

DIRECTRICES PARA UNA GUÍA METODOLÓGICA DE DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXPLOSIONES EN EDIFICIACIÓN EN ESPAÑA

Marcelo Javier Ibieta Ordoñez
Fernando Rodríguez López

*Departamento Ingeniería Civil: Construcción, E.T.S.I.C.C.P.
Universidad Politécnica de Madrid*

Abstract

From the point of view of management of urban construction projects, in Spain actually does not exist a specific design legal rules or clear methodologies to deal a risk that has been present in the recent past, having suffered a series of bombings attacks intentioned that they are widely known.

The risk management methodology seeks to establish sufficient criteria to ensure the strength and flexibility of a project from the perspective of a modern approach in the line of the Technical Building Code, incorporating the concept of a performance-based regulation, thereby allow solutions open to innovation and technological development in the field of explosion safety in Spain.

This paper proposes an overview of the techniques and procedures widely used by researchers and professional experts who can get the basics needed to raise a guide to suit the requirements in the Spanish environment.

Polytechnic University of Madrid is leading a research project entitled "Research on the conditions for the design and implementation of park building transport terminals subjected to risk of terrorist attack" which aims to give final broad outlines of a methodological guide benefit of technical professionals.

Keywords: *Risk management; Project management; Building; Terrorism*

Resumen

Desde el punto de vista de la dirección de proyectos en edificación urbana, España no cuenta con una metodología de diseño concreta para responder a un riesgo que ha estado presente la anterior década, habiendo soportado una serie de atentados explosivos intencionados que son de amplio conocimiento. La metodología de gestión de riesgos pretende establecer los suficientes criterios para garantizar la resistencia y flexibilidad de un proyecto desde el punto de vista de un enfoque moderno en la línea del Código Técnico de la Edificación incorporando el concepto de normativa basada en prestaciones, de esa forma permitir encontrar soluciones abiertas a la innovación y al desarrollo tecnológico en materia de Seguridad contra explosiones en España.

Esta comunicación propone una visión global de las técnicas y procedimientos ampliamente utilizados por investigadores y expertos profesionales de los cuales se puede obtener las bases necesarias para plantear una guía que se adapte a los requerimientos del entorno español.

La Universidad Politécnica de Madrid está liderando un proyecto de investigación denominado "Investigación sobre las condiciones para el proyecto y la ejecución de edificios de aparcamientos de terminales de transporte sometido a riesgo de ataque terrorista" cuyo resultado final pretende dar líneas generales de una guía metodológica en beneficio de los profesionales del área técnica.

Palabras clave: *Gestión de Riesgos; Dirección de Proyectos; Edificación; Terrorismo.*

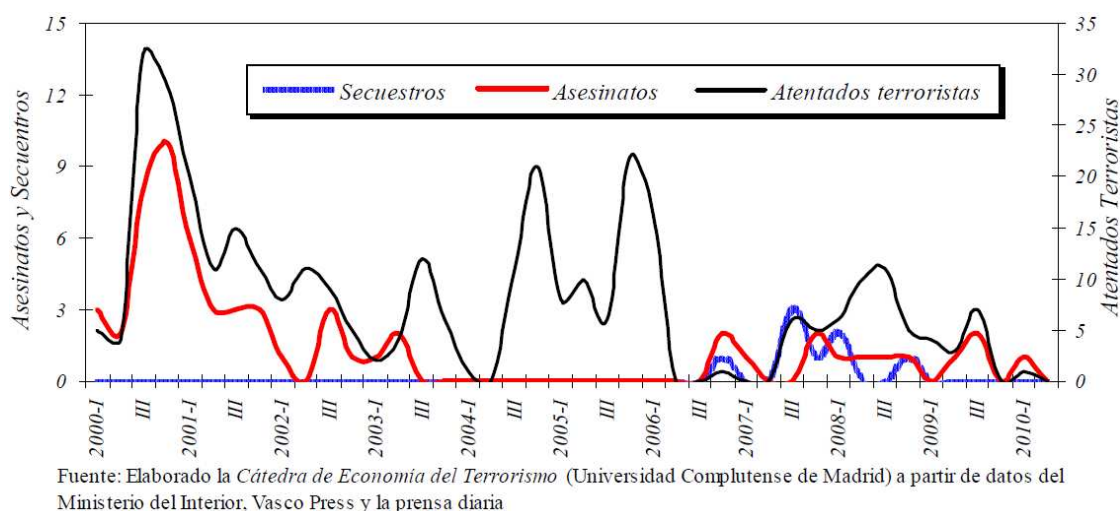
de aparcamientos de terminales de transporte sometido a riesgo de ataque terrorista" cuyo resultado final pretende dar líneas generales de una guía metodológica en beneficio de los profesionales del área técnica.

Palabras clave: *Gestión de Riesgos; Dirección de Proyectos; Edificación; Terrorismo.*

1. Introducción

Estudiando la legislación y códigos estructurales españoles referidos a la construcción se ha determinado que no contamos con una metodología de diseño concreta para responder a un riesgo que ha estado presente la anterior década, habiendo soportado una serie de atentados explosivos intencionados cuyo resumen se presenta en el siguiente esquema.

Figura 1: Gráfica temporal de atentados terroristas de ETA en España



Fuente: Mikel Buesa, (2010).

El impacto que un atentado explosivo tiene sobre la sociedad ha originado que se demande respuestas y que se busque y garantice la protección y el bienestar de las personas, por otra parte el impacto sobre la economía es igualmente considerado importante, pues un evento explosivo como el ocurrido el 24 de Enero de 2007 (ver Figura 2) repercute negativamente en la economía, no solo en la estructura misma sino en la economía del entorno que en este caso concretamente afectó negativamente la movilidad de personas en el territorio nacional, este fenómeno está siendo estudiado, determinando mediante modelos aproximados la pérdida económica debido a daños a la propiedad resultantes de un atentado terrorista. (Ericka Marie Stoltz 2009).

Sin embargo, este tipo de acontecimientos no solo se producen debido a situaciones intencionadas como el terrorismo, sino mas bien, han tenido origen en elementos capaces de producir explosiones como las instalaciones de gas como el ocurrido accidentalmente en el edificio Ronan Point (1968) el cual tuvo su origen en una explosión de gas en la planta número 18, produciéndose inmediatamente el colapso progresivo de las 22 plantas del edificio (ver Figura 3), este evento posteriormente propició un cambio en la normativa europea (B.S., 2004)

Figura 2: Vista del "Modulo D", parking de la terminal T4 del aeropuerto de Madrid - Barajas



Foto tomada el 24 de Enero de 2007, 25 días después del ataque de coche bomba por ETA (Autor: Enrique Dans, 2007).

Figura 3: Vistas del Ed. Ronan Point, luego de una explosión de gas en la planta número 18



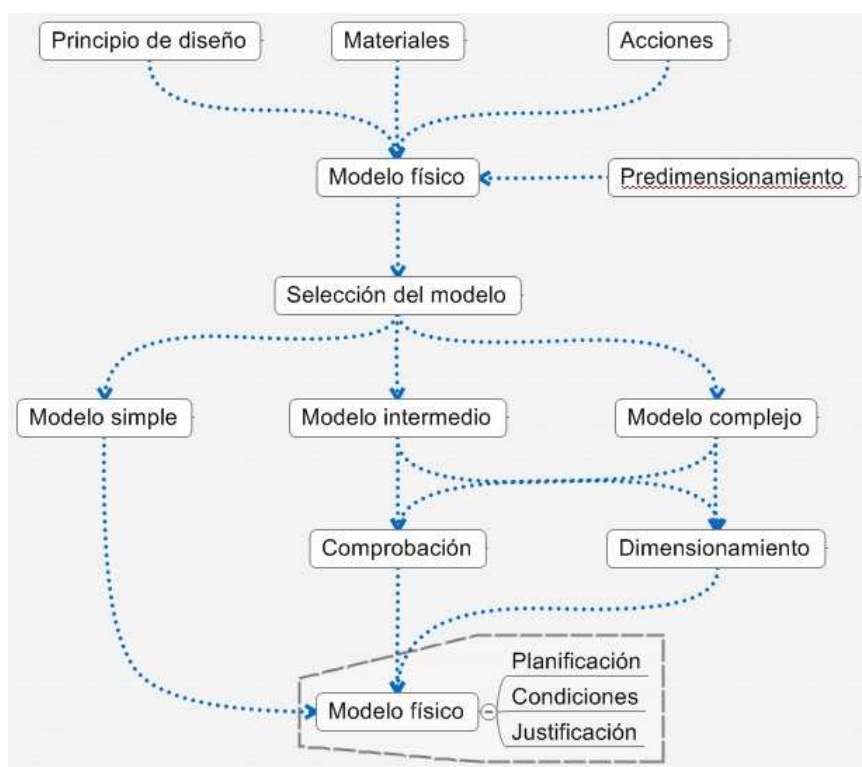
Fuente: Como fue visto en <http://www.skyscrapercity.com>

2. Objetivos

El objetivo de esta comunicación es el de establecer las directrices generales para que un profesional encuentre soluciones de diseño frente a un problema de explosiones de manera metodológica.

Por otra parte se pretende difundir el trabajo realizado por un equipo de investigación de la Escuela Politécnica de Madrid acerca de la elaboración de una guía metodológica de diseño y evaluación del riesgo de explosiones de una manera amplia en proyectos de edificación en España.

Figura 1: Esquema de diseño considerando la protección de eventos explosivos



Fuente: Modelo propuesto por F. Rodríguez

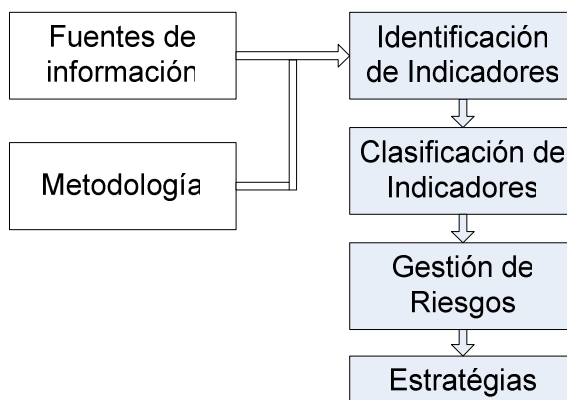
Este modelo nos permite incorporar el concepto de diseño basado en prestaciones, pues la guía metodológica establecerá los pasos a seguir permitiendo la incorporación de conceptos poco habituales ó innovadores en cada caso planteado.

3. Metodología

La metodología de este artículo sigue los pasos mostrados en la figura 2, que centra su atención en la identificación de indicadores, que son la base para encontrar las posibles soluciones que en este caso se representarán por estrategias.

La guía metodológica plantea encontrar identificadores de seguridad utilizando diferentes fuentes de información y utilizando distintas metodologías.

Figura 2: Metodología de diseño considerando la protección contra eventos explosivos



Fuente: Elaboración propia

Los indicadores son entonces la información que debemos obtener considerando las metodologías y fuentes de información de entrada. A manera de ejemplo véase la Tabla 1 que combina el uso de 5 metodologías y 5 fuentes de información con las cuales si obtienen indicadores, estos indicadores serán los datos de partida para encontrar las soluciones en forma de estrategias.

Nótese también que en la Tabla 1 no se menciona todas las fuentes de información ni todas las metodologías, la decisión de utilizar unas u otras las tomará el técnico o equipo decisor que trabaje en el diseño del proyecto contra explosiones.

Tabla 1. Fuentes de información y Metodologías para identificar indicadores

Fuentes de información	Metodología				
	Revisión de documentación	Entrevistas a expertos	Sesiones de tormenta de ideas	Encuestas	Diagrama de causas y efectos
Bibliografía científica	Ind 1				
Revisión de sucesos anteriores	Ind 2				
Terminos de referencia en general					
Terminos de referencia específicos					
Evaluación del sitio					Ind "n"

Fuente: Elaboración propia

Se debe considerar que este proceso debe hacerse para cada diseño o proyecto particular, puesto que no todos los indicadores serán de utilidad en todos los proyectos.

Es importante mencionar que una de las metodologías que están más disponibles y son de aplicación inmediata es la denominada "revisión de la documentación", ella nos brinda información valiosísima que luego puede contrastarse con esta u otra metodología, se han realizado con anterioridad trabajos de comparación de bibliografía relacionada a explosiones en cuanto a sus ventajas y desventajas ver (Hruškovič, 2010).

La elevada complejidad que implica cuantificar y contrastar el nivel de riesgo de los proyectos basados en prestaciones a los que habilita el CTE dificultan la toma de decisiones y es por ello que se vienen desarrollado métodos de evaluación en caso de incendio (un riesgo muy asociado a las explosiones que se han considerado en este artículo), algunos

investigadores de la UPM han desarrollado un nuevo método de evaluación del riesgo de incendio que permite evaluar la seguridad de los complejos proyectos basados en prestaciones denominado MEREDICTE (J.C. Perez Martín 2010). Por otra parte existe otra serie de publicaciones que la "National Fire Protection Association" (NFPA) que son otra fuente de información relacionadas con la seguridad contra incendios en la que se han encontrado 11 códigos y estándares de interés.

Una vez que se han identificado los indicadores se propone una clasificación en 3 categorías: Seguridad activa, pasiva y preventiva. A manera de ejemplo se muestran algunos indicadores en la tabla 2 que a su vez han sido clasificados:

Tabla 2. lista de indicadores y clasificación del tipo de seguridad.

INDICADOR	Act	Pas	Prev
Control de Acceso y Monitoreo de Alarmas	X		
Sistema de Detección de Intrusión Perimetral	X		
Sistema de Gestión Digital de Video	X		
Sistema de fuente de alimentación ininterrumpida	X		
Compartimentación		X	
Habitáculo de protección		X	
Barreras perimetrales		X	
Tipo de material resistente a explosivos		X	
Puntos de acceso			X
Visibilidad del objetivo a atacar			X
Efecto de estructuras colindantes			X
Distancias de seguridad de acuerdo a la magnitud			X
Sistema de Gestión de Seguridad	X		X
Protocolo de control de transporte	X		X
Sistema de Intercomunicadores	X		
Foto Sistema de imágenes		X	X
Arreglo redundante de discos independientes		X	X
Seguridad del marco de distribución		X	

Fuente: Elaboración propia

La definición de la clasificación ha sido la siguiente:

Seguridad Activa (Act): Son todas las medidas adoptadas con el objetivo de disminuir el riesgo de ocurrencia de una explosión en una edificación.

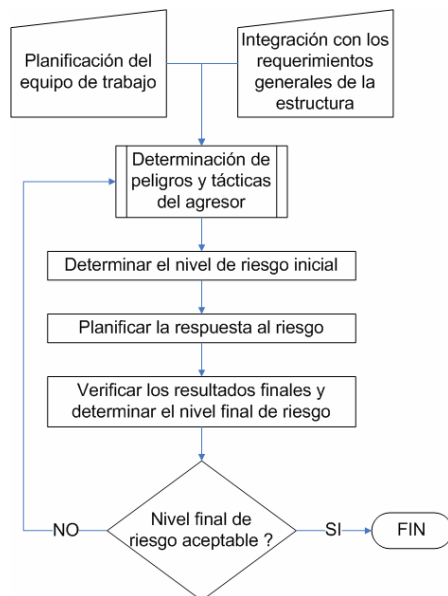
Seguridad Pasiva (Pas): Medidas adoptadas con el objetivo de minimizar las consecuencias en caso de ocurrir una explosión en una edificación.

Seguridad Preventiva (Prev): Son todas las medidas adoptadas con el objetivo de que no se produzca una explosión en una edificación.

Esta clasificación de indicadores serán datos importantes a considerar en los requerimientos generales de la estructura, es decir será información que debe integrarse al diseño del proyecto con miras iniciar el proceso de la gestión de riesgos que es el siguiente paso de la metodología de este artículo.

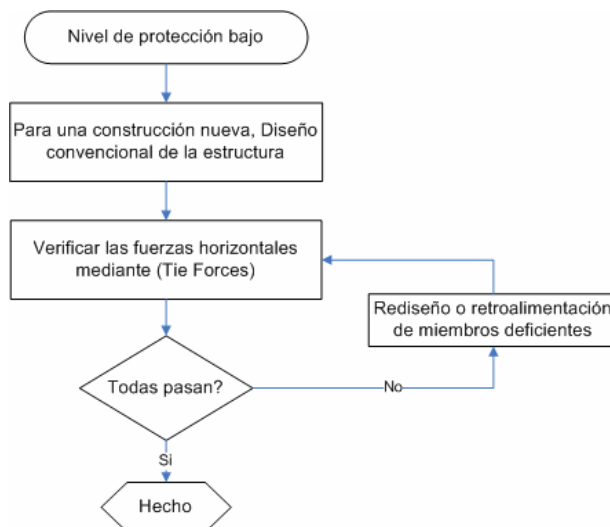
La gestión de riesgo estará en función del modelo seleccionado (simple, intermedio o complejo) de acuerdo a la figura 1 y los pasos están esquematizados en un procedimiento sencillo e iterativo como se muestra en la Figura 3.

Figura 3: Gestión de riesgos



La explicación detallada de la gestión de riesgos estará explicada en la guía para cada uno de los modelos seleccionados (de acuerdo a la tabla 1), sin embargo para ejemplificar el procedimiento a seguir por el equipo de diseño estructural: Cuando se habla de un modelo simple y cuyo nivel de protección seleccionado es bajo se propone el esquema de diseño como sigue a continuación.

Figura 4: Ejemplo de proceso de diseño estructural cuando el nivel de protección es bajo



Fuente: diseño basado en: UFC 4-023-03, (2005)

Cuando el nivel de protección necesario es medio o elevado la complejidad del procedimiento se incrementa, pues será necesaria no solo la verificación de fuerzas horizontales internas, sino también de fuerzas verticales, criterios de redundancia, fortalecimiento, ductilidad o formas alternativas de resistencia estructural según el caso, todo ello estará explicado con mayor detalle en la guía metodológica.

4. Resultados

El resultado del trabajo realizado en la guía metodológica permite obtener los criterios necesarios al profesional técnico para plantear soluciones a cada proyecto mediante una o varias estrategias combinadas, algunos de los casos planteados se muestran en la tabla 3 que dan una idea clara de las situaciones a las que deben darse soluciones.

Tabla 3. Casos y estrategias propuestas en la guía metodológica

Caso concreto inicial	Estrategia final
Probabilidad de un evento explosivo no deseado contra una estructura cuya amplia fachada es susceptible de daño debido al material con el que se construye (fachada de cristal).	Se planificará entonces que "parte de la construcción sea destruida" por efecto de la explosión, sin embargo la zona directamente afectada estará diseñada para evitar el flujo continuo de personas tampoco contendrá bienes materiales importantes. También se pensará en su fácil y modular reconstrucción pues la explosión no afectará el núcleo de la estructura. Los escombros no serán motivo de metralla en el evento explosivo (cristales de seguridad).
Probabilidad de un evento explosivo no deseado contra una estructura situada en un lugar en el que no existe colindantes que puedan ser afectados a su alrededor.	Se planificará entonces el "rebote de la onda expansiva" producida por la explosión fuera de la estructura a proteger al no existir vecinos que sufran serios daños. Esta solución implica la implementación de refuerzos estructurales resistentes y redundantes a explosiones.
Probabilidad de ocurrencia de un evento explosivo no deseado en una zona determinada que requiere de protección contra explosiones de grandes dimensiones.	Se analizarán globalmente los puntos de acceso considerando los planos existentes del lugar, tipo de vehículos permitidos, tipo de vías y espacios aledaños. En función de toda la información, el equipo de gestión de riesgos decidirá las medidas a implementar según corresponda en cada caso (ej. bolardos, barreras jersey, sistema de vigilancia por circuitos cerrados de televisión, barreras de control y seguridad, etc.).
Existe la probabilidad de ocurrencia de un evento explosivo y se concluye que debe reforzarse elementos de la estructura que se sometan a mayores presiones.	Se identificarán los elementos a reforzar "mediante un ensayo no destructivo" realizando una prueba utilizando sonómetros convenientemente posicionados los cuales registrarán lecturas de ondas acústicas incidentes sobre la estructura utilizando explosivos de uso civil como aquellos elementos de pirotecnia (ej. petardos)

Está claro que la guía metodológica establecerá más estrategias considerando varios casos estudiados implementando soluciones técnicas e individuales, el equipo de diseño deberá en su momento decidir sobre la adopción de combinaciones de acuerdo a su propio análisis de su proyecto particular.

5. Conclusiones

Este estudio presentado de manera resumida se basa en un documento que se está elaborando en la Escuela Politécnica de Madrid que participa en un proyecto de investigación como parte de un consorcio de investigación el cual pretende estudiar las condiciones para el proyecto y la ejecución de edificios de aparcamiento de terminales de transporte sometidos a riesgo de ataque terrorista, además ya viene realizando varios trabajos de investigación en esta materia. (Ibiert Marcelo, 2010)

Al realizar un estudio relacionado con explosiones se han encontrado diferentes proyectos de investigación y normativas relacionadas a las explosiones que se han querido resaltar pues nos brindan información para plantear nuevas líneas de investigación a la hora de relacionarlos con los eventos explosivos accidentales o intencionados.

Los indicadores y la forma de obtenerlos permite al profesional contar con herramientas ágiles de trabajo, las cuales serán descritas en la futura guía metodológica. Por otra parte la clasificación de indicadores también permiten visualizar el equilibrio de medidas en el proyecto de edificación a construir. A su vez esto abre una posible nueva línea de investigación para determinar cual es la relación de porcentaje óptimo que debe existir entre "Act-Pas-Prev"

En cuanto al trabajo desarrollado acerca de la gestión de riesgos, se puede concluir que es la parte más analizada en la guía metodológica pues desagrega su funcionamiento en función a las condiciones individuales y el nivel de riesgo asumido o presentado. Adicionalmente presenta procedimientos iterativos que permiten planificar las respuestas al riesgo hasta encontrar un estado de riesgo aceptable que tenderá a ser el menor posible y económicamente factible.

El resultado obtenido es una o varias estrategias combinadas que se obtiene de acuerdo a las condicionantes de cada caso concreto. La guía metodológica presentará un conjunto de estrategias que pueden utilizarse, sin embargo el objetivo final es permitir que el profesional o el equipo técnico desarrolle sus propias estrategias incentivando de esta manera el concepto de "proyectos basados en prestaciones" con soluciones innovadoras que vayan más allá de los modelos prescriptivos.

6 Referencias

- B.S., (2004). "The Buiding Regulations 2000 - Structure - Approved Document A." Office of the Deputy Prime Minister NBS, 46.
- Ericka Marie Stoltz, J. Keith Clutter, and Fred Hudson (2009), "Modeling Property Value Loss in a City Due to Terrorist Bombings", IEEE SYSTEMS JOURNAL, VOL. 3, NO. 2, JUNE 2009, pag 221-230
- Ibielt, Marcelo. (2010). "Aproximaciones de implementación de normativa de protección de infraestructuras en entorno urbano contra ataques terroristas en España." Universidad Politécnica de Madrid. (ISBN en trámite)
- Jose Carlos Perez Martin, Rafael Diaz Diaz, Roberto Santos Garcia, (2010) "Metodo de evaluacion del riesgo de incendio en el marco del código técnico de la edificación - MEREDICTE" - Dyna. - N. 85, n. 4 (mayo 2010). - pp. 303-314
- Mikel Buesa, (2010). " Actividades terroristas de eta y de la política antiterrorista en el primer semestre de 2.010" (Documento de Trabajo, nº 8). Universidad Complutense de Madrid - Instituto de Análisis Industrial y Financiero
- Pavel Hruškovič, Fernando Rodríguez López, Marcelo Javier Ibielt Ordoñez (2010), Risk Management and Performance-Based Design of Car Park Buildings against the Risk of Terrorist Attacks, CEPMAW Zaragoza 2010.
- UFC 4-023-03, (2005) Design Of Buildings To Resist Progressive Collapse, U. Department of defense, Editor. 2005, UNIFIED FACILITIES CRITERIA. p. 175.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Secretaría XIV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.
Phone: + 34 91.336.53.78
E-mail : mjibiett@caminos.upm.es