

El Impacto del Huracán Wilma en Cancún



**INFORME PRELIMINAR DE LA VISITA
DEL 30 DE NOVIEMBRE AL 6 DE DICIEMBRE DE 2005
POR EQUIPO DE INVESTIGADORES
DE**

Arq. Ricardo A. Alvarez, Ing. Timothy Reinhold y Dr. Hugh Gladwin

Preparado por
Arq. Ricardo A. Alvarez
19530 NE 18th Ct
North Miami Beach, Florida 33179-3656 U.S.A.
Tel. [305] 931-0871 Fax [305] 931-4704
ricardoalfonso@myway.com

EL IMPACTO DE WILMA EN CANCUN Y SUS ALREDEDORES

Informe Preliminar de Visita del 30 de Noviembre al 6 de Diciembre de 2005

por

Ricardo A. Alvarez^a, Timothy A. Reinhold^b and Hugh Gladwin^c

Equipo de Investigadores y Objetivos de la Visita

Un equipo de investigadores consistente del Arq. Ricardo A. Alvarez, el Ing. Timothy Reinhold y el Dr. Hugo Gladwin, '*los Investigadores*', visitaron la zona hotelera de Cancún, Ciudad Cancún y sus alrededores del 30 de noviembre al 6 de diciembre de 2005.

El principal objetivo de la visita fué observar directamente el tipo y/o patrones de daños causados a los edificios de los hoteles, a la infraestructura pública, a las playas y a las viviendas, antes de que las labores de reparación hiciesen imposible dicha evaluación. El segundo objetivo fue entrevistar funcionarios de protección civil y administradores de algunos hoteles para evaluar la efectividad de la preparación, respuesta y auxilio inmediato ante el impacto del huracán Wilma.

^a Arquitecto, investigador y consultor privado en Mitigación de Amenazas y Evaluación de Vulnerabilidad con énfasis de criterios de diseño, métodos de construcción y códigos de construcción anti-huracanes. Profesor de "Mitigación de Amenazas" y de "Evaluación de Vulnerabilidad" en la Universidad Internacional de la Florida (Florida International University – FIU); Profesor de "Análisis de Riesgo y Mitigación" en la Universidad Atlántica de la Florida (Florida Atlantic University – FAU). Subdirector (1999-2004) del Centro Internacional de Investigación sobre Huracanes ("International Hurricane Research Center"). Fundador del Laboratorio de Investigación sobre Mitigación Estructural en la FIU. Miembro del Consejo Directivo, desde 2004, del "Proyecto Alerta de Huracán" (Hurricane Warning Project) de la Ciudad de Deerfield Beach, Florida.

^b Ingeniero estructural especialista en "Ingeniería de Vientos", investigador y consultor privado. Vicepresidente de Ingeniería para el Instituto de Seguridad para los Negocios y la Vivienda ("Institute for Business and Home Safety") institución auspiciada por el sector de seguros de los Estados Unidos. Miembro del Comité de Normas sobre Cargas de Viento de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles ("American Society of Civil Engineers" – ASCE). Profesor de Ingeniería de Vientos y Director del Laboratorio de Investigación y Tunel de Vientos (1991-2004) Universidad de Clemson, Carolina del Sur.

^c Antropólogo, investigador y consultor privado en el campo del impacto humano y social de los huracanes y otras amenazas. Especialista en sondeos y encuestas de opinión pública. Profesor de ciencias sociales en la Universidad Internacional de la Florida (FIU), Director del Instituto de Investigación sobre Opinión Pública de la Universidad Internacional de la Florida ("Institute for Public Opinión Research" – "IPOR")

Los Investigadores contaron con la colaboración del Sr. Roberto Vargas Arzate, Director de Protección Civil de Cancún y del Subdirector de dicha Institución Dr. Mario Stoute durante su estadía en Cancún, a efectos de facilitar el acceso a diferentes zonas de la ciudad y de la zona hotelera e inclusive el acceso directo a varios edificios para poder observar y documentar los daños. Los Investigadores también recibieron apoyo del Ing. Jesús de la Torre Campos, Subdirector de Ingeniería del Grupo Nacional Provincial (GNP), y el Ing. Santos Fernández Rosas, Subdirector de Ingeniería de Riesgos de GNP, quienes proporcionaron valiosa información anecdótica, fotográfica y videográfica de los daños causados por Wilma en las playas y zona hotelera, y también facilitaron entrevistas con ingenieros a cargo de proyectos para algunos hoteles de la zona.

La visita de los Investigadores fue inicialmente propiciada por gestiones del Lic. Efraín Villanueva Arcos, Diputado por el Estado de Quintana Roo, y del Ing. Pedro Flota, Secretario de Seguridad Pública del Estado de Quintana Roo con el apoyo del Honorable Señor Gobernador de Quintana Roo.

Los Investigadores agradecen sinceramente las gestiones y apoyo de las personas e instituciones mencionadas antes.

Antecedentes

El Arq. Alvarez inició labor de investigación en Cancún poco después del impacto del huracán Gilberto en 1988, cuando visitó la región para observar y documentar los daños a edificios hoteleros, infraestructura pública y las playas. La información recabada en esa oportunidad sirvió de base para el material didáctico que el Arq. Alvarez incluyó en su curso “Mitigación de Amenazas” para el programa de Maestría en Administración de Obras de Construcción, dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Internacional de la Florida (FIU).

A fin de 1997 el Arq. Alvarez por invitación de la Universidad de Quintana Roo y de la Dirección de Protección Civil visitó nuevamente la zona hotelera de Cancún para documentar el crecimiento del lugar y su recuperación desde el desastre de 1988, y especialmente para observar los métodos de diseño y construcción de los hoteles.

En base a la información recabada durante dicha visita el Arq. Alvarez en colaboración con la Universidad de Quintana Roo (UQROO) organizó y dirigió un taller de una semana en el recinto de la universidad en Chetumal en agosto de 1998. Cerca de 80

representantes de las fuerzas armadas de México, del sector público especialmente el de defensa civil de seis estados mexicanos, profesionales de la ingeniería, meteorología y otros campos, así como investigadores y educadores participaron en este exitoso taller de cinco días. El taller enfocó sobre las “Herramientas para la Gestión de Emergencias”. El cuadro de instructores incluyó al Dr. Hugh Gladwin, y al geólogo José Longoria, ambos de la FIU, y al Dr. Richard Olson, científico político, de la Universidad de Arizona, así como al Arq. Ricardo Alvarez.

En 1999 en colaboración con la UQROO y la Dirección de Protección Civil el Arq. Alvarez organizó y dirigió un taller de tres días para administradores de hoteles, ingenieros y representantes de organismos públicos así como científicos y educadores. Más de 50 participaron en el taller que enfocó sobre el diseño y construcción de los hoteles y la gestión de emergencia. El cuadro de instructores para dicho taller incluyó al Dr. Alan Parker experto en turismo de la FIU y al Sr. Jeffrey Robinson presidente de la empresa “Hurricane Protection Industries” ubicada en Miramar, Florida, además del Arq. Alvarez.

En marzo del 2001 el Arq. Alvarez formó parte de un equipo de investigación auspiciado por el Banco Mundial que incluyó a investigadores de la UQROO, de la Universidad de Rhode Island y otros expertos, para estudiar el impacto de huracanes en la agricultura y la reserva ecológica de Sian Kan. El Arq. Alvarez fue el experto en la evaluación de vulnerabilidad al impacto de huracanes.

En julio del 2002 el Arq. Alvarez organizó y dirigió un taller de tres días y medio en Cozumel con el auspicio de la Secretaría de Seguridad de QROO, la UQROO, la Dirección de Protección Civil de Cozumel y otras instituciones. Alrededor de 75 representantes de los sectores hotelero, turismo, seguros, fuerzas armadas, comisión nacional del agua, electricidad, investigadores científicos y otros participaron en este taller que enfocó sobre “La Evaluación de Vulnerabilidad y la Mitigación como Herramientas de Administración”.

Colateralmente con estas actividades educativas y de investigación en el estado de Quintana Roo el Arq. Alvarez ha mantenido un programa muy activo en tres campos: (a) la asesoría a clientes privados, principalmente grandes hospitales, sobre como proteger sus edificios contra el impacto de huracanes, (b) la investigación científica práctica aplicada al campo del diseño y construcción de edificios y viviendas resistentes a huracanes, y (c) la educación tanto a nivel de maestría en universidades como a nivel de las escuelas primarias y secundarias.

En el campo de la investigación científica el Arq. Alvarez recibió un total de \$3 millones durante el período 2000-2004 de parte de la Secretaría de Asuntos Comunitarios (“Department of Community Affairs”) del Estado de La Florida para investigar criterios de diseño y métodos de construcción para reducir el potencial de daños a la vivienda y edificaciones ante el impacto de huracanes.

Un resultado tangible y práctico de la labor de investigación del Arq. Alvarez es una nueva norma incorporada al Código de Construcción de la Florida (“Florida Building Code”) bajo la Sección de Huracanes de Gran Velocidad (“High Velocity Hurricane Zone”) que entró en vigor el 1º. De octubre de 2005. Dicha norma mejora el método de construcción de techos con estructura de madera para viviendas de tal manera que son un 130% más resistentes a las cargas de presión de viento durante huracanes que lo eran bajo las normas anteriores, sin aumentar el costo de construcción. Esta norma no solo aumenta la protección a la vida humana y a los bienes sino que también reduce el riesgo para las compañías aseguradoras.

En el campo de la asesoría privada el Arq. Alvarez ha desarrollado proyectos de evaluación de vulnerabilidad y la mitigación de posibles impactos de huracán para numerosas instituciones incluyendo algunos de los mayores hospitales en la Florida como lo son: Mount Sinai Medical Center, un hospital de cuidados terciarios con 650 camas en Miami Beach, el Baptist Hospital of Miami, el Mercy Hospital situado en la zona costera de la bahía de Biscayne en Miami, el Miami Children’s Hospital, el Tampa General Hospital de 840 camas, situado en una isla en la bahía de Tampa y otros. Parte de dichas asesorías ha sido el análisis estructural con modelos computarizados del comportamiento de estructuras bajo la carga de vientos de huracán. Este tipo análisis es muy útil para edificios ya construidos bajo normas no “anti-huracanes” o para edificios en proceso de diseño para asegurar que sus estructuras y cubiertas resistirán cierto nivel de cargas de vientos de huracanes.

Durante las temporadas de huracanes del Atlántico, especialmente las muy activas del 2004 y del 2005, el Arq. Alvarez ha seguido muy de cerca los impactos en toda la cuenca del Caribe y del golfo de México incluyendo Cancún en especial y QROO en general. Como consecuencia de esto es que se iniciaron las gestiones para llevar a cabo la visita que es objeto de este informe.

Metodología

La visita de los Investigadores se llevó a cabo bajo la siguiente metodología:

1. Recorrido de la zona hotelera y varias zonas de ciudad Cancún y algunos puntos al sur de la ciudad para observar y documentar la magnitud de daños en general, así como el avance del proceso de recuperación. También para documentar vía fotografía o videografía digital.
2. Recorrido de la zona hotelera de Cancún y visitas a varios edificios para observar de cerca y en sitio el tipo y patrones de daños con el objetivo de evaluar el comportamiento de materiales y métodos de construcción así como el rol del diseño mismo en la causalidad de daños. Esto se documento vía fotografía y/o videografía digital.
3. Entrevistas con funcionarios de la Dirección de Protección Civil para recabar información sobre todo el proceso desde las alertas pre-impacto, la evacuación y otras medidas de preparación hasta la respuesta inmediata y el auxilio post-impacto.
4. Entrevistas con administradores de algunos hoteles para oír sus experiencias durante el proceso y su opinión sobre los daños causados a sus hoteles y sobre el proceso de protección civil activado por las autoridades locales.
5. Entrevistas con representantes del sector asegurador y el de ingeniería para recabar información sobre daños específicos y el rol del diseño y tipo de construcción en la causalidad de daños.
6. Búsqueda en la literatura científica y otras fuentes sobre los aspectos físico-meteorológicos del Wilma como ciclón tropical, incluyendo las características del campo de vientos en cuanto a intensidad y dirección, la presión atmosférica, la precipitación y la marejada.
7. Dialogo entre los Investigadores y análisis post-visita de la información recabada.
8. Intercambio de opiniones e clarificación de información, post-visita, con personas y funcionarios con los cuales se entrevistaron los Investigadores durante la visita.
9. Preparación de este informe.

Conclusiones Preliminares

Los Investigadores enfatizan que dada la duración de la estadía en Cancún y el programa de actividades desarrolladas el énfasis fue en la recabación de información y la documentación de daños vía fotografía y videografía digital. En base a esto los Investigadores se han formado algunas opiniones que permiten llegar a conclusiones preliminares. Es obvio que habrá de necesidad de investigación más profunda y un proceso de análisis durante un plazo adecuado para poder emitir juicios y llegar a conclusiones más definitivas.

Sin embargo e independientemente de lo antedicho los Investigadores han preparado este informe para presentar las conclusiones preliminares que siguen. Dichas conclusiones se han dividido por sector afectado para así facilitar el futuro diálogo y colaboración con varios sectores en Quintana Roo y en especial en Cancún y la Riviera Maya.

Más que conclusiones, los Investigadores ofrecen los comentarios que siguen como representativos de tópicos para futura discusión, y de aspectos preocupantes que habrán de ser estudiados más a fondo con el propósito de reducir el potencial de daños bajo los impactos futuros que recibirá la región.

1. PROTECCION CIVIL

El sector funcionó en forma efectiva. Es obvio que la labor de preparación, entrenamiento y divulgación previa produjo buenos resultados. La distribución de trípticos informativos entre la población y la labor de educación con los encargados de seguridad de los hoteles aparentemente contribuyeron al éxito de la gestión. Sin embargo los Investigadores recomiendan se les permita entrevistar a una muestra representativa de la población residente de Ciudad Cancún y del personal de seguridad de los hoteles para poder documentar científicamente qué fue lo que funcionó y por qué funcionó?

Al respecto de lo antedicho los Investigadores están muy interesados en recibir información del taller organizado por la Dirección de Protección Civil de Cancún para personal de seguridad de los hoteles, programado para el jueves 8 de diciembre. Los Investigadores contribuyeron una lista de preguntas para presentárselas a los participantes como una especie de encuesta no-científica para obtener información sobre la gestión de protección civil.

Vale destacar que gracias a dicha labor y a la activación muy a tiempo del plan de emergencia no hubo, hasta donde pudimos los Investigadores verificar, pérdida de vida humana como resultado del impacto de Wilma.

En base a entrevistas con funcionarios del sector y otra información recabada Los Investigadores son de la opinión que gran parte del éxito de la gestión es el resultado de un efectivo proceso de colaboración y ejecución entre entidades del sector público a nivel de gobierno federal, gobierno estatal y gobierno local y a la participación de entes no-gubernamentales.

Dos actividades críticas para la labor de respuesta inmediata y auxilio post-huracán como lo son la limpieza y retirada de escombros de las vías públicas y la restauración del suministro de energía eléctrica tanto al sector hotelero como a la población en general fueron manejados con eficiencia habiéndose logrado una restauración del 90% de la energía en un plazo de 4-5 días post-impacto.

Los Investigadores pudimos observar que las vías públicas de la zona hotelera se encuentran prácticamente libres de escombros, con sus señales de tránsito y sus árboles ya restaurados en más de un 90% a solo cinco semanas después del impacto. A este respecto cabe mencionar que los Investigadores pudieron observar varias zonas de Ciudad Cancún y sus alrededores donde todavía queda gran cantidad de arena y otros escombros que retirar, aunque también es cierto que las vías públicas han sido habilitadas en su mayoría.

Los Investigadores recibieron información anecdótica de casos aislados de pillaje que se dieron durante las primeras horas o días post-impacto. Aparentemente el plan de emergencia que se activó no contempló la movilización de la Policía o elementos de las fuerzas armadas en misión de seguridad y orden público en un momento específico. Sin embargo los Investigadores tienen entendido que dicha movilización se ejecutó tan pronto hubo noticias de los casos de pillaje lo que resultó en una normalización de la situación.

2. NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

Los Investigadores tuvieron gran dificultad al tratar de verificar qué normas obligatorias de diseño y construcción rigen la edificación de hoteles y otros edificios en Cancún y la Riviera Maya.

Algunas fuentes de información dijeron que “no existen normas obligatorias que contemplen las cargas de vientos de huracán” y por lo tanto las memorias de cálculo de las estructuras se basan en criterios sísmicos.

Otras fuentes informaron a los Investigadores que existen ciertas normas de la Comisión Nacional de Electricidad que rigen el diseño y construcción de hoteles y otros edificios en la zona. Sin embargo los Investigadores no encontraron forma de verificar lo antedicho o de obtener una copia de dichas normas.

Otras fuentes de información precisaron a los Investigadores de que si existen normas y que además ya hay una “propuesta de enmienda” para incorporar criterios de diseño que incluyan las cargas de vientos.

En forma independiente y posteriormente a la visita los Investigadores han establecido contacto con el Colegio de Ingenieros Civiles de la Zona Norte de Quintana Roo, habiendo por ese medio obtenido documentación sobre las normas existentes y de una “propuesta para normas de vientos” etc.

Es obvio que los Investigadores necesitarán profundizar su investigación sobre este tema tan importante. Los Investigadores consideran éste como un tópico crítico para la futura reducción del potencial de daños por el impacto de futuros huracanes, y también uno donde la experiencia de muchos años de los investigadores en este campo específico les puede permitir hacer una importante y efectiva contribución al proceso de mejorar.

Sobre este tema cabe mencionar que en base a las repetidas visitas de los Investigadores, principalmente del Arq. Ricardo Alvarez, a la zona así como en base a los daños observados en los hoteles podría concluirse que es obligatorio dedicar atención y recursos al análisis de situación con respecto al tema de las normas de diseño y construcción ya que de ello depende el futuro de la infraestructura hotelera y de otra índole en la región.

Muy preocupante sobre este tema particular fue lo observado por los Investigadores en el sentido de que numerosos hoteles están procediendo a reparar los daños sufridos con el ánimo de poder reanudar operaciones a la mayor brevedad a fin de aprovechar el negocio turístico durante la época de mayor demanda. Sin embargo la gran mayoría de las reparaciones en curso si no todas las observadas por los Investigadores se están haciendo simplemente para restaurar la condición existente antes del impacto de Wilma. No se está aplicando el concepto de mitigación en

forma alguna. O sea que la gran oportunidad que existe de incorporar medidas de mitigación aprovechando la necesidad de reparar daños se está desperdiciando totalmente. En la opinión de los Investigadores esto es una lástima y debiera ser un tema crítico que cuente con toda la atención y asesoría técnica de la que se puede disponer. Si no se mitiga ahora los daños se repetirán en el futuro.

3. INFRAESTRUCTURA DE INVESTIGACION

Relacionado con el tema anterior los Investigadores pudieron constatar que no existe en Quintana Roo la infraestructura necesaria para aprender más sobre las causas específicas de daños por huracanes, y para poder llevar a cabo pruebas de materiales y sistemas de construcción a efectos de poder certificar cual será su desempeño bajo el impacto de huracanes. En ausencia de dicha infraestructura se hace imposible apoyar mejoras en el diseño y construcción de edificios aun en el caso de que se implanten normas obligatorias que incorporen cargas de vientos y otros conceptos de huracán.

Los Investigadores preliminarmente recomiendan poner especial atención a dos sectores de la infraestructura de investigación:

- (a) Es importante poder desarrollar mapas de vientos específicos a cada región de Quintana Roo. Esto permitirá tener información confiable para definir las cargas de presión-velocidad que deban soportar los edificios bajo el impacto de un huracán. El resultado de esto a su vez será la implantación de criterios de diseño y factores de importancia y seguridad para la edificación en cada zona.
- (b) El otro sector que amerita atención, en la opinión de los Investigadores, es el de las pruebas y ensayos de materiales y sistemas de construcción para certificar su resistencia a (i) cargas ejercidas por la presión del viento, y (b) al impacto de proyectiles propulsados por el viento. Ambos factores son importantísimos para asegurar la integridad de la cubierta (los muros exteriores y todos sus componentes y los techos) de los edificios.

4. LA PLAYA

En la opinión de los Investigadores, en base a los daños observados durante la visita, los daños a la playa son iguales y quizás mayores que los causados por el huracán Gilberto en 1988. Esto puede ser el resultado de que la edificación y el

acercamiento de los edificios a la costa se ha cuadruplicado desde el 1988, o sea que la vulnerabilidad es mucho mayor ahora que entonces.

Comparando observaciones durante la visita con información fotográfica inmediata al impacto los Investigadores pudieron constatar de que el proceso natural de las mareas y corrientes ya ha “reconstruido” aunque muy parcialmente algo de la playa redepositando algo de la arena. Obviamente este proceso de “reconstrucción natural” es de largo plazo y no lo que Cancún y la región necesitan para reanudar la función turística.

En la opinión de los Investigadores gran parte del daño a las playas es el resultado de la proximidad de los edificios al agua y del sistema de muros de contención utilizados para poder construir tan cerca del agua. Los muros de contención son reflectores de la energía de las mareas y del oleaje. Dicha energía reflejada debilita la playa y constituye un continuo drenaje de la arena, todo lo cual hace a la playa más vulnerable al impacto de la marejada causado por un huracán.

Obviamente sería impráctico pensar en reubicar la edificación que ya existe, por lo que los Investigadores opinan se debe dar consideración a otro tipo de soluciones que aseguren una playa más estable y más defendible en caso de huracán. Ambos resultados, si es que se logran, son críticos para la sustentabilidad del turismo en la región y la reducción de daños potenciales del impacto de futuros huracanes.

Muy preliminarmente los Investigadores sugieren investigar la factibilidad de crear una nueva duna, ayudando a la naturaleza en dicho proceso, construir un rompeolas u otra estructura que amortigüe la energía de la marejada a la vez que preserve la viabilidad de la flora y faunas marinas, y quizás complementar dichas defensas con el fortalecimiento de puntos estratégicos a lo largo de la costa.

El reconstruir la playa usando los métodos ya utilizados anteriormente, como el bombeo de arena o el dragado y movimiento de tierras etc. solo restaurará la playa a su condición anterior conjuntamente con los factores que contribuyeron a su vulnerabilidad.

Los Investigadores opinan que éste es el mejor momento para incorporar medidas de mitigación aprovechando la necesidad de reconstruir la playa. Obviamente algunas de las soluciones mencionadas tienen un alto costo como obras civiles de gran envergadura, sin embargo el beneficio de asegurar la continuidad del turismo en la región puede sobrepasar por mucho la inversión necesaria.

5. DAÑOS A EDIFICIOS

En base a observaciones visuales, sin mediar pruebas o instrumentación algunas, los Investigadores clasifican los daños como sigue:

5.1 Cimientos

Se observaron casos de cimientos socavados por el oleaje y la marejada. Es posible que dichos daños puedan haber resultado en daños a la estructura principal o a las losas de piso y muros, sin embargo sería necesario un análisis más específico para determinar si éste es el caso.

En algunos casos se observaron columnas en balcones que seguían hacia la planta baja pero carecían de cimiento por debajo de la losa de piso a nivel del suelo. Fue imposible definir si este detalle en particular de dichas columnas externas o si la estructura total está cimentada a nivel de la losa de suelo o si ‘as bien las mismas están ancladas sobre pilotes estructurales. Sería necesario analizar los planos estructurales para dilucidar este punto.

Cabe mencionar que dicha ausencia de pilotes de cimentación se había observado en varios edificios dañados por el huracán Gilberto en 1988.

5.2 Estructura

En base a la inspección visual los Investigadores no observaron casos específicos de daños estructurales en los varios edificios visitados. En general las estructuras de dichos edificios son de hormigón armado (‘concreto reforzado’).

En este caso, igual que con el anterior, sería necesaria una evaluación más específica en sitio quizás con instrumentación, para evaluar si existen posibles daños estructurales o no. Esto también habrá de incluir la revisión de los planos estructurales existentes.

5.3 Techos

Aun cuando los techos son considerados parte de la ‘cubierta’ del edificio los Investigadores decidieron informar sobre los daños observados en techos separadamente para ir así tipificando los patrones de daños.

Los daños observados se han clasificado en base al tipo de techo.

(a) Techos Principales de Tejas:

El 100% de los casos observados consistió de techos de concreto reforzado con una cubierta de tejas de barro. En la totalidad de los casos las tejas fueron instaladas utilizando una base de mortero de cemento para fijarla 'quimicamente' a la losa de techo.

En general los daños consistieron de tejas desplazadas muy probablemente por la presión negativa (succión) del viento que superó la capacidad de adhesión del mortero a la teja. A consecuencia de dicha succión las tejas volaron, convirtiéndose en proyectiles propulsados por el viento que probablemente dañaron propiedades vecinas, dejando el mortero total o parcialmente adherido a la losa de techo.

La mayoría de los techos observados tenían daños variando entre un 20% y un 60% de la cubierta de tejas. En algunos casos en techos de dos o más aguas se observó que un agua tenía daños en un 100% mientras el agua opuesta tenía daños de 10% o menores. Este tipo de daños es un resultado típico del ángulo de ataque del viento.

En algunos casos y juzgando por la cantidad y patrones del mortero aun adherido a la losa de techo era obvio que la calidad de instalación era inferior pues la cantidad de mortero utilizado no abarcó la superficie total de la teja.

Los Investigadores pudieron definir la causalidad de daños por medio de la observación de daños a los techos de tejas. Por ejemplo la mayoría de los daños se iniciaron en las esquinas del techo, probablemente con una teja siendo desplazada por el viento y esto a su vez permitiendo que el viento penetrase por abajo del borde de otras tejas y luego en un "efecto de dominó" un daño llevó a otro. También en algunos casos se pudo observar ventanas con los vidrios rotos a consecuencia del impacto de una teja convertida en proyectil impulsado por el viento.

Aunque los Investigadores no tuvieron la capacidad de verificarlo dado el método visual utilizado es probable que los daños a los techos hayan resultado en daños indirectos o consecuenciales, tales como penetración de agua al interior de la vivienda o edificio (goteras) a través de fisuras o uniones en la losa de techo y quizás casos de moho en plafones, muros internos y acabados.

Los Investigadores recomiendan un análisis más específico sobre los métodos de instalación de tejas y el control de calidad de la misma como un tópico de prioridad. Es importante minimizar el tipo de daños observados a fin de fortalecer la integridad de la cubierta de la edificación.

(b) Techos Secundarios de Tejas:

En general estos techos están instalados sobre balcones o terrazas con las tejas ancladas a una estructura de madera acabada o artesanal. En los casos observados las tejas estaban ancladas 'mecánicamente' por medio de amarres de alambre de cobre o de acero galvanizado de calibre menor. Este tipo de instalación de tejas fue incapaz de resistir la succión o empuje del viento y en consecuencia sufrieron daños del 90% al 100%. Debe tenerse en cuenta que todas esas tejas se convirtieron en proyectiles impulsados por el viento que muy probablemente dañaron a su vez ventanas, puertas, muros y techos vecinos.

Los Investigadores opinan que debe prestarse especial atención a los métodos de instalación de estos techos secundarios, pues aunque son en su casi totalidad de carácter decorativo más que utilitario, el resultado de los daos es que las tejas desplazadas causaron considerable daño a las edificaciones vecinas al convertirse en proyectiles propulsados por el viento.

(c) Techos Planos:

Salvo algunas raras excepciones la mayoría de los hoteles observados tienen techos planos consistentes de losas de concreto impermeabilizadas por medio de pinturas u otros materiales aplicados a la superficie, o bien recubrimientos en capas hechos de materiales asfálticos o membranas elastoméricas.

En el caso de recubrimientos asfálticos o similares se observaron varios casos en los que la fuerza adhesión del recubrimiento de techo no fue suficiente para contrarrestar la succión del viento huracanado. Como resultado grandes superficies del material de recubrimiento fueron arrancados del techo dejando expuesta la losa de concreto.

Los Investigadores recomiendan tipificar este tipo de daños en base al tipo de material utilizado para la losa de techo, como por ejemplo concreto liviano sobre lámina metálica, o concreto regular etc.

(d) Tragaluces:

Los Investigadores observaron dos casos específicos de hoteles de varios pisos con enormes pirámides translucidas o transparentes (tragaluces) instaladas en sus techos. En ambos casos las pirámides eran cúspide de un ambiente interior abierto desde la planta baja hasta el techo con el propósito de permitir la iluminación natural del ambiente interior.

Dichos tragaluces fueron construidos utilizando láminas reticuladas de policarbonato o de material similar ancladas a una estructura de acero. En un caso específico las láminas del tragaluz tenían un cable de acero pasando por el centro de cada una a efectos de aportar un método adicional de anclaje.

En ambos casos los tragaluces sufrieron pérdida de la cubierta translucida de un 90% a un 100%. Hasta donde los Investigadores lograron deducir los daños resultaron de la combinación de presiones negativas (succión) del viento muy fuertes, dada la altura sobre el suelo, con presiones positivas empujando sobre la superficie inferior del tragaluz debido a rompimientos en la cubierta del edificio en pisos inferiores. Quizás el resultado de ventanas que fallaron por impacto de proyectiles o por presión del viento.

Las láminas translucidas mencionadas fueron arrancadas de cuajo o fracturadas en pedazos antes de ser arrancadas. El resultado documentado fue la pérdida del 90% al 100% de la cubierta del tragaluz.

El resultado indirecto de lo anterior fue la penetración de viento y agua al interior del edificio causando daños interiores, acabados, mobiliario y decorados.

El uso de estas pirámides translúcidas o transparentes son un elemento arquitectónico que da un toque dramático y espectacular a los ambientes interiores cobijados por las mismas. Sin embargo es obvio, en la opinión de los Investigadores, que constituyen un punto débil en la cubierta del edificio que lo cual contribuye a incrementar la vulnerabilidad de la misma. Se recomienda darle prioridad a la investigación de métodos y materiales y de criterios de diseño que permitan el uso de dichos elementos arquitectónicos al mismo tiempo que se mantiene la integridad de la cubierta del edificio para que pueda resistir las presiones resultantes de la velocidad del viento actuando sobre la misma.

(e) Techos de Lámina Metálica:

Los Investigadores tuvieron la oportunidad de observar algunos casos, pocos, de edificios o estructuras con techo metálico. Algunos de éstos eran estaciones de gasolina en las que una estructura de acero con un simple techo metálico cubría la zona de las bombas de combustible. En todos los casos la lámina metálica de la cubierta del techo fue dañada extensamente. En la opinión de los Investigadores la capacidad de anclaje de la lámina metálica del techo fue superada por mucho por la presión del viento durante el huracán.

(f) Techos Artesanales:

Los investigadores observaron varios casos de techos contruidos de materiales como palmas, materiales pajizos, lona, material vinílico y otros que sufrieron considerables daños. En la mayoría de los casos es obvio que dichos materiales no resistieron la fuerza del viento y fueron rasgados o arrancados totalmente de sus estructuras a las cuales estaban anclados.

5.4 Cubierta

Para los efectos de este informe solamente los Investigadores consideran los muros exteriores del edificio y todos sus componentes, como por ejemplo ventanas, puertas, rejillas de ventilación y otros, como la cubierta del edificio.

Los daños observados se han clasificado en base al tipo de material.

(a) Muros de Hormigón o Mampostería:

Los muros exteriores contruidos de hormigón o de mampostería reforzada o no sufrieron daños menores, principalmente cosméticos tales como deterioro de la pintura o del revoque debido a presión del viento o al impacto de proyectiles. Obviamente se hace necesaria una inspección más detallada de un mayor número de edificaciones en la zona hotelera para poder verificar si estas observaciones de los Investigadores constituyen la norma o bien la excepción.

(b) Vidrio:

En general los Investigadores observaron daños considerables y severos a los elementos de vidrio utilizados en la cubierta de los edificios. Una causa común del

nivel de daños observados fue la ausencia total de cortinas anticiclónicas u otros medios de protección al vidrio de la cubierta contra el impacto de proyectiles. Los Investigadores opinan que la instalación de cortinas anticiclónicas o materiales a prueba de impactos podría considerarse como una norma obligatoria en el futuro.

Otra causa generalizada de los daños observados resulta de la falta de refuerzo adecuado en la instalación de vidrio que fuese conmensurable al aumento en cargas con la altura del edificio y la ubicación del vidrio con respecto a los cambios de dirección en la cubierta del edificio. Aparentemente en ausencia de normas y criterios de diseño que tomen en cuenta las cargas de viento ha llevado a una falta de medidas básicas para asegurar la integridad de la cubierta del edificio.

Aparentemente el nivel de daños fue relativamente universal independientemente del tipo específico de instalación del vidrio.

Los diferentes tipos de instalación de vidrio y las posibles causas principales del daño fueron como sigue:

- (i) *Cortina de vidrio recocido:* Un detalle bastante común consiste en láminas de vidrio recocido instaladas directamente en canales cortados en la losa de concreto de piso y de techo y lateralmente en las columnas cuando es el caso. Dichas cortinas de vidrio son arriostradas por láminas verticales del mismo vidrio instaladas perpendicularmente al plano de la cortina exterior y conectados por angulares metálicos o por adhesivos. Dos principales causas de daño fueron identificadas. La primera causa obvia de daño fue el resultado de impactos de proyectiles impulsados por los vientos que causó el rompimiento del vidrio en múltiples fragmentos muy pequeños, pues el vidrio recocido está diseñado para fracturarse así por razones de seguridad. La otra posible causa resulta de la instalación directa en el canal del piso y techo sin marco de refuerzo alguno. La vibración inducida por los ciclos de presión de viento aparentemente sobrepasaron la capacidad del canal y el mortero de relleno de mantener la lámina de vidrio en sitio, consecuentemente la lámina se fracturó.
- (ii) *Cortina de vidrio templado:* el método de instalación es similar al descrito anteriormente. En algunos casos las láminas de vidrio están ancladas por medio de angulares metálicos o por adhesivos. Las causas de daños fueron las mismas, succión por la presión negativa del viento o el impacto de proyectiles. La diferencia con este tipo de vidrio es que no se fractura en

pequeños fragmentos si no más bien en grandes trozos que se convierten de por sí en un tremendo riesgo para personas y la propiedad. Los Investigadores pudieron observar numerosos edificios cuyas cortinas de vidrio habían sido rotas por impacto o arrancadas de la estructura.

- (iii) *Puertas corredizas, ventanas y cortinas exteriores de vidrio y aluminio:* este tipo de instalación es típico de las plantas bajas de muchos hoteles y edificios y también de las habitaciones de los hoteles, especialmente aquellas con balcón o terraza. Un defecto bastante común en este tipo de instalación, según lo observado por los Investigadores, es la ausencia de anclajes adecuados para conectar el marco de aluminio a la estructura del edificio. La consecuencia de esto es que la presión del viento tanto positiva como negativa superó la capacidad del anclaje de los marcos de aluminio y esto llevó a su desplazamiento y a la rotura del vidrio o la total pérdida del vidrio por la succión del viento. En algunos casos específicos los Investigadores pudieron observar marcos de aluminio anclados lateralmente a la estructura por medio de tres tornillos por lado pero sin ningún otro anclaje en el marco superior o el inferior. Dada la superficie total de dichos ventanales es obvio que la presión del viento resultó en cargas totales muy superiores a la capacidad de retención de los pocos tornillos instalados.

(c) Otros Materiales:

Quizás los daños más severos en la cubierta del edificio resultaron del uso de otro tipo de materiales en la construcción de dicha cubierta. Los Investigadores observaron tres casos específicos de daños relacionados directamente con el tipo de material utilizado en la cubierta. Dichos casos son los siguientes:

- (i) Uso de paneles de aluminio para formar parte de la cubierta del edificio. Dichos paneles de aluminio van anclados por medio de tornillos a una cuadrícula de angulares metálicos que a su vez está anclada a la estructura de concreto del edificio. En base a las observaciones de los Investigadores el sistema completo fue incapaz de soportar las cargas aplicadas por la presión del viento. Como resultado la mayoría de los paneles de aluminio fueron arrancados del edificio.
- (ii) Uso de tabla-roca para la cortina exterior del edificio. En algunos casos observados por los Investigadores se utilizó tabla-roca anclada a una estructura metálica con el objetivo de lograr formas arquitectónicas que

hubiesen resultado más difíciles de construir y más costosas utilizando materiales más tradicionales. Este tipo de sistema no pudo resistir las cargas ejercidas por la presión de los vientos y como resultado láminas completas de tabla-roca fueron arrancadas de la cubierta.

- (iii) Uso de materiales aislantes livianos para la cubierta del edificio. Los Investigadores pudieron observar por lo menos un caso de un material conocido técnicamente como “sistema de acabado en base a material aislante de uso exterior”. Este tipo de material es fácilmente manejable desde el punto de vista de cortes e instalación, y además puede recibir revoque o pintura. El problema es que el material no tiene capacidad estructural o resistencia contra impactos alguna. En el caso único observado del uso de este material los daños a la cubierta del edificio fueron totales lo que resultó en daños catastróficos al interior y contenido del edificio. Obviamente no es el tipo de material que pueda usarse en cubiertas en zona de huracanes.

5.5 Infraestructura Externa

(a) Muros de Retención:

Daños extensos generalizados. Los muros fueron duramente impactados por la presión hidrodinámica generada por una marejada que en algunos casos alcanzó hasta seis metros de altura sin incluir el oleaje. Si se considera que un metro cúbico de agua salada pesa una tonelada métrica uno puede cuantificar las enormes cargas dinámicas que fueron aplicadas a dichos muros. El resultado en muchos casos fue la falla estructural del muro y su demolición total o parcial lo que llevó a daños a la infraestructura construida detrás del muro. Tales como albercas, terrazas etc. En muchos casos la marejada socavó los cimientos de los muros y luego arrasó con la arena y otros materiales e instalaciones al retirarse.

(b) Albercas y Terrazas:

Además de aquellas albercas y terrazas dañadas a consecuencia de fallas en el muro de contención, muchas albercas y terrazas fueron alcanzadas directamente por la marejada misma que depositó grandes cantidades de arena, rocas y otros desperdicios. Todo esto causó daños a estas estructuras.

(c) Balcones y Barandales:

Muchos balcones y barandales, sobre todo en los pisos as' altos de los hoteles, sufrieron daños importantes. Aquellos balcones que tenía vidrio en sus barandales sufrieron la rotura del vidrio. Los herrajes de los barandales, en su mayoría de aluminio. Fueron en muchos casos arrancados de cuajo de sus anclajes bajo la presión del viento.

(d) Plafones Exteriores:

Los Investigadores observaron varios casos de áreas externas protegidas por voladizos o techos externos en cuya parte inferior se había instalado un falso plafón utilizando materiales normalmente usados en áreas interiores de un edificio. Estamos hablando de plafones consistentes en láminas de materiales muy livianos soportadas por una cuadrícula de elementos de aluminio colgadas de la estructura de concreto del edificio. Obviamente estos materiales no soportaron el embate del viento y la lluvia impulsada por el viento y fueron destruidos en su totalidad.

Lo que es alarmante en algunos casos es que ya se han completado las reparaciones instalando exactamente el mismo tipo de plafón.

(e) Equipos Instalados en Techos:

La mayoría de los hoteles tienen varios tipos de equipos mecánicos, chimeneas, torres de comunicación, paneles de energía solar, tanques de agua etc. instalados en sus techos. Los Investigadores observaron extensos daños no solo en los equipos en si pero también en los techos mismos. La causa primordial de daos fue la falla del anclaje principal lo que permitió que el equipo se desplazara o fuese totalmente arrancado de su sitio. En otros casos el anclaje principal soportó las cargas pero los anclajes secundarios fallaron. Este fue el caso con paneles solares instalados sobre estructuras de acero ancladas al techo. El método de anclaje de cada panel solar a su estructura de apoyo consistía de cuatro pequeños canales de acero soldados a la estructura principal. Los pequeños canales fueron incapaces de sostener a los paneles solares los cuales fueron arrancados por la presión del viento, pero la estructura principal de apoyo permaneció en sitio en parte porque al volar los paneles solares las cargas aplicadas disminuyeron considerablemente.

Los Investigadores también observaron un par de casos de torres de comunicación para radio o telefonía celular consistentes en estructuras metálicas tubulares o

angulares apoyadas sobre un punto y mantenidas en sitio por medio de cables tensores. En ambos casos los cables tensores fueron incapaces de mantener la torre en sitio bajo las cargas de vientos y las mismas fueron derribadas.

(f) Otros Equipos Instalados Exteriormente:

Al igual que los equipos instalados en los techos los Investigadores observaron una variedad de equipos tales como evaporadores y condensadores de aire acondicionado, torres de enfriamiento y otros similares instalados exteriormente pero a nivel del suelo, los cuales sufrieron serios daños por el impacto del viento y de proyectiles impulsados por el viento.

(g) Playas de Estacionamiento:

Las playas de estacionamiento sufrieron daños a consecuencia de la marejada y la inundación resultante de las lluvias extremas que azotaron la región por más de dos días. Los principales daños consistieron de erosión del pavimento, socavación y desnivelación y otros similares.

(h) Iluminación Exterior y Mástiles:

Gran cantidad de postes de iluminación, torres de transmisión de energía eléctrica, torres y cableado para señales de tránsito, mástiles de varios tipos, rótulos de calles y otros similares sufrieron serios daños bajo el impacto del viento y de proyectiles. La mayoría de estos daños ya habían sido reparados cuando los Investigadores visitaron la zona, pero dichas reparaciones no incorporan medidas de mitigación alguna.

Los Investigadores opinan que debe dársele prioridad a la investigación sobre varios métodos y sistemas ya disponibles para mitigar el impacto de futuros huracanes sobre este tipo de estructuras que están totalmente expuestas a los elementos. Algunas posibles alternativas incluyen: (i) el uso de torres tipo trípode para sustituir las torres con cables tensores, (ii) postes con brazos en voladizo para las señales de tránsito en vez de sistemas de cables etc.

(i) Muelles, Palapas y otras Instalaciones:

Todos los muelles de madera observados por los Investigadores estaban total o parcialmente demolidos. Las palapas, aun aquellas con redes para mantener la

palma en sitio, tenían daños parciales. Igual se observó con otras estructuras construidas cerca de la playa en ubicación al descubierto.

(j) Jardinería:

Muchísimas palmeras y árboles fueron arrancados de cuajo y muchos más sufrieron pérdida de ramas y follaje. La gran mayoría ya habían sido resembrados o reemplazados. Los Investigadores recomiendan investigar el uso de especies nativas y también programas para la poda de árboles al acercarse la temporada anual de huracanes. Los programas de poda preventiva utilizados en la Florida han dado muy buenos resultados.

Con respecto a los árboles derribados y las ramas arrancadas es importante tener en cuenta que los daos indirectos pueden llevar a la destrucción de banquetas y pavimento o a daños a los cables eléctricos o telefónicos. Lo que a su vez resulta en daos consecuenciales como la interrupción de comunicaciones o de la distribución de energía eléctrica.

(k) Rótulos:

Los Investigadores pudieron observar gran cantidad de rótulos dañados por el huracán. En el caso de rótulos eléctricos de tipo institucional o comercial el daño consistió en láminas plásticas arrancadas totalmente o rotas por el impacto de proyectiles. En el caso de rótulos publicitarios tipo valla de carretera se observaron dos tipos de daño *(i)* la lámina de aluminio o de madera sobre la cual estaba pintado o instalado el mensaje publicitario fue arrancada total o parcialmente por la presión del viento quizás después de sufrir impactos de proyectiles, *(ii)* el rótulo entero junto con su estructura fue demolido por la presión de los vientos.

5.6 Interiores

Los interiores de los edificios sufrieron daños a consecuencia de daños al techo o la cubierta lo que permitió la penetración del viento y de la lluvia, y también por daos ocasionados por la marejada.

(a) Muros:

Los muros interiores de tabla-roca fueron dañados en algunos casos por la presión del viento que los arrancó o fracturó, y en otros por la penetración de lluvia o la

marejada. La tabla-roca mojada pierda la poca integridad estructural que posee. Con respecto a estos daños los Investigadores observaron que el método de instalación de los muros interiores de tabla-roca es totalmente inadecuado a su vulnerabilidad de impacto por vientos. En los casos observados por los Investigadores, la estructura de soporte de los paneles de tabla-roca consistía de parales metálicos de acero galvanizado, y al menos en un caso de aluminio, de poco calibre instalados a 60 centímetros centro a centro. Dicha estructura de apoyo no tiene capacidad alguna para resistir la presión del viento una vez que haya penetración de la cubierta del edificio.

La norma en otros países es un espaciamiento de 40 centímetros y en algunos casos de vulnerabilidad extrema de 30 centímetros centro a centro.

Daños similares fueron observados en muros construidos del material 'Dura-roc'

(b) Plafones:

Los cielos o falsos plafones construidos de láminas aislantes soportadas por una estructura meta liviana colgada de la losa de techo sufrieron daños considerables bajo la presión del viento y el impacto de la lluvia después que hubo penetración de la cubierta del edificio.

(c) Pisos:

En general los pisos de cerámica o de mármol u otros materiales de acabado similares sufrieron solamente daños menores (más que todo suciedad) baho el impacto del viento o del agua.

Los pisos alfombrados y los de madera sufrieron daños severos principalmente a consecuencia del agua de lluvia o la marejada que penetró los edificios. Las alfombras dañadas por humedad que no pueden ser secadas inmediatamente resultan siempre en la pérdida total.

(d) Instalaciones Mecánicas y Otras:

La presión del viento dentro de un edificio a raíz de la penetración de la cubierta siempre conlleva un enorme potencial de daños a la infraestructura de aire acondicionado y ventilación del edificio. Los Investigadores pudieron observar

ductos flexibles de aire acondicionado totalmente destruidos por la presión del viento.

5.7 Contenido

Una brecha en la cubierta del edificio causada por el impacto del viento, de proyectiles propulsados por el viento, de la marejada o por el impacto de objetos flotantes propulsados por la corriente, permite que el viento y la lluvia y/o las aguas de la marejada o de inundación penetren en su interior causando gran cantidad de daños.

(a) Mobiliario

Los Investigadores observaron gran cantidad de muebles dañados por el viento o el agua en algunos hoteles visitados. Lo que fue sorprendente para los Investigadores fue que en la mayoría de los casos no se tomaron medidas de precaución para proteger el mobiliario en caso de una brecha en la cubierta del edificio. Sin embargo los Investigadores visitaron un hotel y entrevistaron al Director de Seguridad quien informó sobre las medidas preventivas tomadas para proteger el mobiliario. Dichas medidas preventivas consistieron en guardar el escritorio, el minibar, la televisión y el aparato telefónico dentro del baño al igual que los cuadros, lámparas y objetos decorativos junto con la tope de cama y cortinaje. La puerta del baño permaneció cerrada. El propósito de dichas medidas es proteger el mobiliario y objetos de mayor valor dejando por fuera el mueble de mayor volumen, la cama, pero de menor valor relativo.

(b) Decorados

Los decorados en las zonas comunes de los hoteles tienen igual o mayor probabilidad de sufrir daños como resultado de una brecha en la cubierta del edificio.

Fin del informe --//