontal inferior que reparte la carga de los puntales sobre el piso o el terreno.



Elemento resistente a carga lateral. Columna, machón o muro estructural que forma parte de una línea resistente.

Etiqueta roja. Clasificación de la evaluación preliminar postsismo que prohíbe o restringe el uso de la edificación por riesgo para la vida (ATC, 2005).

Friso. Revestimiento de mortero aplicado sobre la mampostería o miembro estructural (revoque).

Guaya. Cable de acero; se emplea en tirantes y zunchados de estabilización.

Línea resistente. Plano vertical formado por los elementos estructurales alineados según un mismo eje (columnas, machones, muros y sus vigas), que resiste cargas laterales en su plano (COVENIN 1756-1:2019).

Pie derecho. Puntal vertical de madera.

Puntal. Elemento lineal que trabaja a compresión y transmite la carga del miembro sostenido hasta un apoyo competente. Puede ser metálico telescópico de acero, de aluminio, neumático o hidráulico; la madera se reserva para los sistemas laterales y de huecos y para los elementos de reparto.

Puntal metálico telescópico. Puntal de acero de longitud regulable mediante rosca y pasador, clasificado por su capacidad según UNE-EN 1065; no requiere corte de piezas ni acuñado.

Puntal neumático o hidráulico de rescate. Puntal metálico presurizado de instalación rápida, empleado por equipos de rescate para la estabilización inmediata; debe sustituirse o complementarse con sistemas convencionales para permanencias prolongadas.

Re-apuntalamiento (reshoring). Colocación de puntales ajustados, sin precarga, bajo una losa de la que se han retirado los puntales originales, después de permitir que la losa soporte su peso propio; el re-apuntalamiento solo recibe las cargas aplicadas después de su instalación (ACI 347.2R-17).

Resistencia última. Fuerza necesaria para producir la falla completa del sistema.

Riostra. Pieza diagonal u horizontal que impide el desplazamiento o el pandeo del conjunto de puntales.

Tornapunta. Puntal inclinado que sostiene lateralmente un muro o una fachada con riesgo de volcamiento o pandeo fuera del plano (apuntalamiento de retención).

Torre de carga. Estructura modular metálica arriostrada para cargas o alturas mayores que las de los puntales individuales (UNE-EN 12812).

5. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

- A_T área tributaria de un elemento estructural, en metros cuadrados
- D separación entre ejes de puntales
- H altura del punto de apoyo del puntal o de la tornapunta
- sm espesor del muro por proteger
- L/P relación entre la longitud del poste y el ancho de su sección (esbeltez práctica)
- FS factor de seguridad
- q carga por unidad de superficie, en kgf/m^2
- Δ/h desplome relativo (deriva residual)
- C1, C2, C3 clases de estabilidad del apuntalamiento vertical
- GOA Guía de Operaciones de Apuntalamiento (FEMA, 2013)
- USAR búsqueda y rescate urbano (Urban Search and Rescue, por sus siglas en inglés)
- EPP equipo de protección personal

6. EVALUACIÓN PREVIA Y CLASIFICACIÓN DEL DAÑO

6.1. Evaluación para el apuntalamiento

6.1.1. La etiqueta roja de la evaluación preliminar identifica el riesgo, pero no define la intervención. Antes de apuntalar, un ingeniero estructural (o un especialista en estructuras del equipo de emergencia) debe realizar una evaluación específica que determine (FEMA, 2013): (a) la causa y el mecanismo del daño; (b) la energía potencial remanente (masas pesadas en niveles altos, paredes inclinadas, elementos en volado con apoyo dudoso); (c) el tipo de estructura; (d) la inclinación de los pisos y la existencia de desplomes; y (e) el apoyo sobre el cual descargarán los puntales (losa de planta baja, sótano, terreno).

6.1.2. La evaluación debe identificar cada miembro dañado (columna, machón, viga, losa, muro, escalera), su nivel de daño conforme a la Tabla 1 y su posición en planta y en altura. Con esa información se aplican los criterios establecidos en las secciones 7 y 8 de este documento.



6.1.3. Se debe retirar el friso suelto en los miembros por clasificar, medir el ancho de las grietas y verificar la verticalidad. Los signos de riesgo de hundimiento, ruidos característicos, pérdidas de material, flechas excesivas, fallas en apoyos de vigas y losas, desplomes, pandeos y descuadre de huecos obligan a evacuar y apuntalar desde zonas seguras (Blasco, 2017).

6.1.4. Cuando durante la inspección se observe daño significativo se deberá restringir el acceso y la colocación del apuntalamiento temporal; el ingeniero evaluador tiene la obligación de informar la condición al propietario y a la autoridad competente (FEMA, 2025).

6.2. Clasificación y apuntalamiento en función del tipo de daño

6.2.1. Existen diferentes clasificaciones de daño en función del tamaño de la grieta. Una de estas clasificaciones es mostrada en la Tabla 1 a partir de lo establecido en la guía japonesa de evaluación y rehabilitación posterior al terremoto de edificaciones de concreto armado (Nakano et al., 2004).

Tabla 1. Clases de daño en miembros estructurales de concreto armado. *Adaptada de Nakano, Maeda, Kuramoto y Murakami (2004).*

Clase	Descripción del daño observado	Condición a efectos del apuntalamiento
I	Fisuras visibles finas (ancho menor que 0,2 mm).	No afectado. No requiere puntales.
II	Fisuras claramente visibles, de 0,2 mm a 1 mm.	No afectado. Vigilancia y testigos.
III	Grietas locales de 1 mm a 2 mm; desconchado limitado del recubrimiento.	Afectado. Apuntalamiento del área tributaria (7.1).
IV	Grietas numerosas y anchas (mayores que 2 mm); aplastamiento del concreto con acero de refuerzo expuesto.	Afectado. Apuntalamiento del área tributaria y de los niveles que correspondan (7.1 y 7.4).
V	Pandeo del acero de refuerzo, trituración del núcleo, acortamiento visible del elemento, hundimiento o inclinación apreciable.	Afectado crítico. Apuntalamiento inmediato desde zona segura; prioridad máxima.

6.2.2. A efectos de los lineamientos establecidos en Venezuela, se empleará la clasificación de daños entregada en el Boletín 61 de la ANIH. En la Figura 1 se muestran las clasificaciones de daño aplicables



a los lineamientos establecidos para Venezuela, mientras que en la Figura 2 se muestra una clasificación de daños para columnas de concreto armado.



Figura 1. Clasificación de daño por tipo de elemento. Adaptada del Boletín 61 ANIH (2023).

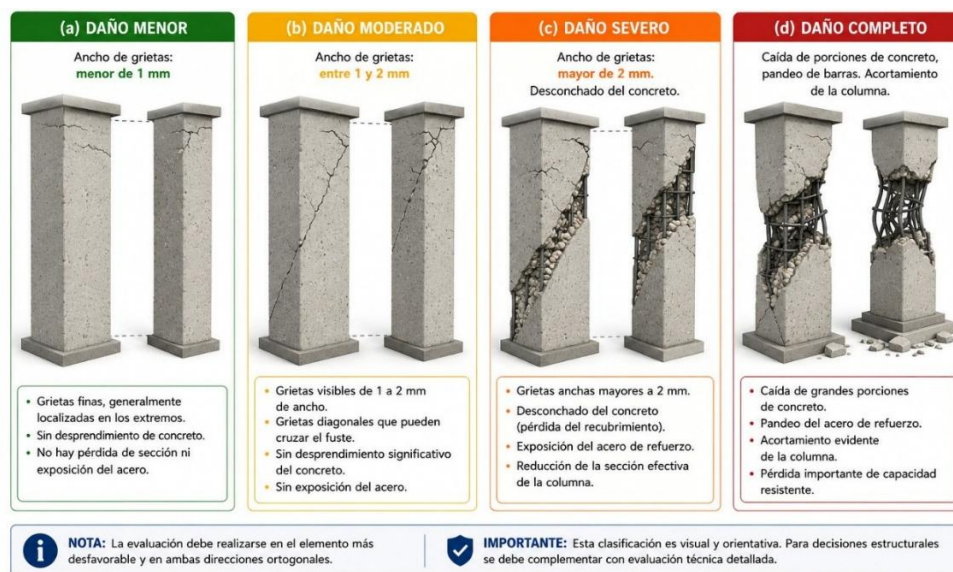


Figura 2. Clasificación de daño para columnas. Adaptada del Boletín 61 ANIH (2023).

6.2.2. Una vez clasificado el daño, se procede a la toma de decisión para establecer si se requiere apuntalamiento según el daño observado. Para ello se emplearán los criterios establecidos en el Boletín 61 ANIH mostrados en la Figura 3.

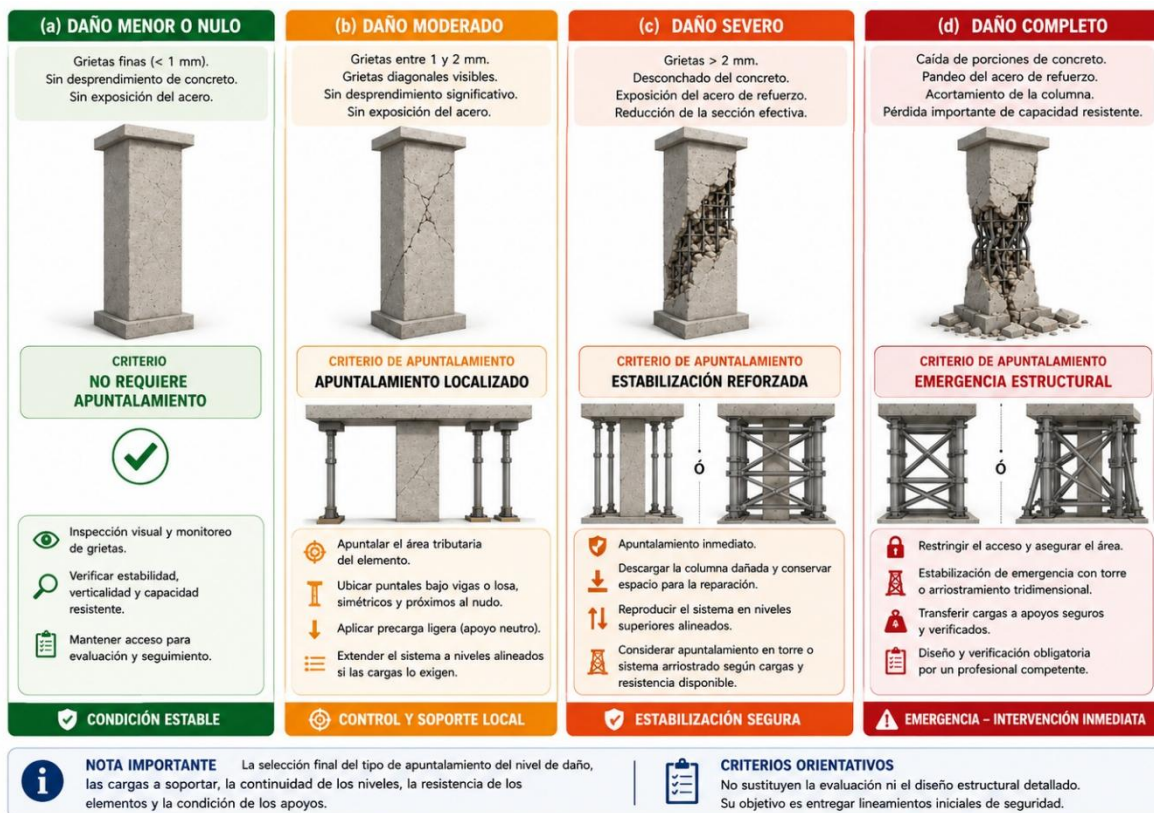


Figura 3. Apuntalamiento según el tipo de daño. Adaptada del Boletín 61 ANIH (2023).

6.3. Movimientos por controlar

6.3.1. Adicionalmente, es necesario controlar movimientos indeseados, los cuales se deben impedir (COOPI, PNUD e INDECI, 2011; DHS, 2011): (a) descenso vertical de losas y vigas por pérdida de capacidad de columnas, machones o muros: apuntalamiento vertical (8.1, 9.1 a 9.3); (b) volcamiento o pandeo fuera del plano de muros y fachadas: apuntalamiento lateral de retención con tornapuntas, o tirantes con guayas (9.4); (c) desplazamiento lateral entre edificaciones o entre muros enfrentados: apuntalamiento horizontal de contraste con codales (9.4.5); y (d) cierre o distorsión de huecos que sirvan de acceso: apuntalamiento de puertas y ventanas (9.5). Ver Figura 4.

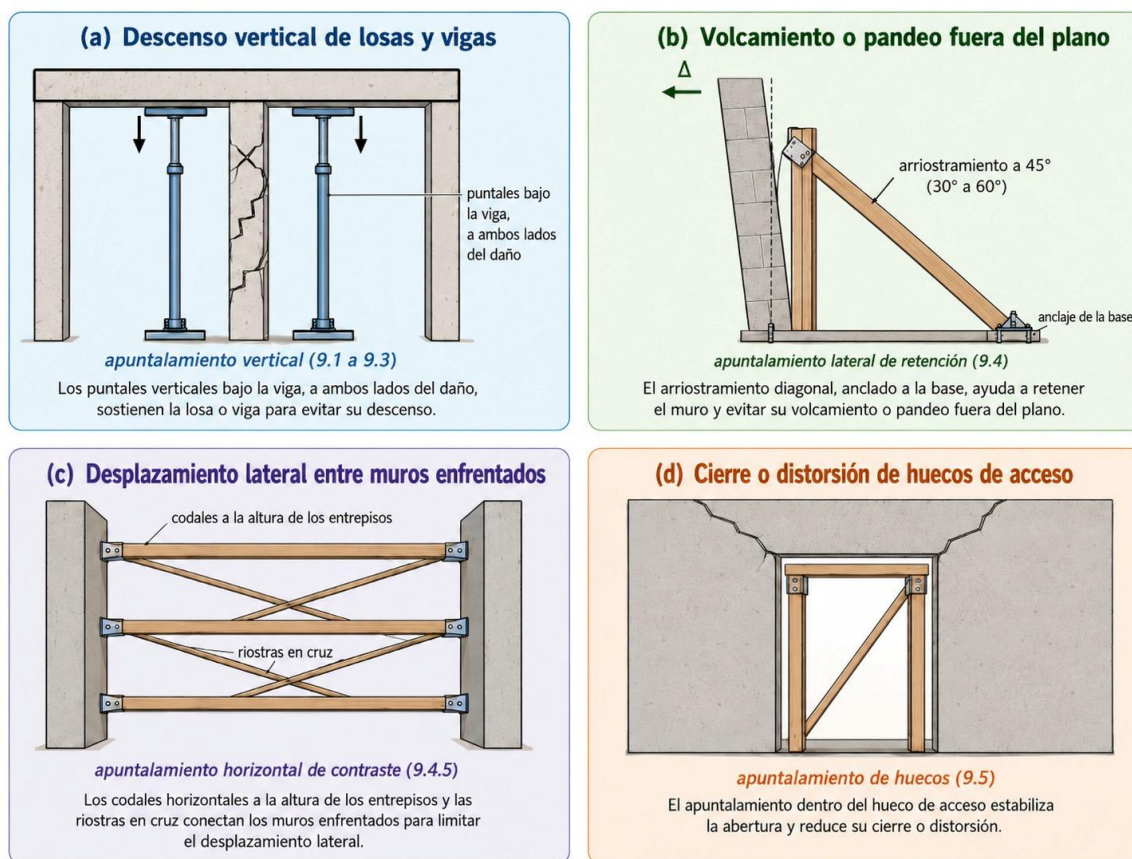


Figura 4. Movimientos por controlar y función del sistema de apuntalamiento. Fuente: elaboración propia según COOPI, PNUD e INDECI (2011) y DHS (2011).

7. CRITERIOS DE EXTENSIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PUNTALES

7.1. Principio de área tributaria

7.1.1. El apuntalamiento se limita a la zona estructuralmente comprometida: no se apuntala toda la planta por el daño de un elemento aislado. Cuando el elemento dañado es una columna, se apuntala el área tributaria que le corresponde, delimitada por el ancho tributario hacia los ejes adyacentes en ambas direcciones (Figura 5), sosteniendo las vigas que concurren al nudo y la losa comprendida en dicha área.

7.1.2. El apuntalamiento del área tributaria debe reproducirse, como mínimo, en los dos niveles superiores al nivel apuntalado, en la misma posición en planta, conforme a la regla de extensión vertical

de 7.4. La cantidad de puntales de los niveles superiores puede reducirse de manera escalonada cuando se verifique por cálculo (7.4.4 y Anexo B), dado que cada nivel soporta únicamente la carga de las losas situadas por encima de él. Los puntales de niveles sucesivos deben quedar alineados verticalmente y apoyarse entre sí a través de las losas (FEMA, 2013).

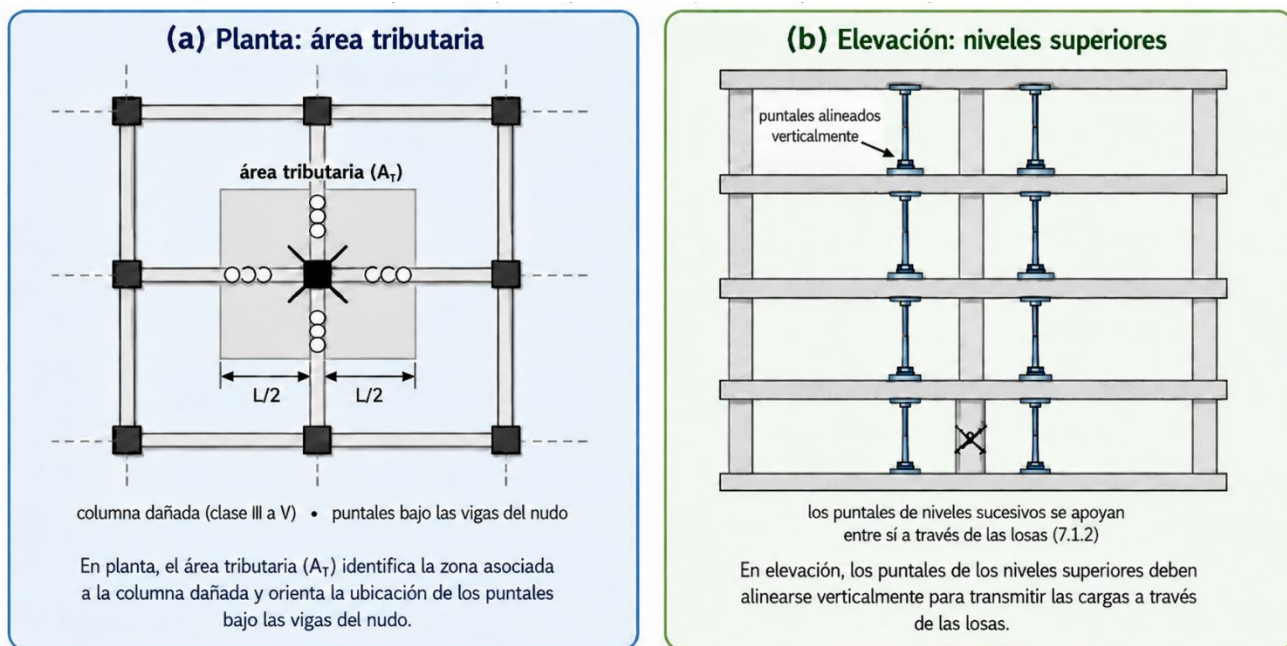


Figura 5. Área tributaria de una columna dañada y reproducción del apuntalamiento en los niveles superiores. Fuente: elaboración propia según FEMA (2013) y SAIA (2026).

7.2. Extensión por cantidad de elementos dañados

7.2.1. Cuando existan varios elementos afectados, la distribución de puntales se amplía cubriendo las áreas tributarias de todos ellos. Si dos áreas tributarias son contiguas o se solapan, se apuntala la envolvente de ambas, con al menos una línea de puntales de solape entre ellas, de manera que no queden franjas de losa sin sostener entre zonas apuntaladas.

7.2.2. Si el elemento afectado es una viga o una franja de losa, se apuntala la luz completa del miembro dañado más un tramo de al menos un cuarto de la luz hacia cada apoyo, y se verifica que los elementos que reciben la carga desviada (columnas y vigas vecinas) no queden sobrecargados; en caso de duda, se extiende el apuntalamiento a sus áreas tributarias.

7.3. Criterio de línea resistente: umbral del 25%

7.3.1. Cada estructura tiene líneas resistentes a carga lateral en sus direcciones principales. Se deberá identificar el número de elementos afectados por línea resistente. En caso de que existan elementos afectados, se considera que esa línea resistente se encuentra afectada. Si el número de líneas resistentes afectadas por dirección es mayor que el 25% se deberá apuntalar toda la planta de la estructura.

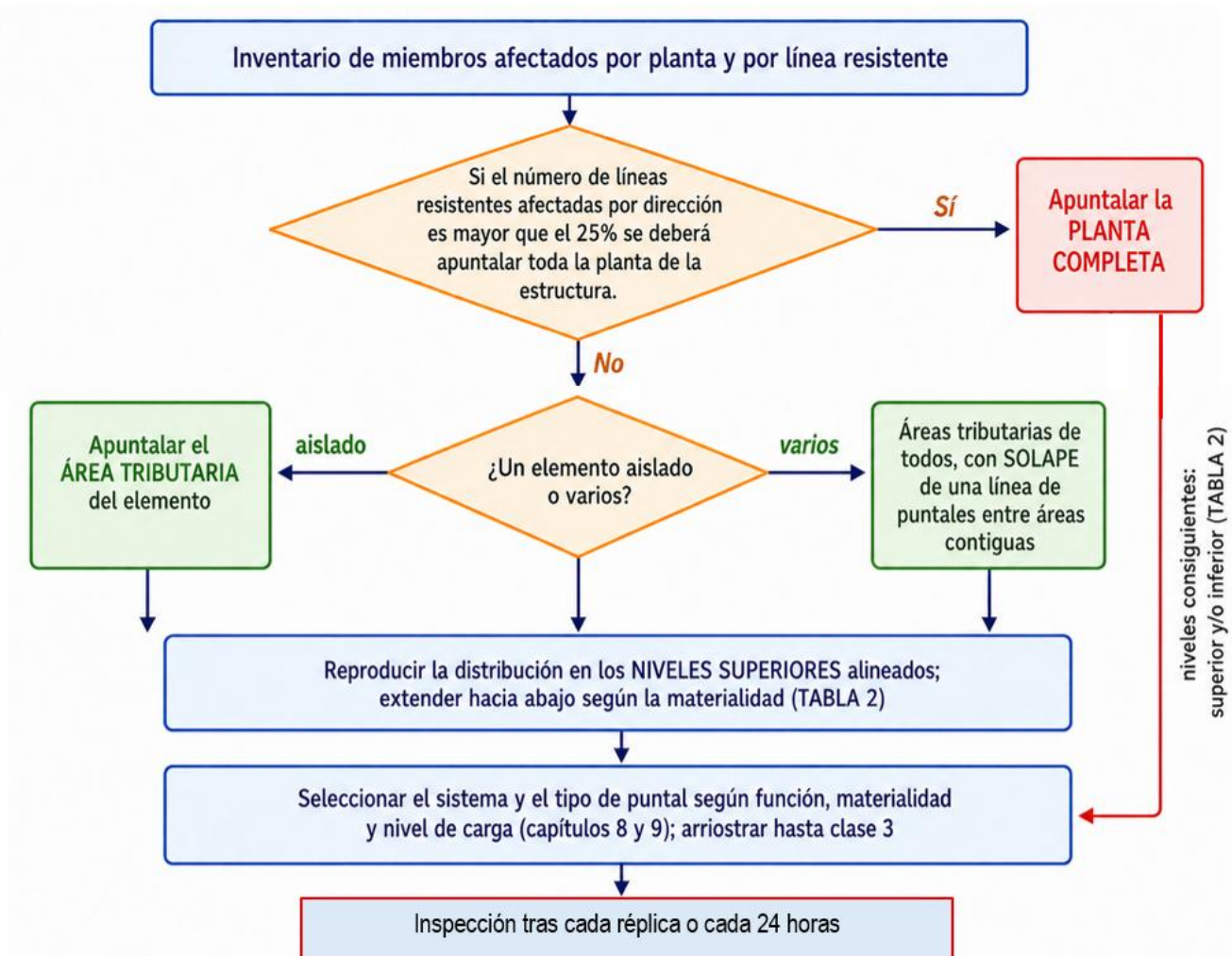


Figura 6. Flujograma de extensión de la distribución de puntales: área tributaria, solape de áreas y umbral del 25 % por línea resistente. Fuente: elaboración propia según Nakano et al. (2004).

7.3.2. Este umbral fue adaptado del criterio de capacidad sísmica residual de la guía japonesa de evaluación post-sismo, la cual establece que cuando una fracción significativa de los elementos de una línea pierde capacidad, la redistribución de cargas laterales hacia los elementos restantes deja de ser confiable frente a réplicas, y el daño debe tratarse como daño de piso y no de elementos aislados (Nakano et al., 2004). Es importante destacar que en la guía japonesa se habla del 40%, sin embargo, su tipología estructural es principalmente muros a diferencia de las edificaciones en Venezuela, las cuales son aporticadas en general.

7.4. Extensión vertical según la materialidad de la estructura

7.4.1. Cuando se apuntala un nivel dañado de una edificación de varios pisos de concreto armado vaciado en sitio, la cantidad de niveles que deben recibir puntales se determina conforme a la Tabla 2 (FEMA, 2013). La regla se basa en la capacidad de los pisos sanos para soportar la carga desviada de un piso dañado.

Tabla 2. Regla de extensión vertical del apuntalamiento en estructuras de concreto armado vaciado en sitio. Adaptada según FEMA (2013).

Materialidad de la estructura	Regla de soporte	Aplicación práctica
Concreto armado vaciado en sitio	Tres pisos sanos pueden soportar un piso dañado.	Apuntalar el nivel dañado y los niveles inferiores necesarios hasta contar con tres pisos sanos o llegar al terreno.

7.4.2. La regla de la Tabla 2 no aplica a estructuras en construcción, a estructuras susceptibles de colapso progresivo ni a las que hayan sufrido un colapso súbito sin causa aparente; en esos casos el apuntalamiento se extiende hasta el terreno (FEMA, 2013).

7.4.3. La estrategia de ejecución en edificaciones de varios pisos consiste en comenzar directamente debajo del piso dañado y avanzar hacia arriba, nivel por nivel (FEMA, 2013). Cuando el elemento dañado esté en la planta baja o en un sótano, la extensión es hacia arriba desde el apoyo competente: se apuntalan el nivel dañado y los niveles superiores cuyo peso dependa del elemento afectado (7.1.2).

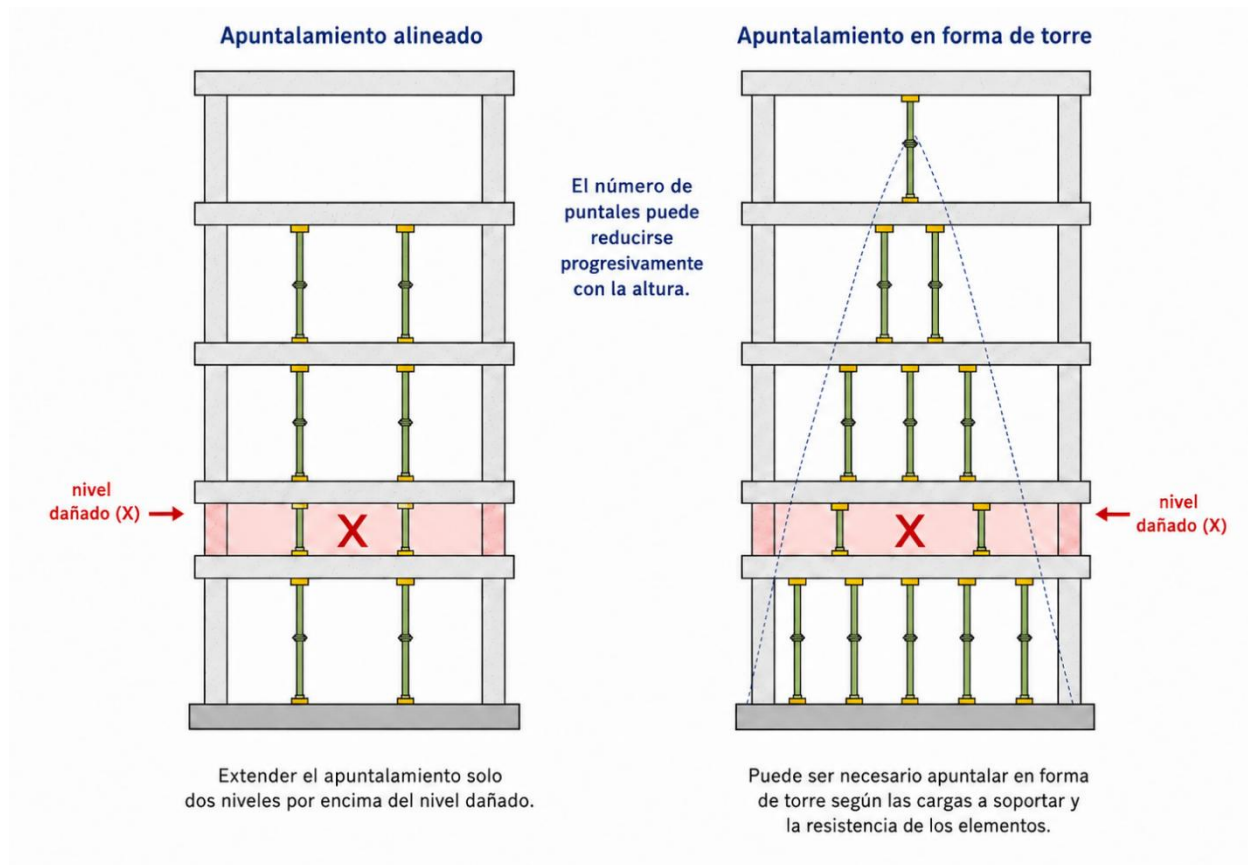


Figura 7. Extensión vertical del apuntalamiento y alineación de puntales entre niveles. Fuente: elaboración propia según FEMA (2013).

7.4.4. En apuntalamientos que abarquen dos o más niveles, la distribución de la carga entre las losas interconectadas y los puntales puede verificarse con el método simplificado de análisis de la guía ACI 347.2R-17: los puntales alineados transmiten la carga directamente entre niveles y las losas interconectadas la reparten en proporción a sus rigideces, por lo que un análisis de este tipo debe realizarse antes de iniciar la operación cuando las cargas se aproximen a las capacidades tabuladas (ACI 347.2R-17). Este análisis permite, además, justificar la reducción escalonada del número de puntales en los niveles superiores (7.1.2 y Anexo B).

7.5. Matriz de extensión

7.5.1. La Tabla 3 resume la extensión horizontal y vertical de la distribución de puntales según el elemento dañado. La matriz consolidada con los sistemas recomendados se detalla en Anexo A.

Tabla 3. Extensión de la distribución de puntales según el elemento dañado. *Elaboración propia adaptada según FEMA (2013), SAIA (2026) y Nakano et al. (2004).*

Elemento dañado	Extensión horizontal	Extensión vertical
Una columna o machón	Área tributaria del elemento (ancho tributario a ejes adyacentes)	Nivel dañado y se extiende mínimo dos niveles superiores en la misma vertical (escalonado según 7.1.2); hacia abajo según Tabla 2.
Varias columnas de una misma planta ($\leq 25\%$ por línea resistente)	Áreas tributarias de todos los elementos, con solape de al menos una línea de puntales entre áreas contiguas	Nivel dañado y se extiende mínimo dos niveles superiores en la misma vertical (escalonado según 7.1.2); hacia abajo según Tabla 2.
Más del 25 % de los elementos de una línea resistente	Planta completa	Nivel dañado y se extiende mínimo dos niveles superiores en la misma vertical (escalonado según 7.1.2); hacia abajo según Tabla 2.
Viga o franja de losa	Luz completa más un cuarto de luz hacia cada apoyo	Nivel dañado; verificar apoyos y, si se sobrecargan, sus áreas tributarias.
Muro portante o fachada con desplome	Longitud del paño afectado más un paño a cada lado	Diagonal o arriostramiento con puntos de apoyo a nivel de cada entrepiso (9.4).
Escalera o rampa de evacuación	Tramo dañado completo y sus apoyos	Nivel dañado y acceso seguro al nivel superior.

8. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE APUNTALAMIENTO

8.1. Selección por función

8.1.1. Los sistemas de apuntalamiento son agrupados según la función que cumplen. En este sentido los apuntalamientos verticales son empleados en losas, vigas y columnas, los apuntalamientos laterales son empleados para el sostenimiento de muros y fachadas con arriostramientos, los apuntalamientos horizontales son usados en entibaciones y apuntalamientos para aberturas en puertas



y ventanas. La Tabla 4 muestra la selección según el miembro o la zona por apuntalar y se debe complementar con los procedimientos propuestos en sección 9.

Tabla 4. Sistemas de apuntalamiento según el miembro o la zona por apuntalar. *Elaboración propia según FEMA (2013), DHS (2011) y COOPI, PNUD e INDECI (2011).*

Miembro o zona afectada	Sistema recomendado	Sección
Columna o machón	Apuntalamiento vertical del área tributaria de la losa y/o de las vigas que concurren al nodo, de forma simétrica	9.1
Viga	Puntales verticales bajo la viga y/o bajo la losa adyacente para descargarla de manera continua	9.2
Losa	Apuntalamiento vertical múltiple con puntales o torres de carga; en pisos inclinados, sistemas con bloqueo contra deslizamiento.	9.3
Muro o fachada con riesgo de volcamiento	Diagonales o arriostramientos para sostenimiento	9.4
Muros o edificaciones enfrentados	Entibación	9.4.5
Huecos de puertas, ventanas y pasos	Marcos de apuntalamiento de huecos.	9.5
Elemento en proceso de reparación (retiro de concreto deteriorado)	Apuntalamiento previo al retiro, definido por el ingeniero en los documentos; retiro por re-apuntalamiento.	9.6; 10.8

8.2. Selección por materialidad del puntal y nivel de carga

8.2.1. Estos lineamientos no limitan el apuntalamiento a un solo tipo de puntal o torre metálicos. La Tabla 5 establece los tipos admitidos, su rango de carga orientativo y sus condiciones de uso. Pueden combinarse sistemas de distinta clase en una misma edificación, pero no dentro de un mismo conjunto resistente (no mezclar, por ejemplo, puntales de acero y de aluminio, ni puntales y torres, bajo la misma viga o losa), porque sus rigideces y asentamientos son distintos (SAIA, 2026).



Tabla 5. Tipos de puntal y de torre admitidos, rango de carga orientativo y condiciones de uso.

Elaboración propia según UNE-EN 1065, UNE-EN 12812, FEMA (2013), DHS (2011) y la información de los fabricantes.

Tipo de puntal	Capacidad de carga	Condiciones de uso
Puntal metálico telescópico (UNE-EN 1065)	Por ejemplo: 3 tonf hasta una altura de 2.5 m por puntal para sistema ACROW E250/3; en caso de otra marca o modelo ajustar según catálogo	Estándar de obra; ajuste milimétrico por rosca. Muy sensible a la pérdida de verticalidad.
Puntal pesado de aluminio	Por ejemplo: 8 tonf hasta una altura de 2.5 m por puntal para sistema MULTIPROP MP350; en caso de otra marca o modelo ajustar según catálogo	Alta capacidad con bajo peso; optimizado de fábrica para evitar el pandeo local.
Torre modular (UNE-EN 12812)	Por ejemplo: 10 tonf hasta una altura de 2.5 m para torre de 4 puntales según sistema PAL-DAL PR-300; en caso de otra marca o modelo ajustar según catálogo	Ideal para grandes alturas libres. El arriostramiento entre montantes elimina el riesgo de pandeo individual.
Perfil tubular estructural en acero de 2" (diámetro exterior 60.3 mm y espesor 3.63 mm)	Por ejemplo: 3.5 tonf hasta una altura de 2.5 m para perfiles tubulares UNICON ASTM A53 grado B; en caso de otra marca o modelo ajustar según catálogo	No usar en altura mayores a 2.5 m sin amarres. Exige corte exacto en sitio y calzar con cuñas de madera.
Perfil tubular estructural en acero de 2 ½" (diámetro exterior 73.0 mm y espesor 4.8 mm)	Por ejemplo: 8.0 tonf hasta una altura de 2.5 m para perfiles tubulares UNICON ASTM A53 grado B; en caso de otra marca o modelo ajustar según catálogo	Capacidad similar al telescópico, pero completamente rígido. Exige corte exacto en sitio y calzar con cuñas de madera.
Perfil tubular estructural en acero de 3" (diámetro exterior 88.9 mm y espesor 2.95 mm)	Por ejemplo: 9.0 tonf hasta una altura de 2.5 m para perfiles tubulares UNICON ASTM A53 grado B; en caso de otra marca	Opción para cargas intermedias a esa altura. Exige corte exacto en sitio y calzar con cuñas de madera.

	o modelo ajustar según catálogo	
Perfil tubular estructural en acero de 4" (diámetro exterior 114.3 mm y espesor 2.95 mm)	Por ejemplo: 15 tonf hasta una altura de 2.5 m para perfiles tubulares UNICON ASTM A53 grado B; en caso de otra marca o modelo ajustar según catálogo	Ideal para soportar vigas corona o losas pesadas. Exige corte exacto en sitio y calzar con cuñas de madera.

8.2.2. Los puntales y las torres metálicos deben estar completos, rectos, sin corrosión, y sus cargas de diseño deben tomarse del valor de placa o de las tablas del fabricante para la longitud de extensión real (10.7). La madera se admite únicamente en los elementos de reparto (cabezales, durmientes y cuñas), en las riostras y en los apuntalamientos laterales, de contraste y de huecos (9.4 y 9.5); debe ser estructural, seca, sana y enteriza, sin nudos sueltos, rajaduras pasantes, pudrición ni ataque de insectos, y si no está clasificada estructuralmente sus cargas de diseño deben reducirse a un 25 % (FEMA, 2013). Se prohíbe la madera de demolición (Blasco, 2017).

8.3. Clasificación de apuntalamiento vertical según la estabilidad

8.3.1. Los sistemas verticales se clasifican en Clase 1 (un poste, unidimensional), Clase 2 (dos o más postes en un plano, bidimensional) y Clase 3 (conjunto arriostrado en ambas direcciones, tridimensional). No se considerará el incremento de resistencia de los puntales por los arriostramientos. El arriostramiento solo garantizará la estabilidad del sistema (ver Figura 8).

8.3.2. La secuencia de construcción en zonas de alto riesgo según (FEMA, 2013) es la siguiente: (1) colocar puntales de rescate o puntales metálicos telescópicos individuales como medida inmediata si la zona es muy peligrosa; (2) instalar pares de puntales alineados en un plano, separados no más de 1,5 m; y (3) unir y arriostrar los sistemas entre sí en ambas direcciones, o sustituirlos por torres de carga, hasta conformar conjuntos de clase 3.

8.3.3. Los puntales metálicos deben trabajar dentro del rango de extensión de su clase y con la esbeltez limitada por el fabricante; las torres de carga deben montarse con todos sus módulos y diagonales.



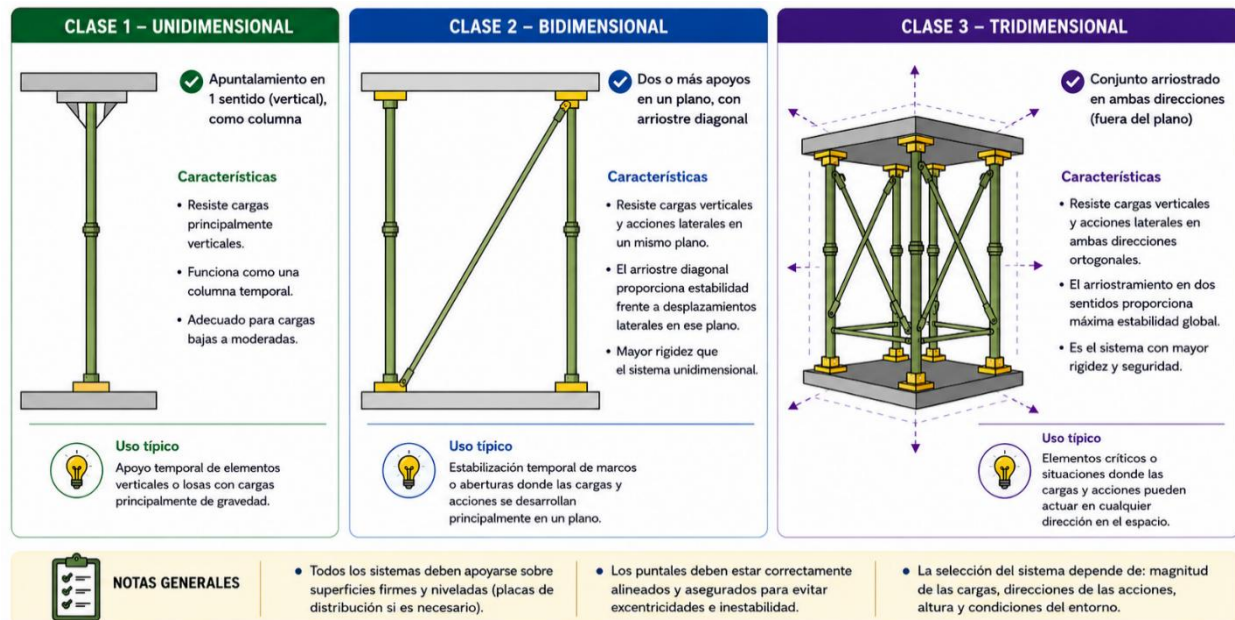


Figura 8. Clasificación del apuntalamiento vertical según la estabilidad. Fuente: elaboración propia según FEMA (2013).

8.4. Nivel de carga

8.4.1. La carga por soportar se estima multiplicando la carga por unidad de superficie por el área tributaria, más las cargas concentradas identificadas (equipos, tanques, escombros). A la carga permanente se le debe añadir una carga mínima de 50 kgf/m² por personal y escombros ligeros (FEMA, 2013). Si la edificación permanecerá parcialmente operativa o será ocupada por cuadrillas y equipos durante las reparaciones, deben añadirse las cargas variables correspondientes (Rybaltowski, 2024). Para otros pesos ver Tabla 6.

8.4.2. El número mínimo de puntales se obtiene dividiendo la carga total del área apuntalada entre la carga de diseño del puntal o de la torre seleccionados, y se ajusta a las separaciones máximas de

8.4.3. La relación entre la resistencia y la carga de diseño debe ser al menos un factor de seguridad FS=2.0 (DHS, 2011). En el Anexo B se presenta un ejemplo con el procedimiento de diseño.

8.4.3. La separación máxima entre ejes de puntales verticales no será mayor a 0.4 m en puntales individuales y 1,2 m en puntales tridimensionales tipo torre; los puntales deben repartirse de forma simétrica dentro del área tributaria, con cabezales y durmientes continuos de reparto. Para losas de

concreto muy deterioradas o para separaciones mayores se requiere diseño específico (FEMA, 2013; UNE-EN 1065).

Tabla 6. Pesos unitarios de referencia para la estimación de cargas. *Adaptada según FEMA (2013).*

Material o componente	Peso de referencia
Concreto armado	2500 kgf/m ³
Acero estructural	7850 kgf/m ³
Mampostería con friso (bloque de concreto frisado por ambas caras)	330 kgf/m ³
Losa maciza de concreto, por centímetro de espesor	250 kgf/m ² para espesor igual a 10 cm
Losa nervada de concreto con bloques de aligeramiento	500 kgf/m ² según espesor y relleno
Paredes divisorias livianas, por nivel	75 kgf/m ²
Personal de rescate (previsión mínima)	50 kgf/m ²

9. APUNTALAMIENTO SEGÚN EL MIEMBRO O LA ZONA

9.1. Columnas y machones dañados

9.1.1. El apuntalamiento de una columna dañada se realiza sosteniendo la losa comprendida en su área tributaria, las vigas que concurren al nudo superior, o ambas, con puntales colocados de forma simétrica y lo más cerca posible de la columna que las obstrucciones permitan (ver Figura 9). Un apoyo aislado bajo la losa en el centro del paño no se considera como elemento que transmite carga de la columna, por lo tanto, debe evitarse (SAIA, 2026). En losas sin vigas (placas planas), los puntales se disponen alrededor de la columna, bajo las franjas de la losa que descargan en ella. Cuando los puntales se coloquen bajo las vigas, la reacción por viga debe limitarse a su capacidad admisible (ver Anexo B).

9.1.2. La distribución de los puntales debe estar dentro del área tributaria del elemento a soportar (7.1) y se reproduce en los niveles superiores (7.1.2). Antes de transferir carga se deben registrar los niveles

(cotas) y las grietas existentes; la transferencia se hace mediante una precarga ligera de las cuñas o de las roscas, sin levantar la estructura (apeo neutro, Blasco, 2017), verificando que no se generen grietas nuevas (SAIA, 2026).

9.1.3. La disposición de los puntales debe dejar el espacio de trabajo necesario para realizar la intervención del elemento. Se sugiere dejar un registro de la carga estimada, el sistema instalado y las cotas de referencia.

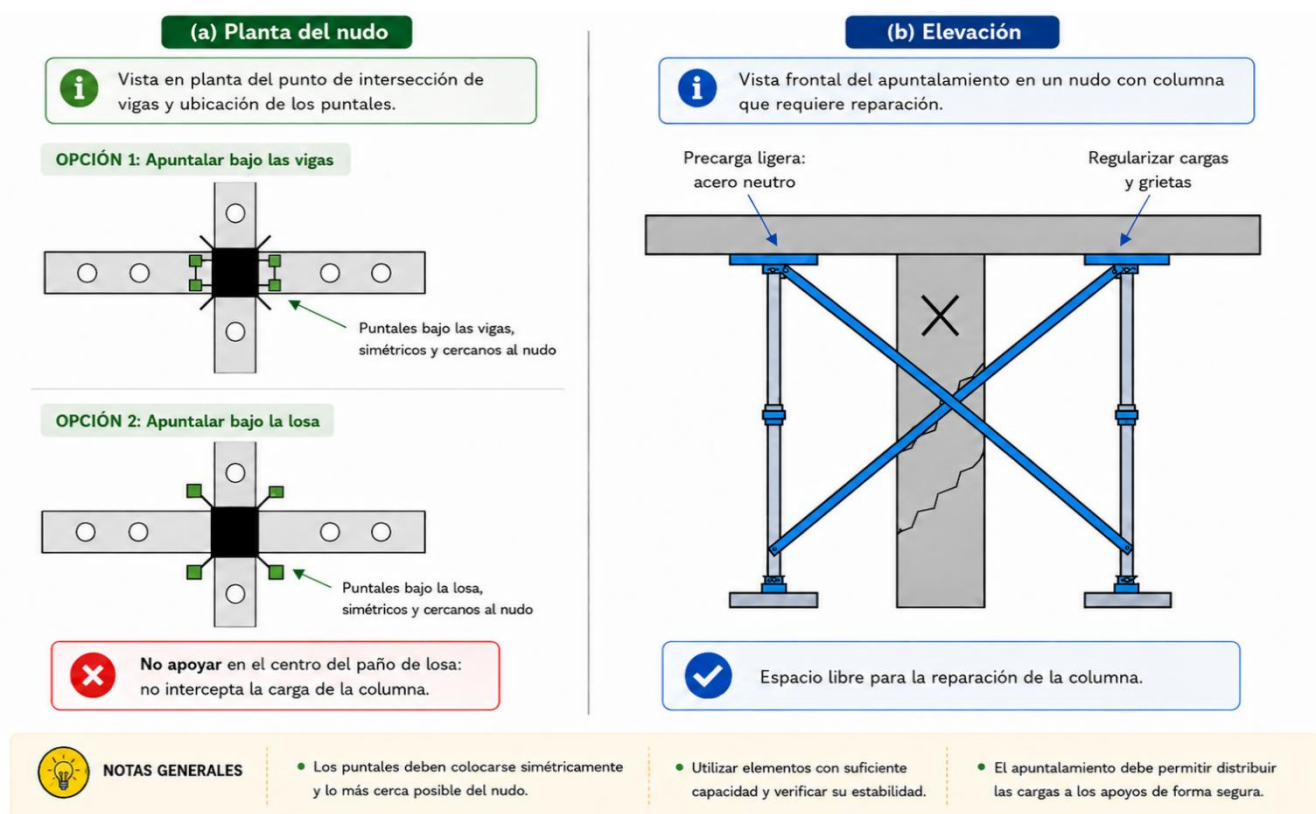


Figura 9. Apuntalamiento simétrico de la losa y de las vigas que concurren a una columna dañada, dentro de su área tributaria. Fuente: elaboración propia según SAIA (2026) y FEMA (2013).

9.2. Vigas

9.2.1. Las vigas dañadas se sostienen con puntales colocados directamente bajo la viga, con cabezal continuo cuando se usen dos o más puntales. Cuando la viga sostiene nervios, los puntales se instalan bajo cada nervio o bajo la viga maestra (FEMA, 2013). Cuando la viga presente daño severo o superior,

es preferible apuntalar además la losa adyacente dentro de su ancho tributario, ya que los puntales bajo la losa la descargan directamente y evitan aplicar reacciones concentradas sobre la viga dañada (9.1.1).

9.2.2. Se emplean puntales de rescate o puntales metálicos individuales como medida inmediata, y sistemas de dos o más puntales arriostrados o torres de carga como solución definitiva de emergencia, con las separaciones de 8.4.3 y el arriostramiento de 10.5.

9.3. Losas y pisos inclinados

9.3.1. Las losas dañadas se sostienen con apuntalamientos verticales múltiples de puntales metálicos o con torres de carga, con cabezales y durmientes continuos, puntales a plomo y separaciones según 8.4.3. En losas nervadas, el cabezal se coloca perpendicular a los nervios.

9.3.2. Los pisos inclinados o articulados se apuntalan con los sistemas específicos de piso inclinado (puntales verticales con cuñas de ángulo y bloqueo contra deslizamiento) o con torres de carga cuando la altura libre es reducida o la carga es alta (DHS, 2011).

9.4. Muros y fachadas con riesgo de volcamiento

9.4.1. Los muros y fachadas separados de la estructura, con desplome o con pandeo fuera del plano, se retienen con diagonales o arriostramientos (apuntalamiento lateral de retención), en las variantes de base de apoyo (suelo plano) o de muleta (suelo inclinado o con obstáculos), tal como se muestra en Figura 10 (COOPI, PNUD e INDECI, 2011).

9.4.2. El punto de apoyo superior de la diagonal o arriostramiento debe coincidir con un elemento de contraste detrás del muro (entrepiso, viga de corona, muro perpendicular), para no romper el paño con el puntal. El ángulo óptimo será de 45°; se admiten ángulos entre 30° y 60° (DHS, 2011).

9.4.3. Si la altura H es mayor que 7,0 m, los elementos deben ser de acero y calcularse específicamente (COOPI, PNUD e INDECI, 2011). Las bases deben anclarse contra deslizamiento y levantamiento (varillas de acero al terreno, empotramiento o lastre) y las cabezas de las varillas deben protegerse.

9.4.4. Cuando sea necesario dejar libre el paso frente al muro (aceras, vías), la retención puede lograrse con tirantes de guayas ancladas a puntos firmes (fajaduras y transversales con tirantes), tensados de manera uniforme y protegidos en las aristas (COOPI, PNUD e INDECI, 2011).



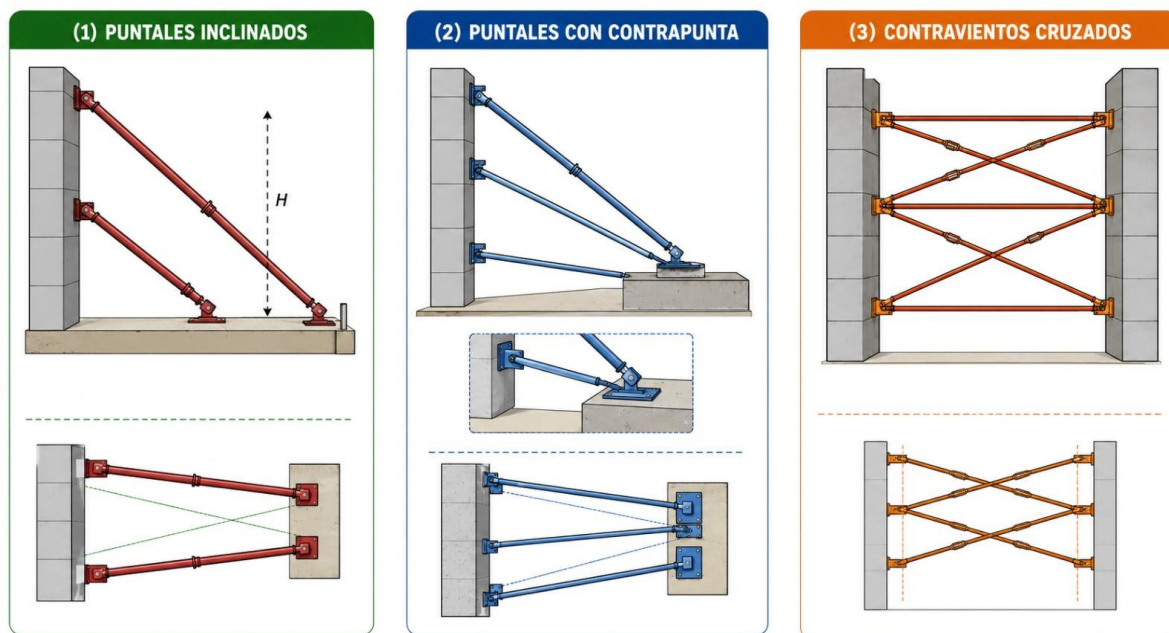


Figura 10. Diagonales o arriostramientos de retención. Fuente: elaboración propia según COOPI, PNUD e INDECI (2011) y DHS (2011).

9.4.5. Entre muros o edificaciones enfrentadas de altura comparable puede emplearse el apuntalamiento horizontal de contraste con codales, con durmientes verticales de reparto contra ambas caras, codales a la altura de los entrepisos y arriostramiento en cruz entre codales. Cargas de diseño de referencia en la Tabla 6 (DHS, 2011).

9.5. Huecos de puertas, ventanas y pasos peatonales

9.5.1. Los huecos que sirvan de acceso o estén descuadrados se apuntalan con marcos formados por cabezal, pies derechos y solera, acúñados contra el dintel y las jambas, con riostras diagonales en las esquinas cuando el hueco no se utilice como paso (ver Figura 11). El cabezal debe quedar en contacto completo con el dintel en toda su longitud (DHS, 2011).

9.5.2. Estos marcos protegen el acceso del personal, pero su carga de diseño es limitada (Tabla 6); no sustituyen el apuntalamiento vertical de las losas superiores.

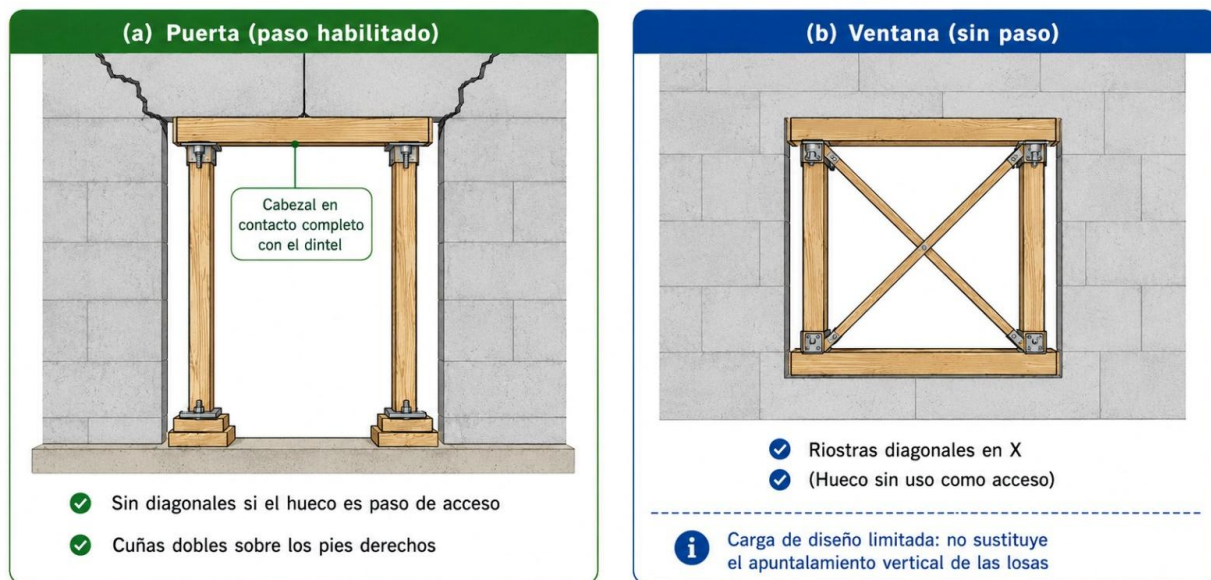


Figura 11. Apuntalamiento de huecos de puertas y ventanas. Fuente: elaboración propia según DHS (2011) y COOPI, PNUD e INDECI (2011).

9.6. Apuntalamiento para la ejecución de reparaciones

9.6.1. El retiro del concreto deteriorado o dañado (demolición parcial, escarificado, saneamiento del acero de refuerzo) debilita todavía más el elemento por reparar; por ello, el apuntalamiento debe estar instalado y recibido antes de iniciar cualquier retiro de material (Figura 12) (ACI 562; Rybaltowski, 2024).

9.6.2. El ingeniero responsable de la reparación debe definir por escrito, en los documentos de construcción: (a) los elementos y las zonas que requieren apuntalamiento y su extensión aproximada; (b) las cargas de servicio por resistir, conforme a 8.4.1; (c) la verificación de los elementos existentes que recibirán los puntales; y (d) los planos, las elevaciones y las fases del apuntalamiento. La ausencia de estos requisitos en los documentos genera condiciones inseguras y conflictos en obra (Rybaltowski, 2024).

9.6.3. Cuando no sea posible ni necesario llevar los puntales hasta el terreno, la estructura existente pasa a formar parte del sistema de apuntalamiento: los niveles que reciben la carga deben verificarse y la carga desviada alrededor del elemento debilitado debe seguirse por su trayectoria completa (Rybaltowski, 2024). En columnas en reparación, se debe considerar la capacidad de la sección

remanente durante la reparación y evaluar si se requiere gateo (transferencia activa de carga) para controlar las deformaciones adicionales impuestas a la estructura (Rybaltowski, 2024; SAIA, 2026).

9.6.4. No se permitirá la ejecución de reparaciones en dos o más columnas contiguas a la vez, Se permitirá la reparación simultánea de columnas alternando al menos un eje de columnas sin intervenir. El retiro y la reubicación de puntales durante las reparaciones se rigen por 10.8.

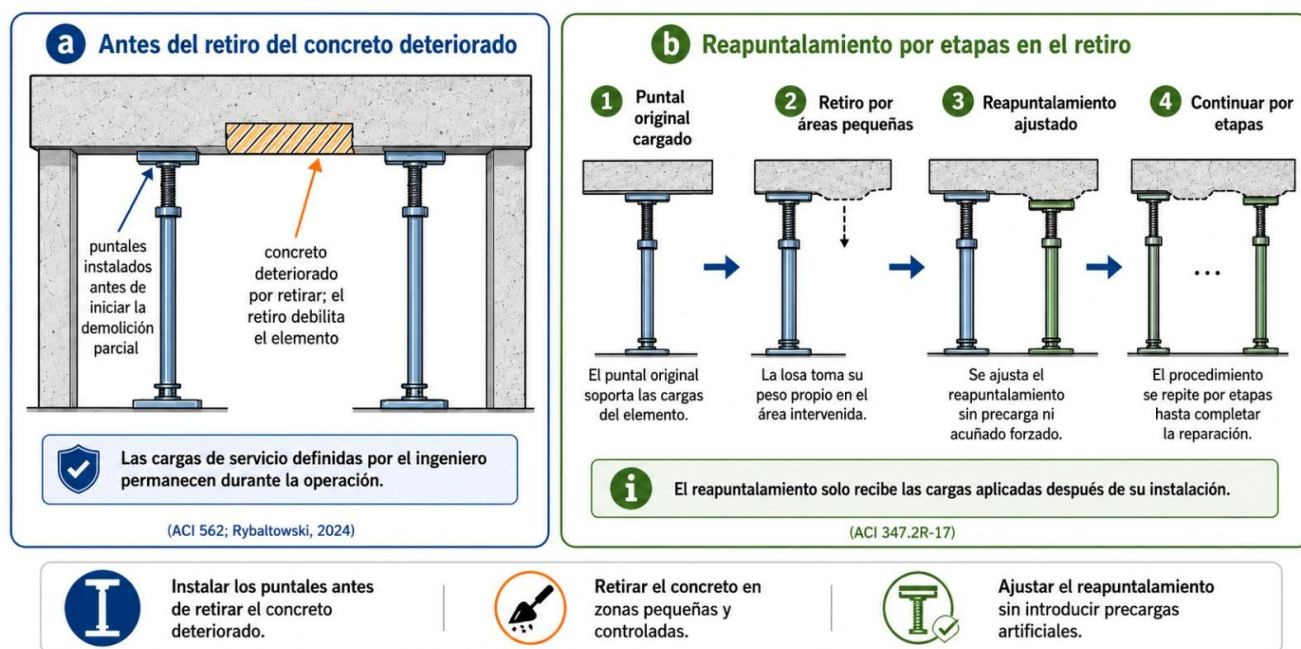


Figura 12. Apuntalamiento para la ejecución de reparaciones por etapas. Fuente: elaboración propia según ACI 347.2R-17, ACI 562 y Rybaltowski (2024).

10. EJECUCIÓN Y DETALLES CONSTRUCTIVOS

10.1. Secuencia general

10.1.1. El apuntalamiento debe realizarse de afuera hacia adentro, comenzando por las zonas más seguras, empezando por zonas cercanas hasta llegar a la zona definitiva. Se debe prefabricar y preensamblar todo lo posible fuera de la zona de riesgo y retirar solo los escombros necesarios para asentar el apuntalamiento.

10.2. Apoyo y reparto de cargas

10.2.1. Todo puntal se descarga sobre un durmiente que reparta la carga; se prohíbe apoyar puntales directamente sobre losas agrietadas, rellenos o escombros. Sobre tierra, cada puntal se apoya en una base de reparto de al menos 45 cm × 45 cm (18" × 18"), formada por tres piezas de 2"×6" o dos capas cruzadas de contrachapado de 19 mm (FEMA, 2013). Debe verificarse que la losa o el suelo bajo la base del puntal resista la carga concentrada; en sótanos, comprobar el nivel inferior.

10.3. Acuñado

10.3.1. El ajuste se hace con la rosca en los puntales metálicos, o con cuñas dobles enfrentadas de madera dura en los sistemas laterales y de huecos, hasta lograr el contacto completo, sin levantar la estructura (apeo neutro). Las superficies inclinadas de las cuñas deben quedar totalmente en contacto; las cuñas se aseguran con clavos una vez ajustadas y se usan clavos de doble cabeza donde se prevea reajuste (FEMA, 2013; Blasco, 2017).

10.4. Conexiones

10.4.1. En los sistemas de madera los clavos conectan a los miembros, pero no transfieren cargas directas, ya que la carga pasa por contacto directo madera contra madera (FEMA, 2013). Se emplean placas de unión de contrachapado de 16 mm a 19 mm (5/8" a 3/4"), placa completa de 30 cm × 30 cm en cabezales, media placa en bases, con patrones normalizados de 5, 8, 11 o 14 clavos según la pieza, clavos de 3,3 mm × 64 mm en placas y clavos de 3,8 mm × 83 mm recubiertos en listones diagonales.

10.5. Arriostramiento

10.5.1. Todo sistema debe arriostrarse en las dos direcciones con diagonales de 2"×4" o 2"×6" con longitud máxima de 2,3 m; si se requiere mayor longitud, colocar diagonales en X (FEMA, 2013; Blasco, 2017). Los puntales metálicos y las torres se arriostran con los elementos del sistema del fabricante.

10.6. Verticalidad y centrado

10.6.1. Los puntales deben quedar a plomo, con la carga centrada, y en contacto completo con el cabezal y el durmiente. Cuando el cabezal sostenga mampostería o concreto muy agrietado, se coloca un refuerzo de reparto sobre el cabezal (pieza de 2"×10" o 2"×12", o franja de contrachapado de 19 mm de 30 cm a 40 cm de ancho) (FEMA, 2013).



10.7. Puntales metálicos telescópicos

10.7.1. Los puntales metálicos deben estar completos (tubo interior y exterior rectos, rosca lubricada, pasador original), sin abolladuras ni corrosión. Se instalan a plomo, con placas superior e inferior en contacto completo con cabezales y durmientes de reparto, la extensión dentro del rango de la clase declarada y el pasador insertado por completo. Se prohíbe sustituir el pasador por barras o clavos y sobrecargar el puntal más allá de su capacidad (UNE-EN 1065; NTP 719).

10.8. Retiro del apuntalamiento

10.8.1. El retiro se ejecuta en orden inverso al montaje, descargando gradualmente las cuñas o las roscas, solo con autorización escrita del ingeniero estructural responsable, una vez concluida la reparación o inmediatamente antes de la demolición, conforme al procedimiento que este defina.

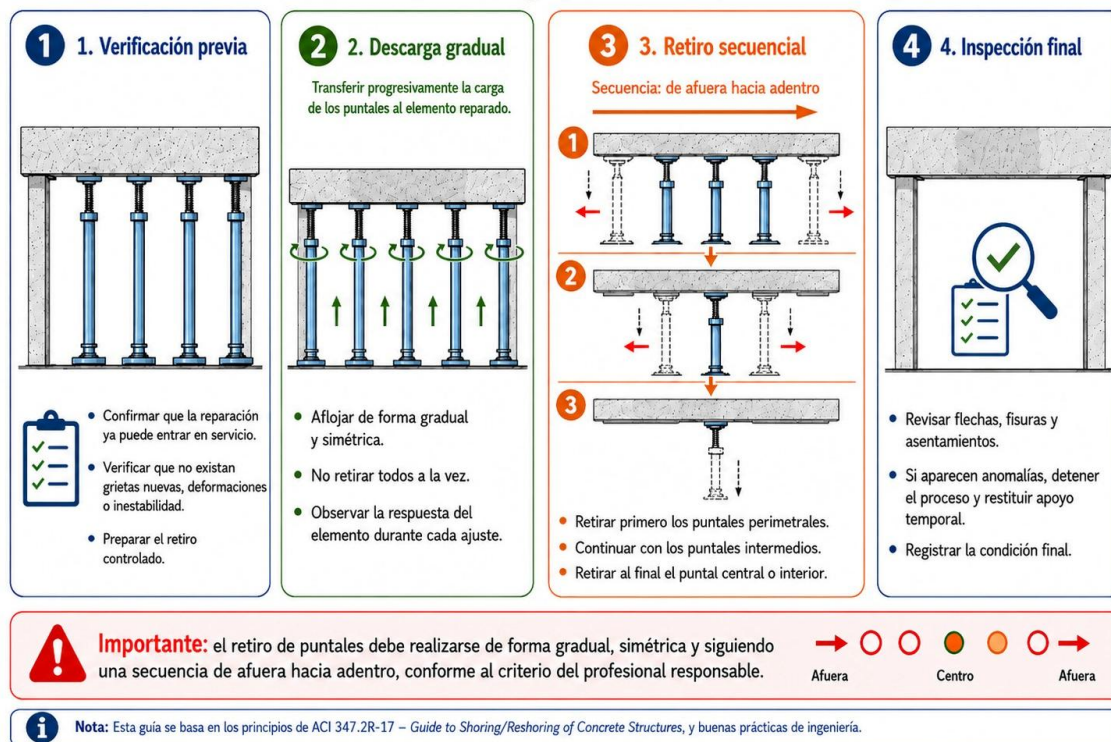


Figura 13. Retiro del apuntalamiento. Fuente: elaboración propia según ACI 347.2R-17.

10.8.2. Cuando el retiro deba hacerse por áreas (por ejemplo, para liberar zonas ya reparadas o sustituir sistemas provisionales), se procede por re-apuntalamiento: se retiran los puntales de un área pequeña

a la vez, se permite que la losa recupere su peso propio y se colocan de inmediato re-apuntalamientos ajustados, sin precarga ni acuífado forzado, que solo recibirán las cargas aplicadas después de su instalación (Figura 13) (ACI 347.2R-17). Se prohíbe retirar los puntales de un vano o de una planta completa sin una secuencia aprobada por el ingeniero responsable; la cantidad de niveles que deben permanecer reapuntalados se determina con el análisis de 7.4.4.

11. INSPECCIÓN, MONITOREO Y MANTENIMIENTO

11.1. Los apuntalamientos se inspeccionan tras cada réplica o cada 24 horas (cambio de turno) y después de cada réplica, viento fuerte, explosión secundaria o cambio o movimiento de la carga (FEMA, 2013).

11.2. Lista mínima de verificación: (a) postes rectos, a plomo y en contacto completo con cabezal y cuñas; (b) conexiones apretadas y cuñas ajustadas; (c) cabezal en contacto completo con la estructura; (d) hundimiento o flexión de la base por suelo o apoyo blando; (e) señales de sobrecarga: deformación de cuñas, aplastamiento de la base o del cabezal en el poste, rajadura del cabezal en el extremo en volado; y (f) en puntales metálicos y neumáticos, pérdida de presión o de ajuste de la rosca (FEMA, 2013).

11.3. Ante señales de sobrecarga: colocar apuntalamiento adicional, pedir al especialista en estructuras la reevaluación de la estructura y revisar las suposiciones del diseño original (FEMA, 2013).

11.4. Colocar testigos (de yeso o dispositivos de medición) sobre las grietas principales después de montar el apeo, con fecha y registro, para detectar lesiones nuevas o progresivas (Blasco, 2017). Llevar un registro de la intervención: ubicación, elementos afectados y su clase de daño, sistema y materialidad, cargas estimadas, fechas e inspecciones.

12. MATERIALES

12.1. Los materiales deben cumplir los requisitos de los materiales de construcción en normativa COVENIN. Los valores dimensionales de estos lineamientos son mínimos: ante indisponibilidad, se emplean secciones mayores (COOPI, PNUD e INDECI, 2011).

13. CONTROL DE CALIDAD Y LIMITACIONES



13.1. El apuntalamiento debe ser ejecutado por personal adiestrado, bajo la dirección de un responsable de apuntalamiento y con el acompañamiento de un ingeniero estructural o especialista en estructuras para las decisiones de ubicación, carga y extensión (FEMA, 2013).

13.2. Prácticas prohibidas: (a) apoyar puntales sobre escombros, rellenos sueltos o losas en volado no verificadas; (b) usar madera de demolición, húmeda, rajada o atacada por insectos; (c) exceder los rangos de extensión y las cargas de la Tabla 6 ni las separaciones de 8.4.3; (d) omitir el arriostramiento; (e) acuñar en exceso o levantar la estructura; (f) mezclar puntales de rigideces distintas bajo un mismo miembro; (g) usar puntales metálicos doblados, corroídos o con pasadores improvisados; (h) retirar o aflojar puntales sin autorización escrita del ingeniero responsable; (i) tratar el apuntalamiento como reparación o autorizar la reocupación de la edificación apuntalada, (j) iniciar el retiro de concreto deteriorado sin el apuntalamiento previo instalado y recibido (ACI 562; Rybaltowski, 2024).

13.3. El apuntalamiento es provisional. Si la permanencia prevista excede de seis meses, el ingeniero estructural debe reevaluar el sistema (deterioro de la madera, pérdida de tensado, asentamientos) y ordenar su mantenimiento o sustitución.

14. SEGURIDAD EN OBRA

- Acordonar y señalizar la zona de riesgo de colapso antes de iniciar; definir rutas de escape y puntos de reunión; mantener comunicación permanente y monitoreo de la estructura durante los trabajos.
- Ante una réplica, evacuar de inmediato y volver a inspeccionar la estructura y los apuntalamientos antes de reingresar.
- Usar EPP completo: casco, guantes, protección ocular y respiratoria (polvo de sílice) y calzado de seguridad.
- No trabajar del lado hacia el cual se inclina un muro desplomado; instalar primero las medidas inmediatas (puntales de rescate o puntales metálicos individuales) desde zonas protegidas.
- Prefabricar los apuntalamientos fuera de la zona de riesgo para minimizar el tiempo de exposición del personal.
- No realizar demoliciones parciales ni cortes de elementos desde andamios sin estabilidad comprobada, ni operar maquinaria pesada de impacto junto a apuntalamientos instalados.

BIBLIOGRAFÍA



- [1] ACI Committee 347 (2017). ACI 347.2R-17: Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute. <https://www.concrete.org>
- [2] ACI Committee 562 (2025). ACI 562-25: Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures and Commentary. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute. <https://www.concrete.org>
- [3] Applied Technology Council (ATC) (2005). ATC-20-1 Field Manual: Postearthquake Safety Evaluation of Buildings (2.^a ed.). Redwood City, CA: ATC. <https://www.atccouncil.org>
- [4] Blasco Miguel, J. (2017). Apuntalamientos de emergencia. Bajadas de cargas. Barcelona: Estudi m103, SLP.
- [5] Cooperazione Internazionale (COOPI), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) e Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) (2011). Manual técnico para obras provisionales de apuntalamiento. Proyecto “Preparación ante desastre sísmico y/o tsunami y recuperación temprana en Lima y Callao”. Lima: PNUD.
- [6] COVENIN 1756-1:2019. Construcciones Sismorresistentes. Parte 1: Requisitos. Caracas: FONDONORMA / SENCAMER.
- [7] COVENIN 1753. Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural. Caracas: COVENIN.
- [8] COVENIN 2002:1988. Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. Caracas: COVENIN.
- [9] COVENIN 2003:1989. Acciones del Viento sobre las Construcciones. Caracas: COVENIN.
- [10] Department of Homeland Security (DHS), Science and Technology Directorate (2011). Field Guide for Building Stabilization and Shoring Techniques (ST-120108, BIPS 08). Washington, D. C.: DHS. <https://www.dhs.gov>
- [11] Federal Emergency Management Agency (FEMA), Urban Search & Rescue (2013). Guía de Operaciones de Apuntalamiento (GOA) / US&R Shoring Operations Guide. Washington, D. C.: FEMA. <https://www.fema.gov>

- [12] Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2025). FEMA P-2335: Guidelines for Post-Earthquake Repair and Retrofit of Buildings Based on Assessment of Performance-Critical Damage. Washington, D. C.: FEMA / Applied Technology Council. <https://www.fema.gov>
- [13] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (2005). NTP 719: Encofrado horizontal. Puntales telescópicos de acero. Madrid: INSHT.
- [14] López O. A., Coronel D., G., Ginés, C., Fierro, F., Marinilli, A. y Urich, A. (2023). Evaluación rápida de daños en edificaciones. Boletín de la Academia de la Ingeniería y el Hábitat, No. 61, p.p. 8-31.
- [15] Nakano, Y., Maeda, M., Kuramoto, H., y Murakami, M. (2004). Guideline for post-earthquake damage evaluation and rehabilitation of RC buildings in Japan. 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canadá, Paper No. 124.
- [16] Oliver Faubel, I. (2017). Guía para el dimensionado de un apuntalamiento básico. Valencia: ETSIE, Universitat Politècnica de València.
- [17] Rybaltowski, B. (2024). Identifying shoring requirements to mitigate conflicts during concrete repairs. ICRI 2024 Fall Convention. Denver, CO: International Concrete Repair Institute. <https://www.icri.org>
- [18] Scaffold & Access Industry Association (SAIA), Supported Scaffold Council (2026). Structural Shoring Design Guidelines. Types of Shoring Projects Best Practices: Column Shoring. <https://www.saia.org>
- [19] SENCAMER (2021). GUI-DNO-001, Rev. 0: Estructura y presentación de los documentos normativos. Caracas: Dirección de Normalización, Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos. <https://www.sencamer.gob.ve>
- [20] UNE-EN 1065:1999. Puntales telescópicos regulables de acero. Especificaciones de producto, diseño y evaluación por cálculo y ensayos. Madrid: AENOR.
- [21] UNE-EN 12812:2008. Cimbras. Requisitos de comportamiento y diseño general. Madrid: AENOR.

ANEXO A. PROCEDIMIENTO Y EJEMPLO DE CÁLCULO DE UN APUNTALAMIENTO DE COLUMNA

A.1 Procedimiento de diseño del apuntalamiento vertical

El procedimiento siguiente permite dimensionar el apuntalamiento vertical de una columna afectada y es aplicable, con los ajustes indicados, a vigas y losas dañadas. Los valores obtenidos son de emergencia y no sustituyen las verificaciones del ingeniero estructural (8.4 y 13.1).

Paso 1. Identificar la posición de la columna en planta (central, lateral o esquinera), su clase de daño (según Figura 2, adaptada del Boletín 61 ANIH), el número de losas n_s que cargan sobre ella (niveles por encima del elemento), las dimensiones L_1 y L_2 del área tributaria ($A_T = L_1 \times L_2$) y la carga por unidad de superficie q .

Paso 2. Carga total sobre la columna: $P_T = n_s \cdot A_T \cdot q$.

Paso 3. Estimación de la fracción de capacidad remanente r_d según su clase de daño, conforme a la Tabla A.1; la carga que debe tomar el apuntalamiento es $P_A = P_T \cdot (1 - r_d)$. Los valores de la Tabla A.1 son parámetros operativos según criterios establecidos por la comisión, sin embargo, el ingeniero estructural puede ajustarlos mediante la evaluación de la sección remanente (9.6.3).

Tabla A.1 Fracción de capacidad remanente según la clase de daño. Elaboración propia.

Clase de daño (ver Figura 2)	Fracción remanente r_d	Fracción por apuntalar ($1 - r_d$)
III (moderado)	0,50	0,50
IV (severo)	0,25	0,75
V (completo)	0,00	1,00

Paso 4. La carga P_A se distribuye apuntalando las vigas que descargan y/o losa dentro del área tributaria (9.1.1), con puntales distribuidos de forma simétrica alrededor de la columna, lo más próximo posible a las caras de las columnas, con separación máxima indicada en 8.4.4. Cuando los puntales se coloquen bajo las vigas que concurren al nodo ($n_v = 4$ en columnas centrales, 3 en laterales y 2 en esquineras), la carga por viga $P_v = P_A / n_v$ debe compararse con la capacidad a corte de la viga (sin

considerar la resistencia que aporta el acero transversal), $V_{adm} = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$ (resultado en kgf, con f'_c en kgf/cm² y b y d en cm, siendo d la altura útil de la sección). Si $P_v > V_{adm}$, la carga debe repartirse a niveles superiores hasta que se cumpla la condición $V_{adm} < P_v$. Esta verificación simplificada no sustituye la revisión completa de la viga (cortante existente, flexión, apoyo y nodo). Otros factores distintos a 0.85 pueden ser asumidos según criterio del ingeniero estructural responsable del diseño pero nunca menores a los establecidos en el ejemplo.

Paso 5. El número de puntales $N_0 = P_A / Q_p$, será redondeado al número entero inmediatamente superior, siendo Q_p la carga de diseño del puntal o de la torre seleccionados (Tabla 5) para su longitud de extensión real. El número instalado se ajusta a una distribución entera y simétrica por línea o por viga, por lo que puede resultar mayor que el mínimo teórico.

Paso 6. La extensión vertical del apuntalamiento se distribuirá, como mínimo, en los dos niveles superiores al nivel apuntalado, con los puntales alineados verticalmente (7.1.2). La cantidad de puntales de cada nivel superior puede reducirse de manera escalonada considerando el siguiente cálculo: en el nivel j solo debe considerarse la carga de las losas situadas por encima de dicho nivel, $P_{A,j} = n_j \cdot A_T \cdot q \cdot (1 - r_d)$, siendo n_j el número de losas por encima del nivel j . Hacia abajo, el arreglo del nivel apuntalado se repite hasta contar con tres pisos sanos o llegar al terreno.

Paso 7. Finalmente, se verificará la capacidad real del puntal para su longitud de extensión (10.7), losas y vigas receptoras (7.4.4), apoyo inferior y reparto (10.2), arriostramiento en ambas direcciones (10.5) e inspección y monitoreo (capítulo 11). En la Figura A.0 se muestra un esquema de la secuencia del apuntalamiento en columnas.

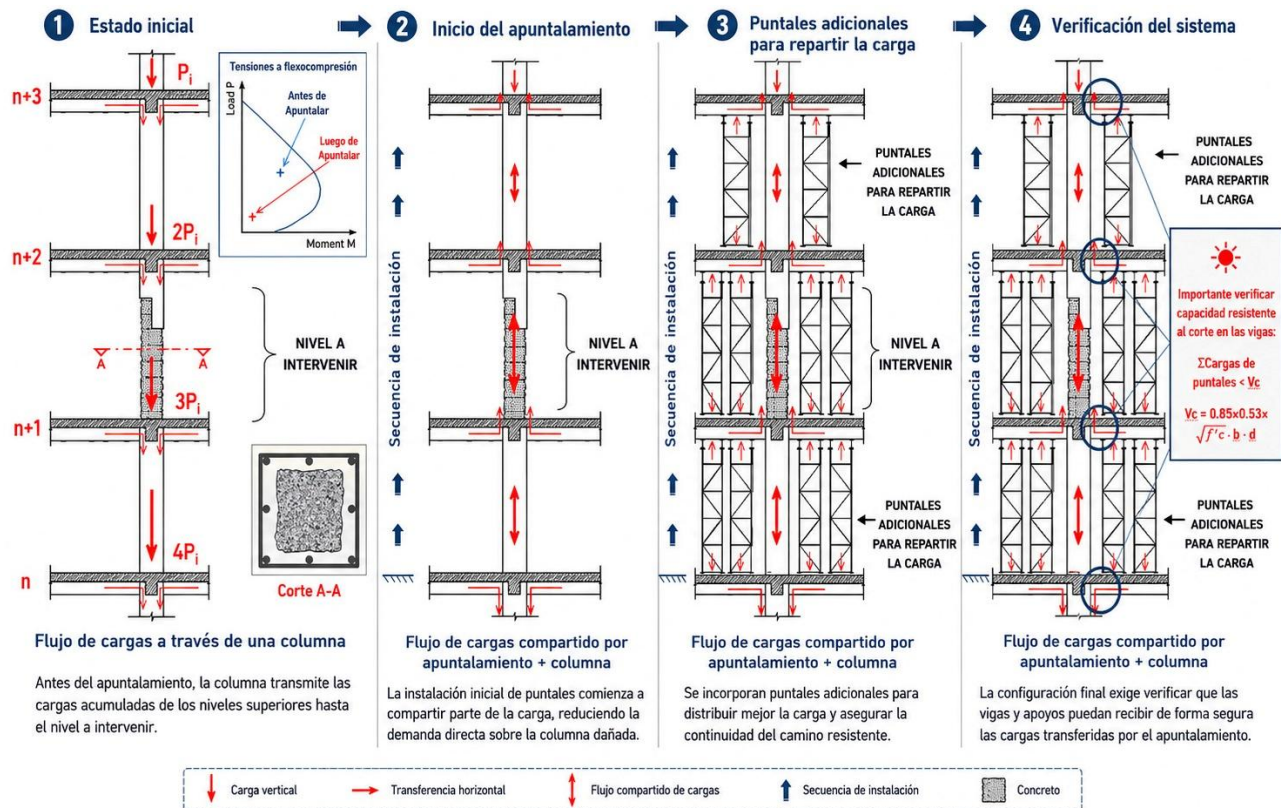


Figura A.0. Esquema de apuntalamiento y secuencia de cargas en columnas a apuntalar. Fuente: elaboración propia.

A.2. Ejemplo de cálculo

El ejemplo que se muestra a continuación no sustituye bajo ningún concepto el diseño del sistema de apuntalamiento de ningún tipo de elemento estructural, el cual debe ser realizado exclusivamente por ingenieros civiles estructurales y estar debidamente firmado y tramitado mediante un proyecto en la alcaldía correspondiente. Queda a cargo de las autoridades competentes establecer las condiciones que deben cumplir los ingenieros civiles para ser considerados ingenieros estructurales facultados para el cálculo de este tipo de intervenciones en la normativa vigente y sus disposiciones y decretos transitorios.

A continuación, se analiza un edificio aporricado de concreto armado de cinco niveles (planta baja PB y pisos 1 a 4), con tres columnas dañadas en distintas posiciones de la planta y con distintos niveles

de daño. Para ello, se adopta una carga $q = 900 \text{ kgf/m}^2$, valor que incluye la previsión de 8.4.1, y puntales metálicos telescópicos con carga de diseño $Q_p = 3 \text{ tonf}$ por puntal, verificada para la altura libre de entrepiso. Los datos de entrada se resumen en la Tabla A.2.

Las vigas son de ancho $b = 30 \text{ cm}$ y altura útil $d = 50 \text{ cm}$, con $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$. Por lo tanto, la capacidad admisible simplificada resulta $V_{adm} = 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{210} \cdot 30 \cdot 50 = 9793 \text{ kgf} = 9.79 \text{ tonf}$ por viga (no se deberá tomar en cuenta la resistencia al corte proporcionada por el acero de refuerzo).

Tabla A.2. Datos de entrada de los tres casos del ejemplo. Elaboración propia.

Caso	Nivel-columna	Posición	Clase de daño	n_s	$L_1 \text{ (m)}$	$L_2 \text{ (m)}$	$A_T \text{ (m}^2\text{)}$
1	PB-C4	Central	Severo	4	4.5	5.0	22.5
2	Piso 2-A2	Lateral	Moderado	2	5.0	2.0	10.0
3	Piso 1-D7	Esquinera	Completo	3	2.0	2.5	5.0

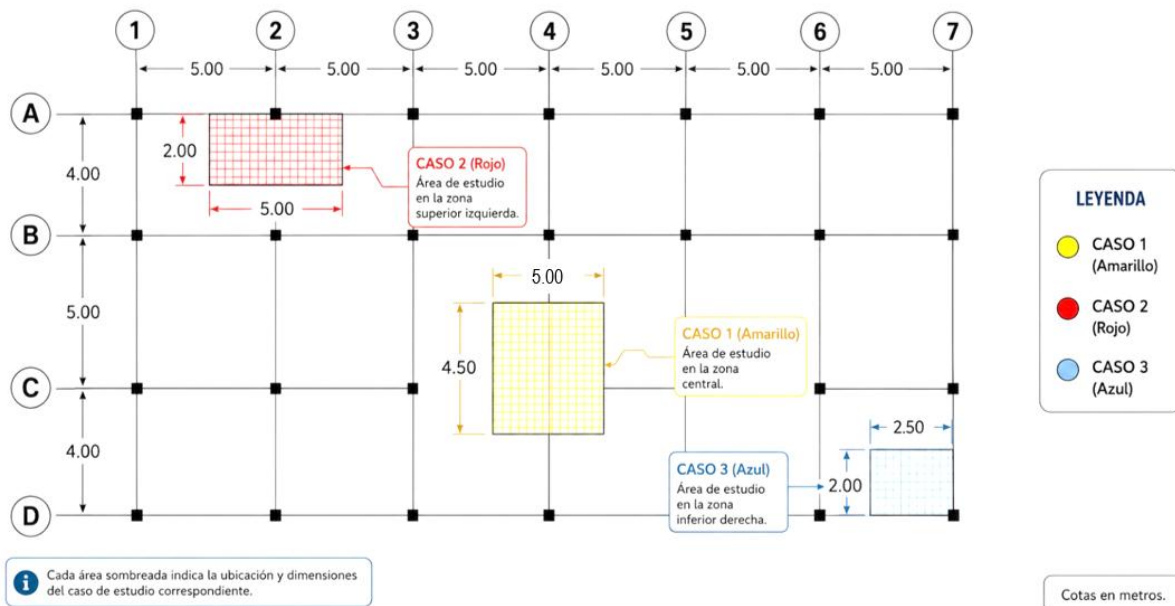


Figura A.1. Vista en planta de la edificación usada como ejemplo con ubicación de los tres casos de columnas afectadas y sus áreas tributarias. Fuente: elaboración propia.

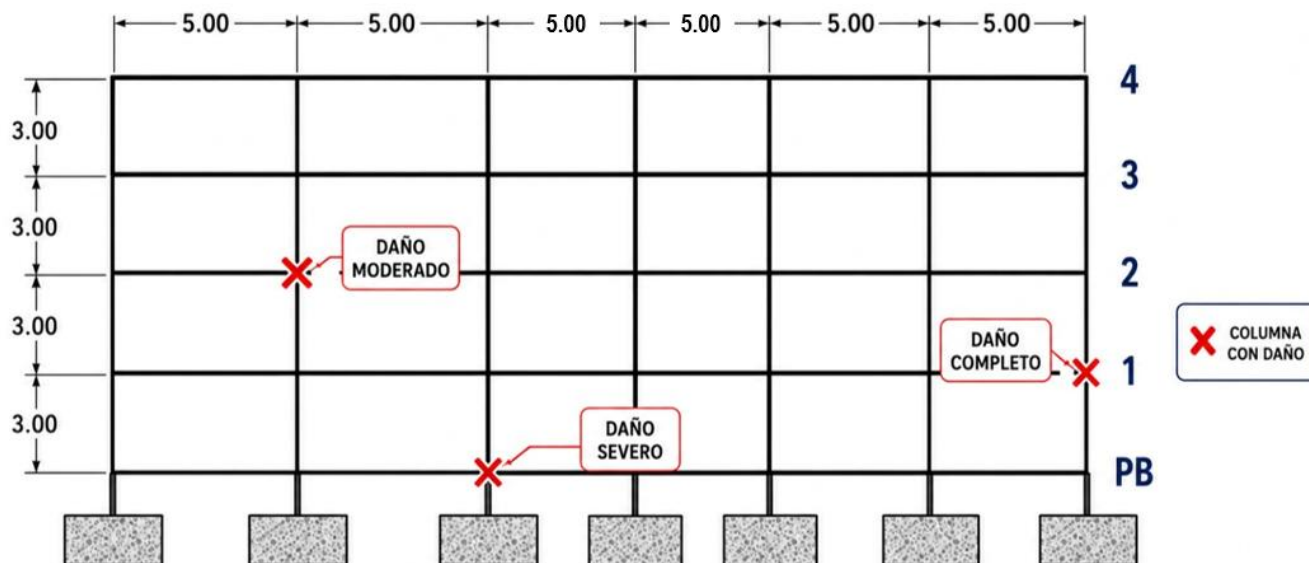


Figura A.2. Corte del ejemplo y ubicación vertical de las columnas dañadas. Fuente: elaboración propia.

Caso 1: columna central PB–C4 con daño severo

- ✓ Estimación de carga total, $P_{T_PB} = 4 \times 22.5 \times 0.9 = 81$ tonf y la carga de apuntalamiento con $r_d = 0,25$ (Tabla A.1), $P_{A_PB} = 81 \times 0.75 = 60.75$ tonf (el apuntalamiento deberá ser diseñado para resistir el 75% de la carga que gravitacional que resiste la columna afectada debido a que tiene un daño severo).
- ✓ El número de puntales en PB, se estima como $N_0 = P_{A_PB} / Q_p = 60.75 / 3 = 20.25 \rightarrow 21$ puntales mínimo; con distribución entera y simétrica en las cuatro líneas del área tributaria se obtiene el número final de 6 puntales por línea (total de 24 puntales instalados).
- ✓ El número de puntales en PISO 1, se estima con 2 losas por encima, $P_{A,1} = 3 \times 22.5 \times 0.9 \times 0.75 = 46.4$ tonf, $N_{0_piso1} = P_{A,1} / Q_p = 46.4 / 3 = 15.5 \rightarrow 16$ puntales, por lo tanto, son 4 por línea para un total de 16 puntales.
- ✓ El número de puntales en PISO 2, se estima con 2 losas por encima, $P_{A,2} = 2 \times 22.5 \times 0.9 \times 0.75 = 30.4$ tonf, $N_{0_piso1} = P_{A,2} / Q_p = 30.4 / 3 = 10.13 \rightarrow 11$ puntales, por lo tanto, son 3 por línea para un total de 12 puntales.
- ✓ El número de niveles al que se debe repartir la carga se obtiene considerando, $P_v / n_v - V_{adm} = 15.19 - 9.79 = 5.39$ tonf (P_v / n_v es la carga de apuntalamiento dividida entre el número de vigas y V_{adm} es la resistencia a corte de la viga), por lo tanto, se reparte al piso 1 de la siguiente forma:

- Verificación de resistencia de vigas con $n_v = 4$ (nodo central, ver Figura A.1 y A.2) y $P_v = 60.75 / 4 = 15.19 \text{ tonf} > V_{adm} = 9.79 \text{ tonf}$ (se asumen 4 vigas y una losa armada en ambos sentidos). Como la carga sobre las vigas es mayor que la resistencia se apuntalarán las vigas del PISO 1.
- ✓ Si se repite el mismo paso para saber cuanto se reparte al piso 2 se observa que las vigas resisten y no sería necesario colocar puntales, sin embargo, se deberá mantener el criterio de al menos continuar el apuntalamiento hasta el nivel que ya no requiera puntales por resistencia en la viga cuando el daño es severo. Todos los puntales deben estar alineados verticalmente y extenderse según se muestra en Figuras A.3.

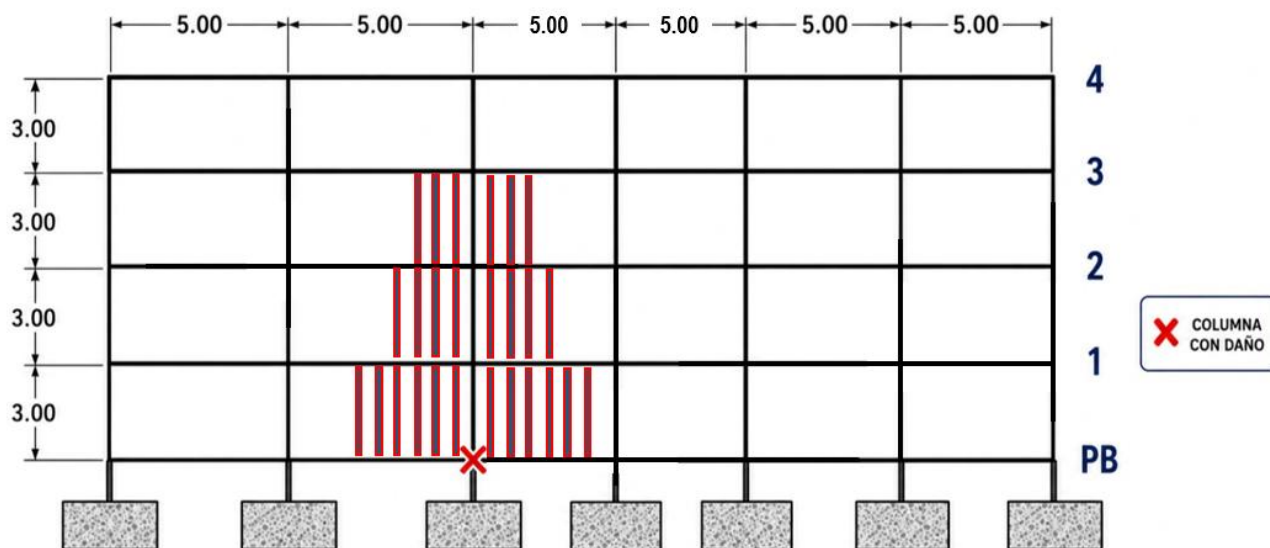


Figura A.3. Distribución de puntales para el Caso 1. Fuente: elaboración propia.

Caso 2: columna lateral Piso 2–A2 con daño moderado

- ✓ Estimación de carga total, $P_{T_2} = 2 \times 10.0 \times 0.9 = 18 \text{ tonf}$ y la carga de apuntalamiento con $r_d = 0,5$ (Tabla A.1), $P_{A_2} = 18 \times 0.5 = 9 \text{ tonf}$ (el apuntalamiento deberá ser diseñado para resistir el 50% de la carga que gravitacional que resiste la columna afectada debido a que tiene un daño moderado).
- ✓ La verificación de resistencia en las vigas se realiza con número de vigas $n_v = 3$, $P_v = P_{A_2} / n_v = 3 \text{ tonf}$, lo cual es menor que la resistencia a corte de la viga $V_{adm} = 9,79 \text{ tonf}$; por lo tanto, no se requiere apuntalar el nivel superior de la viga.

- ✓ El número de puntales en el piso 2 se obtiene como $N_0 = P_{A_2} / Q_p = 9 / 3 = 3$ y aplicando criterio simétrico por viga resulta 1 puntal por viga para un total de 3 puntales instalados.
- ✓ La distribución vertical hacia abajo se reparte hasta el nivel PB con la misma configuración estimada para el nivel dañado. Es decir, se lleva la carga del nivel afectado hasta el terreno.
- ✓ En resumen, se colocarán 3 puntales en PB, 3 en el piso 1 y 3 en el piso 2. La distribución del apuntalamiento se muestra en la Figura A.4.

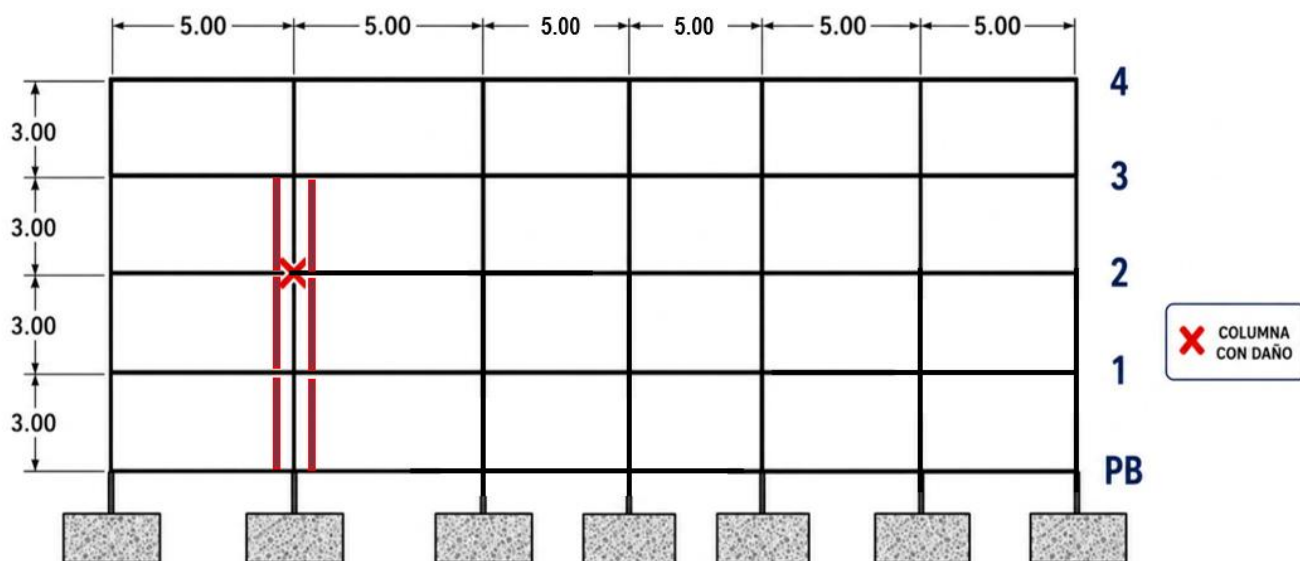


Figura A.4. Distribución de puntales para el Caso 2. Fuente: elaboración propia.

Caso 3: columna esquinera Piso 1-D7 con daño completo

- ✓ Estimación de Carga total, $P_T = 3 \times 5 \times 0.9 = 13.5$ tonf. Con $r_d = 0\%$, por lo tanto, la carga del apuntalamiento será $P_A = 13.5$ tonf.
- ✓ La verificación de las vigas se realizará considerando el número de vigas, $n_v = 2$, por lo tanto, $P_v = P_A / n_v = 6.75$ tonf $< V_{adm} = 9.79$ tonf. No obstante, a pesar de que la resistencia de las vigas es mayor que la carga del sistema de apuntalamiento el factor de seguridad FS es menor a 2 y el daño es clasificado como completo. Por lo tanto, se apuntalan los niveles superiores siguiendo el procedimiento del Caso 1 antes detallado.
- ✓ Número de puntales en el piso 1: $N_0 = P_A / Q_p = 13.5 / 3 = 4.5$ puntales, dividiendo entre 2 vigas resultan 3 puntales por línea.

- ✓ La distribución vertical de los puntales será, dos niveles por encima del nivel afectado. Por lo tanto, en el piso 2 existen 2 losas por encima, $P_{A,2} = 9$ tonf, para un total de 3 puntales, dividido entre el número de vigas (2), se obtienen 2 puntales por línea (total de 4 puntales). Mientras que, hacia abajo se reparte el arreglo del nivel afectado hasta el terreno. En la Figura A.5 se muestra la distribución de puntales para el Caso 3.

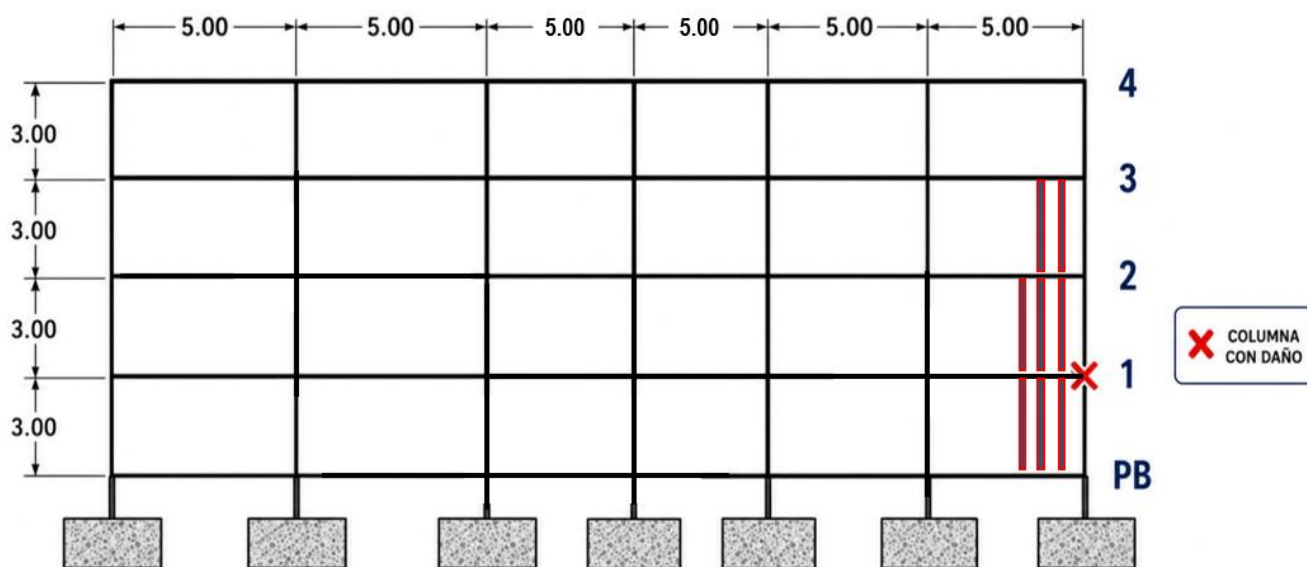


Figura A.5. Distribución de puntales para el Caso 3. Fuente: elaboración propia.