

FEMA 320

SEGUNDA EDICIÓN

Agosto de 1999

Refugiándose de la tormenta:

Construcción de un cuarto seguro dentro de la casa

Incluye planos de construcción y estimados de costos



Agencia Federal para el Manejo de Emergencias

Junta Directiva de Mitigación

500 C Street, SW. • Washington, DC 20472

www.fema.gov

**Refugiándose de la tormenta:
Construcción de un cuarto seguro dentro de la casa**

Índice de Contenido

Introducción iii

Sección I: Comprensión de los riesgos

¿Qué es un tornado?	1
Tabla I.1: Daños típicos provocados por tornados	2
Figura I.1: Número de tornados registrados por 1,000 millas cuadradas.....	3
¿Qué es un huracán?	4
Tabla I.2: Daños típicos provocados por huracanes	4
¿Necesita un refugio?	5
Figura I.2: Zonas de viento en los Estados Unidos	6
Hoja de trabajo para propietarios de casas	7
Planeación para emergencias y Equipo de suministros para emergencias	9

Sección II: Planeación de su refugio

Daños en edificios	11
Figura II.1: Efecto de los vientos extremos en techos y paredes de un edificio	11
Base del diseño de un refugio	12
Tamaño del refugio	14
Casas nuevas y existentes	14
Tipos de cimientos	14
Figura II.2: Sección transversal: cimientos típicos de un sótano, con refugio.....	15
Figura II.3: Sección transversal: cimientos típicos sobre una losa de concreto, con refugio.....	17

Figura II.4: Sección transversal: cimientos típicos de un espacio de acceso, con refugio	18
Ubicación del refugio	20
Figura II.5: Plano de piso 1: sótano.....	21
Figura II.6: Plano de piso 2: casa sobre cimientos de losa de concreto o espacio de acceso	22
Figura II.7: Plano de piso 3: casa sobre cimientos de losa de concreto	23
Tabla II.1: Tipos de refugios apropiados para casas nuevas.....	24
Tabla II.2: Tipos de refugios apropiados para casas existentes	24
Materiales de construcción	25
Costo del refugio	25
Tabla II.3: Costo promedio de un refugio de 8 pies por 8 pies en una casa nueva	26
Sección III: Construcción del refugio	27
Cómo usar los diagramas	28

Introducción

Cada año, tornados, huracanes y otras tormentas de viento extremo dejan a su paso heridos y muertos, y provocan daños materiales por millones de dólares en los Estados Unidos. A pesar de ello, cada vez más personas construyen casas en zonas propensas a tornados y huracanes cada año, colocándose posiblemente en la trayectoria de dichas tormentas.

Contar con un refugio, o un cuarto seguro, construido dentro de su casa puede ayudarle a protegerse a sí mismo y a su familia de las lesiones o muerte provocadas por las peligrosas fuerzas de los vientos extremos. También puede aliviar parte de la angustia que crea la amenaza de un tornado o huracán que se avecina.

¿Debe pensar en construir un refugio en su casa para protegerse a sí mismo y a su familia durante un tornado o huracán? La respuesta depende de sus respuestas a muchas preguntas, incluyendo:

- ¿Vive en una zona de alto riesgo?
- ¿Con qué rapidez puede llegar a un refugio seguro durante vientos extremos?
- ¿Qué nivel de seguridad desea brindar?
- ¿Qué costo tiene un refugio?

Este folleto le ayudará a responder estas y otras preguntas para que pueda decidir cómo proteger mejor a su familia y a usted mismo. Incluye los resultados de las investigaciones que han realizado desde hace más de 20 años el Centro de Investigación de Ingeniería de Vientos (WERC) de la Universidad Tecnológica de Texas y otros centros de investigación de ingeniería de vientos, sobre los efectos de los vientos extremos en las construcciones. Este folleto también proporciona diseños de refugios que le mostrarán a usted y a su constructor o contratista cómo construir un refugio debajo de una casa nueva, en el sótano de una casa nueva, o en un cuarto interior de una casa nueva, o cómo modificar una casa existente para agregar un refugio en alguna de estas áreas. Estos refugios están diseñados para protegerlo a usted y a su familia contra los fuertes vientos que se esperan durante los tornados y huracanes y contra los escombros arrastrados por el viento, como los fragmentos de madera, que los tornados y huracanes generalmente crean.

El Centro de Investigación de la Asociación Nacional de Constructores de Casas (NAHB) ha evaluado estos diseños en lo que se refiere a los métodos, materiales y costos de construcción. Los ingenieros de la Universidad Tecnológica de Texas han confirmado los requisitos de diseño para las fuerzas esperadas de la presión del viento y el impacto de los escombros voladores típicos. Los refugios están diseñados tomando como principal consideración la protección de la vida.

IMÁGENES CORTESÍA DE NOAA/
DEPARTAMENTO DE COMERCIO

Reconocimientos

Este folleto y los diagramas de construcción que contiene no habrían sido posibles sin el trabajo precursor del Centro de Investigación de Ingeniería de Vientos de la Universidad Tecnológica de Texas, los esfuerzos diligentes del equipo de diseño y las sugerencias constructivas de los revisores.

Equipo de diseño

Paul Tertell, P.E.

Funcionario de Proyecto, División de Política y Evaluación del Programa
Junta Directiva de Mitigación
FEMA
Washington, DC

Clifford Oliver, CEM

Jefe, División de Política y Evaluación del Programa
Junta Directiva de Mitigación
FEMA
Washington, DC

Dr. Ernst Kiesling, P.E.

Profesor de Ingeniería Civil
Centro de Investigación de Ingeniería de Vientos
Universidad Tecnológica de Texas
Lubbock, Texas

Dr. Kishor Mehta, P.E.

Director, Centro de Investigación de Ingeniería de Vientos
Universidad Tecnológica de Texas
Lubbock, Texas

Russell Carter, E.I.T.

Investigador Adjunto
Centro de Investigación de Ingeniería de Vientos
Universidad Tecnológica de Texas
Lubbock, Texas

William Coulbourne, P.E.

Ingeniero Estructural
Greenhorne & O'Mara, Inc.
Greenbelt, Maryland

Jay Crandell, P.E.

Director, División de Estructuras y Materiales
Asociación Nacional de Constructores de Casas
Centro de Investigación
Upper Marlboro, Maryland

Jerry Hoopingarner

Ingeniero de Proyecto
Asociación Nacional de Constructores de Casas
Centro de Investigación
Upper Marlboro, Maryland

Socios privados

Lionel Lemay, P.E., S.E.

Director, Residencial
Asociación de Cemento Portland

Skokie, Illinois

Donn Thompson, AIA

Gerente de Programa, Tecnología Residencial
Asociación de Cemento Portland
Skokie, Illinois

Revisores

Dennis Lee

Gerente del Programa de Huracanes
División de Mitigación
Región VI de FEMA
Denton, Texas

Bill Massey

Gerente del Programa de Huracanes
División de Mitigación
Región IV de FEMA
Atlanta, Georgia

Tim Sheckler, P.E.

Ingeniero Civil
Oficina Nacional del Programa de Terremotos
Junta Directiva de Mitigación
FEMA
Washington, DC

Dr. Richard Peterson

Presidente, Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad Tecnológica de Texas
Lubbock, Texas

Larry Tanner, P.E., R.A.

Investigador Adjunto
Centro de Investigación de Ingeniería de Vientos
Universidad Tecnológica de Texas
Lubbock, Texas

Richard Vognild, P.E.

Director, Servicios Técnicos
Southern Building Code Congress International
Birmingham, Alabama

Richard Carroll, P.E.

Departamentos de Construcciones e Inspecciones
Ciudad de Birmingham
Birmingham, Alabama

Brad Douglas

Director de Ingeniería
American Forest & Paper Company
Washington, DC

Sección I:

Comprensión de los riesgos

Imagen de satélite del Huracán Andrew tomada el 25 de agosto de 1992

CORTESÍA DE NASA

Casi todos los estados de los Estados Unidos han sido afectados por tormentas de viento extremo, como los tornados y huracanes. Prácticamente todos los estados se han visto afectados por un tornado “considerable” (véanse los términos en la Tabla I.1). Todas las áreas costeras del Atlántico y el Golfo de México en los Estados Unidos, incluidas las áreas costeras de Puerto Rico y las Islas Vírgenes estadounidenses, y las áreas costeras de Hawai han sido afectadas por huracanes. Incluso en los estados que normalmente no se consideran susceptibles a las tormentas de viento extremo hay zonas que experimentan vientos fuertes y peligrosos. Estas áreas se encuentran típicamente cerca de cadenas montañosas, e incluyen la costa noroeste del Pacífico.

¿Qué es un tornado?

Los tornados se clasifican con base en la escala de Fujita (véase la Tabla I.1).

Típicamente se producen en los meses de primavera y verano, pero pueden presentarse en cualquier época del año y en cualquier parte del país. En ocasiones, los huracanes generan tornados.

El 26 de mayo de 1981, un tornado arrasó Dallas, Texas

CORTESÍA DE NOAA. LABORATORIO NACIONAL DE TORMENTAS SEVERAS (NSSL)

Tabla I.1
Daños típicos provocados por tornados

Categoría / Daños típicos

F0 Leve: Se dañan las chimeneas, se rompen las ramas de los árboles, se caen los árboles que no tienen raíces profundas.

F1 Moderado: Se desprenden las superficies de los techos, se rompen las ventanas, algunos troncos de árboles se quiebran, las casas móviles sin asegurar se vuelcan, las cocheras anexas pueden quedar destruidas.

F2 Considerable: Se dañan las estructuras de los techos, las casas móviles quedan destruidas, el viento transporta escombros (se generan **mísiles**), los árboles grandes se quiebran o son arrancados de raíz.

F3 Severo: Los techos y algunas paredes son arrancados de las estructuras, algunos edificios pequeños quedan destruidos, los edificios de mampostería no reforzados quedan destruidos, la mayoría de los árboles en los bosques son arrancados de raíz.

F4 Devastador: Las casas bien construidas quedan destruidas, algunas estructuras son levantadas de los cimientos y el viento las arrastra a cierta distancia, el viento arrastra los automóviles a cierta distancia, el aire transporta escombros grandes.

F5 Increíble: Las casas que tienen armazones fuertes son levantadas de los cimientos, las estructuras de concreto reforzado sufren daños, el aire transporta misiles del tamaño de un automóvil, los árboles quedan completamente descortezados.

LAS IMÁGENES DE F0, F1 Y F2 SON CORTESÍA DE ANDREW DEVANAS, DIVISIÓN DE MANEJO DE EMERGENCIAS DE FLORIDA
LAS IMÁGENES DE F3, F4 Y F5 SON CORTESÍA DE NOAA, LABORATORIO NACIONAL DE TORMENTAS SEVERAS (NSSL)

No todas las partes de cada estado corren el mismo riesgo de sufrir tornados. Por ejemplo, aunque Texas tiene el mayor número de tornados registrados, la zona del estado menos propensa a tornados —a lo largo de la costa del Golfo— ha sido afectada por menos tornados que el nordeste de Arkansas. La comparación de la cantidad de tornados registrada en diferentes áreas dentro de un estado le servirá para comprender mejor la posible actividad de tornados en dichas áreas. La Figura I.1 muestra el número de tornados registrados por 1,000 millas cuadradas en los Estados Unidos y en sus posesiones y territorios.

DEFINICIÓN

En esta guía, el término **mísiles** se refiere a los escombros y otros objetos que el viento levanta y arrastra con suficiente fuerza para dañar e incluso penetrar ventanas, puertas, paredes y otras partes de una construcción. En general, mientras más fuerte es el viento, los misiles que puede transportar serán más grandes y pesados y mayor será el riesgo de sufrir daños graves. Sin embargo, incluso las piedras pequeñas, ramas y otros misiles más ligeros pueden romper fácilmente las puertas de vidrio y ventanas.

ACTIVIDAD DE TORNADOS EN LOS ESTADOS UNIDOS*
Resumen por 1,000 millas cuadradas

Número de tornados registrados por 1,000 millas cuadradas

* Con base en las estadísticas del Centro de Pronóstico de Tormentas de NOAA

FIGURA I.1
Número de tornados registrados por 1,000 millas cuadradas

Tabla I.2
Daños típicos provocados por huracanes

¿Qué es un huracán?

Los huracanes se clasifican con base en la escala de Saffir-Simpson (véase la Tabla I.2).

Categoría / Daños típicos

C1 Mínimo: Los daños principales se registran en arbustos y árboles, las casas móviles sin asegurar y algunos letreros sufren daños, no se producen verdaderos daños en las estructuras.

C2 Moderado: Algunos árboles se caen, algunas cubiertas de techos sufren daños, las casas móviles sufren los daños más considerables.

C3 Extenso: Los árboles grandes se caen, los techos sufren ciertos daños estructurales, las casas móviles quedan destruidas, las casas pequeñas y los edificios de servicios públicos sufren daños estructurales.

C4 Extremo: Los techos, ventanas y puertas sufren daños extensos; los sistemas de techado de los edificios pequeños se derrumban por completo; algunas paredes de relleno se caen.

C5 Catastrófico: Los daños en los techos son considerables y generalizados, los daños sufridos por ventanas y puertas son graves, muchos vidrios se caen y rompen, algunos edificios completos se derrumban.

IMÁGENES DE C1, C2, C3 Y C4: FEMA

LA IMAGEN DE C5 ES CORTESÍA DE NOAA, COLECCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS

En los Estados Unidos, se registró que 158 huracanes tocaron tierra entre 1900 y 1996. Los huracanes han entrado a tierra en Florida más que en ningún otro estado. El segundo estado más afectado por los huracanes es Texas, pero todos los estados de la costa del Golfo y los que limitan con el Océano Atlántico, así como las posesiones isleñas y territorios de Estados Unidos, son susceptibles a daños ocasionados por huracanes. En años recientes, los territorios estadounidenses de American Samoa y Guan se han visto seriamente afectados por numerosos ciclones tropicales.

¿Necesita un refugio?

Con base en el historial de tornados de 40 años y el historial de huracanes de más de 100 años, los Estados Unidos se han dividido en cuatro zonas que reflejan geográficamente el número y fuerza de las tormentas de viento extremo. La Figura I.2 muestra estas cuatro zonas. La Zona IV ha experimentado la mayor y más fuerte actividad de tornados. La Zona III ha experimentado actividad significativa de tornados e incluye las áreas costeras que son susceptibles a huracanes.

Para obtener más información sobre el historial de vientos del área donde usted vive, consulte con los funcionarios de construcción, meteorólogos, funcionarios de manejo de emergencia o informadores del tiempo de los canales de televisión de la localidad.

Es probable que su casa esté construida de acuerdo con los códigos de construcción locales que toman en consideración los efectos de los vientos de diseño mínimos, “aprobados por el código” en su área. Los códigos de construcción exigen que los edificios sean capaces de resistir a un evento de viento de “diseño”. Un tornado o huracán extremo puede provocar vientos mucho más fuertes que aquellos en los que los requisitos del código local están basados. Tener una casa construida de conformidad con el “código” no significa que su casa sea capaz de resistir vientos de cualquier evento, sin importar cuán extremos sean. Los diseños de los refugios que aparecen en este folleto proporcionan un lugar para buscar refugio seguro durante estos eventos de viento extremo.

La hoja de trabajo de las páginas 7 y 8 le ayudará a determinar el nivel de riesgo de estos eventos extremos y le brindará asistencia en su consideración de un refugio. Si decide que necesita un refugio, la Sección II le ayudará a usted y a su constructor o contratista a planear su refugio.

ADVERTENCIA

Un refugio diseñado para protegerlo a usted y a su familia de un huracán no debe construirse en un área que se espere que se inunde durante un huracán. Los habitantes de estas áreas costeras peligrosas deben seguir las advertencias del personal de servicios de emergencia de la localidad, evacuar y dirigirse a terrenos más seguros. La protección contra el viento que proporcionan los cuartos seguros y refugios se invalida rápidamente cuando los propietarios de casas varados se encuentran atrapados en las crecidas.

Si desconoce si su casa se encuentra en un área de **marejada ciclónica** u otra área sujeta a inundaciones, consulte la sección de servicios a la comunidad en su guía telefónica local para obtener información sobre la evacuación en caso de una marejada ciclónica o pregunte a los funcionarios de manejo de emergencias o administración de tierras susceptibles de inundarse en su localidad.

DEFINICIÓN

En esta guía, el término **marejada ciclónica** se refiere a la elevación en el nivel del océano que resulta de los efectos del viento y la caída en la presión atmosférica asociada con huracanes y otras tormentas.

ZONAS DE VIENTO EN LOS ESTADOS UNIDOS*

ZONAS DE VIENTO

ZONA I

(130 mph)

ZONA II

(160 mph)

ZONA III

(200 mph)

ZONA IV

(250 mph)

OTRAS CONSIDERACIONES

Región especial de viento

Región susceptible a huracanes

* Velocidades del viento de diseño (ráfagas de 3 segundos) congruentes con ASCE 7-95

Figura I.2

Zonas de viento en los Estados Unidos

Página 6

Hoja de trabajo para propietarios de casas: Evaluación de los riesgos

Para llenar la hoja de trabajo que se encuentra al reverso de esta página, consulte los mapas de las zonas de tornados y vientos en las páginas 3 y 6 (Figuras I.1 y I.2). Use el mapa de la página 3 para anotar cuántos tornados se registraron por 1,000 millas cuadradas en el área donde usted vive. Localice la fila en la hoja de trabajo que coincida con esa cifra. A continuación, vea el mapa de la página 6 y anote la zona de viento (I, II, III ó IV) en la que usted vive. Localice la columna correspondiente en la hoja de trabajo. Por último, localice el cuadro dentro de la hoja de trabajo que se alinee tanto con el número de tornados por 1,000 millas cuadradas en su área como con su zona de viento. El color de dicho cuadro le indicará el nivel del riesgo de vientos extremos en el que usted está y le ayudará a decidir si debe construir un refugio.

Por ejemplo, si usted vive en Jackson, Mississippi, vería que Jackson se ubica en un área sombreada de anaranjado en el mapa de la página 3. De conformidad con la clave del mapa, el número de tornados por 1,000 millas cuadradas en el área de Jackson es de 11 – 15.

En el mapa de la página 6, Jackson aparece dentro del área sombreada de rojo. La clave del mapa indica que Jackson está ubicado en la Zona de Viento IV.

El cuadro donde la fila 11 – 15 y la columna Zona IV coinciden está sombreado de azul oscuro, lo que indica que usted vive en un área de alto riesgo. Un refugio es el método preferente de protección contra el viento en las áreas de alto riesgo. Tenga en cuenta que algunas áreas de riesgo bajo o moderado, que se muestran en azul claro o medio en la hoja de trabajo, se encuentran dentro de la región de los Estados Unidos que está sujeta a huracanes (véase la Figura I.2). Si usted vive en esta región susceptible a huracanes, su riesgo se considera alto, incluso si la hoja de trabajo indica sólo un riesgo moderado o bajo.

NÚMERO DE TORNADOS POR 1,000 MILLAS CUADRADAS (véase la Figura I.1)	ZONA DE VIENTO (véase la Figura I.2)			
	I	II	III	IV
< 1	RIESGO BAJO	RIESGO BAJO *	RIESGO BAJO *	RIESGO MODERADO
1 – 5	RIESGO BAJO	RIESGO MODERADO *	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO
6 – 10	RIESGO BAJO	RIESGO MODERADO *	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO
11 – 15	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO
> 15	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO

RIESGO BAJO

La necesidad de un refugio contra vientos fuertes es cuestión de preferencia del propietario de la casa.

RIESGO MODERADO

Debe pensarse en un refugio para protegerse de los vientos fuertes.

RIESGO ALTO

Un refugio es el método preferente de protección contra vientos fuertes.

* Un refugio es el método preferente de protección contra vientos fuertes si la casa está situada en una región susceptible a huracanes.

Planeación para emergencias y Equipo de suministros para emergencias

Independientemente de que decida si necesita o no un refugio en su casa, puede adoptar dos medidas importantes para protegerse a usted mismo y a su familia durante un tornado o huracán: preparar un plan de emergencia y reunir un equipo de suministros de emergencia. Si decide construir un refugio, su plan de emergencia debe incluir notificar a los funcionarios de manejo de emergencias de la localidad y a sus familiares y otras personas fuera del área inmediata de que usted tiene un refugio. Esto permitirá al personal de emergencia liberarlo con rapidez si los escombros bloquean la salida de su refugio. También debe preparar un equipo de suministros para emergencias y guardarlo en su refugio o tenerlo listo para llevarlo consigo si necesita evacuar su casa. Algunos de los artículos que el equipo de suministros para emergencia debe incluir son:

- un suministro adecuado de agua para cada persona de su familia
- alimentos no perecederos que no tengan que prepararse o cocinarse (si éstos incluyen productos enlatados, recuerde llevar un abridor de latas)
- un botiquín de primeros auxilios que contenga los medicamentos necesarios
- herramientas y suministros:
 - linterna (no lleve velas ni nada que se encienda con una llama)
 - radio de pilas
 - teléfono celular o radio CB
 - pilas adicionales
 - llave inglesa (para desconectar el gas y el agua de la casa)
 - ropa de vestir y de cama
- artículos especiales:
 - para bebé: fórmula, pañales, biberones, leche en polvo
 - para adultos: lentes de contacto y accesorios, anteojos adicionales

Encontrará más información sobre los planes de emergencia en la Cruz Roja Americana (ARC) y las publicaciones de FEMA, que puede obtener sin ningún costo llamando a FEMA al teléfono 1-800-480-250, o escribiendo a FEMA, Apartado Postal 2012, Jessup, MD 20794-2012. Estas publicaciones incluyen las siguientes:

Lista de verificación de preparación para emergencias, FEMA L-154 (ARC 4471)

Alimentos y agua en una emergencia, FEMA L-164 (ARC 5055)

Equipo familiar de suministros para desastres, FEMA L-189 (ARC 4463)

Preparación para emergencias, una lista de verificación para personas con problemas de movilidad, FEMA L-154 (ARC 4497)

Estas publicaciones también pueden conseguirse en la World Wide Web en el sitio Web de FEMA: <http://www.fema.gov>, y en el sitio Web de la Cruz Roja Americana:

<http://www.redcross.org>.

Sección II:

Planeación de su refugio

Ahora que comprende mejor los riesgos que corre durante un tornado o huracán, puede trabajar con su constructor o contratista para construir un refugio para protegerse a usted mismo y a su familia de estas tormentas de vientos extremos. Esta sección describe cómo los vientos extremos dañan un edificio, explica la base de los diseños de los refugios presentados en este folleto, y muestra dónde puede construir un refugio en su casa.

Daños en edificios

Los vientos extremos pueden ocasionar varios tipos de daños en un edificio. La Figura II.1 muestra cómo los vientos extremos afectan un edificio y ayuda a explicar por qué estos vientos provocan que los edificios se derrumben.

Para comprender qué ocurre cuando soplan vientos extremos, debe entender primero que los vientos de tornados y huracanes no son constantes. La velocidad del viento, aun en estos eventos extremos, aumenta y disminuye con rapidez. Una obstrucción, como una casa, en la trayectoria del viento provoca que éste cambie de dirección. Este cambio en la dirección del viento aumenta la presión sobre partes de la casa. La combinación de mayores presiones y velocidades fluctuantes del viento crea tensión en la casa que con frecuencia provoca que las conexiones entre componentes de la construcción fallen. Por ejemplo, el techo o revestimiento exterior pueden ser arrancados o las ventanas pueden ser empujadas hacia dentro.

VISTA LATERAL

PRESIÓN DEL VIENTO EN TECHO.

LA PRESIÓN INTERNA AUMENTA LA FUERZA DE LEVANTAMIENTO DEL TECHO.

VISTA SUPERIOR

PRESIÓN DEL VIENTO EN PAREDES.

LA PRESIÓN INTERNA AUMENTA LA SUCCIÓN DE LAS PAREDES

Figura II.1 Efecto de los vientos extremos en techos y paredes de un edificio

Los edificios que se derrumban bajo los efectos de los vientos extremos a menudo parecen haber explotado, lo que ha dado origen a la falsa idea de que los daños son ocasionados por presiones desiguales del viento dentro y fuera del edificio. Esta falsa idea ha llevado al mito de que durante un evento de viento extremo, las ventanas y puertas de un edificio deben abrirse para igualar la presión. De hecho, abrir una ventana o puerta permite entrar al viento en el edificio y aumenta el riesgo de que se produzcan fallas estructurales.

Los escombros voladores (llamados misiles transportados por el viento) también pueden ocasionar daños. Si el viento alcanza velocidades suficientemente altas, los misiles pueden ser arrojados contra un edificio con fuerza suficiente para penetrar ventanas, paredes o el techo. Por ejemplo, un objeto como un fragmento de madera de 2" x 4", que pesa 15 libras, cuando es arrastrado por un viento de 250 mph, puede tener una velocidad horizontal de 100 mph y fuerza suficiente para penetrar los materiales de construcción más comunes que se usan en las casas en la actualidad. Incluso una pared de mampostería reforzada será penetrada a menos que haya sido diseñada y construida para resistir el impacto de los escombros durante vientos extremos. Debido a que los misiles pueden dañar gravemente e incluso penetrar paredes y techos, amenazan no sólo a los edificios, sino también a los ocupantes.

Palmera atravesada por un misil de madera contrachapada, Huracán Andrew

Base del diseño de un refugio

El propósito de un refugio es proporcionar un espacio donde usted y su familia puedan sobrevivir a un tornado o huracán sin sufrir lesiones. En áreas propensas a huracanes, el refugio no debe construirse donde pueda inundarse durante un huracán. Su refugio debe tener acceso fácil y rápido desde todas las partes de su casa, y debe estar libre de amontonamientos. Para proteger a los ocupantes durante tormentas de vientos extremos, el refugio debe asegurarse adecuadamente a los cimientos de la casa para no volcarse o para que el viento no lo levante. Las conexiones entre todas las partes del refugio deben ser suficientemente fuertes para resistir fallas, y las paredes, techo y puerta deben ser resistentes a penetración de misiles transportados por el viento.

Pruebas extensas realizadas por la Universidad Tecnológica de Texas y otros centros de investigación de ingeniería de vientos han demostrado que las paredes, techos y puertas que comúnmente se usan en las construcciones de casas no pueden resistir el impacto de los misiles transportados por

vientos extremos. Los diseños de los refugios en este folleto toman en cuenta estos hallazgos y especifican materiales de construcción y combinaciones de materiales de producción que resisten la penetración de misiles en vientos extremos.

Lanzador de misiles (escombros), Centro de Investigación de Ingeniería de Vientos (WERC), Universidad Tecnológica de Texas

Los diseños de los refugios, incluyendo tanto materiales como conexiones, se basan en velocidades del viento que rara vez se exceden en los Estados Unidos. Por lo tanto, se espera que un refugio construido de conformidad con estos diseños resista las fuerzas que los vientos le imponen sin derrumbarse. Dichas fuerzas pueden provocar grietas u otras señales de esfuerzo en los materiales o conexiones empleados en el refugio, y pueden hacer que los materiales o conexiones cedan. Sin embargo, la intención de los diseños no es producir un refugio que permanecerá siempre sin sufrir daños, sino más bien un refugio que permita a sus ocupantes sobrevivir en una tormenta de vientos extremos con pocas lesiones o sin sufrirlas.

Es muy importante tomar en cuenta que es imposible pronosticar la fuerza exacta de tornados y huracanes. Ésa es otra de las razones por las que los diseños de los refugios de este folleto se basan en las velocidades de los vientos extremos y por qué la principal consideración es la protección de la vida.

Diseñar un edificio para resistir los daños de más de un riesgo natural requiere enfoques diferentes, que en ocasiones compiten entre sí. Por ejemplo, construir una estructura sobre cimientos altos para elevarla por encima de los niveles esperados de inundación puede aumentar su vulnerabilidad a los daños provocados por los vientos y terremotos. Estos métodos de diseño necesitan considerarse cuidadosamente. En las áreas propensas a inundaciones, hay que prestar mucha atención al tiempo de advertencia, velocidad, profundidad y duración de las crecidas. Estas características de las inundaciones pueden afectar de manera significativa el diseño y posiblemente incluso la viabilidad de un refugio. Los funcionarios de construcción de la localidad o su ingeniero o arquitecto con licencia profesional le proporcionarán información acerca de otros riesgos naturales que afectan su área y le recomendarán diseños apropiados.

Fragmento de madera de 2" x 4" lanzados a 100 mph perfora una pared de mampostería sin reforzar, WERC, Universidad Tecnológica de Texas

Tamaño del refugio

El área de piso por persona que su refugio debe proporcionar depende en parte de tipo de tormenta de viento de la cual se espera que lo proteja. Los tornados no son tormentas que duren mucho tiempo, de modo que si usted construye su refugio sólo como protección contra tornados, no necesitará permanecer en refugio durante mucho tiempo. Como resultado, la comodidad no es un factor muy importante, y un refugio que proporcione aproximadamente 5 pies cuadrados de área de piso por persona será suficientemente grande.

Cuando se espera que el refugio proporcione protección contra tormentas como los huracanes, que pueden durar hasta 12 horas, la comodidad de los ocupantes debe tomarse en consideración. Para este tipo de refugio, el área de piso recomendada por persona es de aproximadamente 10 pies cuadrados. Deben instalarse servicios esenciales, como instalaciones de agua y baño. Los diseños de los refugios de este folleto se basan en un área de piso máxima de 64 pies cuadrados y una longitud de pared máxima de 8 pies. Un refugio de ese tamaño que se emplee como protección contra huracanes puede dar cabida hasta a seis personas con comodidad razonable. Si planea construir un refugio con una pared de más de 8 pies de largo, consulte a un ingeniero o arquitecto con licencia profesional.

Casas nuevas y existentes

Los diseños de los refugios de este folleto se crearon sobre todo para usarse en casas nuevas, pero algunos pueden utilizarse en casas existentes. Cuando se construye una casa nueva, el constructor o contratista puede construir las paredes, cimientos y otras partes de la casa según se requiera para incluir el refugio. La modificación de paredes o cimientos de una casa existente según sea necesario para construir un refugio es más difícil. Como resultado, algunos de los diseños de los refugios de este folleto no son prácticos para las casas existentes. En las siguientes secciones se analiza este tema con mayor detenimiento.

En este folleto, el término “reacondicionar” se refiere al proceso de realizar cambios en una casa existente.

Tipos de cimientos

Las casas construidas sobre los siguientes tipos de cimientos son apropiadas para la instalación de un refugio:

- sótano
- losa de concreto
- espacio de acceso

Una casa sobre los cimientos de un sótano (véase la Figura II.2) por lo general se erige sobre cimientos de concreto colado o mampostería de concreto. La mayoría de los cimientos de concreto están reforzados con barras o correas de acero, pero muchos muros de cimentación hechos de mampostería de concreto no tienen refuerzo de acero. Los muros de cimentación exteriores, y en ocasiones una viga central, soportan la estructura del piso por encima del sótano.

NOTA

Los diseños de los refugios de este folleto son aplicables para cualquier construcción en el sitio. Sin embargo, en una casa modular, la ubicación del refugio se limitaría al sótano o al módulo debajo del suelo. Una casa modular es aquella que se construye con unidades modulares que han sido fabricadas en otra parte, llevadas al sitio e instaladas como cimientos permanentes.

Figura II.2

Sección transversal:

cimientos típicos de un sótano, con refugio

ROOF – TECHO

EXTERIOR WALL – PARED EXTERIOR

WOOD FLOOR FRAMING – ESTRUCTURA DE PISO DE MADERA

BASEMENT FOUNDATION WALL – MURO DE CIMENTACIÓN DEL SÓTANO

SHELTER AREA – ÁREA DEL REFUGIO

EMERGENCY SUPPLY KIT STORED IN SHELTER – EQUIPO DE SUMINISTROS PARA

EMERGENCIAS ALMACENADO EN EL REFUGIO

CONCRETE SLAB – LOSA DE CONCRETO

CONCRETE FOOTING – ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN DE CONCRETO

SOIL – TIERRA

En una casa nueva o existente con un sótano, el refugio debe construirse en el sótano. Es posible construir el refugio como una estructura completamente independientes con sus propias paredes, o usar uno o más de los muros del sótano como paredes del refugio. Si se utilizan los muros del sótano, éstos tendrán que reforzarse especialmente. Las técnicas típicas de refuerzo que se emplean en las paredes de los sótanos residenciales no brindan suficiente protección contra misiles. En una nueva construcción, el constructor o contratista puede reforzar las paredes cerca del refugio durante la construcción de la casa. No es práctico reforzar los muros del sótano de una casa existente.

La probabilidad de que los misiles entren en el sótano es inferior a la de las áreas que se encuentran por encima del nivel del suelo; sin embargo, existen bastantes probabilidades de que los misiles o escombros entren en el sótano a través de alguna abertura que se cree cuando una ventana, puerta o el primer piso de arriba ha sido arrancado por el viento extremo. Por lo tanto, el refugio en el sótano debe tener su propio techo reforzado; el techo del sótano (que es el primer piso de arriba) no puede usarse como techo del refugio.

El tipo de refugio menos costoso que puede construirse en un sótano es un refugio adosado que se construye en una de las esquinas del sótano y aprovecha dos de sus muros. El refugio adosado usa menos materiales, requiere la menor cantidad de mano de obra y puede construirse con mayor rapidez que otros tipos de refugios en los sótanos.

En general, es más fácil agregar un refugio al sótano durante la construcción de una casa nueva que reacondicionar el sótano de una casa existente. Si planea agregar un refugio al sótano como un proyecto de reacondicionamiento, tenga presentes los siguientes puntos:

- Debe poder despejar un área del sótano que sea suficientemente grande para el refugio.
- A menos que las paredes exteriores del sótano contengan refuerzo de acero, como se ilustra en los diagramas de diseño proporcionados con este folleto, dichas paredes no pueden usarse como paredes del refugio, puesto que no están reforzadas para resistir los daños provocados por misiles y los levantamientos por vientos extremos.
- Las paredes exteriores del sótano que se usen como paredes del refugio no deben contener ventanas, puertas u otras aberturas.
- El refugio debe construirse con su propio techo, de manera que los ocupantes queden protegidos contra misiles y caídas de escombros.

Una casa con cimentación de losa de concreto (véase la Figura II.3) está construida sobre una losa de concreto que se instala sobre tierra compactada o natural. El concreto puede reforzarse con acero que contribuya a impedir grietas y deformación por flexión. Si está construyendo una casa nueva sobre losa de concreto y desea instalar un refugio de concreto o mampostería de concreto, el constructor o contratista debe hacer la losa más gruesa donde se construirá el refugio. La losa engrosada actuará como estructura de cimentación debajo de las paredes del refugio para brindar soporte estructural. También ayudará a asegurar el refugio para que permanezca en pie durante un evento de vientos extremos, aun si el resto de la casa se destruye.

En una casa existente, retirar parte de la losa y sustituirla con una sección engrosada implicaría mucho esfuerzo y trastornos dentro de la casa. Por lo tanto, la construcción de un refugio con paredes de concreto o mampostería de concreto en una casa existente con losa de cimentación de concreto por lo general no resulta práctica. Sin embargo, es posible construir un refugio con estructura de madera, porque las paredes no son tan pesadas y no requieren el soporte de una losa engrosada. Un refugio con estructura de madera puede crearse a partir de un cuarto existente, como un baño o clóset, o construirse como un nuevo cuarto en un área abierta de la casa, como una cochera.

También se puede construir el refugio como una adición en la parte externa de una casa sobre losa de concreto. Este tipo de refugio debe tener no sólo las estructuras de cimentación adecuadas, sino también un techo hermético al agua. Debido a que un refugio construido como una adición exterior será más susceptible al impacto de los misiles, no debe construirse con estructura de madera. En cambio, debe construirse con concreto o mampostería de concreto. Una puerta o ventana existente en una pared exterior de la casa puede proporcionar acceso a este tipo de refugio.

Figura II.3

Sección transversal:

cimientos típicos sobre una losa de concreto, con refugio

ROOF – TECHO

EXTERIOR WALL – PARED EXTERIOR

SHELTER AREA – ÁREA DEL REFUGIO

EMERGENCY SUPPLY KIT STORED IN SHELTER – EQUIPO DE SUMINISTROS PARA

EMERGENCIAS ALMACENADO EN EL REFUGIO

CONCRETE SLAB – LOSA DE CONCRETO

SOIL – TIERRA

En general, es más fácil agregar un refugio durante la construcción de una nueva casa sobre losa de cimentación de concreto que reacondicionar una casa existente. Si planea agregar un refugio a una casa construida sobre una losa de cimentación de concreto como un proyecto de reacondicionamiento, tenga presentes los siguientes puntos:

- Las paredes del refugio deben estar completamente separadas de la estructura de la casa. Mantener separadas las paredes posibilita que el refugio permanezca en pie incluso si los vientos extremos destruyen las partes de la casa que lo rodean.
- Si para crear el refugio piensa modificar un baño, clóset u otro cuarto interior con paredes de estructura de madera, las paredes existentes, incluido el recubrimiento ya sea en el interior o exterior de las paredes, como un muro seco o enlucido, deben retirarse y sustituirse con paredes y techo resistentes al impacto de misiles transportados por el viento y otros efectos de los vientos extremos.
- Si se propone construir un refugio con paredes de concreto o mampostería de concreto, una sección del piso de losa existente tendrá que retirarse y sustituirse con una losa más gruesa. Como se mencionó anteriormente, por lo general esto no resulta práctico en una casa existente.

Una casa construida sobre un espacio de acceso (véase la Figura II.4) por lo general tiene un piso construido de estructura de madera. A lo largo de su perímetro, los muros de cimentación exteriores soportan el piso. La parte interior del piso es soportada por vigas que descansan sobre un muro de cimentación o columnas individuales. Los muros de cimentación del espacio de acceso pueden ser de concreto, pero por lo general se construyen con mampostería de concreto. Los muros de cimentación del espacio a menudo no están reforzados y, por lo tanto, ofrecen poca resistencia al esfuerzo provocado por los vientos extremos.

Figura II.4

Sección transversal:

cimientos típicos de un espacio de acceso, con refugio

ROOF – TECHO

EXTERIOR WALL – PARED EXTERIOR

SHELTER AREA – ÁREA DEL REFUGIO

EMERGENCY SUPPLY KIT STORED IN SHELTER – EQUIPO DE SUMINISTROS PARA EMERGENCIAS ALMACENADO EN EL REFUGIO

CONCRETE SLAB – LOSA DE CONCRETO

WOOD FLOOR FRAMING – ESTRUCTURA DE PISO DE MADERA

CRAWLSPACE – ESPACIO DE ACCESO

SOIL – TIERRA

MASONRY FOUNDATION – CIMIENTOS DE MAMPOSTERÍA

FOUNDATION – CIMIENTOS

CONCRETE FOOTING – ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN DE CONCRETO

La construcción de un refugio dentro de una casa sobre cimientos de espacio de acceso es más difícil que construir un refugio dentro de una casa sobre cimientos de sótano o losa de concreto. La razón principal es que todo el refugio, incluido su piso, deben quedar separados de la estructura de la casa. Como se ilustra en la Figura II.4, un refugio construido dentro de la casa no puede usar el piso de la casa. El refugio debe tener un piso de losa de concreto separado, instalado encima del relleno de tierra, y estar soportado por muros de cimentación de concreto o mampostería de concreto. Otro enfoque, que puede resultar más económico, es construir un refugio exterior sobre losa de concreto adyacente a una pared exterior de la casa y proporcionar acceso a través de una puerta instalada en dicha pared.

La ventilación en el área por debajo del piso de la casa también es una cuestión importante. Los muros de cimentación típicamente mantienen de 18 a 30 pulgadas por encima del suelo el piso de estructura de madera de una casa sobre cimientos de espacio de acceso. El espacio por debajo del piso tiene el propósito de permitir que el aire circule para que la estructura del piso no llegue a humedecerse demasiado. Es importante que la instalación del refugio no obstaculice la circulación del aire.

En general, es mucho más sencillo construir un refugio dentro de una casa nueva con espacio de acceso que en una casa existente. Si planea agregar un refugio a una casa construida sobre un espacio de acceso como un proyecto de reacondicionamiento, tenga presentes los siguientes puntos:

- El refugio debe tener cimientos independientes. Construir los cimientos dentro de la casa requeriría cortar una sección del piso existente e instalar nuevos miembros de cimentación, tierra de relleno y una nueva losa; operación que resulta complicada y costosa y que a menudo no es práctica.
- Un enfoque más práctico y económico sería construir un refugio exterior, hecho de concreto o mampostería de concreto, sobre una losa de cimentación de concreto adyacente a una pared exterior de la casa, como se describió arriba.

ADVERTENCIA

No debe instalar un refugio en una casa soportada por pilotes, pilares o columnas. Con las piezas de conexión para construcción que se venden en la actualidad, no existe una forma económica de separar el refugio de la estructura del suelo y asegurar que el refugio resista las fuerzas de los vientos extremos.

Tal vez se sienta tentado a construir un refugio debajo de una casa sobre cimientos de pilotes, pilares o columnas. Sin embargo, si la casa se encuentra en un área de marejada ciclónica u otra área que pueda inundarse, el área debajo de la casa quedaría por debajo del nivel de la inundación. Un refugio construido en dicha zona atraparía a sus ocupantes en las crecidas cada vez más altas. Véase la advertencia en la página 5 para más información.

Ubicación del refugio

Existen varias posibles ubicaciones en su casa para un refugio. Tal vez la más cómoda y segura es por debajo de la planta baja, en el sótano. Si su casa no tiene sótano, puede instalar un refugio subterráneo debajo de una losa de cimentación de concreto o un piso de concreto de una cochera. Los refugios en los sótanos y los refugios subterráneos brindan el más alto nivel de protección contra misiles y caídas de escombros.

Cuartos interiores supervivientes

Otra opción para ubicar el refugio es un cuarto interior en el primer piso de la casa. Los investigadores, el personal de respuesta a emergencias y la gente que realiza la limpieza después de un tornado suelen encontrar todavía en pie un cuarto interior de una casa cuando todas las demás partes altas de la casa han sido destruidas. Los clósets, baños y cuartos pequeños de almacenamiento ofrecen la ventaja de tener una función aparte de brindar protección ocasional contra tormentas. Típicamente, estos cuartos tienen sólo una puerta y no tienen ventanas, lo que los hace ideales para convertirlos en refugio. Los baños tienen la ventaja adicional de incluir un suministro de agua e inodoro.

Independiente del lugar donde construya el refugio en su casa, las paredes y techo del refugio deben construirse de modo que lo protejan de los misiles y caídas de escombros, y para que permanezcan en pie si la casa sufre daños graves a causa de los vientos extremos. Si hay secciones de las paredes de su casa que se usen como paredes del refugio, dichas secciones deben separarse de la estructura de la casa. Esto es válido sin importar si usa paredes interiores o exteriores de la casa.

Las Figuras II.5 a II.7 son planos de piso típicos en las que se muestran las posibles ubicaciones de los refugios resaltadas en amarillo. No son planos de piso diseñados específicamente para casas con refugios. Muestran la manera como pueden agregarse los refugios sin cambios en la distribución de los cuartos.

Cuarto interior superviviente

Plano de piso 1: sótano

Las posibles ubicaciones del refugio en un sótano incluyen las siguientes:

- en una esquina del sótano, preferiblemente donde las paredes del sótano se encuentren por debajo del nivel del suelo
- en un baño, clóset u otro cuarto interior en el sótano
- en una adición autónoma al sótano

Un espacio que vaya usarse para un refugio debe mantenerse libre de amontonamientos para que sea posible entrar con facilidad y rapidez en el refugio y para que los ocupantes del refugio no se lastimen si caen objetos. Por esta razón, un baño es a menudo mejor opción para un refugio que un clóset u otro espacio usado para almacenamiento.

Recuerde que si el sótano se encuentra por debajo del nivel de la marejada ciclónica o del nivel de inundación de cualquier otro origen, no es una ubicación adecuada para un refugio. En esta situación, una posible alternativa sería construir un refugio exterior, adyacente a la casa, sobre una losa de cimentación de concreto por encima del nivel de inundación.

Figura II.5

Plano de piso 1:

sótano

SHELTER – REFUGIO

Plano de piso 2: casa sobre cimientos de losa de concreto o espacio de acceso

Las posibles ubicaciones del refugio en una casa sobre cimientos de losa de concreto o espacio de acceso incluyen los siguientes espacios en el primer piso:

- baño
- clóset
- cuarto de almacenamiento
- cuarto de lavandería (siempre que el muro de carga entre éste y la cochera, como se muestra en la Figura II.6, pueda separarse adecuadamente de la estructura de la casa)
- esquina de la cochera

Independientemente de dónde se construya el refugio, éste debe estar equipado con una puerta resistente al impacto de misiles. Recuerde que si el primer piso se encuentra por debajo del nivel de la marejada ciclónica o del nivel de inundación de cualquier otro origen, no es una ubicación adecuada para un refugio. En esta situación, una posible alternativa sería construir un refugio exterior sobre una losa de concreto elevada sobre relleno por encima del nivel de inundación.

Figura II.6

Plano de piso 2: casa sobre cimientos de losa de concreto o espacio de acceso

MASTER SUITE – RECÁMARA PRINCIPAL

LIVING – SALA

DINING – COMEDOR

KITCHEN – COCINA

STORAGE – ALMACENAMIENTO

BEDROOM – RECÁMARA

SHELTER – REFUGIO

GARAGE – COCHERA

Plano de piso 3: casa sobre cimientos de losa de concreto

Las posibles ubicaciones para un refugio subterráneo incluyen las siguientes:

- debajo de la losa en un clóset o cuarto de almacenamiento
- debajo del piso de la cochera, en un área donde no se estacionen automóviles

Debido a la dificultad de instalar un refugio subterráneo en una casa existente, este tipo de refugio resulta práctico sólo para nuevas construcciones. Recuerde que si el primer piso se encuentra por debajo del nivel de la marejada ciclónica o del nivel de inundación de cualquier otro origen, no es una ubicación adecuada para un refugio. En esta situación, una posible alternativa sería construir un refugio exterior sobre una losa de concreto elevada sobre relleno por encima del nivel de inundación.

Figura II.7

Plano de piso 3: casa sobre cimientos de losa de concreto

NO PARKING AREA – ÁREA DE NO ESTACIONAMIENTO

WALK-IN CLOSET – CLÓSET VESTIDOR

GARAGE - COCHERA

Las Tablas II.1 y II.2 le ayudarán a decidir qué tipo de refugio es apropiado para sus circunstancias. La Tabla II.1 se aplica a la construcción de refugios en casas nuevas. La Tabla II.2 aplica a situaciones de reacondicionamiento, en las cuales se añade un refugio a una casa existente.

Tabla II.1
Tipos de refugios apropiados para casas nuevas

CONSIDERACIONES DEL REFUGIO (casas nuevas)	TIPO DE REFUGIO APROPIADO		
	SÓTANO	SOBRE EL SUELO	SUBTERRÁNEO *
Casa ubicada en área de marejada ciclónica		✓	
Casa ubicada en área con riesgo de inundación		✓	
Nivel de aguas freáticas elevado		✓	
Bajo costo	✓		✓
Ocupación del refugio a largo plazo	✓	✓	
Menos probabilidades de ser alcanzado por misiles			✓

Tabla II.2
Tipos de refugios apropiados para casas existentes

CONSIDERACIONES DEL REFUGIO (casas existentes)	TIPO DE REFUGIO APROPIADO		
	SÓTANO	SOBRE EL SUELO	SUBTERRÁNEO *
Casa ubicada en área de marejada ciclónica		✓	
Casa ubicada en área con riesgo de inundación		✓	
Nivel de aguas freáticas elevado		✓	
Bajo costo	✓	✓	
Reacondicionamiento más sencillo	✓		
Ocupación del refugio a largo plazo	✓	✓	
Menos probabilidades de ser alcanzado por misiles			✓
Facilidad de separación del marco estructural de la casa	✓		
Trastornos mínimos a la casa	✓		
Facilidad de acceso		✓	

- Los refugios subterráneos a los que se refiere este folleto se construyen por debajo del suelo dentro de una casa y, por lo tanto, es posible entrar a ellos directamente desde el interior de la casa. Existen otros tipos de refugios subterráneos que están diseñados para instalarse fuera de una casa. Para entrar a uno de estos refugios subterráneos exteriores se requeriría salir de la casa. Este folleto no contiene ningún diseño u otra información acerca de refugios subterráneos exteriores.

Materiales de construcción

Los materiales que el constructor o contratista necesitará para construir el refugio se consiguen con los proveedores de materiales para construcción de su comunidad. Estos materiales han sido cuidadosamente seleccionados por su resistencia, durabilidad o capacidad de combinarse fácilmente de maneras que les permitan resistir las fuerzas de los vientos extremos y el impacto de los misiles transportados por el viento. Su constructor o contratista no debe sustituir los materiales especificados en los diseños por otros.

Una de las partes más vulnerables del refugio es la puerta. Los materiales especificados para las puertas en los diseños de los refugios de este folleto fueron probados por el Centro de Investigación de Ingeniería de Vientos de la Universidad Tecnológica de Texas en cuanto a su capacidad de soportar cargas de viento y prevenir la penetración de misiles. La instalación de la puerta es tan importante como los materiales empleados en su construcción. Confirme con su constructor o contratista que la puerta del refugio pueda instalarse como se muestra en los diagramas de diseño incluidos con este folleto.

Una lista completa de los materiales de construcción del refugio, con sus resistencias o propiedades esperadas, se incluye en los diseños de los refugios proporcionados en este folleto. Su constructor o contratista debe usarla cuando compre los materiales para su refugio.

Costo del refugio

El costo de su refugio varía dependiendo de lo siguiente:

- el tamaño del refugio
- la ubicación del refugio
- el número de paredes exteriores de la casa usadas en la construcción del refugio
- el tipo de puerta usada
- el tipo de cimientos sobre los que su casa está construida
- su ubicación dentro de los Estados Unidos (debido a variaciones regionales en los costos de mano de obra y materiales)
- si va a construir el refugio en una casa nueva o va a reacondicionar una casa existente

Tabla II.3 Costo promedio de un refugio de 8 pies por 8 pies en una casa nueva

La Tabla II.3 muestra el costo promedio de construcción de tres tipos de refugios: adosado, sobre el suelo (AG por sus siglas en inglés) y subterráneo, en casas nuevas sobre cimientos de sótano, losa de concreto y espacio de acceso, de acuerdo con los planos de diseño en este folleto. Estos costos son para refugios con un área de piso de 8 por 8 pies.

TIPO DE CIMIENTOS	TIPO DE REFUGIO ¹	COSTO PROMEDIO
Sótano	Adosado	\$3,000
	AG – Mampostería reforzada	\$3,500
	AG – Estructura de madera con revestimiento de madera contrachapada y acero	\$6,000
	AG – Estructura de madera con unidad de relleno de mampostería de concreto	\$4,500
	AG – Forma de concreto aislante	\$3,200
	Subterráneo	NA
	Losa de concreto	Adosado
AG – Mampostería reforzada		\$3,500
AG – Estructura de madera con revestimiento de madera contrachapada y acero		\$4,500 ²
AG – Estructura de madera con unidad de relleno de mampostería de concreto		\$4,000 ²
AG – Forma de concreto aislante		\$3,700
Subterráneo		\$2,000
Espacio de acceso		Adosado
	AG – Mampostería reforzada	\$4,500
	AG – Estructura de madera con revestimiento de madera contrachapada y acero	\$6,000
	AG – Estructura de madera con unidad de relleno de mampostería de concreto	\$5,500
	AG – Forma de concreto aislante	\$4,200
	Subterráneo	NA

NA = tipo de refugio no aplicable para el tipo de cimientos mostrado

¹ AG = refugio sobre el suelo (que también puede construirse en un sótano)

² Un cuarto interior con estructura de madera en el primer piso, como un baño o clóset, sería una parte normal de una casa nueva; por lo tanto, la cantidad en dólares mostrada es el costo adicional de construir el cuarto como un refugio en vez de como un cuarto interior estándar.

El costo de reacondicionar una casa existente para agregar un refugio varía dependiendo del tamaño de la casa y el tipo de construcción. En general, los costos de los refugios para casas existentes serán aproximadamente 20 por ciento más altos que los que se indican en la Tabla II.3.

Sección III:

Construcción del refugio

Su constructor o contratista puede usar los diagramas de diseño en este folleto para construir un refugio en cualquiera de las zonas de viendo que se ilustran en el mapa de la Figura I.2. Los diagramas de diseño proporcionados incluyen los detalles para construir cinco tipos de refugios: concreto, mampostería de concreto, estructura de madera, adosado y subterráneo. Se espera que cada una de estas opciones funcione igualmente bien en lo que se refiere a la resistencia a la fatiga de los materiales y las fallas en las conexiones provocadas por los vientos extremos.

Los materiales y conexiones se seleccionaron con base en su “máxima resistencia”, lo que significa que se espera que los materiales resistan las cargas impuestas sobre ellos hasta que ellos o las conexiones entre ellos fallen. Las fuerzas de los vientos extremos pueden provocar grietas u otras señales de esfuerzo en los materiales o conexiones empleados en el refugio, y pueden hacer que los materiales o conexiones cedan. Sin embargo, la intención de los diseños no es producir un refugio que permanecerá siempre sin sufrir daños, sino más bien un refugio que permita a sus ocupantes sobrevivir en una tormenta de vientos extremos con pocas lesiones o sin sufrirlas. El propio refugio puede necesitar reparaciones extensas o una sustitución total después de un evento de viento extremo.

El tamaño del refugio y los materiales especificados en los diagramas se basan en principios y prácticas utilizados por profesionales de la ingeniería estructural y en los resultados de muchas pruebas de los efectos del impacto de misiles. Antes de aumentar el tamaño del refugio o de usar materiales de tipos, tamaños o espaciado distintos de los especificados en los diagramas, revise los cambios con un ingeniero estructural con licencia profesional.

La información en esta sección incluye lo siguiente:

- diagramas de diseño y detalles de refugios en sótanos, sobre el suelo y subterráneos
- diseños para cimientos tanto de losa de concreto como de espacio de acceso
- notas de diseño general y tablas de sujetadores y herramientas
- listas de materiales con cantidades y especificaciones

El Centro de Investigación de Ingeniería de Vientos de la Universidad Tecnológica de Texas ha participado en el diseño de refugios desde hace muchos años. Si usted, su constructor o contratista tienen alguna duda acerca de los diagramas de diseño de este folleto, sírvanse comunicarse con el Centro de Investigación de Ingeniería de Vientos al (888) 946-3287 ext. 336 para obtener asistencia técnica.

El siguiente es un índice de los diagramas de diseño proporcionados en este folleto:

Núm. de hoja	Núm. de diagrama*	Título
1 de 16	1	Hoja de índice
2 de 16	2	Notas generales
3 de 16	IG-1	Refugio subterráneo – Secciones y detalles
4 de 16	B-1	Adosado al sótano
5 de 16	B-2	Refugio en el sótano – Ubicación en la esquina
6 de 16	AG-1	Planos alternativos de Unidad de mampostería de concreto (CMU) / Concreto
7 de 16	AG-2	Secciones de muros de CMU / Concreto
8 de 16	AG-3	Secciones de CMU / Concreto – Opciones para el techo
9 de 16	AG-4	Plano de refugio con estructura de madera – Revestimiento de madera contrachapada con relleno de CMU
10 de 16	AG-5	Plano de refugio con estructura de madera – Revestimiento de madera contrachapada y acero en las paredes
11 de 16	AG-6	Refugio con estructura de madera – Secciones de los cimientos
12 de 16	AG-7	Forma de concreto aislante – Planos
13 de 16	AG-8	Forma de concreto aislante – Secciones
14 de 16	14	Detalles diversos
15 y 16 de 16	15 y 16	Listas de materiales
* IG = Subterráneo, B = Sótano, AG = Sobre el suelo		

Cómo usar los diagramas

- Los diagramas no se reducirán o agrandarán a escala para determinar las dimensiones.
- Si existe algún conflicto entre una dimensión mostrada en los diagramas y una dimensión a escala, regirá la que se muestra en el diagrama.
- Si existe algún conflicto entre los diagramas y los códigos locales, regirán los códigos locales.
- Si existe algún conflicto entre las notas generales, especificaciones y planos, el orden de prioridad es: primero las notas, luego las especificaciones y por último los planos.