



## APLICACIÓN DE LA COMPUTACIÓN

### **Sistema Automatizado GRiesgo v.1 para la Gestión de Riesgo por impacto de rayos en estructuras y servicios**

### ***Automatic System GRiesgo v.1 to assess the risks of lightning for structures and services***

Olga Susana - Suárez  
Alejandro - Montí Amor

Recibido: Septiembre del 2009  
Aprobado: Abril del 2010

#### **Resumen/ Abstract**

La descarga eléctrica atmosférica es uno de los fenómenos naturales que causa más daños en la Isla de Cuba ya sea en los sistemas eléctricos y de comunicaciones así como en las instalaciones industriales. En el trabajo se reporta un sistema automatizado para la gestión de riesgos por rayos en estructuras y/o servicios denominado GRiesgo v.1. El Sistema Automatizado GRiesgo v.1, diseñado y programado para plataforma de 32 bits en lenguaje Visual Basic sobre un libro Microsoft Excel 2003, se basa en la parte 2 de la norma internacional IEC 62305, Gestión de Riesgo, propuesta para su adopción junto a las partes 1, 3 y 4, como norma cubana. Teniendo en cuenta aspectos técnicos y económicos, el GRiesgo v.1 permite la correcta selección de las medidas de protección necesarias para minimizar los riesgos a valores inferiores a los tolerables. Se presentan resultados prácticos de la aplicación del Sistema Automatizado GRiesgo v.1.

**Palabras clave:** riesgo, rayos, IEC 62305

*The atmospheric electric discharge is the natural events that more damage causes in the island cuban either in those in the electrics and communications systems like industrial facilities. In this work, an Automated System, called GRiesgo v.1, to assess the risks of lightning for structures and/or services, is presented. The automated system GRiesgo v.1, designed and programmed in Visual Basic upon Microsoft Excel 2003 for a 32 bits platform, is based on the IEC 62305 International Standard part 2, Risk Management, which is proposed to be adopted along with part 1, 3 and 4 as the Cuban Standard. Keeping in mind technical and economic aspects, GRiesgo v.1 allows determining the necessary measures to be taken to minimize risks below what is today considered acceptable values. Results of the implementation of Automated System GRiesgo v.1 are also presented.*

**Key words:** risk, lightning, IEC 62305

## INTRODUCCIÓN

Las partes 1, 2, 3 y 4 de la IEC 62305 son actualmente una excelente herramienta para dotar a una estructura de una protección contra rayos particularizada.

En específico, la norma internacional IEC 62305-2 Gestión de Riesgo es una herramienta de mucha utilidad ya que permite tomar la decisión de si se requieren o no medidas de protección y, en caso de ser necesarias, también permite seleccionar las medidas de protección más adecuadas técnica y económicamente para limitar el riesgo a valores inferiores a los tolerables.

La metodología propuesta por esta norma posibilita realizar un análisis muy completo de los diferentes riesgos a los que puede estar expuesta una estructura o servicio ante el impacto de un rayo y aunque los cálculos matemáticos no son complejos, el volumen de éstos y el carácter iterativo para encontrar la mejor solución técnica y económica, hacen que la aplicación manual del método con todas sus potencialidades alcance un alto nivel de complejidad.

La complejidad de la aplicación manual de la metodología de Gestión de Riesgo IEC 62305-2, que se identifica como el problema que da pie al desarrollo de esta investigación, hace que ésta no se utilice, perdiéndose la posibilidad de realizar una evaluación rigurosa de los riesgos, lo cual, a su vez, trae como consecuencia que no se realice una protección contra rayos adecuada que permita limitar la pérdida de vidas humanas, la pérdida del servicio para el público, la pérdida del patrimonio cultural y las pérdidas económicas.

Aunque existe un programa computacional denominado Calculador Simplificado de la IEC para la Evaluación del Riesgo (SIRAC, Simplified IEC Risk Assessment Calculador), al cual se hace referencia en el Anexo J de la propia norma IEC 62305-2, el mismo, con un carácter promocional, no permite aplicar toda la funcionalidad de la norma escrita y el alcance de su cálculo se encuentra muy limitado.

Partiendo de este problema, se realiza un análisis de la metodología para identificar los aspectos que hacen muy compleja su aplicación manual. La identificación de estos aspectos evidencia la necesidad de optimizar el uso de la metodología de gestión de riesgo propuesta en la norma IEC 62305-2, lo cual constituye el objetivo general del estudio.

El cumplimiento del objetivo general permite enunciar los siguientes aportes científico-técnicos de esta investigación:

1. Creación de un sistema automatizado para la gestión de riesgo por rayos (GRiesgo v.1), que puede ser de gran utilidad a nivel nacional e internacional.
2. Permite que por primera vez en Cuba se realice el estudio de protección integral contra descargas eléctricas atmosféricas con el análisis previo del riesgo asociado y por tanto que los resultados respondan a un criterio científico-técnico.
3. Contribuye a promover el empleo de la metodología de gestión de riesgo que se describe en la norma IEC 62305-2, reconocida como la más completa en análisis de este tipo.
4. Viabiliza y perfecciona la labor de los especialistas de la Agencia de Protección Contra Incendios (APCI) y los especialistas de las empresas vinculadas a las actividades de proyecto, montaje y mantenimiento de los sistemas de protección contra rayos. La dinámica del trabajo de estos especialistas exige que se tomen las decisiones y se ejecuten las soluciones en un tiempo lo más breve posible

Los especialistas de la APCI, a la cual pertenece uno de los autores de la investigación, entre otras actividades vinculadas a la protección contra incendios, se dedican a realizar análisis de riesgo debido a rayos en disímiles instalaciones (industriales, hoteleras, etc.), brindan asesoramiento, emiten requerimientos y certifican proyectos de protección contra rayos.

5. Permite a los especialistas vinculados a la esfera de la investigación, la obtención y registro de valores para realizar análisis estadísticos de las características de las estructuras, las soluciones de protección y cómo influyen éstas en la disminución de los riesgos con vistas a perfeccionar la metodología.

## IEC 62305 PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO, 2006

La norma IEC 62305, partes de la 1 a la 5 es aplicable a la evaluación, diseño, instalación, inspección y mantenimiento de las medidas de protección contra rayos necesarias para reducir o minimizar las pérdidas que éstos acarrearán.

Partes de la IEC 62305:

- IEC 62305-1: Principios generales [1].
- IEC 62305-2: Gestión de riesgo [2].
- IEC 62305-3: Daños físicos y peligro para la vida en las estructuras [3].
- IEC 62305-4: Sistemas eléctricos y electrónicos en estructuras [4].
- IEC 62305-5: Servicios [5].

### IEC 62305-2: GESTIÓN DE RIESGO

Indica el análisis de riesgo para determinar la necesidad de protección contra el rayo y las medidas de protección técnica y económicamente óptimas que pueden seleccionarse. Brinda la posibilidad de evaluar el riesgo tanto de una estructura en sí como de un servicio específico.

#### A Complejidad de aplicación manual de la metodología de gestión del riesgo IEC 62305-2

Los aspectos que dificultan la aplicación manual de la metodología de gestión de riesgo IEC 62305-2, son los siguientes:

- Complejidad inherente al análisis:

Análisis de una estructura:

- Se pueden evaluar 4 riesgos principales ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$ ) por lo que se pueden llegar a evaluar 24 riesgos parciales  $R_x$ .
- Por cada riesgo parcial  $R_x$  se evalúa: número de eventos peligrosos  $N_x$ , probabilidad de daño  $P_x$  y pérdidas  $L_x$ .
- Se pueden evaluar hasta 5 números de eventos peligrosos  $N_x$ , los que a su vez se calculan teniendo en cuenta de 3 a 4 elementos básicos.
- Se pueden evaluar hasta 8 probabilidades  $P_x$ , las que a su vez se determinan en función de las medidas de protección (de 1 a 7 medidas en función del riesgo parcial  $R_x$  analizado).
- Se pueden evaluar hasta 24 pérdidas  $L_x$ , las que a su vez se calculan teniendo en cuenta de 1 a 4 elementos básicos.

Análisis de un servicio:

- Se pueden evaluar 2 riesgos principales ( $R'_2$  y  $R'_4$ ) por lo que se evalúan 10 riesgos parciales  $R'_x$ .
  - Por cada riesgo parcial  $R'_x$  se evalúa: número de eventos peligrosos  $N_x$ , probabilidad de daño  $P'_x$  y pérdidas  $L'_x$ .
  - Se pueden evaluar hasta 4 números de eventos peligrosos  $N_x$ , los que a su vez se calculan teniendo en cuenta de 3 a 4 elementos básicos.
  - Se pueden evaluar hasta 5 probabilidades  $P'_x$ , las que a su vez se determinan en función de las medidas de protección (de 1 a 7 medidas en función del riesgo parcial  $R'_x$  analizado).
  - Se pueden evaluar hasta 10 pérdidas  $L'_x$ .
- El análisis se hace aún más complejo si es necesario aplicar los conceptos de zonificación de estructura y/o seccionalización de servicios.
  - En los casos donde se aplica la zonificación de una estructura y/o seccionalización de servicios, la metodología escrita no es totalmente clara en la determinación práctica de algunos aspectos.
  - Mucha información necesaria para el análisis se encuentra tabulada en diferentes partes de la norma.
  - Para encontrar la mejor solución técnico-económica de protección es necesario repetir el proceso de cálculo cada vez que se realice una modificación.
  - El cálculo real de las áreas de captación de estructuras y servicios puede ser muy complejo inclusive para arquitecturas comunes y sencillas.
  - Aunque la metodología permite hacer la ingeniería de diseño de la protección contra rayos basada en la eficacia, la misma no tiene claramente definido este enfoque.
  - La estructura didáctica de la IEC 62305-2 garantiza la comprensión de la metodología pero hace compleja la recolección de la información necesaria para el análisis de una estructura y/o servicio.

- No aparece explicado cómo realizar la valoración económica para el análisis de servicios.
- El SIRAC no aplica toda la funcionalidad de la norma escrita, por lo que para un tratamiento más detallado del riesgo cuando se evalúen estructuras complejas o circunstancias especiales, es necesario utilizar la norma escrita.

Estos aspectos pueden contrarrestarse si se realiza una automatización que no limite la potencialidad de la metodología escrita y que sea lo suficientemente flexible que permita adaptar el análisis en correspondencia con exigencias del caso analizado.

## CARACTERÍSTICAS DE SISTEMA AUTOMATIZADO GRIESGO V.1

### A Descripción general

GRiesgo v.1 es un sistema automatizado para la gestión de riesgos por impactos de rayo en estructuras y/o servicios, basado en la parte 2 de la norma IEC 62305. El Sistema Automatizado GRiesgo v.1 está diseñado con macros programadas para plataforma de 32 bits en lenguaje Visual Basic sobre un libro de Microsoft Excel 2003 y permite tener en cuenta todos los aspectos técnicos y económicos que se describen en la norma.

En las figuras 1 y 2 se representan los flujos lógicos a seguir por el usuario en dependencia del tipo de análisis seleccionado.

En lo adelante, según se demande, utilizaremos la siguiente clasificación para referirnos al tipo de análisis:

- **Tipo 1:** Análisis de riesgo de una estructura (incluye el análisis de los servicios conectados).
- **Tipo 2:** Análisis de riesgo de servicios.

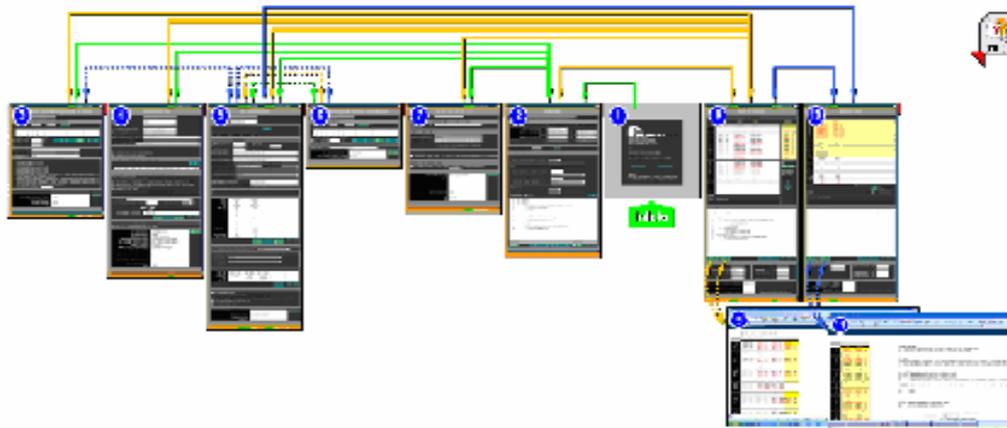


Fig.1. Flujo lógico para la gestión de riesgo de una estructura “b” y sus servicios conectados.

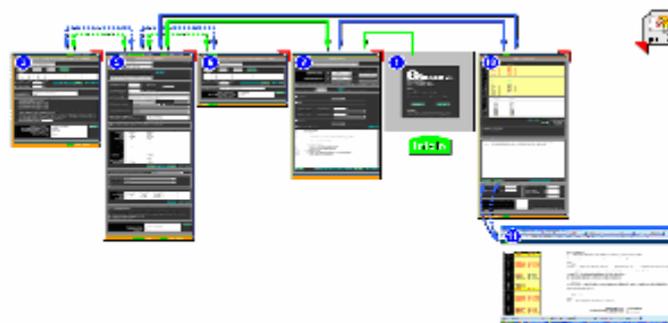


Fig.2. Flujo lógico para la gestión de riesgo de servicios.

## B Elementos genéricos que conforman el escenario de riesgo

Los elementos genéricos que conforman un escenario de riesgo no son más que aquellos que de una manera u otra están contemplados en la metodología escrita y que son, a su vez, los que tienen una implicación directa en las pérdidas que pueden ocurrir en una estructura o servicio en presencia de las cuatro fuentes de daño relacionadas con los rayos (S1, S2, S3 y S4).

Este ardid ha sido utilizado por el autor para poder agrupar la información de entrada de datos de la forma más representativa de la realidad.

Los elementos genéricos del escenario de riesgo son:

- **Estructura “b”:** Encabezando el grupo de elementos del escenario de riesgo se encuentra la Estructura “b”. En la metodología escrita se define la estructura “b” como la conectada en el extremo izquierdo de un servicio.
- **Zona:** En dependencia de la complejidad de la estructura y de la exactitud con la que se quiera realizar el análisis, el usuario podrá definir para un análisis tipo 1 un escenario de riesgo con varias zonas o podrá definir una estructura “b” como zona única, lo que es igual a decir una zona que abarca toda la estructura analizada. En el caso de un análisis de servicios (tipo 2) no es necesario el empleo de la zona.
- **Servicio:** El servicio es un elemento que se utiliza en ambos tipos de análisis, la selección de los aspectos asociados a éste es la que varía en dependencia del tipo de análisis escogido y de la existencia o no de estructura en sus extremos.
- **Estructura “a”:** En la metodología escrita se define la estructura “a” como la conectada en el extremo derecho de un servicio.
- **Sistema Interno:** Al igual que la zona, el sistema interno sólo aparece habilitado en el análisis de tipo 1 ya que en el caso de un análisis de servicios (tipo 2) no es necesario el empleo de este elemento genérico. Los sistemas internos puede estar conectados a servicios exteriores o ser independientes dentro de una zona.

Según el tipo de análisis que se haya escogido se habilitarán o inhabilitarán los elementos genéricos del escenario de riesgo que se necesiten para el mismo.

## C Cantidad máxima de elementos permitidos

Para el análisis de una estructura “b” el Sistema Automatizado permite:

- Una estructura “b”.
- 10 zonas.
- 10 servicios por cada zona (100 servicios).
- Una estructura “a” por cada servicio declarado (100 estructuras “a”).
- 10 sistemas internos por cada servicio conectado a una zona (1000 sistemas internos).
- 10 pantallas espaciales por zona.
- 255 puntos para el cálculo del área de captación de una estructura “b” o “a” independiente de la cantidad de grupos.
- 100 secciones y 101 puntos de transición por cada servicio.

Para el análisis de servicios independientes el Sistema Automatizado permite:

- 100 servicios.
- Una estructura “a” por cada servicio declarado (100 estructuras “a”).
- Una estructura “b” por cada servicio declarado (100 estructuras “b”).
- 255 puntos para el cálculo del área de captación de una estructura “b” o “a” independiente de la cantidad de grupos.
- 100 secciones y 101 puntos de transición por cada servicio.

El autor considera que para análisis complejos esta cantidad es suficiente.

## D Procedimiento de empleo del Sistema Automatizado GRiesgo v.1

En la figura 3 se ilustra el procedimiento de empleo del Sistema Automatizado GRiesgo v.1.

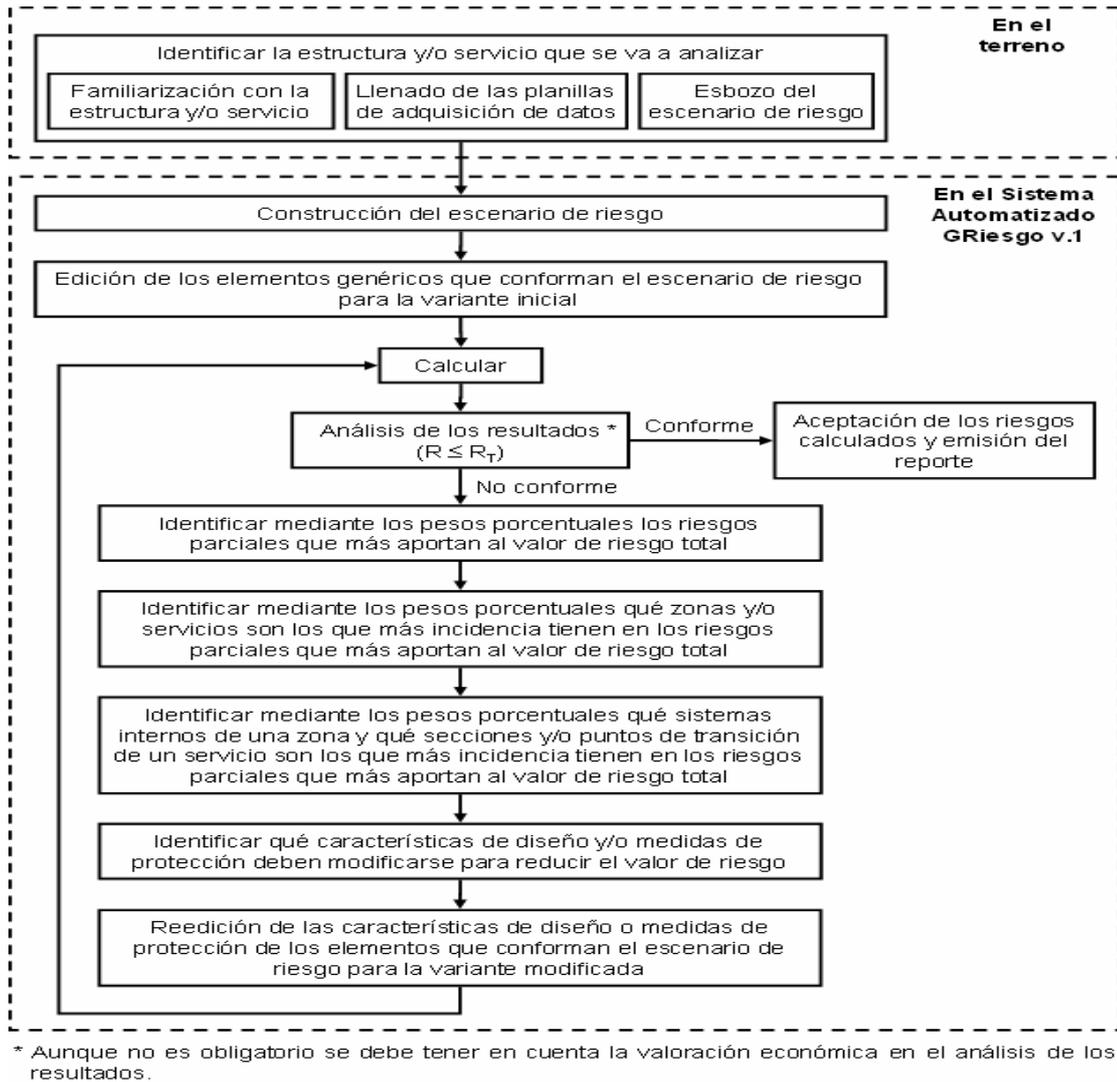


Fig. 3. Procedimiento de empleo del Sistema Automatizado GRiesgo v.1.

### E. Bondades del Sistema Automatizado GRiesgo v.1

Teniendo en cuenta las facilidades que brindan al usuario las bondades contempladas en el Sistema Automatizado GRiesgo v.1 puede considerarse ésta una excelente herramienta para realizar la Gestión de Riesgo por rayos sobre la base de la metodología IEC 62305-2.

Bondades del Sistema Automatizado GRiesgo v.1:

- Tiene en cuenta todos los aspectos que se mencionan en la norma escrita.
- Permite escoger entre calcular los riesgos totales y parciales de una estructura y los servicios conectados a la misma y calcular los de servicios independientes.
- Permite variar los valores de riesgo tolerables.<sup>1)</sup>
- Tiene una estructura y organización de las entradas de datos y salidas de resultados intuitivas para el usuario.
- Cuenta con una planilla de adquisición de datos que se emplea durante la visita a las instalaciones, para facilitar la recopilación de las características y aspectos necesarios para conformar la entrada de datos.<sup>2)</sup>
- Mediante una interfase muy flexible permite la creación de cualquier escenario de riesgo donde se necesite zonificar una estructura y/o seccionalizar un servicio.

- Mediante una rutina concebida para dicho fin, marca en el escenario de riesgo con un código de colores, las líneas que están mal ubicadas para que el usuario las corrija.
- Convierte el escenario de riesgo de una estructura “b” en escenario de riesgo de servicios, permitiendo el cálculo de los riesgos de los servicios conectados a dicha estructura como servicios independientes.
- Permite el cálculo del área de captación de estructuras “b” y “a” mediante un método adaptable a diferentes tipos de arquitecturas con un error menor de  $10^{-2}$  en todos los casos.
- Realiza el cálculo de la longitud efectiva de cada sección de un servicio.
- Realiza el cálculo del área de captación de cada sección de un servicio.
- Permite calcular, visualizar y comparar simultáneamente dos corridas de un mismo escenario de riesgo con variaciones en sus características de diseño y medidas de protección.
- Permite realizar una valoración del impacto económico que representa la implementación o mejora de un conjunto de medidas de protección tanto para una estructura como para un servicio.<sup>3)</sup>
- Genera un informe detallado del cálculo para estructuras y servicios resaltando diferentes elementos significativos dentro del mismo.
- Genera un reporte del estudio realizado por el usuario para estructuras y servicios donde se recogen los elementos principales del informe detallado.
- Contiene un gran número de protecciones y mensajes que garantizan que el usuario haga un uso adecuado del Sistema Automatizado.

#### Notas:

- ❖ Los valores de riesgos tolerables se podrán modificar sólo cuando se trate de un caso investigativo o cuando la autoridad que tiene la jurisdicción pertinente identifique el valor de riesgo adecuado.
- ❖ La planilla de adquisición de datos debe ir acompañada de un croquis de la vista en planta del objetivo y sus alrededores, así como de los servicios y estructuras conectadas en el extremo “a” de los mismos. Este croquis se utiliza para señalar otros aspectos por lo que es un elemento de vital importancia para el resto del análisis.
- ❖ En el caso de los servicios, en la norma escrita no aparece la metodología para la valoración económica, por lo que se tomó como base la de las estructuras con las adecuaciones correspondientes.

#### APLICACIÓN PRÁCTICA

Como ejercicio para demostrar el correcto funcionamiento del Sistema Automatizado GRiesgo v.1 se evaluará el riesgo R1 en un edificio de viviendas situado en una región con una densidad de descargas a tierra  $N_g$  de 4 rayos/km<sup>2</sup>/año. Los datos y características de la propia estructura y sus alrededores aparecen en la tabla 1.

En la tabla 2 se reportan las características de la única zona  $Z_1$ . Los sistemas eléctricos internos y la línea electroenergética de entrada pertinente aparecen en la tabla 3 y los sistemas electrónicos internos y la línea telefónica de entrada pertinente aparecen en la tabla 4.

Tabla 1	Datos y características de la estructura		
Parámetros	Comentario	Símbolo	Valor
Dimensiones	m	(Lb, Wb, Hb)	1
Factor de ubicación	Aislado	Cd	1
LPS	Ninguno	Pb	
Pantalla en los límites de la estructura	Ninguno	Ks1	1
Pantalla en el interior de la estructura	Ninguno	Ks2	1
Densidad de rayos	1/km/año	Ng	4

<b>Tabla 2</b>	<b>Características de la zona Z1</b>		
Parámetros	Comentario	Símbolo	Valor
Tipo de superficie del suelo	Madera	ru	$10^{-3}$
Riesgo de incendio	Variable	rf	variable
Peligro especial	Ninguno	hz	-
Protección contra incendio	Ninguno	rp	-
Sistema interno de potencia	Conectado a la línea de BT	-	1
Sistema interno de teléfono	Conectado a la línea de telecomunicaciones	-	4
Pérdidas por tensiones de contacto y paso	si	Lt	$10^{-4}$
Pérdidas de daños físicos	si	Lf	$10^{-1}$

<b>Tabla 3</b>	<b>Características de los sistemas internos de potencia y del servicio que los alimenta</b>		
Resistividad del suelo	$\Omega\text{m}$	$\rho$	250
Longitud	m	Lc	200
Altura	soterrada	-	-
Transformador AB/BT	no	Ct	1
Factor de ubicación de la línea	Rodeada de objetos pequeños	Cd	0,5
Factor ambiental de la línea	suburbana	Ce	0,5
Pantalla de la línea	ninguna	Pl <sub>d</sub> , Pl <sub>i</sub>	1; 0,4
Precaución del cableado interno	ninguna	Ks <sub>3</sub>	1
Soporte del sistema interno	U <sub>w</sub> =2.5 kV	Ks <sub>4</sub>	0,6
Protección coordinada con SPD	ninguna	Psp <sub>d</sub>	1
Dimensiones estructura "a"	ninguna	(La, Wa, Ha)	-

Tabla 4	Características de los sistemas internos de telecomunicaciones y el servicio que los alimenta		
Resistividad del suelo	$\Omega m$	$\rho$	250
Longitud	m	Lc	100
Altura	soterrada	-	-
Factor de ubicación de la línea	Rodeada de objetos pequeños	Cd	0,5
Factor ambiental de la línea	suburbana	Ce	0,5
Pantalla de la línea	ninguna	Pld, Pli	1; 1
Precaución del cableado interno	ninguna	Ks3	1
Soporte del sistema interno	Uw=1.5 kV	Ks4	1
Protección coordinada con SPD	ninguna	Pspd	1
Dimensiones estructura "a"	ninguna	(La, Wa, Ha)	-

En la figura 4 se muestra el escenario de riesgo creado en el Sistema Automatizado GRiesgo v.1.

- 1 .  Edificio de viviendas
- 2 .  1 Interior del edificio
- 3 . — <(20m) 1-1[1] Servicio AC (NokV-0m)> 1-1[1] Ninguna (0Serv)
- 4 .  1-1-1[1] Sistema interno AC
- 5 . — <(20m) 1-2[2] Servicio TLC (NokV-0m)> 1-2[2] Ninguna (0Serv)
- 6 .  1-2-1[11] Sistema interno TLC

**Fig. 4. Escenario de riesgo del edificio de viviendas en el Sistema Automatizado GRiesgo v.1.**

Los valores de riesgo R1 y las medidas de protección a adoptar para reducir el riesgo al valor tolerable  $R_T=10^{-5}$  se encuentran en la tabla 5 en función de la altura de la estructura y de su riesgo de incendio.

**Tabla 5. Riesgo R1 en función de la altura del edificio, de su riesgo de incendio y de las medidas de protección aplicadas (valores  $\times 10^{-5}$ ).**

$r_f$	$H_b$ (m)	LPS	$r_p$	R1	$R_B$	$R_V$ (Pot.)	$R_V$ (Tel.)
Bajo	20	-	-	<b>0.773</b>	0.716	0.0443	0.0126
		-	-	<b>7.73</b>	7.16	0.443	0.126
		III	-	<b>1.29</b>	0.716	0.443	0.126
		IV	0.5 **	<b>1.00</b>	0.716	0.221	0.0632
Normal	20	-	-	<b>77.3</b>	71.6	4.43	1.26
		II	0.2 ***	<b>1.85</b>	0.716	0.885	0.253
		I	-	<b>7.12</b>	1.43	4.43	1.26
		I	0.5 *	<b>3.56</b>	0.716	2.21	0.632
Alto	20	-	-	<b>2.34</b>	2.31	0.0253	0
		-	0.2 ***	<b>0.468</b>	0.463	0.00506	0
		IV	-	<b>0.488</b>	0.463	0.0253	0
		-	-	<b>23.4</b>	23.1	0.253	0
Bajo	40	IV	0.2 ***	<b>0.976</b>	0.925	0.0506	0
		I	-	<b>0.716</b>	0.463	0.253	0
		-	-	<b>23.4</b>	23.1	2.53	0
		I	0.2 ***	<b>1.43</b>	0.925	0.506	0
Normal	40	-	-	<b>2.34</b>	2.31	0.0253	0
		-	0.2 ***	<b>0.468</b>	0.463	0.00506	0
		IV	-	<b>0.488</b>	0.463	0.0253	0
		-	-	<b>23.4</b>	23.1	0.253	0
Alto	40	IV	0.2 ***	<b>0.976</b>	0.925	0.0506	0
		I	-	<b>0.716</b>	0.463	0.253	0
		-	-	<b>23.4</b>	23.1	2.53	0
		I	0.2 ***	<b>1.43</b>	0.925	0.506	0

Teniendo en cuenta que todos los cálculos realizados por el GRiesgo v.1 fueron revisados manualmente se determina que no existe error por parte del mismo.

Adicionalmente, con el fin de valorar el comportamiento del Sistema Automatizado GRiesgo v.1, se comprobaron los siguientes aspectos:

- Las características de diseño y las medidas de protección seleccionadas por el usuario para la variante inicial y la modificada, se reflejan correctamente en el informe detallado y son las utilizadas por el programa para realizar el cálculo.
- El área de captura  $A_d$  y  $A_m$  de la estructura “b” calculada por el programa no tiene un error mayor que 0.01 con respecto a la calculada utilizando el método gráfico (AutoCAD).
- Los valores de riesgos totales y parciales y los de los coeficientes intermedios se obtienen conforme a la metodología de cálculo programada.
- En el informe detallado se señalan correctamente las diferencias que existen entre la variante inicial y la modificada, dejando claro cuáles son las modificaciones de características de diseño y cuáles las de medidas de protección, así como la incidencia en el valor de riesgo parcial calculado para la variante modificada.
- Las listas de modificaciones de medidas de protección las integran las modificaciones que implican una disminución del valor de riesgo que se relaciona con ellas.
- La información resumen que se muestra en el reporte coincide totalmente con su equivalente en el informe detallado.

## CONCLUSIONES

1. Los resultados numéricos obtenidos con la aplicación son compatibles con los resultados obtenidos mediante el cálculo manual.
2. Las facilidades adicionales a la norma como la planilla de adquisición de datos y el cálculo de las áreas de colección adicionan potencial y rapidez a los análisis.
3. El ambiente de trabajo resulta agradable y de fácil asimilación por el usuario. La posibilidad de contar con una herramienta como ésta contribuye a extender el uso del método de gestión de riesgo propuesto por la norma IEC 62305-2.

## REFERENCIAS

- [1] IEC 62305-1. Protección contra rayos -Parte 1: Principios generales. Primera Edición, 2006
- [2] IEC 62305-2. Protección contra rayos -Parte 2: Gestión de riesgo. Primera Edición, 2006
- [3] IEC 62305-3. Protección contra rayos -Parte 3: Daño físico a estructuras y riesgo humano. Primera Edición, 2006
- [4] IEC 62305-4. Protección contra rayos -Parte 4: Sistemas eléctricos y electrónicos en estructuras. Primera Edición, 2006
- [5] IEC 62305-5. Draft:TProtección contra rayos -Parte 5: Servicios. Draft 2007.

## AUTORES

### **Olga Susana Suárez**

Ingeniera Electricista, Master en Ingeniería Eléctrica, Doctora en Ciencias, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba.  
e-mail:susana@electronica.cujae.edu.cu

### **Alejandro Montí Amor**

Ingeniero Electricista y Master en Ingeniería Eléctrica. La Habana, Cuba.  
e-mail: monti@electronica.cujae.edu.cu