



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES AL
SUROESTE DEL MUNICIPIO SAN DIEGO EDO. CARABOBO
EMPLEANDO CURVAS DE FRAGILIDAD**

Autores:

Aldazoro J. Carlos E.

Da Silva J. Luis A.

Tutor: Prof. Ing. Edson Martínez

Naguanagua, Junio de 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES AL
SUROESTE DEL MUNICIPIO SAN DIEGO EDO. CARABOBO
EMPLEANDO CURVAS DE FRAGILIDAD**

Trabajo Especial de Grado presentado a la Universidad de Carabobo como requisito a
optar al título de Ingeniero Civil

Autores:

Aldazoro J. Carlos E.

Da Silva J. Luis A.

Tutor: Prof. Ing. Edson Martínez

Naguanagua, Junio de 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ESTRUCTURAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado, “EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES AL SUROESTE DEL MUNICIPIO SAN DIEGO EDO. CARABOBO EMPLEANDO CURVAS DE FRAGILIDAD” realizado por los bachilleres: Aldazoro J. Carlos E. C.I. 19.196.247 y Da Silva J. Luis A. C.I. 17.515.986, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Ing. Edson Martínez
Presidente del Jurado

Ing. Aquilino Rodríguez
Miembro del Jurado

Prof. Pedro Estrada
Miembro del Jurado

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos la vida y la salud necesaria para alcanzar todas las metas propuestas, por guiarnos en cada uno de los pasos que damos.

A nuestras familias, especialmente a nuestros padres por estar ahí en todo momento, por guiarnos y aconsejarnos, por apoyarnos en nuestra formación como ingenieros y como personas. Estaremos agradecidos por siempre.

A nuestro tutor académico Ing. Edson Martínez, por todo el apoyo brindado durante la realización de este trabajo de investigación, por todos los conocimientos transmitidos necesarios para la realización de este trabajo y para nuestra formación como ingenieros.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron directa o indirectamente en la realización de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A Dios, a mi Padre, a mi Madre y a todos los que formaron parte y vieron nacer de esta aventura a un profesional.

Carlos Aldazoro

DEDICATORIA

A mi madre Fanny Jiménez, por cuidarme como lo ha hecho siempre desde antes de mi nacimiento, por su ayuda y apoyo incondicional en todo momento, por su especial atención que solo una madre puede brindar.

A mi padre Dr. Luis Alberto Da Silva Mendoza, por ser siempre mi ejemplo a seguir en la vida, por todos y cada uno de los aprendizajes dejados, de la manera que fuese pero quedaron, por enseñarme que en esta vida tenemos una misión como personas, como padres y como profesionales. Todo lo que soy y seré te lo debo a ti.

A mi hermano Luis Manuel, por las sonrisas en los momentos amargos sin olvidar la misión de la que anteriormente hablo, por su interés, curiosidad y admiración a cada una de las cosas que hago.

A todas las personas que de una u otra manera forman parte importante en mi vida.

Luis Da Silva



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES AL
SUROESTE DEL MUNICIPIO SAN DIEGO EDO. CARABOBO
EMPLEANDO CURVAS DE FRAGILIDAD**

Autores:

Aldazoro J. Carlos E.

Da Silva J. Luis A.

Tutor:

Ing. Edson Martínez

RESUMEN

En este trabajo se construyen curvas de fragilidad sísmica para las edificaciones ubicadas en la Zona Suroeste del Municipio San Diego del Estado Carabobo, llevando consigo como objetivo principal, la denotación de la vulnerabilidad sísmica a fin de evaluar los niveles de riesgo sísmico alrededor de toda la zona en estudio mediante índices de pérdida estimados. Para ello, inicialmente se clasifico la totalidad de las estructuras siguiendo como patrón de clasificación las características estructurales antisísmicas que cada una posea, y así, dar paso al proceso de inspección realizado a fin de cuantificar las edificaciones existentes discriminando entre cada una de las clasificaciones descritas en el paso anterior según sus características. Inspecciones que son útiles pues contienen los datos requeridos por el software (CFSEV) para graficar las curvas de fragilidad características evaluadas en tres (03) aceleraciones de sismo distintas, primero a 0.1g, segundo a 0.3g, y finalmente a 0.7g, siendo estas dos (2) últimas aceleraciones las que causan más daño haciendo a gran parte de la zona en estudio vulnerable, pues, según los cuatro estados de daño definidos como leve, moderado, severo y completo se clasifico el 58% de la totalidad de edificaciones con daño completo mientras que a 0.7g, el porcentaje de edificaciones con el mismo daño es de 96%, mostrando menores características sismorresistentes las edificaciones construidas bajo la norma (MOP 1967), diferencia que se hace notable al inducir una aceleración de sismo de 0.1g, pues el área en estudio ante esta aceleración se comporto oscilante entre un daño leve, moderado y en ocasiones severo, mostrando un carácter resistente ante un sismo de esta magnitud, siendo evidente de esta manera, las mejoras antisísmicas inducidas en el país mediante las últimas normas publicadas.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CAPITULO I	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
EL PROBLEMA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Planteamiento del Problema	¡Error! Marcador no definido.
Objetivos de la Investigación	¡Error! Marcador no definido.
Objetivo General	¡Error! Marcador no definido.
Objetivos Específicos	¡Error! Marcador no definido.
Justificación	¡Error! Marcador no definido.
Alcance y Limitaciones	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO II	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
MARCO TEÓRICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Antecedentes de la Investigación	¡Error! Marcador no definido.
Fundamentos Teóricos	¡Error! Marcador no definido.
Reseña histórica de las normas de construcción en Venezuela	¡Error! Marcador no definido.
Breve Historia de la Sismología en Venezuela ..	¡Error! Marcador no definido.
Sismo	¡Error! Marcador no definido.
Tectónica de placas	¡Error! Marcador no definido.
<i>Formación de nueva corteza</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Roce entre placas</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Choque de dos placas continentales.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Choque entre una placa oceánica y una placa continental</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Choque de dos placas oceánicas</i>	¡Error! Marcador no definido.
Sismología	¡Error! Marcador no definido.
Localización y cuantificación de los sismos	¡Error! Marcador no definido.

Ondas Sísmicas	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ondas Primarias (P)</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ondas Secundarias (S)</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ondas Love (L)</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ondas Rayleigh (R)</i>	¡Error! Marcador no definido.
Sismorresistencia	¡Error! Marcador no definido.
Sismicidad en Venezuela	¡Error! Marcador no definido.
Sistema de Fallas en el Estado Carabobo	¡Error! Marcador no definido.
<i>Falla de la Victoria</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Falla de la Guacamaya</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Falla de Las Trincheras</i>	¡Error! Marcador no definido.
Amenaza sísmica	¡Error! Marcador no definido.
Vulnerabilidad Sísmica	¡Error! Marcador no definido.
Riesgo sísmico	¡Error! Marcador no definido.
Clasificación de los Sistemas Constructivos	¡Error! Marcador no definido.
<i>Sistema de Pórticos Resistente a Momentos</i> ..	¡Error! Marcador no definido.
<i>Sistema de Muros Portantes (Estructura Tipo Túnel)</i> ;	¡Error! Marcador no definido.
<i>definido.</i>	
<i>Sistema Dual (Pórticos Rigidizados)</i>	¡Error! Marcador no definido.
Factores que inciden en el Comportamiento de una Estructura ante una Amenaza Sísmica	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ductilidad</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Resistencia</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Centro de Rigidez</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Centro de Masa</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Centro de Cortante</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Amortiguamiento</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Edad de la Construcción</i>	¡Error! Marcador no definido.
Configuración Geométrica de las Edificaciones ;	¡Error! Marcador no definido.
Configuración Estructural de las Edificaciones ;	¡Error! Marcador no definido.

Peso ¡Error! Marcador no definido.

Forma del Edificio en Planta ¡Error! Marcador no definido.

Forma del Edificio en Elevación ¡Error! Marcador no definido.

Separación entre edificios adyacentes ¡Error! Marcador no definido.

Curvas de Fragilidad ¡Error! Marcador no definido.

Evaluación del riesgo sísmico de los sistemas estructurales ¡Error! Marcador no definido.

Determinación de las probabilidades de los márgenes de seguridad de las estructuras para diferentes movimientos sísmicos ¡Error! Marcador no definido.

Definición de los Estados de Daño..... ¡Error! Marcador no definido.

Daño Estructural Leve ¡Error! Marcador no definido.

Daño Estructural Moderado..... ¡Error! Marcador no definido.

Daño Estructural Severo ¡Error! Marcador no definido.

Daño Estructural Completo..... ¡Error! Marcador no definido.

Límites de derivas para cada estado de daño ... ¡Error! Marcador no definido.

Métodos para determinar las curvas de fragilidad ¡Error! Marcador no definido.

Métodos basados en observaciones de campo ¡Error! Marcador no definido.

Métodos experimentales ¡Error! Marcador no definido.

Métodos a partir de la opinión de expertos ¡Error! Marcador no definido.

Métodos analíticos ¡Error! Marcador no definido.

Métodos Probabilistas..... ¡Error! Marcador no definido.

Método Expedito..... ¡Error! Marcador no definido.

Revisión de metodologías existentes para la obtención de la curva de Fragilidad ¡Error! Marcador no definido.

Metodología CFSEV (Curvas de Fragilidad sísmica para escuelas de Venezuela) (Coronel y López 2010). ¡Error! Marcador no definido.

Metodología HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)... ¡Error! Marcador no definido.

SELENA (2005)..... ¡Error! Marcador no definido.

CAPITULO III	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
MARCO METODOLOGICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Modalidad de la Investigación	¡Error! Marcador no definido.
Diseño de la Investigación	¡Error! Marcador no definido.
Población y Muestra.....	¡Error! Marcador no definido.
Técnicas e Instrumentos Para la Recolección de Datos	¡Error! Marcador no definido.
Procedimiento Metodológico.....	¡Error! Marcador no definido.
Fase A. Recopilación de Información Bibliográfica y Cartográfica	¡Error! Marcador no definido.
Fase B. Selección y Clasificación de las Estructuras a Evaluar	¡Error! Marcador no definido.
<i>No esenciales</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Esenciales</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Fase C. Inspección de Estructuras Seleccionadas	¡Error! Marcador no definido.
<i>Procedimiento.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Fase D. Elaboración de Curvas de Fragilidad ..	¡Error! Marcador no definido.
<i>Procedimiento.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Fase E. Estimación de Daños	¡Error! Marcador no definido.
Fase F. Elaboración de Mapas Representativos de los Daños Estimados en el Municipio.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO IV.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Fase A. Recopilación de Información Bibliográfica y Cartográfica	¡Error! Marcador no definido.
Fase B. Selección de las Estructuras a Evaluar	¡Error! Marcador no definido.
<i>Sector 1.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Sector 2.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>

<i>Sector 3</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Sector 4</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Sector 5</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Cantidad de Edificaciones Estudiadas</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Fase C. Inspección de Estructuras Seleccionadas ;	Error! Marcador no definido.
Fase D. Elaboración de Curvas de Fragilidad ..	¡Error! Marcador no definido.
Fase E. Estimación de Daños	¡Error! Marcador no definido.
Fase F. Elaboración de Mapas Representativos de los Daños Estimados en el Municipio	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO V	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
Recomendaciones	¡Error! Marcador no definido.
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. <i>Tabla comparativa de las normas de diseño seleccionadas</i>	15
TABLA 2. <i>Terremotos más desastrosos en Venezuela</i>	27
TABLA 3. <i>Límites de derivas para cada estado de daño</i>	49
TABLA 4. <i>Tipologías de viviendas estudiadas</i>	77
TABLA 5. <i>Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Urb. el Morro II</i>...	92
TABLA 6. <i>Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Magallanes y Cuidadela Valencey</i>	93
TABLA 7. <i>Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Urb. Los Harales</i>..	94
TABLA 8. <i>Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Zona. Industrial Terrazas de Castillito</i>	95
TABLA 9. <i>Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Zona Industrial San Diego</i>	96

TABLA 10. Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Urb. El Morro II.....	99
TABLA 11. Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Magallanes.....	100
TABLA 12. Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Ciudadela Valencey.....	101
TABLA 13. Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Urb. Los Harales.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Convergencia Continental-Continental.....	18
FIGURA 2. Convergencia Oceánica-Continental.....	19
FIGURA 3. Convergencia Oceánica-Oceánica.....	20
FIGURA 4. Convergencia Oceánica-Oceánica.....	22
FIGURA 5. Ondas Primarias (P).....	23
FIGURA 6. Ondas secundarias (S).....	24
FIGURA 7. Ondas Love (L).....	24
FIGURA 8. Ondas Rayleigh (R).....	25
FIGURA 9. Mapa de Venezuela donde se muestra el sistema de fallas principales y la dirección de las placas.....	26
FIGURA 10. Edificación con un sistema aporticado.....	31

FIGURA 11. Edificación con sistema de muros para resistir las cargas gravitacionales y laterales.....	32
FIGURA 12. Distintos sistemas duales.....	34
FIGURA 13. Edificación con arriostramientos laterales.....	34
FIGURA 14. Interacción de fuerzas entre pórticos y muros.....	34
FIGURA 15. Torsión causada por irregularidad en planta.....	40
FIGURA 16. Edificios con forma regular en altura.....	41
FIGURA 17. Caso típico en el que se produce el efecto de columna corta.....	42
FIGURA 18. Efecto de columna corta.....	42
FIGURA 19. Edificios adyacentes propensos a golpeteos entre sí.....	43
FIGURA 20. Edificios adyacentes con entrepisos en distintas alturas.....	44
FIGURA 21. Ejemplo de curvas de fragilidad.....	46
FIGURA 22. Planilla de Inspección para Edificaciones (1).....	68
FIGURA 23. Planilla de Inspección para Edificaciones (2).....	69
FIGURA 24. Planificación de Desarrollo Urbano Local del Municipio San Diego Estado Carabobo.....	72
FIGURA 25. Mapa Vs-30 del Municipio San Diego del Estado Carabobo según la conversión de NEHRP.....	73
FIGURA 26. Zona Suroeste del Municipio San Diego, destinada a la investigación.....	75
FIGURA 27. Sector 1.....	80
FIGURA 28. Sector 2.....	81
FIGURA 29. Sector 3.....	82
FIGURA 30. Sector 4.....	83
FIGURA 31. Sector 5.....	84
FIGURA 32. Edificaciones por Sector.....	85
FIGURA 33. Edificaciones por Tipología.....	85
FIGURA 34. Planilla de inspección para edificaciones, edificación Tipo 1 (1)...	87
FIGURA 35. Planilla de inspección para edificaciones, edificación Tipo 1 (2)...	88
FIGURA 36. Curva de fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 1.....	89

FIGURA 37. Curva de fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 1.....	90
FIGURA 38. Curva de fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 1.....	90
FIGURA 39. Distribución de daño para un sismo de 0,1g. A un total de 1999 edificaciones.....	97
FIGURA 40. Distribución de daño para un sismo de 0,3g. A un total de 1999 edificaciones.....	97
FIGURA 41. Distribución de daño para un sismo de 0,7g. A un total de 1999 edificaciones.....	98
FIGURA 42. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.1$, Sector 1: Urb. El Morro II.....	103
FIGURA 43. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.1$, Sector 2: Magallanes y Cuidadela Valencey.....	103
FIGURA 44. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.1$, Sector 3: Urb. Los Harales.....	104
FIGURA 45. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.1$, Sector 1: Urb. Industrial Terrazas de Castillito.....	105
FIGURA 46. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.1$, Sector 1: Urb. Industrial San Diego.....	106
FIGURA 47. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.3$, Sector 1: Urb. El Morro II.....	107
FIGURA 48. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.3$, Sector 2: Magallanes y Cuidadela Valencey.....	107
FIGURA 49. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.3$, Sector 3: Urb. Los Harales.....	108
FIGURA 50. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.3$, Sector 4: Urb. Industrial Terrazas de Castillito.....	109
FIGURA 51. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.3$, Sector 5: Urb. Industrial San Diego.....	110
FIGURA 52. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.7$, Sector 1: Urb. El Morro II.....	111

FIGURA 53. Mapa de Estimación de Daños con $A_o=0.7$, Sector 2: Magallanes y Ciudadela Valencey.....	111
FIGURA 54. Mapa de Estimación de Daños con $A_o=0.7$, Sector 3: Urb. Los Harales.....	112
FIGURA 55. Mapa de Estimación de Daños con $A_o=0.7$, Sector 4: Urb. Industrial Terrazas de Castillito.....	113
FIGURA 56. Mapa de Estimación de Daños con $A_o=0.7$, Sector 1: Urb. Industrial San Diego.....	114

INTRODUCCIÓN

Las consecuencias de la ocurrencia de los sismos en regiones altamente pobladas ha puesto en evidencia la situación de riesgo en la que se encuentran. En la mayoría de los casos la construcción de edificaciones con bajo o inexistente criterio sismorresistente ha traído como consecuencia el colapso de dichas estructuras, con las consecuentes pérdidas materiales y humanas.

Este tipo de situaciones ha conllevado a despertar la inquietud sobre la necesidad de conocer el estado de preparación de las edificaciones existentes frente a un sismo, estableciéndose diferentes tipos de estudio a nivel mundial. Dentro de esos estudios se encuentran metodologías que permiten estimar probabilísticamente el daño que pudieran sufrir las estructuras al ocurrir un evento sísmico de determinada magnitud, lo que puede servir como guía a la población en general y a los entes encargados de prevención de desastres a los fines de tomar las previsiones correspondientes.

En esta investigación se utilizó el procedimiento para generar curvas de fragilidad sísmica aproximadas para diferentes tipos de edificaciones de poca altura, diseñadas bajo distintas normativas dependiendo del año constructivo, para de esta manera, dar continuidad a una gran línea de investigación de vulnerabilidad y riesgo sísmico que ha venido desarrollando la Universidad de Carabobo bajo distintos trabajos de grado orientados al resto de las zonas que comprenden al municipio San Diego del Estado Carabobo, al igual que demás universidades del país que están avocadas a mitigar en mayor medida los estragos dejados por los sismos mediante evaluación de daños y niveles de riesgo sísmico en el resto de las entidades del territorio nacional de Venezuela.

La construcción de las curvas de fragilidad sísmicas se realizó mediante la implementación de un software diseñado para tal fin y desarrollado en Venezuela bajo sus normas, el cual permite obtener los porcentajes de afectación que sufre cada tipo de estructura perteneciente a la zona en estudio y ubicarlos en cuatro diferentes estados de daños: leve, moderado, severo y completo.

El objetivo final del trabajo investigativo consistió en la elaboración de un mapa que muestra las zonas estudiadas identificando las áreas que están más propensas a sufrir mayores pérdidas, para así poder elaborar un correcto plan de acción de presentarse una eventualidad de esta índole.

Este Trabajo Especial de Grado se estructuró en cinco capítulos (5) que se describen a continuación:

Capítulo I, El Problema, se especifican las razones por la cual se realiza la presente investigación, al mismo tiempo que se mencionan cada uno de los objetivos, aportes, alcance y limitaciones entre los cuales se desarrolló la investigación.

Capítulo II, Marco Teórico, se presentan los antecedentes de la investigación, definiciones necesarias para la comprensión del trabajo, una reseña histórica de las normativas de construcción de Venezuela, conceptos relacionados, vulnerabilidad sísmica, curvas de fragilidad, daño y riesgo sísmico, métodos de obtención de curvas de fragilidad, los materiales de construcción y sistemas estructurales.

Capítulo III, Marco Metodológico, se describe la metodología empleada para alcanzar los objetivos planteados en la investigación. Se describe la modalidad y diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos y el procedimiento metodológico, el cual consta de 6 fases: recopilación de información bibliográfica y cartográfica, selección de las estructuras a evaluar, inspección de estructuras seleccionadas, elaboración de curvas de fragilidad,

estimación de daños y elaboración de mapas representativos de los daños estimados en el municipio.

Capítulo IV, Análisis e interpretación de los resultados, se exponen los resultados y los análisis respectivos obtenidos durante la investigación por cada fase operativa, así como la presentación de curvas de fragilidad para cada tipología estructural evaluada que permitirá construir el mapa de vulnerabilidad sísmica para la zona estudiada según los cuatro estados de daño establecidos.

Capítulo V, Conclusiones y Recomendaciones, se exponen las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

Los criterios de diseño sismorresistentes han evolucionado debido a las enseñanzas dejadas por los sismos ocurridos alrededor mundo. En Venezuela, las pérdidas materiales y de vidas humanas a pesar de ser mínimas en relación a diferentes países del mundo, no dejan de ser notables, pues, los daños observados en los terremotos ocurridos durante los últimos 20 años, han mostrado la elevada vulnerabilidad sísmica que presentan nuestras edificaciones. Por lo que se ha hecho necesario realizar tanto estudios como investigaciones y planes, orientados a determinar y reducir tanto la vulnerabilidad como el riesgo sísmico presente en las edificaciones radicadas en nuestro país, cuya gran mayoría fueron construidas a mediados del siglo XX y el resto en lo que ha transcurrido del presente siglo.

Los movimientos sísmicos tienen la característica de no ser predecibles a pesar de toda la tecnología que se ha venido desarrollando, debido a esto se pone de manifiesto la vulnerabilidad sísmica, aun cuando las diferentes edificaciones hayan sido diseñadas cumpliendo con las normativas vigentes, puesto a que, cada movimiento sísmico viene dotado de características totalmente distintas a cualquier otro, lo que quiere decir que a pesar de poseer data de eventos acaecidos a través del tiempo, en todo momento se dificulta anticipar el comportamiento de cualquier movimiento telúrico que este próximo a la hora de ejecutar cualquier tipo de edificación.

El riesgo sísmico de una edificación es función directa de su vulnerabilidad y de la amenaza del sitio en el que esta se ubica. Por otro lado, ya que la vulnerabilidad depende de las características de la edificación, se ha comprobado en numerosas experiencias que el comportamiento sísmico de las estructuras varía notablemente en función de su altura, lo que implica un constante problema en las grandes ciudades debido a que, gracias al acelerado crecimiento poblacional y a la constante modernización urbana, se hecho necesario la construcción paulatina de edificaciones con alturas considerables, superiores a los 10 metros y en ocasiones consideradas irregulares, lo que trae como consecuencia pobladores cada vez más expuestos a condiciones vulnerables en presencia de un evento sísmico de magnitud considerable.

Recientemente se han registrado a nivel mundial numerosos sismos tales como: el 15 de agosto del 2007, Un movimiento telúrico de 8 grados en la escala Richter arrasa la costa de Perú y provoca 513 fallecimientos y 1.090 heridos. El 12 de mayo del 2008, Wenchuan China, es el epicentro de un sismo de 7,8 grados, que deja 90.000 muertos. El 30 de septiembre del 2009, Tres mil personas fallecen y 450.000 pierden sus hogares en la isla indonesia de Sumatra, como consecuencia de un terremoto de 7,6 grados de Richter y una réplica de 6,8 al día siguiente. El 12 de enero 2010 Haití sufre los estragos de un terremoto de 7,0 grados en la escala de Richter, el peor en su historia. Así mismo el 20 de marzo de 2012 se hace presente un sismo de 7.6 grados en México dejando aproximadamente 5 heridos y más de 500 viviendas inhabitables.

Venezuela, al estar ubicada en una zona límite entre las placas tectónicas de Suramérica y la placa tectónica oceánica, está expuesta a sufrir la ocurrencia de eventos sísmicos, que pueden causar el deterioro de las estructuras e incluso el colapso total de las mismas, pudiendo cobrar la vida de muchas personas y ocasionar grandes pérdidas a la nación, por lo que es de vital importancia el desarrollo de planes de prevención y mitigación de riesgos sísmicos. El Estado Carabobo no escapa a esta situación, debido que su geografía está atravesada por algunas de las fallas más importantes del país como lo son: la falla de San Esteban en el Municipio Diego

Ibarra, las fallas de Morón y Trincheras al norte del estado, la falla de la Victoria que atraviesa el Lago de Valencia, y la falla de los Hornos que bordea la autopista Regional del Centro.

Con el fin de evaluar las condiciones de las estructuras existentes en el país, se viene desarrollando una línea de investigación promovida por la Fundación venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) que consiste en determinar los índices de riesgo utilizando las Curvas de Fragilidad, estas curvas permiten representar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones y calcular la probabilidad de que la respuesta de una estructura alcance o exceda determinado límite, asociado al daño, como función de un parámetro indicador de intensidad sísmica.

De la mano con la evaluación de las condiciones estructurales, surge paralelamente la exigencia de evaluar el comportamiento de las estructuras ya construidas ante un sismo de características previstas para la zona, según la data obtenida de eventos sísmicos anteriores, a objeto de tener una idea clara de la capacidad sismorresistente de las estructuras, para realizar las mejoras o adecuaciones que sean necesarias en las edificaciones donde se requiera.

Por este motivo se propone el siguiente trabajo enfocado en edificaciones tanto residenciales como gubernamentales, educacionales, industriales y comerciales ubicadas en el Municipio San Diego Edo Carabobo, ya que en la referida zona se encuentra un gran número de edificios con una variada tipología estructural, además de la cercanía a fallas importantes que pueden generar sismos de magnitud relevante, pudiendo a través de las curvas de fragilidad pronosticar que tan vulnerables pueden ser las edificaciones analizadas.

En este mismo orden de ideas, se plantea entonces el problema en estudio con la siguiente interrogante: ¿Se podría conocer la magnitud de riesgo sísmico de las estructuras residenciales, comerciales e industriales ubicadas al suroeste del

Municipio San Diego mediante la construcción de “curvas de fragilidad” y en consecuencia servir de herramienta para generar medidas de mitigación y/o adecuación estructural para salvaguardar las vidas de las personas que habitan o hacen vida en ellas?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Evaluar los niveles de riesgo sísmico de las edificaciones ubicadas al suroeste del Municipio San Diego Edo. Carabobo. Mediante el uso de curvas de fragilidad

Objetivos Específicos

- Identificar las tipologías estructurales de las edificaciones, de acuerdo a las características sismorresistentes a estudiar, mediante el uso de la “planilla de identificación”.
- Clasificar las edificaciones según el grado de vulnerabilidad ante la amenaza sísmica.
- Generar curvas de fragilidad de las edificaciones seleccionadas mediante un software de aplicación llamado, Curvas de Fragilidad Sísmicas para Escuelas Venezolanas (CFSEV).
- Generar un mapa de vulnerabilidad sísmica de toda el área en estudio a partir de las curvas de fragilidad.

Justificación

No existe duda de que Venezuela ha sido escenario de una gran cantidad de sismos de distintas magnitudes que han puesto de manifiesto la vulnerabilidad estructural de las edificaciones, incapacitándolas funcionalmente y en algunos casos llevándolas al colapso.

Estos sismos han afectado en un sinnúmero de maneras a cada una de las diferentes edificaciones, bien sean de tipo residencial como viviendas unifamiliares y multifamiliares o industriales, recreacionales, hospitalarias, educativas, gubernamentales, religiosas y comerciales, además de perjudicar del mismo modo a las estructuras viales, cobrando así la vida de un sinnúmero de personas que habitan el territorio nacional y ocasionando daños innumerables tanto económicos como sociales a la nación que en la mayoría de los casos ascienden a pérdidas millonarias.

Por lo antes expuesto, se denota la relevancia que fundamenta la justificación de este trabajo, pues el mismo permitirá visualizar cuales son las estructuras residenciales más vulnerables o más críticas, que requieran intervención inmediata en el Municipio San Diego del estado Carabobo, lo cual facilitara a la hora de tomar las medidas necesarias para disminuir dicho riesgo, evidenciado como considerable, según lo indica la Norma (COVENIN 1756 – 2001 de Edificaciones Sismorresistentes).

De esta manera, se da inicio a la presente investigación la cual tiene como finalidad abocarse a la determinación de los niveles de riesgo sísmico en edificaciones, dichos niveles permitirán la elaboración de un mapa de vulnerabilidad sísmica con sus respectivos índices de riesgo, para de esa manera brindar a los entes gubernamentales, habitantes, transeúntes y demás personas que laboran al suroeste del municipio San Diego, un estudio respecto al nivel en el cual se encuentran las estructuras donde hacen vida y se desenvuelven cotidianamente, y poder así, de ser

necesario, tomar acciones de rehabilitación estructural y disminuir la vulnerabilidad sísmica, lo que implicaría un aumento de la calidad de vida de los ciudadanos, al garantizar sus bienes e integridad física.

De igual forma, los resultados de esta investigación, le permitirá a las organismos públicos tanto del municipio San Diego como de los demás municipios del Estado Carabobo y organismos nacionales, crear planes de mitigación y ordenanzas para de esa manera disminuir los riesgos ante la presencia de un sismo, permitirá también en función de los resultados obtenidos, promover mejoras en el desarrollo de las técnicas de control urbanístico concerniente a las organizaciones encargadas de dicha planificación, a fin de crear conciencia acerca del daño y el incremento de la vulnerabilidad en distintas zonas a raíz del aumento progresivo de la construcción informal en el municipio.

Alcance y Limitaciones

Es competencia del trabajo de investigación determinar los niveles de riesgo sísmico que presentan las edificaciones ubicadas al suroeste del municipio San Diego, Estado Carabobo, ante las potenciales consecuencias derivadas de la amenaza sísmica producto de la ubicación geográfica y la concentración poblacional, así como también plantear soluciones viables en las edificaciones o zonas donde lo así lo requiera.

Es importante agregar que el alcance del trabajo según las diferentes tipologías estructurales contempla edificaciones de hasta cuatro (4) niveles, destinadas a los usos descritos anteriormente, además se evaluarán solo las edificaciones que se encuentren habitadas al momento de la realización del estudio.

Tomando en cuenta resultados obtenidos en investigaciones previas relacionadas con el presente trabajo, esta metodología basada en curvas de fragilidad analíticas permitirá estimar costos de reparación en forma rápida y sencilla

El análisis solo se realizara de acuerdo a las características visuales y observables de la estructura a nivel cualitativo y cuantitativo, además la investigación no comprende la realización de ningún tipo de ensayos a las estructuras, y quedaran exentas de estudio construcciones cuyas características no las hagan aptas para denominarse estructuras, por ejemplo las definidas como “viviendas espontáneas”, limitaciones que surgen tras la utilización del software “Curvas de Fragilidad Sísmicas para Escuelas Venezolanas (CFSEV)”.

Con respecto a la información relativa a estudios de suelos, se utilizará el trabajo de grado “ELABORACIÓN DEL MAPA DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE V_s -30 DEL MUNICIPIO SAN DIEGO ESTADO CARABOBO” como fuente de información de los datos necesarios para el desarrollo de la investigación, debido a que no es competencia del presente trabajo la realización de estudios de suelos en la zona.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la Investigación

Gustavo Coronel D, Oscar A. López y Nelson Betancourt (2010). **EVALUACIÓN DE NIVELES DE RIESGO SÍSMICO EN ESCUELAS DE VENEZUELA MEDIANTE CURVAS DE FRAGILIDAD.** Trabajo realizado en El Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (UCV).Caracas, Venezuela. En este trabajo se presenta una metodología que permite estimar daños, pérdidas y niveles de riesgo sísmico en las edificaciones escolares de Venezuela a partir de la elaboración de las curvas de fragilidad correspondiente a cada estructura, con el propósito de elaborar un mapa zonificado que muestre el nivel de riesgo en las escuelas a nivel nacional. Este trabajo es de gran relevancia ya que presenta información, teoría y metodología esencial para el desarrollo de la presente investigación.

América O. Spetch H. (2008). **ELABORACIÓN DEL MAPA DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE Vs-30 DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO.** Trabajo realizado en la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Carabobo, Venezuela. En este trabajo se pretende elaborar un mapa de velocidades de ondas de corte del Municipio San Diego del Estado Carabobo. Se calcularon los valores de velocidad de ondas de corte a los 30 metros de profundidad, a través de la transformación del número de golpes promedio del ensayo SPT de cada estudio, a velocidades de ondas de corte mediante el uso de las conversiones de Campos (2004), Imai & Yoshimura (1970), Ohta y Goto (1978) y

NEHRP. Este trabajo fue de gran utilidad porque proporcionó la información del tipo de suelo presente en la zona a estudiar ya que es un parámetro importante para el software de cálculo utilizado.

José Martín Velásquez Vargas (2006). **ESTIMACION DE PERDIDAS POR SISMO EN EDIFICIOS PERUANOS MEDIANTE CURVAS DE FRAGILIDAD ANALITICAS**. Trabajo realizado en la Escuela de Graduados de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. En este trabajo se desarrolla una metodología que permite predecir de manera razonable las pérdidas por sismo en edificios peruanos. La metodología está basada en curvas de fragilidad. Las curvas de fragilidad son funciones que representan la vulnerabilidad de una estructura cuando está es sometida a diversos niveles de intensidad sísmica. Con esta herramienta de evaluación se estimaron los costos de reparación de grupos de edificios evaluados y el desempeño de sistemas de refuerzo. De este trabajo fue de gran utilidad la metodología que emplea para estimar la cantidad de daño a sufrir por las estructuras y la manera de presentar los porcentajes arrojados por las curvas en mapas.

Fundamentos Teóricos

Reseña histórica de las normas de construcción en Venezuela

Hablar de normas sismorresistentes involucra pensar en primer lugar y entre otros aspectos en mapas de zonificación sísmica y viceversa. A tal efecto, en la Norma Provisional de 1967 se incorporó como novedad el mapa de zonificación sísmica elaborado por Fiedler en 1959, a partir de la interpretación de los registros provenientes del Observatorio Cagigal. “Tal zonificación contrastaba con las Normas MOP de 1947 y 1955, pues incorporaba aspectos sismotectónicos de nuestro territorio mal conocidos y hasta ignorados por los ingenieros hasta ese momento”. Dicha norma se ha ido enriqueciendo en la medida en que han sucedido otros eventos, a instancia de las autoridades con dominio sobre la materia o porque se ha avanzado en el

conocimiento del tema. “Lo que se ha ido aprendiendo sobre sismos venezolanos, se ha sintetizado en mapas de zonificación sísmica con arreglo a tres metodologías y objetivos diferentes: delimitaciones de zonas sísmicas basadas en los efectos conocidos de sismos pasados; mapas en los cuales, además de los efectos de sismos pasados, se incorpora información tectónica y de registros sismográficos; y zonificaciones fundamentadas en modelos sismotectónicos evaluados en términos probabilísticos. Además de incorporar nuevos aspectos, técnicos y constructivos que se han ido conociendo sobre el comportamiento de las estructuras ante los sismos y que mejoran su desempeño, con la finalidad de disminuir daños en las edificaciones”.

En relación a la contribución de Funvisis en los estudios de amenaza sísmica, la misma ha sido generada para su aplicación directa en el diseño ingenieril de infraestructuras con cualidades sismorresistentes. El producto más reciente de tales estudios es la publicación de la nueva norma Covenin (1756-98), con carácter de aplicación obligatoria, *Edificaciones sismorresistentes*, cuya vigencia es de enero de 1999 y la cual revisa y actualiza la norma anterior Covenin 1756-82, al incorporar todos los resultados generados por Funvisis desde inicios de la década de los 80. Dicha norma, volvió a ser revisada a principios del año 2001, a los fines de incorporar todas las observaciones realizadas en el proceso establecido para tal fin. Cabe señalar que las investigaciones que en esta materia adelanta Funvisis están destinadas a caracterizar las condiciones geotécnicas y geológicas de toda Venezuela, con miras a hacer estudios de microzonificación en los centros poblados más afectados.

Breve Historia de la Sismología en Venezuela

La historia de la sismología venezolana puede agruparse en 3 importantes ventanas de tiempo para entender el proceso que ha tenido. Una que parte en los siglos XVI y XVII en que los primeros pobladores de la nación eran los directamente afectados y no lo comprendían. En esta época se encontraban los primeros cronistas traídos con los colonizadores.

Para los siglos XVIII y XX, se considera como una segunda etapa, otros eran los cronistas más letrados, editores de diarios nacionales o locales e incluso fotógrafos y cineastas considerándose estas, formas alternas de realizar *crónicas en sismología*. Para esta época se elaboran catálogos y fuentes documentales donde queda plasmada toda acción de los terremotos y sus secuelas, también se discute en forma cabal la naturaleza del fenómeno “seismológico” bajo un contexto científico.

De todo lo expuesto, surge la necesidad de establecer centros de investigación a nivel público y nace a instancias del gobierno nacional, el Observatorio Cagigal que aparentemente tuvo su par en una iniciativa de los sacerdotes jesuitas, no comprobada del todo hasta ahora. Con el terremoto de Caracas en 1967, se decidió crear la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Funvisis, el 27 de julio de 1972 y Defensa Civil, institución que se ocupa de las acciones de salvamento y prevención. Más recientemente, el terremoto de Cariaco, en 1997, llevó a que Funvisis formalizara la creación del Programa Aula Sísmica “Madeleilis Guzmán” con el objetivo de reforzar la acción preventiva hacia la comunidad.

Tabla 1.*Tabla comparativa de las normas de diseño seleccionadas*

	Teoría de Diseño y análisis de secciones de concreto	Resistencia a la compresión, f'_c (kgf/cm²)	Dimensión mínima de vigas y columnas	Resistencia nominal del acero. F_y (kgf/cm²)
MOP-1939	Teoría clásica, con acciones de servicio y tensiones admisibles.	Mínimo 120 y Máximo 200	25cm para columnas.	1200, sin opción a acero especial.
MOP-1947	Teoría clásica, con acciones de servicio y tensiones admisibles.	Mínimo 100 y Máximo 270	25cm para columnas.	1200, con opción de acero especial con 1400
MOP-1955	Teoría clásica, con acciones de servicio y tensiones admisibles.	Mínimo 100 y Máximo 270	20cm para columnas.	1200, con opción de acero especial con 1400, añadiendo requisitos de calidad del material.
MOP-1967	Se presentó como de Teoría Clásica anunciando una próxima versión con Teoría de Rotura, que no apareció, pero incorporo algunos elementos de esta teoría anunciada, implícitamente.	Mínimo 100	20cm para columnas (15cm para pilares secundarios), añadiéndoles controles de esbeltez y excentricidades mínimas.	F_y admisible 0,5 limite elástico, con cota 2700, y 45% de la tensión de rotura para el caso de la tracción y de 2250 a compresión.
COVENIN 1753-1981	COVENIN 1753-81 fue Primera norma de diseño nacional según la Teoría de Rotura. Se creó la norma de diseño sísmico "Edificaciones antisísmicas" COVENIN 1753-82.		30cm para columnas y 25cm para vigas.	
COVENIN 1756-1982				
COVENIN 1753-1987	Teoría de Rotura. Se le modifico el nombre a la norma sísmica a "Edificaciones Sismoresistentes" COVENIN 1756-2001.	Mínimo 210 para zonas sísmicas (2003)	30cm para columnas y 30cm para vigas.	4200
COVENIN 1756-2001				

Nota. Datos tomados de Hernández (2009).

La historia sísmica de nuestro país revela que a lo largo del período 1530-2002 han ocurrido más de 137 eventos sísmicos que han causado algún tipo de daño en poblaciones venezolanas. De todos ellos el más devastador fue el de 1812, el cual según Gunther Fiedler (1961) tuvo tres epicentros, y afectó a ciudades tan distantes como Mérida, Barquisimeto, San Felipe y Caracas, causando más de 20 mil víctimas, es decir, el 5% de la población estimada para la época. En relación a este terremoto, Rogelio Altez (1999) sostiene que en 1812 hubo dos eventos: uno en Caracas y otro en Mérida. El de Caracas, según afirma, fue a las 4:07 de la tarde y el de Mérida, aproximadamente, una hora después.

Sismo

Un sismo es un movimiento súbito e impredecible de una parte de la corteza terrestre, ocasionado por fuerzas que tienen su origen en el interior de la tierra capaz de cambiar por completo el paisaje de una región.

Pueden ser de origen *tectónico*, producidos por el desplazamiento de bloques de la litosfera, o *volcánico*, producido por la extrusión de magma hacia la superficie. En ambos casos hay una liberación de energía acumulada que se transmite en forma de ondas elásticas, causando vibraciones y oscilaciones a su paso a través de las rocas sólidas del manto y la litosfera hasta “arribar” a la superficie terrestre.

Tectónica de placas

Según esta teoría, la litosfera está seccionada en placas que se encuentran sobre el segundo nivel del manto o astenósfera, que es más plástico o pastoso. Dichas placas, separadas por cadenas montañosas o fosas, se mueven lentamente, chocando o rozándose unas con otras. Por el centro de estas cadenas montañosas, sube constantemente material fundido del manto y por las fosas baja roca de la corteza oceánica hacia el manto.

Las placas se mueven relativamente entre ellas y en los bordes o zonas de interacción pueden producirse algunos de los siguientes fenómenos:

Formación de nueva corteza

El desplazamiento del magma, fundido y muy caliente, que escapa hacia el exterior provoca volcanes y terremotos de magnitud variable. Como ejemplo están los volcanes del centro del océano Atlántico.

Roce entre placas

Al pasar una al lado de la otra se crean esfuerzos, los cuales se liberan violentamente cuando las rocas llegan a su punto de fractura. Esta situación produce terremotos que pueden llegar a ser de naturaleza variable. Un caso como este es lo que ocurre mayormente al norte de Venezuela.

Choque de dos placas continentales.

Debido a su poca densidad ninguna se hunde, pero el choque hace que se plieguen formando una cadena montañosa (ver figura 1), como la de los Himalayas y los Alpes, por ejemplo. Este tipo de choque también produce frecuentes terremotos.

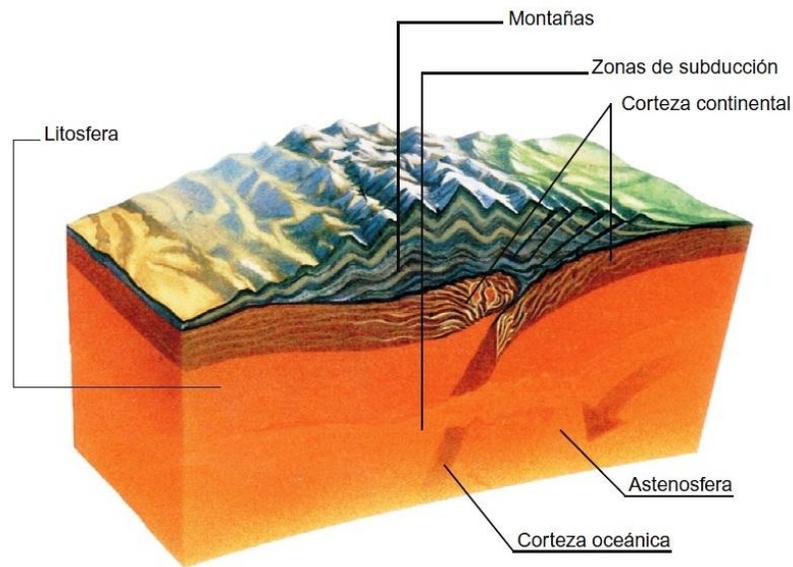


Figura 1. **Convergencia Continental-Continental.** *Nota.* Datos tomados de Moore (1996).

Choque entre una placa oceánica y una placa continental

Como la corteza oceánica es más densa, la placa subduce, regresa al manto y forma las grandes fosas que se han encontrado en los bordes de los océanos. Como consecuencia del choque se arruga la corteza y se forma una cadena montañosa. El choque de las dos placas y el descenso de la placa con corteza oceánica hacia las profundidades del planeta, también produce tensiones entre las rocas, que pueden llegar a provocar terremotos. Uno de los mejores ejemplos es la cordillera andina, desde Colombia hasta Chile.

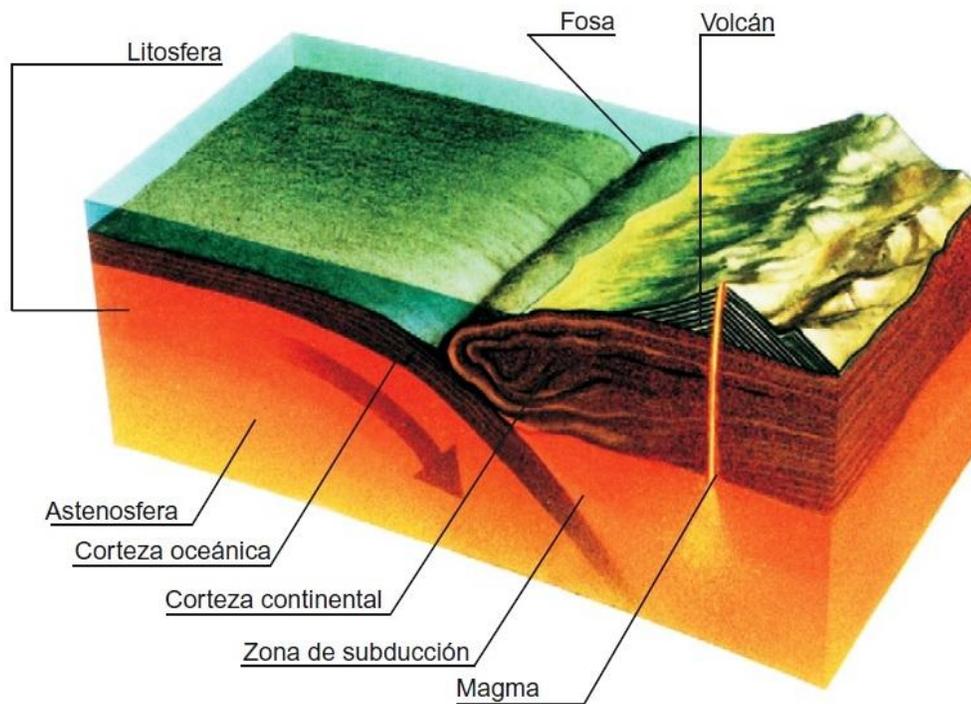


Figura 2. **Convergencia Oceánica-Continental.** *Nota.* Datos tomados de Moore (1996).

Choque de dos placas oceánicas

Aquí se hunde la más delgada o más densa de las dos. También ocurren terremotos y volcanes y se pueden originar islas volcánicas, como ocurre en las Antillas.

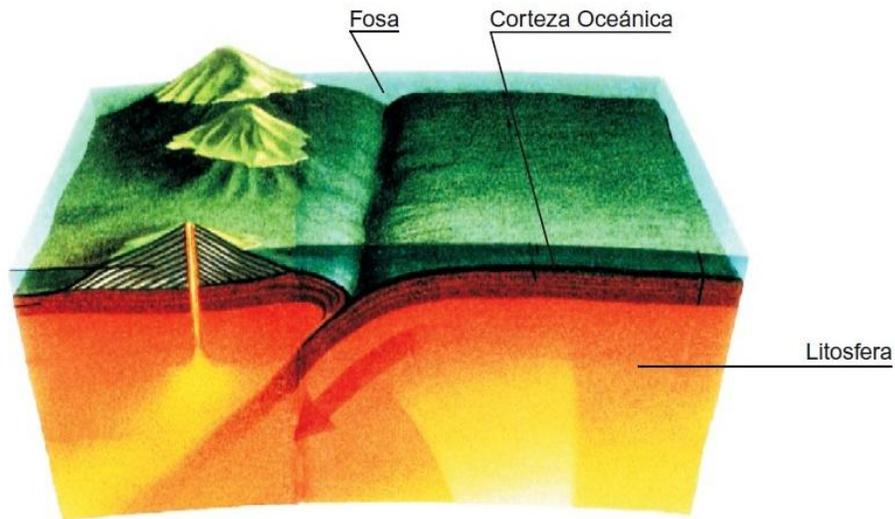


Figura 3. **Convergencia Oceánica-Oceánica.** Nota. Datos tomados de Moore (1996).

Sismología

El término sismología proviene de dos palabras griegas *seismos*, agitación o movimiento rápido, y *logos*, ciencia o tratado. Sismología significa, por lo tanto, la ciencia de la agitación, sobreentendiéndose de la tierra o ciencia de los terremotos. El término mismo de sismología se empezó a utilizar hacia mediados del siglo XIX y ha pasado a todas las lenguas. Anteriormente, se usaban otras expresiones tales como tratado o estudios de los terremotos. Un punto de partida para la sismología moderna lo constituye el gran terremoto de Lisboa del 1 de noviembre de 1755, causando destrucción de la ciudad y un maremoto o *tsunami*.

R. Mallet con su estudio del terremoto de Nápoles de 1857 puso las bases de la sismología moderna. Desarrolló la teoría del foco sísmico a partir del cual se propagan las ondas en todas las direcciones y relacionó la ocurrencia de los terremotos con la ruptura del material de la corteza terrestre. Geólogos como C. Lyell y E. Suess relacionaron los terremotos con las fallas y, a principios de este siglo, F.

Montessus de Ballore y A. Sieberg asignaron la causa de los terremotos a los procesos tectónicos y contribuyeron a muchos aspectos de la sismología.

Desde 1940 hasta nuestros días, la sismología ha experimentado un rápido desarrollo en cuanto a los mecanismos de la generación de los terremotos y la naturaleza de la propagación de las ondas sísmicas en la tierra.

Localización y cuantificación de los sismos

Localizar un sismo significa saber su ubicación geográfica y la profundidad a la cual se produjo. Los sismos se localizan a partir del tiempo que tardan las ondas en viajar desde el foco o hipocentro hasta un instrumento de medición como el sismógrafo.

El lugar donde se produce un sismo se llama foco, su proyección sobre la superficie terrestre recibe el nombre de epicentro y la distancia entre el epicentro y la estación sismológica es la distancia epicentral.

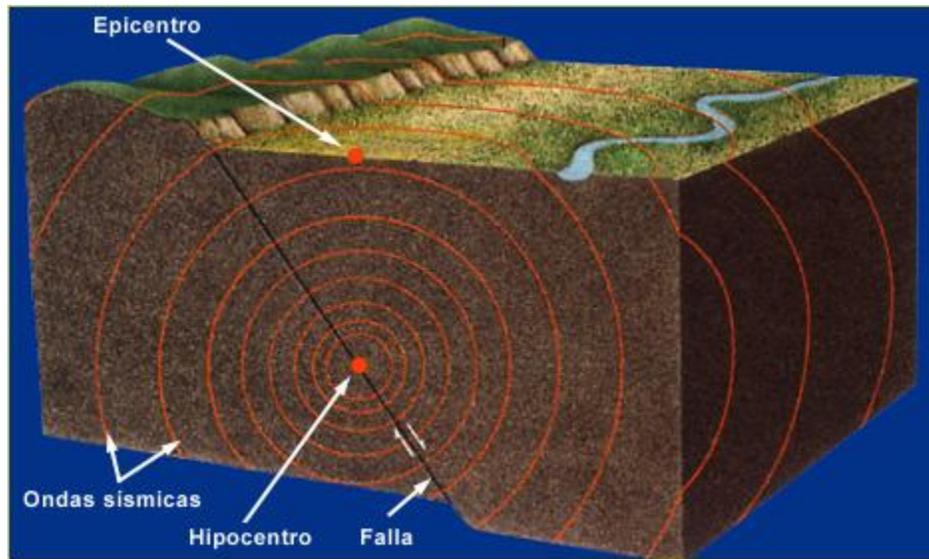


Figura 4. **Convergencia Oceánica-Oceánica.** *Nota.* Datos tomados de Portalcienca (2005).

La magnitud de un sismo mide la energía liberada y se expresa en la amplitud de las ondas sísmicas desde el foco o hipocentro. La escala comúnmente utilizada para medir la magnitud es la escala de Richter, la cual se basa en la amplitud de un registro en condiciones estándar. Es el logaritmo en base 10 de la amplitud máxima de la onda sísmica registrada en un sismógrafo patrón a una distancia de 100 km. del epicentro.

La intensidad de un sismo es una medida subjetiva de los daños ocasionados por un sismo sobre la población, las construcciones y la naturaleza misma. En 1902, Mercalli propuso una tabla de escala de intensidad. Esta escala es la más usada en América, mientras que en Europa se utiliza la MSK (por Medvedev, Sponhouer y Karnik). Ambas constan de 12 niveles.

Ondas Sísmicas

Son oscilaciones que se propagan desde una fuente (foco o hipocentro) a través de un medio material elástico (sólido y líquido) transportando energía mecánica. Se cla-

sifican en Corpóreas y Superficiales. Las Corpóreas viajan por el interior de la Tierra y se clasifican en Primarias (P) y Secundarias (S). Las Superficiales, como su nombre lo indica, se desplazan por la superficie del planeta y se dividen en Ondas Love (L), llamadas así en honor al investigador que las descubrió, y Ondas Rayleigh (R), por la misma circunstancia.

Ondas Primarias (P)

Son las primeras en alcanzar la superficie terrestre. Viajan a través de rocas sólidas y materiales líquidos, siendo sus vibraciones longitudinales. Su efecto es similar a una estampida sónica que retumba y hace vibrar las ventanas.

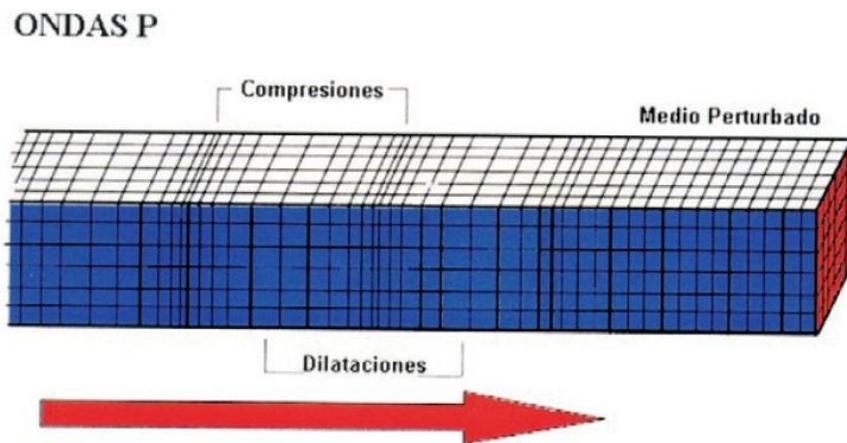


Figura 5. **Ondas Primarias (P)**. Nota. Datos tomados de FUNVISIS (2002).

Ondas Secundarias (S)

Viajan más lento que las ondas P, por lo que arriban con posterioridad a la superficie terrestre. Producen movimientos de las partículas sólidas en dirección perpendicular al sentido de propagación. No se propagan a través de las partes líquidas de la tierra. Su movimiento es de arriba abajo y de lado a lado, sacudiendo la superficie del suelo vertical y horizontalmente. Este es el movimiento responsable del daño a las estructuras.

ONDAS S

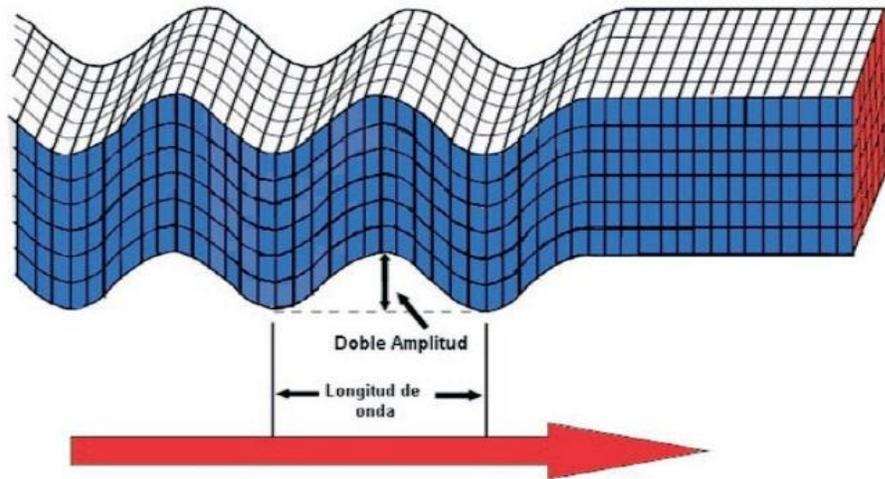


Figura 6. **Ondas secundarias (S)**. Nota. Datos tomados de FUNVISIS (2002).

Ondas Love (L)

Su movimiento es el mismo que el de las Ondas S, sólo que restringido a los intervalos de interacción entre las diferentes capas de la superficie terrestre. Viajan más rápido que las Ondas Rayleigh.

ONDAS L

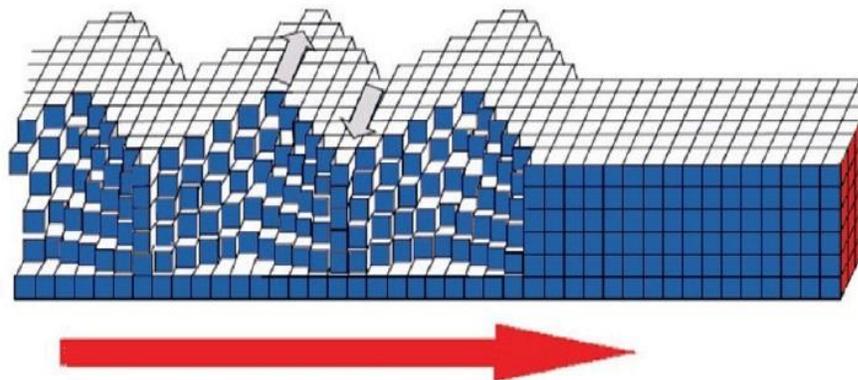


Figura 7. **Ondas Love (L)**. Nota. Datos tomados de FUNVISIS (2002).

Ondas Rayleigh (R)

Tienen una trayectoria elíptica en el plano vertical orientado en la dirección en que viajan las ondas.

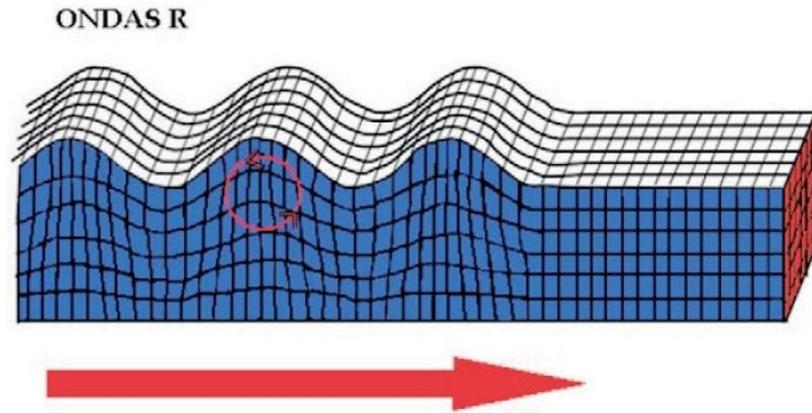


Figura 8. **Ondas Rayleigh (R)**. *Nota.* Datos tomados de FUNVISIS (2002).

Sismorresistencia

La sismorresistencia de una edificación dependerá, en gran medida, tanto del tipo de materiales y componentes que la constituyan, como de la correcta relación entre ellos, es decir, no basta con dotar a la edificación de unos componentes resistentes, es necesario relacionarlos correctamente entre sí para que toda la edificación se comporte de manera homogénea ante la presencia de fuerzas provenientes del sismo y así preservar las vidas humanas y la integridad de la estructura.

La uniformidad debe ser una característica de una edificación sismorresistente y se logra cuidando que no se presente diversidad en los materiales que constituyen los componentes que desempeñan trabajos similares.

La continuidad de la construcción sismorresistente se da en dos sentidos:

- Todos los ejes de los muros o pórticos que conforman los diferentes espacios deben estar, hasta donde sea posible, alineados.
- Debe conservarse la continuidad entre juntas y la unión horizontal de los elementos de mampostería a las vigas, así como la verticalidad de los muros y/o pórticos.

Sismicidad en Venezuela

Venezuela se encuentra ligada a un contexto geodinámico complejo producto de la interacción entre la placa Caribe y Suramericana, el movimiento de la placa Caribe hacia el este con respecto a la Suramericana produce una actividad sísmica significativa.

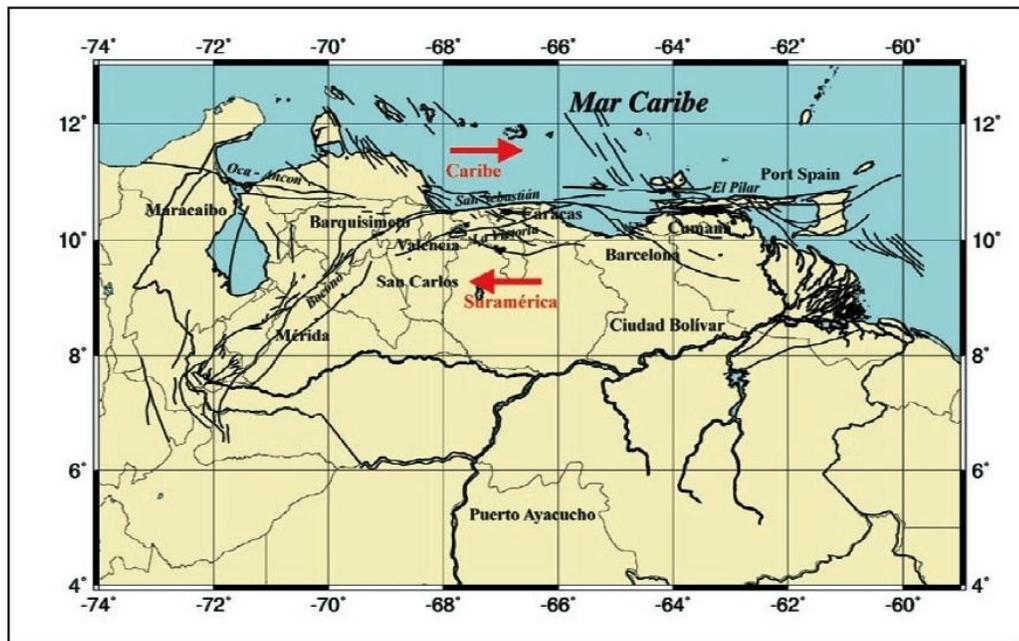


Figura 9. Mapa de Venezuela donde se muestra el sistema de fallas principales y la dirección de las placas. Nota. Datos tomados de FUNVISIS (2002).

La zona de contacto entre la placa del Caribe y la placa Suramericana está conformada por tres sistemas de fallas, cuyo ancho promedio oscila alrededor de los 100 km. Estas fallas son la de Boconó (Los Andes), San Sebastián (Cordillera de la Costa) y El Pilar (Serranía del Interior), y son las causantes de los eventos más severos que han ocurrido en el territorio nacional. Además, existen otros accidentes activos menores (Oca-Ancón, Valera, La Victoria, entre otros), capaces de producir sismos importantes.

Algunos de los terremotos más desastrosos que han ocurrido en el país se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.
Terremotos más desastrosos en Venezuela.

Año	Localidad Afectada
1530	Nueva Toledo (Cumaná)
1610	La Grita, Estado Táchira. Valle de Bailadores, Estado Mérida.
1641	Primera ciudad de Cúa, Caracas.
1644	Táriba, San Cristóbal, Mérida y Trujillo.
1766	Isla de Margarita, Maracaibo.
1812	Mérida, Barquisimeto, San Felipe y Caracas.
1853	Cumana.
1878	Cúa, La Guaira, Puerto Cabello, Valencia, Maracay, La Victoria.
1894	Mérida, Santa Cruz, Zea, Tovar, Mesa Bolívar, Lagunillas.
1900	Macuto, Guarenas, Guatire, Higuerote.
1929	Cumana.
1932	La Grita, Tovar, El cobre, Seboruco, Pregonero, Rubio.
1950	El Tocuyo, Estado Lara.
1967	Caracas, Caraballeda, Litoral Central.
1981	San Antonio del Táchira.
1997	Sucre, Anzoátegui y Monagas.

Nota. Datos tomados de FUNVISIS (2002)

Los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo sísmico están íntimamente relacionados entre sí y en ocasiones tienden a confundirse o emplearse incorrectamente, por lo que es necesario puntualizarlos en todo momento.

Sistema de Fallas en el Estado Carabobo

En el Estado Carabobo se presentan dos grandes bloques montañosos que ocupan aproximadamente el 73% de la totalidad de la región, localizados de norte a sur en dirección oeste-este, los cuales corresponden respectivamente a las serranías de litoral y del interior, separadas por la depresión del Lago de Valencia.

Desde el punto de vista de su litología, las serranías del litoral y del interior presentan generalmente un alto y bajo grado de metamorfismo, respectivamente caracterizada por su estructura geológica por la presencia de: anticlinales, sinclinales, diaclasas, fracturas y numerosas fallas, destacando la falla de Victoria, localizada al sur de Valencia con dirección este, muestra la intensa actividad tectónica de la región, que dio lugar a una extensa depresión donde la acción posterior de los ríos han originado una serie de valles premontanos y una extensa planicie de suelos aluviales y lacústicos que bordean el Lago de Valencia.

Falla de la Victoria

La falla de La Victoria se extiende por unos 350 Km. con rumbo promedio N 78° E mas o menos desde Tinaquillo (Edo. Cojedes), hasta Cabo Codera (Edo. Miranda), donde convergen en el mar con la falla de San Sebastián.

Falla de la Guacamaya

Se origina en Tinaquillo, donde se une con el corrimiento de Manrique, hasta la Fila de la Guacamaya, al Oeste de Valencia y hacia el este puede extenderse hasta Mariara. Tal prolongación estaría atestiguada por la existencia de los perfiles geofísicos de un fuerte desnivel de aparente origen estructural en el tope de la roca del margen norte de la cuenca, a lo largo de la autopista Valencia-Maracay. Esta falla se le asigna un sismo probable de 6,9 con un período de retorno de unos 2.000 años.

Falla de Las Trincheras

Este accidente tectónico, paralelo a la falla de San Sebastián, se extiende en dirección este-oeste entre la población de las Trincheras y Mariara, Estado Carabobo.

Amenaza sísmica

Es la probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos que pueden afectar en forma adversa la integridad de edificaciones y sus ocupantes durante cierto período de tiempo en un sitio dado. Cuando se diseña en una zona sísmica, la amenaza constituye uno de los componentes más importantes del contexto en donde se ubicará la estructura.

La amenaza representa un factor de riesgo externo a la estructura, es un peligro latente natural asociado al fenómeno sísmico, capaz de producir efectos adversos a las personas, los bienes y/o el medio ambiente.

Generalmente los países poseen, dentro de las normas para edificaciones sismorresistentes, mapas que muestran las amenazas sísmicas y las aceleraciones de diseño para cada región. En el caso de Venezuela, en la norma COVENIN 1756-2001, dentro del capítulo 4 se encuentran los mapas de zonificación sísmica.

Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de cada estructura, es una característica de su comportamiento, y puede entenderse como la predisposición intrínseca de una o de un grupo de estructuras a ser afectadas o susceptibles a sufrir daños, ante la ocurrencia de un evento sísmico determinado.

Riesgo sísmico

Se define como las probabilidades de que en un lugar y tiempo determinado se produzcan daños y pérdidas materiales como consecuencia de un sismo. Estas posibles pérdidas se pueden estimar en unidades monetarias, número de víctimas o cantidad de estructuras dañadas. La estimación del riesgo se hace de acuerdo con las características tanto del conjunto de edificaciones y elementos expuestos (grado de vulnerabilidad) como del sismo (amenaza sísmica) durante un tiempo y lugar determinado. El riesgo es por lo tanto función de la vulnerabilidad de los elementos expuestos y de la amenaza sísmica.

Por esto, para poder reducir el riesgo de daño de una estructura, la única manera es logrando reducir la vulnerabilidad. Guevara (1998) *“El grado de vulnerabilidad de una edificación puede ser reducido a través de las variables de diseño, es decir, produciendo soluciones arquitectónicas sismoresistentes”*.

Clasificación de los Sistemas Constructivos

Las soluciones estructurales que se adopten en el proyecto están sujetas a las restricciones que existen con las interacciones de otros aspectos del proyecto, como el arquitectónico, instalaciones sanitarias, etc., también por limitaciones en costos, procesos constructivos o por tiempo de ejecución. Por otro lado, la adecuada selección del sistema estructural también depende de la altura del edificio, riesgo sísmico que exista en el área, capacidad portante del suelo, etc.

En cualquiera de los sistemas estructurales que se seleccione es muy ventajoso el uso de las losas para que desarrollen la función de diafragma rígido en cada nivel. El diafragma rígido cumple como objetivo el que se distribuya de manera uniforme las cargas laterales a todos los elementos resistentes que posee el edificio.

Es difícil dar recomendaciones de manera general sobre cual sistema estructural se debe utilizar, ya que en cada caso existen factores particulares, que deben ser evaluados por el ingeniero con base a sus conocimientos. El proyectista debe tener en cuenta la eficiencia de los diferentes materiales, elementos estructurales, las diversas condiciones de carga y las consecuencias que produce la elección del sistema estructural sobre las otras partes del proyecto.

Sistema de Pórticos Resistente a Momentos

Está formado por vigas y columnas, conectados entre sí por medio de nodos rígidos, lo cual permite la transferencia de los momentos flectores y las cargas axiales hacia las columnas. La resistencia a las cargas laterales de los pórticos se logra principalmente por la acción de flexión de sus elementos. El comportamiento y eficiencia de un pórtico rígido depende, por ser una estructura hiperestática, de la rigidez relativa de vigas y columnas. Para que el sistema funcione efectivamente como pórtico rígido es fundamental el diseño y detallado de las conexiones para proporcionarle rigidez y capacidad de transmitir momentos.



Figura 10. **Edificación con un sistema aporticado.** *Nota.* Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/cestructurales/2.3.1/>

Sistema de Muros Portantes (Estructura Tipo Túnel)

Se conoce como sistema tipo cajón o tipo túnel a los arreglos entre placas verticales (muros), las cuales funcionan como paredes de carga, y las placas horizontales (losas). Este sistema genera gran resistencia y rigidez lateral, pero si la disposición de los muros se hace en una sola dirección o se utiliza una configuración asimétrica en la distribución de los muros, se generan comportamientos inadecuados que propician la posibilidad del colapso.

En los sistemas tipo cajón, las cargas gravitacionales se transmiten a la fundación mediante fuerzas axiales en los muros, los momentos flexionantes son generalmente muy pequeños comparados a los esfuerzos cortantes, por lo cual no se puede esperar un comportamiento dúctil, al no producirse disipación de energía.

Cuando se diseñen estos sistemas, es recomendable aprovechar la gran capacidad de carga y la gran resistencia y rigidez lateral, pero recordar que al estar sometidos a considerables esfuerzos cortantes, se debe diseñar el sistema a grandes cargas laterales en el rango elástico, para no considerar reducciones importantes por comportamiento inelástico.

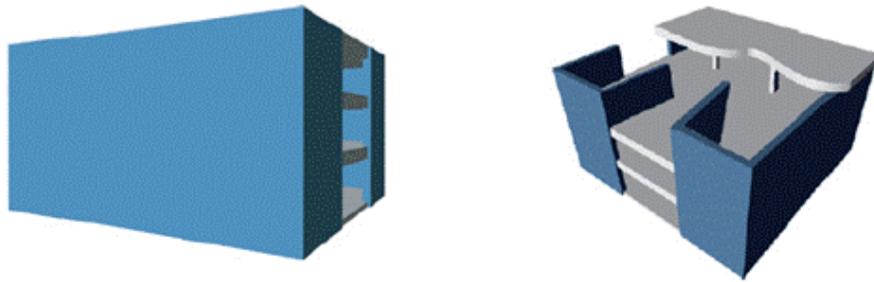


Figura 11. Edificación con sistema de muros para resistir las cargas gravitacionales y laterales. *Nota.* Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/estructurales/2.3.2/>

Sistema Dual (Pórticos Rigidizados)

Es un sistema mixto de pórticos reforzados por muros de carga o diagonales de arriostramiento. En este sistema los muros tienden a tomar una mayor proporción de los esfuerzos en los niveles inferiores, mientras que los pórticos pueden disipar energía en los niveles superiores.

Se genera una estructura con una resistencia y rigidez lateral sustancialmente mayor al sistema de pórticos, lo cual lo hace muy eficiente para resistir fuerzas sísmicas. Y siempre y cuando haya una buena distribución de los elementos rígidos, también se puede obtener las ventajas del sistema aporticado, en cuando a su ductilidad y distribución de espacios internos.

Se debe ser muy cuidadoso al momento de diseñar el sistema, ya que la interacción entre el sistema aporticado y el de muros es compleja. El comportamiento de un muro esbelto es como el de una viga de gran altura en voladizo, y el problema de interacción se origina porque el comportamiento que tendría un sistema aporticado sería muy distinto al de un muro de concreto.

Como se puede apreciar en la figura 14, en los pisos inferiores la rigidez del muro es muy alta, por lo que se restringe prácticamente el desplazamiento, mientras que en los pisos superiores el muro en vez colaborar a resistir las cargas laterales, termina incrementando las fuerzas que los pórticos deben resistir. Es por esto que se deben tener consideraciones muy puntuales con el diseño del muro, intentando propinarle un gran momento de inercia para no producir grandes desplazamientos.

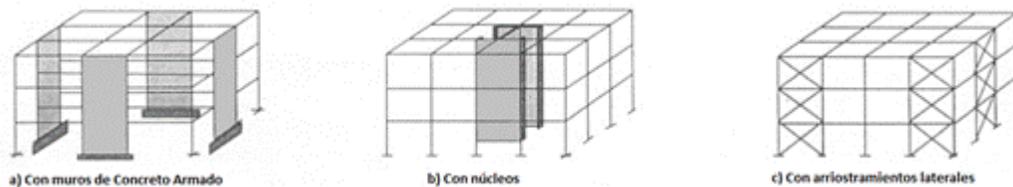


Figura 12. **Distintos sistemas duales.** *Nota.* Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/cestructurales/2.3.3/>

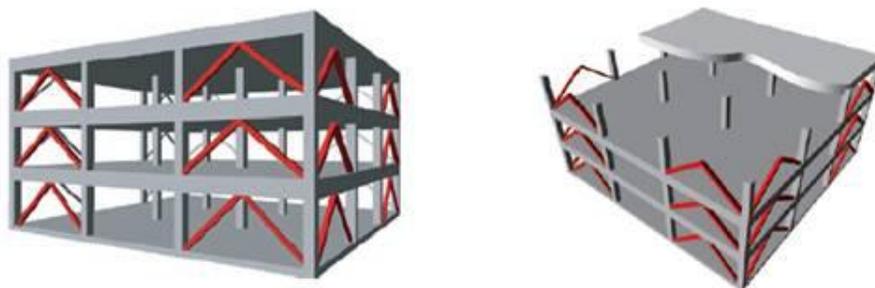


Figura 13. **Edificación con arriostramientos laterales.** *Nota.* Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/cestructurales/2.3.3/>

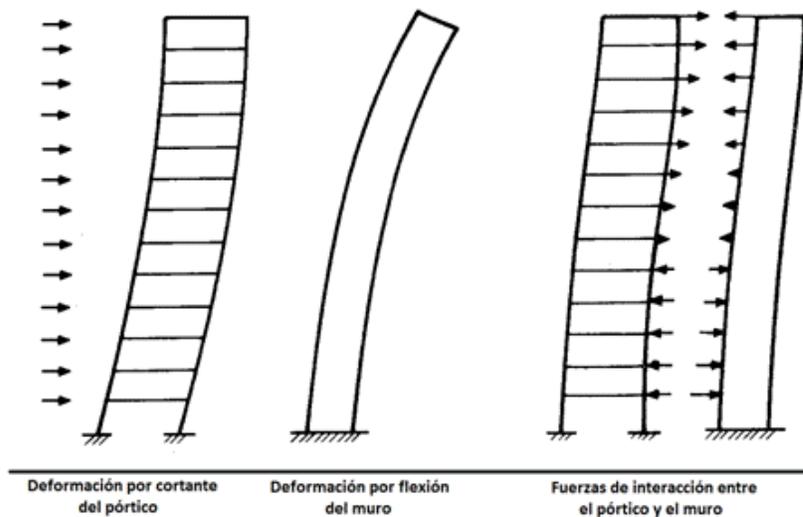


Figura 14. **Interacción de fuerzas entre pórticos y muros.** *Nota.* Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/cestructurales/2.3.3/>

Factores que inciden en el Comportamiento de una Estructura ante una Amenaza Sísmica

Evaluar los niveles de Riesgos implica la emisión de juicios basados en el análisis de factores como los siguientes:

Ductilidad

Es la capacidad de un sistema estructural de sufrir deformaciones considerables (por encima del límite elástico) bajo una carga aproximadamente constante, sin presentar daños excesivos. Esta es una propiedad muy importante en una estructura que debe resistir efectos sísmicos, ya que elimina la posibilidad de una falla frágil y también suministra una fuente adicional de amortiguamiento.

Resistencia

Es el parámetro de diseño donde se busca que las dimensiones de los elementos estructurales garanticen la integridad de la edificación sometida a todas las combinaciones de cargas posibles.

Centro de Rigidez

Los elementos principales que absorben las fuerzas sísmicas horizontales son, evidentemente, las columnas y los tabiques de hormigón. Cada elemento de la construcción posee una rigidez en cada nivel, entendiéndose por tal a la fuerza necesaria que hay que aplicarle a ese nivel para provocarle un desplazamiento unitario con respecto al nivel inferior. Conocida la rigidez de los elementos de un nivel, se puede determinar la rigidez del mismo, y así, sin mayor dificultad, encontrar el centro de rigidez del edificio, es decir, el punto en el cual debería aplicarse la

fuerza para que se produjera igual deformación en todos los elementos resistentes paralelos a la misma.

Centro de Masa

Es el punto en el que se concentra el peso de un cuerpo, de forma que si el cuerpo se apoyara en ese punto, permanecería en equilibrio. Es, también, llamado centro de gravedad.

Centro de Cortante

Es el punto donde actúa la fuerza cortante en un nivel, considerando que las fuerzas horizontales, en cada nivel, actúan en los centros de masa respectivos.

Amortiguamiento

Es la capacidad del edificio a neutralizar o suprimir la vibración, y por lo tanto, a disipar energía.

Edad de la Construcción

La edad de las construcciones está relacionada de forma directa con los daños observados durante los sismos. Así, por ejemplo, un gran porcentaje de las normativas de diseño sismo resistente en todo el mundo, datan de menos de 50 años, con lo cual, construcciones anteriores a esta época fueron diseñadas sin ningún tipo de consideración sismo resistente. Por otra parte, en los edificios de mampostería no reforzada, el deterioro de los ladrillos y del mortero producto de la erosión causada por el clima y por su degradación con el paso de los años, es más evidente.

Configuración Geométrica de las Edificaciones

Son varios los elementos a considerar a la hora de evaluar la composición geométrica de una edificación: La simplicidad, la simetría de volúmenes, la resistencia determinada por la forma, la disposición de los elementos estructurales y la sismorresistencia, garantizando de esta manera un comportamiento homogéneo a la edificación ante la posible ocurrencia de un sismo.

El diseño en planta debe ubicarse de forma equilibrada respecto de los dos ejes que la cruzan. La forma volumétrica más recomendable en construcción es la regular, en la cual el volumen general del edificio se muestra compacto, sin irregularidades en su conformación geométrica, sin salientes o protuberancias.

Las formas irregulares no son recomendables en la configuración geométrica general de los edificios, edificaciones compuestas por volúmenes diferentes pero ligados unos a otros, que al ser afectados por el sismo se deforman y reaccionan de manera independiente no contribuyen al comportamiento homogéneo que es deseable y necesario para que las edificaciones respondan bien ante las fuerzas irregulares que un sismo comunica a la edificación.

Se debe evitar disponer todos los elementos estructurales en una misma dirección, (muros y/o pórticos), ya que la edificación resultaría sumamente débil a fuerzas que viniesen en la dirección perpendicular.

Configuración Estructural de las Edificaciones

Se conoce como configuración estructural a la distribución y localización que se le dan a todos los elementos resistentes de una estructura, es decir, columnas, muros, losas, núcleos de escalera entre otros. Pero también se debe tomar en cuenta dentro de este concepto a todos los elementos no estructurales, como la disposición de la

tabiquería, la geología del sector, clima, reglamentos de diseño urbano, como también su carga ocupacional.

La configuración estructural puede ser considerada como el aspecto más importante en todo el proyecto estructural. Ya que un sistema estructural bien seleccionado tiende a ser realmente indulgente de los descuidos del análisis, un mediocre detallado o un pobre proceso constructivo. Estas conclusiones se deducen de la experiencia obtenida en pasados eventos sísmicos, donde se muestra que los edificios bien estructurados y detallados han tenido un comportamiento satisfactorio, aun sin haber sido objeto de análisis y cálculos profundos.

Su importancia reside en que si el diseño arquitectónico no llega a complementarse con un óptimo y razonable criterio en el diseño estructural, la estructura puede comportarse deficientemente ante un terremoto, a pesar de que se hayan realizado métodos de análisis complejos y muy detallados por parte del ingeniero.

El problema del diseño estructural reside en que es muy difícil enseñar “los criterios estructurales” ya que estos se originan de la intuición de un comportamiento eficiente de la configuración estructural. Lo único que se puede explicar en libros y en las aulas son los fundamentos teóricos, requisitos específicos y en el mejor de los casos impartir las enseñanzas de experiencias pasadas. Para lograr una buena configuración estructural es importante la asimilación de los conocimientos teóricos, observar el comportamiento de las estructuras y tener en cuenta las causas por las cuales han colapsado las edificaciones.

Es por esto que una adecuada selección del sistema estructural, una razonable simetría en ambos sentidos, una buena selección del material y de los componentes no estructurales es de mayor importancia que cualquier técnica de análisis realizada.

Por los mencionados motivos se recomienda que desde la concepción del proyecto se trabaje de forma conjunta entre el arquitecto y el ingeniero estructural, entendiendo de qué manera las decisiones pueden afectar el comportamiento sismorresistente de la estructura a construir. De esta forma no habrá que buscar soluciones estructurales muy complicadas para resolver el problema producido a causa de concepciones arquitectónicas inadecuadas ni poner en riesgo innecesario la seguridad sísmica del proyecto.

Por esto, como ingenieros, no debemos dudar en proponer y exigir modificaciones al proyecto arquitectónico, para así evitar dar soluciones estructurales muy complejas que comprometan la seguridad de la estructura. Lo cual representa un desafío ya que generalmente el arquitecto tiende a proponer formas originales y atrevidas que en ciertos casos llegan a ser realmente peligrosas.

Peso

Como las fuerzas producidas por los sismos son de inercia, la masa juega un papel muy importante, ya que cuando esta empuja hacia abajo, debido a la fuerza de gravedad, se podría producir la falla de los elementos verticales, debido a que ejerce su fuerza a elementos que están previamente flexionados por las cargas sísmicas, a este fenómeno se le conoce como “Efecto P-delta”. En conclusión, cuando mayor sea la fuerza vertical, mayor será el momento producido por esta fuerza y la excentricidad delta.

Forma del Edificio en Planta

Un factor que ayuda al desempeño de las estructuras ante un sismo es la simetría respecto a sus dos ejes en planta, ya que la falta de regularidad por simetría, masa, rigidez o resistencia en ambas direcciones en planta produce torsión, la cual no es

fácil de evaluar con precisión y demanda mayores solicitaciones a algunos elementos resistentes.

Se debe tener en cuenta que las fuerzas sísmicas actúan en el centro de masa y la resistencia actúa en el centro de rigidez, por lo que se podría causar una vibración torsional si no se realiza una buena distribución de las rigideces, de las masas o una forma geométrica regular de la planta.

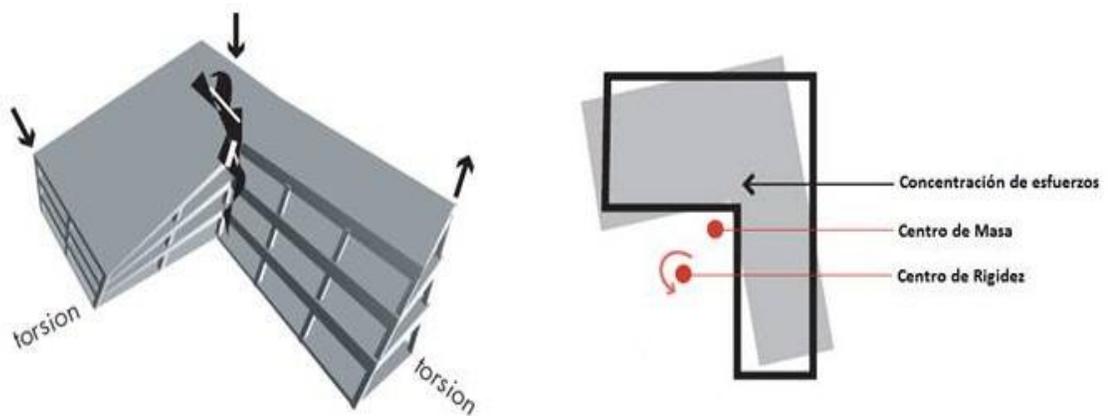


Figura 15. **Torsión causada por irregularidad en planta.** Nota. Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/cestructurales/2.2.2/>

Forma del Edificio en Elevación

Cuando la rigidez de un edificio se encuentra irregularmente distribuida a lo largo de la altura, las mayores solicitaciones se pueden concentrar en los pisos débiles. Por esto es conveniente que no existan cambios bruscos en las dimensiones, masas, rigideces y resistencias del edificio, para evitar grandes concentraciones de esfuerzos en determinados pisos que son menos rígidos o resistentes que los demás.

En la figura 16 se muestran formas de edificios que se pueden considerar que tienen una distribución regular en altura. Nótese que la transición de masa se hace de manera uniforme.

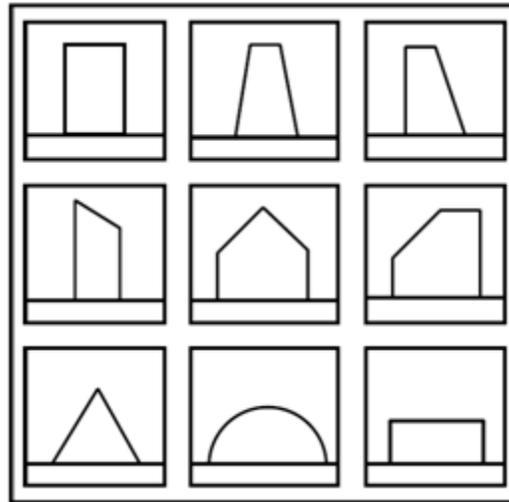


Figura 16. **Edificios con forma regular en altura.** Nota. Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/cestructurales/2.2.3/>

Además de los cambios bruscos de rigideces a lo largo de la altura también existen otras irregularidades mas localizadas en los entrepisos. Cuando paredes de mampostería llegan a una semialtura del entrepiso, generalmente porque se encuentra una ventana o jardineras, dejando una porción de la columna expuesta hasta la siguiente losa, se genera lo que se conoce como el efecto de “Columna Corta”. Este efecto consiste, en que al acortar la altura libre de la columna con respecto a las demás del piso, aumenta la rigidez de esta considerablemente, por lo cual tendrá mayores solicitaciones de corte debido a las fuerzas sísmicas y de no haberse considerado previamente este efecto, la columna puede fallar por la falta de ductilidad. Este efecto también se puede dar en edificaciones en ladera, ya que las columnas pueden tener distintas alturas a nivel de planta baja, por la inclinación del terreno.

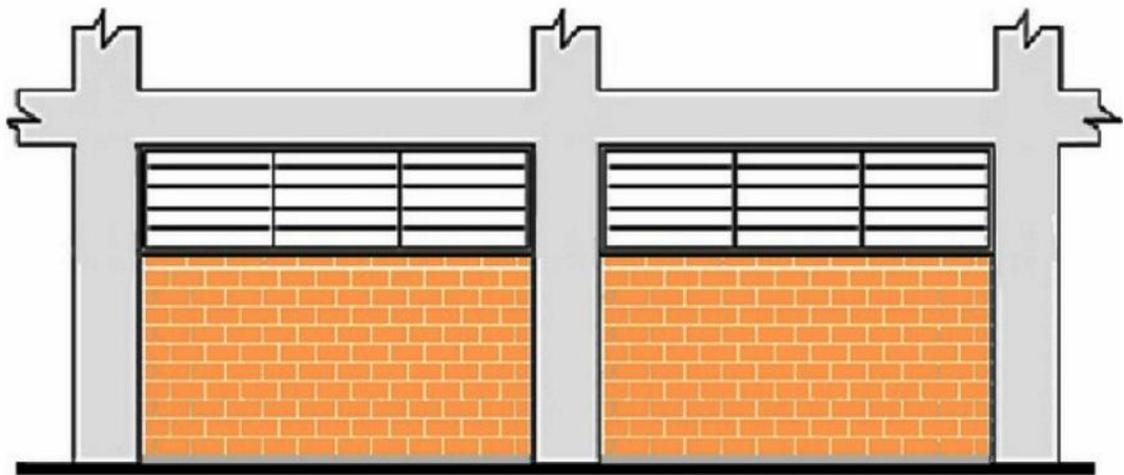


Figura 17. Caso típico en el que se produce el efecto de columna corta. *Nota.* Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/cestructurales/2.2.3/>

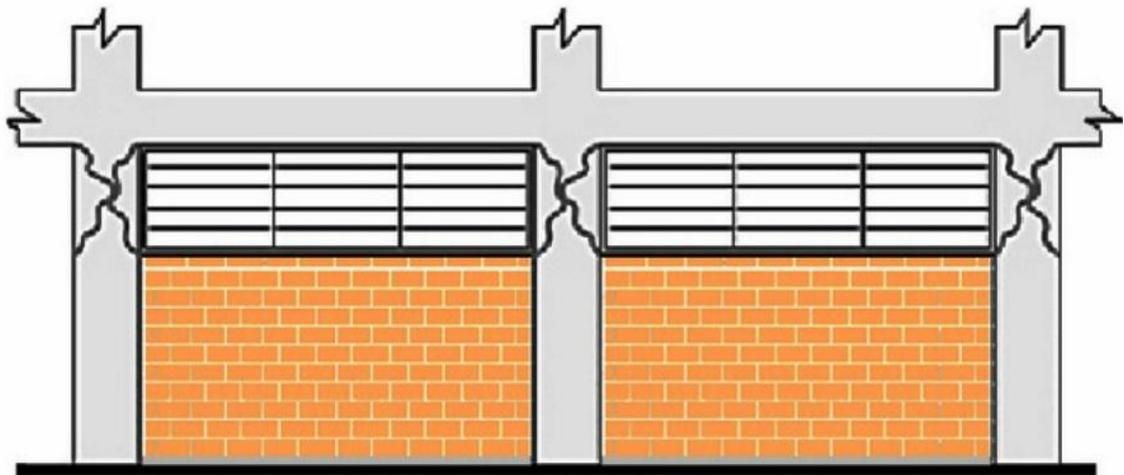


Figura 18. Efecto de columna corta. *Nota.* Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/cestructurales/2.2.3/>

Separación entre edificios adyacentes

Cuando existen edificios muy cercanos entre ellos, hay que considerar la posibilidad de que ocurran daños debidos a golpes entre ellos.

El golpeteo ocurre cuando las distintas estructuras se golpean al vibrar fuera de fase durante un evento sísmico. Las consecuencias pueden ser que se produzca una respuesta irregular de edificios de distintas alturas, daños locales a las columnas, colapso parcial de las losas, y en muchos casos el colapso de las estructuras.



Figura 19. **Edificios adyacentes propensos a golpeteos entre sí.** Nota. Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/cestructurales/2.2.4/>

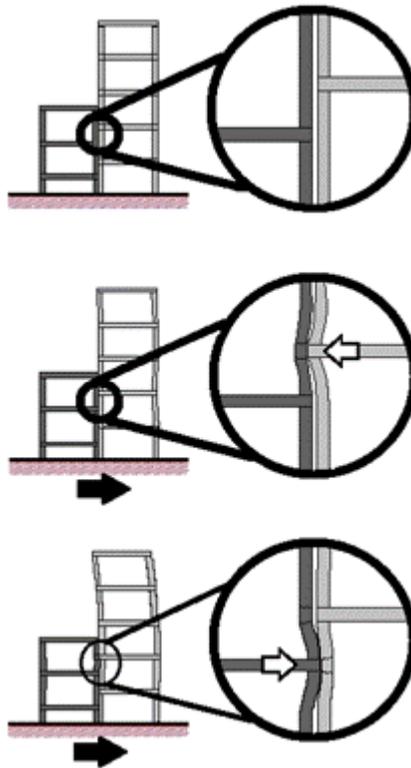


Figura 20. Edificios adyacentes con entresijos en distintas alturas. Nota. Datos tomados de <http://www.civil.cicloides.com/cestructurales/2.2.4/>

Curvas de Fragilidad

El campo de la fiabilidad estructural (seguridad de funcionamiento) proporciona un marco ideal para evaluar la importancia que, sobre su seguridad, funcionamiento y durabilidad, tienen las incertidumbres en la amenaza, las cargas estructurales, la resistencia y la rigidez de la estructura. En este contexto el diseño, para determinados niveles de desempeño, requiere la conexión entre los estados límite estructural y su probabilidad de ocurrencia. Una de las formas más utilizadas para representar el comportamiento de una estructura ante la ocurrencia de un sismo son las curvas de fragilidad.

Éstas representan la probabilidad de que la respuesta de una estructura exceda un determinado estado límite, en función de un parámetro que define la intensidad del movimiento del suelo. En otras palabras, puede decirse que constituyen una medida de la vulnerabilidad sísmica de una estructura en términos probabilistas. La construcción de estas curvas, requiere de un entendimiento completo de los mecanismos de respuesta del sistema estructural para diferentes niveles de la demanda sísmica, los cuales varían entre movimientos frecuentes de baja intensidad hasta movimientos fuertes poco frecuentes. Generalmente para estos últimos, el comportamiento de la estructura es altamente no lineal e implica un grado de complejidad elevado, por lo tanto, se recomienda utilizar un tipo de análisis que permita modelar este comportamiento.

Una buena opción consiste en definir un grupo de acelerogramas que representen las principales características de los movimientos en la zona, tanto desde el punto de vista de aceleraciones pico o efectivas como de duración y contenido frecuencial y, evaluar la respuesta de la estructura cuando se somete a estas aceleraciones, mediante un análisis dinámico no lineal.

Las curvas de fragilidad son de gran utilidad para los ingenieros de diseño, investigadores, expertos en fiabilidad, expertos de compañías de seguros y administradores de sistemas críticos, tales como hospitales y autopistas, entre otros, debido a que son un ingrediente esencial para los siguientes tipos de estudio:

Evaluación del riesgo sísmico de los sistemas estructurales

Análisis, evaluación y mejora del funcionamiento sísmico tanto de los sistemas estructurales como de los no estructurales. Identificación de diseños óptimos y estrategias de rehabilitación.

Determinación de las probabilidades de los márgenes de seguridad de las estructuras para diferentes movimientos sísmicos

Pueden servir para la toma de decisiones y elaboración de las normativas utilizadas por las entidades responsables de la seguridad de los sistemas y protección de los usuarios.

La figura 21 muestra un ejemplo de curvas de fragilidad para un tipo de estructura. La intensidad sísmica se ha definido por la aceleración pico del suelo. Se observa que para una aceleración de 0,30g, la probabilidad de que esta edificación presente un daño completo será de 37%. El 35% de edificios de este tipo sufrirían daño severo, el 20% daño moderado y solo el 8% daño leve, ante la misma intensidad sísmica.

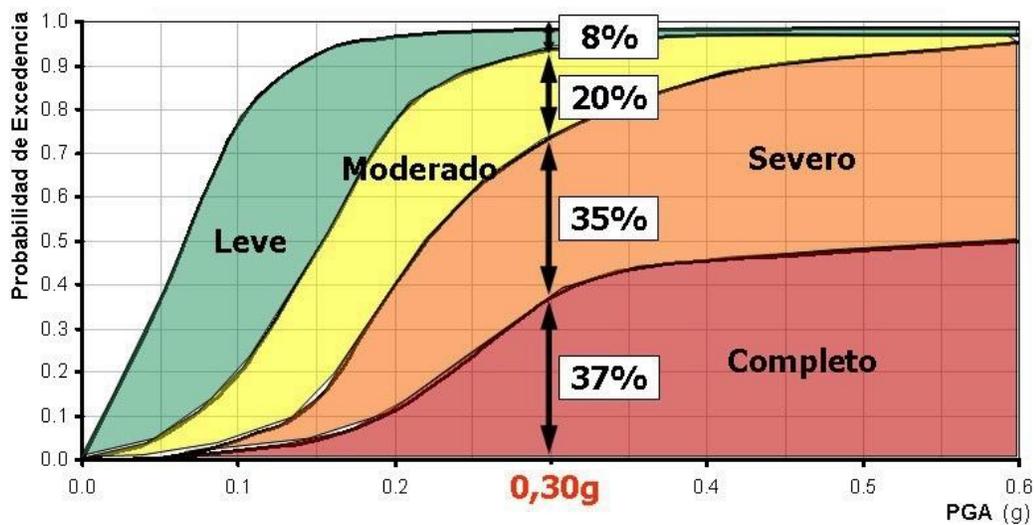


Figura 21. **Ejemplo de curvas de fragilidad.** Nota. Datos tomados de José Martín Velásquez Vargas, Agosto (2006).

Definición de los Estados de Daño

Después de haber realizado el análisis y de obtener las máximas derivas de las estructuras es necesario relacionar éstas con un estado de daño determinado. Los

estados de daño son descripciones cualitativas de las averías que va sufriendo el edificio a medida que se va incrementando la deriva máxima de entrepiso.

HAZUS (2003) propone una metodología práctica para relacionar las derivas máximas de entrepiso con los diferentes estados de daño para cada tipo de edificio. La metodología predice el daño estructural en términos de cuatro rangos de daño o estados de daño denominados Leve, Moderado, Severo y Completo. La descripción general de estos estados de daño para estructuras de hormigón armado con paredes de mampostería de relleno se presenta a continuación.

HAZUS describe este tipo de estructuras como un sistema estructural compuesto en donde la resistencia lateral inicial esta principalmente provista por la pared de mampostería de relleno. Después del agrietamiento de la pared de mampostería, la resistencia lateral la proporciona el pórtico de concreto más la diagonal de compresión que se forma en la pared. El colapso de la estructura sucede cuando la pared de mampostería se desintegra (debido a una falla por compresión de la diagonal equivalente) y entonces el pórtico pierde estabilidad, o también cuando las columnas de hormigón sufren fallas por cortante debido a la reducción de su altura efectiva y a las altas fuerzas cortantes impuestas sobre ellas por las diagonales de mampostería.

Los estados de daño estructural para los pórticos con paredes de mampostería según HAZUS se presentan a continuación:

Daño Estructural Leve

Se presentan grietas diagonales (o algunas veces horizontales) muy finas en la mayoría de la pared de mampostería y la interfaz entre el pórtico y la pared se agrieta.

Daño Estructural Moderado

La mayoría de la superficie de la pared de mampostería exhibe grandes grietas diagonales u horizontales. Algunas paredes pueden presentar aplastamiento de la mampostería en la conexión entre la viga y la columna. Pueden aparecer grietas diagonales por cortante en las vigas o columnas de hormigón.

Daño Estructural Severo

La mayoría de la superficie de la pared de mampostería presenta grietas muy grandes, algunos bloques se pueden dislocar y caer, algunas paredes pueden sobresalir fuera del plano, pocas paredes pueden derrumbarse parcial o totalmente, pocas columnas o vigas de hormigón pueden fallar en cortante resultando en un colapso parcial. La estructura puede presentar una deformación lateral permanente.

Daño Estructural Completo

Aquí la estructura ha colapsado o está en inminente peligro de derrumbarse debido a la combinación de la falla total de la pared de mampostería y la falla no dúctil de las vigas y columnas de hormigón.

Límites de derivas para cada estado de daño

Las curvas de fragilidad para daño estructural para edificios están descritas por los valores medios de derivas que definen el umbral de daño Leve, Moderado, Extenso y Completo. En general estos valores de deriva son diferentes para cada tipo de edificio y nivel de diseño sísmico. La Tabla 3 presenta los rangos de derivas de entrepiso usados por HAZUS para definir el daño estructural en cada uno de los umbrales de daño para estructuras de hormigón armado con paredes de mampostería de relleno.

Tabla 3.

Límites de derivas para cada estado de daño.

Nivel de Diseño Sísmico	Tipo de Edificio	Deriva en Umbral de Diseño Estructural			
		Leve	Moderado	Extenso	Completo
Medio	Edificio de baja altura de hormigón armado con paredes de mampostería de relleno.	0.003	0.006	0.015	0.035

Nota. Datos tomados de Jairo Andrés Agudelo C. y Ricardo R. López Rodríguez.

Métodos para determinar las curvas de fragilidad

Los diferentes métodos para obtener curvas de fragilidad difieren básicamente en los datos de entrada y en el método de obtención de las probabilidades asociadas a cada estado de daño. Por lo general todos ellos ajustan una función de distribución lognormal a los resultados obtenidos.

Métodos basados en observaciones de campo

Los métodos utilizados para la generación de curvas de fragilidad a partir de los daños observados, tienen gran utilidad para calibrar los resultados obtenidos a través del uso de métodos analíticos y/o ensayos de laboratorio. Este tipo de métodos sólo deben utilizarse para evaluar, de manera global, el comportamiento de un grupo de estructuras de una misma clase y no se recomienda su uso para el análisis de una estructura en particular.

Para aplicar estos métodos, las estructuras existentes se clasifican por tipologías y para cada una de ellas, se definen varias clases de acuerdo a las principales características geométricas (altura, área en planta, número de niveles, etc.) y a los aspectos relacionados con el uso e importancia de las estructuras. En cuanto a la intensidad del movimiento, ésta se determina en cada una de las zonas donde se encuentran localizadas las estructuras analizadas. Así, a partir de los daños observados durante las inspecciones después de ocurrido un sismo, es posible generar curvas de fragilidad para cada una de las clases identificadas previamente.

Este tipo de métodos requieren de la participación de profesionales expertos en diseño, análisis y patología de estructuras para poder elaborar los formularios de inspección que permiten describir de la manera más fidedigna los daños observados. Generalmente, estos formularios se componen de una serie de preguntas, tipo test, las cuales pueden ser luego utilizadas para relacionar los daños observados con el grado de deterioro de la estructura.

Métodos experimentales

El mismo procedimiento utilizado para generar las curvas de fragilidad a partir de observaciones de daño, puede ser empleado para los datos obtenidos a partir de ensayos de laboratorio. En este caso, el rango de intensidades y el tipo de estructura puede ser controlado de acuerdo a los requerimientos establecidos previamente. Sin embargo, los ensayos pueden ser costosos y la cantidad de observaciones de daños está limitada al número de pruebas que se realicen.

Estos métodos implícitamente, requieren de una serie de simplificaciones impuestas por el modelo a escala que se construye para representar el comportamiento de la estructura y por los patrones de carga utilizados para modelar la acción sísmica. Sin embargo, debe intentarse que estas simplificaciones no alteren la respuesta esperada de la estructura ante determinados movimientos sísmicos, para que, de esta forma, los resultados obtenidos puedan ser representativos del comportamiento global de la estructura.

En la actualidad, existen básicamente dos tipos de ensayos que pueden ser utilizados para construir estas curvas: 1) ensayos de carga monotónicamente creciente mediante actuadores de carga o desplazamientos y 2) ensayos sobre mesa vibradora, utilizando historias temporales de aceleración. Ambos ensayos proporcionan información de gran utilidad, no obstante, los ensayos del segundo tipo, son mucho

más realistas, debido a que representan, de una forma más adecuada, la acción sísmica.

Métodos a partir de la opinión de expertos

La estimación del porcentaje esperado de daño que puede sufrir un grupo de estructuras ante una intensidad sísmica dada, se determina también a partir de las respuestas de expertos en análisis, diseño y patología estructural, a una serie de preguntas relacionadas con el comportamiento de la estructura considerada. A partir de esta información se puede calcular un parámetro cuantificador del daño, que es función de la intensidad sísmica del movimiento. Una vez calculado este factor, para todas las estructuras correspondientes a una misma clase, se determinan los estadísticos de los resultados obtenidos y se ajusta una función de distribución de probabilidad (generalmente se utiliza la función beta).

Posteriormente, se establecen los estados discretos de daño que se desean considerar y, para cada uno de estos, se define un intervalo de variación del parámetro cuantificador del daño. Las probabilidades para cada estado de daño se pueden determinar integrando la función de distribución elegida entre los límites de los respectivos intervalos. Las curvas de fragilidad se obtienen graficando estas probabilidades para cada valor de la intensidad sísmica.

Métodos analíticos

Estos métodos utilizan análisis numéricos y pueden ser empleados para zonas donde no se dispone de observaciones de daños debidos a sismos, ni de suficientes resultados de ensayos de laboratorio. También pueden ser útiles para el análisis de la vulnerabilidad sísmica de una estructura en particular, como por ejemplo, el caso de estructuras esenciales.

Los resultados obtenidos con este tipo de métodos, son muy sensibles a los modelos construidos para representar las estructuras y la acción sísmica, por lo tanto, deben utilizarse modelos que representen de la mejor forma posible tanto el comportamiento sísmico estructural como las principales características de los movimientos del terreno.

Una de las grandes ventajas de este tipo de métodos, es que constituyen una herramienta fundamental para los estudios de prevención y atención de desastres, debido a que pueden ser utilizados para comenzar la vulnerabilidad y, de este modo, reducir el riesgo en que se encuentran expuestas las estructuras, sin que sea necesaria la ocurrencia de un evento sísmico.

Métodos Probabilistas

Los recientes avances en la ingeniería sísmica indican que los métodos probabilistas deben ser usados para proporcionar las bases para la mejora del diseño sismorresistente de estructuras y para establecer las condiciones de las metodologías de evaluación de daño. Las comparaciones realizadas entre los daños observados y los calculados, muestran que, a pesar de los recientes avances en el análisis dinámico no lineal y en el modelado de estructuras, hay fuertes limitaciones en utilizar métodos puramente deterministas para evaluar el daño en las estructuras después de ocurrido un sismo.

Las incertidumbres tanto de los parámetros sísmicos como estructurales, pueden producir discrepancias significantes entre el comportamiento observado y calculado. Por lo tanto, los métodos probabilistas son esenciales para proporcionar una perspectiva del comportamiento estructural ante la ocurrencia de un determinado sismo.

Uno de los puntos más importantes para obtener las curvas de fragilidad utilizando estos métodos, consiste en definir adecuadamente el Parámetro indicador de la Intensidad Sísmica PIS y el Parámetro Indicador del Daño PID en la estructura. En el caso de la acción sísmica, una solución ideal para este problema, sería contar con un amplio número de registros de sismos que hayan ocurrido en la zona de interés, que permitieran definir claramente la sismicidad de la zona y los efectos locales. "Desafortunadamente" son muy pocas las zonas que, aún con una actividad sísmica alta, disponen de una cantidad suficiente de registros.

Una forma de superar esto, consiste en generar un grupo de acelerogramas sintéticos, a partir de la información existente, que reflejen tanto las variaciones de intensidad, duración, amplitud y contenido frecuencial, como las condiciones locales del suelo. En cuanto al indicador de la respuesta estructural, es necesario seleccionar un parámetro que permita cuantificar el daño y que pueda relacionarse, a partir de ciertos criterios, con los estados discretos de daño, los cuales describen de manera cualitativa los efectos producidos por el sismo en la estructura.

Una vez definidos los indicadores de la acción sísmica y la respuesta estructural, es necesario determinar la relación existente entre ambos parámetros desde un punto de vista probabilista. Lo anterior, implica llevar a cabo una serie de análisis dinámicos no lineales, que permitan cuantificar el efecto del grupo de acelerogramas sintéticos sobre el modelo estructural. Se obtienen de esta forma, para cada valor del indicador de la intensidad del movimiento, las curvas que relacionan la probabilidad acumulada de daño con el parámetro seleccionado para representar la respuesta estructural. Finalmente, teniendo en cuenta estas curvas y los límites de los estados discretos definidos previamente, se obtienen las curvas de fragilidad.

Método Expedito

Los métodos analíticos para resolver problemas complejos, requieren por lo general, de una cantidad considerable de tiempo e investigación para recopilar y procesar toda la información detallada necesaria para generar las curvas de fragilidad. Adicionalmente, si se desea considerar las incertidumbres involucradas tanto en el comportamiento de las estructuras como en la acción sísmica, es necesario utilizar técnicas de simulación que involucren un tiempo computacional grande y el uso de herramientas de cálculo avanzadas.

Existen muchos casos en los cuales no se dispone ni de información del inventario de estructuras existentes, ni mucho menos de las características de la acción sísmica. Incluso en determinadas zonas, no se cuenta con suficientes recursos informáticos y mucho menos con el presupuesto necesario para recopilar y procesar toda la información. Por tanto, los métodos expeditos pueden ser una buena alternativa para superar estas limitaciones, debido a que estos involucran técnicas de análisis simples, que requieren pocos cálculos.

Revisión de metodologías existentes para la obtención de la curva de Fragilidad

Metodología CFSEV (Curvas de Fragilidad sísmica para escuelas de Venezuela) (Coronel y López 2010).

Presentan una metodología simplificada que permite desarrollar curvas de fragilidad para caracterizar la vulnerabilidad sísmica de edificios escolares venezolanos fundamentada en: i) la información básica disponible de las edificaciones, tal como: año de construcción, número de pisos y la ubicación geográfica, a partir de la cual se desarrolló un inventario de edificios escolares en un Sistema de Información Geográfica (SIG); ii) las experiencias y criterios nacionales e internacionales y; iii) la hipótesis de que los edificios escolares fueron diseñados y

construidos acorde a lo establecido en las normas vigentes para la época. En base a esto desarrollaron curvas de capacidad bilineal sobre las cuales se adoptaron cuatro estados de daños: leve, moderado, severo y completo.

Para cada estado de daño se determinaron las curvas de fragilidad sísmica, en función de la aceleración máxima del terreno. Para definir la curva de fragilidad se utilizó una distribución log-normal y mediante el método de los coeficientes se determinan los valores medios de aceleración del terreno asociados al inicio de cada estado de daño y adoptaron valores de desviación estándar seleccionados de experiencias nacionales e internacionales.

Metodología HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)

El Departamento de Seguridad Nacional, Preparación para Emergencias y Dirección de Respuesta, de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (siglas en inglés, FEMA) de Estados Unidos desarrolló la metodología y programa de Estimación de Pérdidas de Multi-Riesgos al que denominó *HAZUS-MH, Earthquake Model*. Actualmente se encuentra en su cuarta versión (FEMA-NIBS, 2009).

Esta metodología sirvió para la realización de curvas de fragilidad para estimar las pérdidas materiales y sociales, en estructuras de distintos sistemas estructurales (pórticos de acero, madera o concreto, muros de concreto, entre otros). También se incluyeron sistemas de transporte y los sistemas de servicios vitales como agua potable, gas, fuentes de electricidad, etc. Todo esto bajo el efecto de distintos fenómenos tales como: terremotos, inundaciones, incendios, huracanes, etc.

Refiriéndose a los casos donde HAZUS (FEMA-NIBS, 2009), desarrollo curvas de fragilidad para sistemas estructurales ante eventos sísmicos, presenta dieciséis (16) modelos básicos de edificación.

SELENA (2005)

SELENA es un software libre desarrollado por NORSAR (Noruega) y la Universidad de Alicante (España) para el cálculo del riesgo sísmico en zonas urbanas utilizando el método del espectro de capacidad. Es importante destacar que SELENA arroja resultados probabilísticos que van más que a información detallada de cada estructura a un muestreo general de la zona de estudio.

Para la utilización de programa el usuario debe proporcionarle el área construida o el número de edificios en las diferentes tipologías constructivas, las fuentes de terremotos, las relaciones empíricas de predicción del movimiento del suelo, la clasificación del suelo para la consideración de los efectos de sitio, las curvas de capacidad y fragilidad de las tipologías constructivas definidas así como los costes de reparación/reconstrucción a los efectos del cálculo de las pérdidas económicas.

SELENA calcula los daños estructurales a las edificaciones (superficie dañada y/o número de edificios dañados), las pérdidas económicas directas así como las pérdidas humanas (heridos y muertos), pero al tratarse de una herramienta de software libre está en constante desarrollo y evolución.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

Modalidad de la Investigación

El presente trabajo especial de grado se rige bajo la modalidad de proyecto factible, con apoyo en una investigación de campo de tipo descriptiva.

El manual de Trabajo de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 1998), establece que:

“El proyecto Factible en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades” (p.7).

De acuerdo a los objetivos planteados, al grado con que se aborda la investigación y, por ende, el nivel de la misma, el presente Trabajo Especial de Grado presenta características que lo ubican dentro de una investigación de tipo descriptivo, al respecto Méndez (2001), la define como: “el estudio que identifica las características del universo de investigación, señala formas de conducta y actitudes del universo investigado, establece comportamientos concretos, descubre y comprueba la asociación entre variables de investigación” (p.126). Tamayo (2004) expresa: “la investigación descriptiva comprende la descripción, análisis e interpretación de la

naturaleza actual, composición y procedimiento de los fenómenos. El enfoque se hace sobre una persona, grupo o cosa, que conduce o funciona en el presente.” Es por ello que el proceso de investigación que se realiza es de índole descriptivo puesto que esta trabaja sobre realidades de hecho y su característica principal es la de presentar una interpretación correcta.

Este tipo de investigación permitirá obtener información y datos relacionados con las variables involucradas, para luego establecer asociaciones entre ellas, a través de ellas se explicaran en forma los procedimientos necesarios en la construcción de curvas de fragilidad sísmica, para edificaciones de poca altura, construidos con distintas normas venezolanas.

Diseño de la Investigación

El presente trabajo investigativo se encuentra enmarcado dentro de la metodología de investigación de campo, definido así, una vez conocidos los objetivos y las metas propuestas, además de que la recolección de los datos que se obtendrán en campo son datos primarios, originales producto de la investigación en curso, lo que implica que no son manipulados por terceros, y donde dicha investigación permite describir, analizar y asimilar la situación actual en la cual se encuentran las edificaciones residenciales en el Municipio San Diego del Estado Carabobo.

Arias F. (1999) Expresa que: "El diseño de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar alguna variable". (p. 48). Según las **NORMAS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS DE GRADO DE ESPECIALIZACIÓN Y DE MAESTRÍA Y LAS TESIS DOCTORALES** de la UPEL, (11, 2006) Se entiende por Investigación de Campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso

de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo

Población y Muestra

“Una población es un conjunto definido, limitado y accesible del universo que forma el referente para la elección de la muestra. Es el grupo al que se intenta generalizar los resultados”. Según (Buendía, Colás y Hernández, 1998: 28), mientras que, una muestra “es una parte o subconjunto de una población normalmente seleccionada de tal modo que ponga de manifiesto las propiedades de la población. Su característica más importante es la representatividad, es decir, que sea una parte típica de la población en la o las características que son relevantes para la investigación”. (Jiménez Fernández, 1983: 237).

En el presente trabajo de investigación, el universo comprende el espacio geográfico que integra el suroeste del Municipio San Diego del Estado Carabobo, mientras que la muestra corresponde a las edificaciones de cualquier índole hasta cuatro niveles de altura, que pertenezcan a las urbanizaciones: El Morro II, Magallanes, Ciudadela Valencey, Los Harales, Urbanización Industrial Terrazas de Castillito y Urbanización Industrial San Diego.

Técnicas e Instrumentos Para la Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos son definidas por sabino (1999) como “Las distintas formas o maneras de obtener la información”.

Actualmente existen diversas técnicas e instrumentos para recolectar datos de una muestra acerca del problema de la investigación. Entre las técnicas que se van a emplear en el presente trabajo de investigación están: La Observación Directa y la Observación Documental.

La Observación se define como el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar características y comportamientos dentro del medio donde se desenvuelven. (Silva, (2006)).

Es una técnica de investigación que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. (Hernández, (2003)). El instrumento empleado para la recolección de la información obtenida fue la Planilla de Inspección de Edificaciones del Informe Técnico presentado ante FUNVISIS, Índices de Priorización de Edificios para la Gestión de Riesgo Sísmico, (Documento FUN-019.2011), elaborado por López y Coronel.

En efecto, Sabino (1996) conceptúa la observación documental como: “el proceso en el cual se revisa una extensa bibliografía con la temática de la investigación, lo cual es útil para la comprensión cabal del mismo y para seleccionar específicamente los aspectos que interesan en el trabajo como objeto de estudio” (p.32); de lo cual se infiere que, a través de esta técnica, se revisará la bibliografía con entendimiento previo de los objetivos a investigar, como ejemplo de esto se tiene, la revisión de tablas provenientes de investigaciones anteriores a fin de recolectar la información pertinente al trabajo de investigación.

Los planos pertenecientes a la zona en estudio correspondientes al Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL) del Municipio y demás información cartográfica, al igual que las normas sismorresistentes Venezolanas (MOP 1967), (COVENIN 1756-1982) y (COVENIN 1756-2001), también fueron objeto de recolección de datos determinantes para la implementación del software CURVAS DE FRAGILIDAD SISMICA PARA ESCUELAS DE VENEZUELA desarrollado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME- UCV, que junto a tablas comparativas de índices de perdidas vs aceleración de sismo para cada estructura harán posible el análisis y procesamiento de los datos recabados.

Procedimiento Metodológico

La metodología de esta investigación está estructurada de seis (06) fases de operación: Fase (A) Comprende la recopilación de información bibliográfica y cartográfica, Fase (B) selección y clasificación de las estructuras a evaluar, Fase (C) Inspección de estructuras ubicadas en el área de estudio, Fase (D) Elaboración de las Curvas de Fragilidad, Fase (E) Estimación de daños mediante índices de pérdida, de las edificaciones inspeccionadas en la fase (C); y por último fase (F) Que comprende la elaboración de mapas representativos de los daños estimados al suroeste del municipio. De esta manera se alcanzan los objetivos propuestos en la investigación mediante el desarrollo de la operacionalización de las variables.

Fase A. Recopilación de Información Bibliográfica y Cartográfica

Para recabar toda la información bibliográfica y cartográfica necesaria se contara con los entes gubernamentales encargados, como lo son La Gobernación del Estado Carabobo, la Fundación venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), y en mayor grado de aporte la Alcaldía del Municipio San Diego, por contar con información más detallada sobre el municipio, adicionalmente, se revisaran una serie de trabajos de grado realizados anteriormente en el área de estudio a fin de obtener la mayor información posible

Se ahondara en la búsqueda de mapas y demás información cartográfica que sirva de guía en la ubicación de los resultados que se obtendrán a medida que avance la investigación, y puedan presentarse los mapas de estimación de daños en ellos, una vez ya obtenidos los resultados de daños en las edificaciones.

Luego de obtenida la información necesaria se procede a la revisión de manera de entender de una forma más clara y precisa las características del municipio y demás temas de estudio.

Fase B. Selección y Clasificación de las Estructuras a Evaluar

Se procederá a realizar un inventario de la totalidad de las estructuras radicadas en la zona de estudio, tomando en cuenta en orden de importancia, las características estructurales más relevantes de cada estructura que condicionen su desempeño sismorresistente, entre las que destacan, año de construcción, cantidad de niveles de la estructura, sistemas constructivos, ubicación geográfica de la parcela, tipo de entrepiso y tipo de techo.

Para analizar el estado de daño de toda la zona seleccionada para la investigación, fue necesario realizar una clasificación de las tipologías estructurales con sus características globales, en general las categorías de cada edificación a estudiar vienen dadas por el tipo de sistema constructivo, el uso de la edificación, en número de niveles, y la norma bajo la cual fueron construidas dichas edificaciones. Para este estudio atendiendo a las tipologías estructurales existentes, las edificaciones se han clasificado como sigue:

No esenciales

- Estructura prefabricada:

Estructura prefabricada de uso residencial y comercial.

Estructura prefabricada de uso residencial de dos (2) niveles.

- Mampostería confinada:

Mampostería confinada de uso residencial, comercial, comercio-industrial y hotelero.

Mampostería confinada de uso residencial, comercial, comercio-industrial y hotelero de dos (2) niveles.

Mampostería confinada de uso residencial de tres (3) niveles.

- Mampostería no confinada
Mampostería no confinada de uso residencial, comercial y religioso.
Mampostería no confinada de uso residencial de dos (2) niveles.

- Estructura de concreto armado
Estructura de concreto armado de uso residencial, comercial, comercio-industrial y recreacional.
Estructura de concreto armado de uso residencial y comercial de dos (2) niveles.
Estructura de concreto armado de uso residencial y comercial de tres (3) niveles.

- Estructura de acero
Estructura de pórticos de acero de uso residencial, comercial, comercio-industrial, recreacional y religioso.
Estructura de pórticos de acero de uso residencial, comercial y comercio-industrial de dos (2) niveles.
Estructura de pórticos de acero de uso residencial y comercio-industrial de tres (3) niveles.
Estructura de pórticos de acero de uso comercial de cuatro (4) niveles.

- Muros de concreto armado en una dirección:
Estructura de muros de concreto armado tipo túnel de uso residencial de tres (3) niveles.
Estructura de muros de concreto armado tipo túnel de uso residencial de cuatro (4) niveles.

- Estructura de acero con cercha
Estructura de pórticos de acero con cerchas de uso comercial, comercio-industrial, recreacional y religioso.
Estructura de pórticos de acero con cerchas de uso comercial y comercio-industrial de dos (2) niveles.

Esenciales

- Estructura prefabricada:
Estructura prefabricada de uso educacional y medico asistencial.
Estructura prefabricada de uso educacional de dos (2) niveles.
- Mampostería confinada:
Mampostería confinada de uso de cuerpo de bomberos, educacional y medico asistencial. **(Bomberos de san diego)**.
Mampostería confinada de uso educacional y médico asistencial de dos (2) niveles.
- Mampostería no confinada:
Mampostería no confinada de uso médico asistencial.
- Estructura de concreto armado:
Estructura de concreto armado de uso educacional.
Estructura de concreto armado de uso residencial, comercial, educacional y médico asistencial de dos (2) niveles. **(Policlínica El Morro)**.
Estructura de concreto armado de uso médico asistencial de tres (3) niveles. **(Clínica Valle de San Diego)**.
- Estructura de acero
Estructura de pórticos de acero de uso educacional y gubernamental.
Estructura de pórticos de acero de uso comercio-industrial de dos (2) niveles con más de 20000m².
Estructura de pórticos de acero de uso comercial de tres (3) niveles. **(C.C. Metrópolis)**.
Estructura de pórticos de acero de uso comercial de cuatro (4) niveles. **(C.C. Metrópolis)**.

- Estructura mixta

Estructura mixta (prefabricada-mampostería confinada) de uso residencial.

Estructura mixta (prefabricada-mampostería no confinada) de uso educacional, dos (2) niveles. **(Esencial).**

Estructura mixta (concreto armado-mampostería no confinada) de uso comercial.

Estructura mixta (concreto armado-pórticos de acero) de uso industrial.

Estructura mixta (concreto armado-pórticos de acero) de uso residencial y comercial, dos (2) niveles.

Estructura mixta (concreto armado-pórticos de acero con cerchas) de uso industrial. **(Estación de bombeo, Esencial).**

Fase C. Inspección de Estructuras Seleccionadas

Con la ayuda de la planilla de inspección de edificaciones elaborada por Coronel y López se pondrán en marcha las inspecciones en campo de las estructuras seleccionadas en la Fase (B), haciendo énfasis en cada una de las características importantes que limiten el comportamiento sismorresistente, destacando una inspección más profunda en las estructuras que presenten dificultad momento de la identificación visual. Es importante destacar que las estructuras que estén en alto grado de deterioro o habitadas por un número de residentes mayor a la capacidad estimada serán mucho más vulnerables, pues aumenta el grado de riesgo de pérdidas tanto monetario como humano ante un movimiento sísmico.

Procedimiento

Con la información necesaria en una planilla se procede a realizar la inspección de una edificación representativa de cada tipo encontrado en el inventario de estructuras elaborado.

Una vez recolectada toda la data concerniente de las estructuras como se mencionó anteriormente se realizara un mapa de catastro, donde se identifique cada tipo de edificación de cada una de las urbanizaciones seleccionadas ubicadas al suroeste del Municipio San Diego.

Fase D. Elaboración de Curvas de Fragilidad

La caracterización de la vulnerabilidad sísmica del edificio mediante curvas de fragilidad se basa en la información básica de cada edificación, suponiendo que los edificios fueron diseñados acorde con la normativa correspondiente a su época. Bajo esta hipótesis se construirán curvas de capacidad bilineal para cada edificio con la ayuda de un software denominado “Curvas de Fragilidad Sísmicas para Escuelas Venezolanas (CFSEV)” a partir de:

- La estimación de la capacidad resistente a nivel de cedencia (V_y) dividida entre el peso (W) del edificio, a partir del coeficiente sísmico (C_s) establecido por las seis normas venezolanas de los años 1939, 1947, 1955, 1967, 1982 y 1998 o 2001, llevados a nivel de cedencia e incorporando un factor de sobrerresistencia (Ω_y).
- La determinación del desplazamiento cedente (u_y) suponiendo que la respuesta dinámica de la estructura está contenida en el modo fundamental (T_e).
- La determinación del desplazamiento último (u_u) asignando un factor de ductilidad última (μ_u) a cada norma.
- La implementación de cuatro estados de daños denominados: 1) Leve; 2) Moderado; 3) Severo y 4) Completo.

Procedimiento

Para la extracción de los datos almacenados en las planillas realizadas en el proceso de inspección, se necesita seguir con una serie de pasos que proporcionen solo los datos que solicita el programa para la elaboración de las curvas de fragilidad, como sigue a continuación:

- Primero, identificar la norma (según el año de fabricación de la edificación), con la que debería haber sido construida la estructura.
- Segundo, ubicar en el mapa de zonificación sísmica de las diferentes normas, en que rango sísmico se encuentra el municipio que comprende las estructuras en estudio.
- Tercero, definir el tipo de suelo en el sitio según lo especificado por la norma y trabajos geotécnicos realizados en el municipio.
- Cuarto, ubicar el grupo de la estructura, nivel de diseño y tipo para escoger según la norma el factor de reducción de respuesta.
- Por último, una vez obtenidos todos estos datos se procederá a correr el programa para que este arroje la curva de fragilidad, la cual se repetirá para tres (03) valores de aceleración del sismo: 0.1, 0.3, 0.7 veces la aceleración de la gravedad.

PLANILLA DE INSPECCION PARA EDIFICACIONES						
(Características Sismorresistentes)						
1. Datos generales (rellenar)						
1.1 Fecha		1.2 Hora de Ini		1.3 Hora Cul		1.4 Código
2. Datos de los participantes (rellenar)						
Función	Nombre y apellido		teléfono		Correo Electrónico	
2.1 Inspector						
2.2 Revisor						
2.3 Supervisor						
3. Identificación y Ubicación de la edificación (rellenar)						
4.1 Nombre o N		4.2 N de Pisos		4.3 N de Semi Sótanos		
4.4 N de Sótanos		4.5 Estado		4.6 Ciudad		
4.7 Municipio		4.8 Parroquia		4.9 Urb. Sector. Barrio		
4. Uso de la edificación (marcar con una x, múltiple opciones)						
<input type="checkbox"/> Gubernamental	<input type="checkbox"/> Militar	<input type="checkbox"/> Medico Asistencial	<input type="checkbox"/> Industrial	<input type="checkbox"/> Otro (Especifique)		
<input type="checkbox"/> Bomberos	<input type="checkbox"/> Vivienda Popular	<input type="checkbox"/> Educativo	<input type="checkbox"/> Comercial			
<input type="checkbox"/> Protección Civil	<input type="checkbox"/> Vivienda Unifamiliar	<input type="checkbox"/> Deportivo-Recreativo	<input type="checkbox"/> Oficina			
<input type="checkbox"/> Policial	<input type="checkbox"/> Vivienda Multifamiliar	<input type="checkbox"/> Cultural	<input type="checkbox"/> Religioso			
5. Capacidad de Ocupación (rellenar y marcar con una x una opción)						
6.1 Numero de personas que ocupan el inmueble						
6.2 Ocupación durante	<input type="checkbox"/> Mañana	<input type="checkbox"/> Tarde	<input type="checkbox"/> Noche			
6. Año de Construcción (rellenar y marcar con una x una opción)						
Año	<input type="checkbox"/> Antes de 1939	<input type="checkbox"/> Entre 1940 y 1947	<input type="checkbox"/> Entre 1948 y 1955	<input type="checkbox"/> Entre 1956 y 1967		
	<input type="checkbox"/> Entre 1968 y 1982	<input type="checkbox"/> Entre 1983 y 1998	<input type="checkbox"/> Entre 1999 y 2001	<input type="checkbox"/> Después de 2001		
7. condición del terreno (marcar con una x una opción por pregunta)						
	<input type="checkbox"/> Planicie	<input type="checkbox"/> 8.2 Pendiente del terreno	<input type="checkbox"/> 20 - 45°	<input type="checkbox"/> Mayor de 45°		
8.1 Edificación en:	<input type="checkbox"/> Ladera	<input type="checkbox"/> 8.3 Localizada sobre la mitad superior de la ladera		<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
8.6 Drenajes	<input type="checkbox"/> Base	<input type="checkbox"/> 8.4 Pendiente del talud	<input type="checkbox"/> 20 - 45°	<input type="checkbox"/> Mayor de 45°		
<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Cima	<input type="checkbox"/> 8.5 Separación al talud	<input type="checkbox"/> Menor a H del Talud	<input type="checkbox"/> Mayor al H del Talud		
8. Tipo Estructural (marcar con una x múltiples opciones)						
<input type="checkbox"/> Pórticos de concreto armado			<input type="checkbox"/> Pórticos de acero diagonalizados			
<input type="checkbox"/> Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto			<input type="checkbox"/> Pórticos de acero con cerchas			
<input type="checkbox"/> Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales			<input type="checkbox"/> Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos			
<input type="checkbox"/> Sistemas con muros de concreto armado en una sola dirección, como algunos sistemas del tipo túnel			<input type="checkbox"/> Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada			
<input type="checkbox"/> Pórticos de acero			<input type="checkbox"/> Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada			
<input type="checkbox"/> Pórticos de acero con perfiles tubulares						
9. Esquema de planta (marcar con una x)			10. Esquema de elevación (marcar con una x)			
<input type="checkbox"/> H	<input type="checkbox"/> L	<input type="checkbox"/> Esbeltez Horizontal	<input type="checkbox"/> T	<input type="checkbox"/> U	<input type="checkbox"/> Esbeltez Vertical	
<input type="checkbox"/> T	<input type="checkbox"/> O	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Pirámide invertida	<input type="checkbox"/> L	<input type="checkbox"/> Ninguno	
<input type="checkbox"/> U	<input type="checkbox"/> o		<input type="checkbox"/> Piramidal	<input type="checkbox"/> I		

Figura 22. Planilla de Inspección para Edificaciones (1). Nota. Datos tomados de Coronel y López (2010).

Para la presentación de los resultados, se utilizarán una serie de gráficos y tablas que muestren de manera sencilla, la situación sísmica de las edificaciones en estudio, ubicando cada estructura con su índice de pérdida correspondiente según cada aceleración de sismo y las pérdidas monetarias que esto traería consigo.

Fase F. Elaboración de Mapas Representativos de los Daños Estimados en el Municipio

Es la última etapa operativa, donde se evidencian los índices de pérdidas arrojados por el software CFSEV. Se elaborará un mapa por cada aceleración de terreno evaluada, es decir, a 0.1g, 0.3g y 0.7g, representados en escala de colores seleccionados de acuerdo al índice de pérdida que corresponda, evidenciando así de manera gráfica la variación obtenida en cuanto a daños, a medida que el sismo va en ascendencia.

CAPITULO IV

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos en el desarrollo de cada objetivo específico realizados mediante la planilla de inspección para edificaciones, los cuales luego de su realización permitieron obtener curvas de fragilidad sísmica para cada una de las tipologías estudiadas bajo sus respectivas normas constructivas. Dicha información fue procesada con el software “Curvas de Fragilidad Sísmicas para Escuelas Venezolanas” (CFSEV) descrito en el capítulo III, presentando así la evaluación simplificada de daños y niveles de riesgo sísmico de cada zona estudiada en particular.

Fase A. Recopilación de Información Bibliográfica y Cartográfica

Tras la búsqueda de información cartográfica a través de distintos medios, se obtuvo a través de la alcaldía de San Diego el “plano de zonificación con trazado arterial” correspondiente al “plan de desarrollo urbano local” del municipio. Dicho plano sirvió de herramienta para la delimitación de la zona en estudio así como la identificación de cada una de las edificaciones a evaluar. Dicho plano, se muestra a continuación:

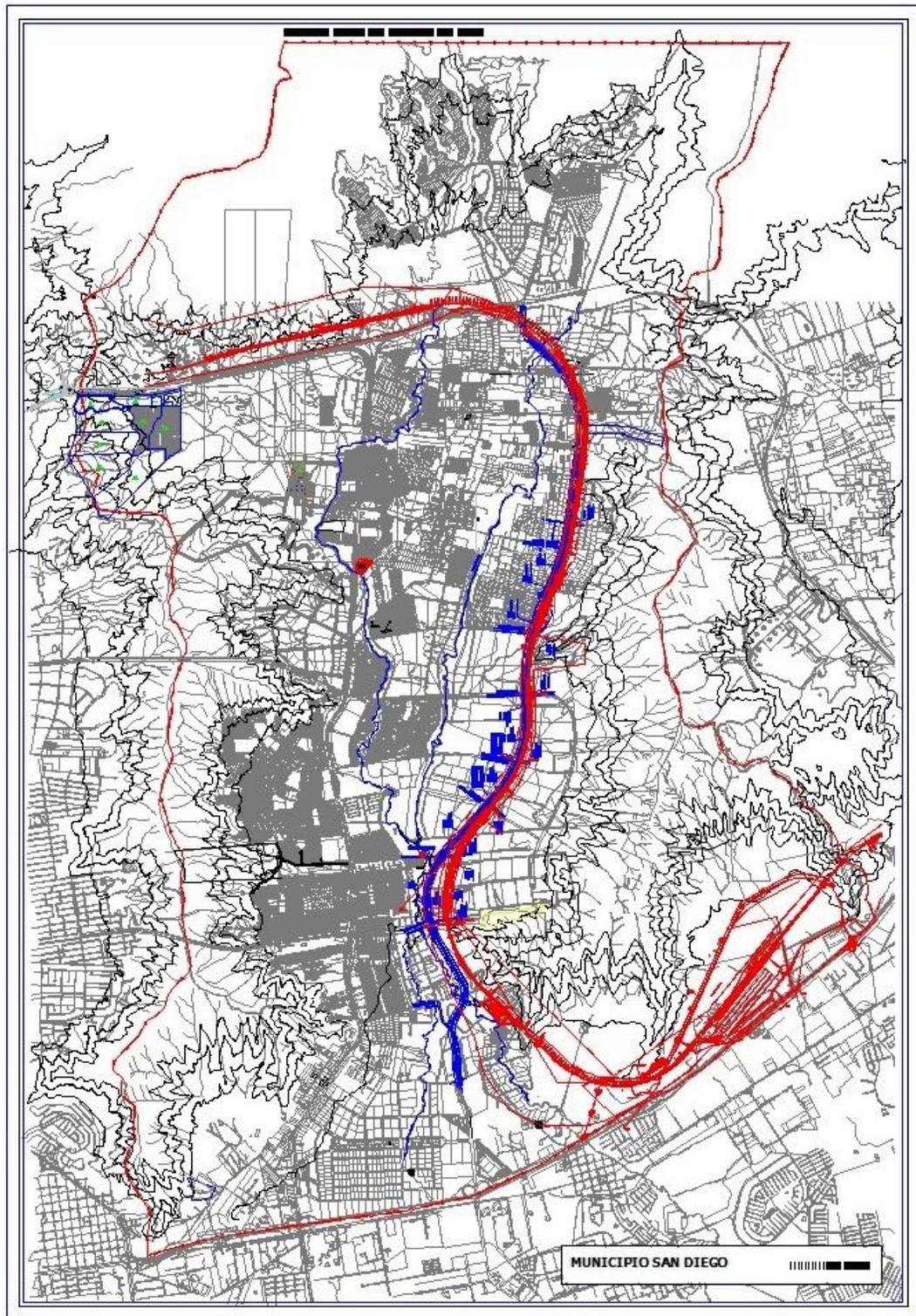


Figura 24. **Planificación de Desarrollo Urbano Local del Municipio San Diego Estado Carabobo.** *Nota.* Datos tomados de Alcaldía de San Diego (2012).

En la figura 24 se puede observar la poligonal urbana del municipio San Diego y sus respectivos parcelamientos urbanos.

Debido a la cantidad de edificaciones presentes y su variada tipología, se sintetizo el estudio a una zona en particular que posteriormente se presentará su descripción debido a las implicaciones que tendría estudiar el municipio completo.

El trabajo especial de grado de *Specht H. América, ELABORACION DEL MAPA DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE V_s-30 DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO*, fue de gran importancia para obtener mapas y tablas de velocidades de ondas de corte de las zonas a estudiar y de esta manera tener conocimiento del tipo de suelo presente, información necesaria para el cálculo de las curvas de fragilidad a través del método de Coronel y López (2010).

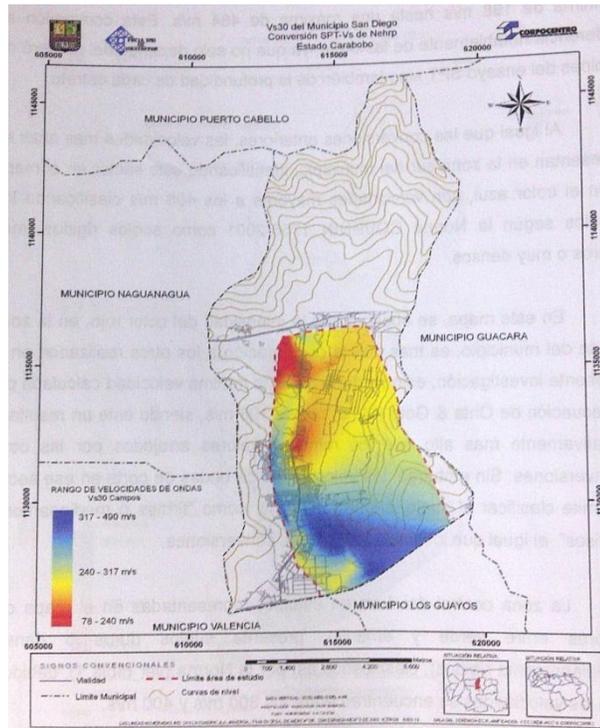


Figura 25. Mapa Vs-30 del Municipio San Diego del Estado Carabobo según la conversión de NEHRP. Nota. Datos tomados de Specht (2008).

Fase B. Selección de las Estructuras a Evaluar

Como estrategia se realizó una distribución de áreas en la geografía del municipio con el fin de facilitar e interpretar los resultados, empleando la cartografía del Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL) proporcionada por la alcaldía del municipio. El área seleccionada para realizar el estudio corresponde a la zona suroeste del Municipio San Diego, enmarcada dentro de los siguientes límites:

Norte: Urbanización La Esmeralda.

Sur: Autopista Regional del Centro.

Este: Av. Don Julio Centeno.

Oeste: Cerro El Tigre.

Una vez establecidos los límites, se elaboró un mapa donde se aprecia la delimitación geográfica del área en estudio, como se muestra a continuación:

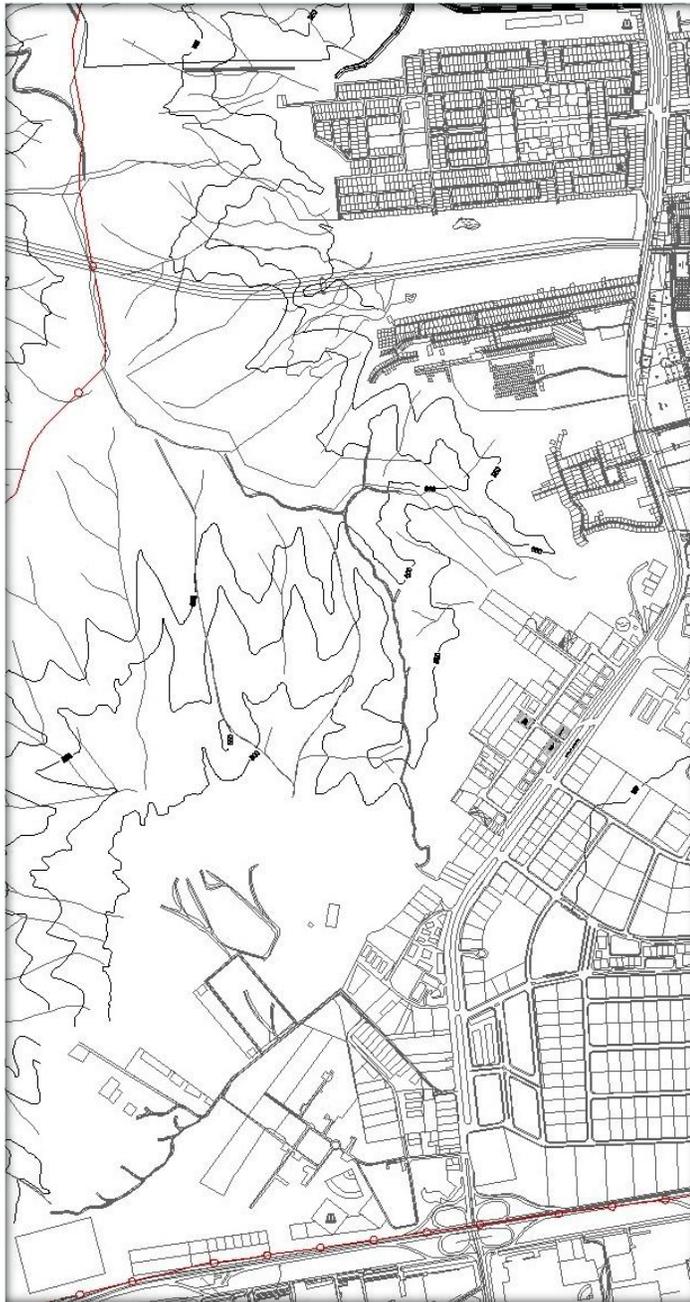


Figura 26. **Zona Suroeste del Municipio San Diego, destinada a la investigación.**

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

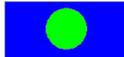
Para facilitar la presentación grafica de resultados se realizo una sectorización de la zona en estudio, además dentro de cada sector se identificaron las tipologías estructurales presentes, para de esta manera poder contar con todas las herramientas

necesarias para el análisis de vulnerabilidad a través de las curvas de fragilidad, a continuación se presenta una tabla y una serie de figuras indicativas de las tipologías estructurales encontradas y las cantidades de cada una de ellas.

Las tipologías estructurales, se clasificaron teniendo en cuenta las características estructurales básicas que condicionan su desempeño ante un evento sísmico, se identificaron distintos tipos de vivienda, como sigue:

Tabla 4.*Tipologías de viviendas estudiadas.*

Tipología	Leyenda	Descripción
1		Estructura prefabricada de uso residencial y comercial.
2		Estructura prefabricada de uso residencial de dos (2) niveles.
3		Mampostería confinada de uso residencial, comercial, comercio-industrial y hotelero.
4		Mampostería confinada de uso residencial, comercial, comercio-industrial y hotelero de dos (2) niveles.
5		Mampostería confinada de uso residencial de tres (3) niveles.
6		Mampostería no confinada de uso residencial, comercial y religioso.
7		Mampostería no confinada de uso residencial de dos (2) niveles.
8		Estructura de concreto armado de uso residencial, comercial, comercio-industrial y recreacional.
9		Estructura de concreto armado de uso residencial y comercial de dos (2) niveles.
10		Estructura de concreto armado de uso residencial y comercial de tres (3) niveles.
11		Estructura de pórticos de acero de uso residencial, comercial, comercio-industrial, recreacional y religioso.
12		Estructura de pórticos de acero de uso residencial, comercial y comercio-industrial de dos (2) niveles.
13		Estructura de pórticos de acero de uso residencial y comercio-industrial de tres (3) niveles.
14		Estructura de pórticos de acero de uso comercial de cuatro (4) niveles.
15		Estructura de muros de concreto armado tipo túnel de uso residencial de tres (3) niveles.
16		Estructura de muros de concreto armado tipo túnel de uso residencial de cuatro (4) niveles.
17		Estructura de pórticos de acero con cerchas de uso comercial, comercio-industrial, recreacional y

		religioso.
18		Estructura de pórticos de acero con cerchas de uso comercial y comercio-industrial de dos (2) niveles.
19		Estructura prefabricada de uso educacional y medico asistencial.
20		Estructura prefabricada de uso educacional de dos (2) niveles.
21		Mampostería confinada de uso de cuerpo de bomberos, educacional y medico asistencial. (Bomberos de San Diego).
22		Mampostería confinada de uso educacional y médico asistencial de dos (2) niveles.
23		Mampostería no confinada de uso médico asistencial.
24		Estructura de concreto armado de uso educacional.
25		Estructura de concreto armado de uso residencial, comercial, educacional y médico asistencial de dos (2) niveles. (Policlínica El Morro).
26		Estructura de concreto armado de uso médico asistencial de tres (3) niveles. (Clínica Valle de San Diego).
27		Estructura de pórticos de acero de uso educacional y gubernamental.
28		Estructura de pórticos de acero de uso comercio-industrial de dos (2) niveles con más de 20000m ² .
29		Estructura de pórticos de acero de uso comercial de tres (3) niveles. (C.C. Metrópolis).
30		Estructura de pórticos de acero de uso comercial de cuatro (4) niveles. (C.C. Metrópolis).
31		Estructura mixta (prefabricada-mampostería confinada) de uso residencial.
32		Estructura mixta (prefabricada-mampostería no confinada) de uso educacional, dos (2) niveles. (Esencial).
33		Estructura mixta (concreto armado-mampostería no confinada) de uso comercial.

34		Estructura mixta (concreto armado-pórticos de acero) de uso industrial.
35		Estructura mixta (concreto armado-pórticos de acero) de uso residencial y comercial, dos (2) niveles.
36		Estructura mixta (concreto armado-pórticos de acero con cerchas) de uso industrial. (Estación de Bombeo, Esencial).

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Una vez realizada la clasificación se elaboró un mapa de catastro que ubica cada tipo de estructura en su respectiva zona.

Sector 1

Comprendido por la urbanización El Morro II, ubicado al norte del área en estudio y está limitado por la urbanización La Esmeralda al Norte, la urbanización Paso Real al Sur, la avenida Don Julio Centeno a Este y el cerro El Tigre al Oeste.

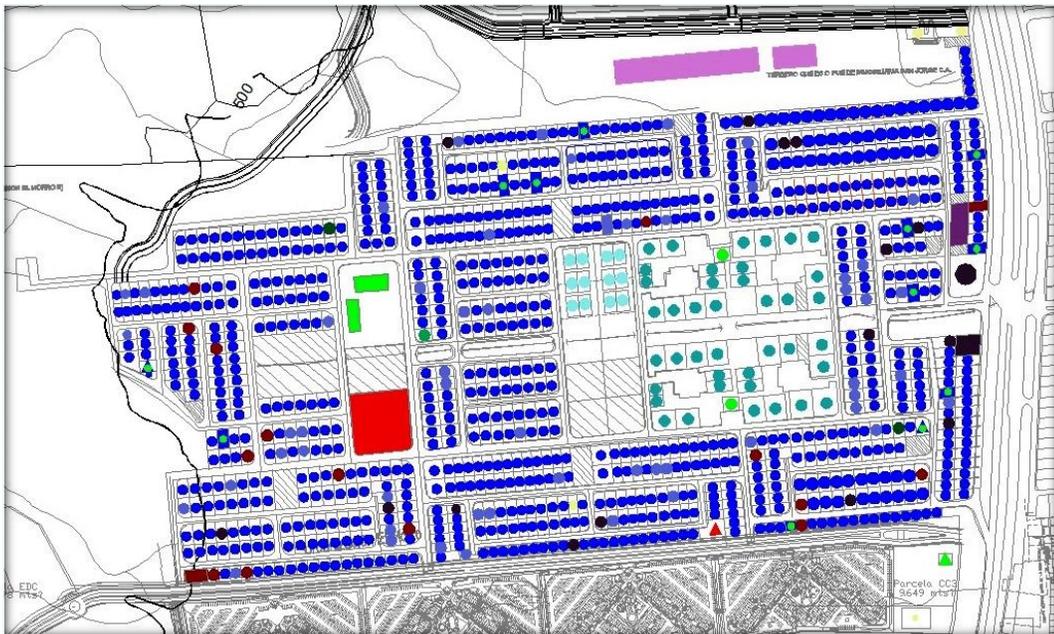


Figura 27. **Sector 1.** Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Sector 2

Comprendido por las urbanizaciones Magallanes y Ciudadela Valencey, ubicado al norte del área en estudio y está limitado por la urbanización Paso Real al Norte, urbanización Los Harales al Sur, la avenida Don Julio Centeno al este, y el cerro El Tigre al oeste.



Figura 28. **Sector 2.** *Nota.* Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Sector 3

Comprendido por la urbanización Los Harales, ubicado al norte del área en estudio y está limitado por la urbanización Ciudadela Valencey al Norte, la urbanización Industrial Terrazas de Castellito al Sur, la avenida Don Julio Centeno a Este y el cerro El Tigre al Oeste.



Figura 29. **Sector 3.** Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Sector 4

Comprendido por la urbanización industrial Terrazas de Castillito, ubicado al sur del área en estudio y está limitado por, la urbanización Los Harales al Norte, la urbanización Industrial San Diego al Sur, la avenida Don Julio Centeno a Este y el cerro El Tigre al Oeste.



Figura 30. Sector 4. Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Sector 5

Comprendido por la urbanización industrial San Diego, ubicado al sur del área en estudio y está limitado por, la urbanización industrial Terrazas de Castillito al Norte,

la Autopista Regional del Centro al Sur, la avenida Don Julio Centeno a Este y el cerro El Tigre al Oeste.

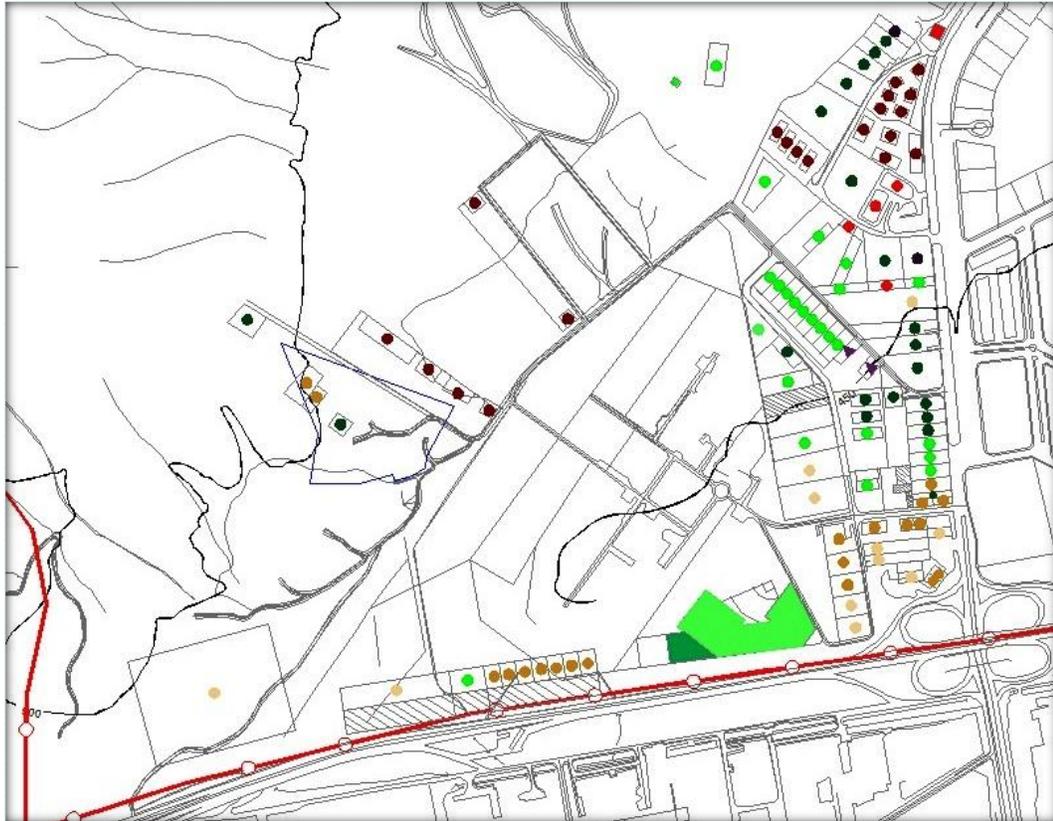


Figura 31. **Sector 5.** Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Cantidad de Edificaciones Estudiadas

La cantidad de edificaciones evaluadas fueron 1999, distribuidas entre los diferentes sectores, prevaleciendo un mayor número de estructuras en la zona norte del área en estudio, como se muestra en la figura 32.

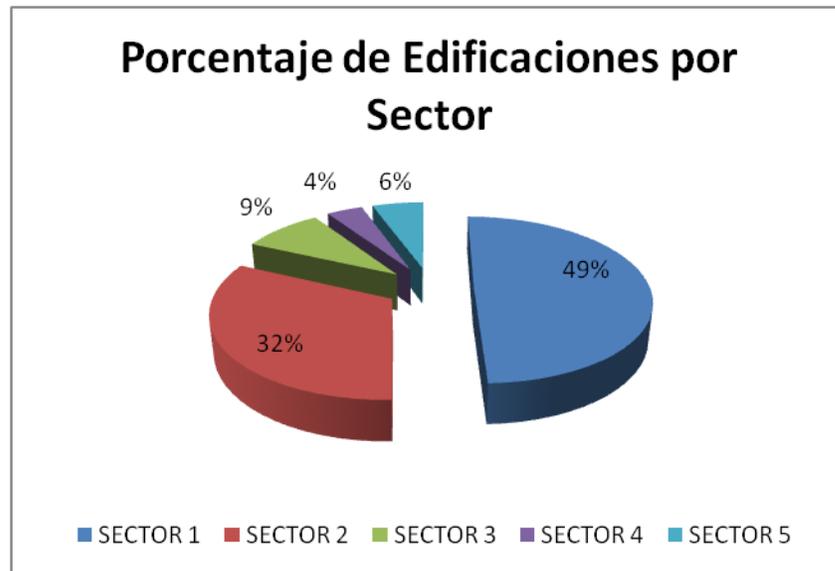


Figura 32. **Edificaciones por Sector.** *Nota.* Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Además de la cantidad de edificaciones por sector, se muestra la estadística de la totalidad de edificaciones por tipología estructural encontradas alrededor del área en estudio, evidenciado así en la figura 33.

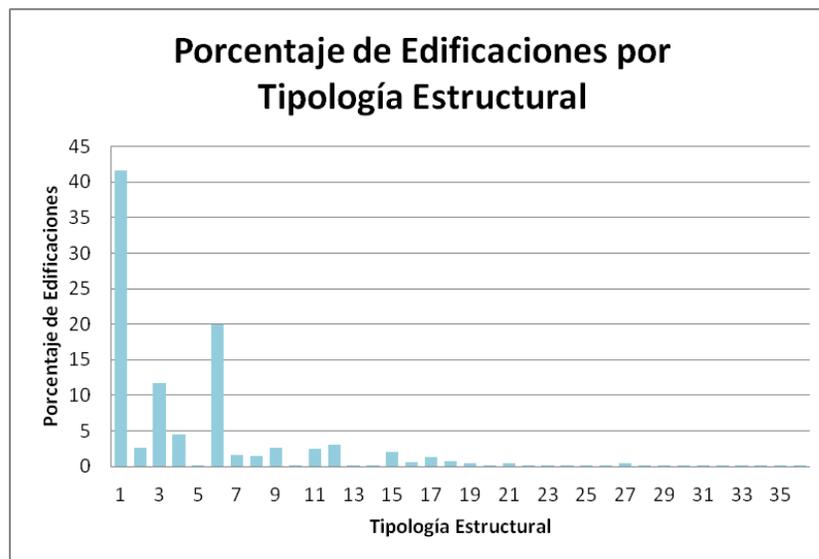


Figura 33. **Edificaciones por Tipología.** *Nota.* Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Fase C. Inspección de Estructuras Seleccionadas

En función de la tabla 4, se procedió a realizar la evaluación de las estructuras seleccionadas según la tipología estructural de cada edificación en ella descrita, con el apoyo de la planilla de inspección para edificaciones, la cual se muestra en la figura 34 y 35 que facilita la recolección de datos estrictamente necesarios y suficientes para que el software realice el cálculo de las curvas de fragilidad de cada tipología necesaria para así estimar la vulnerabilidad de la zona en estudio. En esta fase se identificaron los parámetros necesarios para el cálculo de las curvas de fragilidad como lo son, número de niveles de la edificación, uso, año de construcción, tipo de suelo, sistema constructivo, entre otros.

A continuación se presenta un ejemplo de inspección a una edificación (Tipo 1), construida bajo requerimientos de la NORMA (MOP 1967), empleando la planilla de inspección para edificaciones.

PLANILLA DE INSPECCION PARA EDIFICACIONES					
(Características Sismorresistentes)					
1. Datos generales (rellenar)					
1.1 Fecha	06/04/2012	1.2 Hora de Ini	8:00am	1.3 Hora Cul	4:00pm
1.4 Código			1.5 Tipo	Tipo 1	
2. Datos de los participantes (rellenar)					
Función	Nombre y apellido		teléfono	Correo Electrónico	
2.1 Inspector	Carlos Aldazoro		0424-4068244	aldazorocarlos@gmail.com	
2.2 Revisor	Luis Da Silva		0414-1480231	dasilvaluis6@gmail.com	
2.3 Supervisor	Edson Martinez		0416-7338229	edsontmartinez@gmail.com	
3. Identificación y Ubicación de la edificación (rellenar)					
4.1 Nombre o N	4.2 N de Pisos		1	4.3 N de Semi Sótanos	
4.4 N de Sótanos	0		4.5 Estado	Carabobo	
4.6 Ciudad	San Diego				
4.7 Municipio	San Diego		4.8 Parroquia	4.9 Urb. Sector. Barrio	
			El Morro II		
4. Uso de la edificación (marcar con una x, múltiple opciones)					
<input type="checkbox"/> Gubernamental	<input type="checkbox"/> Militar	<input type="checkbox"/> Medico Asistencial	<input type="checkbox"/> Industrial	<input type="checkbox"/> Otro (Especifique)	
<input type="checkbox"/> Bomberos	<input type="checkbox"/> Vivienda Popular	<input type="checkbox"/> Educativo	<input type="checkbox"/> Comercial		
<input type="checkbox"/> Protección Civil	<input type="checkbox"/> Vivienda Unifamiliar	<input type="checkbox"/> Deportivo-Recreativo	<input type="checkbox"/> Oficina		
<input type="checkbox"/> Policial	<input type="checkbox"/> Vivienda Multifamiliar	<input type="checkbox"/> Cultural	<input type="checkbox"/> Religioso		
5. Capacidad de Ocupación (rellenar y marcar con una x una opción)					
6.1 Numero de personas que ocupan el inmueble	4				
6.2 Ocupación durante	<input type="checkbox"/> Mañana	<input type="checkbox"/> Tarde	<input type="checkbox"/> Noche		
6. Año de Construcción (rellenar y marcar con una x una opción)					
Año	<input type="checkbox"/> Antes de 1939	<input type="checkbox"/> Entre 1940 y 1947	<input type="checkbox"/> Entre 1948 y 1955	<input type="checkbox"/> Entre 1956 y 1967	
	<input checked="" type="checkbox"/> Entre 1968 y 1982	<input type="checkbox"/> Entre 1983 y 1998	<input type="checkbox"/> Entre 1999 y 2001	<input type="checkbox"/> Después de 2001	
7. condición del terreno (marcar con una x una opción por pregunta)					
8.1 Edificación en:	<input type="checkbox"/> Planicie	8.2 Pendiente del terreno	<input type="checkbox"/> 20 - 45°	<input type="checkbox"/> Mayor de 45°	
	<input checked="" type="checkbox"/> Ladera	8.3 Localizada sobre la mitad superior de la ladera		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
	8.6 Drenajes	<input type="checkbox"/> Base	8.4 Pendiente del talud	<input type="checkbox"/> 20 - 45°	
	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Cima	8.5 Separación al talud	<input type="checkbox"/> Menor a H del Talud <input type="checkbox"/> Mayor al H del Talud	
	8. Tipo Estructural (marcar con una x múltiples opciones)				
<input type="checkbox"/> Pórticos de concreto armado			<input type="checkbox"/> Pórticos de acero diagonalizados		
<input type="checkbox"/> Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto			<input type="checkbox"/> Pórticos de acero con cerchas		
<input type="checkbox"/> Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales			<input checked="" type="checkbox"/> Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos		
<input type="checkbox"/> Sistemas con muros de concreto armado en una sola dirección, como algunos sistemas del tipo túnel			<input type="checkbox"/> Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada		
<input type="checkbox"/> Pórticos de acero			<input type="checkbox"/> Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada		
<input type="checkbox"/> Pórticos de acero con perfiles tubulares					
9. Esquema de planta (marcar con una x)			10. Esquema de elevación (marcar con una x)		
<input type="checkbox"/> H	<input type="checkbox"/> L	<input type="checkbox"/> Esbeltez Horizontal	<input type="checkbox"/> T	<input type="checkbox"/> U	<input type="checkbox"/> Esbeltez Vertical
<input type="checkbox"/> T	<input type="checkbox"/> O		<input type="checkbox"/> Pirámide invertida	<input type="checkbox"/> L	
<input type="checkbox"/> U	<input type="checkbox"/> o	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Piramidal	<input type="checkbox"/> I	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno

Figura 34. Planilla de inspección para edificaciones, edificación Tipo 1 (1). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

11. Irregularidades (marcar con una x múltiples opciones)			
<input type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o en dos direcciones	<input type="checkbox"/> 12.6 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta		
<input type="checkbox"/> 12.2 Presencia de al menos un entrepiso débil o blando	12.7 Separación entre edificios (cm) _____		
<input type="checkbox"/> 12.3 Presencia de columnas cortas			
<input type="checkbox"/> 12.4 Discontinuidad de ejes de columnas	<input type="checkbox"/> 12.8 Adosamiento: Losa contra losa		
<input type="checkbox"/> 12.5 Aberturas significativas en losas	<input type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra columna		
12. Grado de deterioro (marcar con una x una opción por pregunta)			
13.1 Est de Concreto. Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo.	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.2 Est de Acero Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.3 Agrietamiento en paredes de relleno	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.4 Estado general de mantenimiento	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Bajo
13. Observaciones			
14. Fachada			
			

Figura 35. **Planilla de inspección para edificaciones, edificación Tipo 1 (2).** *Nota.* Datos tomados de Elaboración Propia (2012).

Fase D. Elaboración de Curvas de Fragilidad

Para la elaboración de las curvas de fragilidad, es necesario suministrar al software “Curvas de Fragilidad Sísmicas para Escuelas Venezolanas (CFSEV)” todas y cada una de las variables para tal fin que se obtienen a través de las planillas de inspección como se muestra en la figura anterior, en orden de requerimiento estas variables son: norma de construcción, cantidad de niveles, zona sísmica donde se encuentra la edificación (de acuerdo al mapa de zonificación sísmica correspondiente a la norma aplicada), grupo en el que se encuentra la edificación (de acuerdo a su nivel de

importancia), tipo de suelo donde se encuentra fundada la edificación, factor de reducción de respuesta del sismo de diseño, factor de corrección de la forma espectral y tipo de suelo según FEMA.

Para obtener el comportamiento de las estructuras evaluadas, en esta investigación se decidió trabajar con tres (3) aceleraciones horizontales distintas de sismo, a (0.1g) simulando un sismo frecuente establecido por la NORMA Sismorresistente 1756-2001, (0.3g) para la Zona 5, y por último (0.7g) queriendo simular en esta ultima aceleración horizontal un terremoto de largo periodo de retorno.

Las siguientes imágenes corresponden a las Curvas de Fragilidad de la planilla mostrada en la **Fase C** y muestran las curvas resultantes para cada tipo de sismo.

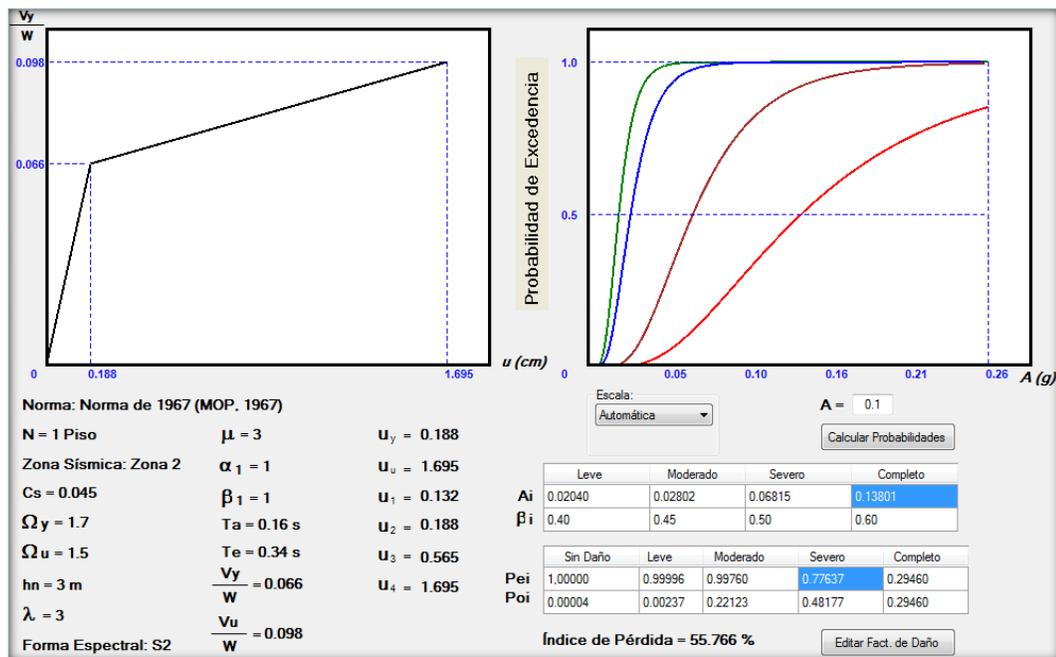


Figura 36. Curva de fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 1. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

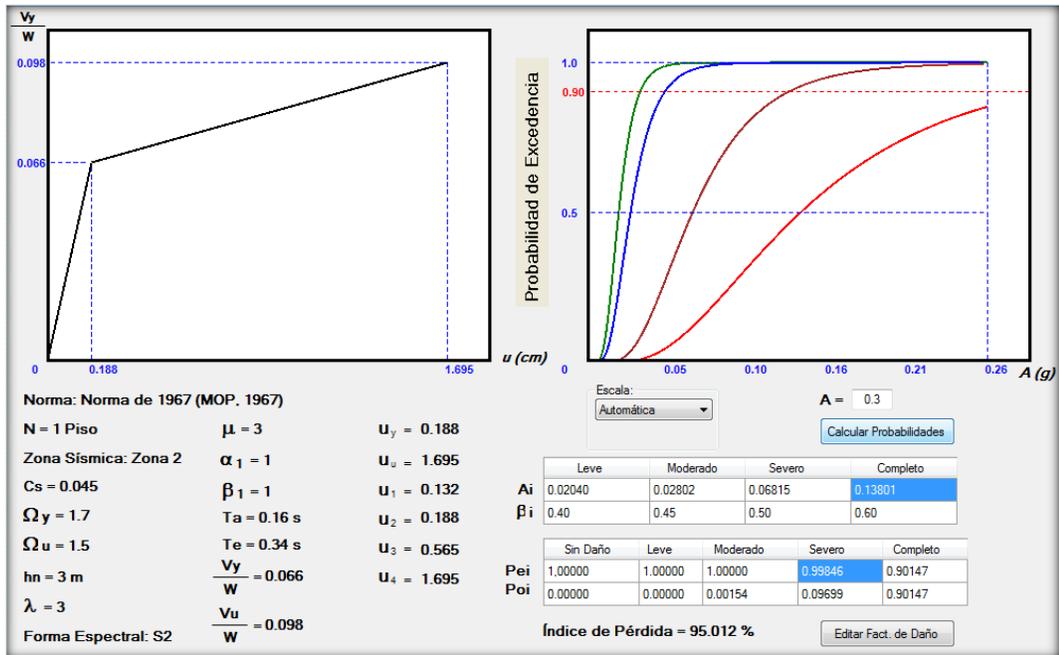


Figura 37. Curva de fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 1. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

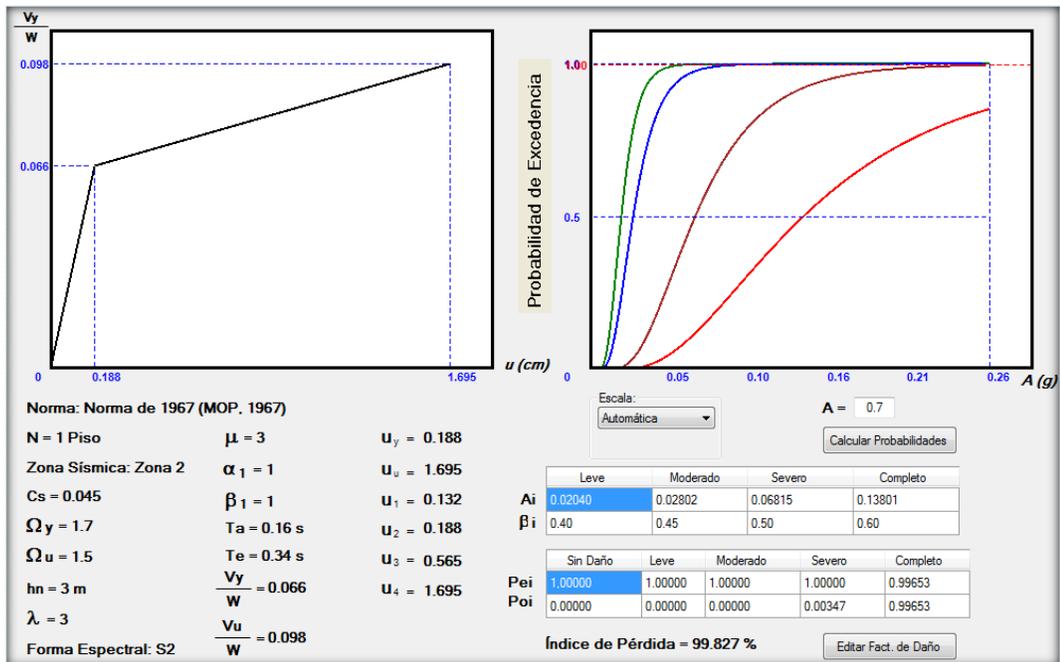


Figura 38. Curva de fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 1. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Fase E. Estimación de Daños

Una vez obtenida la totalidad de curvas de fragilidad para cada tipología estructural evaluada, se procede a estimar el daño que se espera tendrá cada edificación según la intensidad del sismo actuante. En las tablas siguientes son presentadas las tipologías estructurales, normas con las cuales fueron evaluadas y sus respectivos índices de pérdidas asociados.

En las mismas podemos observar que a medida que se han actualizado las consideraciones constructivas antisísmicas de la norma sismoresistente, es menor el índice de pérdida arrojado por el software para dichas tipologías estructurales, de acuerdo a estos resultados podemos inferir la importancia de estas consideraciones en las normas de diseño. A pesar de dichas consideraciones y en vista a la posibilidad latente de que ocurra un evento sísmico de largo periodo de retorno de características similares a uno de (0.7g) no hay que pasar por alto que en más del 90%, de ocurrir un sismo de esta magnitud, las pérdidas materiales estimadas en gran parte de las estructuras sobrepasan el 70%, lo que representa una cifra alarmante y que supone una estricta necesidad en la creación de planes de contingencia y acción para posibles fenómenos de esta naturaleza.

Adicionalmente se presenta una estadística a través de tablas y gráficos, que muestra cómo se van distribuyendo los índices de pérdida alrededor de toda la zona en estudio para la totalidad de las estructuras evaluadas, correspondiente a cada aceleración horizontal de actividad sísmica expresada en cuatro rangos de afectación característicos; Daño Leve 0-5%, Daño Moderado 5-20%, Daño Severo 20-70% y Daño Completo 70-100%.

Tabla 5.*Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Urb. el Morro II.*

EL MORRO II			INDICE DE PERDIDA		
TIPOLOGIA	NORMA CORRESPONDIENTE	N° DE ESTRUCT.	ACELERACION DEL SISMO		
			0.1g	0.3g	0.7g
1	MOP 67	821	55.766	95.012	99.827
	COVENIN 2001	3	2.021	20.772	62.731
2	MOP 67	54	40.47	86.845	99.014
4	MAMPOSTERIA CONFINADA 67	1	47.605	91.071	99.53
	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	5	47.605	91.071	99.53
	MAMPOSTERIA CONFINADA 2001	8	47.605	91.071	99.53
7	MAMPOSTERIA NO CONFINADA 67	2	47.605	91.071	99.53
9	COVENIN 1982	9	16.023	63.532	92.909
	COVENIN 2001	7	2.915	18.442	55.467
11	COVENIN 1982	2	22.022	76.638	97.343
12	COVENIN 2001	2	2.915	18.442	55.467
13	COVENIN 1982	1	14.752	58.342	89.994
15	MOP 67	40	53.52	92.036	99.601
16	COVENIN 2001	12	2.521	13.924	41.387
19	MOP 67	9	44.011	90.819	99.505
20	MOP 67	1	30.327	79.686	97.721
21	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	1	0.587	30.318	80.33
22	MAMPOSTERIA CONFINADA 67	1	47.605	91.071	99.53
	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	1	47.605	91.071	99.53
24	MOP 67	1	77.958	99.037	99.988
25	COVENIN 2001	1	2.949	18.476	55.748
26	COVENIN 2001	2	3.909	19.453	55.315
27	COVENIN 1982	2	14.954	66.216	94.609
31	COVENIN 1982	1	0.636	13.294	49.168
	COVENIN 2001	1	0.086	6.095	27.394
32	MAMPOSTERIA NO CONFINADA 67	1	47.605	91.071	99.53
35	COVENIN 2001	1	2.915	18.442	55.467

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Tabla 6.

Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Magallanes y Ciudadela Valencey.

MAGALLANES, CIUDADELA VALENCEY			INDICE DE PERDIDA		
TIPOLOGIA	NORMA CORRESPONDIENTE	N° DE ESTRUC.	ACELERACION DEL SISMO		
			0.1g	0.3g	0.7g
1	MOP 67	2	55.766	95.012	99.827
	COVENIN 1982	1	10.651	56.515	91.128
	COVENIN 2001	5	2.021	20.772	62.731
3	MAMPOSTERIA CONFINADA 67	8	0.039	10.259	56.962
	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	60	0.587	30.318	80.33
	MAMPOSTERIA CONFINADA 2001	1	0.587	30.318	80.33
4	MAMPOSTERIA CONFINADA 67	4	47.605	91.071	99.53
	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	31	47.605	91.071	99.53
	MAMPOSTERIA CONFINADA 2001	7	47.605	91.071	99.53
5	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	1	37.313	84.059	98.563
6	MAMPOSTERIA NO CONFINADA 67	288	3.063	55.257	93.656
	MAMPOSTERIA NO CONFINADA 82	5	16.365	82.341	98.839
	MAMPOSTERIA NO CONFINADA 2001	1	16.365	82.341	98.839
7	MAMPOSTERIA NO CONFINADA 67	23	47.605	91.071	99.53
8	MOP 67	3	100	100	100
	COVENIN 1982	11	22.022	76.638	97.343
	COVENIN 2001	4	3.351	27.241	71.188
9	MOP 67	4	99.997	100	100
	COVENIN 1982	10	16.023	63.532	92.909
	COVENIN 2001	2	2.915	18.442	55.467
10	COVENIN 1982	1	14.752	58.342	89.994
	COVENIN 2001	1	6.356	28.381	67.455
11	COVENIN 1982	7	22.022	76.638	97.343
	COVENIN 2001	1	3.351	27.241	71.188
12	MOP 67	1	40.47	86.845	99.014
	COVENIN 1982	1	16.023	63.532	92.909
	COVENIN 2001	1	2.915	18.442	55.467
17	COVENIN 1982	3	10.651	56.515	91.128
18	MOP 67	1	40.47	86.845	99.014
19	MOP 67	1	44.011	90.819	99.505
21	MAMPOSTERIA CONFINADA 67	1	0.039	10.259	56.962
	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	1	0.587	30.318	80.33
22	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	1	47.605	91.071	99.53
23	MAMPOSTERIA NO CONFINADA 67	1	3.063	55.257	93.656
24	COVENIN 2001	1	2.599	23.558	66.788
25	MOP 67	1	62.854	96.17	99.887
	COVENIN 2001	1	2.949	18.476	55.748
27	MOP 67	2	44.011	90.819	99.505
	COVENIN 2001	4	2.599	23.558	66.788
33	COVENIN 1982	1	0.636	13.294	49.168
35	COVENIN 2001	1	2.915	18.442	55.467

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Tabla 7.*Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Urb. Los Harales.*

LOS HARALES			INDICE DE PERDIDA		
TIPOLOGIA	NORMA CORRESPONDIENTE	N° DE ESTRUC.	ACELERACION DEL SISMO		
			0.1g	0.3g	0.7g
3	MAMPOSTERIA CONFINADA 67	10	0.039	10.259	56.962
	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	7	0.587	30.318	80.33
	MAMPOSTERIA CONFINADA 2001	6	0.587	30.318	80.33
4	MAMPOSTERIA CONFINADA 67	3	47.605	91.071	99.53
	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	7	47.605	91.071	99.53
	MAMPOSTERIA CONFINADA 2001	3	47.605	91.071	99.53
5	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	1	37.313	84.059	98.563
6	MAMPOSTERIA NO CONFINADA 67	99	3.063	55.257	93.656
7	MAMPOSTERIA NO CONFINADA 67	8	47.605	91.071	99.53
8	MOP 67	4	100	100	100
	COVENIN 1982	3	22.022	76.638	97.343
	COVENIN 2001	2	3.351	27.241	71.188
9	MOP 67	1	99.997	100	100
	COVENIN 1982	7	16.023	63.532	92.909
12	COVENIN 1982	1	16.023	63.532	92.909
17	COVENIN 1982	2	10.651	56.515	91.128
21	MAMPOSTERIA CONFINADA 67	5	0.039	10.259	56.962
22	MAMPOSTERIA CONFINADA 2001	1	47.605	91.071	99.53
23	MAMPOSTERIA NO CONFINADA 67	1	3.063	55.257	93.656
24	COVENIN 1982	2	14.954	66.216	94.609
27	MOP 67	1	44.011	90.819	99.505

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Tabla 8.

Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Zona. Industrial Terrazas de Castillito.

ZONA IND. TERRAZAS DE CASTILLITO			INDICE DE PERDIDA		
			ACELERACION DEL SISMO		
TIPOLOGIA	NORMA CORRESPONDIENTE	N° DE ESTRU.	0.1g	0.3g	0.7g
3	MAMPOSTERIA CONFINADA 67	1	0.039	10.259	56.962
	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	5	0.587	30.318	80.33
8	COVENIN 1982	1	22.022	76.638	97.343
	COVENIN 2001	2	3.351	27.241	71.188
9	COVENIN 1982	12	16.023	63.532	92.909
11	COVENIN 1982	15	22.022	76.638	97.343
12	MOP 67	2	40.47	86.845	99.014
	COVENIN 1982	33	16.023	63.532	92.909
13	COVENIN 1982	1	14.752	58.342	89.994
17	COVENIN 2001	1	3.351	27.241	71.188
18	COVENIN 1982	2	8.64	43.12	81.944
28	COVENIN 1982	2	16.023	63.532	92.909
36	MOP 67	1	55.766	95.012	99.827

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Tabla 9.*Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Zona Industrial San Diego.*

ZONA IND. SAN DIEGO			INDICE DE PERDIDA		
TIPOLOGIA	NORMA CORRESPONDIENTE	N° DE ESTRUCC.	ACELERACION DEL SISMO		
			0.1g	0.3g	0.7g
3	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	4	0.587	30.318	80.33
4	MAMPOSTERIA CONFINADA 82	21	47.605	91.071	99.53
9	COVENIN 1982	2	16.023	63.532	92.909
11	MOP 67	1	55.766	95.012	99.827
	COVENIN 1982	22	22.022	76.638	97.343
	COVENIN 2001	1	3.351	27.241	71.188
12	MOP 67	7	40.47	86.845	99.014
	COVENIN 1982	8	16.023	63.532	92.909
	COVENIN 2001	5	2.915	18.442	55.467
14	COVENIN 1998	1	5.97	24.109	58.739
17	MOP 67	7	55.766	95.012	99.827
	COVENIN 1982	7	10.651	56.515	91.128
	COVENIN 2001	6	3.351	27.241	71.188
18	MOP 67	2	40.47	86.845	99.014
	COVENIN 1982	3	8.64	43.12	81.944
	COVENIN 2001	7	2.915	18.442	55.467
21	MAMPOSTERIA CONFINADA 2001	1	0.587	30.318	80.33
29	COVENIN 1998	1	5.009	23.19	61.217
30	COVENIN 1998	3	4.682	19.848	52.794
34	MOP 67	2	55.766	95.012	99.827

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Las siguientes figuras corresponden al índice de pérdida para cada aceleración de sismo en la totalidad de las edificaciones.

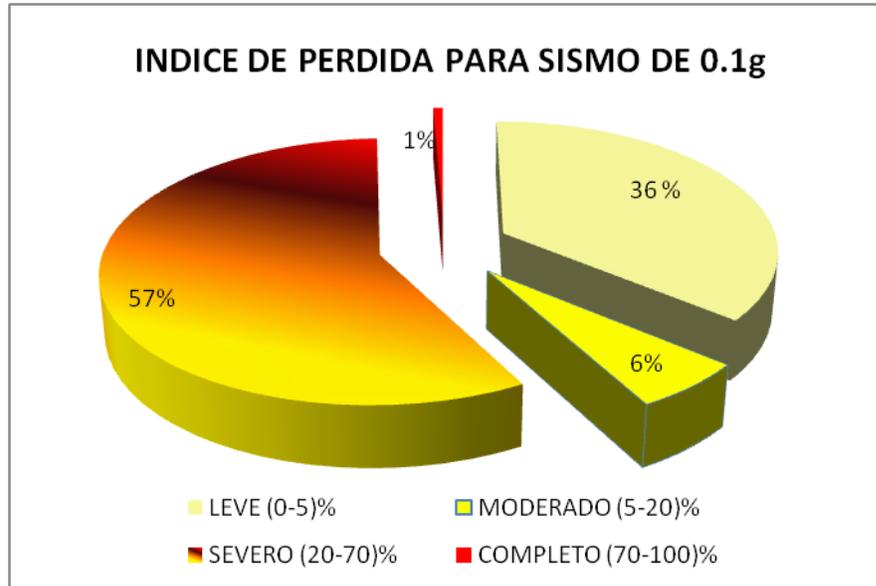


Figura 39. **Distribución de daño para un sismo de 0,1g. A un total de 1999 edificaciones.** Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

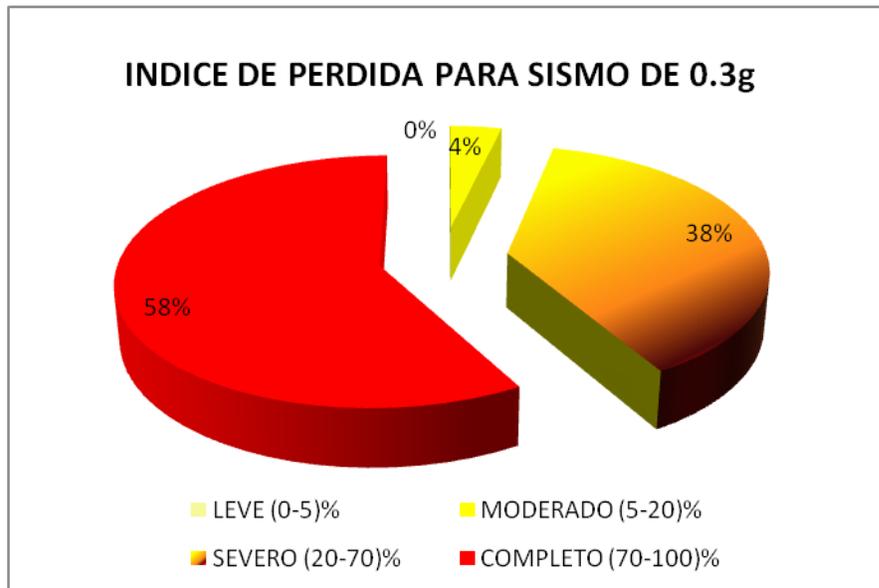


Figura 40. **Distribución de daño para un sismo de 0,3g. A un total de 1999 edificaciones.** Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

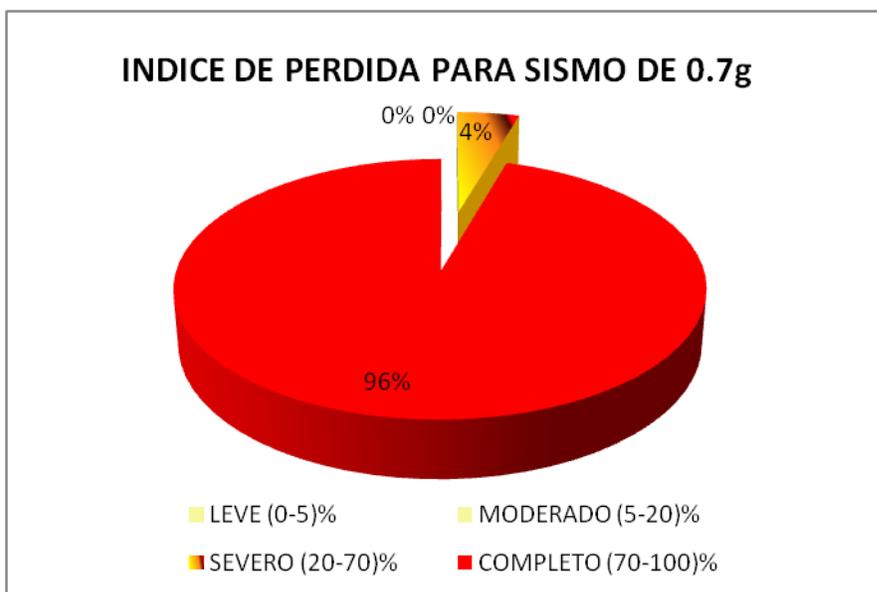


Figura 41. **Distribución de daño para un sismo de 0,7g. A un total de 1999 edificaciones.** Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Tomando como referencia el registro actual inmobiliario se hizo una estimación de la pérdida en bolívares, ocasionada por magnitud de sismo a cada edificación, esta estimación se realizó únicamente para edificaciones de uso residencial debido a que resulta complicado asignarle un valor monetario a edificaciones orientadas a otros fines, razón por la cual quedaron exentas de estudio la urb. Zona Industrial terrazas de castillito y la Urb. Zona Industrial San Diego, al igual que demás edificaciones del resto del área en estudio que carecen de estructuras destinadas al uso residencial, estando fuera del análisis monetario, como se muestra a continuación.

Tabla 10.

Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Urb. El Morro II.

EL MORRO II								
TIPOLOGIA	INDICES DE PERDIDA (%)				PRECIO APROX. (Bs)	CUANTIFICACION DE PERDIDAS (Bs)		
	0.1g	0.3g	0.7g	CANTIDAD		0.1g	0.3g	0.7g
1	55.766	95.012	99.827	821	800,000	366271088	624038816	655663736
	2.021	20.772	62.731	3	1,000,000	60630	623160	1881930
2	40.47	86.845	99.014	54	1,050,000	22946490	49241115	56140938
4	47.605	91.071	99.53	1	790,000	376079.5	719460.9	786287
	47.605	91.071	99.53	5	890,000	2118422.5	4052659.5	4429085
	47.605	91.071	99.53	8	1,200,000	4570080	8742816	9554880
7	47.605	91.071	99.53	2	850,000	809285	1548207	1692010
9	16.023	63.532	92.909	9	1,300,000	1874691	7433244	10870353
	2.915	18.442	55.467	7	1,500,000	306075	1936410	5824035
11	22.022	76.638	97.343	2	1,000,000	440440	1532760	1946860
12	2.915	18.442	55.467	2	1,525,000	88907.5	562481	1691743.5
13	14.752	58.342	89.994	1	1,475,000	217592	860544.5	1327411.5
15	53.52	92.036	99.601	40	11200000	239769600	412321280	446212480
16	2.521	13.924	41.387	12	14400000	4356288	24060672	71516736
19	44.011	90.819	99.505	9	0	0	0	0
20	30.327	79.686	97.721	1	0	0	0	0
21	0.587	30.318	80.33	1	0	0	0	0
22	47.605	91.071	99.53	1	0	0	0	0
	47.605	91.071	99.53	1	0	0	0	0
24	77.958	99.037	99.988	1	0	0	0	0
25	2.949	18.476	55.748	1	0	0	0	0
26	3.909	19.453	55.315	2	0	0	0	0
27	14.954	66.216	94.609	2	0	0	0	0
31	0.636	13.294	49.168	1	900,000	5724	119646	442512
	0.086	6.095	27.394	1	1,000,000	860	60950	273940
32	47.605	91.071	99.53	1	0	0	0	0
35	2.915	18.442	55.467	1	1,600,000	46640	295072	887472
					TOTAL	644258892.5	1138149294	1271142409

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Tabla 11.

Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Magallanes.

MAGALLANES								
TIPOLOGIA	INDICES DE PERDIDA (%)				PRECIO APROX. (Bs)	CUANTIFICACION DE PERDIDAS (Bs)		
	0.1g	0.3g	0.7g	CANTIDAD		0.1g	0.3g	0.7g
1	55.766	95.012	99.827	2	800,000	892256	1520192	1597232
	10.651	56.515	91.128	1	900,000	95859	508635	820152
3	0.039	10.259	56.962	8	700,000	2184	574504	3189872
	0.587	30.318	80.33	60	800,000	281760	14552640	38558400
	0.587	30.318	80.33	1	1,100,000	6457	333498	883630
4	47.605	91.071	99.53	4	790,000	1504318	2877843.6	3145148
	47.605	91.071	99.53	31	890,000	13134219.5	25126488.9	27460327
	47.605	91.071	99.53	7	1,200,000	3998820	7649964	8360520
5	37.313	84.059	98.563	1	1,200,000	447756	1008708	1182756
6	3.063	55.257	93.656	288	700,000	6175008	111398112	188810496
	16.365	82.341	98.839	5	770,000	630052.5	3170128.5	3805301.5
7	47.605	91.071	99.53	23	850,000	9306777.5	17804380.5	19458115
8	100	100	100	3	1,000,000	3000000	3000000	3000000
	22.022	76.638	97.343	11	1,100,000	2664662	9273198	11778503
	3.351	27.241	71.188	4	1,300,000	174252	1416532	3701776
9	99.997	100	100	4	1,100,000	4399868	4400000	4400000
	16.023	63.532	92.909	10	1,300,000	2082990	8259160	12078170
	2.915	18.442	55.467	2	1,500,000	87450	553260	1664010
10	14.752	58.342	89.994	1	1,500,000	221280	875130	1349910
	6.356	28.381	67.455	1	1,650,000	104874	468286.5	1113007.5
11	22.022	76.638	97.343	7	1,000,000	1541540	5364660	6814010
	3.351	27.241	71.188	1	1,300,000	43563	354133	925444
12	40.47	86.845	99.014	1	1,050,000	424935	911872.5	1039647
	16.023	63.532	92.909	1	1,300,000	208299	825916	1207817
	2.915	18.442	55.467	1	1,525,000	44453.75	281240.5	845871.75
17	10.651	56.515	91.128	3	0	0	0	0
18	40.47	86.845	99.014	1	0	0	0	0
19	44.011	90.819	99.505	1	0	0	0	0
21	0.039	10.259	56.962	1	0	0	0	0
	0.587	30.318	80.33	1	0	0	0	0
22	47.605	91.071	99.53	1	0	0	0	0
23	3.063	55.257	93.656	1	0	0	0	0
24	2.599	23.558	66.788	1	0	0	0	0
25	62.854	96.17	99.887	1	0	0	0	0
	2.949	18.476	55.748	1	0	0	0	0
27	44.011	90.819	99.505	2	0	0	0	0
33	0.636	13.294	49.168	1	0	0	0	0
35	2.915	18.442	55.467	1	1,600,000	46640	295072	887472
TOTAL						51520274.25	222803555	348077587.8

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Tabla 12.

Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Ciudadela Valency.

CIUDADELA VALENCY								
TIPOLOGIA	INDICE DE PERDIDA (%)				PRECIO APROX. (Bs)	CUANTIFICACION DE PERDIDAS (Bs)		
	0.1g	0.3g	0.7g	CANTIDAD		0.1g	0.3g	0.7g
1	2.021	20.772	62.731	5	800,000	80840	830880	2509240
3	0.587	30.318	80.33	133	1,100,000	858781	44355234	117522790
6	3.063	55.257	93.656	6	700,000	128646	2320794	3933552
	16.365	82.341	98.839	1	800,000	130920	658728	790712
8	3.351	27.241	71.188	1	1,300,000	43563	354133	925444
11	3.351	27.241	71.188	1	1,300,000	43563	354133	925444
12	2.915	18.442	55.467	1	1,525,000	44453.75	281240.5	845871.75
27	2.599	23.558	66.788	4	0	0	0	0
TOTAL						1330766.75	49155142.5	127453053.8

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Tabla 13.

Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Urb. Los Harales.

LOS HARALES								
TIPOLOGIA	INDICE DE PERDIDA (%)				PRECIO APROX. (Bs)	CUANTIFICACION DE PERDIDAS (Bs)		
	0.1g	0.3g	0.7g	CANTIDAD		0.1g	0.3g	0.7g
3	0.039	10.259	56.962	10	700,000	2730	718130	3987340
	0.587	30.318	80.33	7	800,000	32872	1697808	4498480
	0.587	30.318	80.33	6	1,100,000	38742	2000988	5301780
4	47.605	91.071	99.53	3	790,000	1128238.5	2158382.7	2358861
	47.605	91.071	99.53	7	890,000	2965791.5	5673723.3	6200719
	47.605	91.071	99.53	3	1,200,000	1713780	3278556	3583080
5	37.313	84.059	98.563	1	1,200,000	447756	1008708	1182756
6	3.063	55.257	93.656	99	700,000	2122659	38293101	64903608
7	47.605	91.071	99.53	8	850,000	3237140	6192828	6768040
8	100	100	100	4	1,000,000	4000000	4000000	4000000
	22.022	76.638	97.343	3	1,100,000	726726	2529054	3212319
	3.351	27.241	71.188	2	1,300,000	87126	708266	1850888
9	99.997	100	100	1	1,100,000	1099967	1100000	1100000
	16.023	63.532	92.909	7	1,300,000	1458093	5781412	8454719
12	16.023	63.532	92.909	1	1,300,000	208299	825916	1207817
17	10.651	56.515	91.128	2	0	0	0	0
21	0.039	10.259	56.962	5	0	0	0	0
22	47.605	91.071	99.53	1	0	0	0	0
23	3.063	55.257	93.656	1	0	0	0	0
24	14.954	66.216	94.609	2	0	0	0	0
27	44.011	90.819	99.505	1	0	0	0	0
TOTAL						19269920	75966873	118610407

Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Fase F. Elaboración de Mapas Representativos de los Daños Estimados en el Municipio

En esta última fase fueron creados los mapas de vulnerabilidad sísmica de cada sector estudiado, representando de una manera grafica la distribución de daños sufridos por cada intensidad de sismo.

Los planos se muestran en una serie de tres fases, cada una representada por su aceleración horizontal de sismo correspondiente, empleando para la representación grafica el plano perteneciente al Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL) del Municipio San Diego.

Cada una de las tres fases de la serie posee una cantidad de 5 planos, que permiten así, graficar las 6 Urbanizaciones que abarca la zona en estudio, divididos de la siguiente manera, las Urb. El Morro II en plano (01), las Urbanizaciones Magallanes y Ciudadela Valencey en plano (02), la Urb. Los Harales en plano (03), la Urb. Zona Industrial Terrazas de Castillito en plano (04) y por último la Urb. Zona Industrial San Diego en plano (05), para de esta manera poder apreciar el incremento de la vulnerabilidad a medida que aumenta la intensidad del sismo, como se muestra a continuación.



Figura 42. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.1$, Sector 1: Urb. El Morro II.

Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



Figura 43. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.1$, Sector 2: Magallanes y Ciudadela Valency.

Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



Figura 44. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.1$, Sector 3: Urb. Los Harales. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

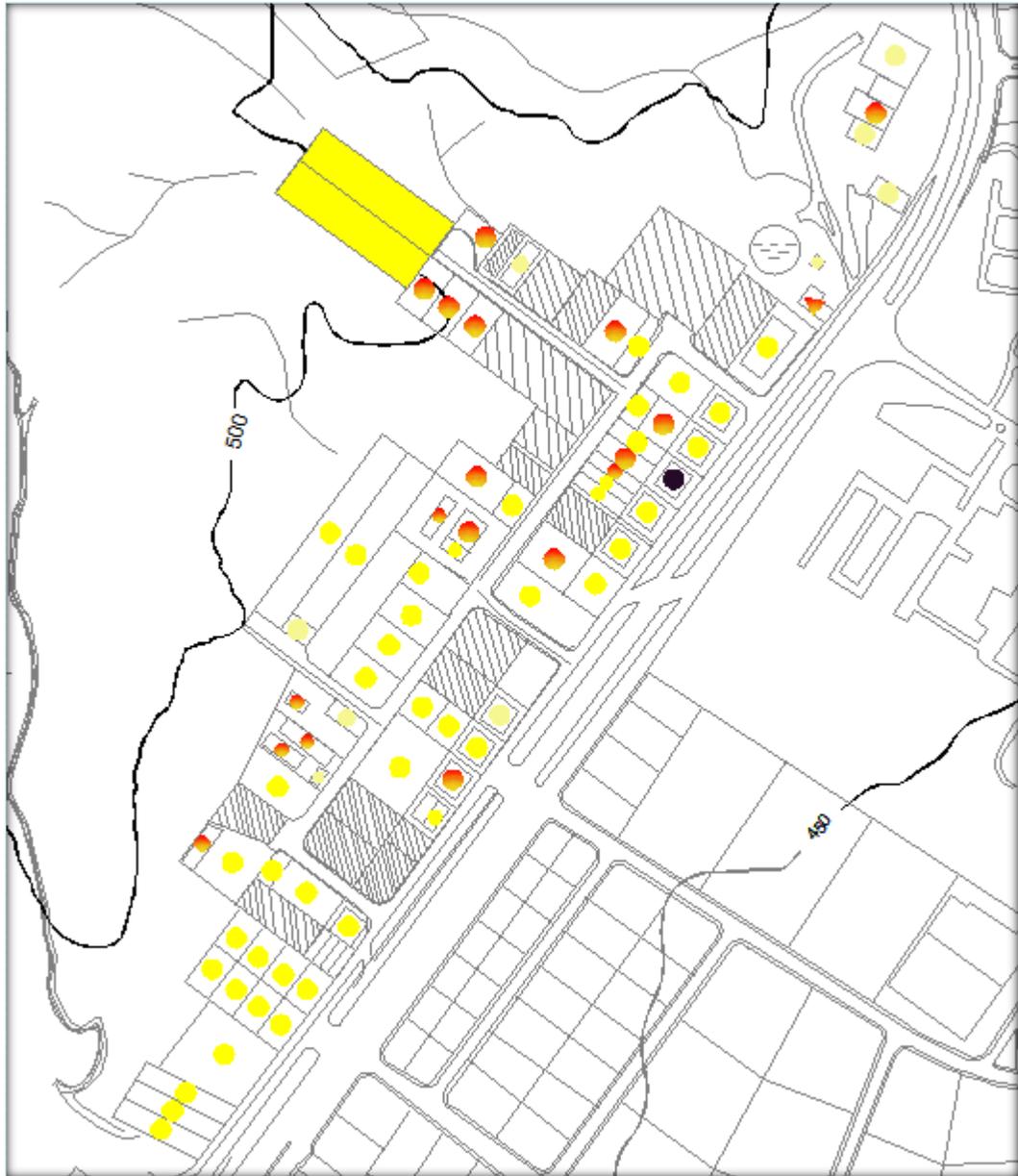


Figura 45. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.1$, Sector 1: Urb. Industrial Terrazas de Castillito. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

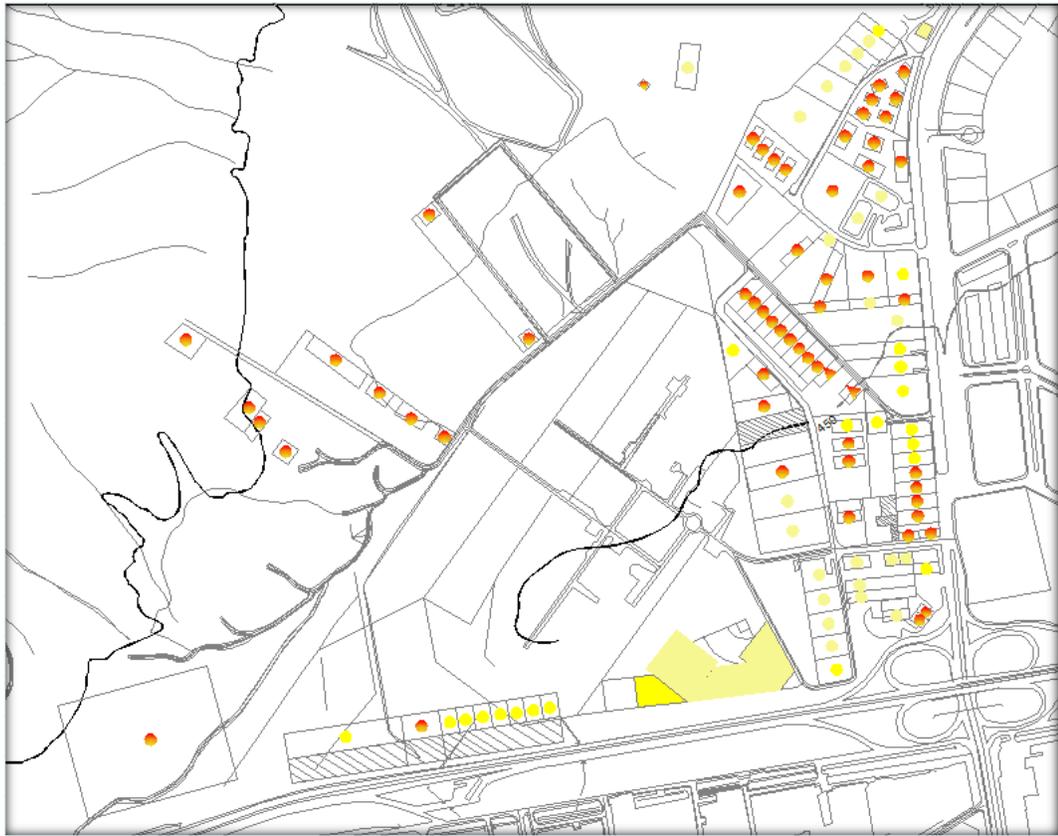


Figura 46. **Mapa de Estimación de Daños con $A_o=0.1$, Sector 1: Urb. Industrial San Diego.** *Nota.* Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



Figura 47. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.3$, Sector 1: Urb. El Morro II.
 Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

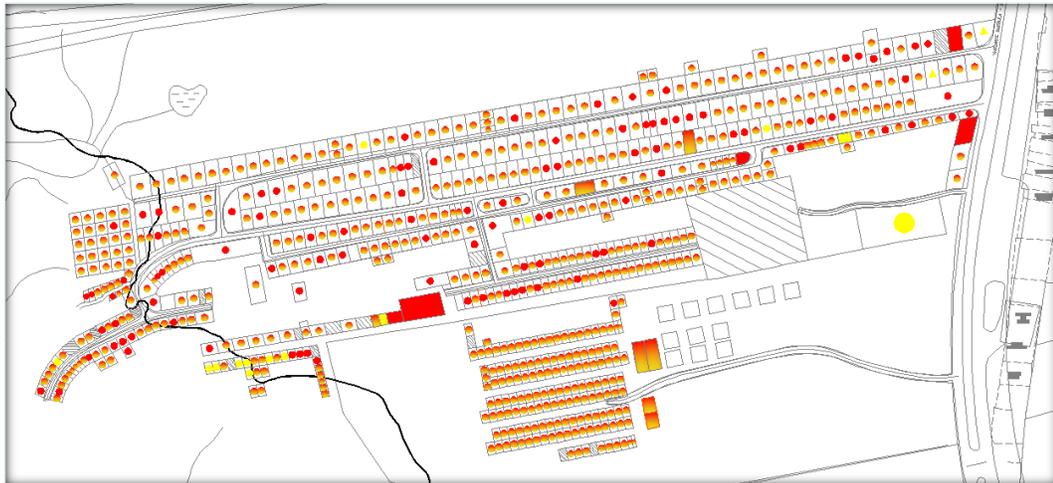


Figura 48. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.3$, Sector 2: Magallanes y Ciudadela Valency.
 Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



Figura 49. Mapa de Estimación de Daños con $A_o=0.3$, Sector 3: Urb. Los Harales. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



Figura 50. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.3$, Sector 4: Urb. Industrial Terrazas de Castillito. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

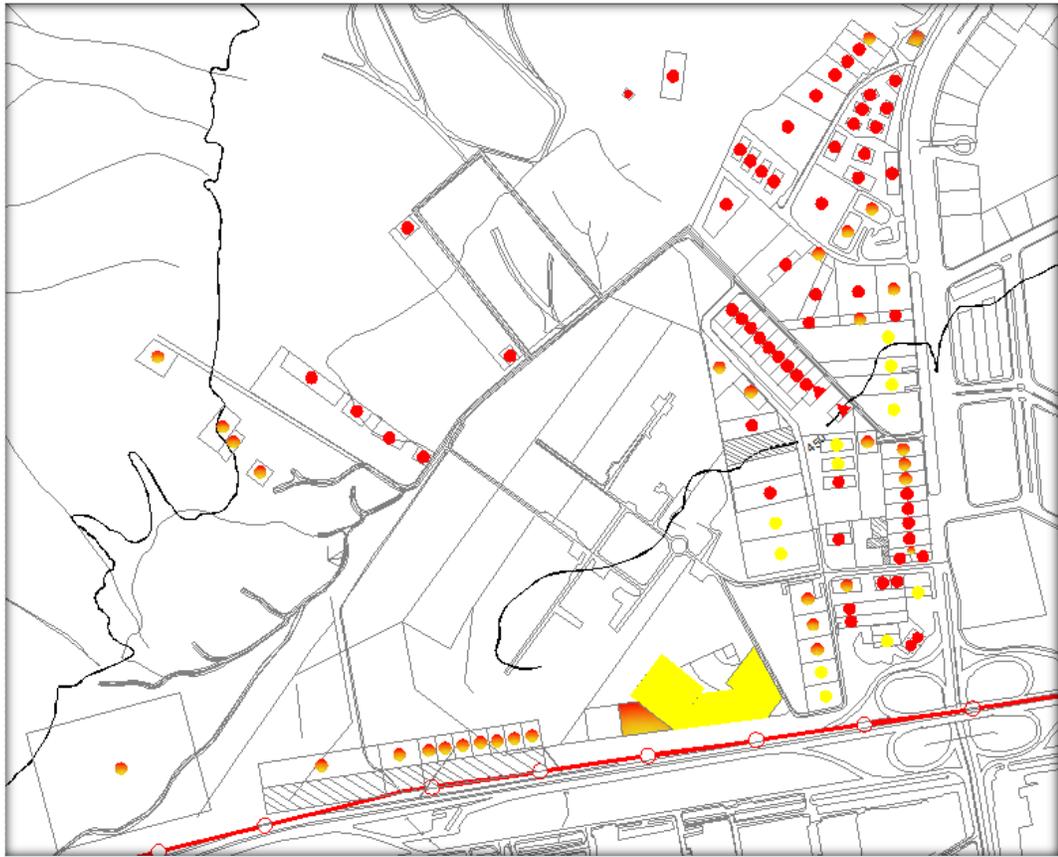


Figura 51. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.3$, Sector 5: Urb. Industrial San Diego. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

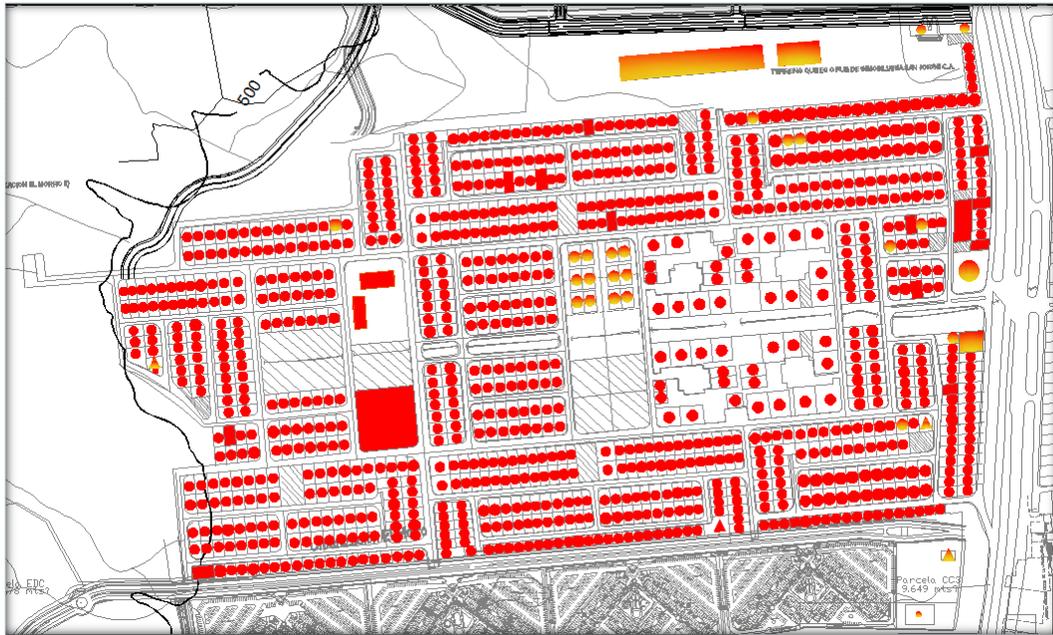


Figura 52. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.7$, Sector 1: Urb. El Morro II.
 Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



Figura 53. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.7$, Sector 2: Magallanes y Ciudadela Valency.
 Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



Figura 54. Mapa de Estimación de Daños con $A_o=0.7$, Sector 3: Urb. Los Harales. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

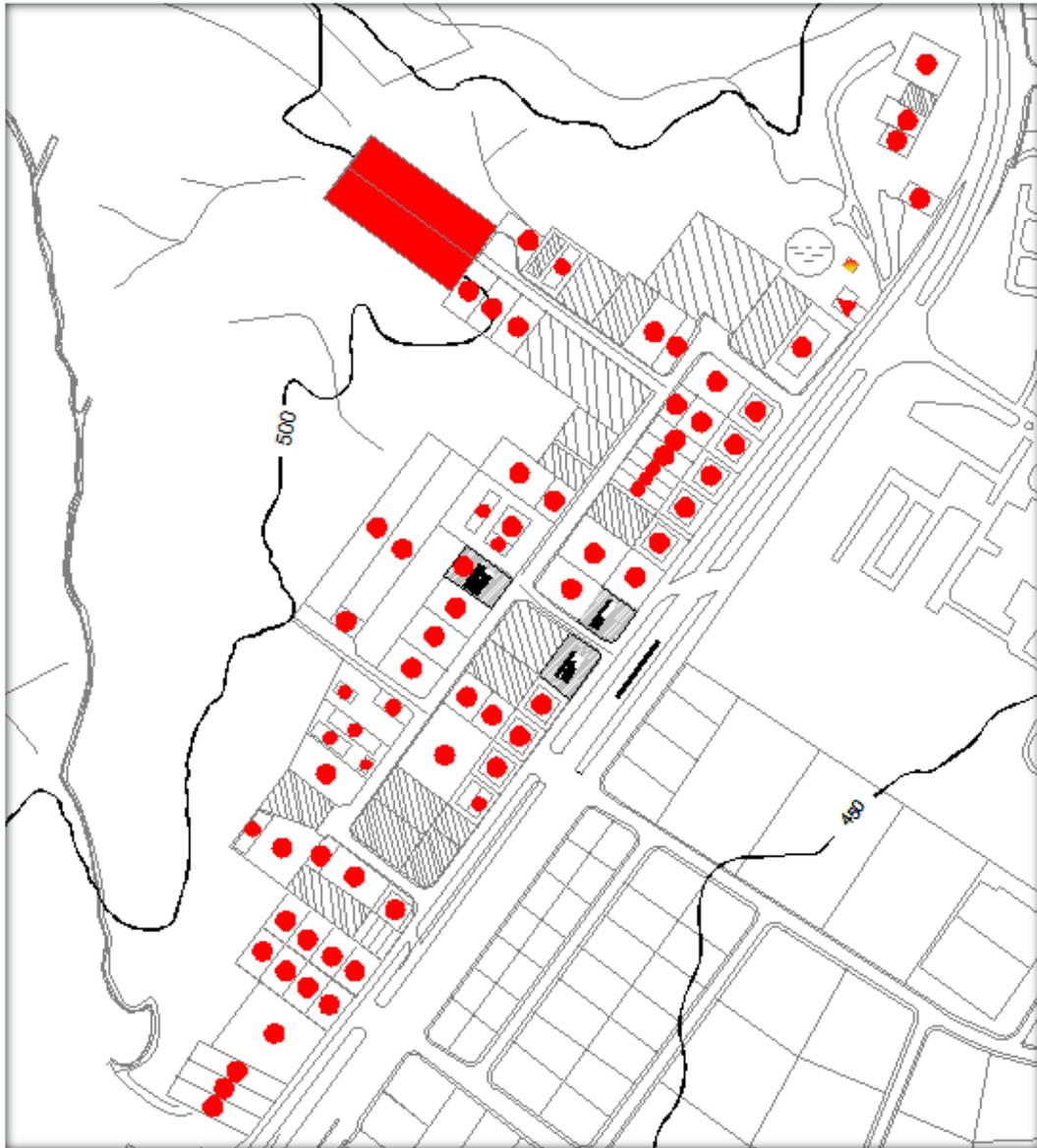


Figura 55. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.7$, Sector 4: Urb. Industrial Terrazas de Castillito. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



Figura 56. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.7$, Sector 1: Urb. Industrial San Diego. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Al realizar la inspección a las edificaciones existentes en la zona se pudieron clasificar en 36 tipologías estructurales distintas, construidas bajo las últimas cuatro (4) normas venezolanas lo que suma un número importante de diversidad en tipologías estructurales, encontrándose un grupo de edificaciones como es el caso de los edificios de la Ciudadela Valencey que no pudieron ser clasificados ni estudiados debido a su metodología constructiva.

Se noto una evolución en el comportamiento sismorresistente de las edificaciones cualquiera sea su índole, proporcional a la edad de construcción de las mismas, lo que demuestra la adaptación de las estructuras a la evolución de la normativa vigente para su año de construcción.

En la referida zona en estudio, al evaluar las diferentes intensidades sísmicas se encontró que para una aceleración horizontal constante del suelo simulando el sismo de 0.1g el 36% de las edificaciones sufren un daño leve, el 6% un daño moderado, el 57% un daño severo y un 1% un daño completo, lo cual puede traducirse como niveles aceptables para un conjunto de estructuras evaluadas que en su mayoría sobrepasan los 25 años, lo que evidencia que la mayoría de las edificaciones se encuentran en un rango aceptable con respecto a los requerimientos de la norma hoy en día.

Para aceleraciones de sismos más contundentes como 0.3g y 0.7g, la zona en estudio es bastante vulnerable ya que para 0.3g existe un 58% de estructuras que sufren un daño completo y para 0.7g un 96% de estructuras que sufren el mismo daño.

Recomendaciones

Incluir o ampliar el software en cuanto a la información basada en la configuración estructural de las edificaciones, como por ejemplo la distribución de la mampostería para diferentes alturas, la luz libre de entrepiso o una porción de ella, conjuntamente con la mejora en la elección de las derivas de cálculo a fin de ampliar su versatilidad, de esta manera podrían obtenerse resultados aun más precisos de los índices de pérdidas.

Dar continuidad a esta investigación relacionada con estructuras de hasta cuatro (4) niveles y adicionalmente incluir en el estudio edificaciones de mayor altura así como edificaciones con sistemas constructivos distintos a los tradicionales.

Tomar como base este tipo de investigaciones para mejorar cada día las capacidades sismorresistentes de las edificaciones a construir y de esta manera disminuir la vulnerabilidad sísmica en todo el territorio nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COVENIN (2001). Edificaciones Sismorresistentes. Norma COVENIN 1756:01. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN, FONDONORMA y FUNVISIS. Caracas, Venezuela.

COVENIN (1987). Edificaciones Antisísmicas. Norma COVENIN 1756:87. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN, FONDONORMA y FUNVISIS. Caracas, Venezuela.

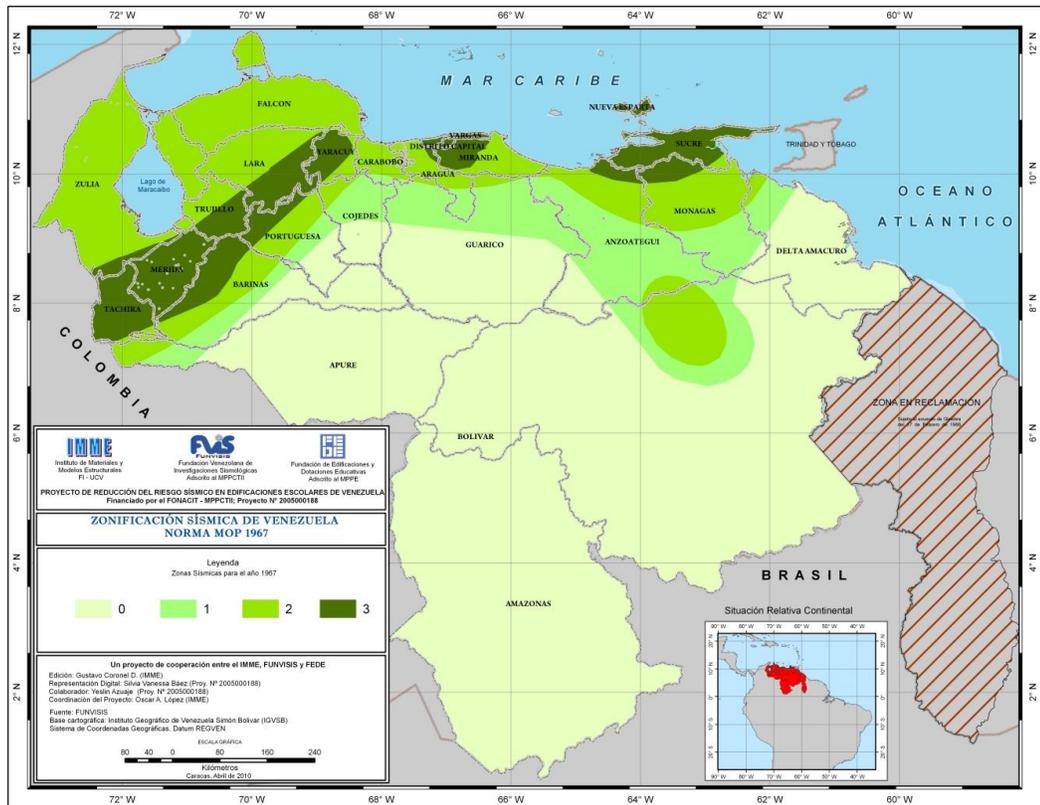
FUNVISIS (2002). *La Investigación Sismológica en Venezuela*. Caracas, Venezuela.

TOVAR GUSTAVO, SÁNCHEZ LÁZARO (2011). *Determinación de daños probables en una edificación escolar bajo la acción de un sismo usando la metodología de curvas de fragilidad*. Trabajo de grado, Universidad de Carabobo, Carabobo.

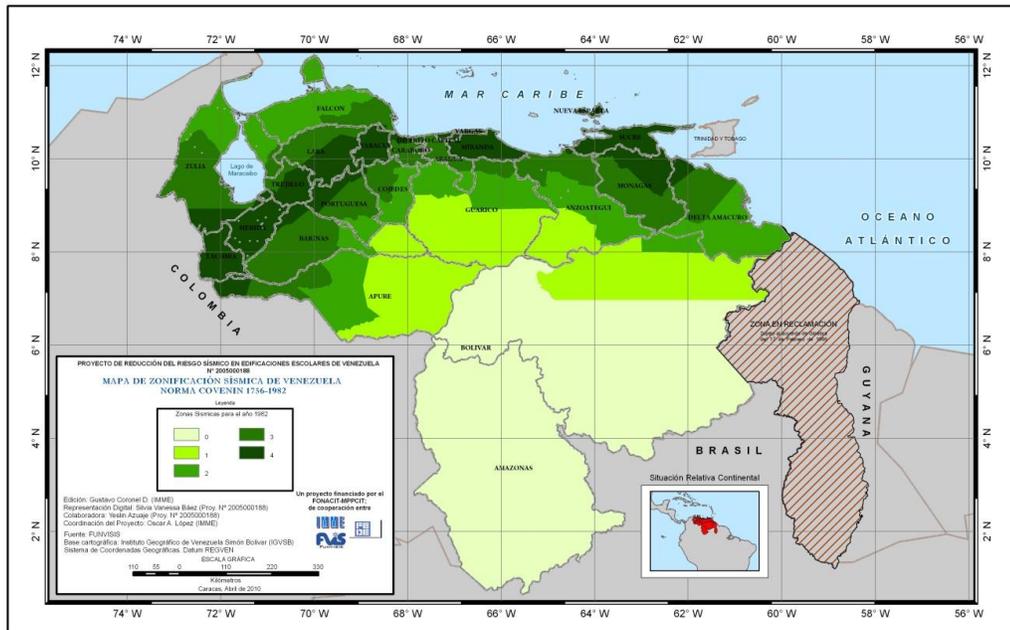
ROJAS ROMME (2010). Curvas de fragilidad sísmica para edificios aporticados de concreto reforzado de poca altura. Trabajo de grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

CORONEL GUSTAVO, LÓPEZ OSCAR. (2010). *Curvas de Fragilidad Sísmica para Edificios Escolares de Venezuela*. Boletín Técnico del IMME (a ser publicado).

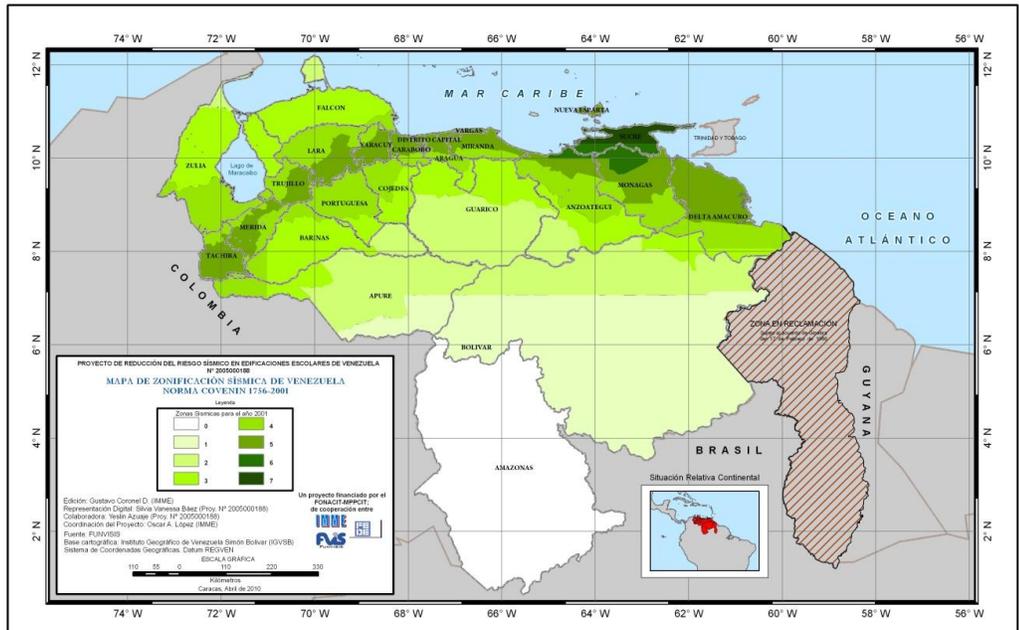
ANEXOS



A-1. Mapa de Zonificación Sísmica de 1967. Nota. Datos tomados de FUNVISIS.



A-2. Mapa de Zonificación Sísmica de 1982. Nota. Datos tomados de FUNVISIS.



A-3. Mapa de Zonificación Sísmica de 2001. Nota. Datos tomados de FUNVISIS.

Fecha	N°	Profundidad (m)	Coordenadas		Referencia	N° de capas	Vs30 Campos	Vs30 Imai & Yoshimura	Vs30 Ohta & Goto	Vs30 Hahp
			Este	Norte						
-abr-06	1	14	614.918	1.134.957	Sector La Cumaca	6	299.25	237.65	233.73	190.88
-abr-06	2	14	614.902	1.134.934	Sector La Cumaca	6	310.53	246.44	253.09	203.40
-abr-06	3	14	614.792	1.134.905	Sector La Cumaca	5	311.54	245.83	259.70	204.61
-abr-06	4	12	614.852	1.134.892	Sector La Cumaca	5	301.54	239.41	249.63	193.33
-abr-06	5	12	614.912	1.134.970	Sector La Cumaca	5	296.65	235.55	255.15	190.53
-abr-06	6	12	614.809	1.134.951	Sector La Cumaca	5	308.71	243.91	255.00	202.59
-abr-06	7	12	614.850	1.134.927	Sector La Cumaca	6	301.05	238.70	256.57	194.76
-abr-06	8	12	614.839	1.134.892	Sector La Cumaca	6	316.71	249.33	256.88	211.10
-abr-06	9	12	614.885	1.134.878	Sector La Cumaca	5	328.91	266.51	271.68	220.35
Mar-08	10	10	613.706	1.129.924	Complejo empresarial Los Arques	3	428.48	323.42	403.27	329.10
Mar-08	11	8	613.703	1.128.963	Complejo empresarial Los Arques	4	441.51	333.56	393.50	345.20
Ene-08	77	8	613.157	1.135.187	Terreno a la derecha del Distribuidor San Diego	5	283.53	226.40	257.87	179.13
Ago-07	78	8	613.252	1.135.957	Terreno a la derecha del Distribuidor San Diego	5	301.53	239.02	273.98	195.74
Jun-07	79	10	615.235	1.128.395	Estación San Diego. Tramo C-1	5	450.23	404.88	460.52	475.07
Jun-07	80	9	615.297	1.128.395	Estación San Diego. Tramo C-1	8	479.09	369.45	370.73	380.57
Jun-07	81	10	615.232	1.128.429	Estación San Diego. Tramo C-1	5	518.32	384.37	442.65	433.80
Jun-07	82	10	615.248	1.128.485	Estación San Diego. Tramo C-1	4	554.15	413.40	481.64	495.53
Jun-07	83	14	615.153	1.128.374	Estación San Diego. Tramo C-1	9	522.50	387.65	383.04	434.44
-abr-07	59	6	613.856	1.128.406	Residencias Laguna Club	3	411.78	314.01	380.80	308.95
-abr-07	70	6	613.842	1.128.481	Residencias Laguna Club	3	370.51	272.63	329.28	244.48
-abr-07	71	8	613.827	1.128.545	Residencias Laguna Club	3	407.45	311.14	375.52	304.95
-abr-07	72	8	613.809	1.128.521	Residencias Laguna Club	2	335.65	282.24	350.45	230.79
Feb-07	73	8	613.577	1.134.313	Urb. El Remanso	2	273.87	219.39	255.33	171.00
Feb-07	74	8	613.354	1.134.301	Urb. El Remanso	4	303.84	240.15	287.20	199.15
Feb-07	75	6	613.576	1.134.281	Urb. El Remanso	4	294.88	234.05	282.12	190.77
Ene-07	19	10	612.907	1.130.006	Cenda de San Diego. Urb. El Morro II	1	430.31	325.94	472.95	333.71
Ene-07	20	10	612.894	1.130.014	Cenda de San Diego. Urb. El Morro II	2	443.01	334.37	456.99	348.22
Ene-07	21	10	612.881	1.130.003	Cenda de San Diego. Urb. El Morro II	2	440.28	332.57	456.35	345.04
Ene-07	22	15	614.830	1.128.893	Zona ind. Castillo	3	394.19	281.98	346.80	258.40
Ene-07	23	15	614.900	1.128.887	Zona ind. Castillo	3	355.50	283.03	342.54	258.74
Ene-07	24	15	614.927	1.128.890	Zona ind. Castillo	3	345.72	259.28	342.05	240.00

A-4. Tabla de Velocidad de Ondas de Corte. Nota. Datos tomados de America Specht (2008).

Fecha	N°	Profundidad (m)	Coordenadas		Referencia	N° de capas	Vs30 Campos	Vs30 Imai & Yosimura	Vs30 Ohta & Goto	Vs30 Nehrp
			Este	Norte						
Abr-06	12	8	813.151	1.135.115	Urb. San Antonio	3	192.15	160.68	214.42	101.04
Abr-06	13	8	813.089	1.135.944	Urb. San Antonio	3	174.85	148.16	198.25	87.77
Abr-06	14	8	813.029	1.135.813	Urb. San Antonio	4	157.88	135.33	199.25	75.29
Abr-06	15	8	813.065	1.135.712	Urb. San Antonio	4	173.89	147.42	188.93	87.11
Jul-05	15	8	816.027	1.135.477	Res. Las Trinitarias Country Club	3	315.27	248.40	301.75	209.33
Jul-05	17	8	815.985	1.135.475	Res. Las Trinitarias Country Club	3	311.57	245.75	300.24	206.27
Jul-05	18	8	815.989	1.135.418	Res. Las Trinitarias Country Club	3	337.14	283.33	321.43	231.64
Abr-02	25	8	816.709	1.127.340	Ferrocarril Sector Bohio-San Diego	5	437.73	331.43	375.96	338.05
Abr-02	26	8	816.516	1.127.391	Ferrocarril Sector Bohio-San Diego	7	505.45	375.69	429.55	421.15
Abr-02	27	8	816.171	1.127.330	Ferrocarril Sector Bohio-San Diego	4	511.92	379.57	475.47	430.91
Abr-02	28	8	815.825	1.127.354	Ferrocarril Sector Bohio-San Diego	5	424.98	322.51	381.51	325.15
Abr-02	29	8	815.525	1.127.593	Ferrocarril Sector Bohio-San Diego	4	347.72	270.46	348.97	243.28
Abr-02	30	8	816.935	1.129.041	Ferrocarril Sector San Diego-Valencia	5	403.59	308.47	381.30	301.22
Abr-02	31	8	816.835	1.129.877	Ferrocarril Sector San Diego-Valencia	5	459.92	352.19	438.71	379.29
Abr-02	32	8	816.339	1.127.955	Ferrocarril Sector San Diego-Valencia	4	483.46	360.96	469.13	395.31
Abr-02	33	8	816.158	1.129.809	Ferrocarril Sector San Diego-Valencia	5	455.27	342.48	435.08	362.44
Oct-01	34	8	813.504	1.131.876	Urb. Sansur	6	271.31	217.51	247.65	168.55
Oct-01	35	8	813.55	1.131.915	Urb. Sansur	8	225.67	185.25	213.19	128.06
Oct-01	36	8	813.299	1.131.974	Urb. Sansur	5	257.30	207.88	249.37	155.15
Oct-01	37	8	813.448	1.131.977	Urb. Sansur	6	259.21	209.25	243.47	155.87
Jul-00	42	10	813.352	1.129.398	Urb. Paso Real	4	375.20	289.73	348.47	273.52
Jul-00	43	8	813.251	1.129.383	Urb. Paso Real	4	495.74	383.36	440.31	398.31
Abr-00	38	10	813.369	1.131.288	Res. Poblado de San Diego	5	350.73	279.46	313.51	255.85
Abr-00	39	8	813.307	1.131.433	Res. Poblado de San Diego	6	332.31	259.90	311.79	227.51

(Fuente: America Specht, Septiembre 2008)

Base de Datos (Continuación)

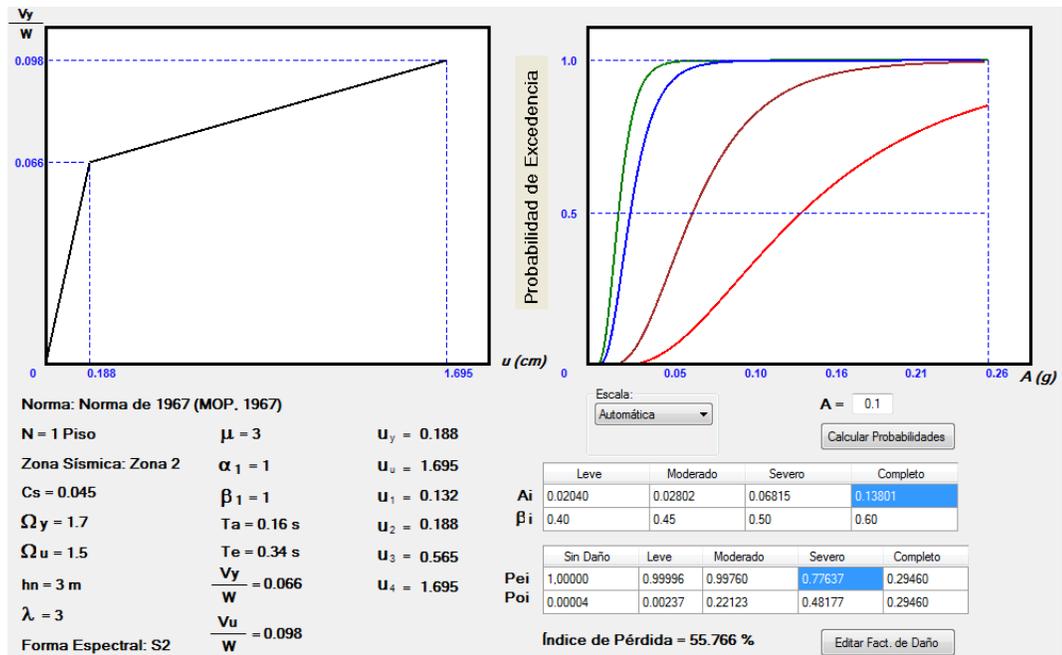
A-5. Tabla de Velocidad de Ondas de Corte. Nota. Datos tomados de America Specht (2008).

Fecha	N°	Profundidad (m)	Coordenadas		Referencia	N° de capas	Vs30 Campos	Vs30 Imai & Yosimura	Vs30 Ohta & Goto	Vs30 Nehrp
			Este	Norte						
Abr-00	40	10	813.462	1.131.545	Res. Poblado de San Diego	4	320.85	252.14	309.35	215.55
Abr-00	41	8	813.315	1.131.587	Res. Poblado de San Diego	5	393.48	301.60	357.18	290.80
Jul-98	44	8	814.950	1.128.993	Zona Ind. Castillo	3	485.82	363.20	451.01	400.16
Jul-98	45	8	814.680	1.128.975	Zona Ind. Castillo	2	378.17	291.07	393.89	275.65
Jul-98	46	8	814.690	1.128.958	Zona Ind. Castillo	2	293.50	233.16	319.99	189.16
Oct-97	51	15	813.489	1.133.985	Colegio Patria Bolivariana, Urb. Monteseirino	7	357.58	277.74	288.92	249.87
Oct-97	52	10	813.445	1.134.058	Colegio Patria Bolivariana, Urb. Monteseirino	5	353.21	274.51	306.14	245.89
Jul-97	48	8	812.751	1.131.514	Urb. La Esmeralda	4	437.12	330.81	383.57	339.06
Jul-97	49	8	812.755	1.131.655	Urb. La Esmeralda	7	451.84	340.54	370.34	355.16
Jul-97	50	8	812.603	1.131.589	Urb. La Esmeralda	4	436.42	330.30	391.59	338.52
Nov-93	59	8	813.659	1.133.845	Sector Yuma	5	353.54	274.62	319.80	248.10
Nov-93	60	8	813.621	1.133.894	Sector Yuma	5	340.05	265.30	305.91	234.87
Sep-92	53	15	813.624	1.127.730	Zona Ind. Castillo	7	372.67	287.53	299.71	268.57
Sep-92	54	10	813.627	1.127.701	Zona Ind. Castillo	8	359.00	284.87	279.72	233.28
Sep-92	55	15	813.620	1.127.670	Zona Ind. Castillo	5	363.08	281.37	306.72	256.05
Sep-92	56	8	813.627	1.127.701	Zona Ind. Castillo	5	350.98	259.03	305.01	225.08
Sep-88	57	8	813.497	1.128.718	Sector Los Arales	4	384.01	295.32	359.35	279.89
Sep-88	58	8	813.537	1.128.788	Sector Los Arales	4	395.34	303.14	373.08	290.54
Ene-80	61	15	814.953	1.128.298	Km 1+000 de II Etapa, arterial 02	4	331.08	250.18	305.35	219.47
Ene-80	62	20	814.95	1.128.252	Km 1+000 de II Etapa, arterial 02	3	398.59	305.20	362.89	295.34
Ene-80	63	20	814.928	1.128.295	Km 1+000 de II Etapa, arterial 02	4	395.65	305.68	331.97	282.12
Ene-80	64	20	814.959	1.128.302	Km 1+000 de II Etapa, arterial 02	4	407.41	312.75	349.91	294.00
Jul-77	65	25	813.677	1.136.188	Distribuidor San Diego, Autopista Guacara-Barbula	5	426.02	324.53	320.71	320.70
Jul-77	66	25	813.688	1.136.151	Distribuidor San Diego, Autopista Guacara-Barbula	13	345.67	259.65	227.18	237.44
Jul-77	67	25	813.705	1.136.191	Distribuidor San Diego, Autopista Guacara-Barbula	9	355.68	284.80	262.28	248.63
Jul-77	68	25	813.713	1.136.157	Distribuidor San Diego, Autopista Guacara-Barbula	14	421.13	320.48	270.05	318.59

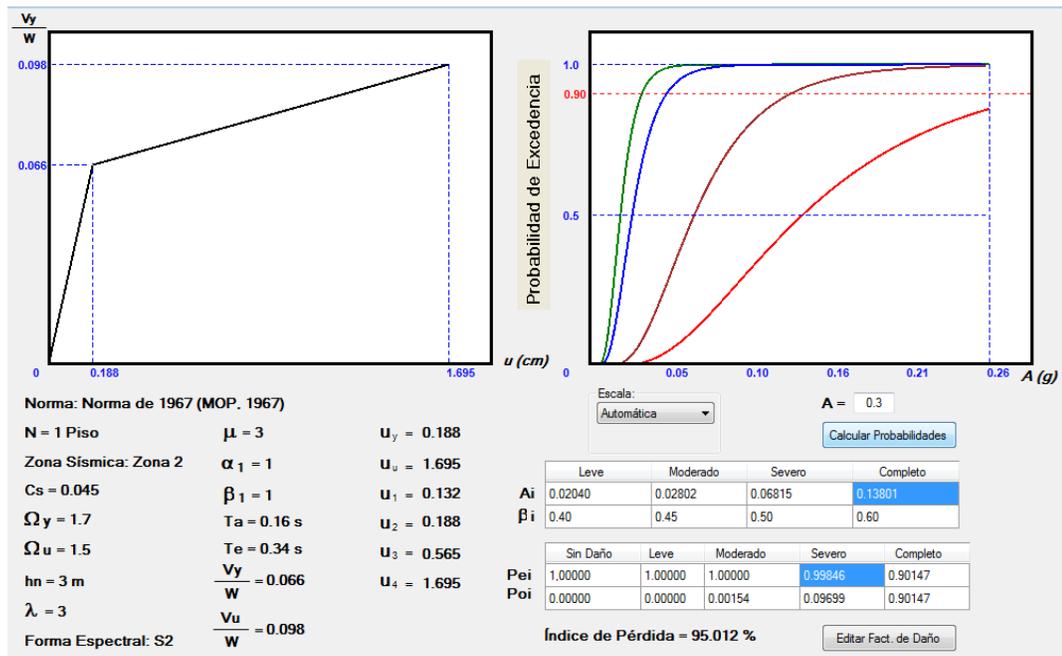
(Fuente: America Specht, Septiembre 2008)

Base de Datos (Continuación)

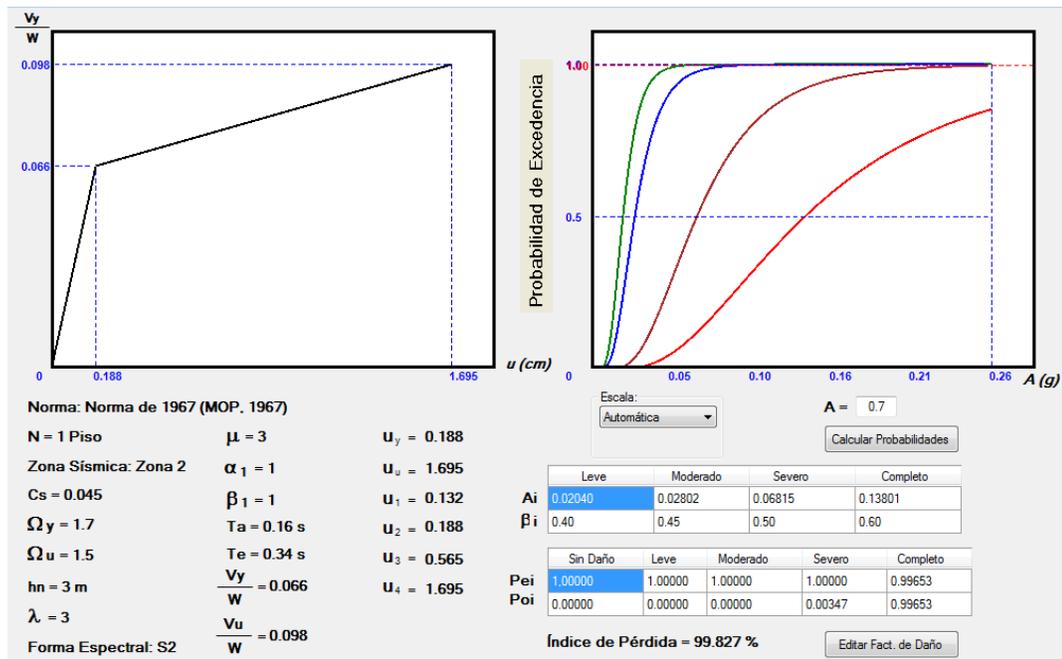
A-6. Tabla de Velocidad de Ondas de Corte. Nota. Datos tomados de America Specht (2008).



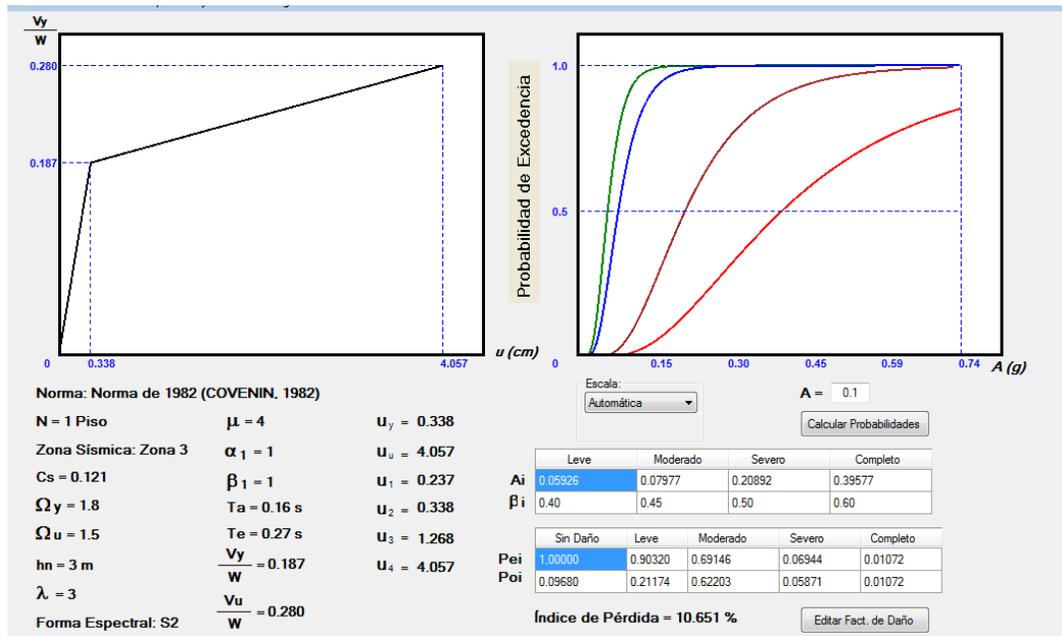
A-7. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 1 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



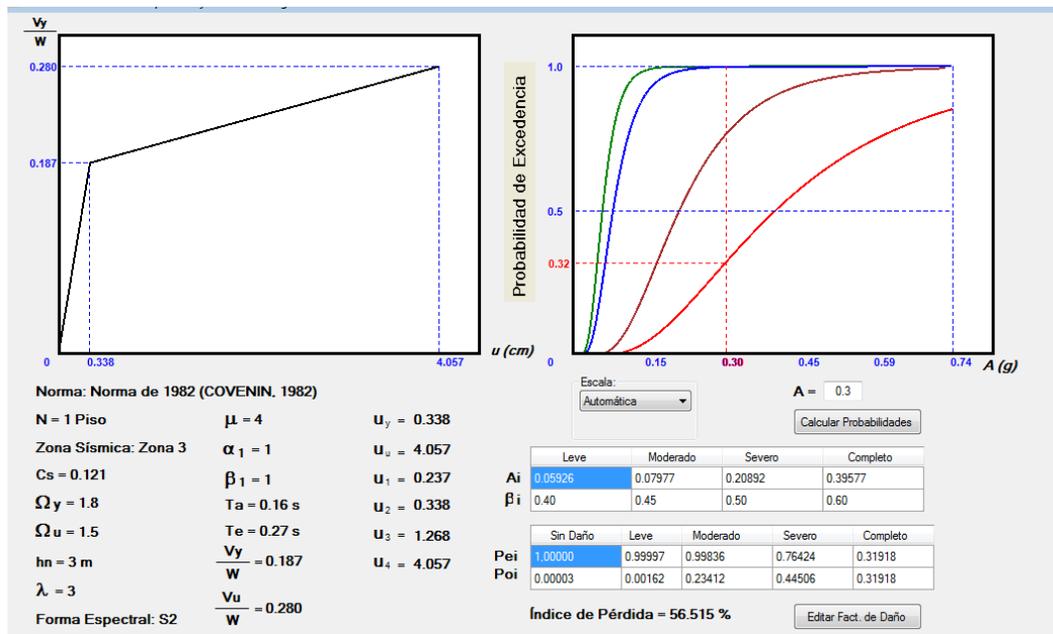
A-8. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 1 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



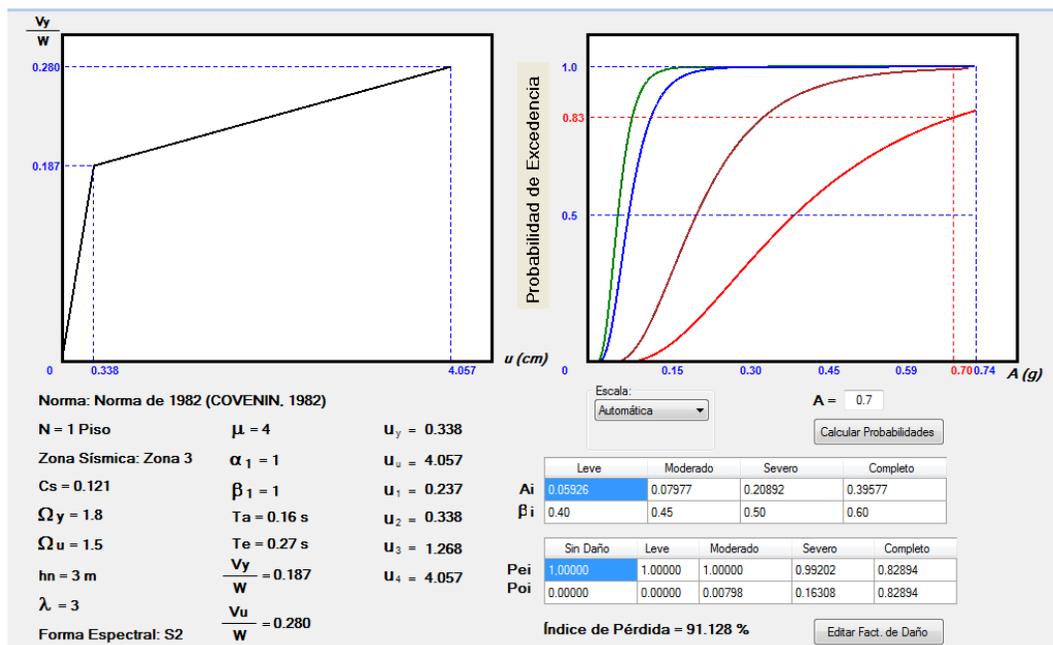
A-9. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 1 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



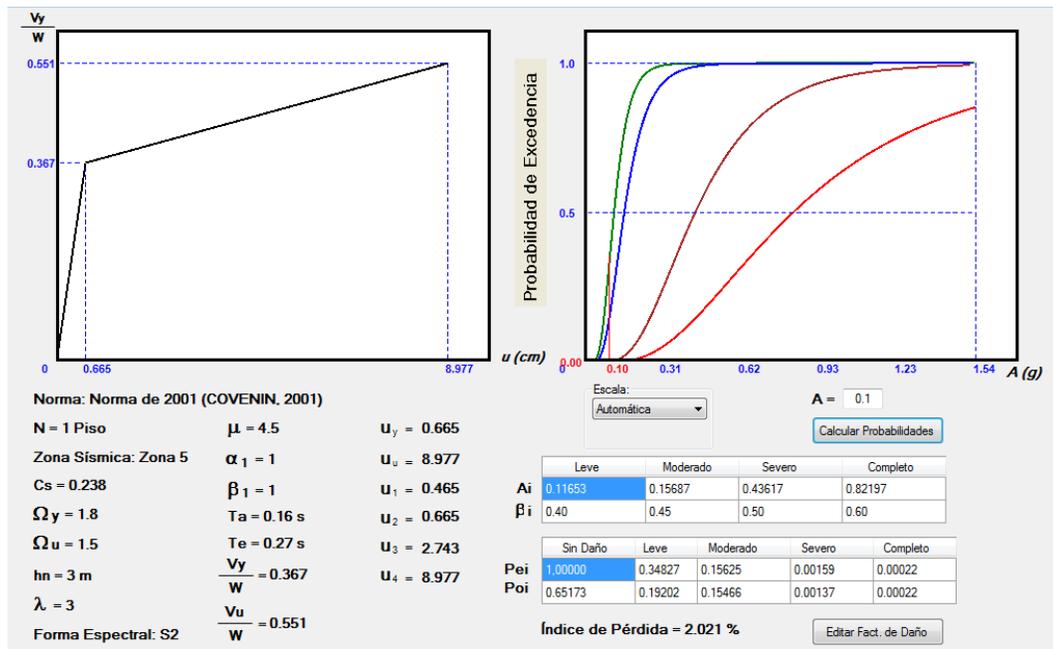
A-10. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 1 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



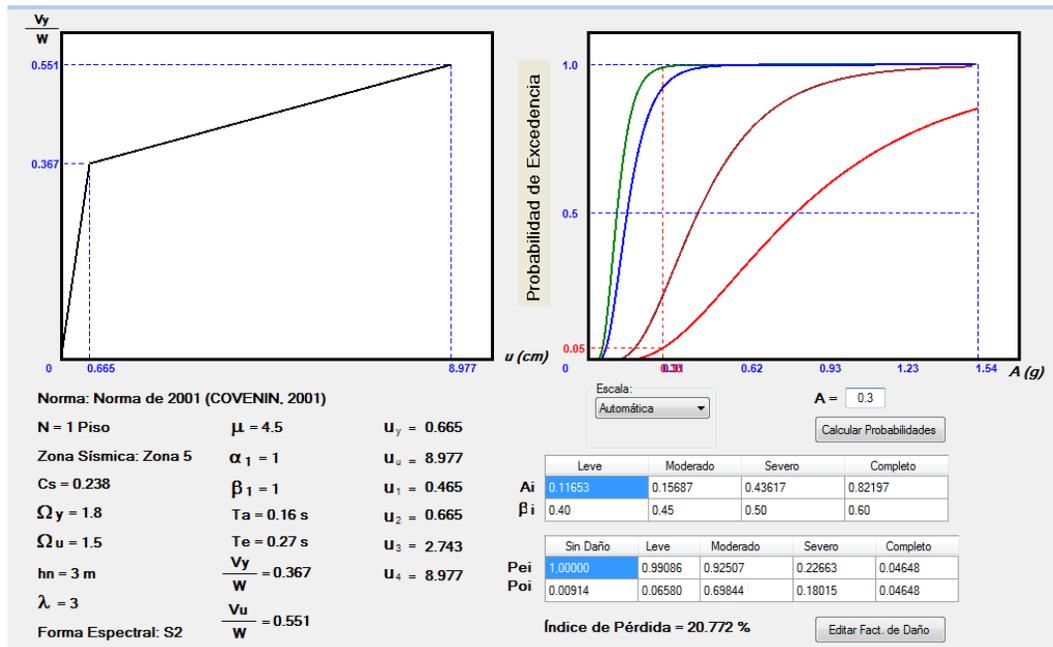
A-11. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 1 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



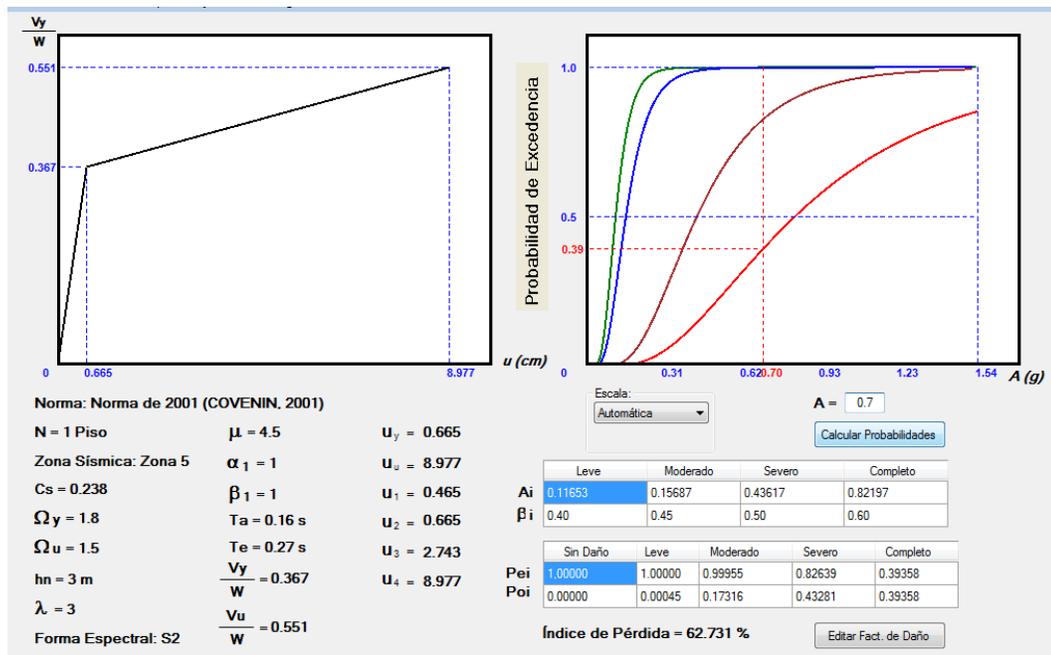
A-12. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 1 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



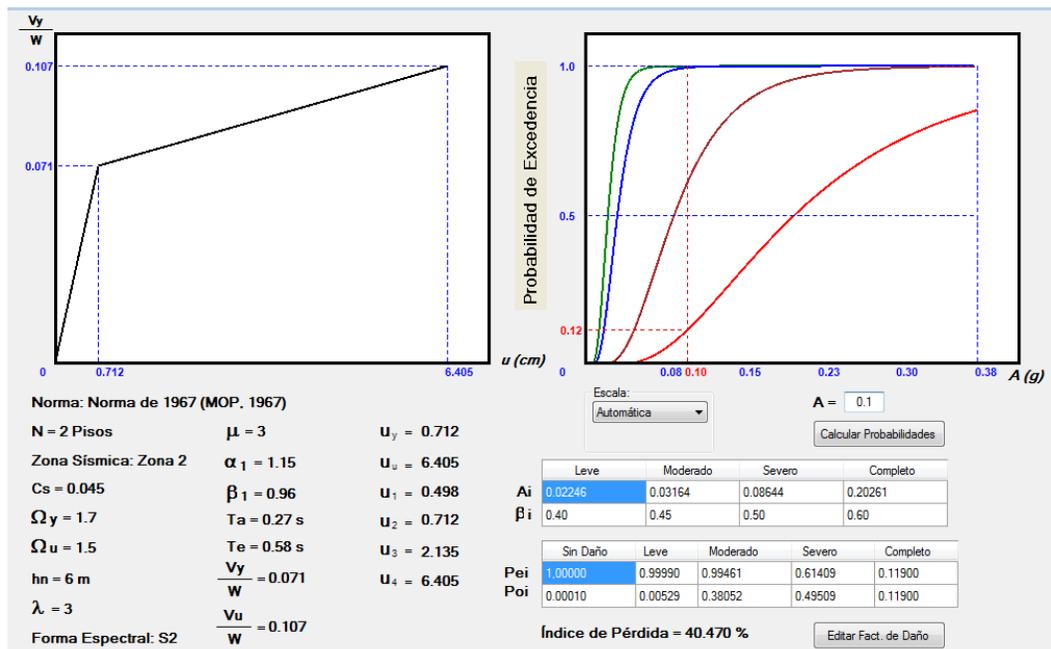
A-13. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 1 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



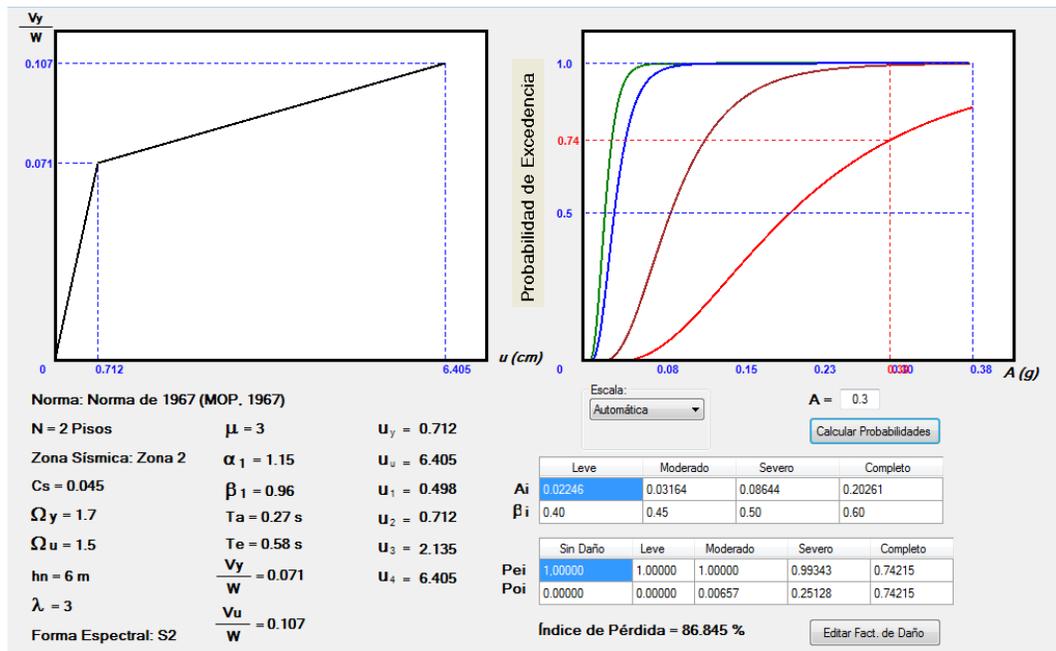
A-14. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 1 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



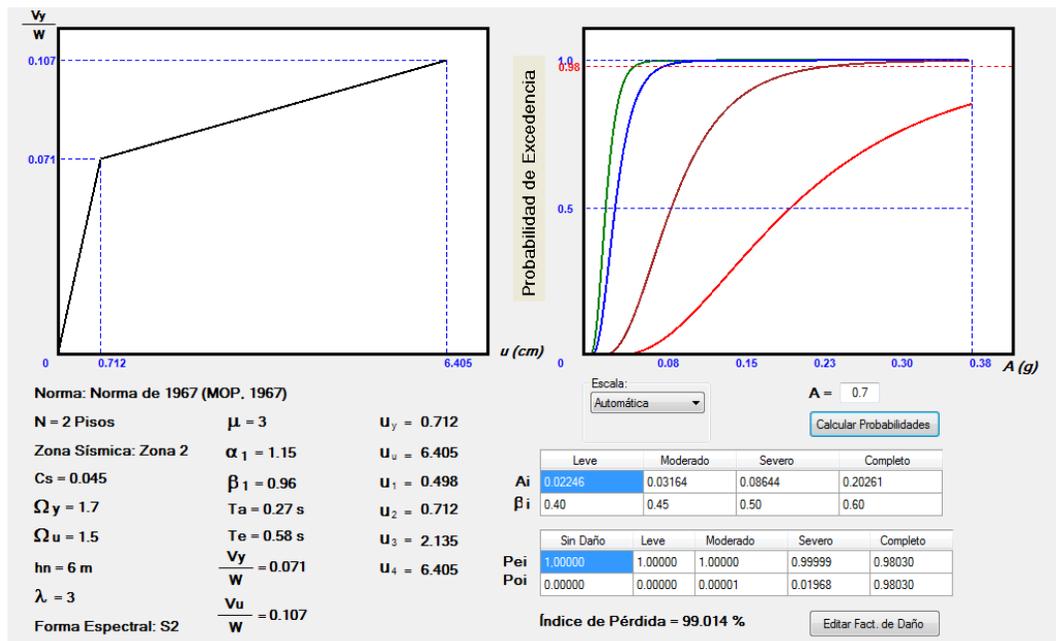
A-15. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 1 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



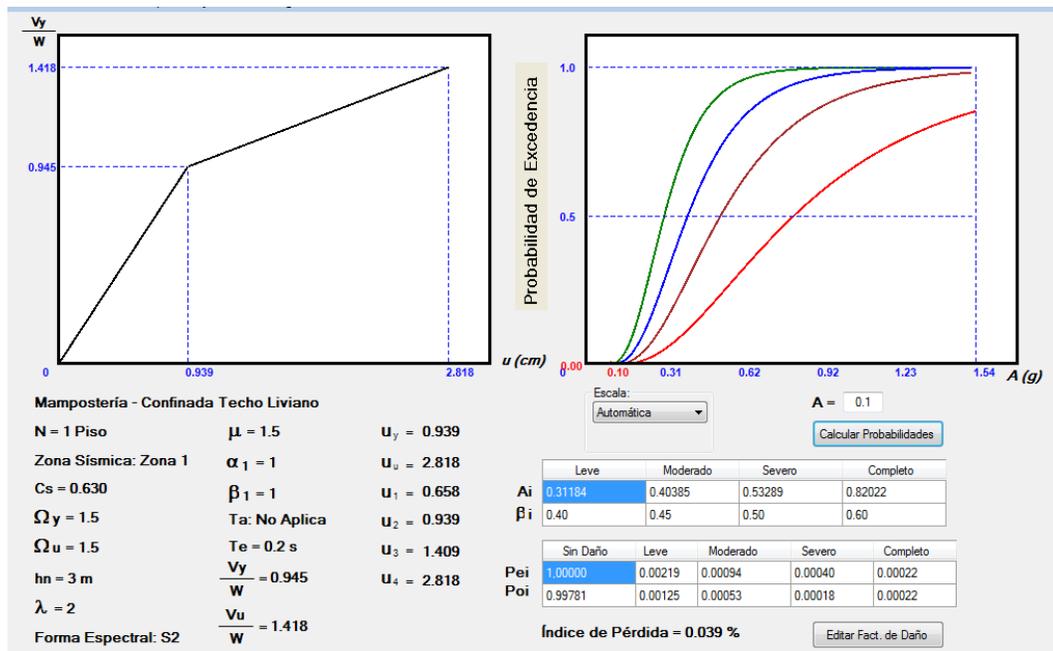
A-16. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 2 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



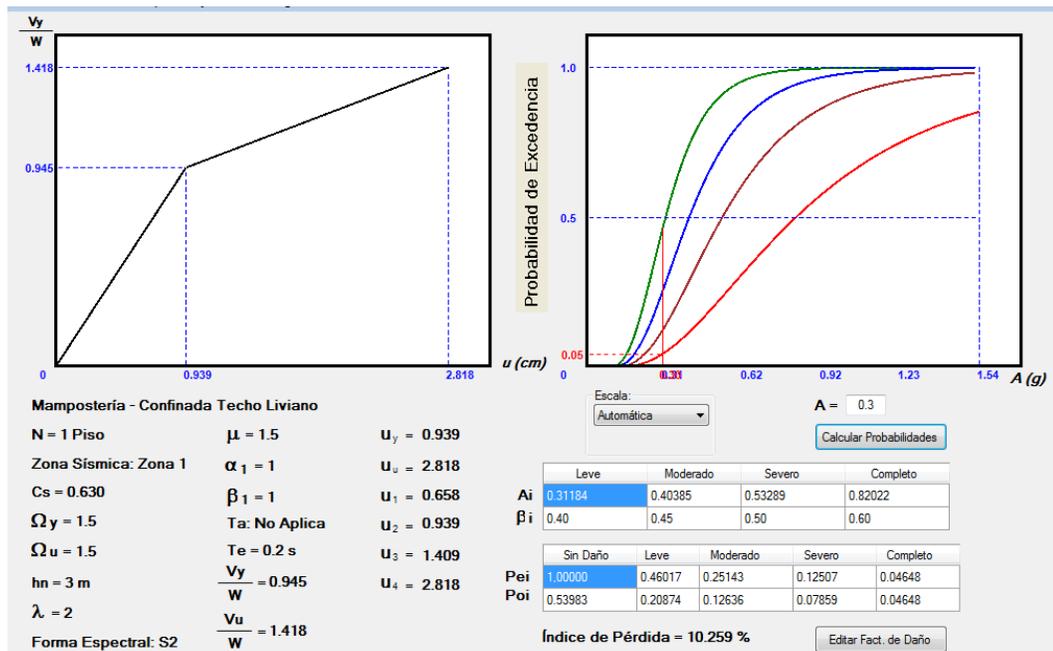
A-17. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 2 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



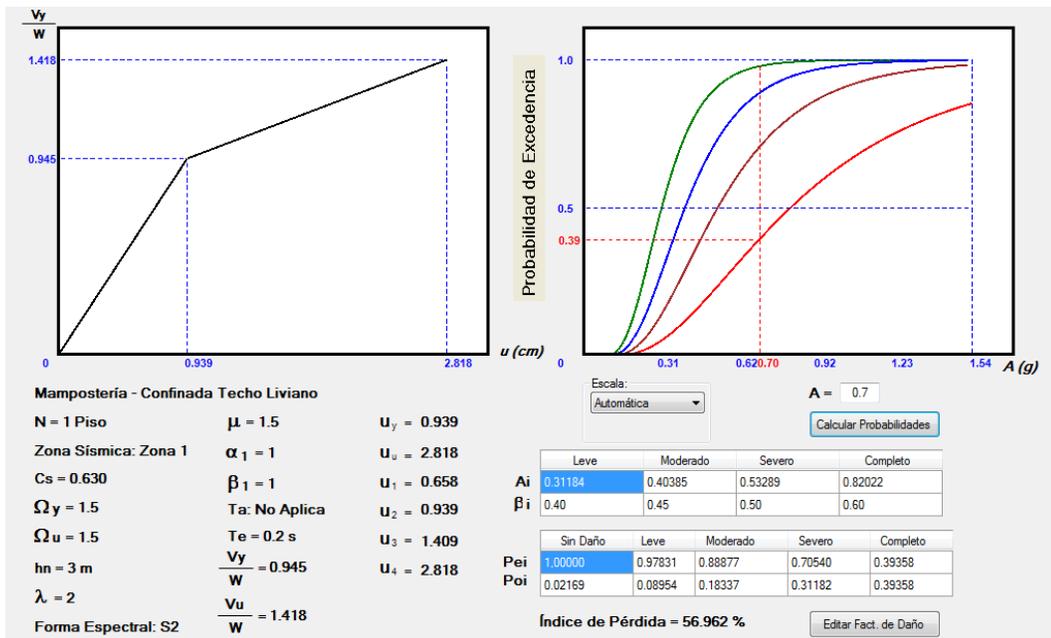
A-18. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 2 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



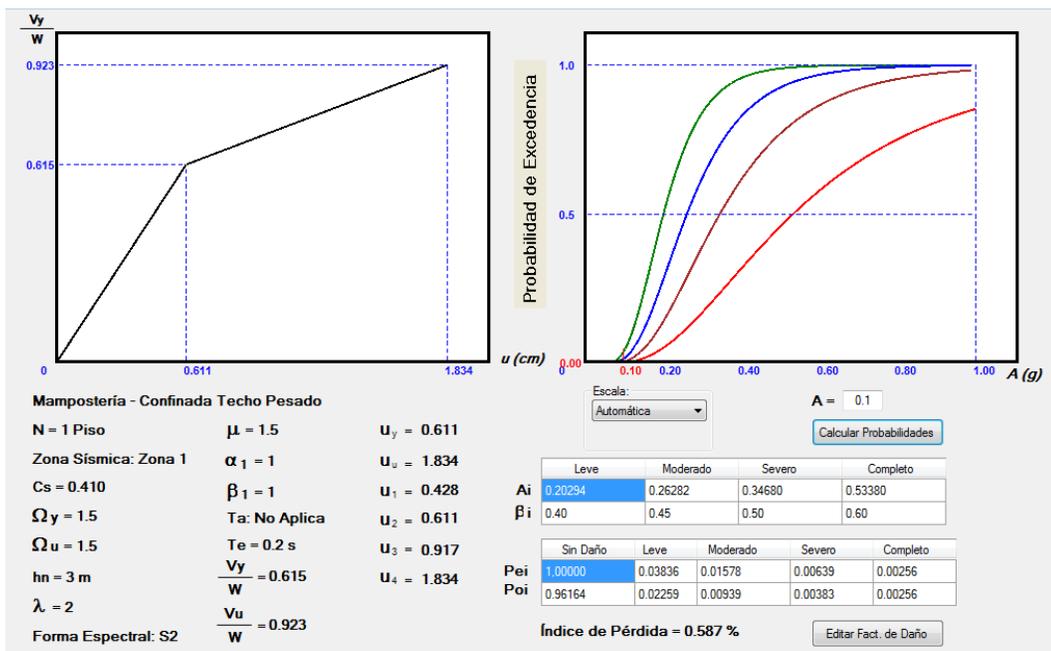
A-19. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 3 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



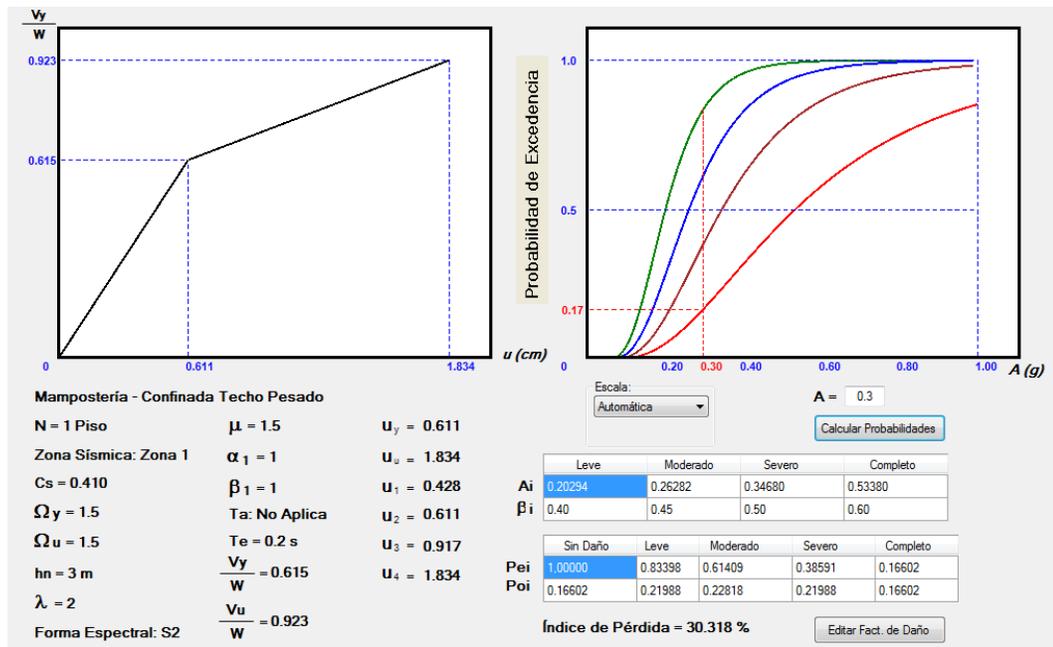
A-20. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 3 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



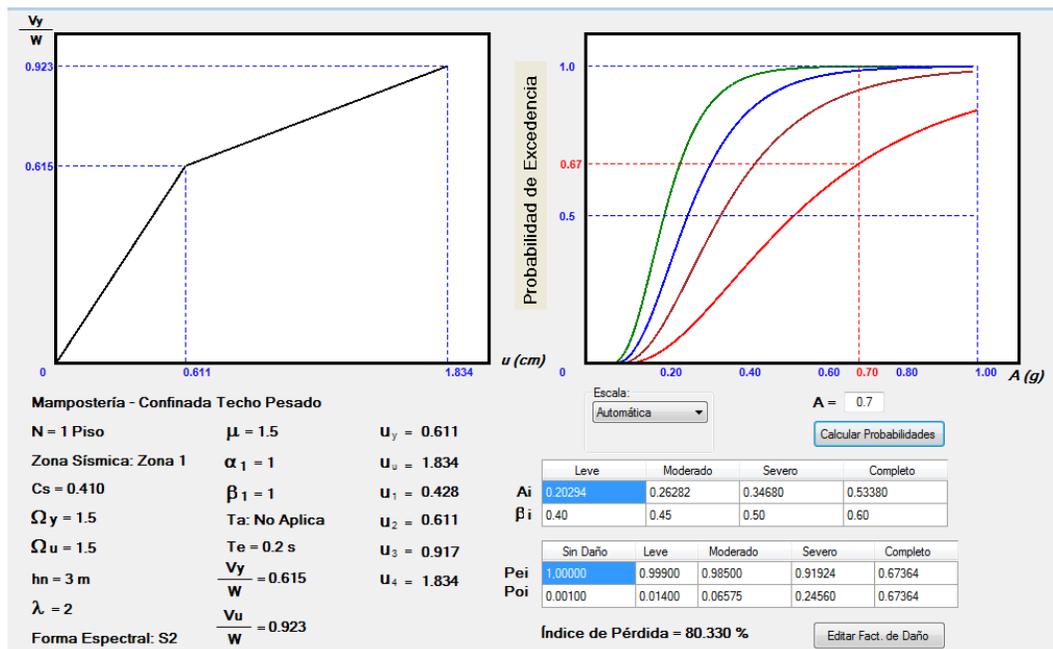
A-21. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 3 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



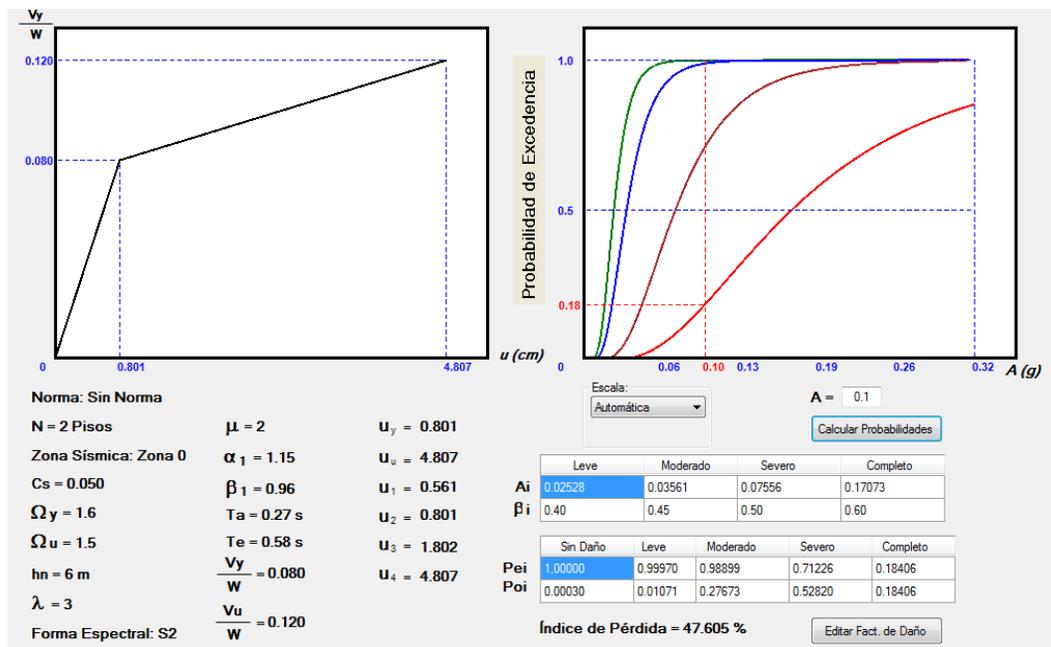
A-22. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 3 (1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



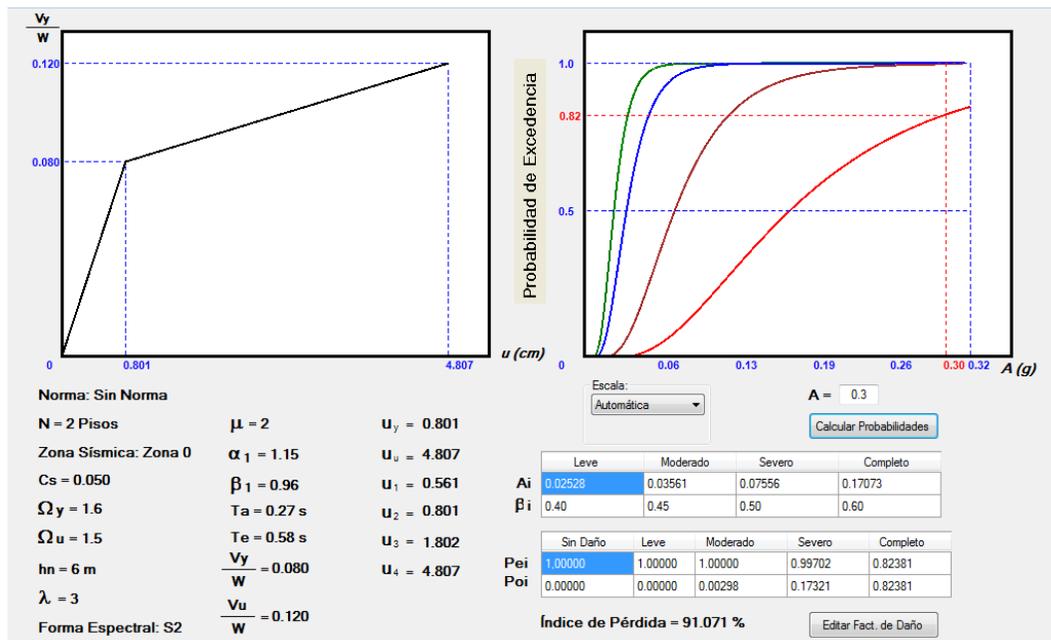
A-23. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 3 (1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



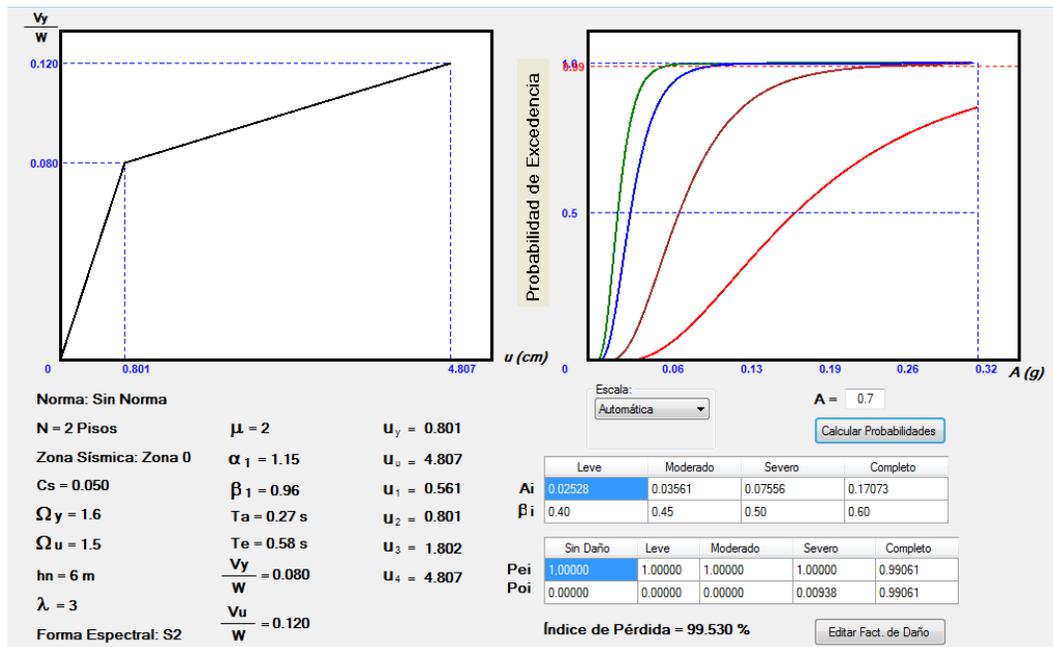
A-24. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 3 (1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



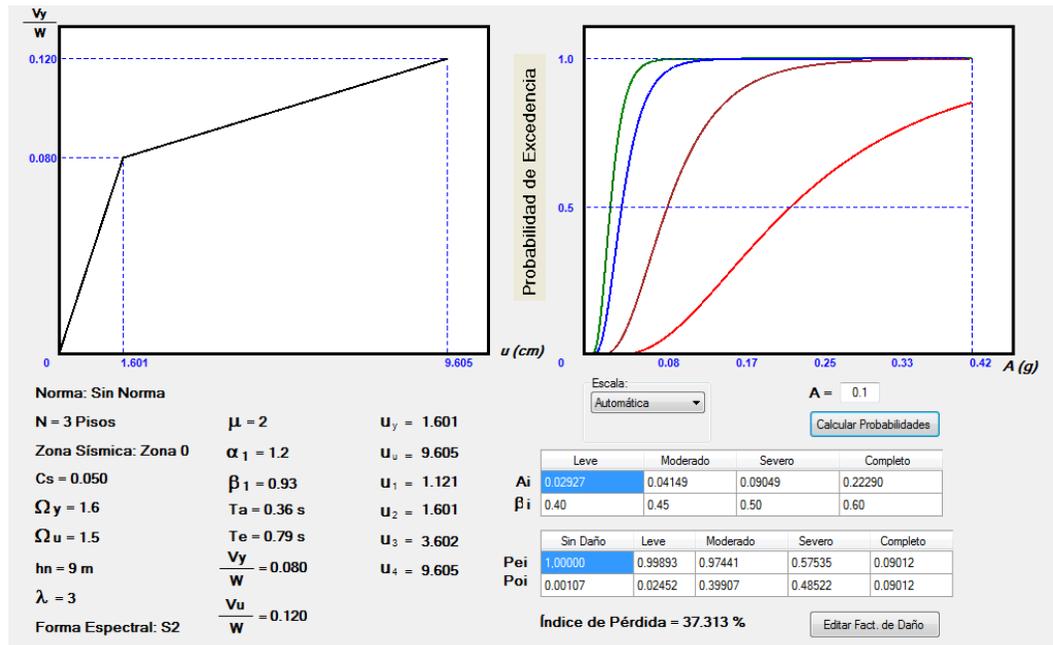
A-25. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 4 (1967, 1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



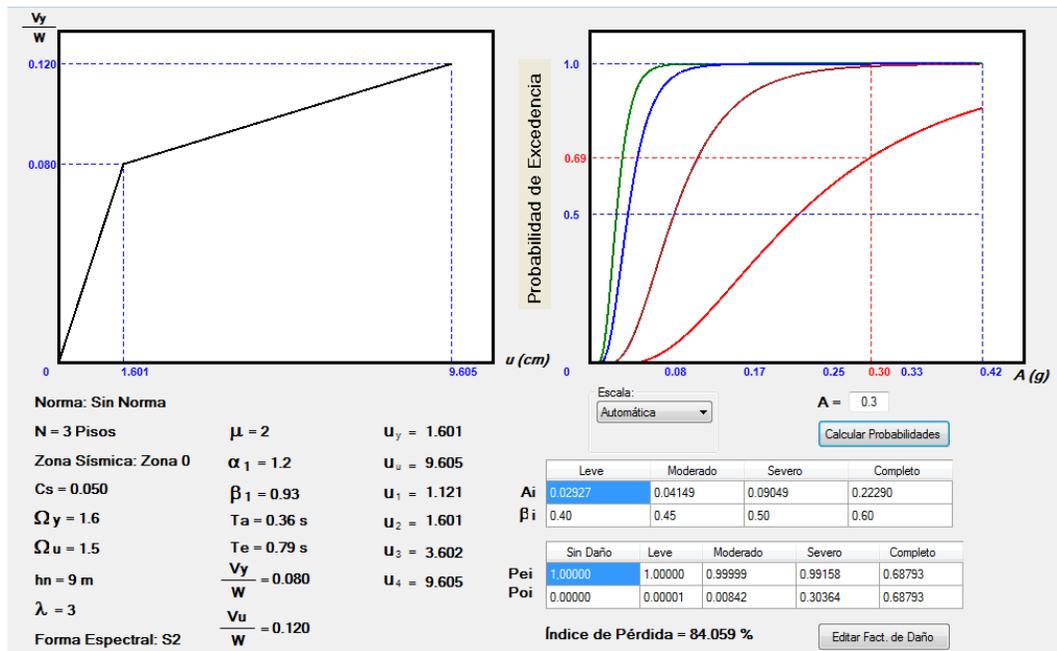
A-26. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 4 (1967, 1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



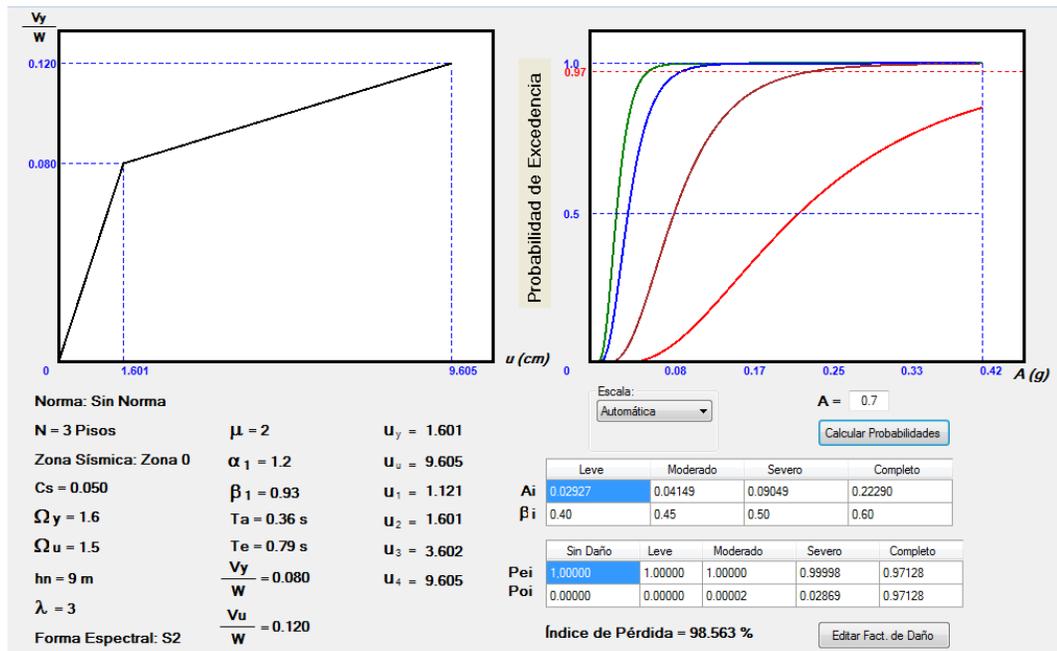
A-27. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 4 (1967, 1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



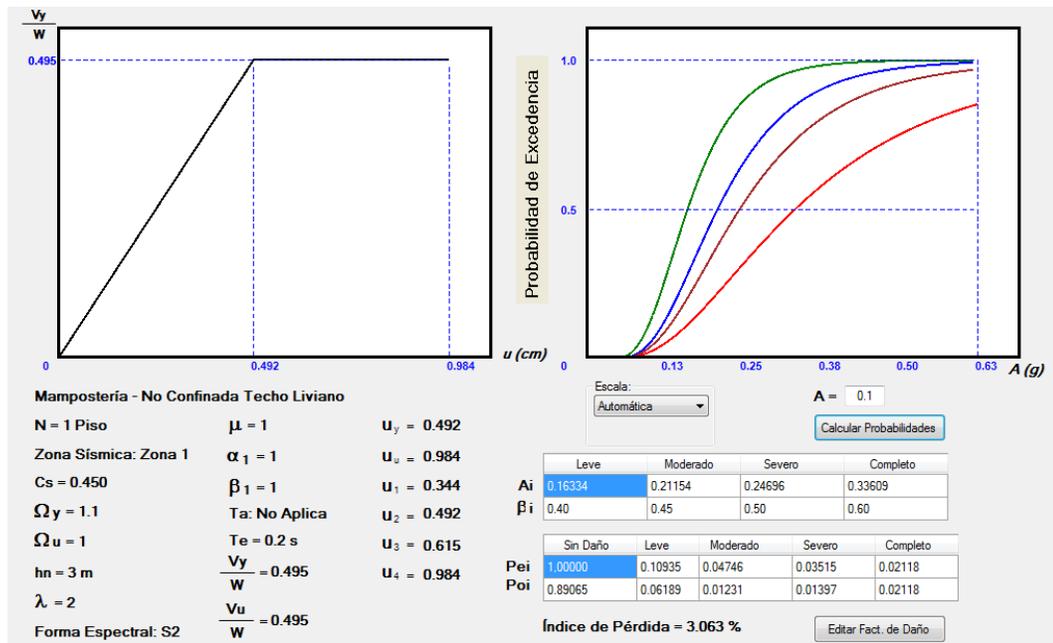
A-28. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 5 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



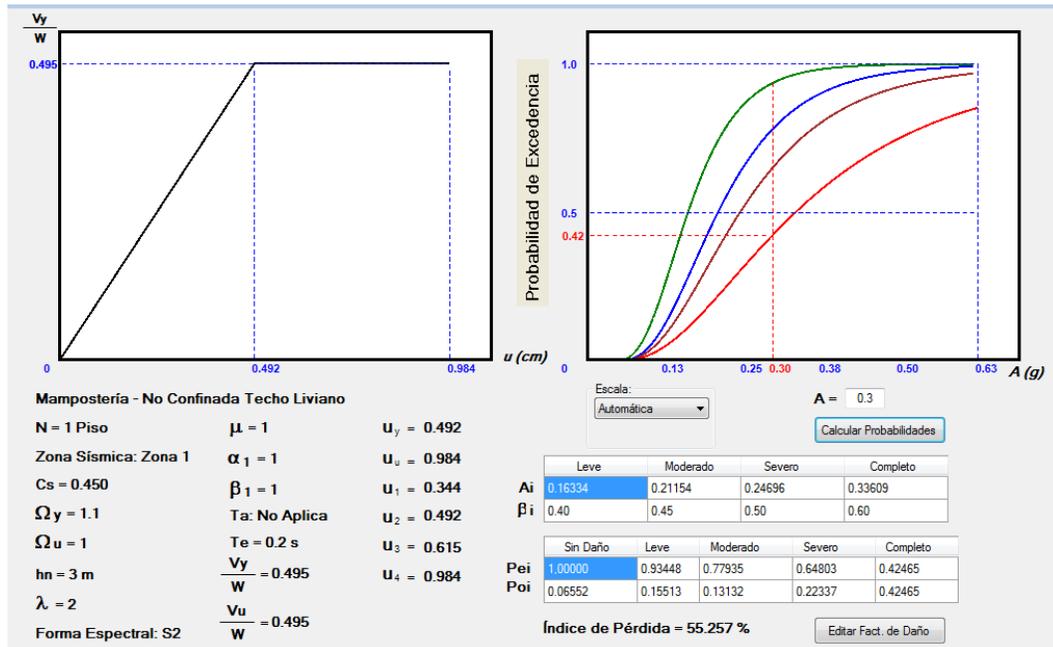
A-29. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 5 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



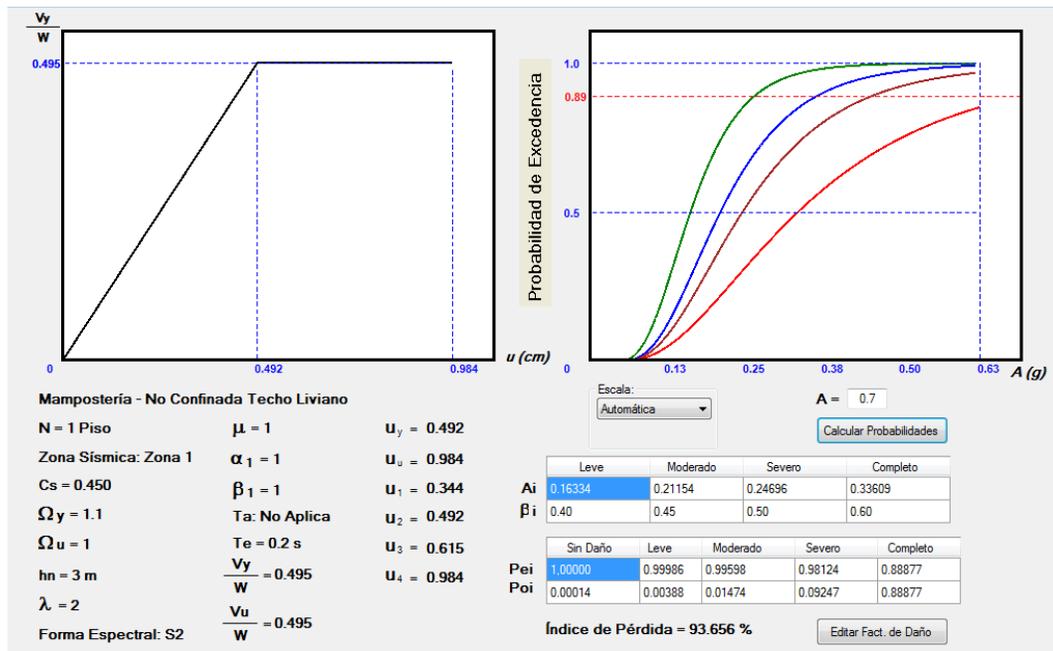
A-30. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 5 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



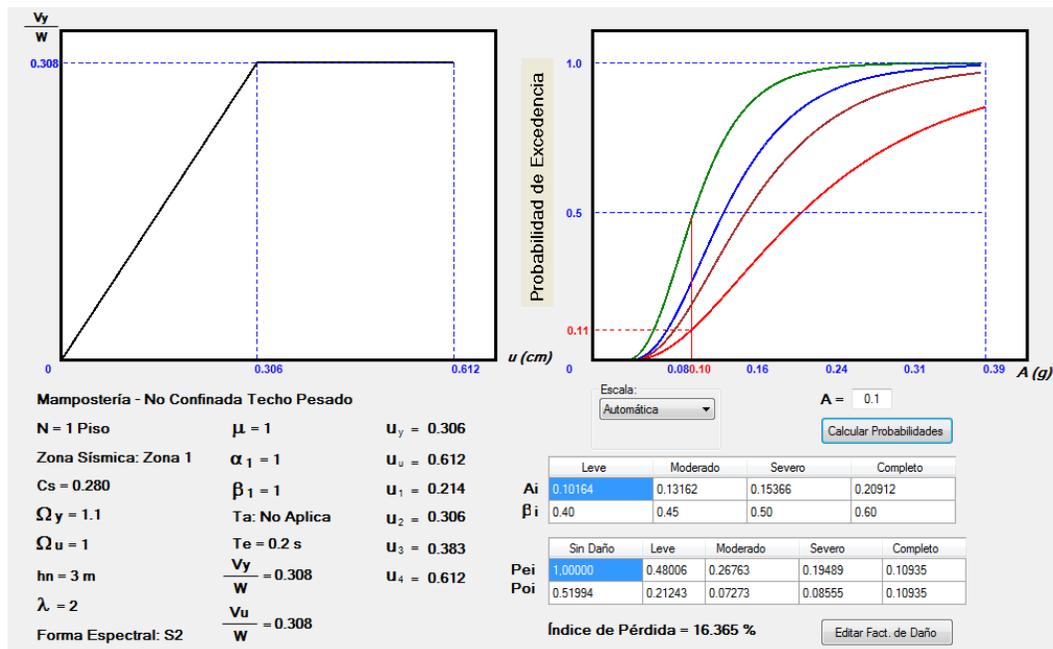
A-31. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 6 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



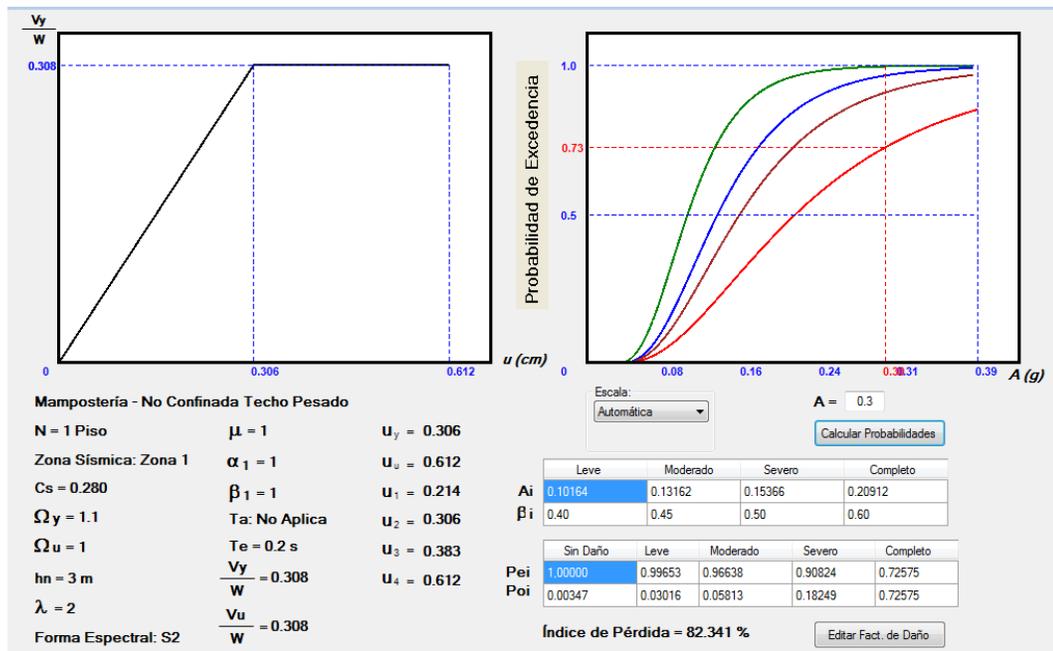
A-32. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 6 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



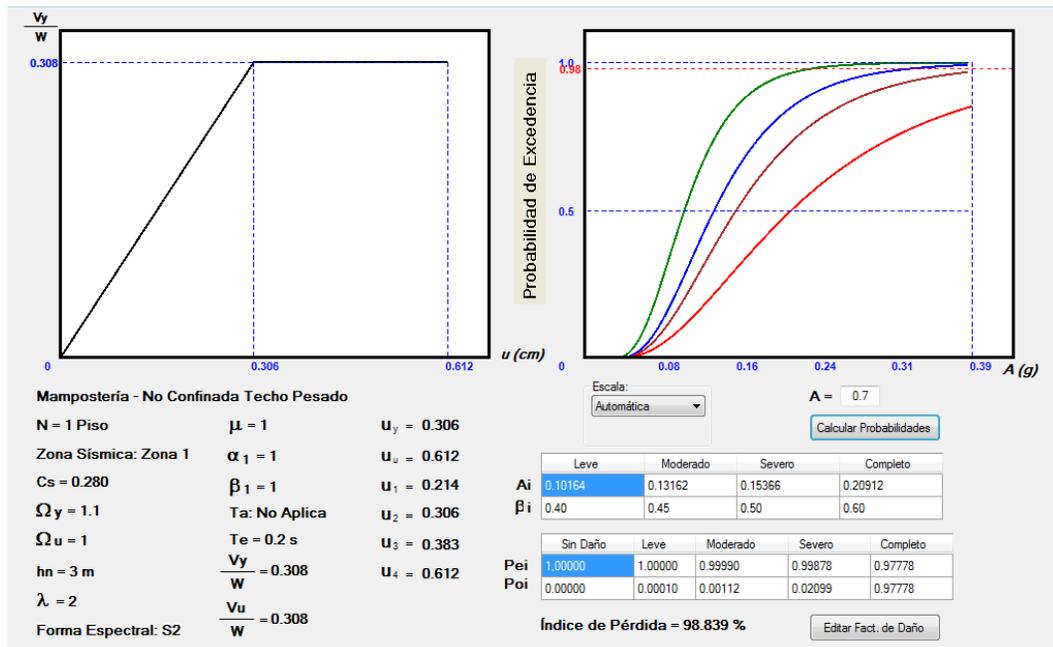
A-33. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 6 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



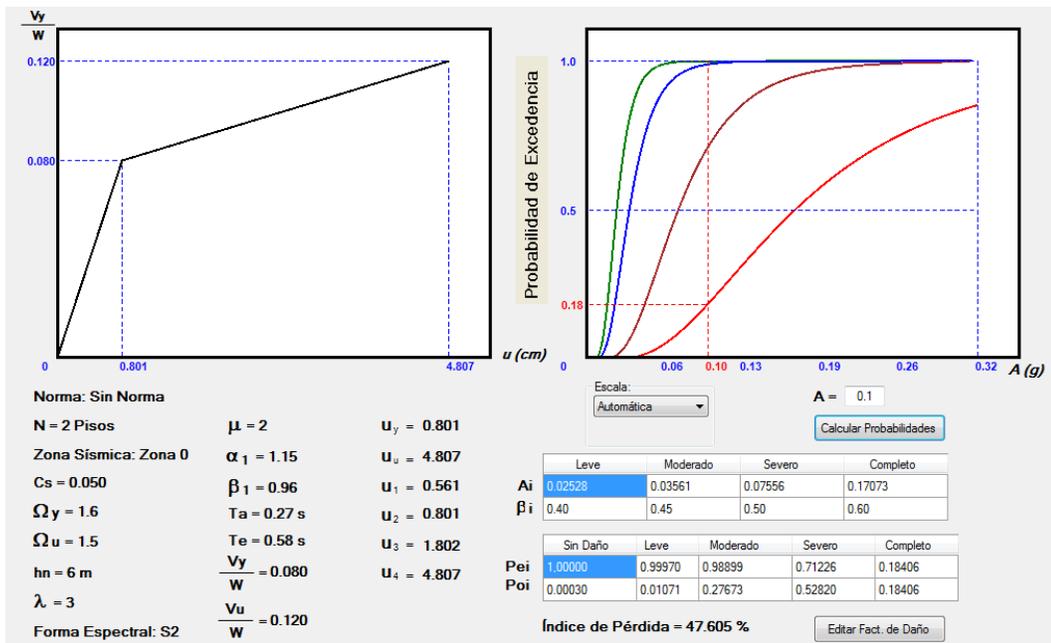
A-34. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 6 (1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



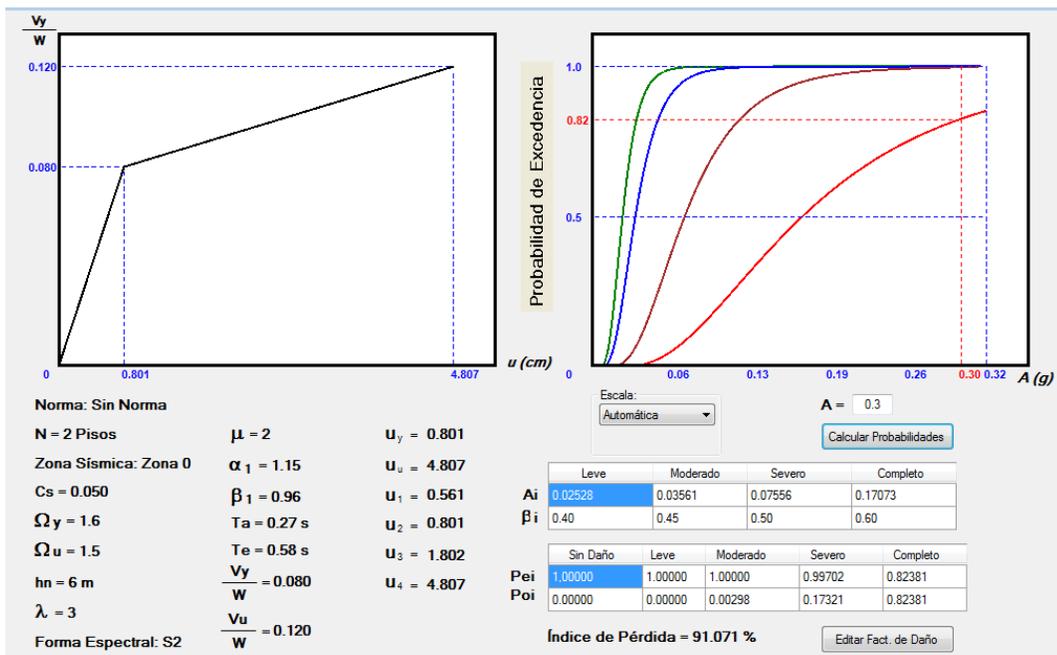
A-35. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 6 (1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



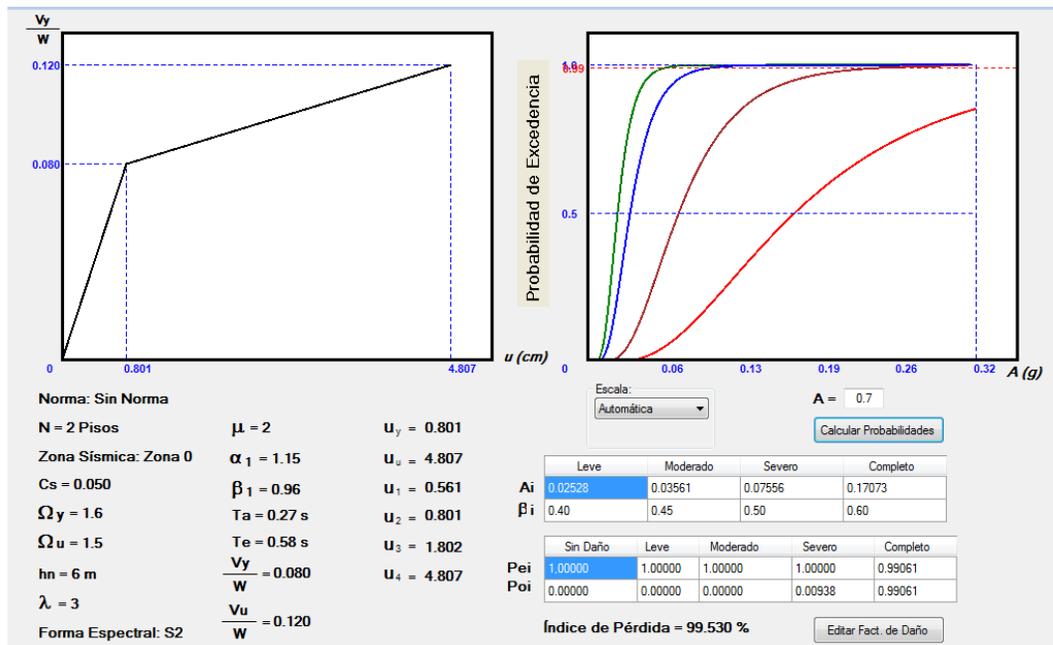
A-36. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 6 (1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



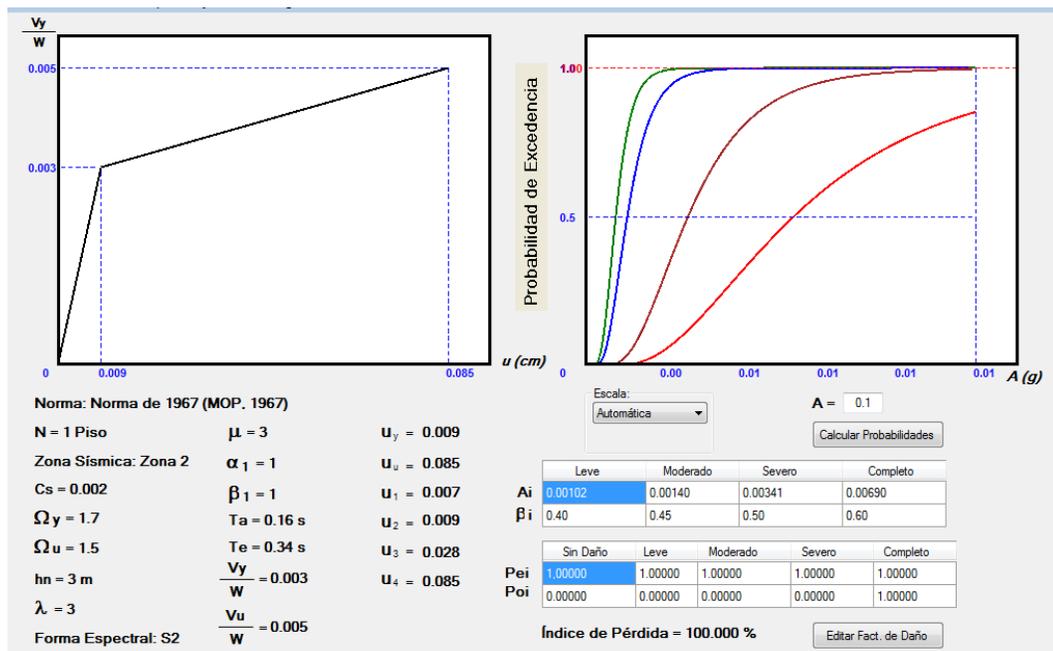
A-37. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 7 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



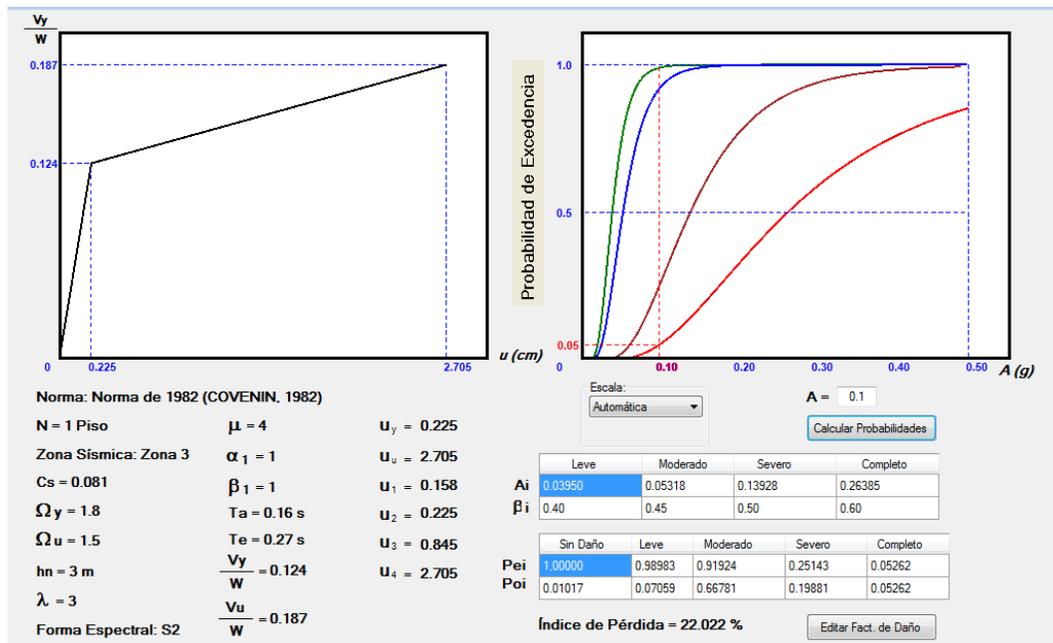
A-38. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 7 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



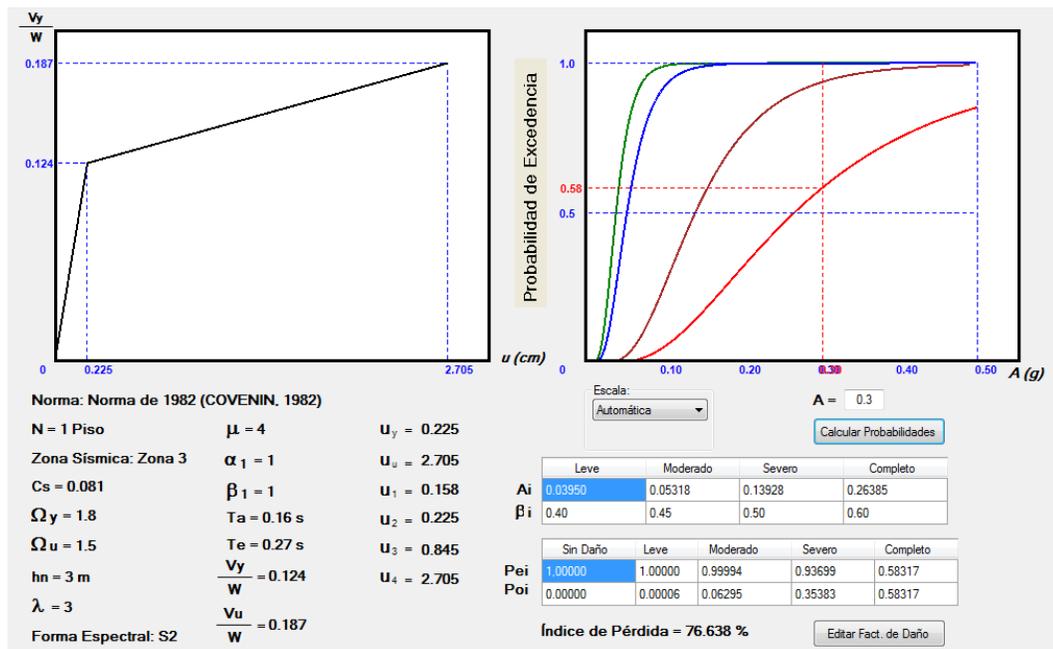
A-39. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 7 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



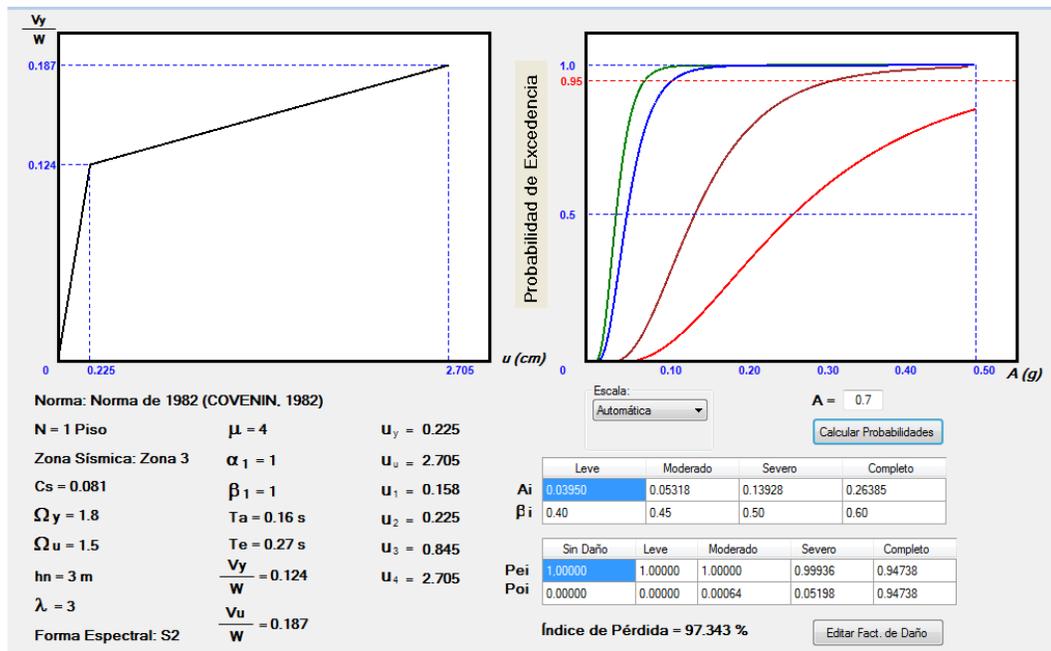
A-40. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 8 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



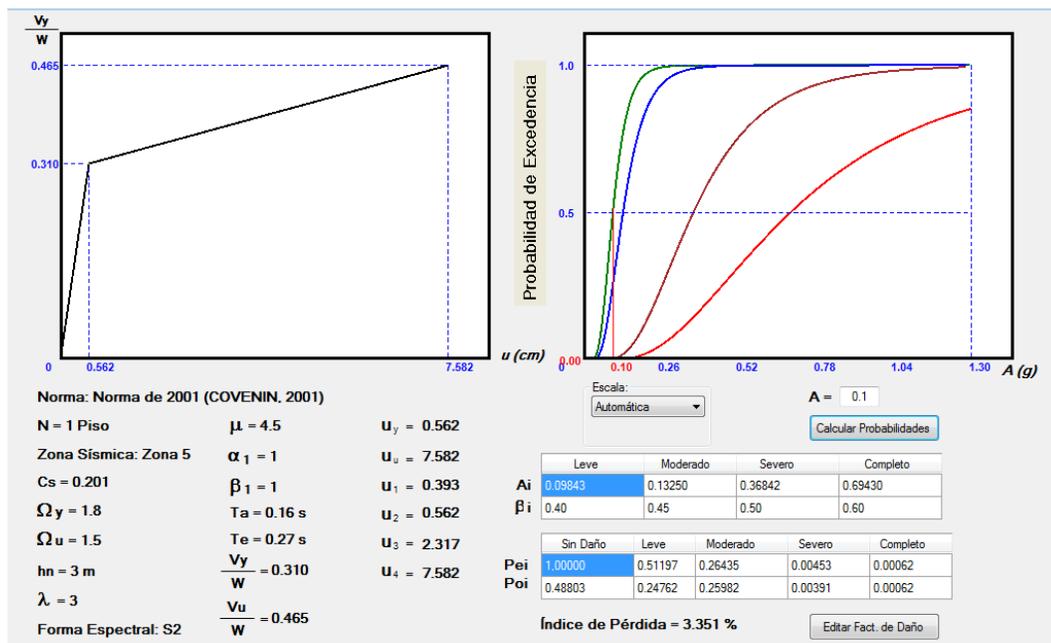
A-41. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 8 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



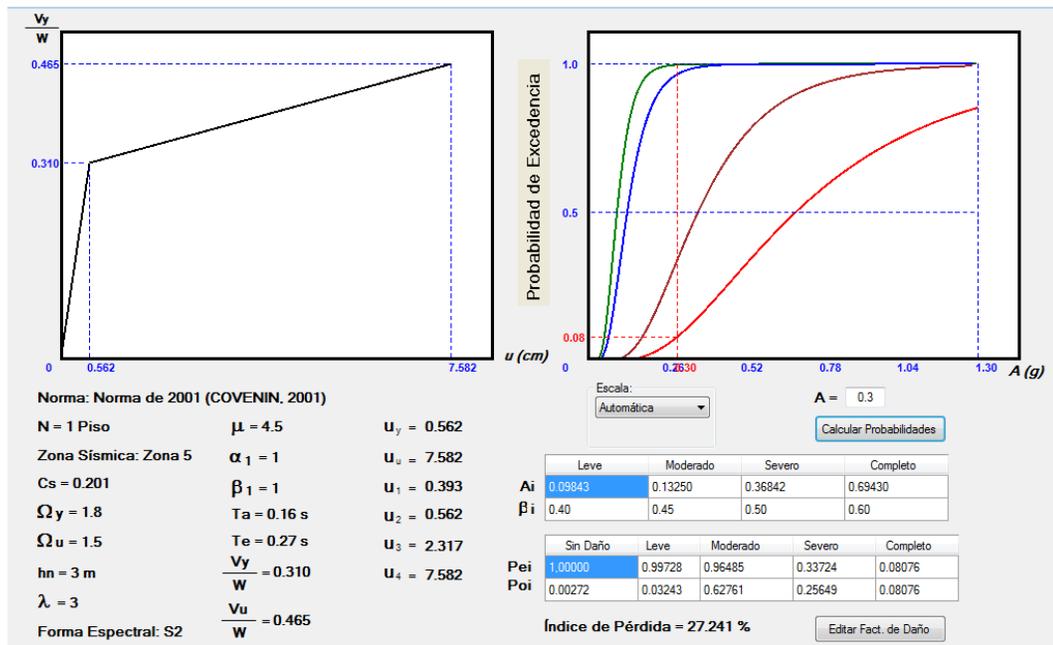
A-42. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 8 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



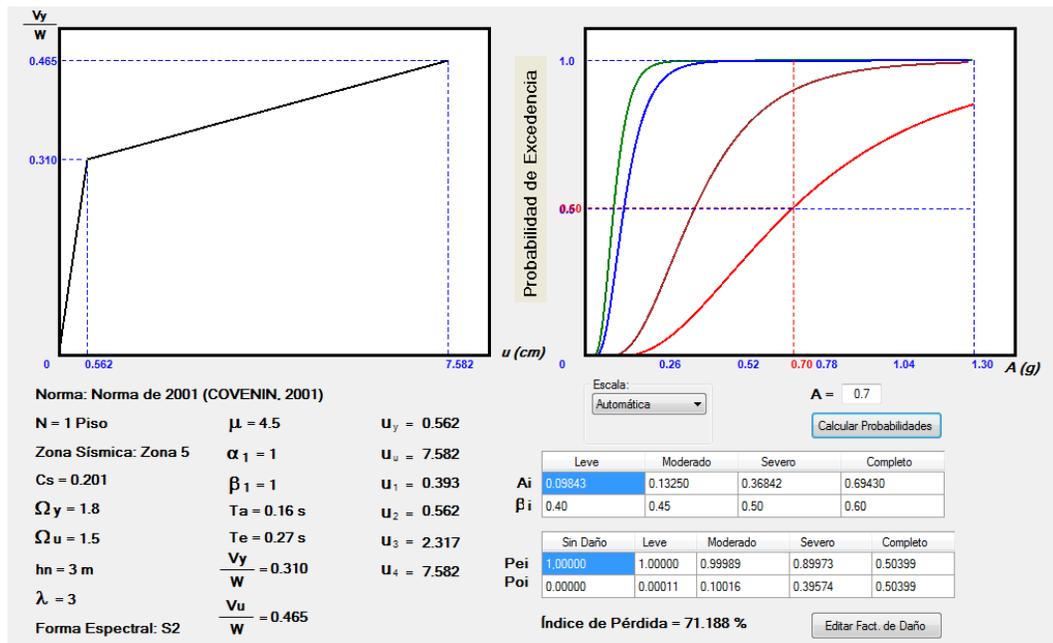
A-43. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 8 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



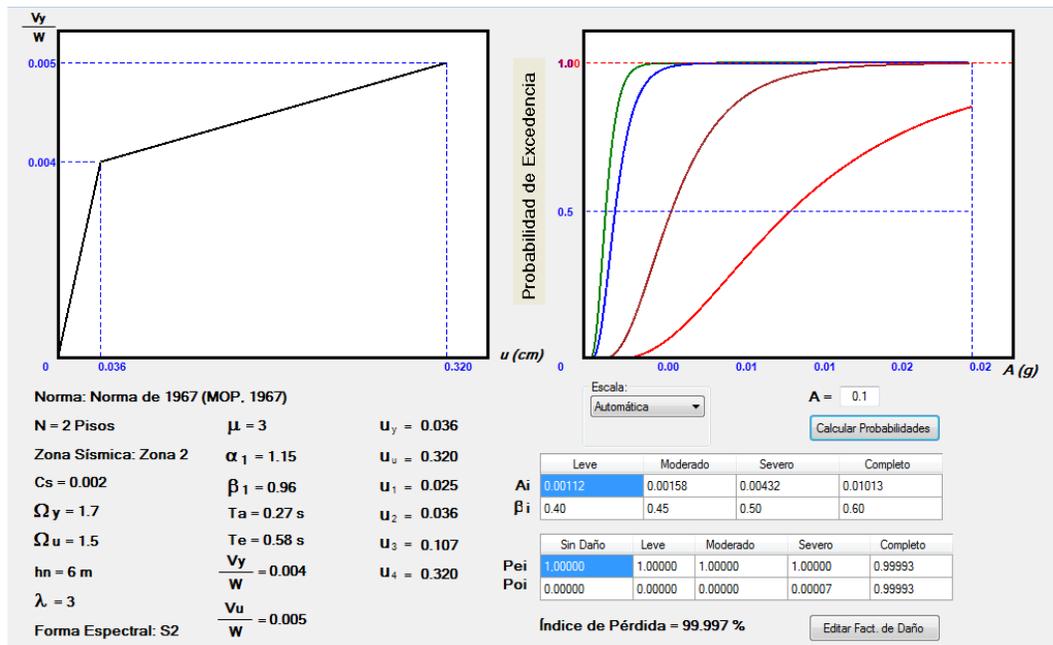
A-44. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 8 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



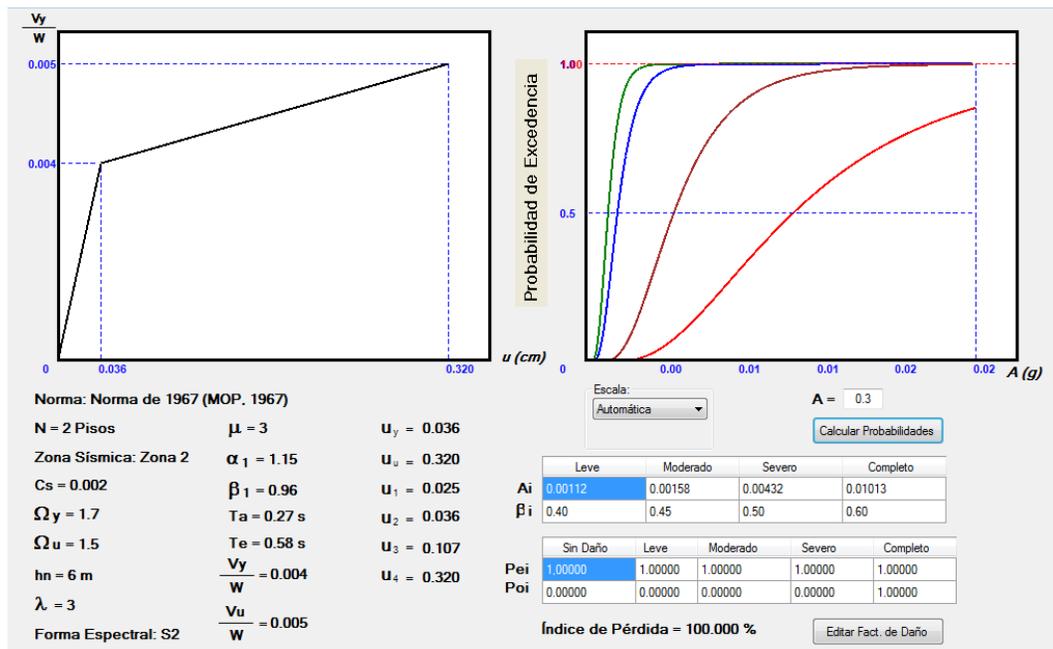
A-45. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 8 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



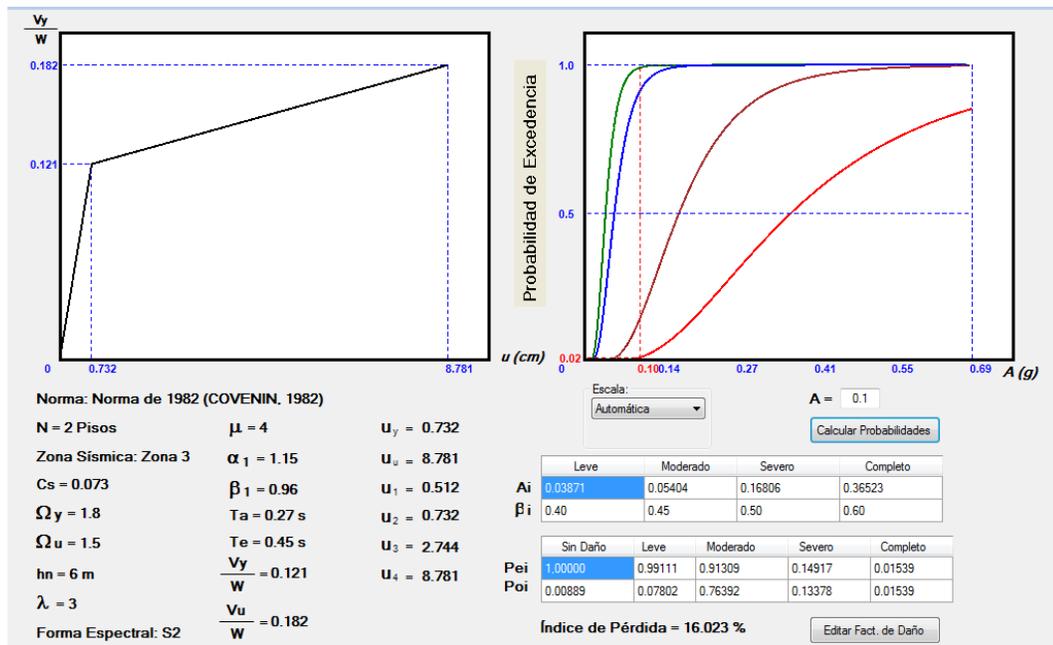
A-46. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 8 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



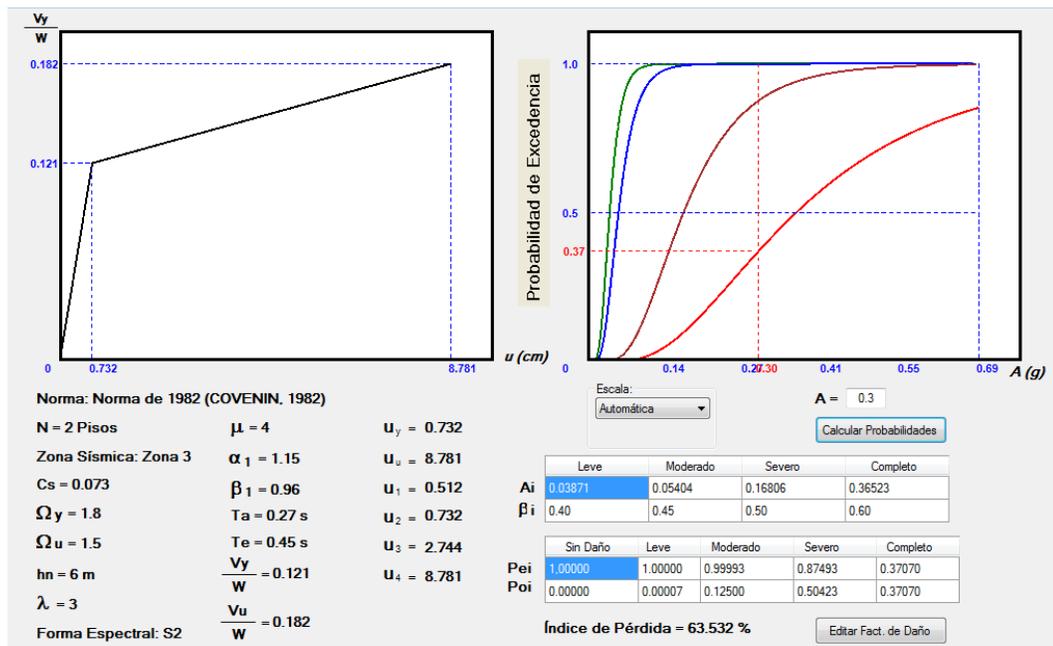
A-47. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 9 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



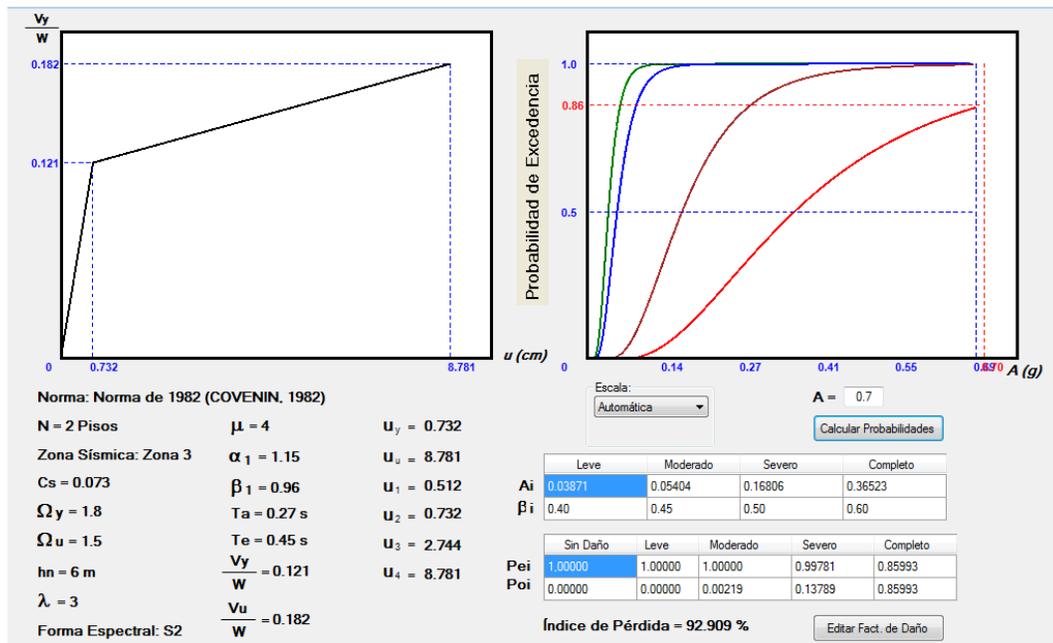
A-48. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 9 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



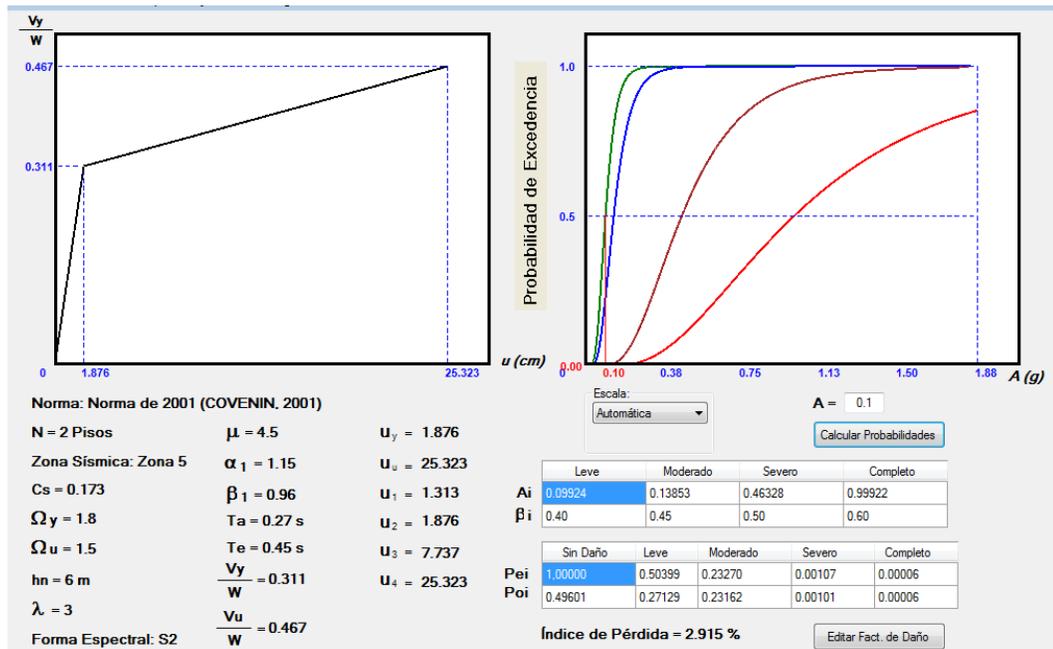
A-49. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 9 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



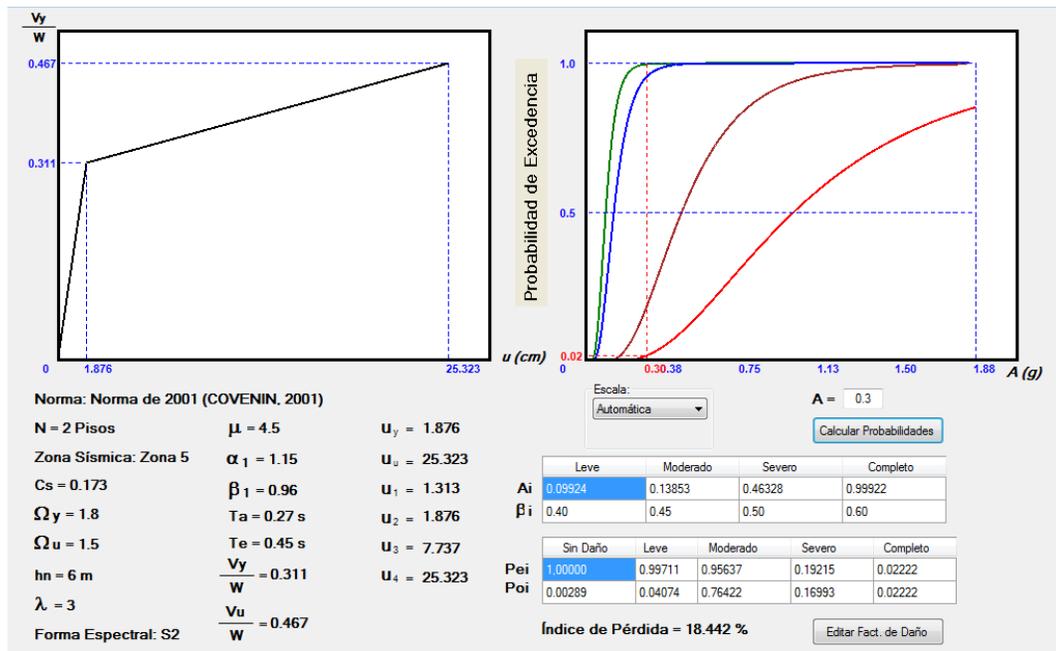
A-50. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 9 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



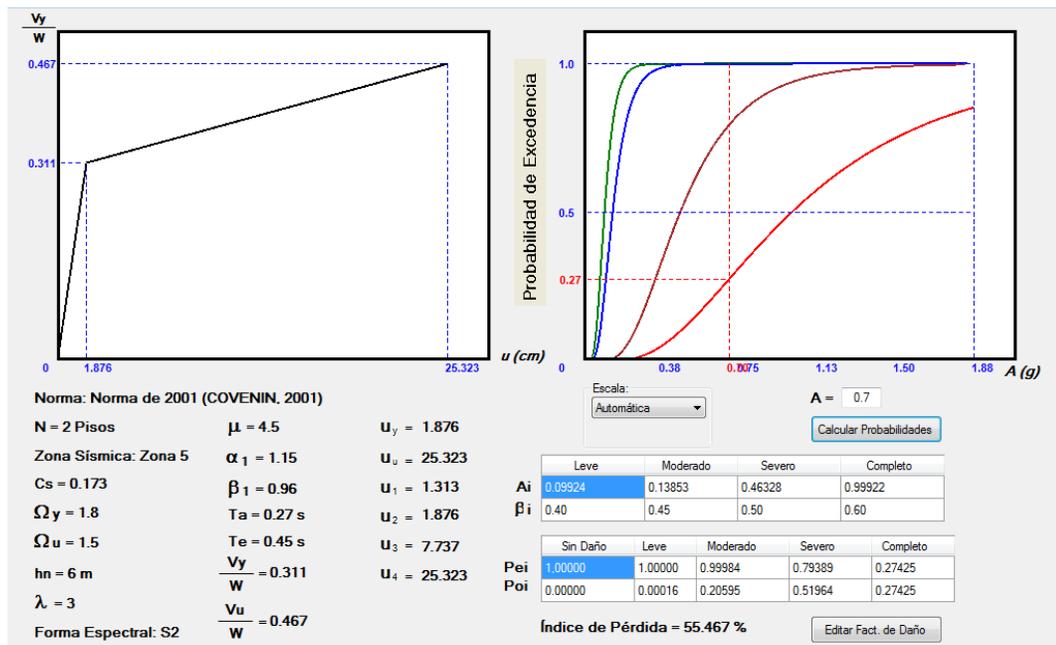
A-51. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 9 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



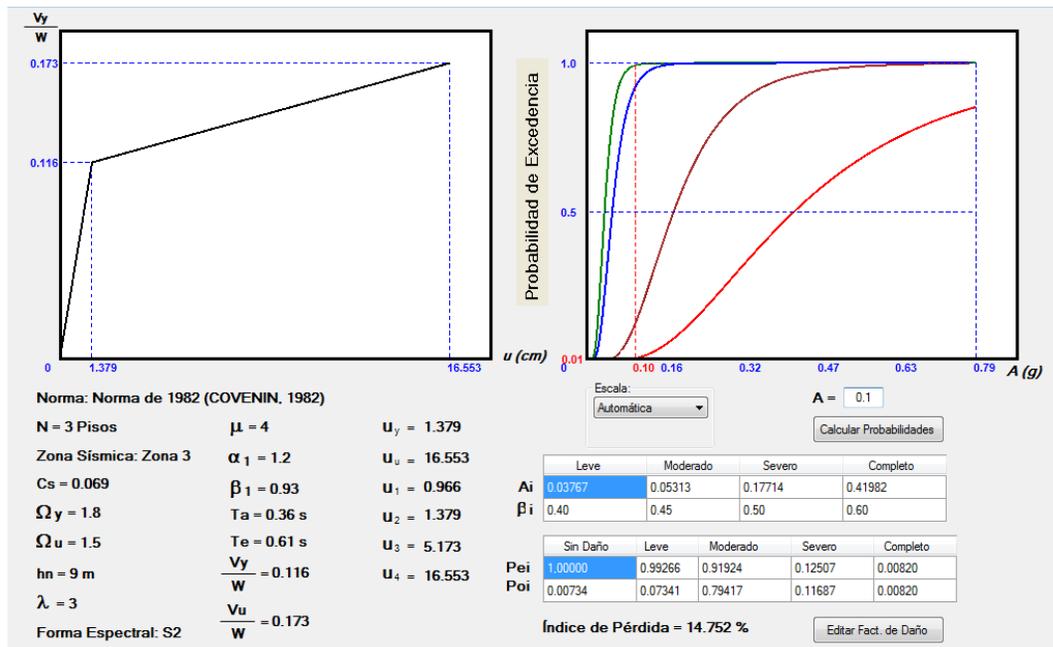
A-52. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 9 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



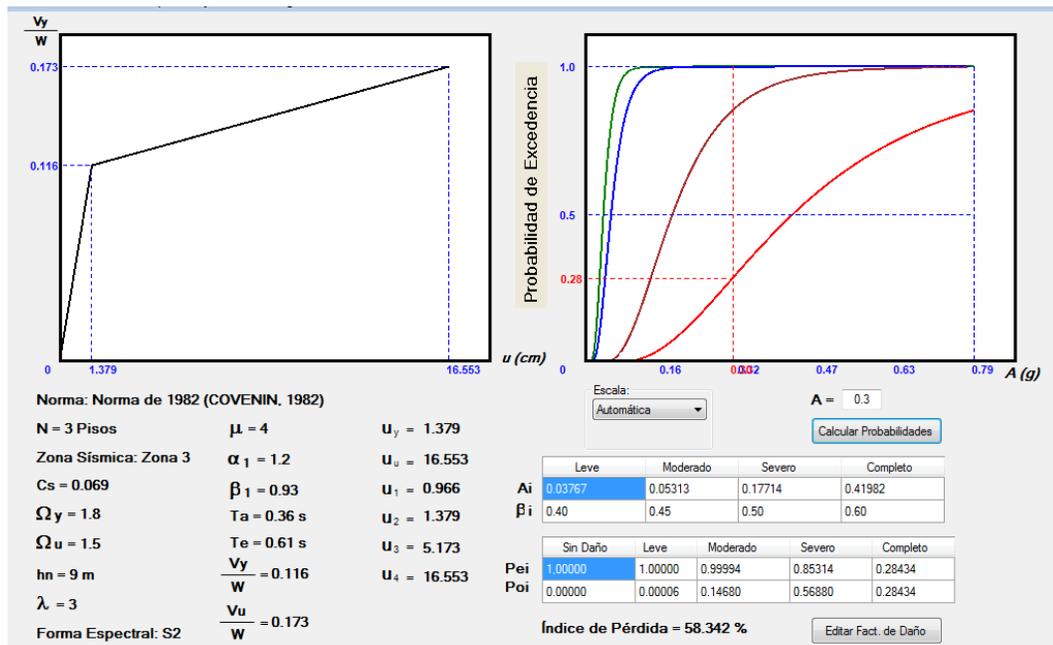
A-53. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 9 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



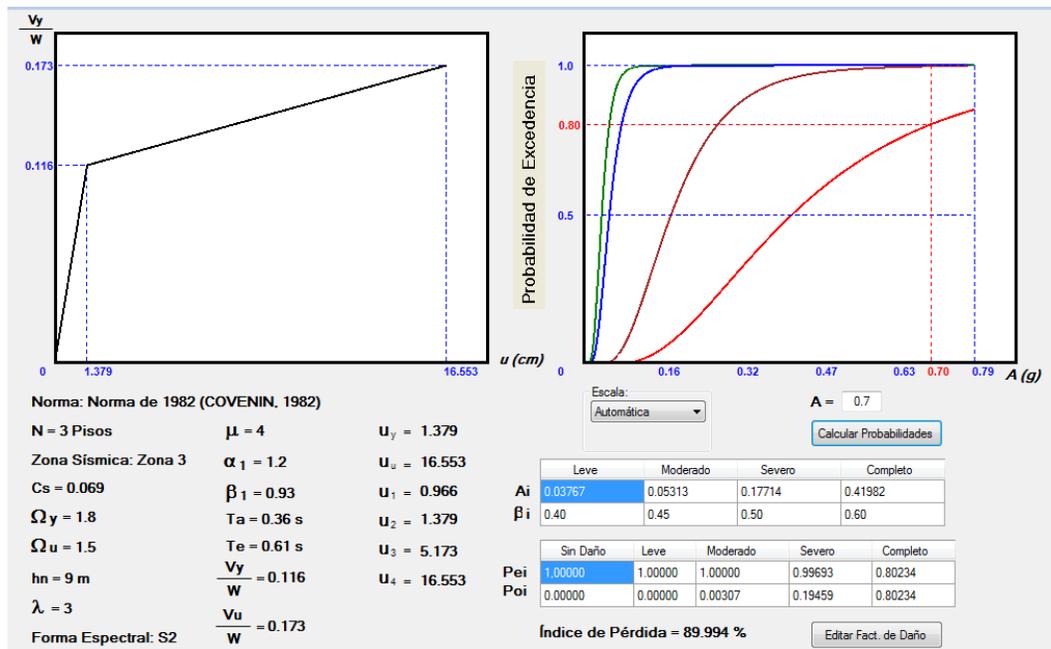
A-54. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 9 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



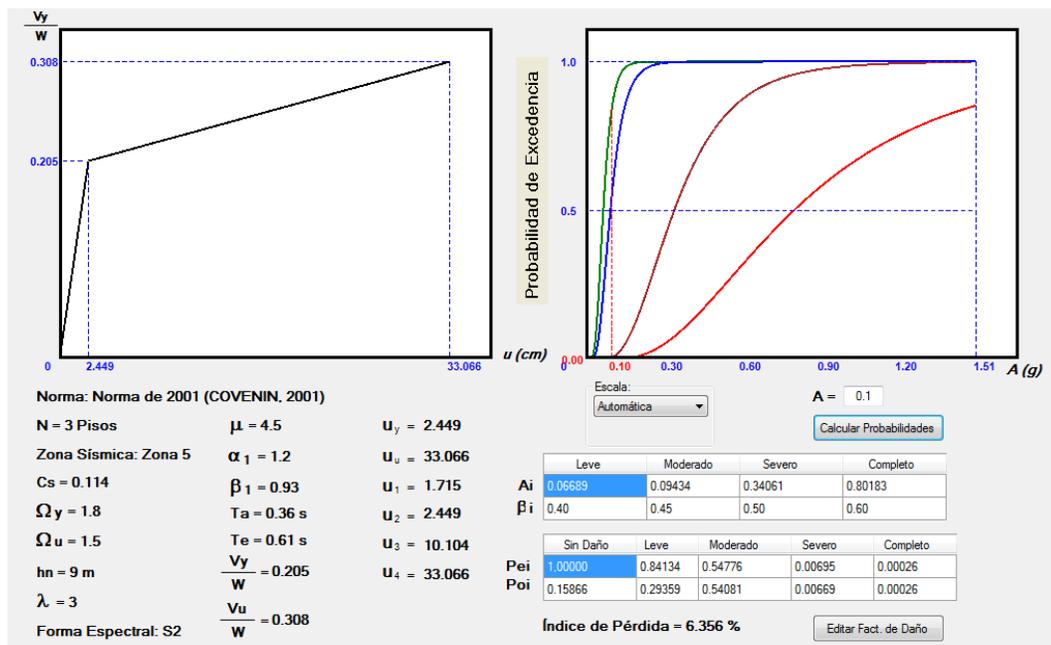
A-55. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 10 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



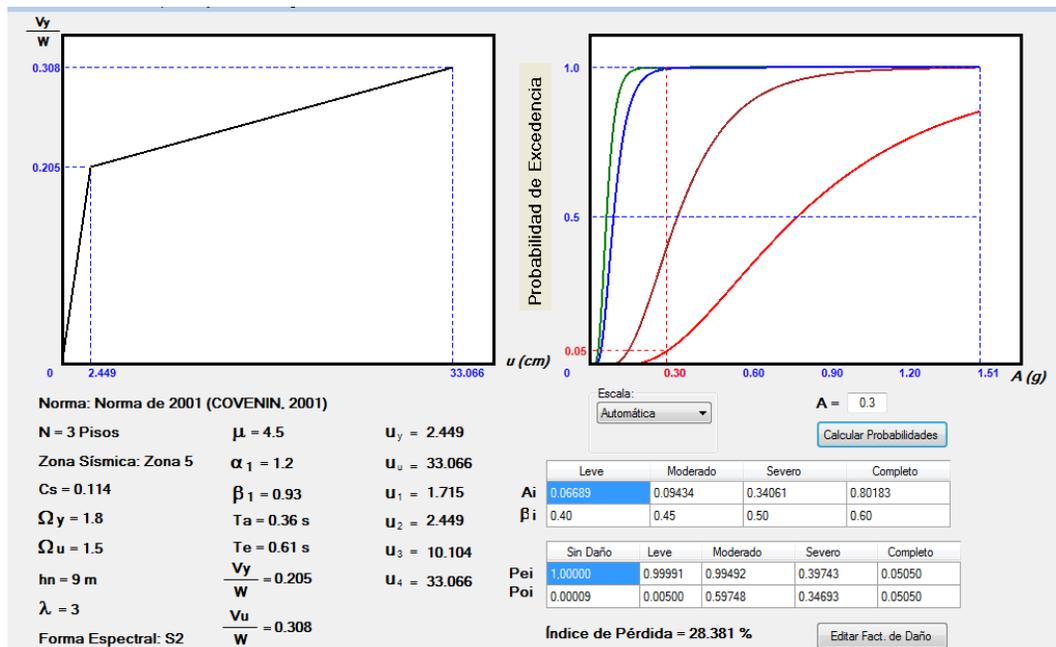
A-56. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 10 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



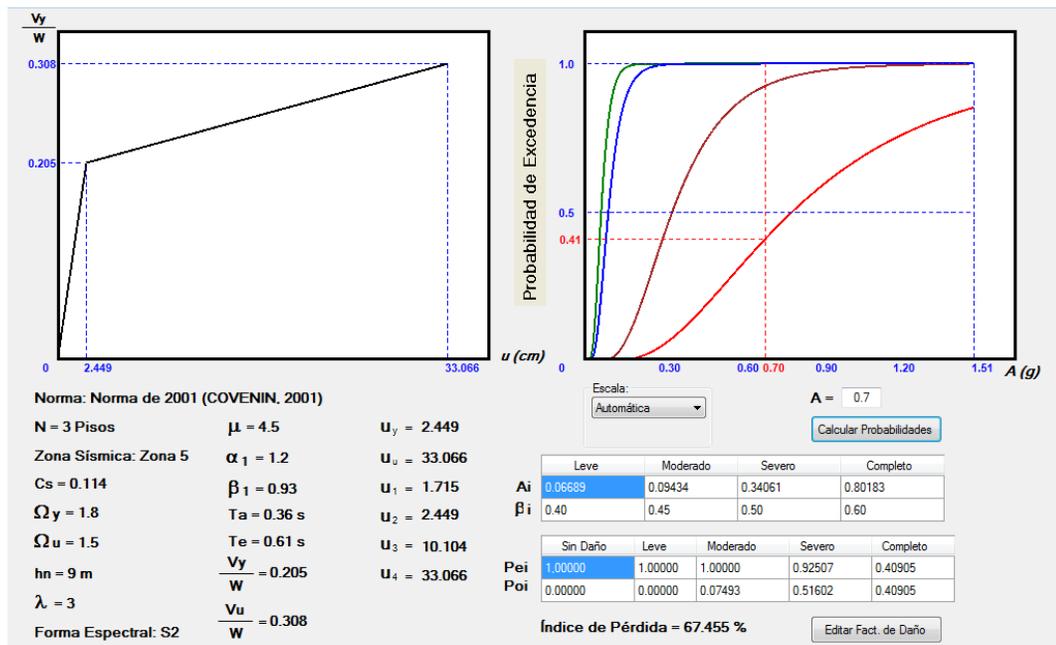
A-57. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 10 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



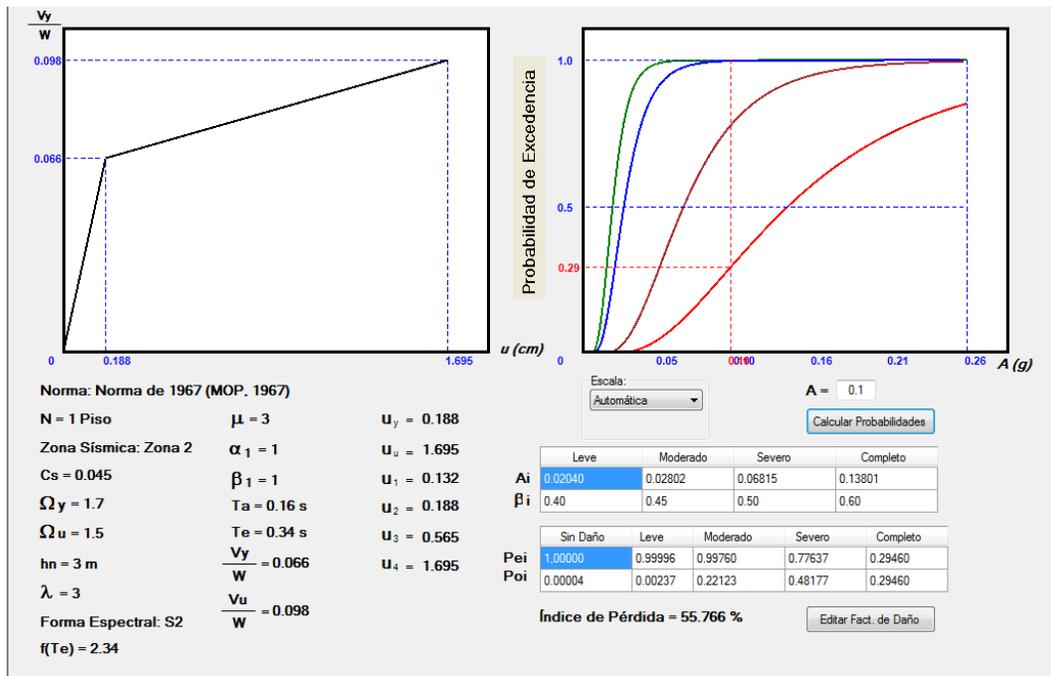
A-58. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 10 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



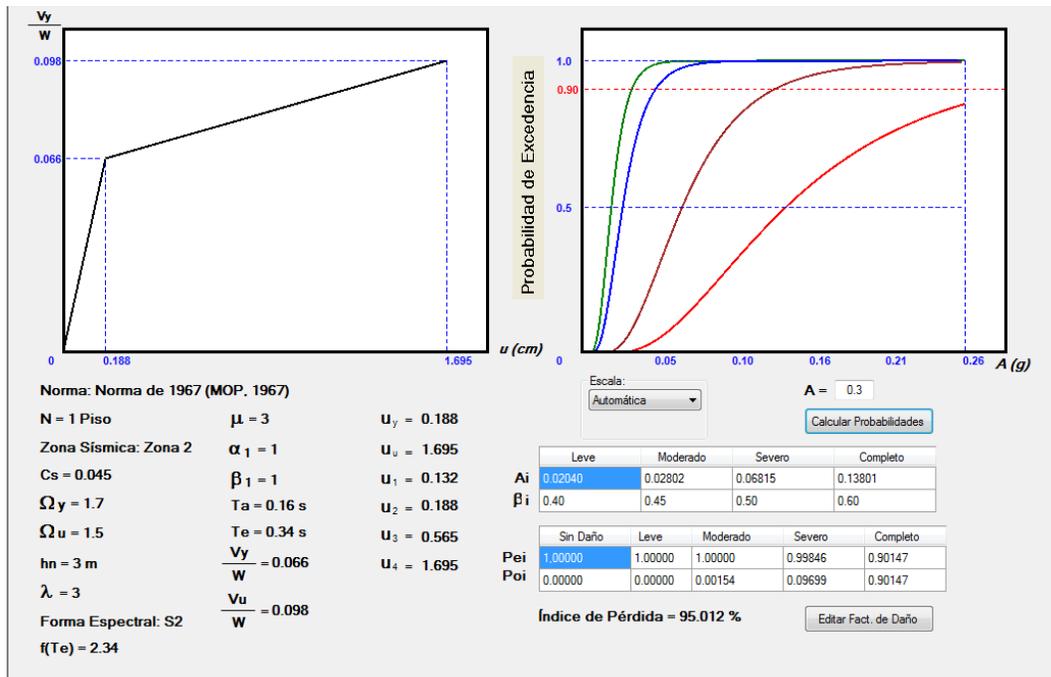
A-59. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 10 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



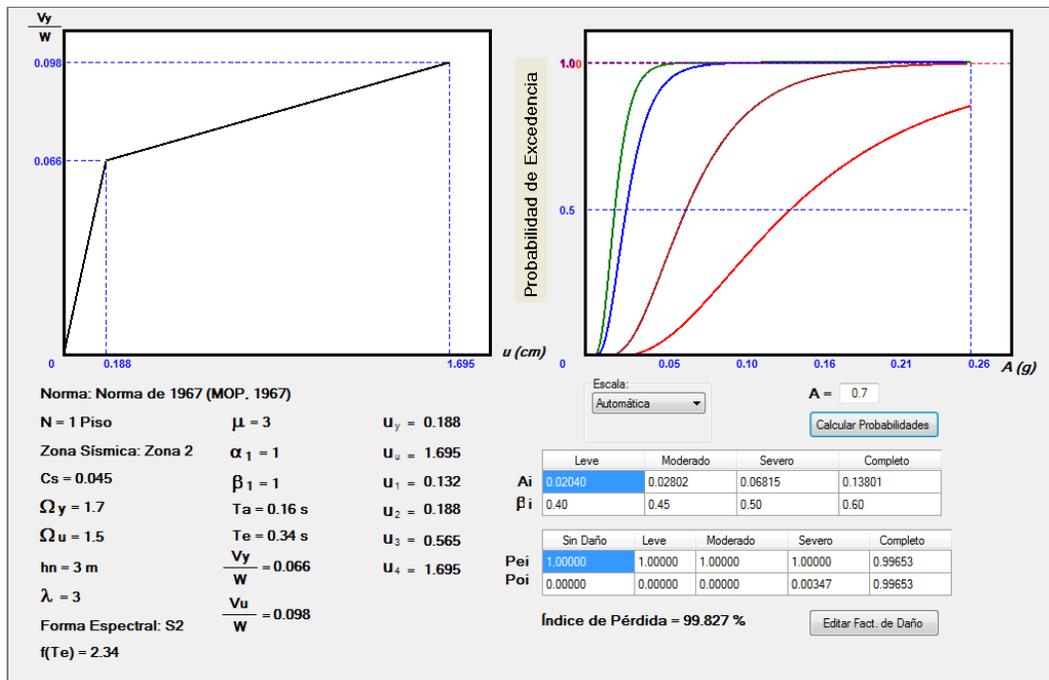
A-60. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 10 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



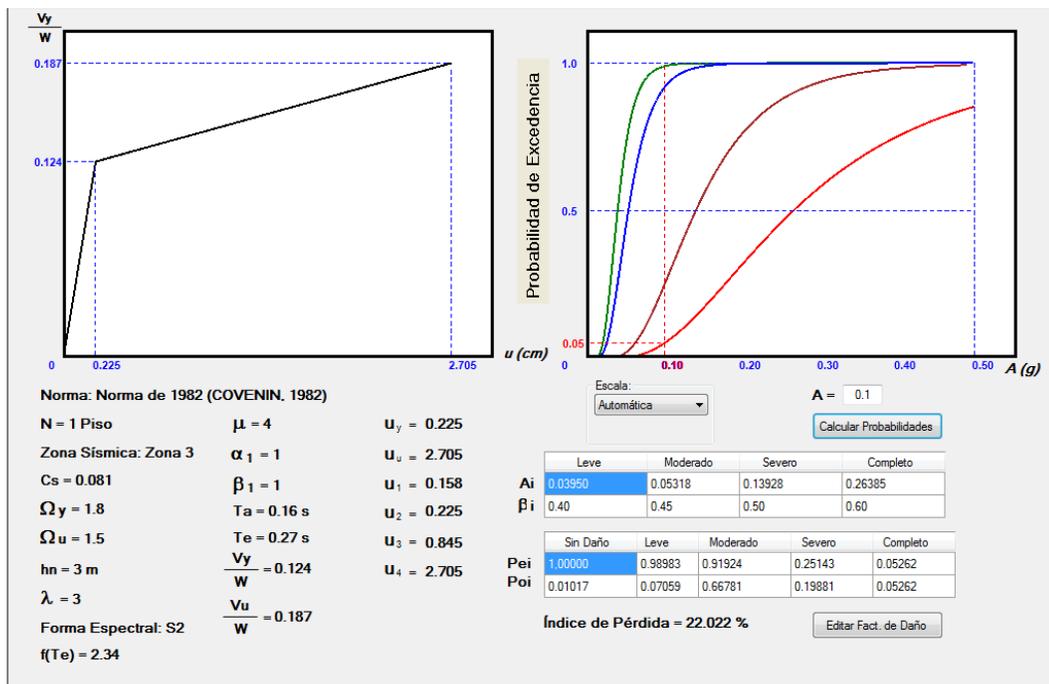
A-61. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 11 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



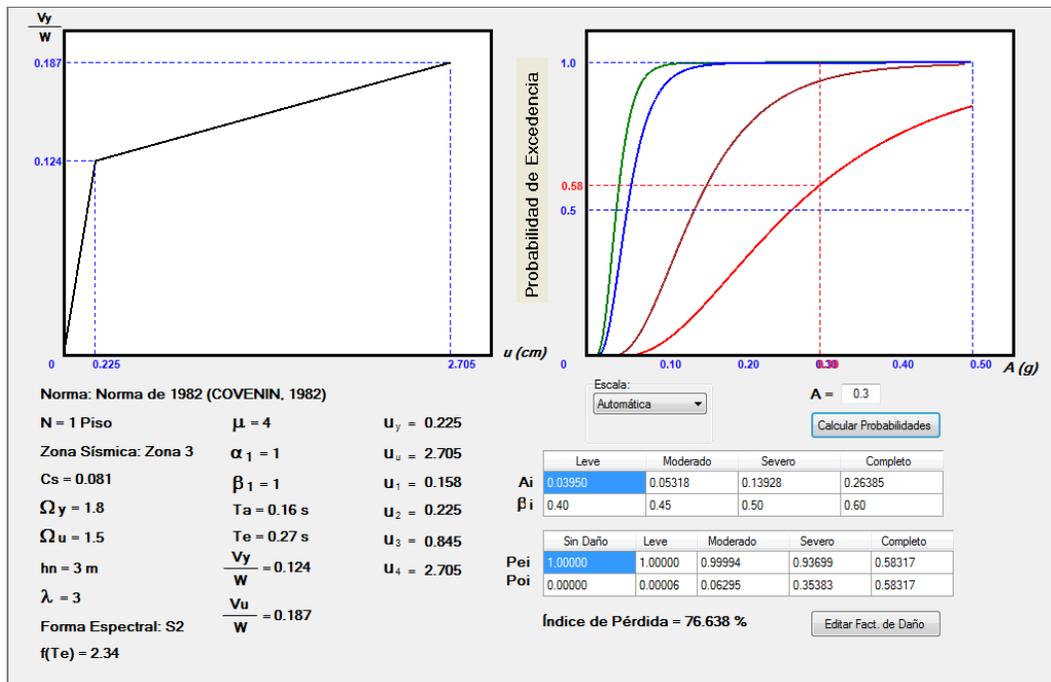
A-62. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 11 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



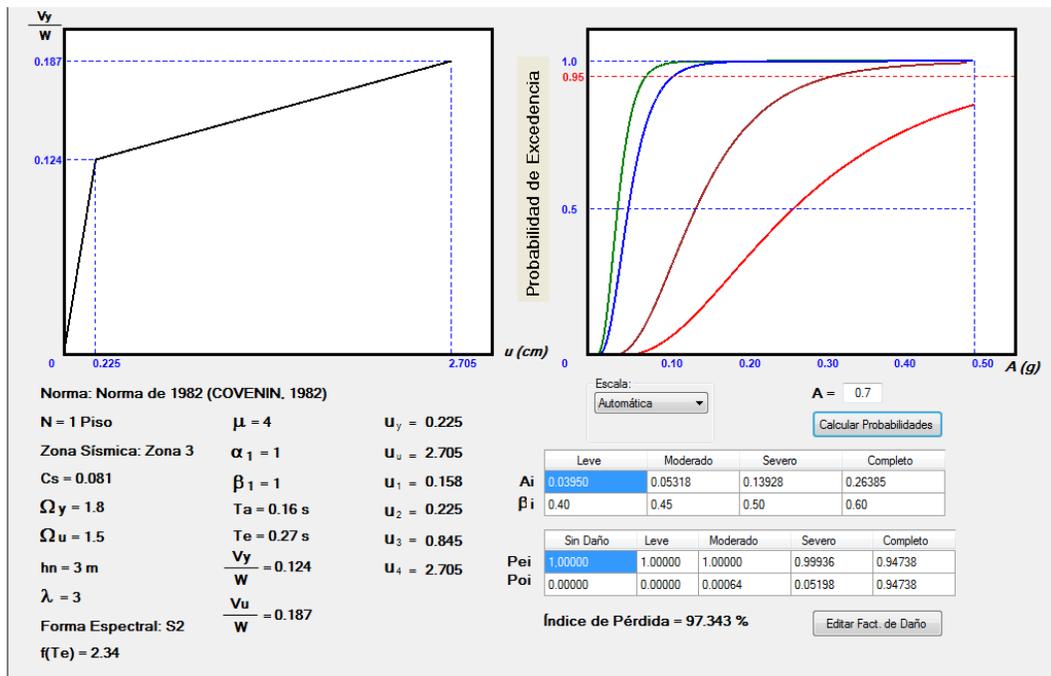
A-63. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 11 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



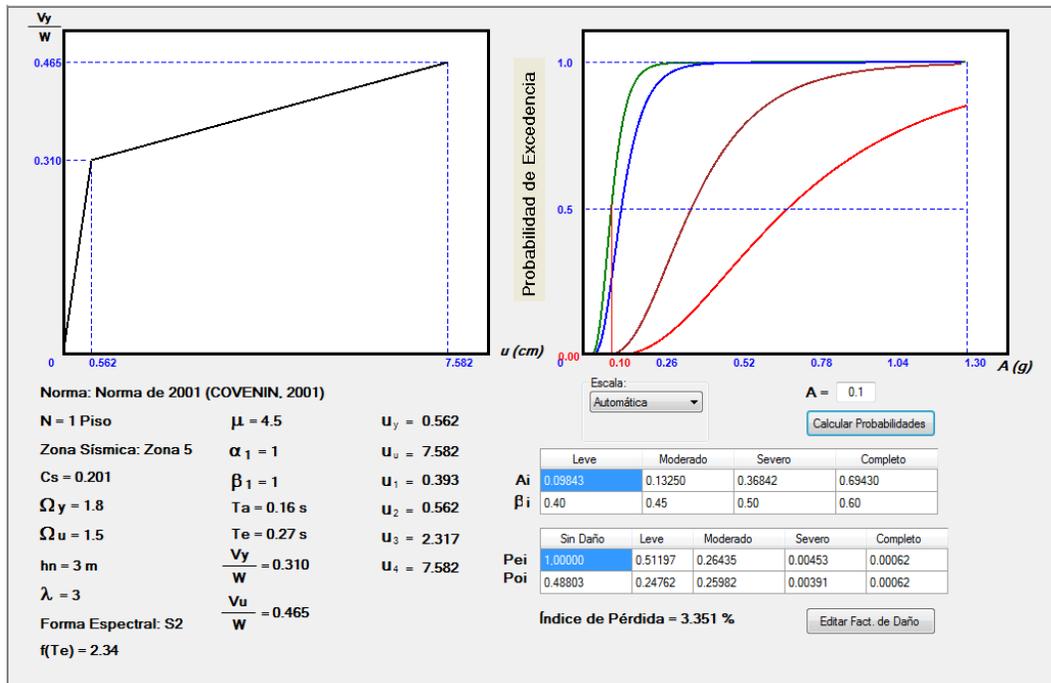
A-64. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 11 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



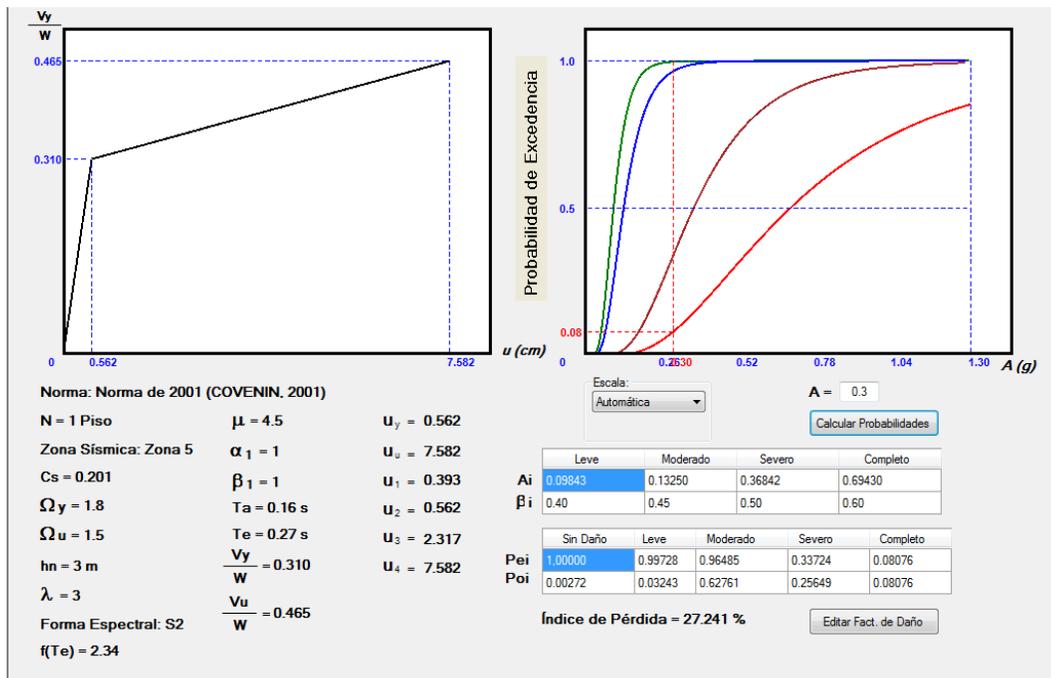
A-65. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 11 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



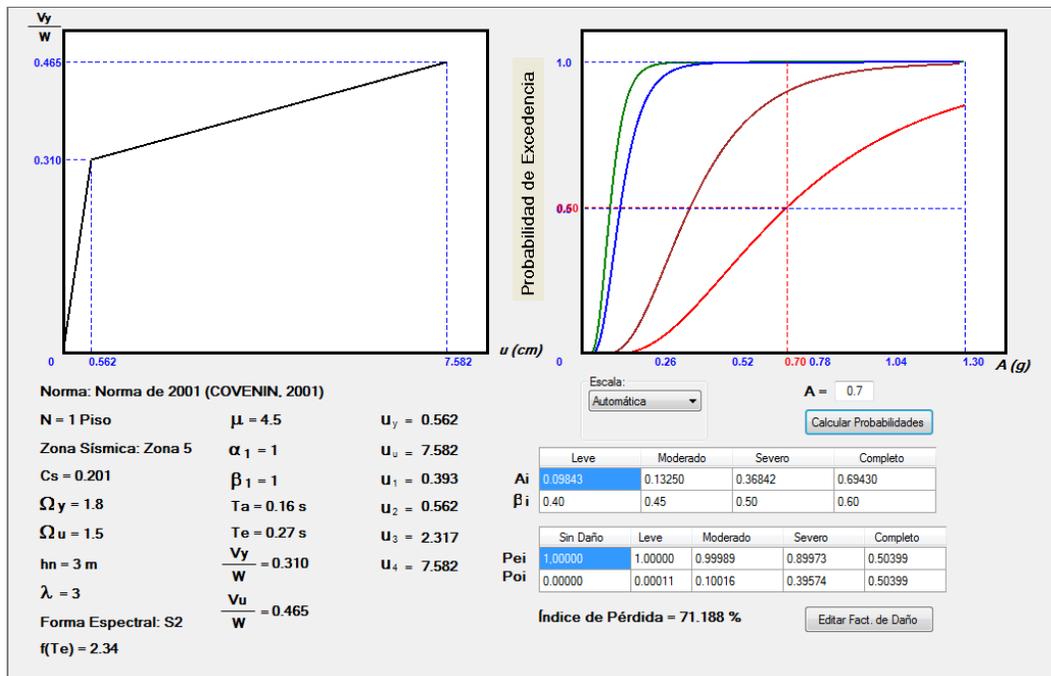
A-66. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 11 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



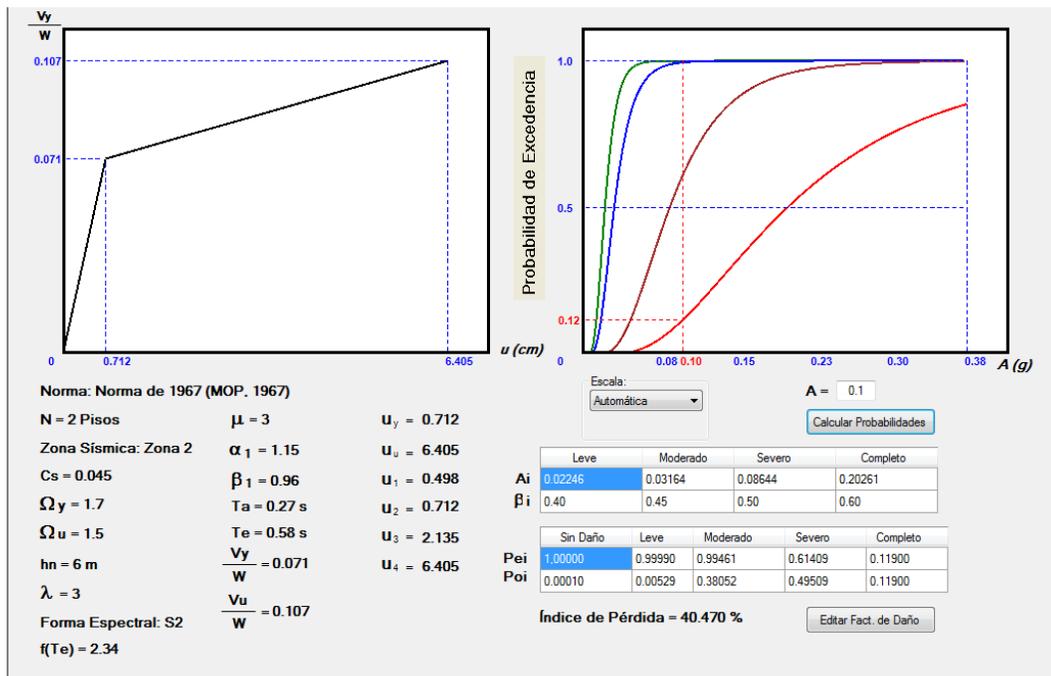
A-67. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 11 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



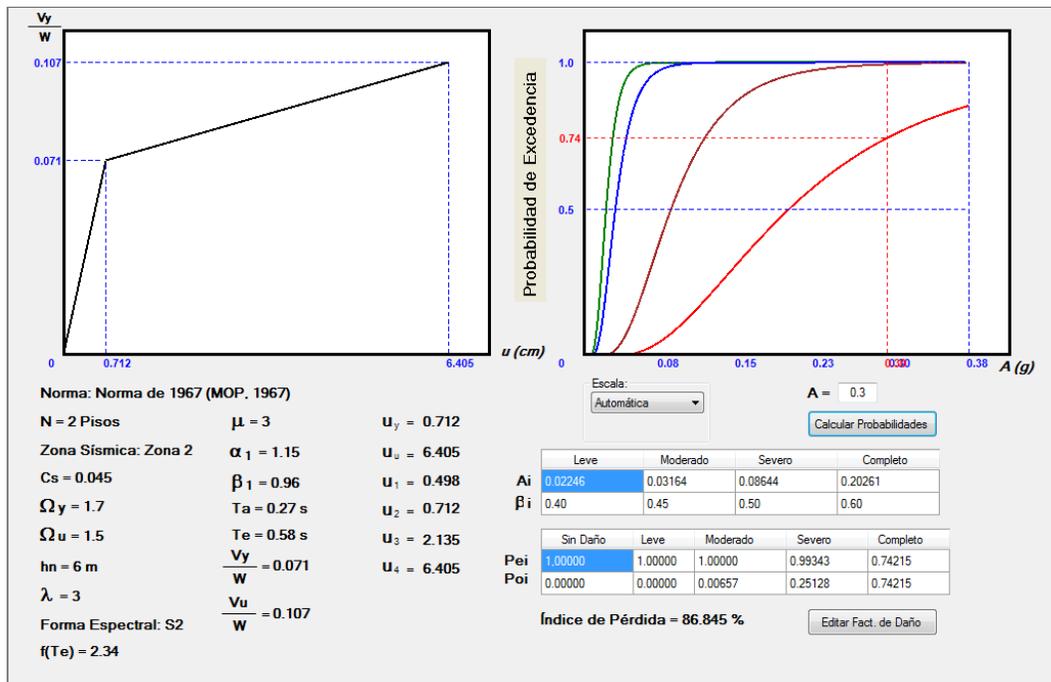
A-68. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 11 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



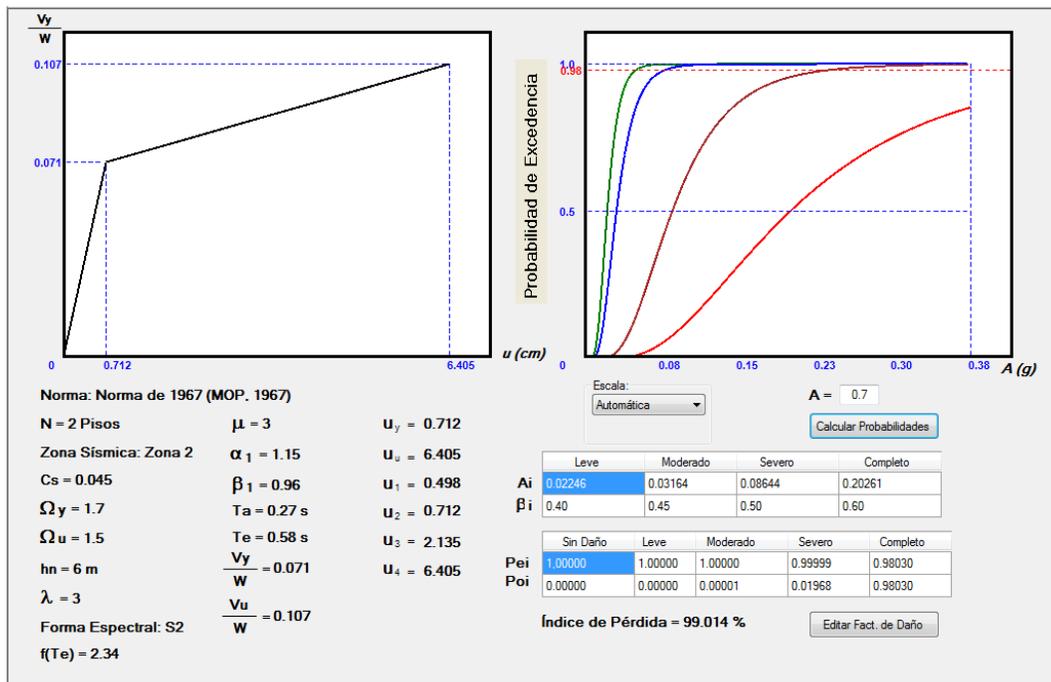
A-69. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 11 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



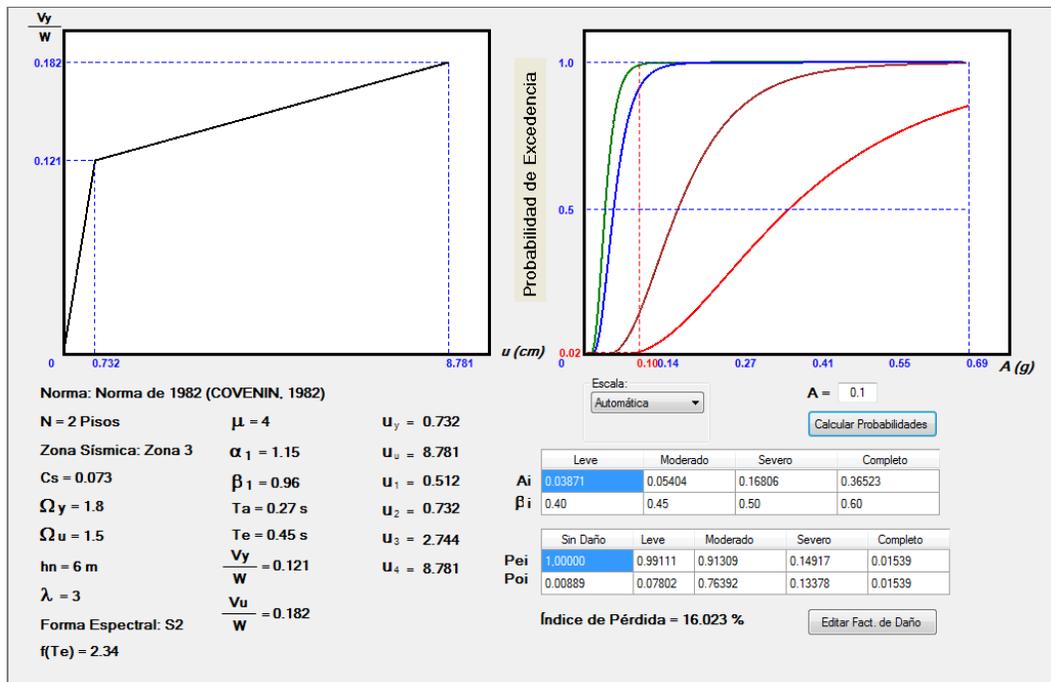
A-70. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 12 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



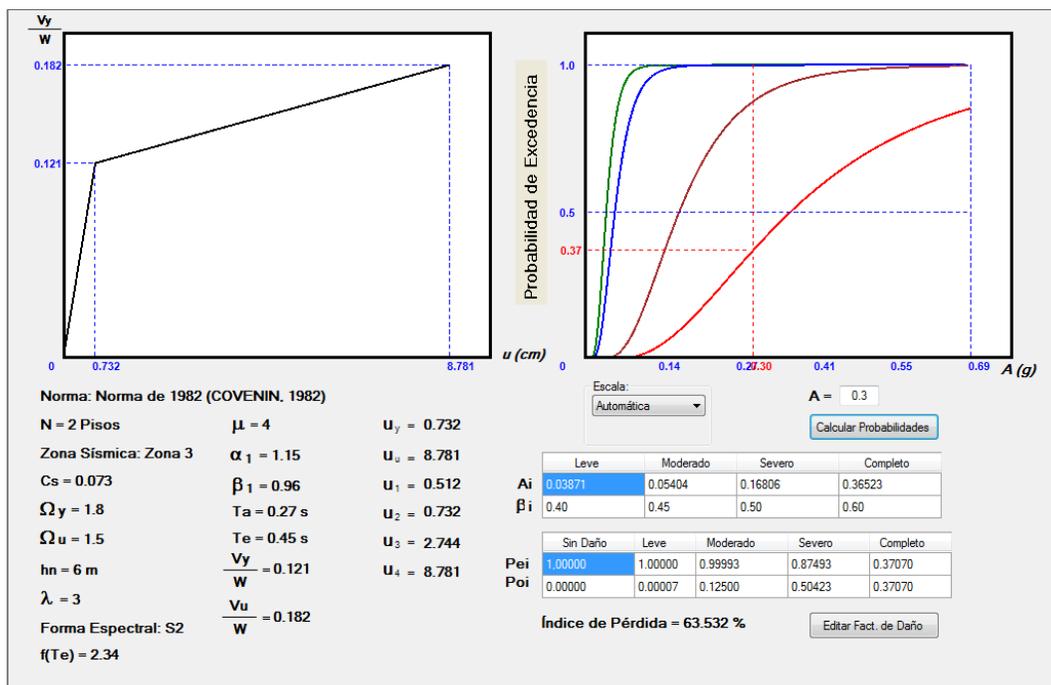
A-71. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 12 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



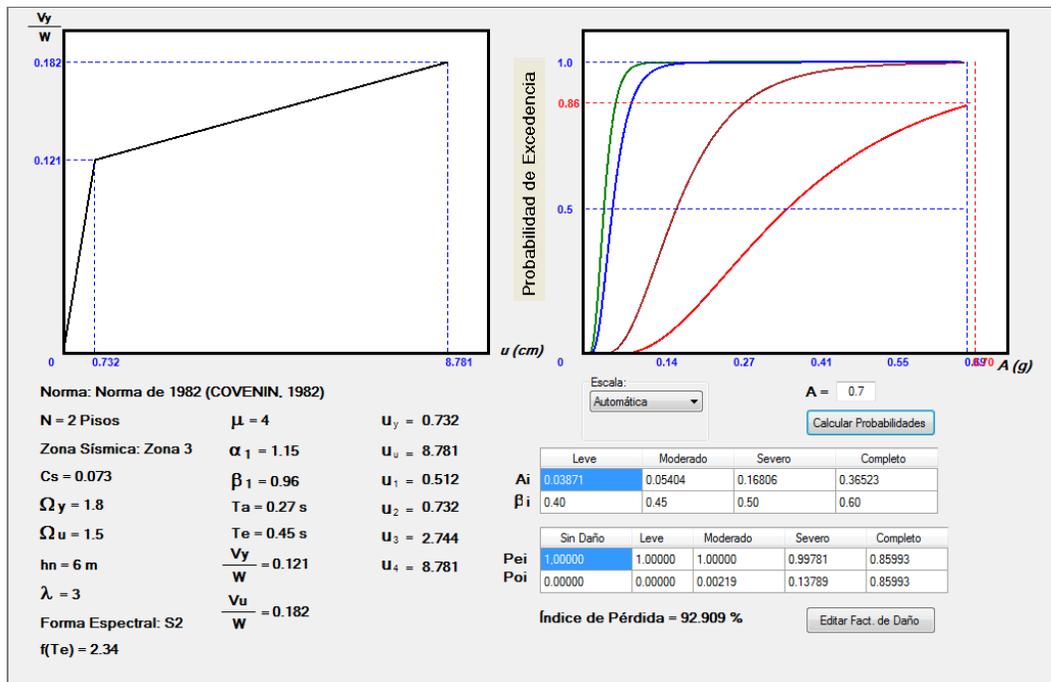
A-72. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 12 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



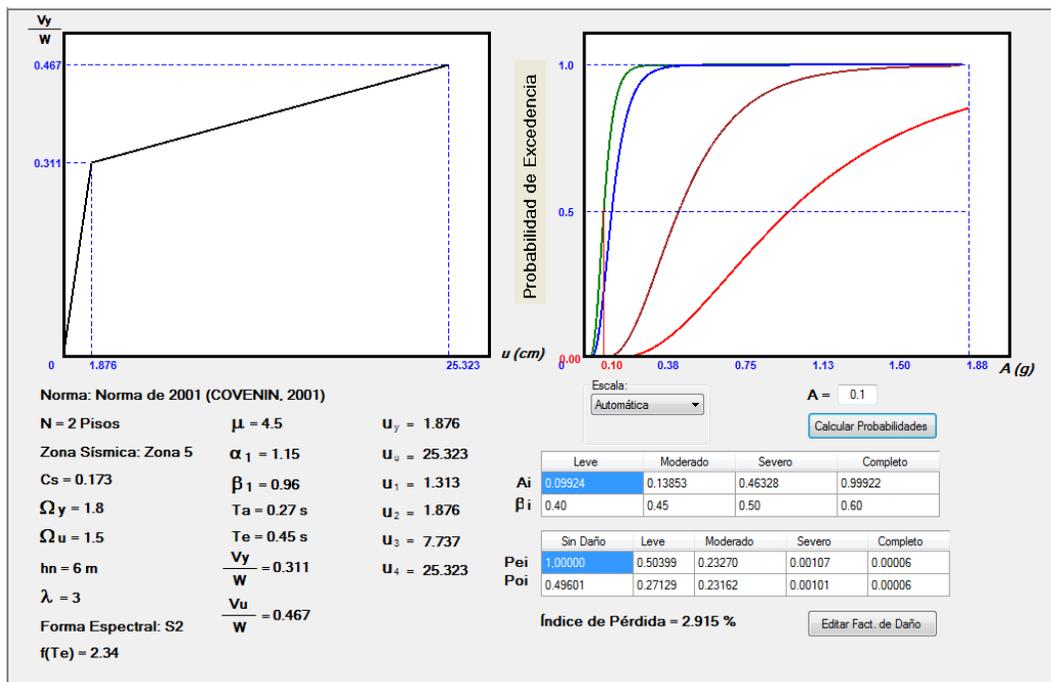
A-73. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 12 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



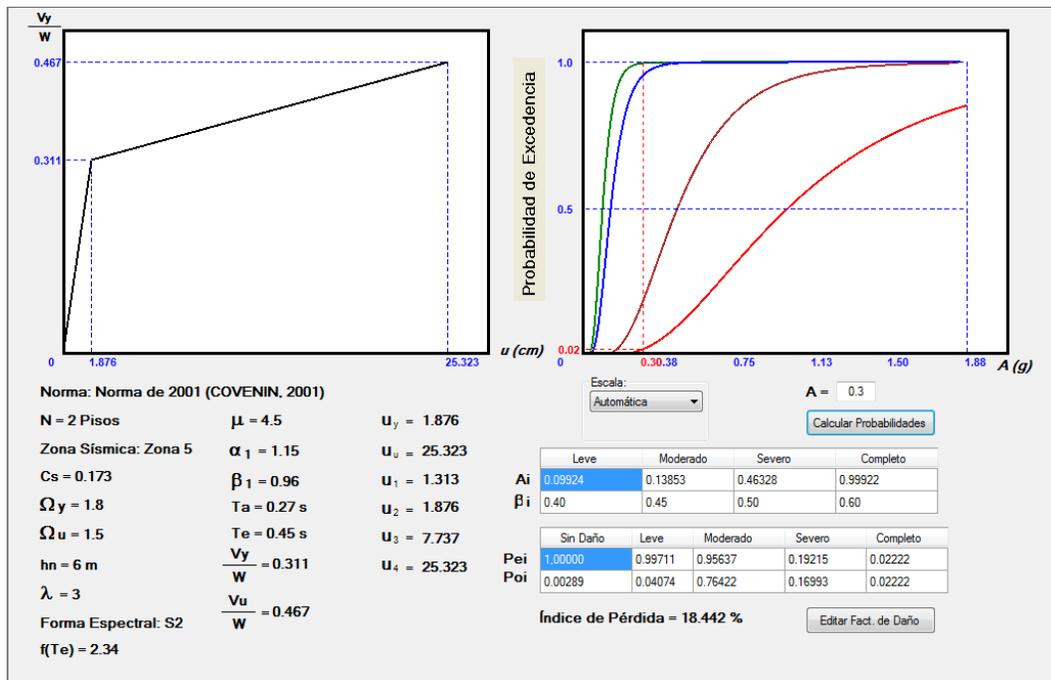
A-74. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 12 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



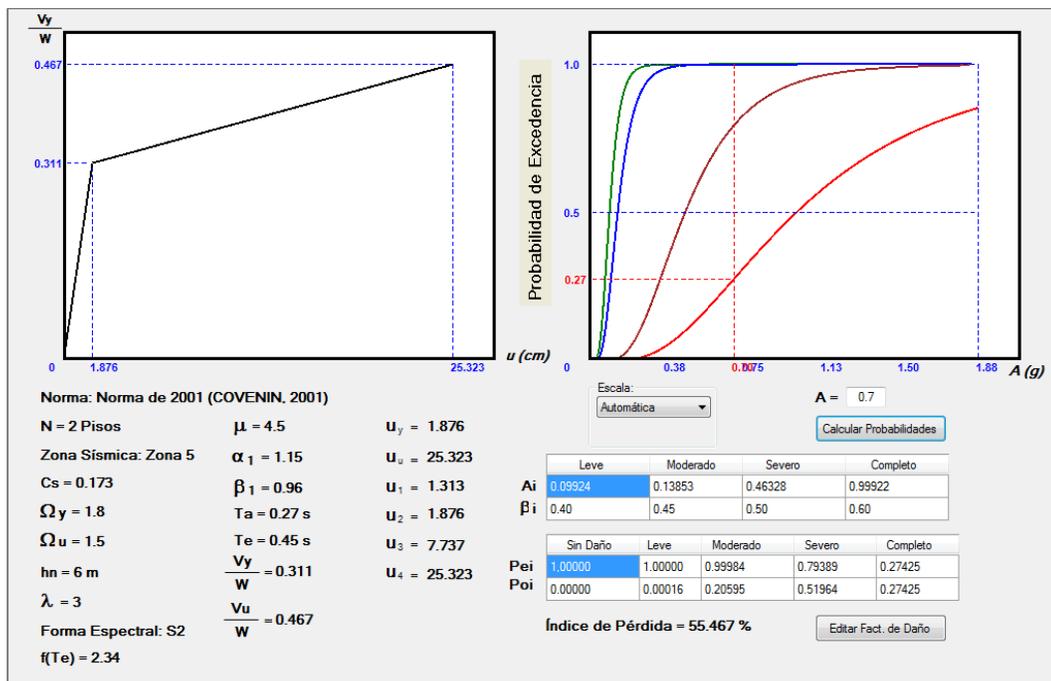
A-75. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 12 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



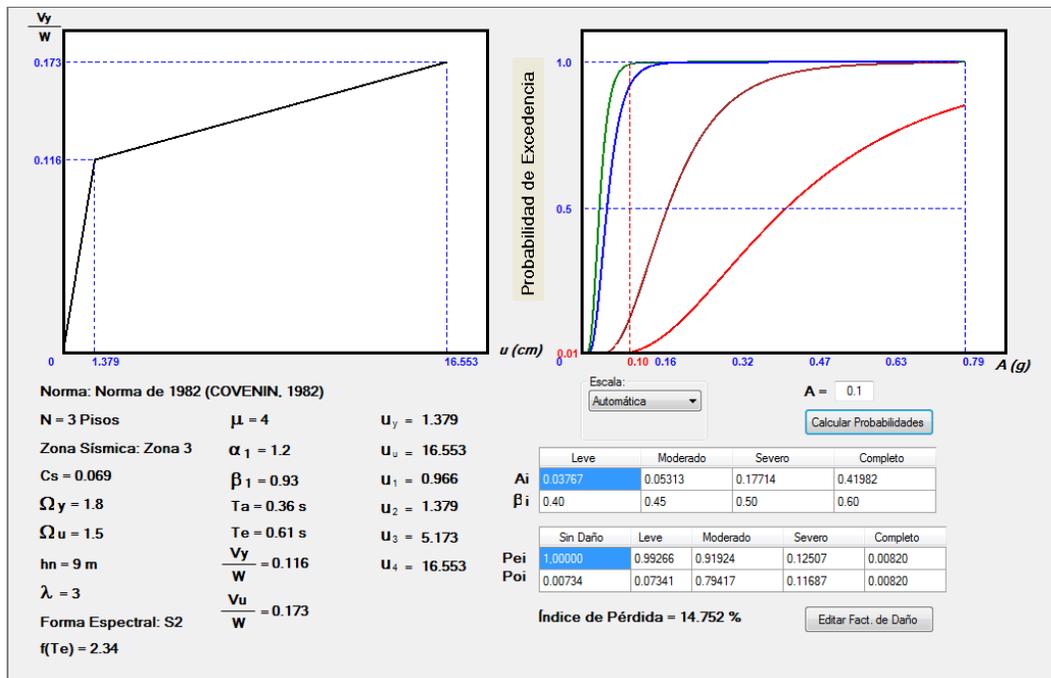
A-76. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 12 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



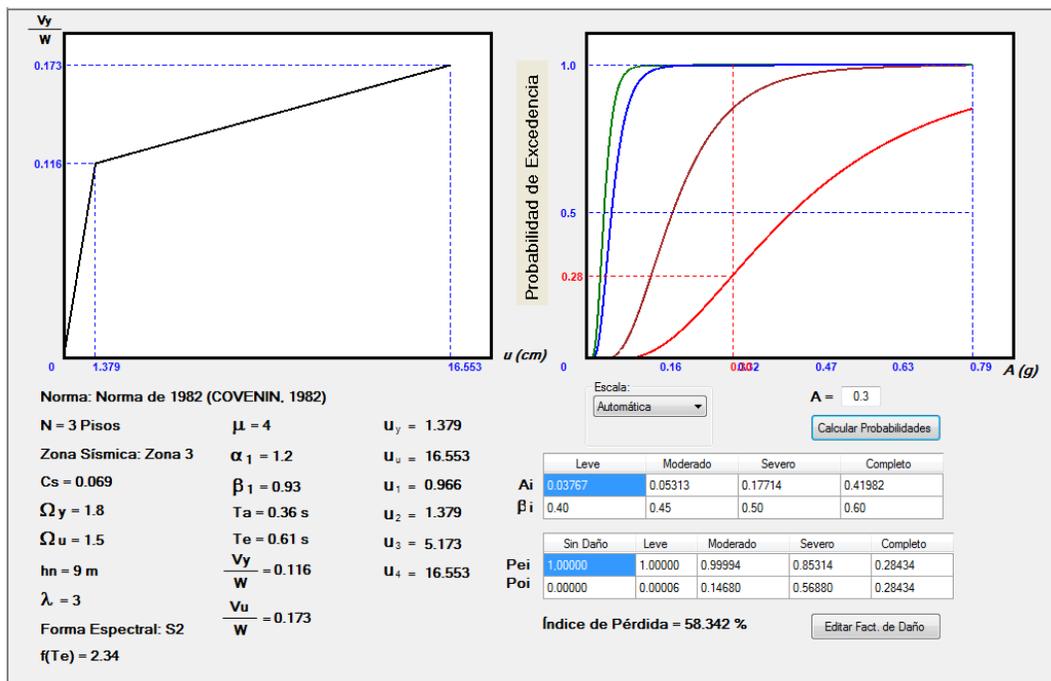
A-77. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 12 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



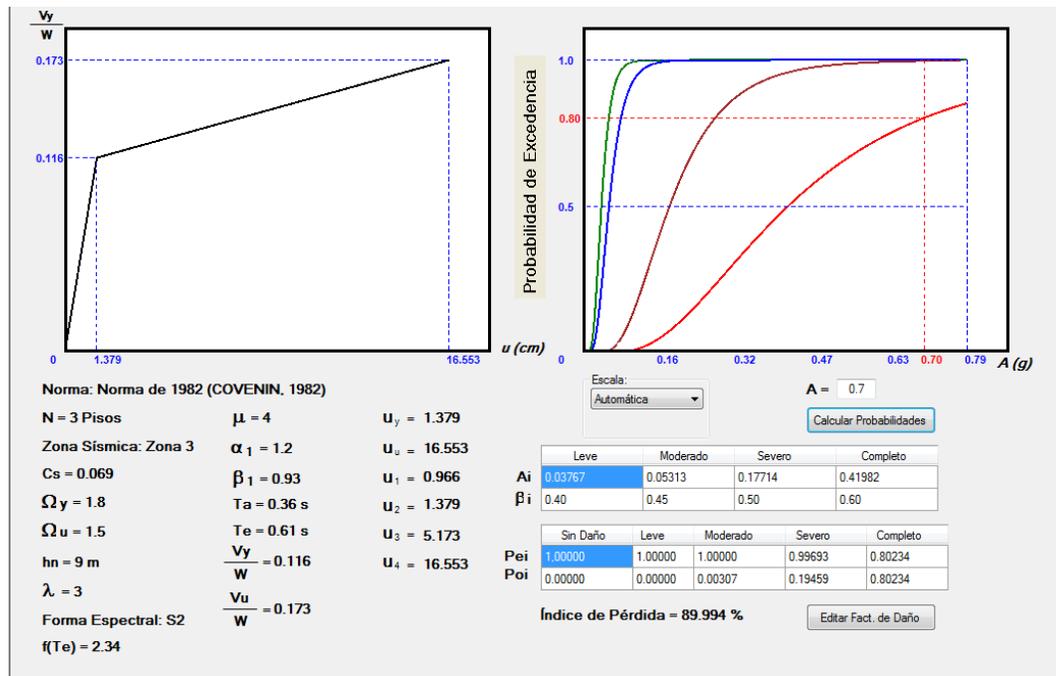
A-78. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 12 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



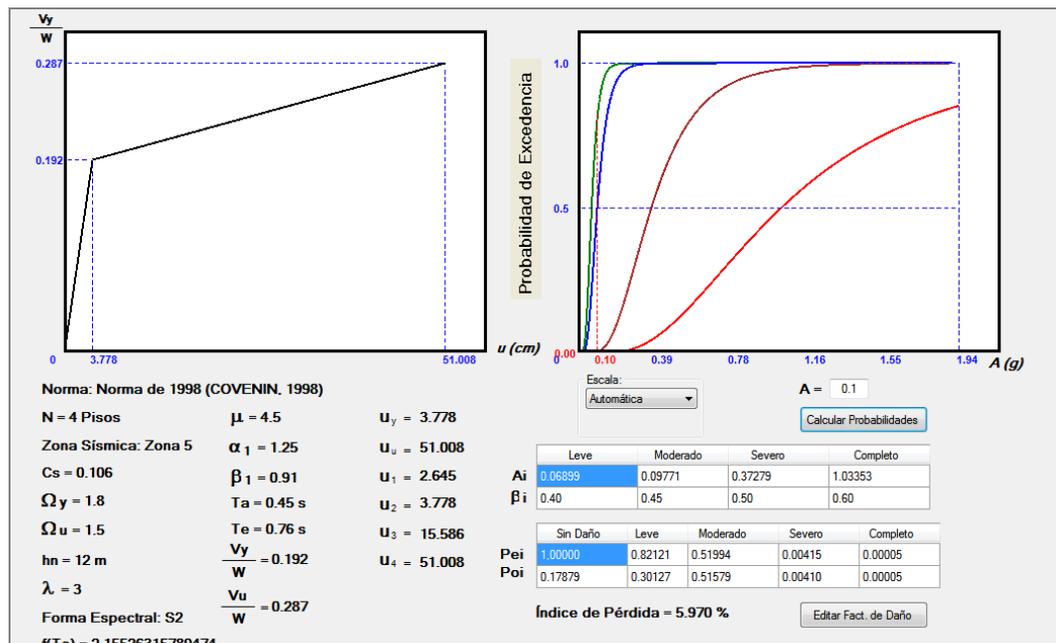
A-79. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 13 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



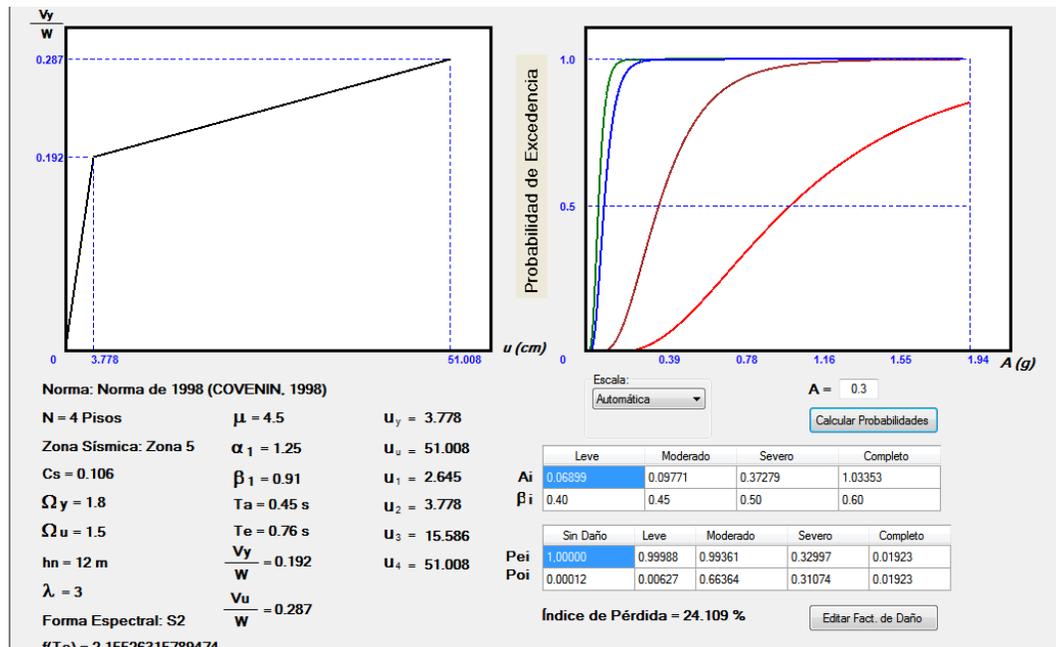
A-80. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 13 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



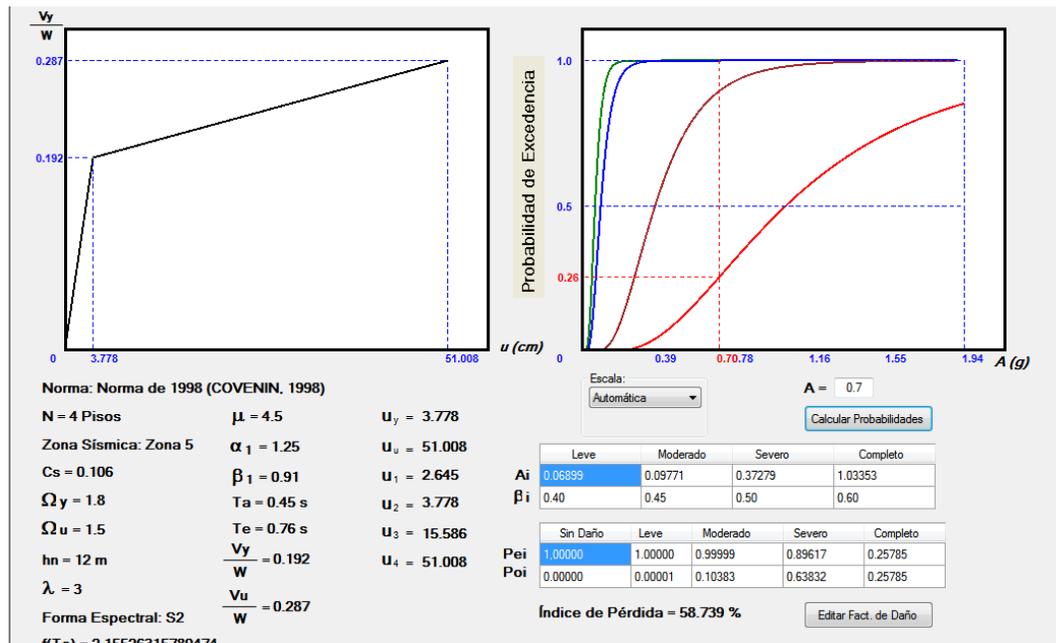
A-81. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 13 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



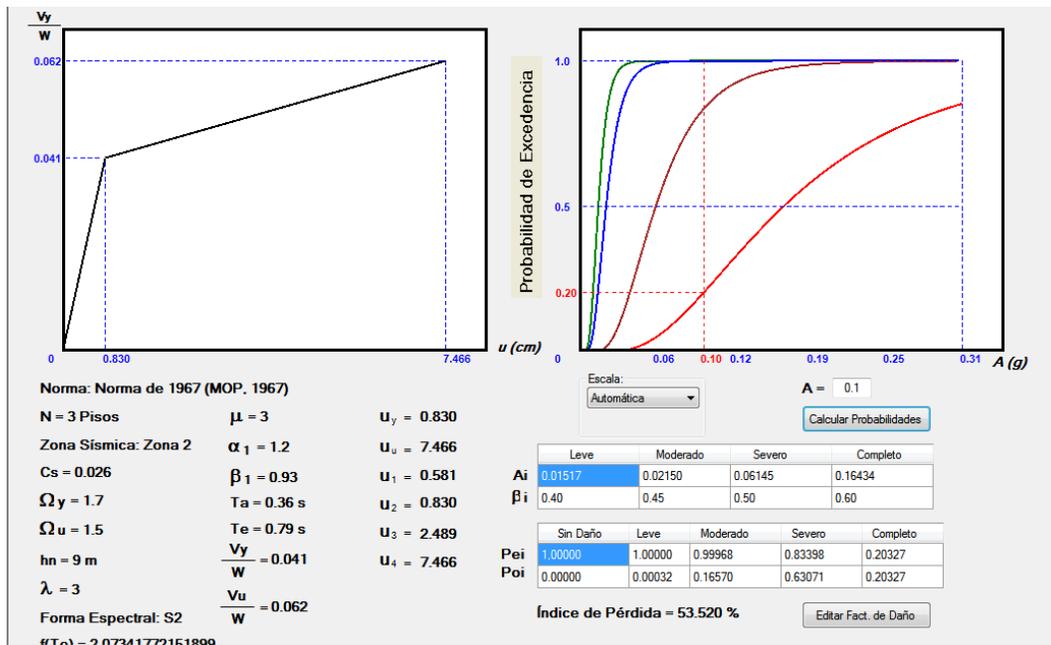
A-82. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 14 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



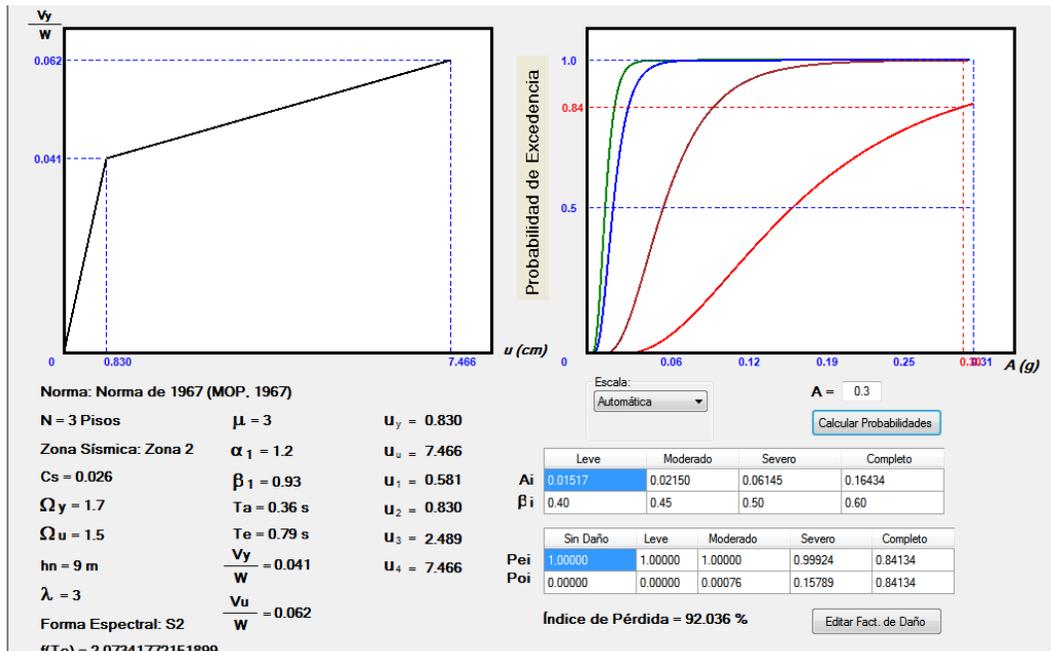
A-83. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 14 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



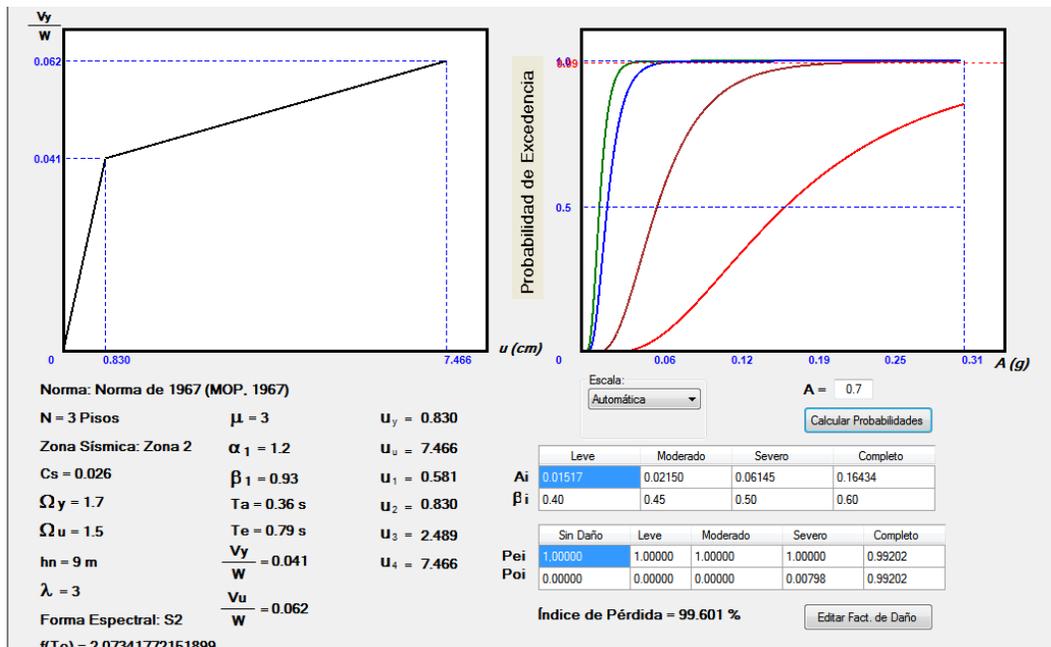
A-84. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 14 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



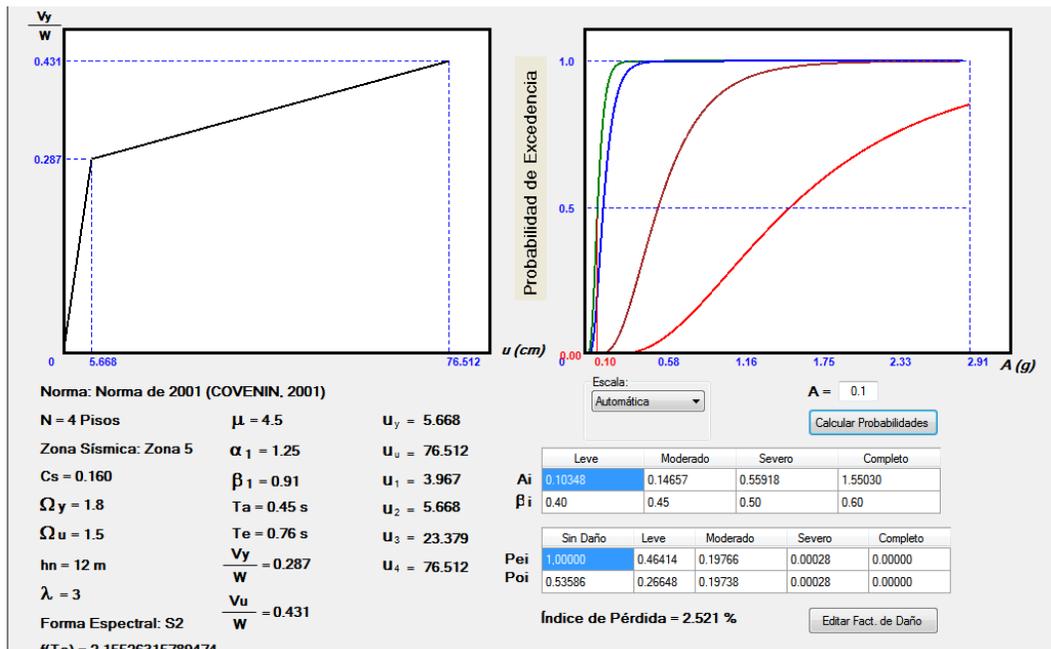
A-85. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 15 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



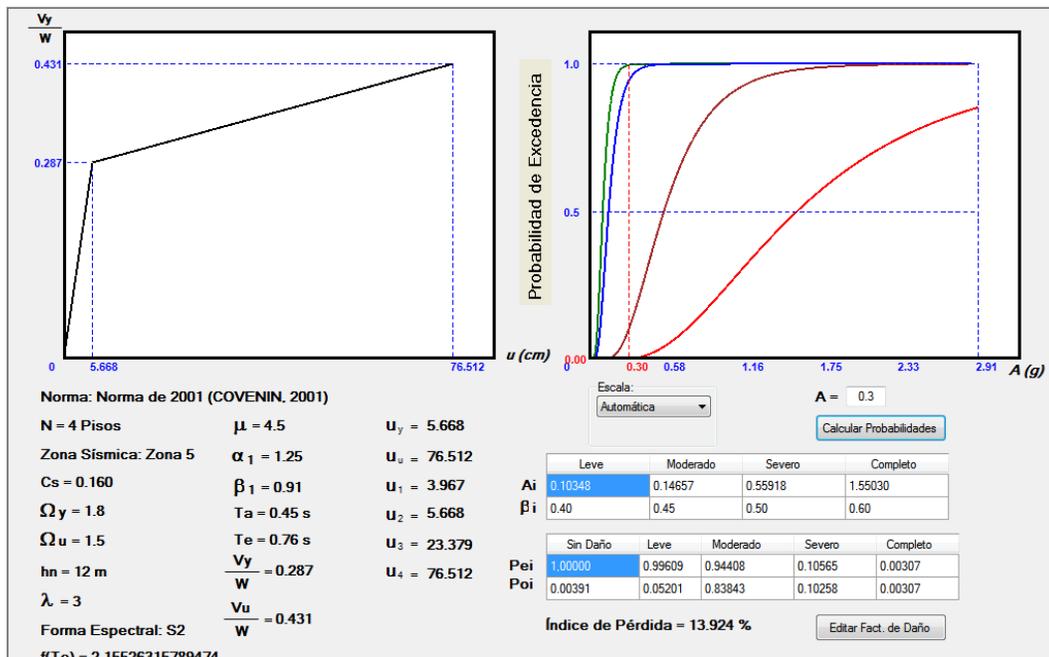
A-86. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 15 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



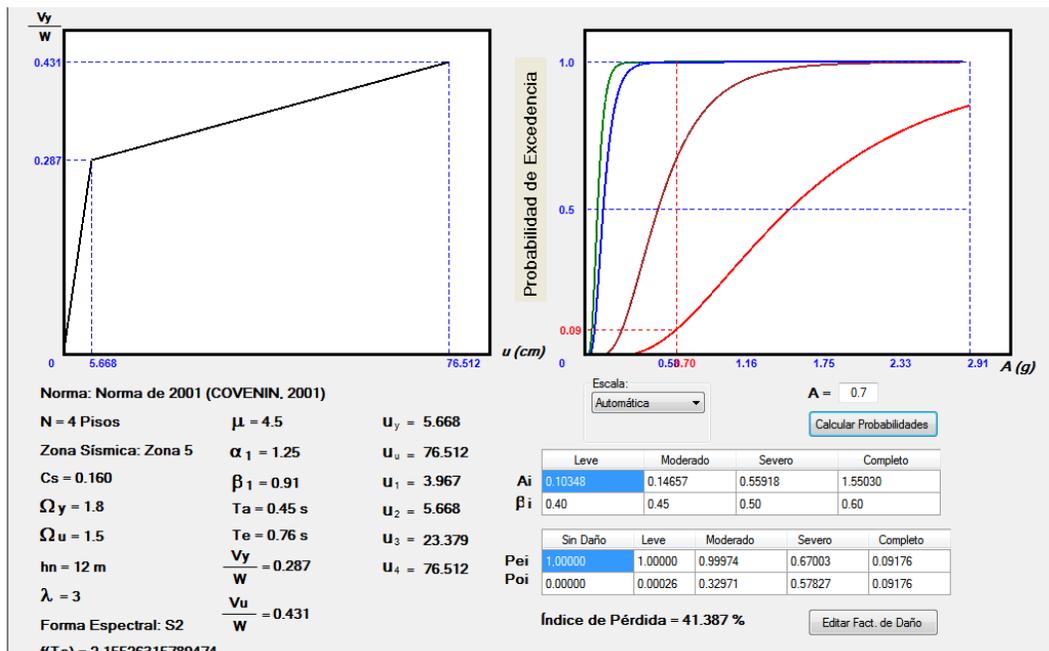
A-87. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 15 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



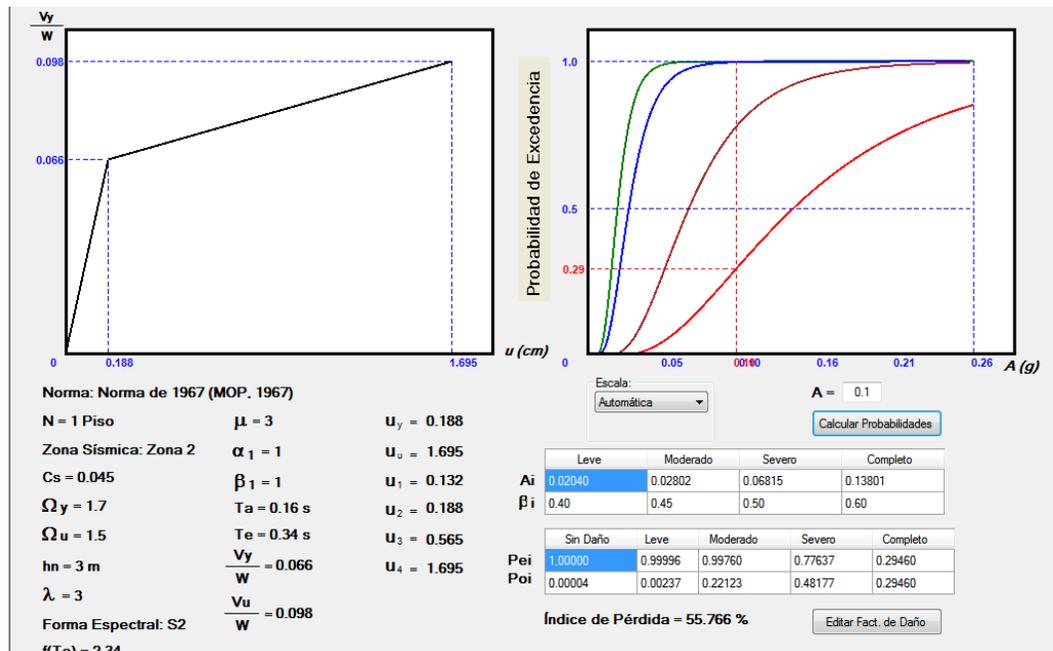
A-88. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 16 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



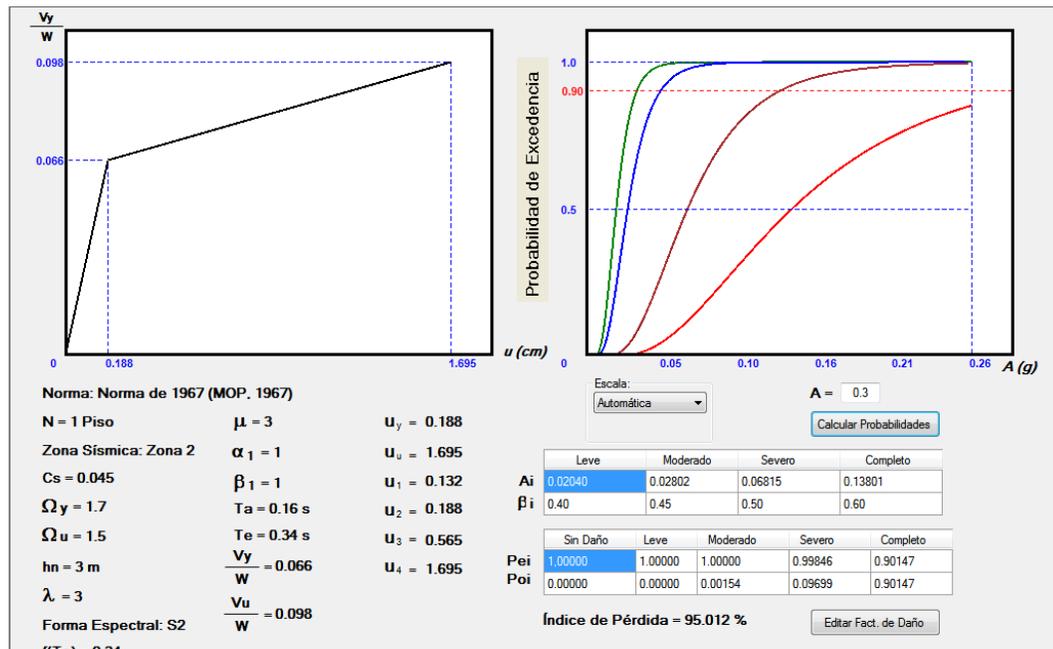
A-89. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 16 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



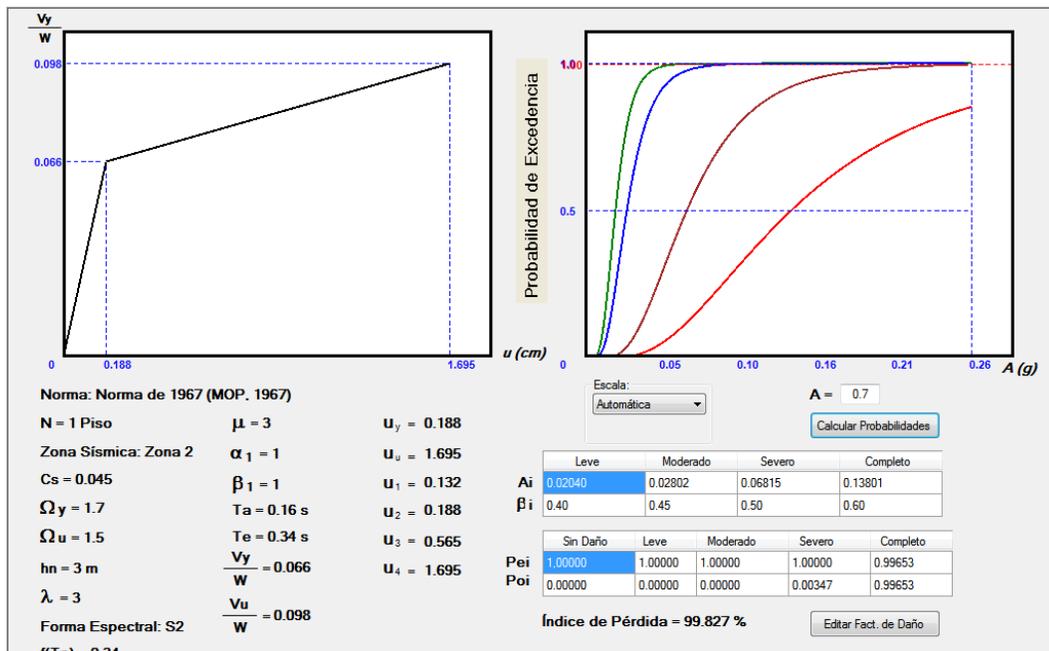
A-90. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 16 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



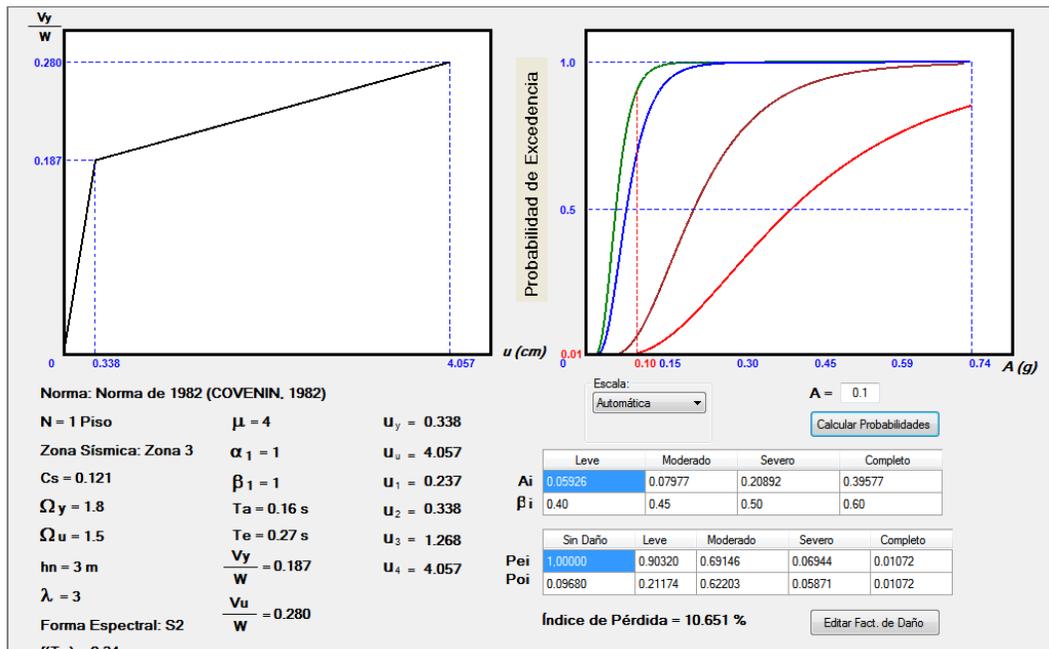
A-91. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 17 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



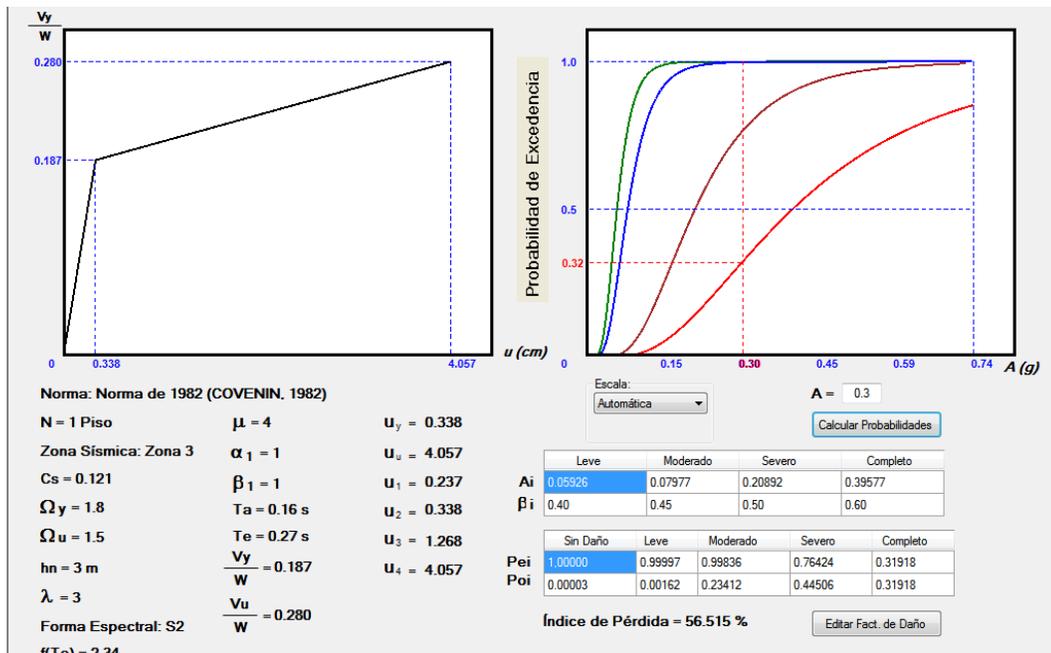
A-92. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 17 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



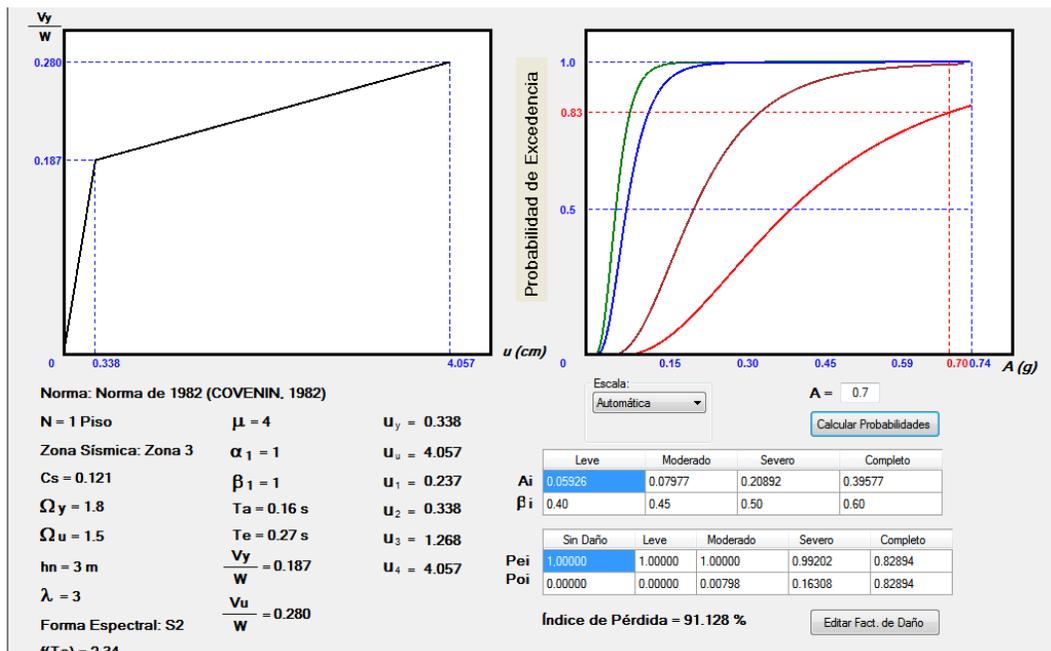
A-93. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 17 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



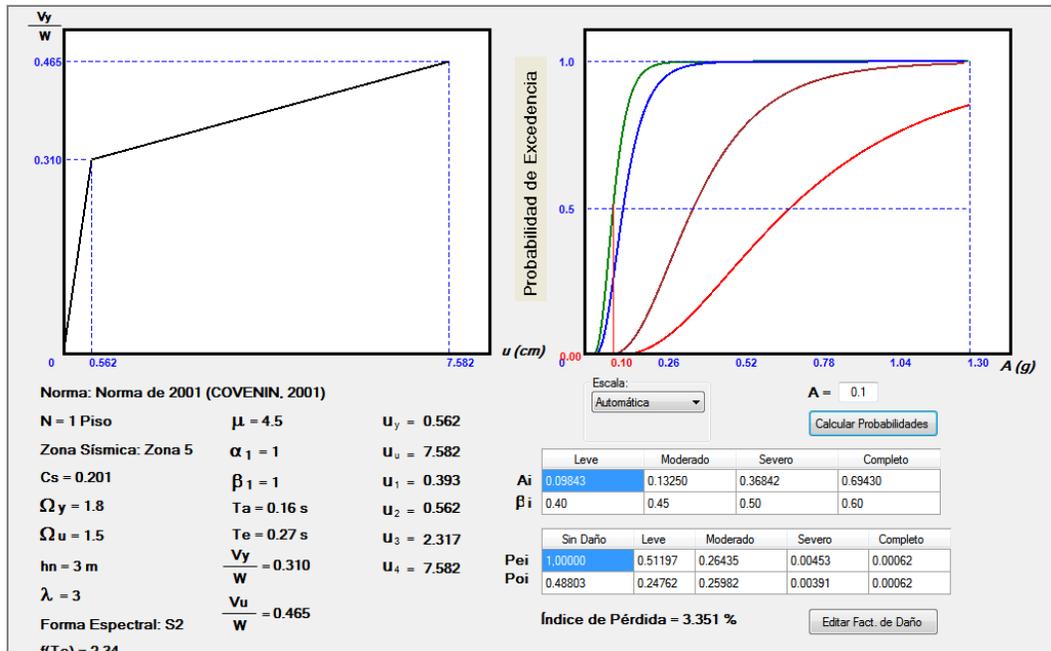
A-94. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 17 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



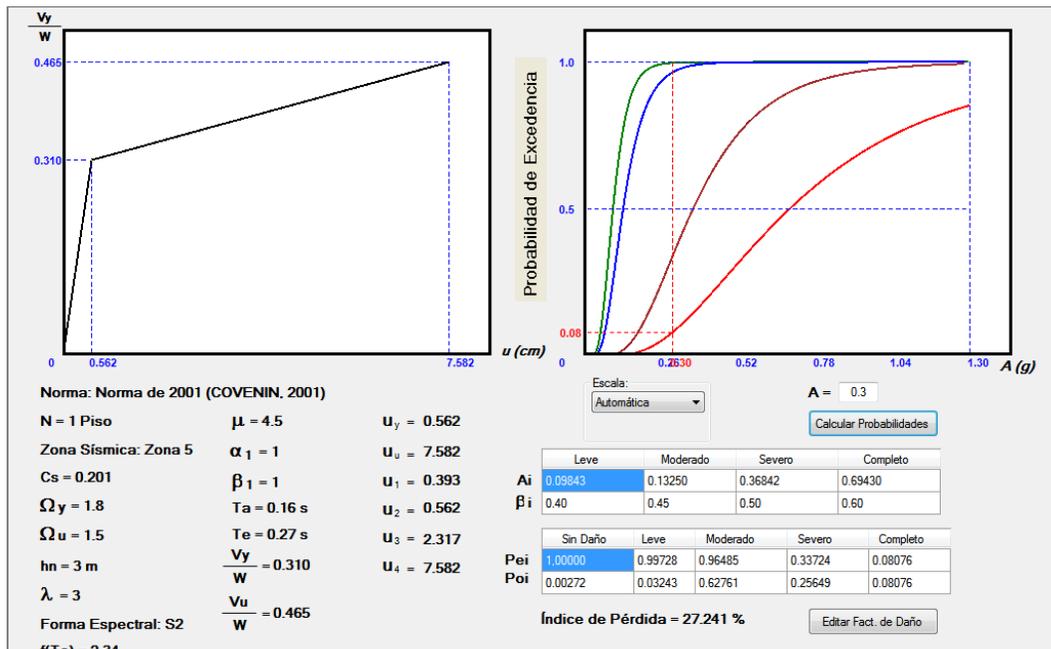
A-95. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 17 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



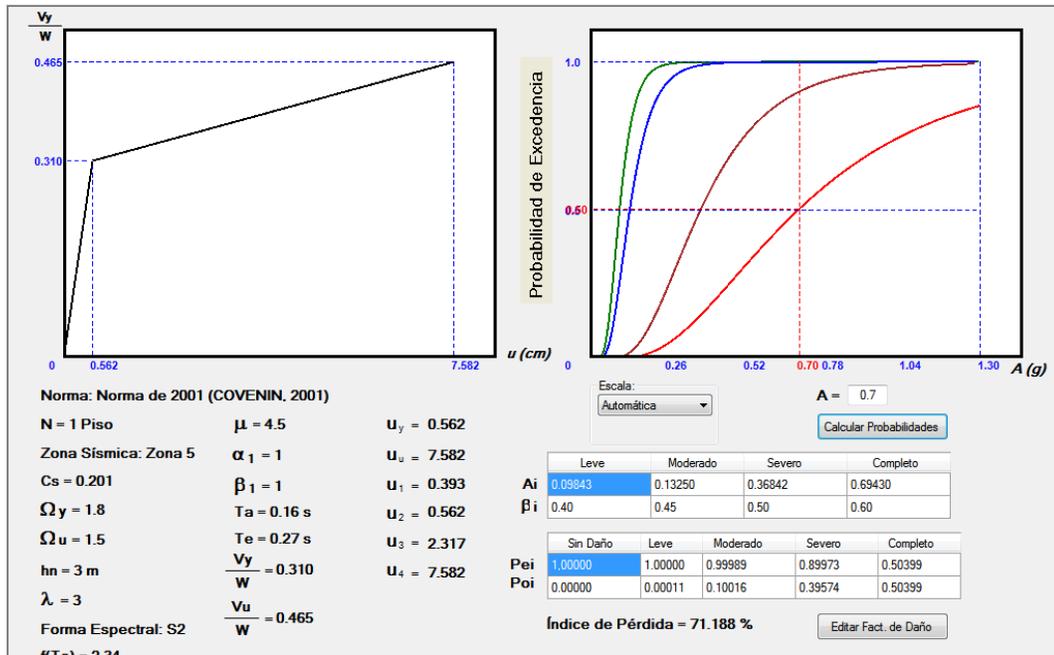
A-96. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 17 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



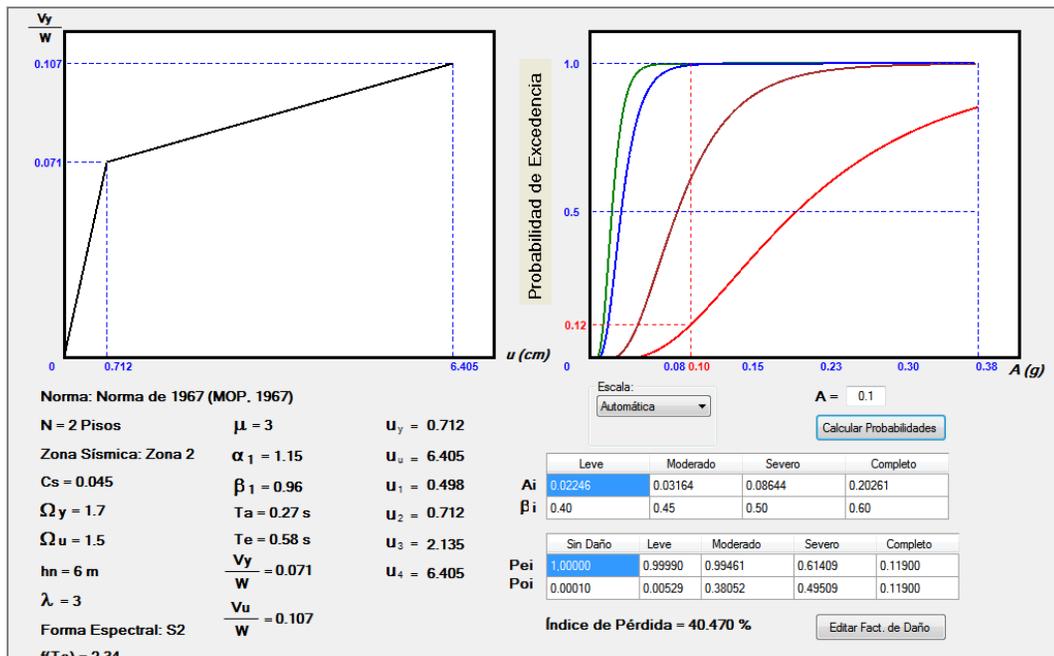
A-97. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 17 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



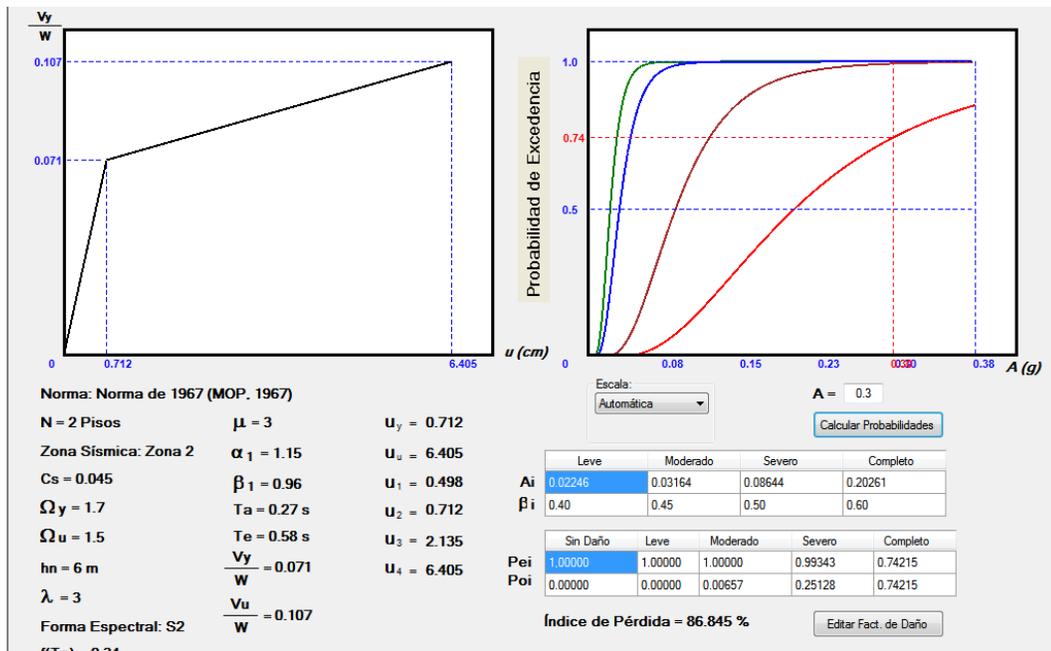
A-98. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 17 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



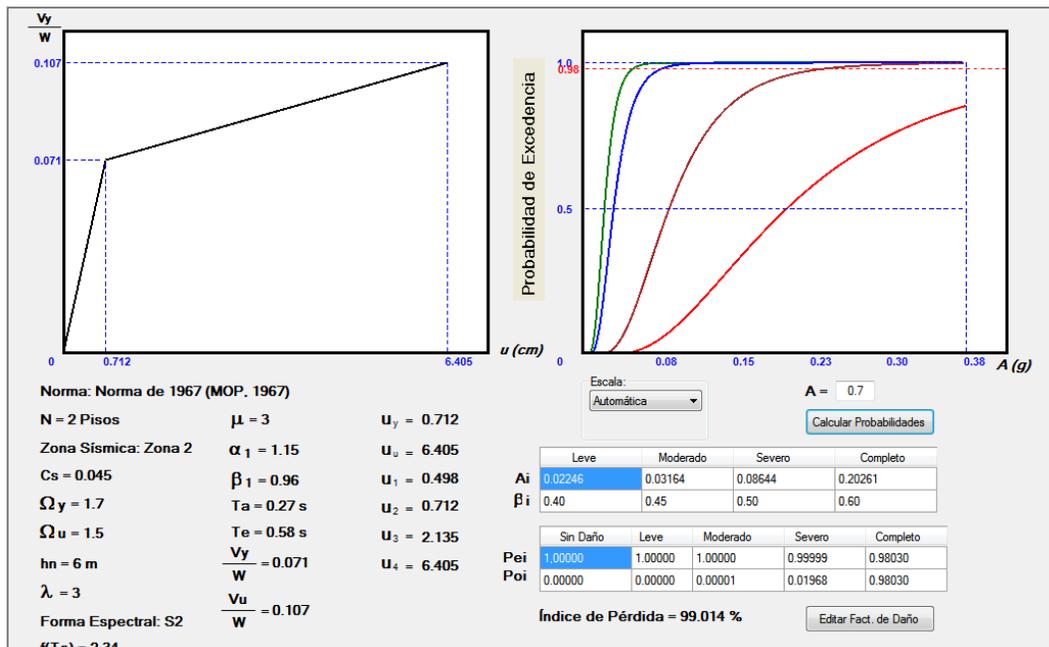
A-99. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 17 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



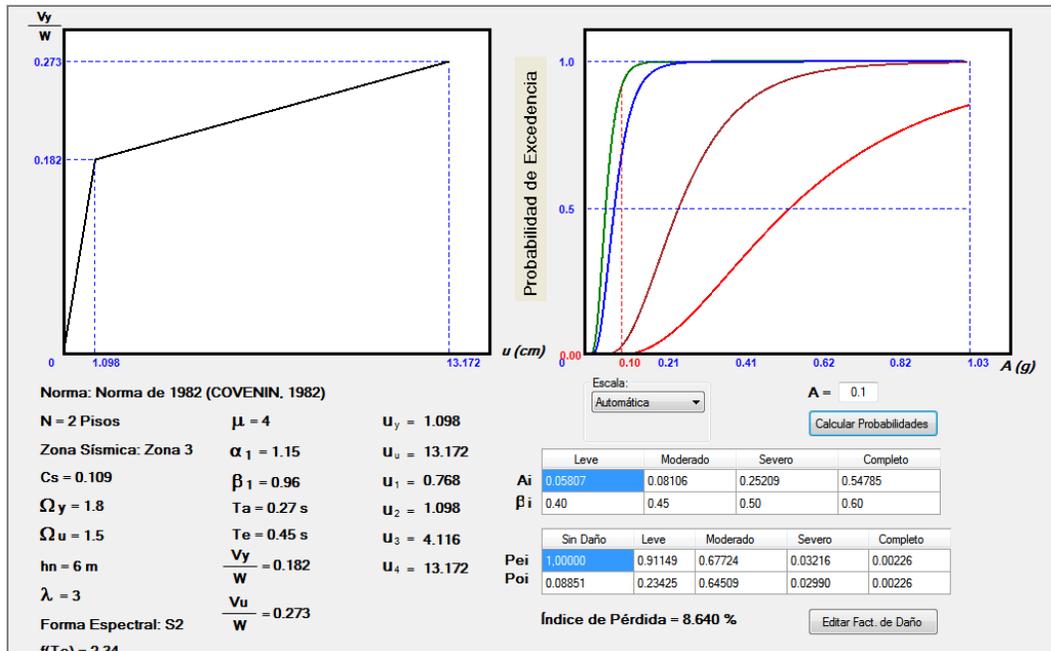
A-100. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 18 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



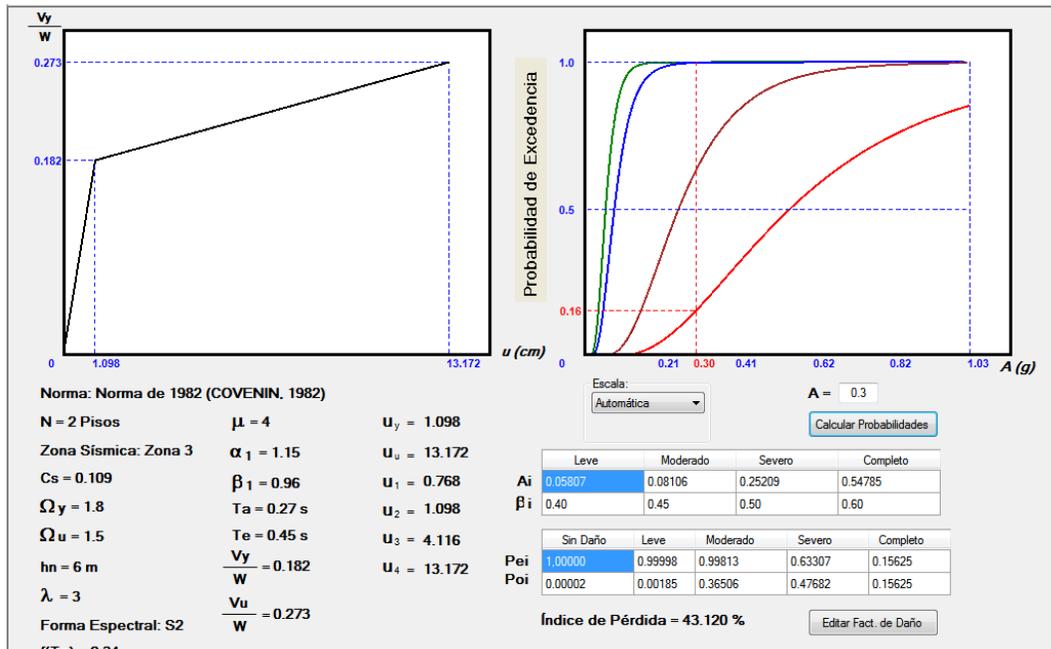
A-101. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 18 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



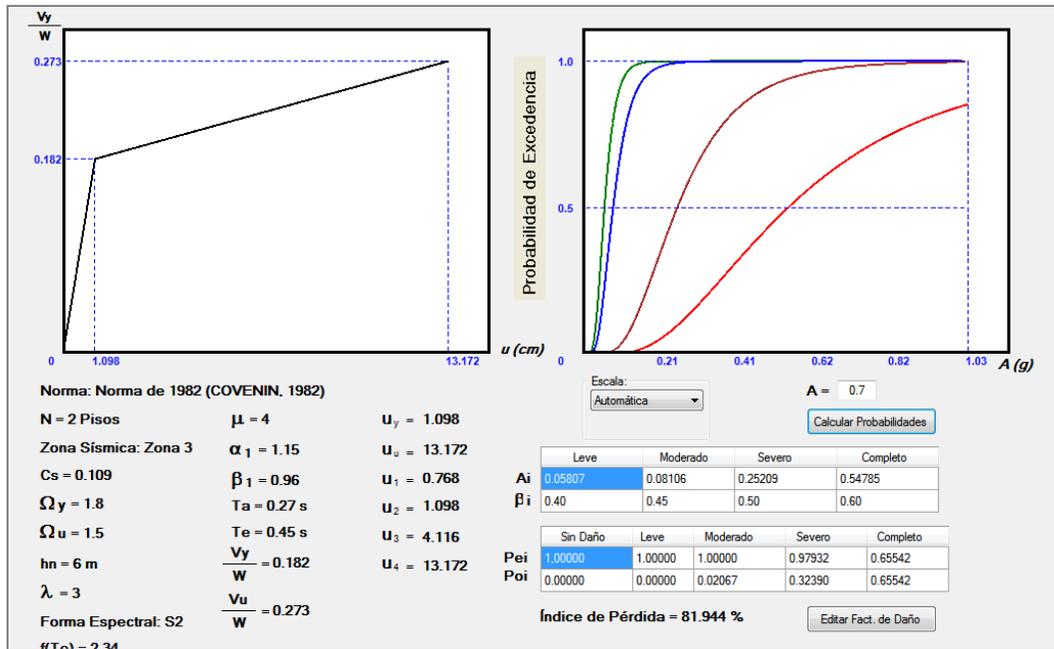
A-102. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 18 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



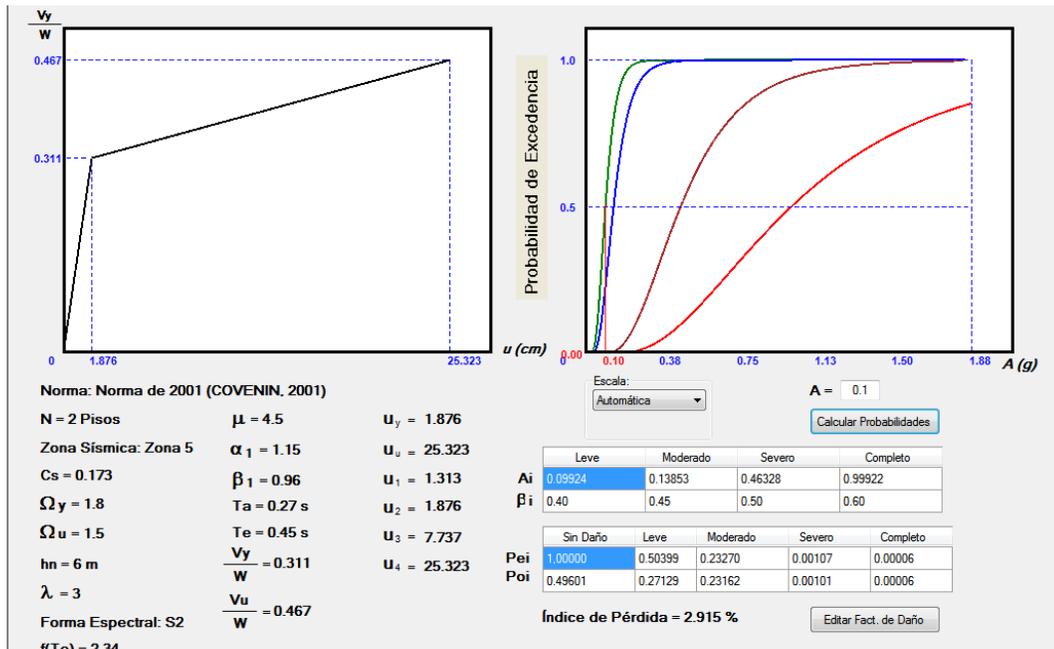
A-103. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 18 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



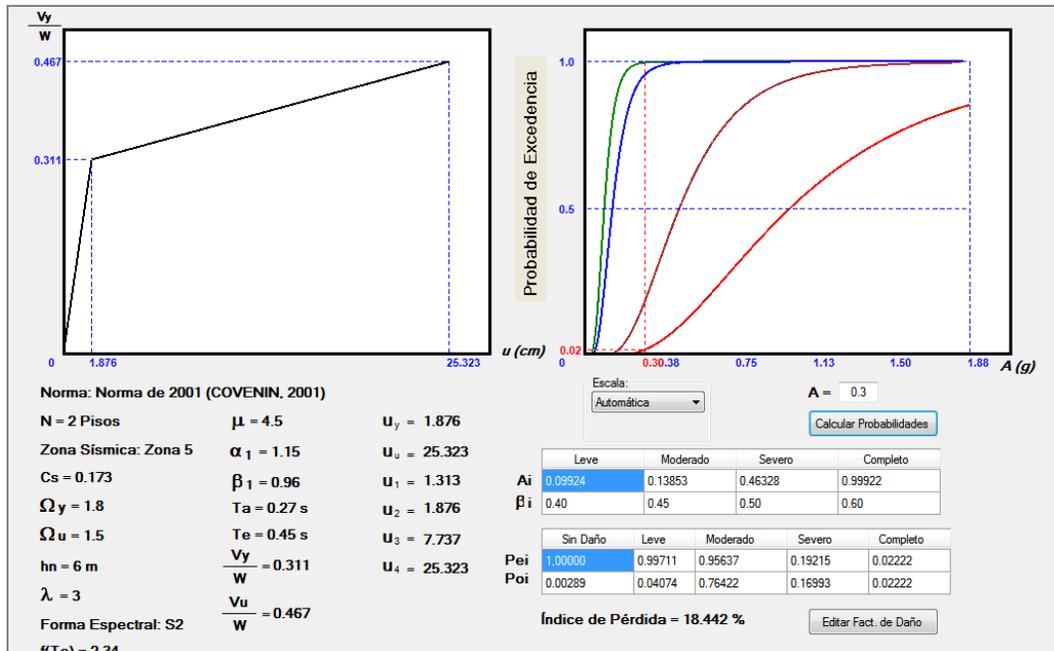
A-104. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 18 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



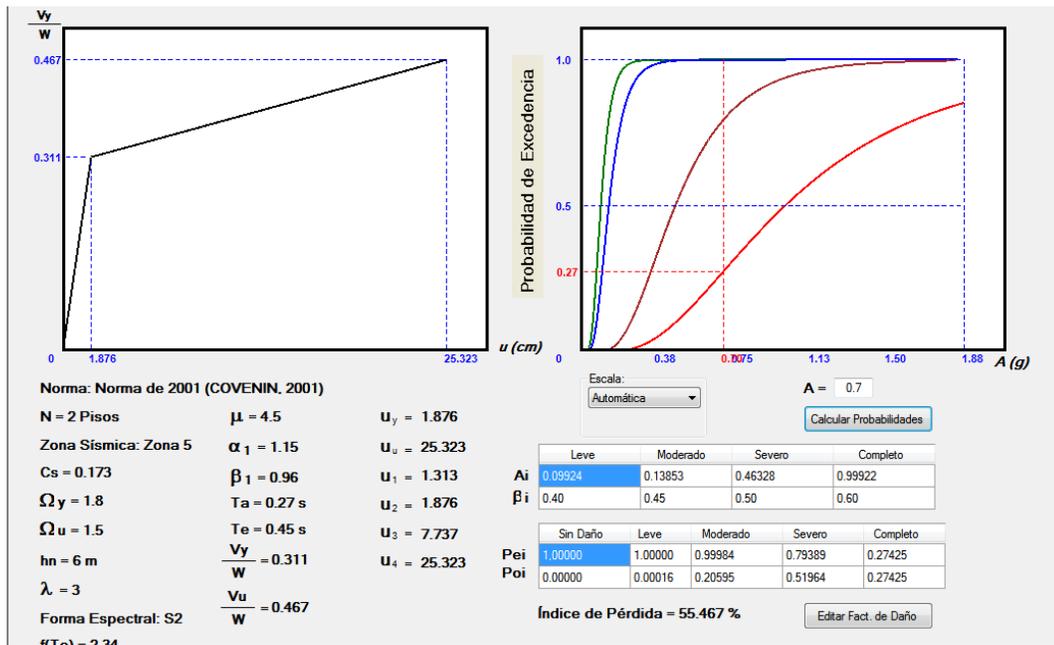
A-105. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 18 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



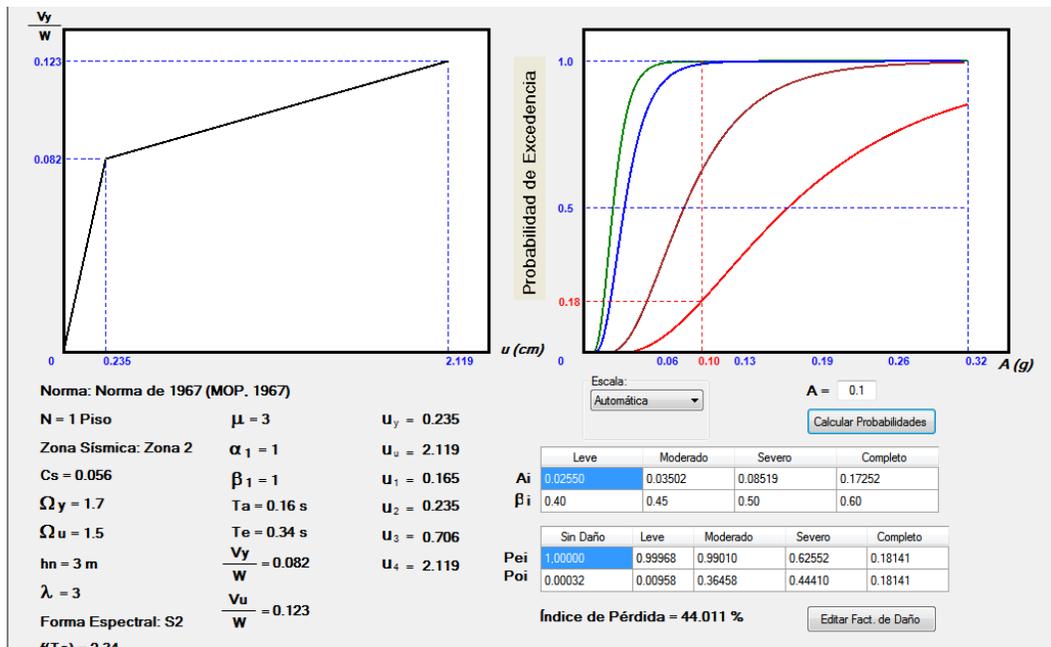
A-106. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 18 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



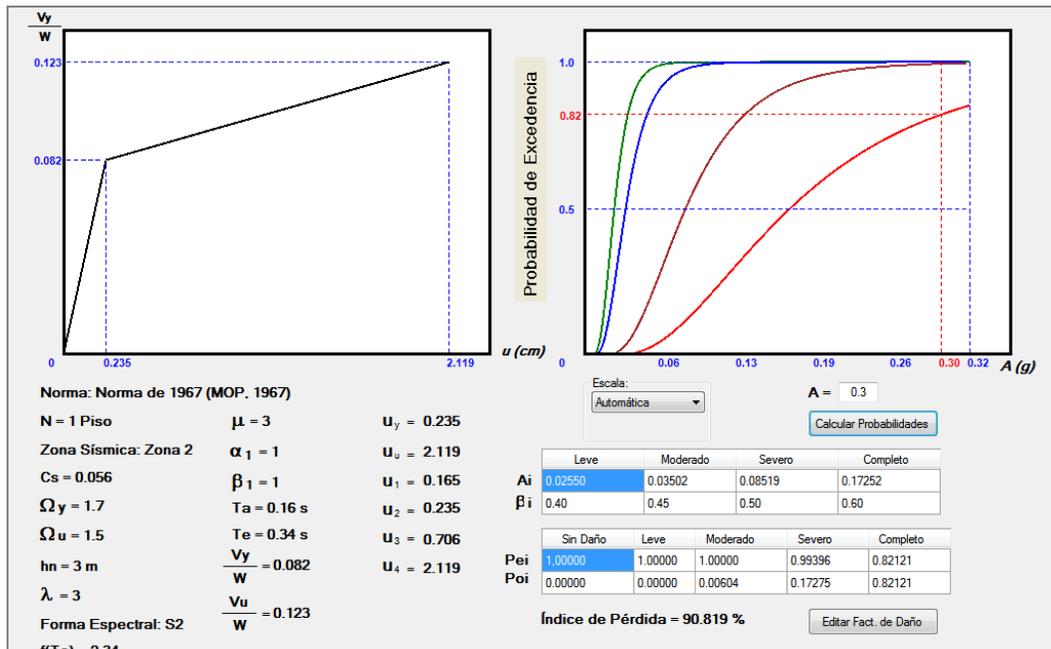
A-107. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 18 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



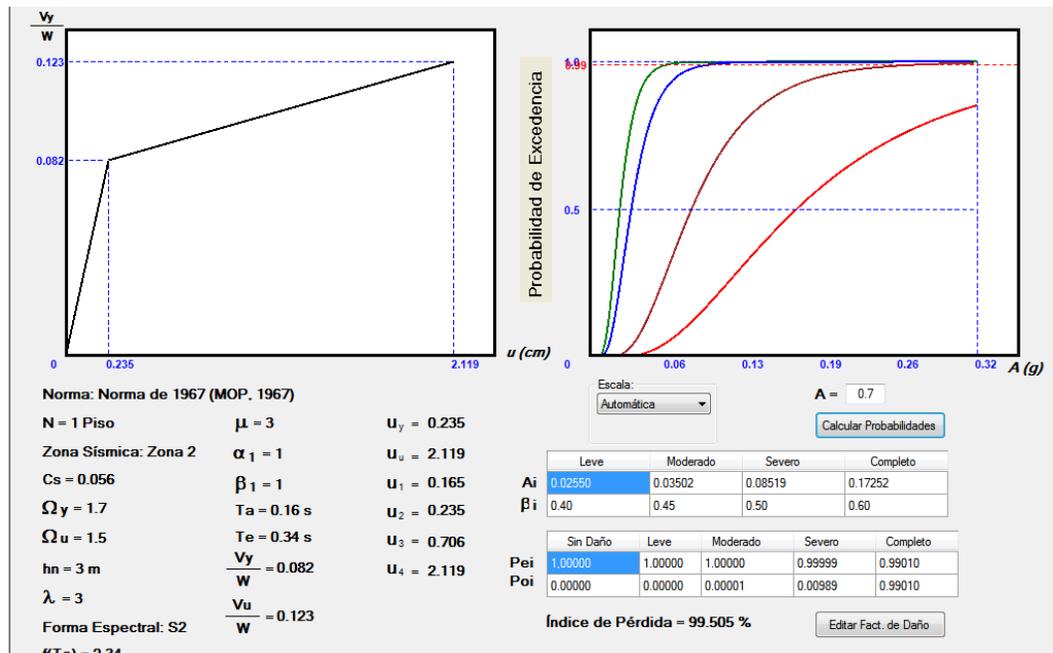
A-108. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 18 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



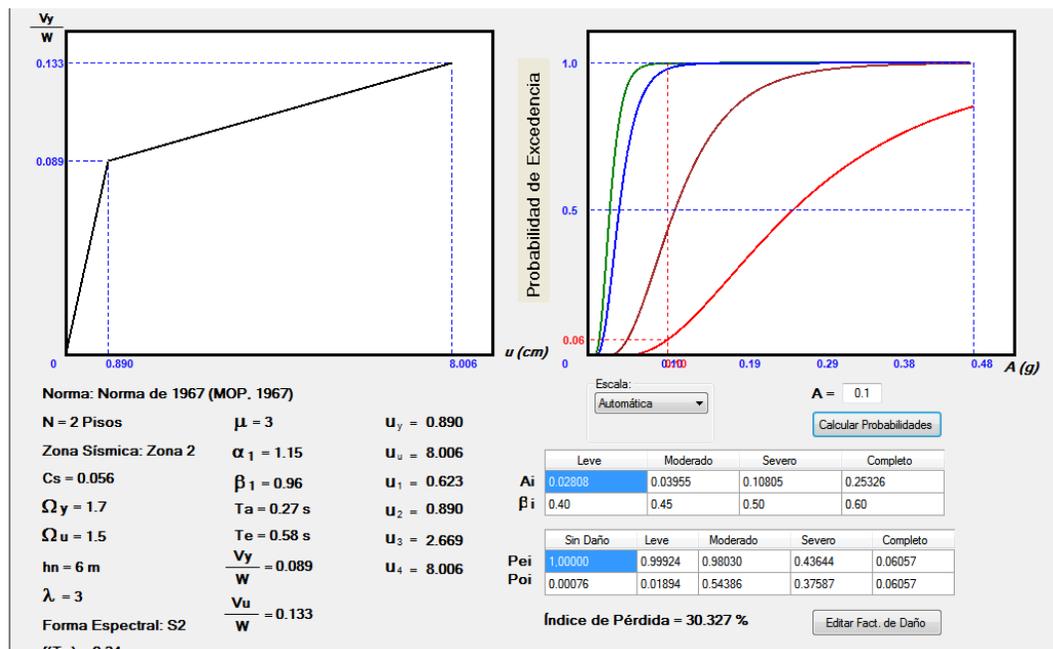
A-109. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 19 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



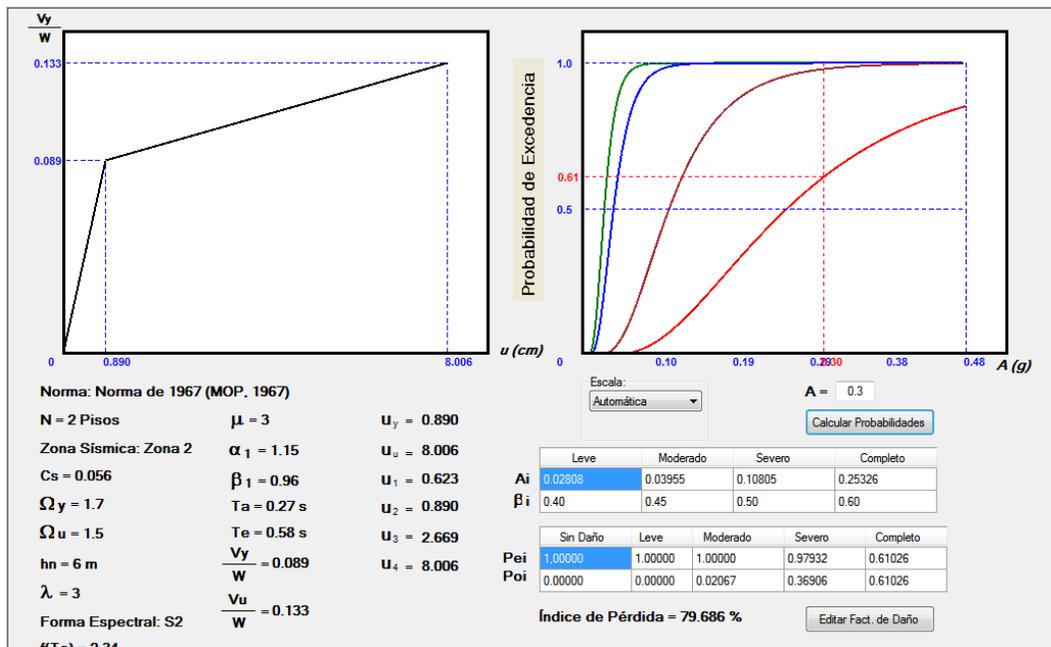
A-110. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 19 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



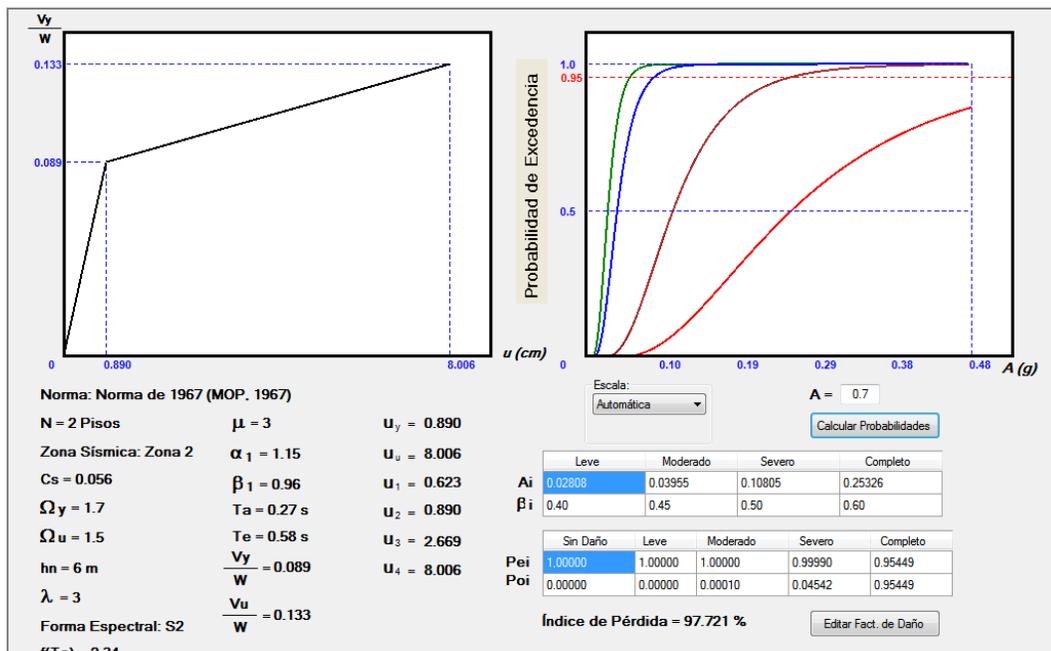
A-111. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 19 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



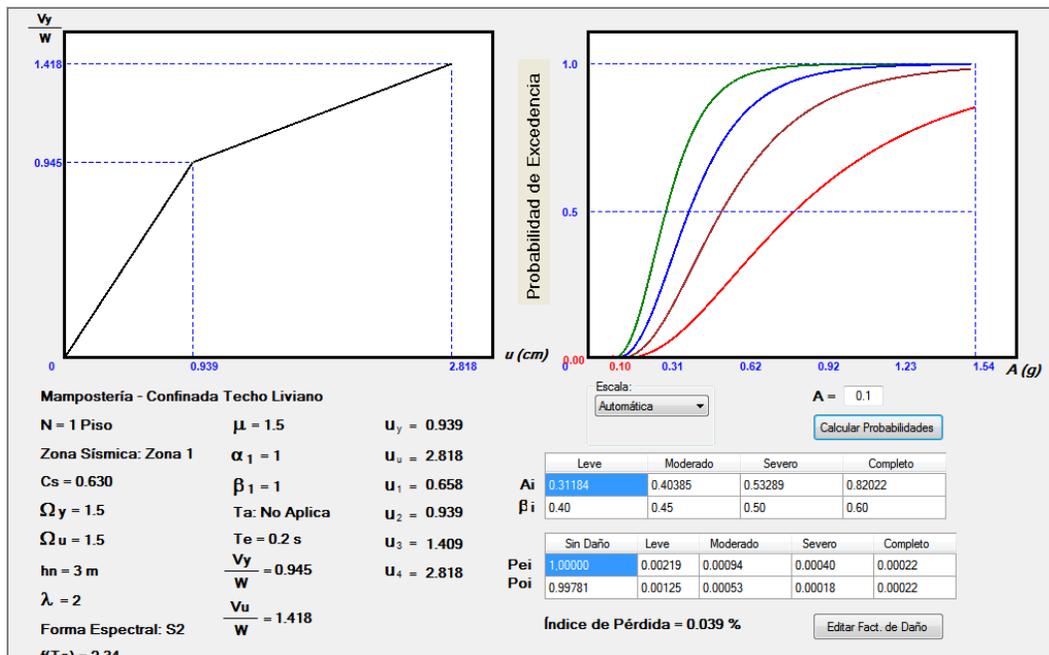
A-112. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 20 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



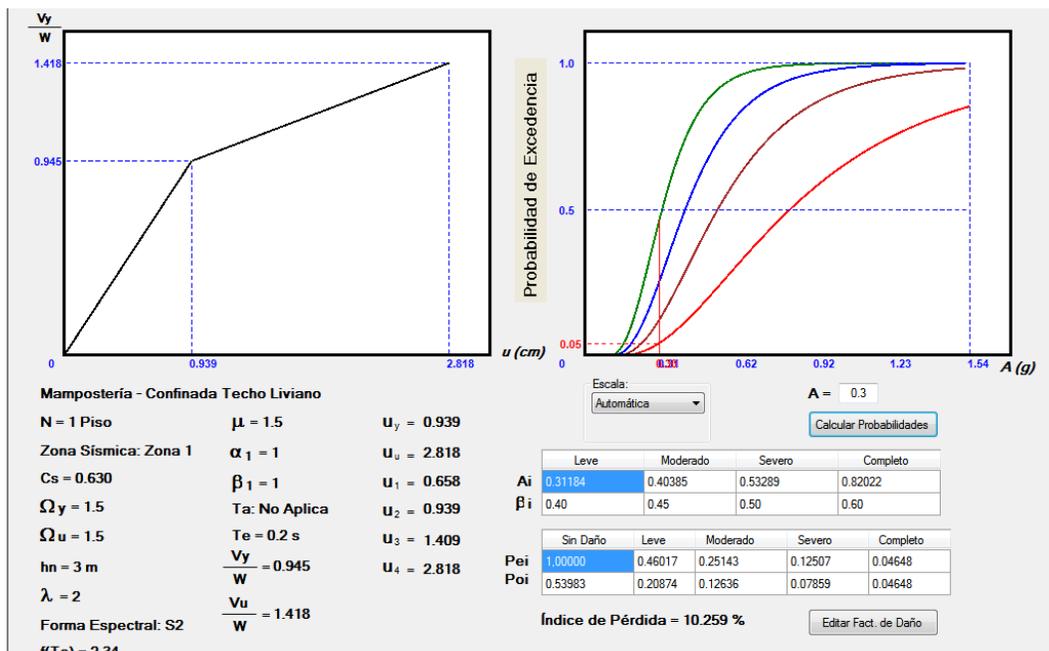
A-113. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 20 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



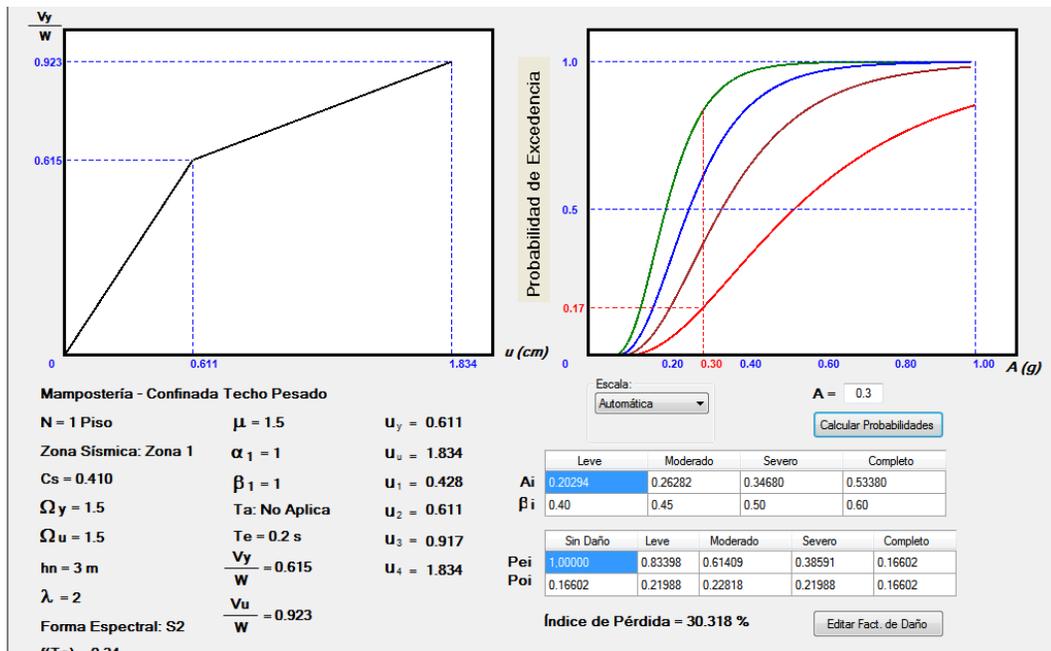
A-114. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 20 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



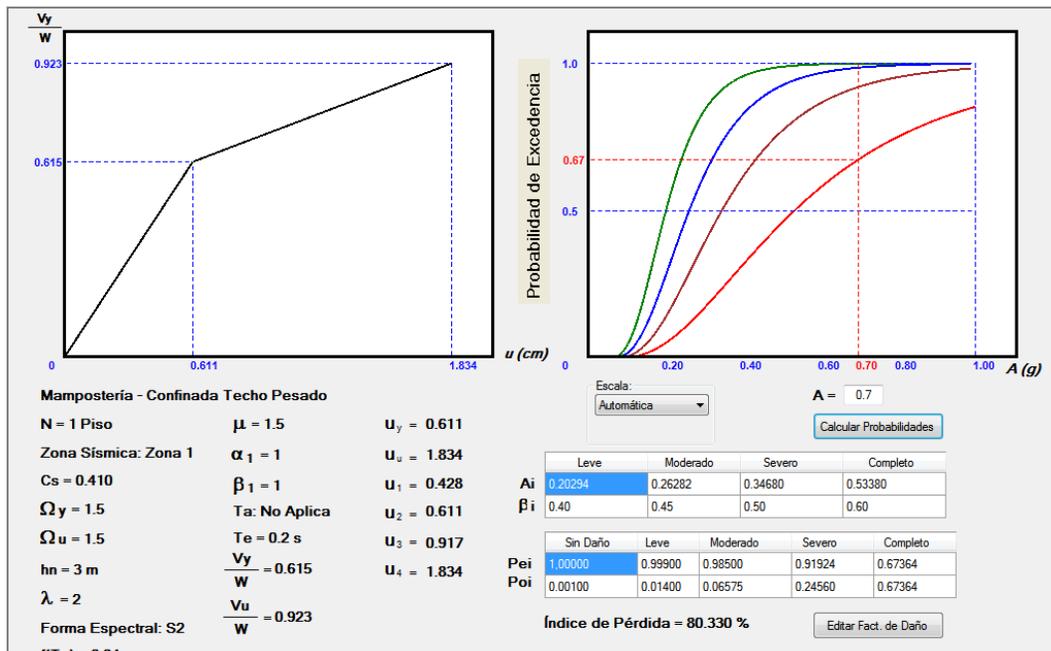
A-115. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 21 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



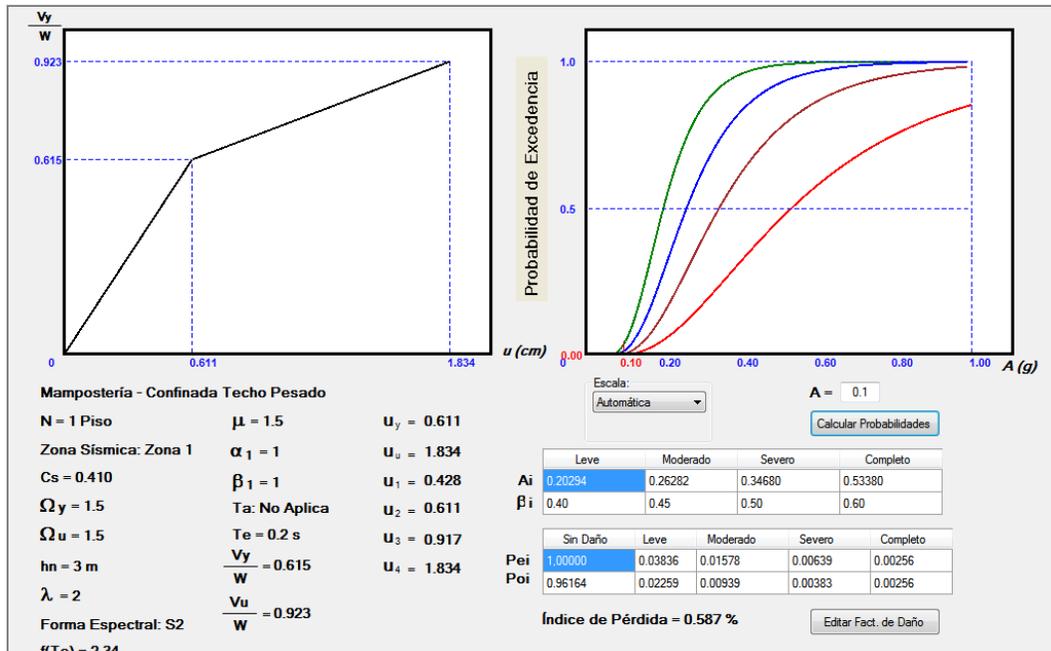
A-116. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 21 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



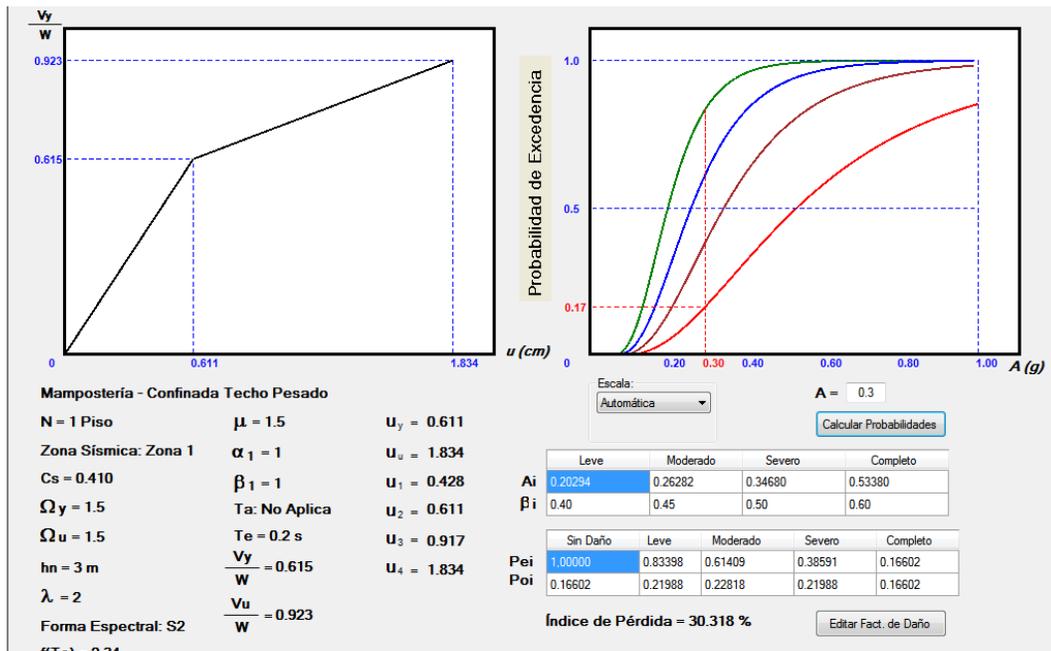
A-119. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 21 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



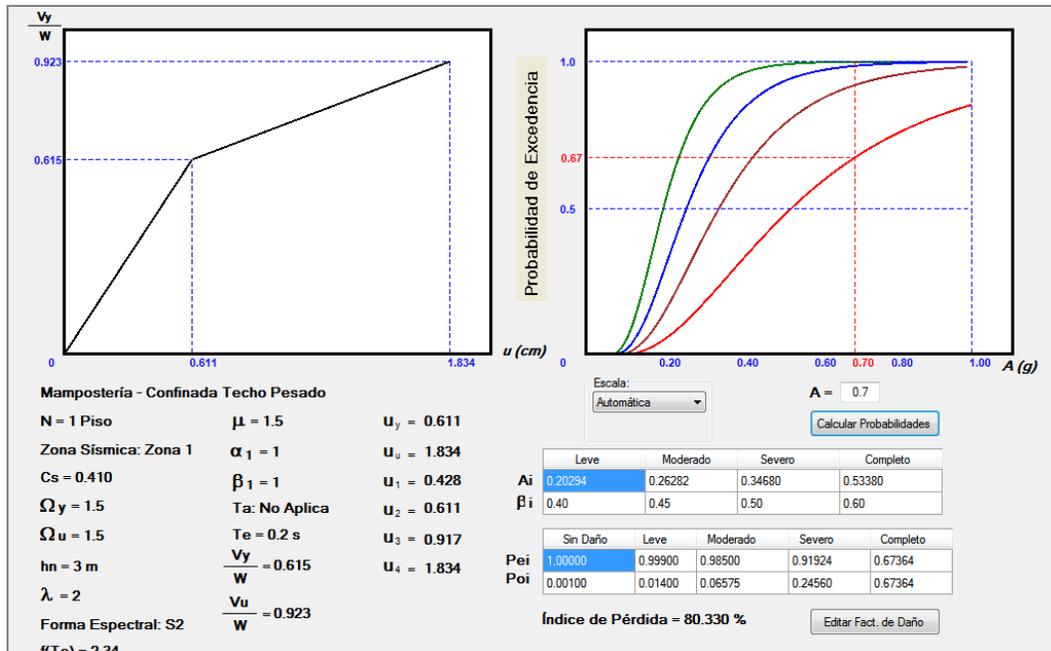
A-120. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 21 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



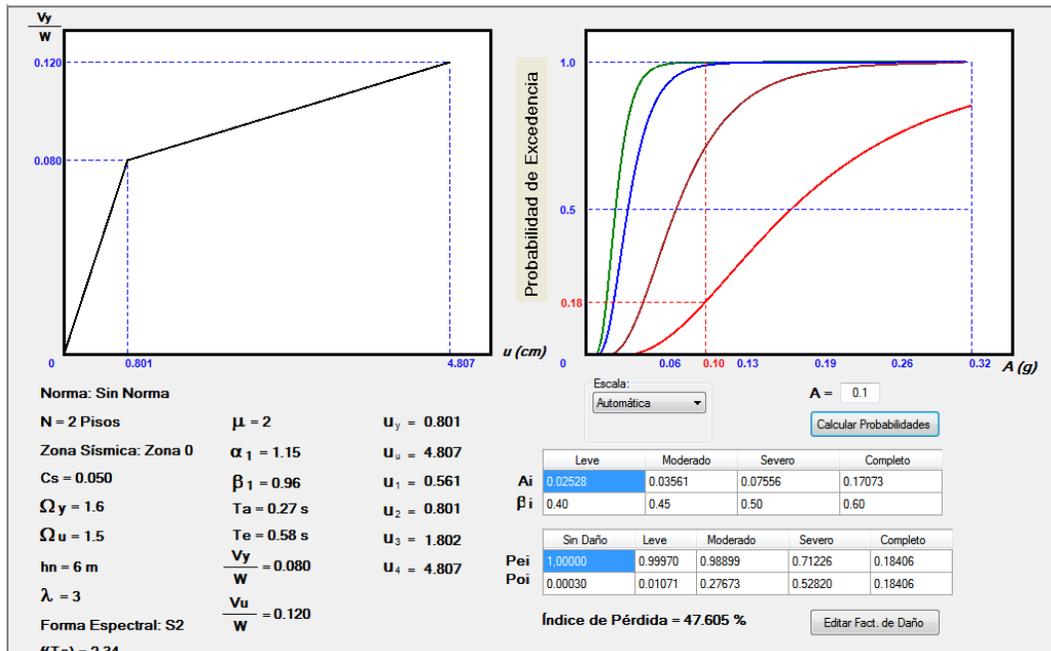
A-121. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 21 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



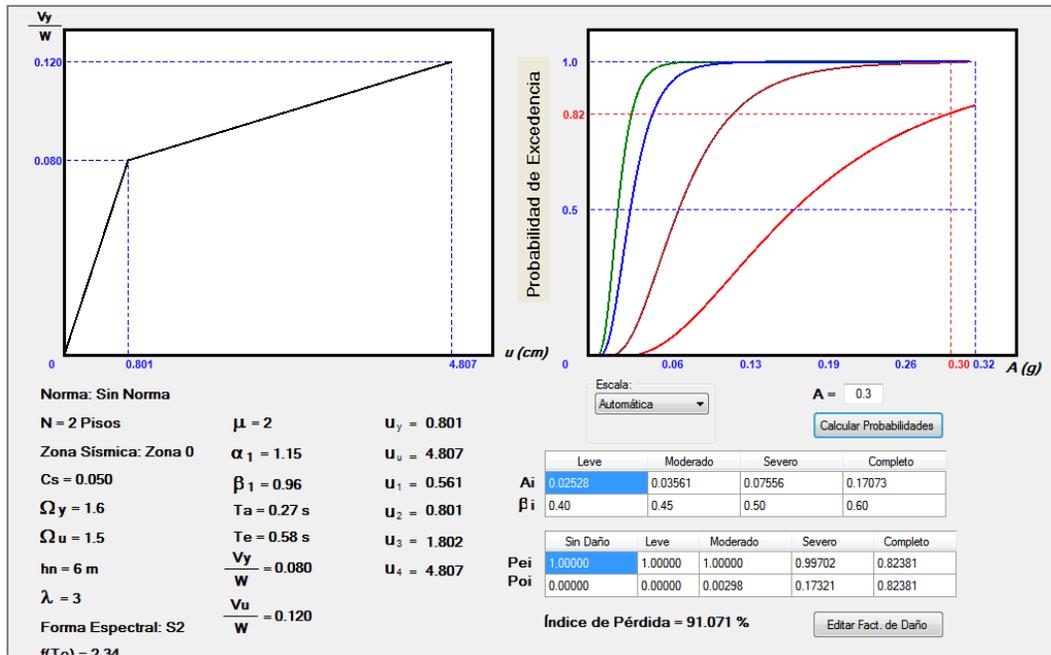
A-122. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 21 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



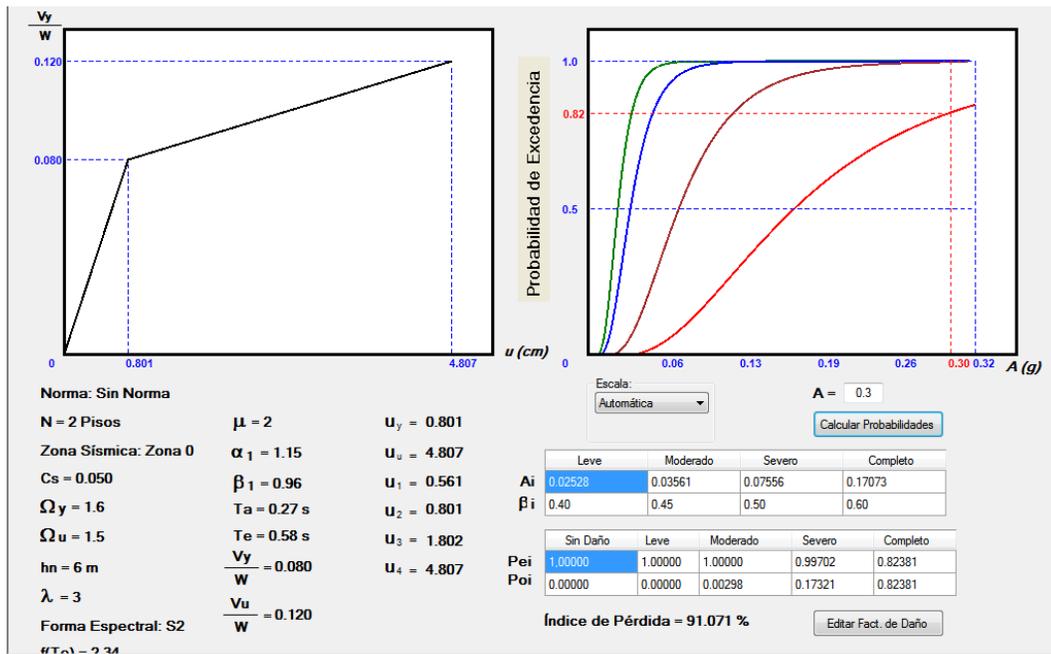
A-123. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 21 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



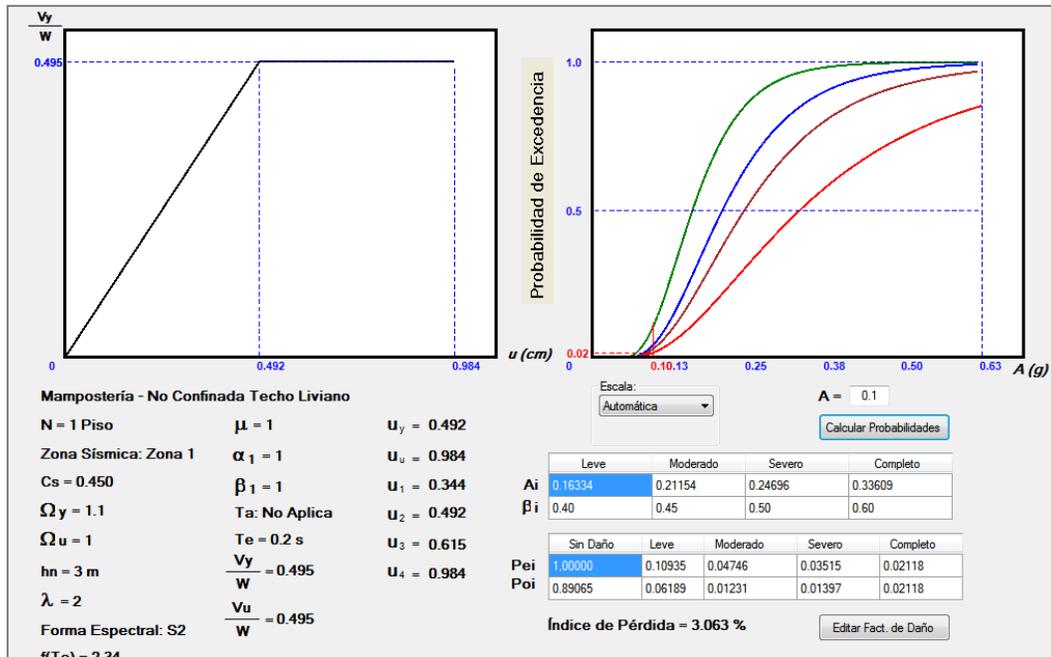
A-124. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 22 (1967, 1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



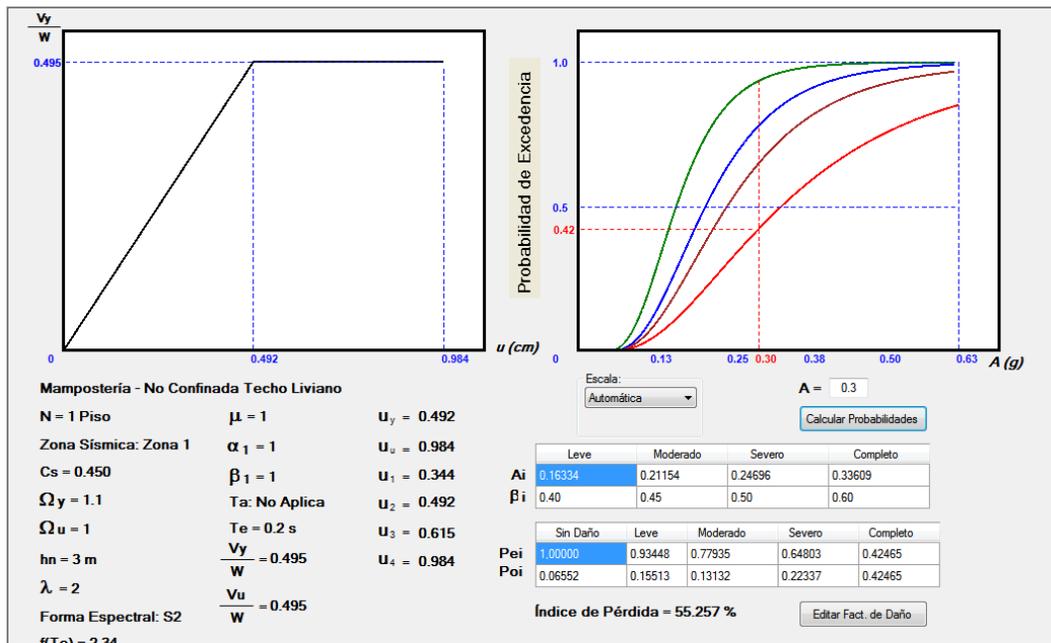
A-125. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 22 (1967, 1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



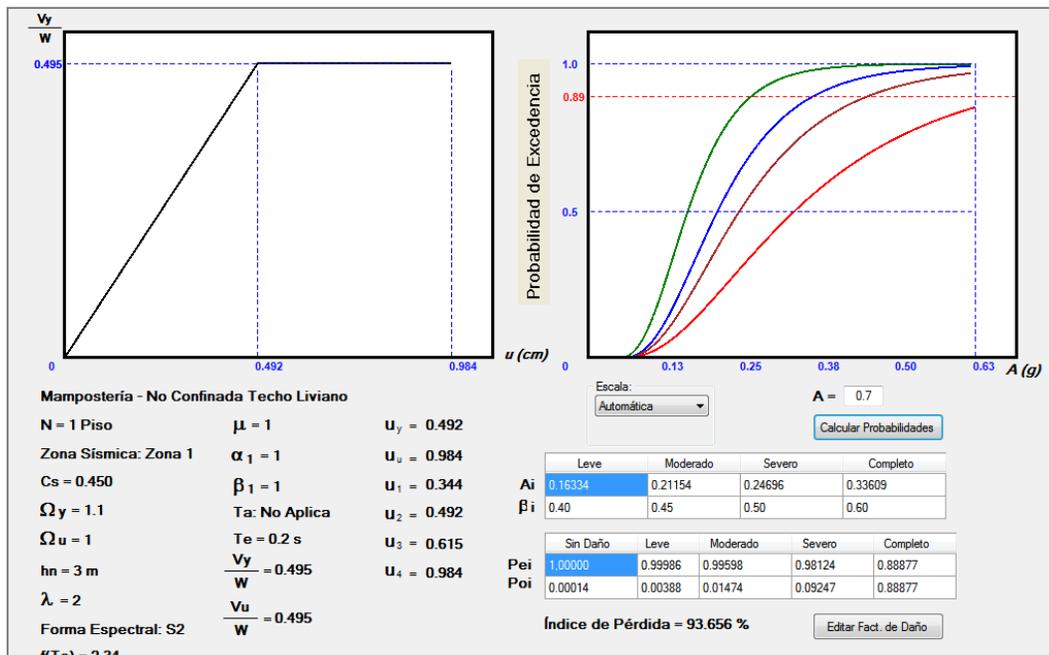
A-126. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 22 (1967, 1982, 2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



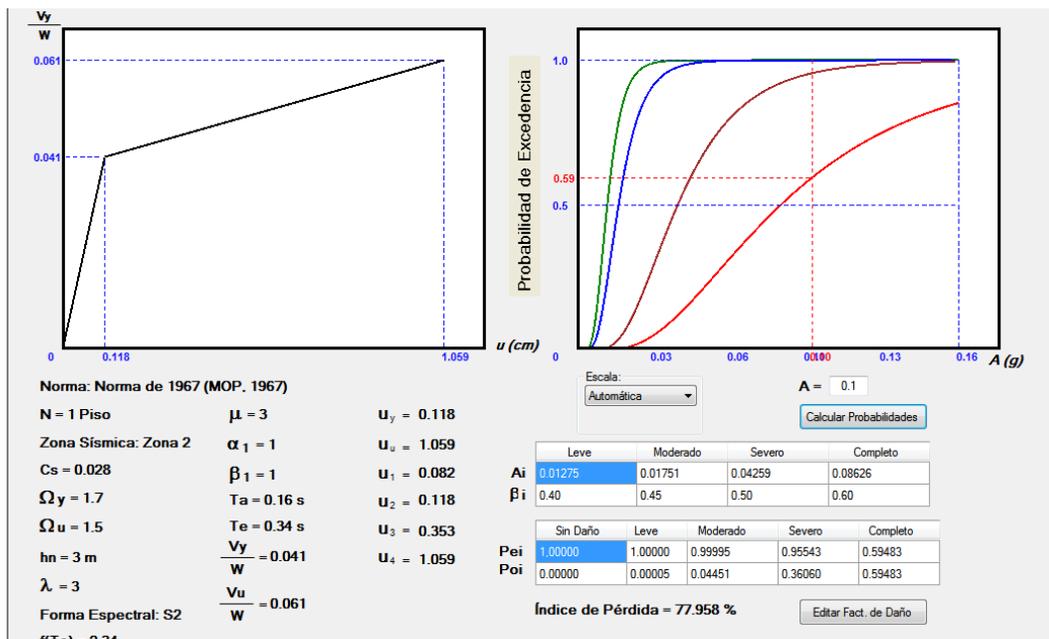
A-127. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 23 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



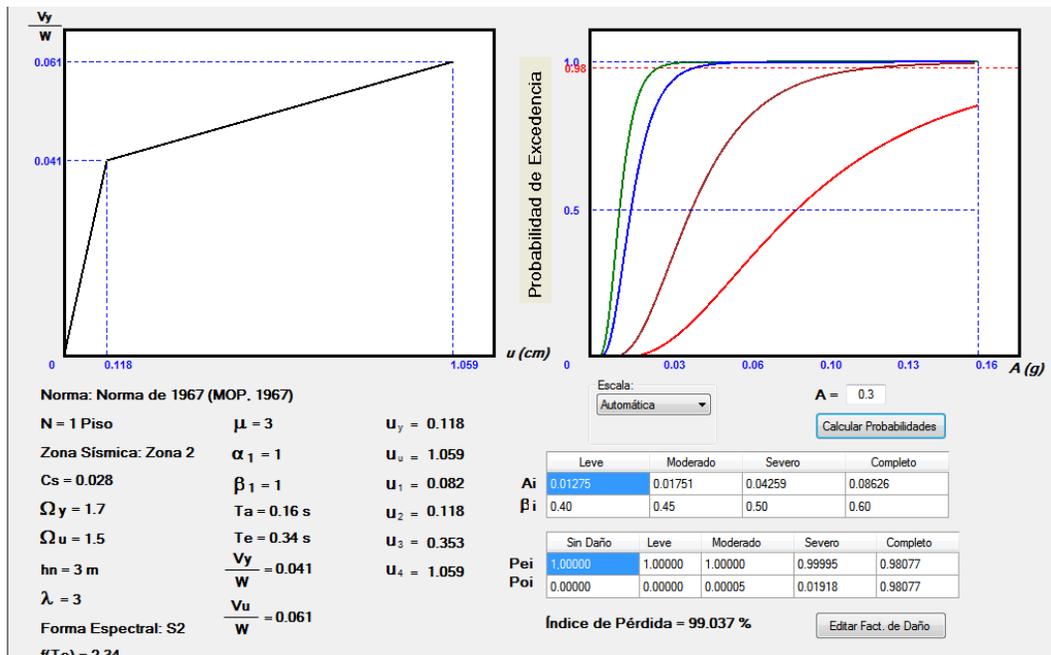
A-128. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 23 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



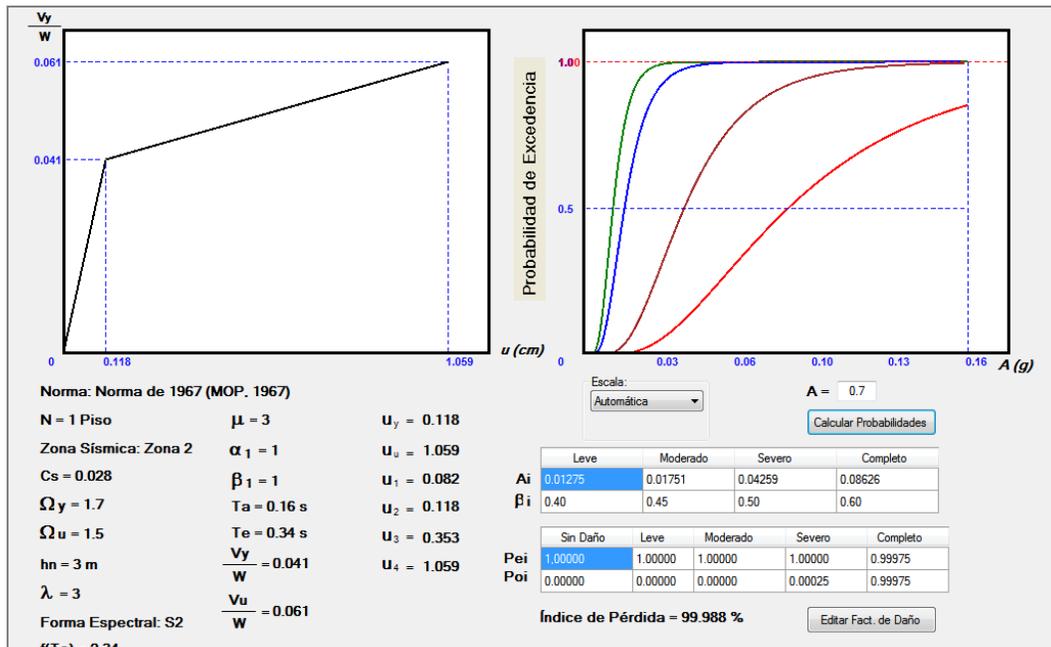
A-129. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 23 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



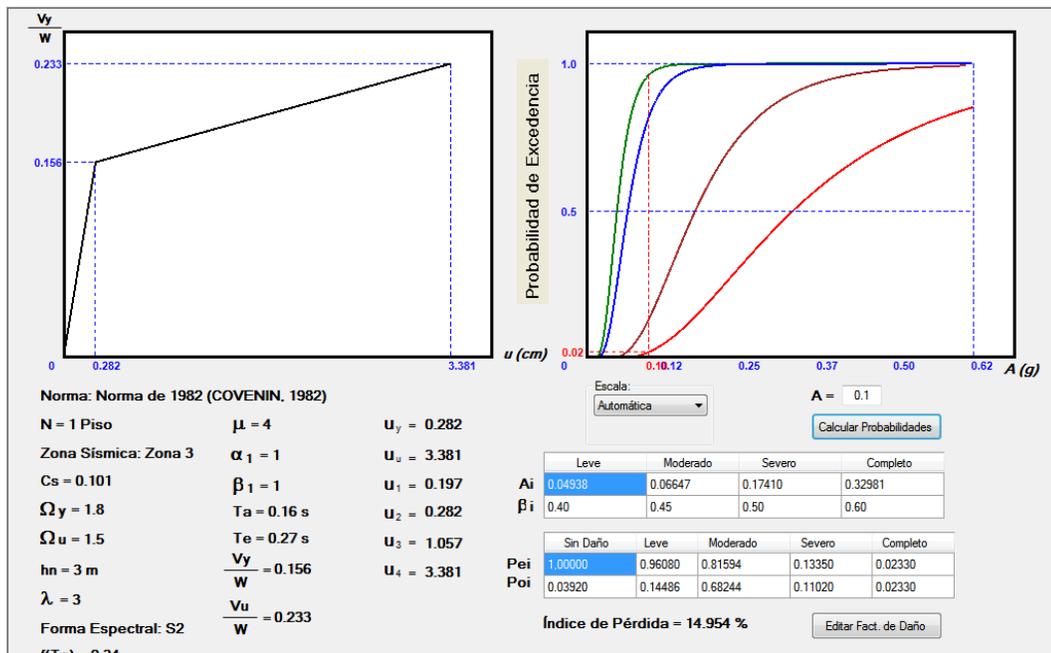
A-130. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 24 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



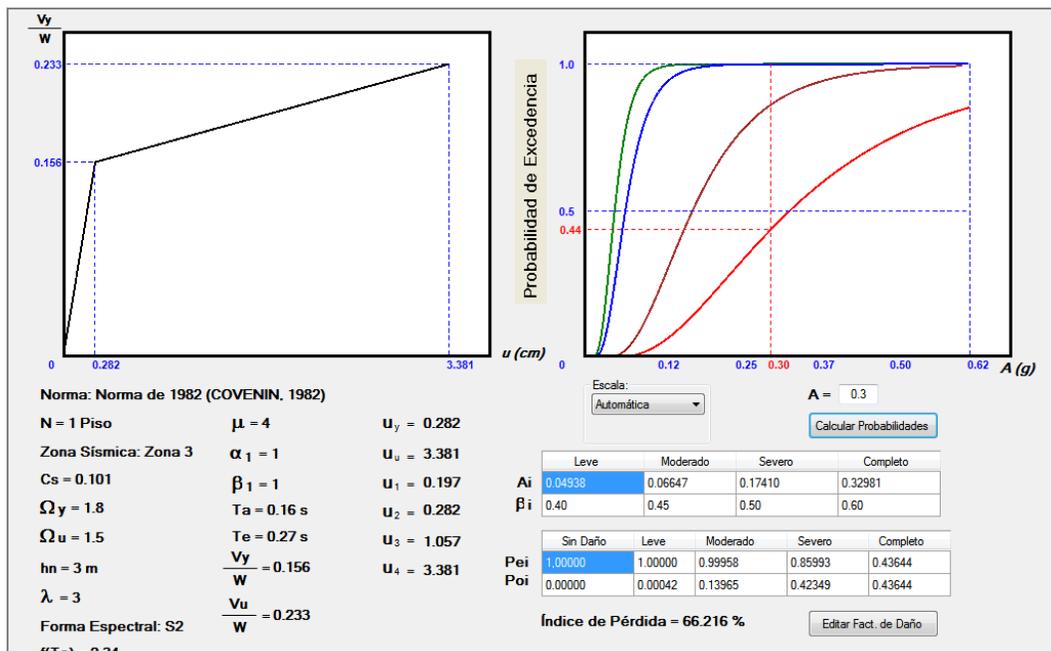
A-131. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 24 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



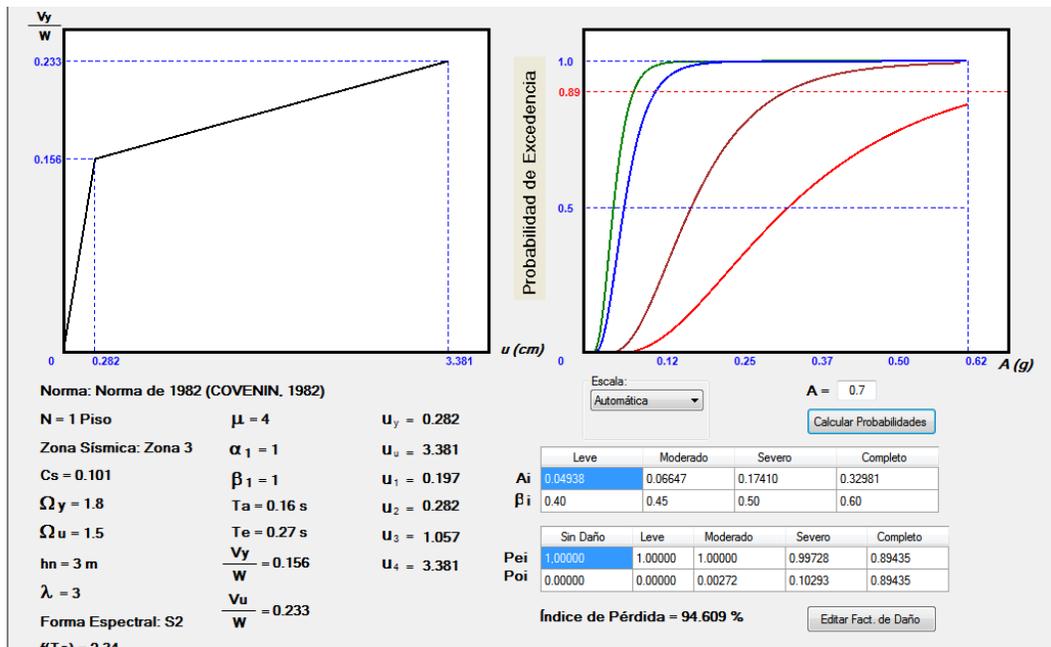
A-132. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 24 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



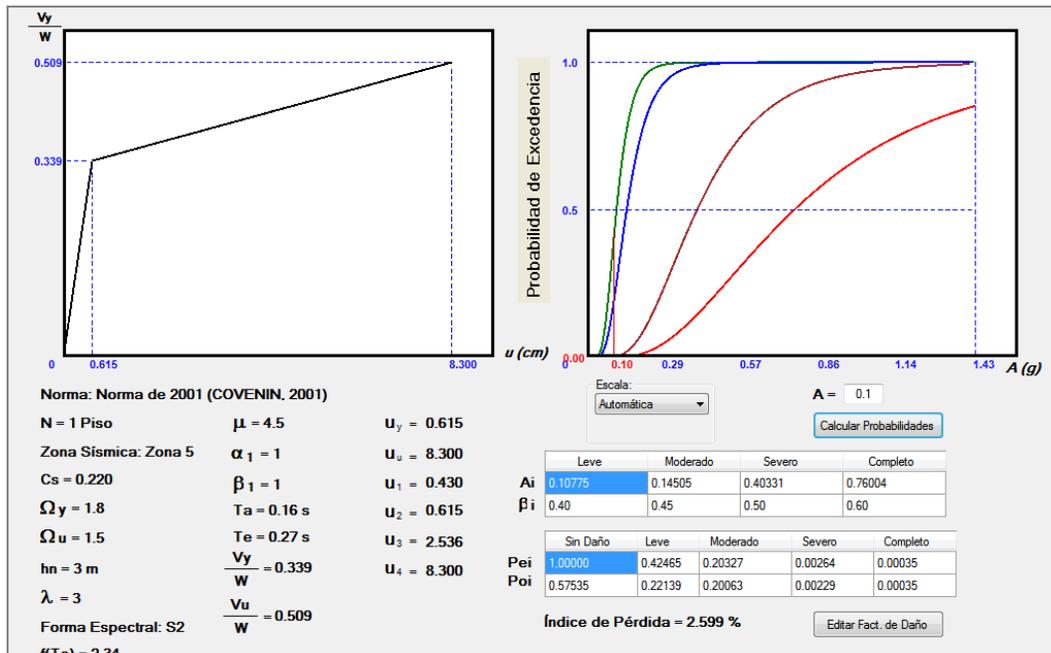
A-133. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 24 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



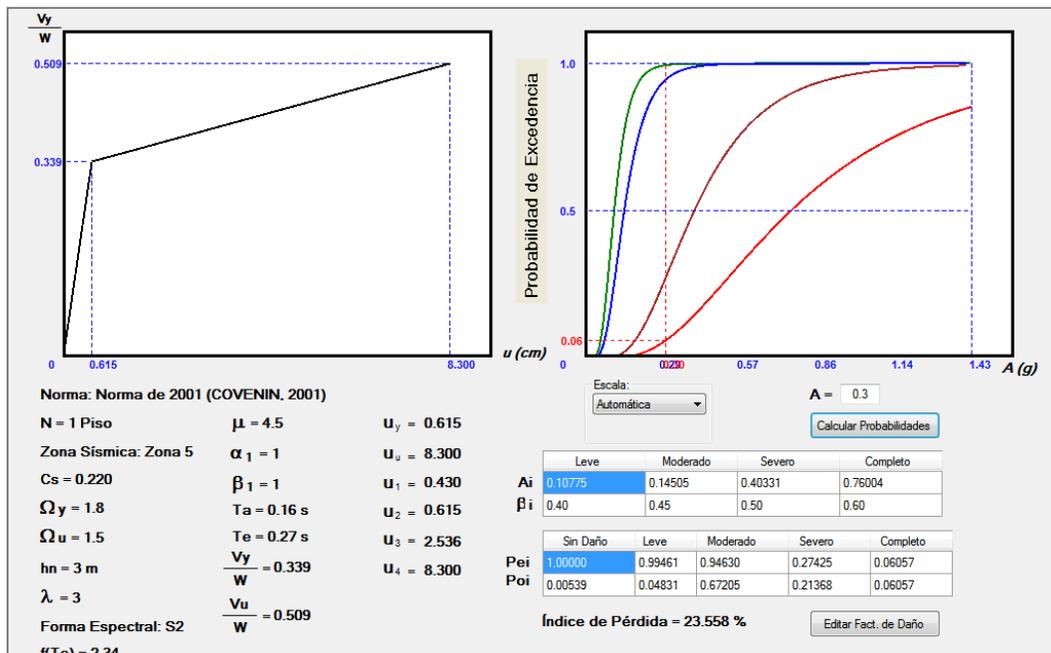
A-134. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 24 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



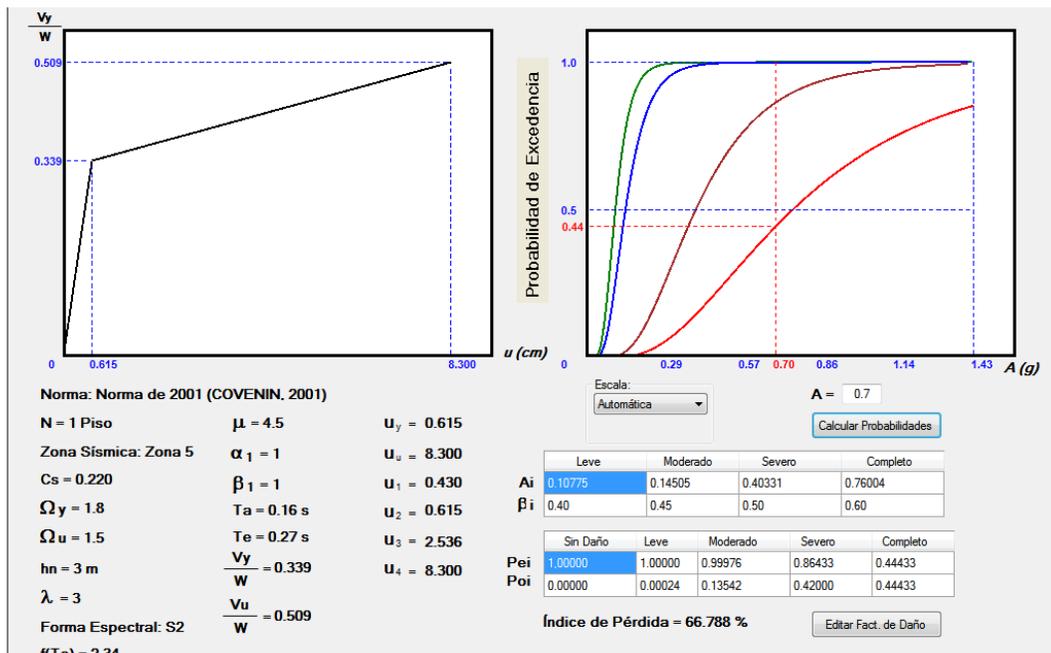
A-135. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 24 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



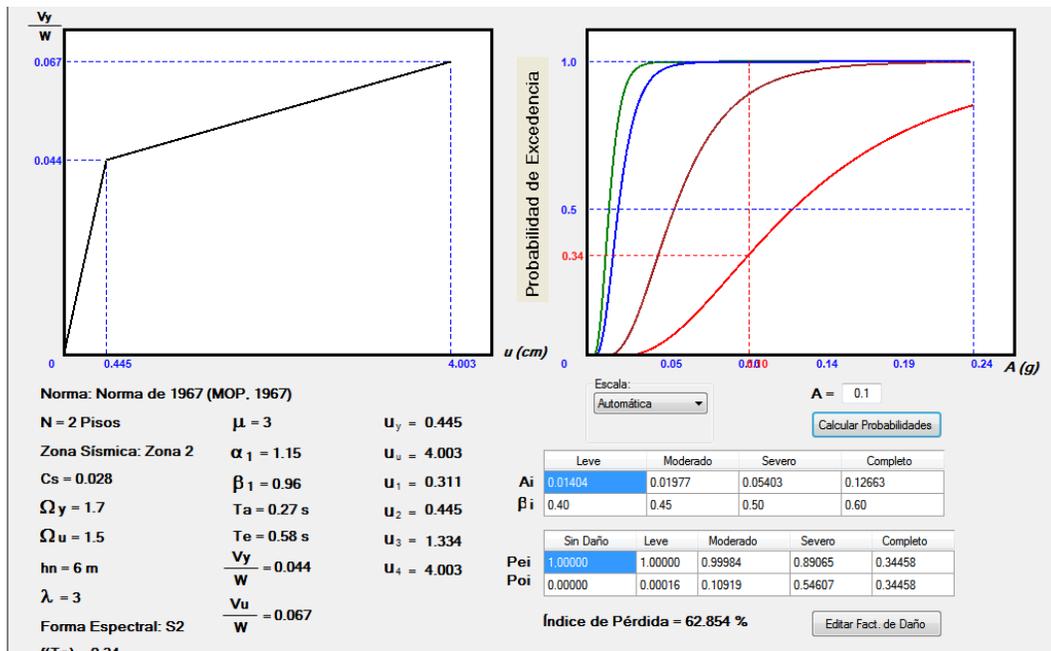
A-136. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 24 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



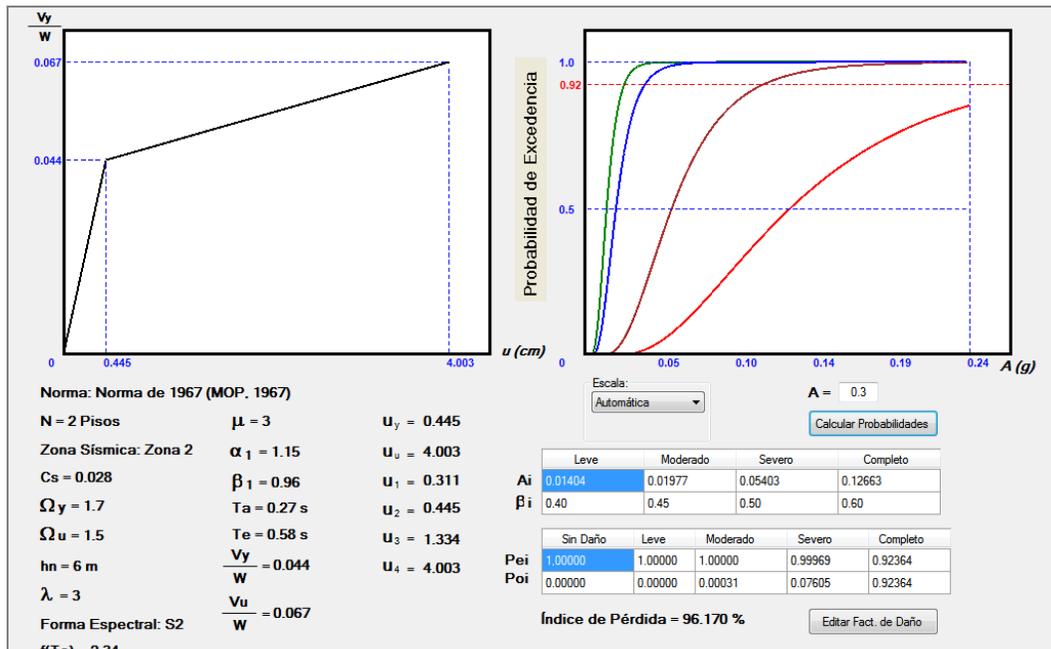
A-137. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 24 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



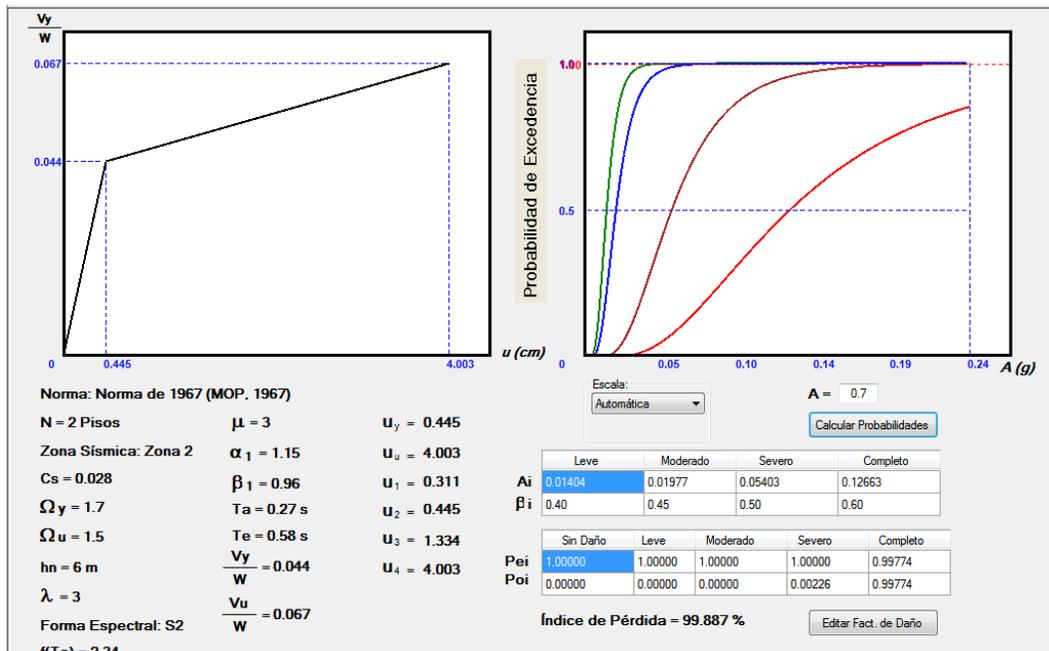
A-138. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 24 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



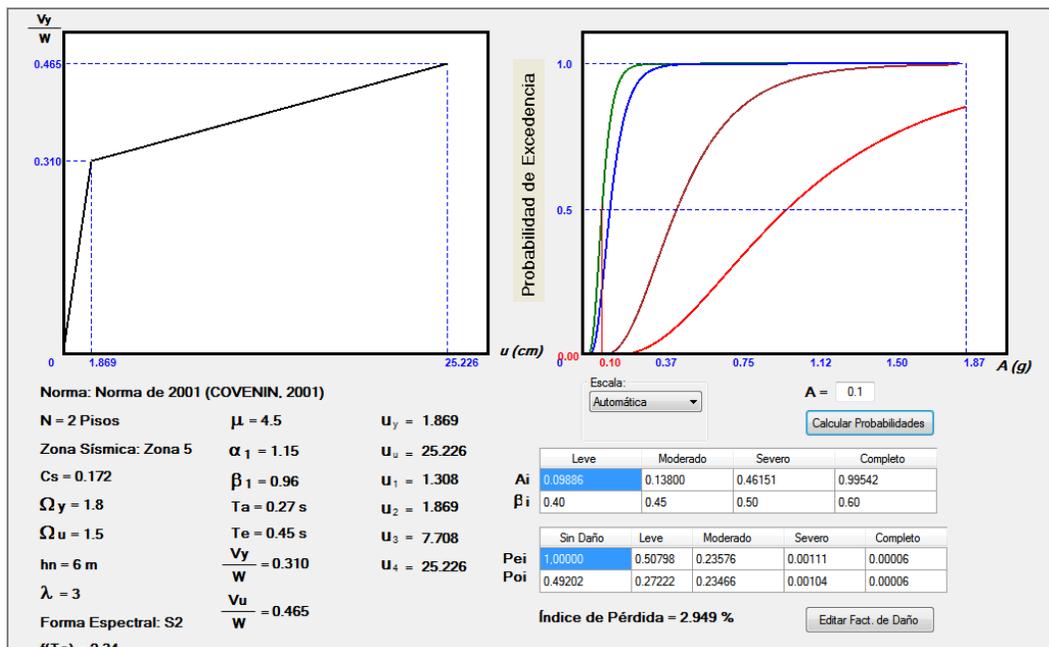
A-139. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 25 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



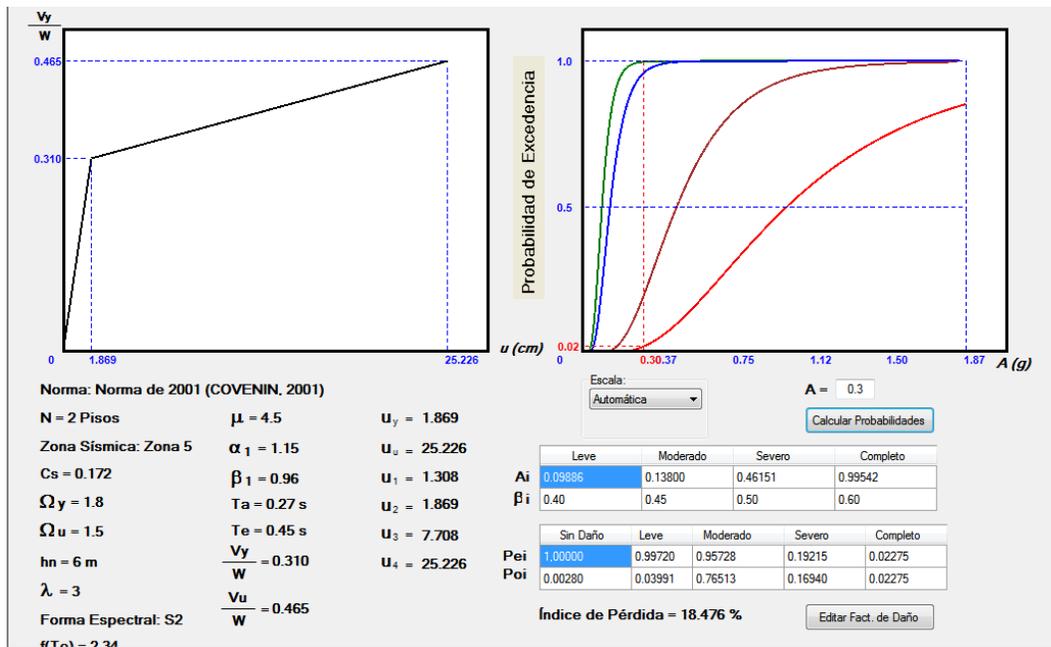
A-140. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 25 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



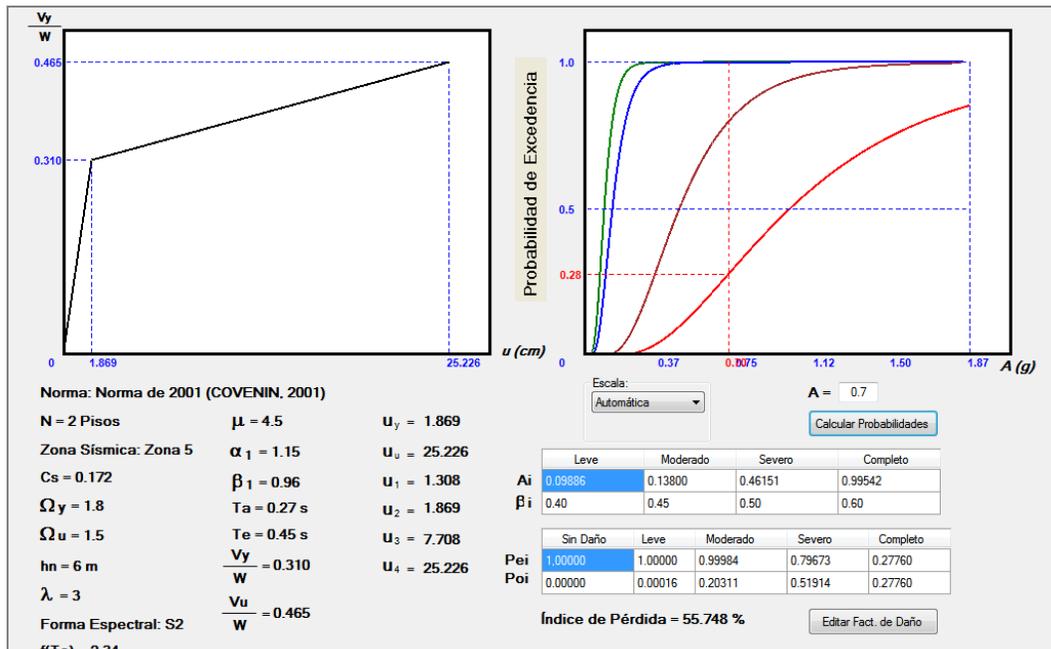
A-141. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 25 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



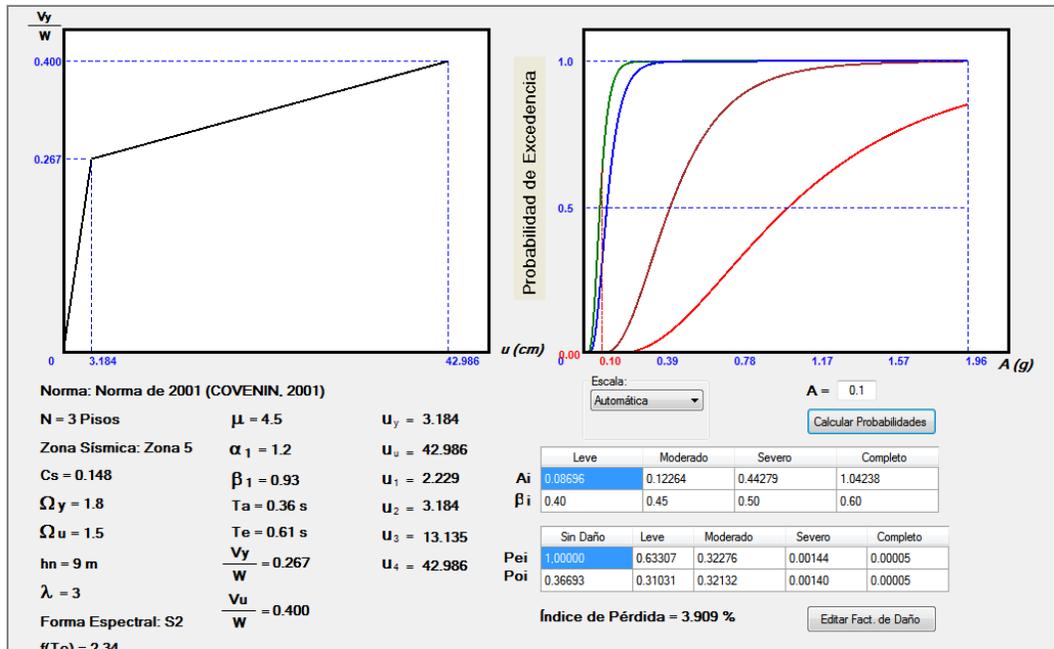
A-142. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 25 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



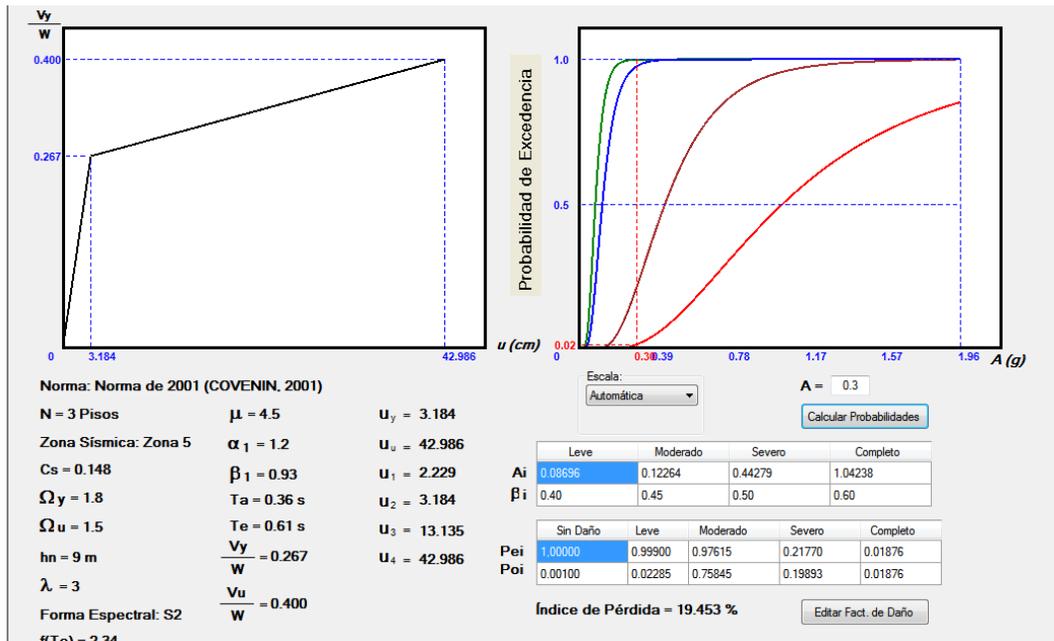
A-143. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 25 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



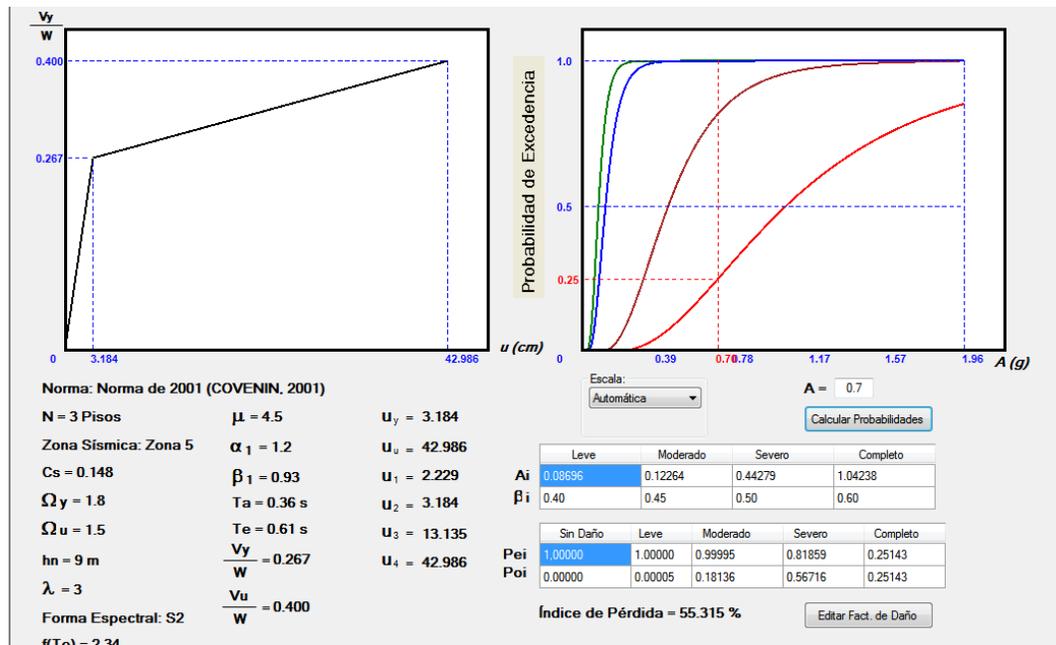
A-144. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 25 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



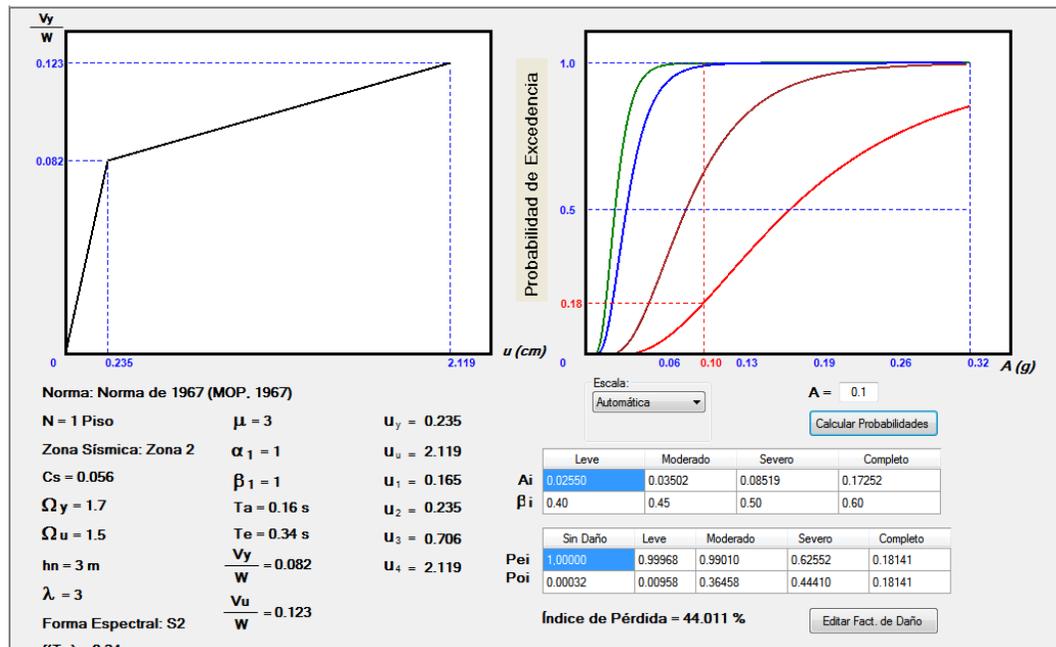
A-145. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 26 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



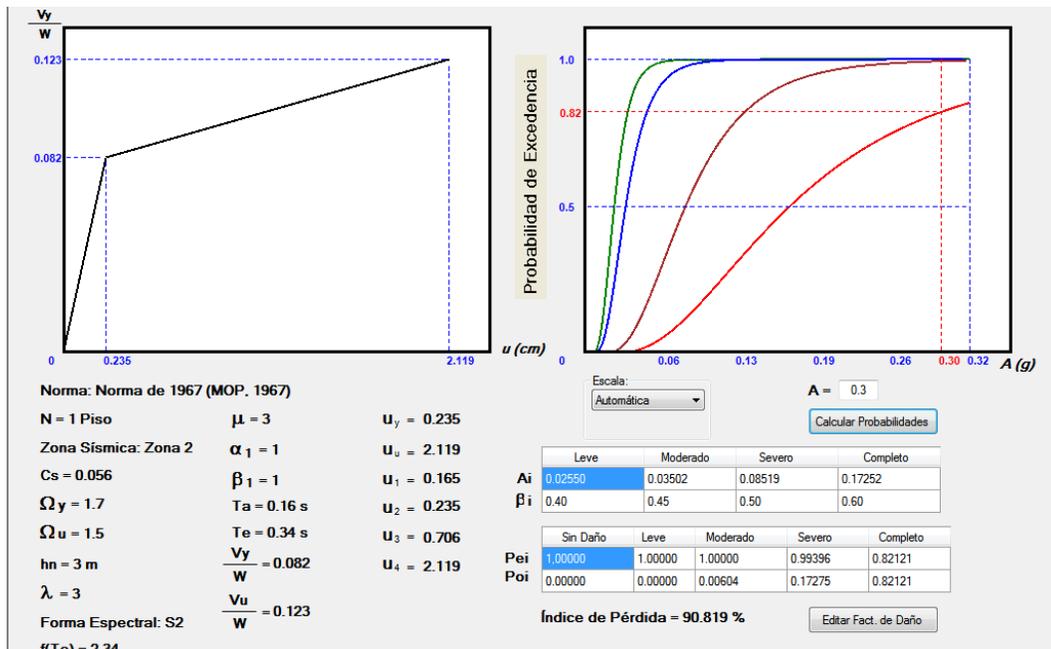
A-146. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 26 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



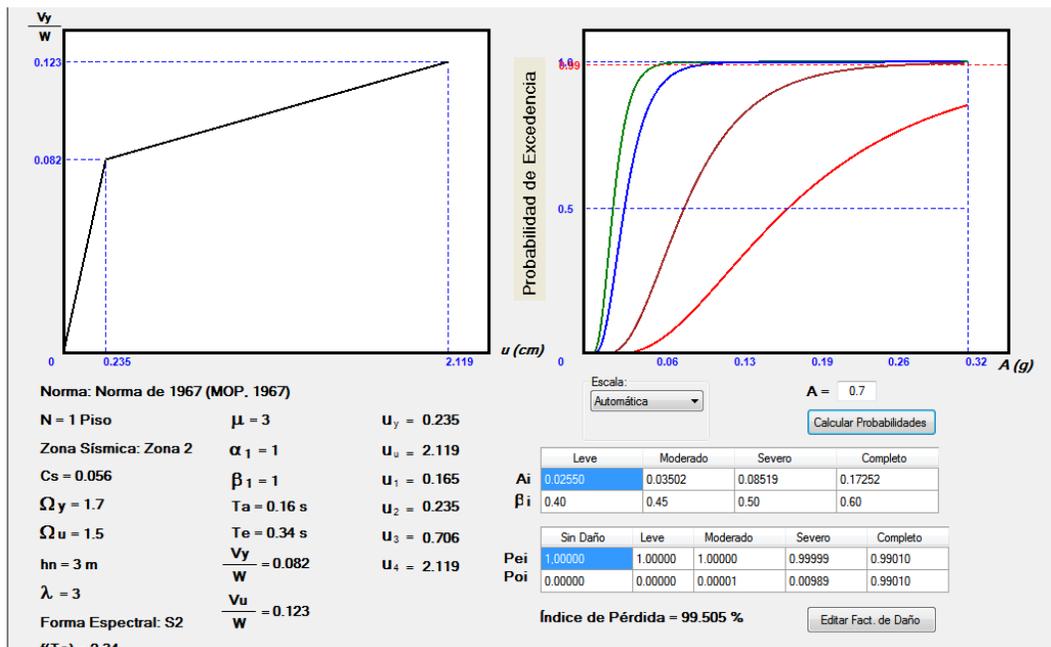
A-147. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 26 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



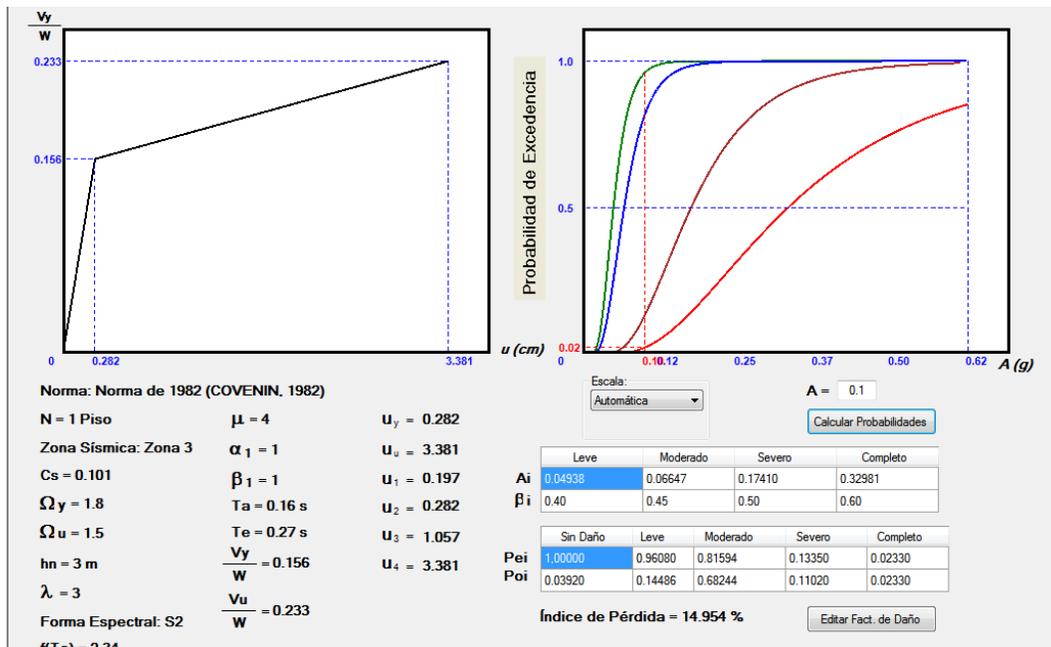
A-148. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 27 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



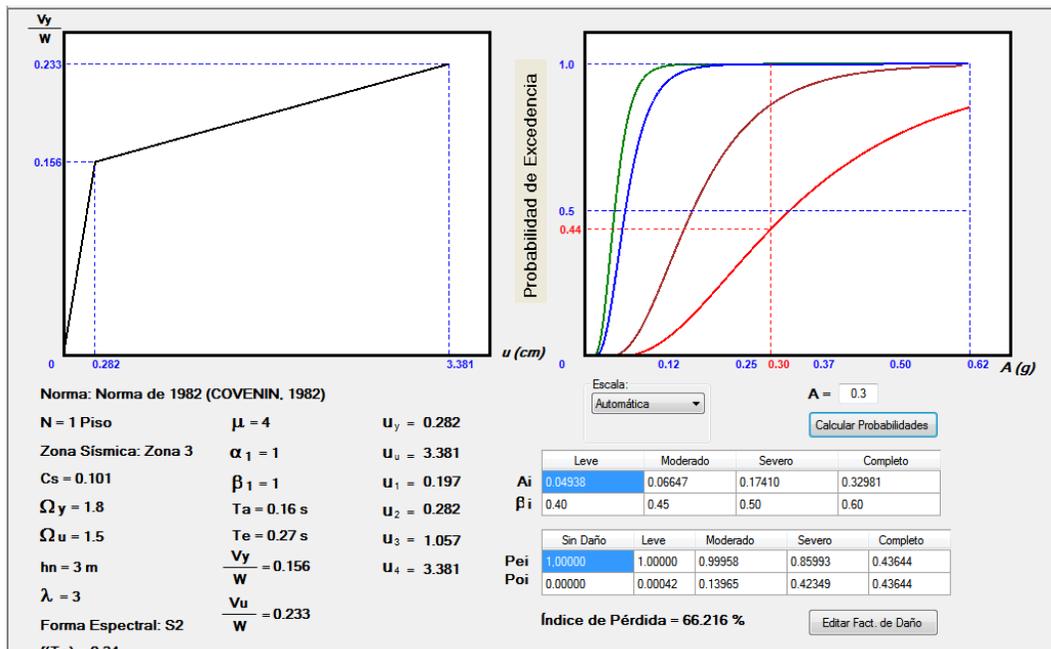
A-149. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 27 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



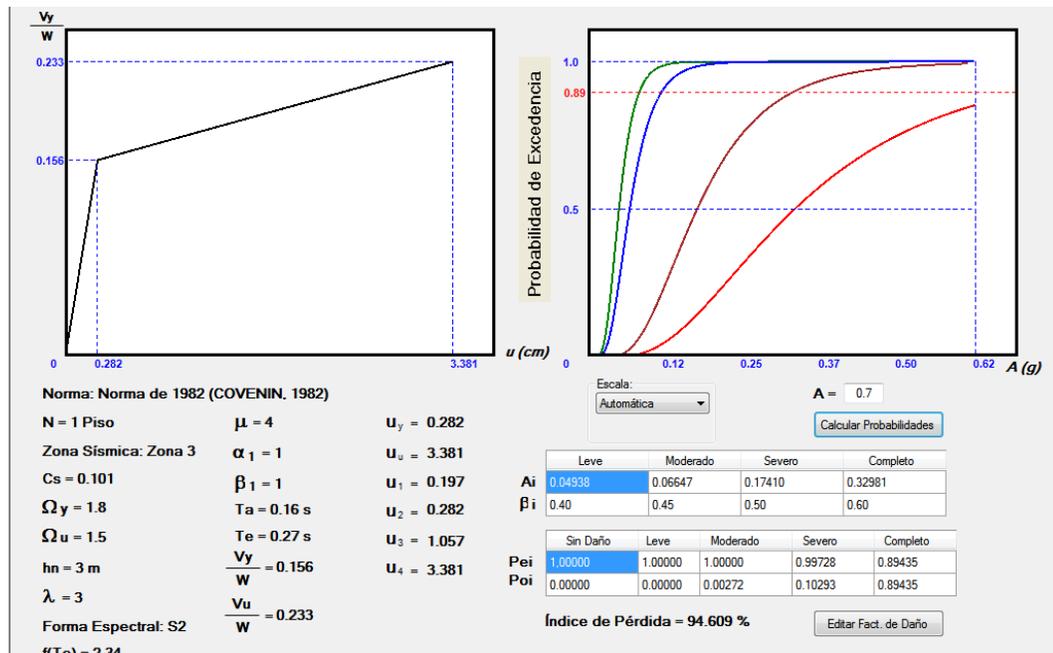
A-150. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 27 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



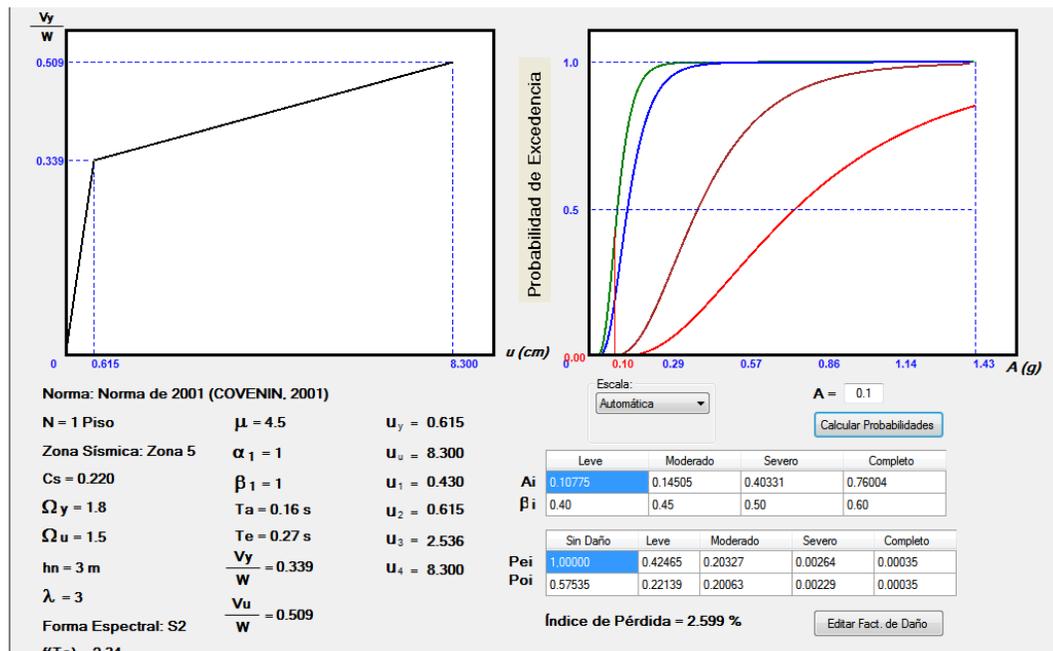
A-151. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 27 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



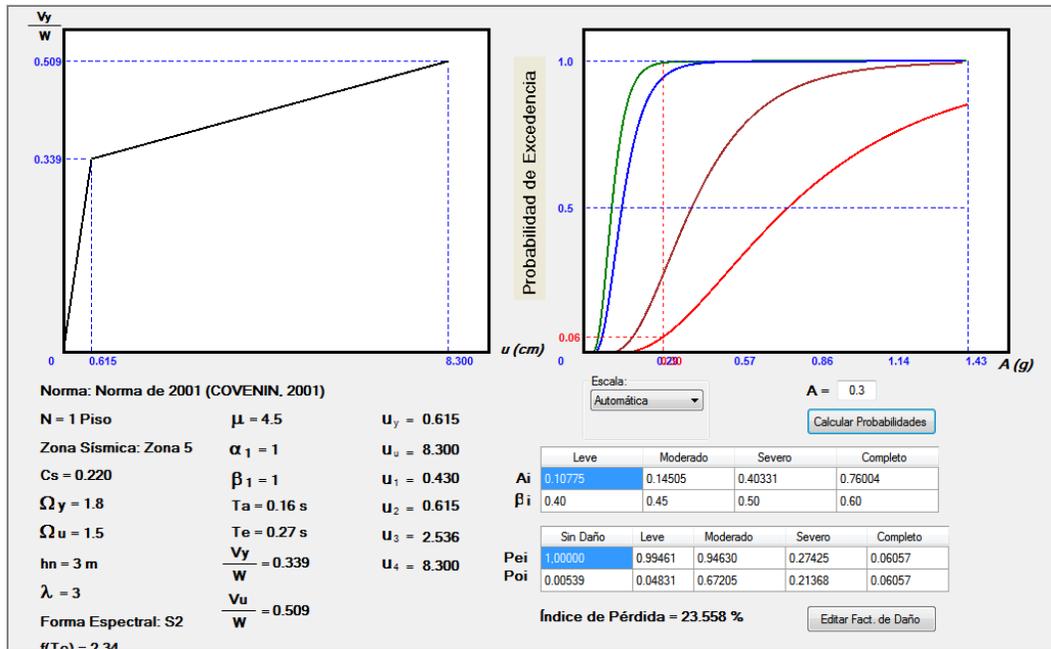
A-152. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 27 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



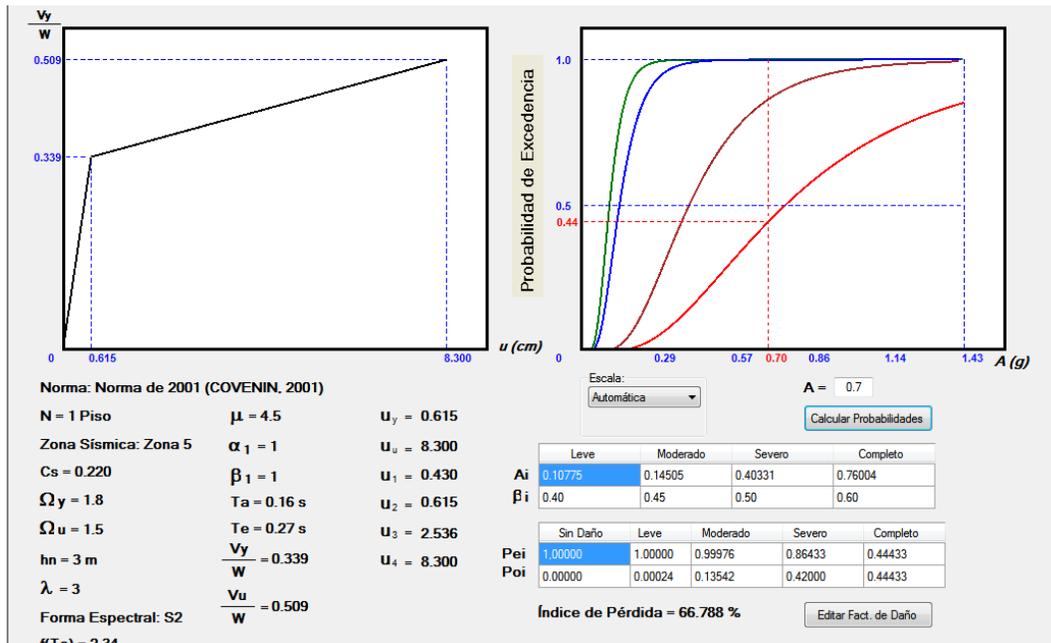
A-153. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 27 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



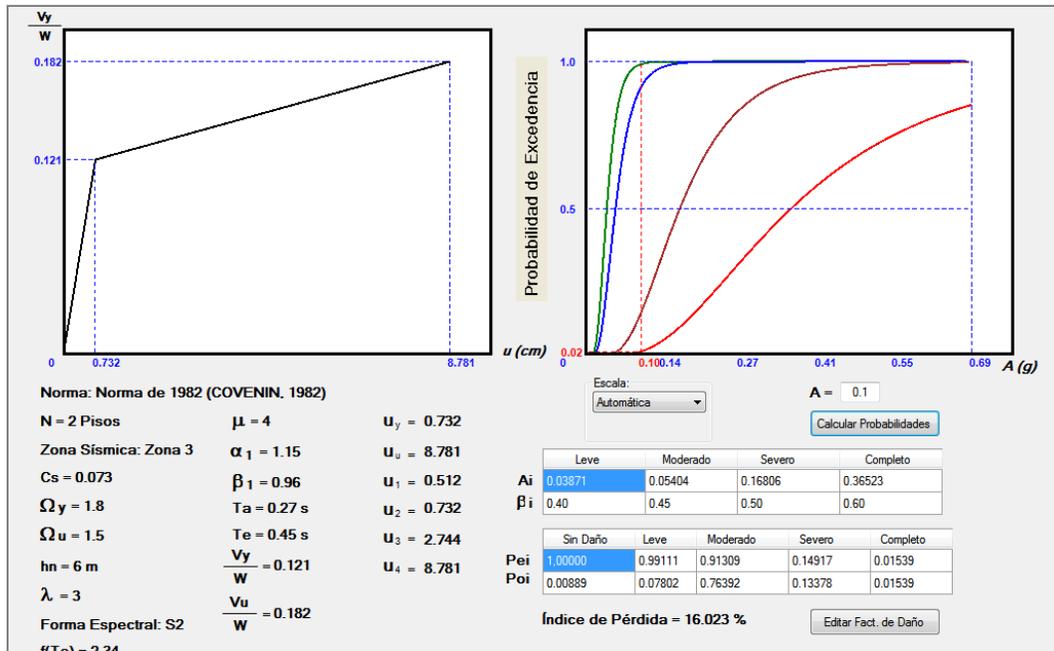
A-154. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 27 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



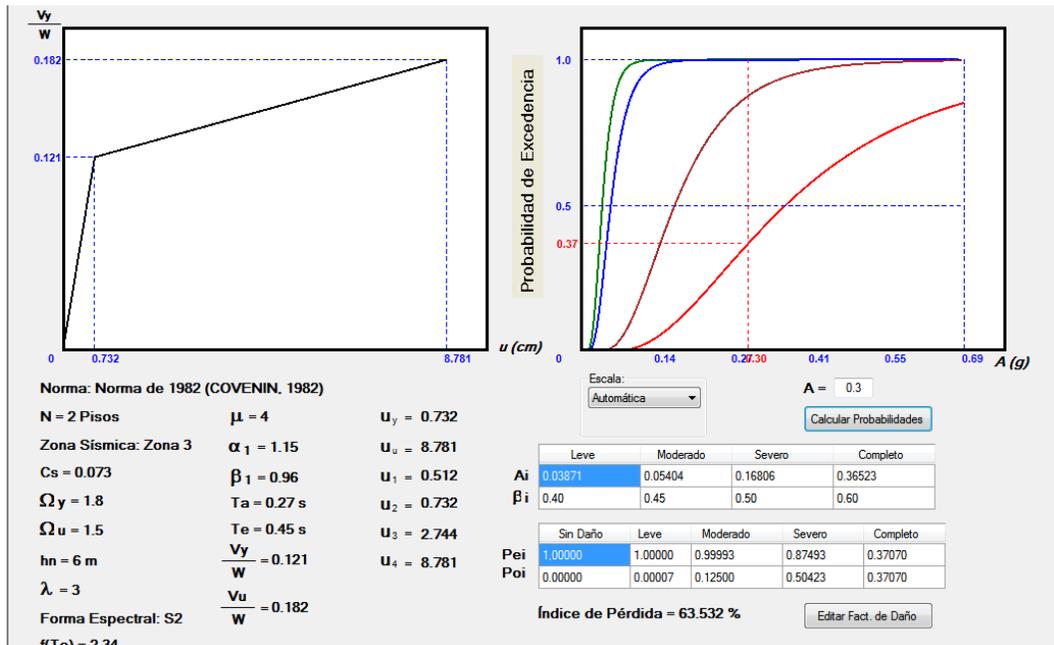
A-155. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 27 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



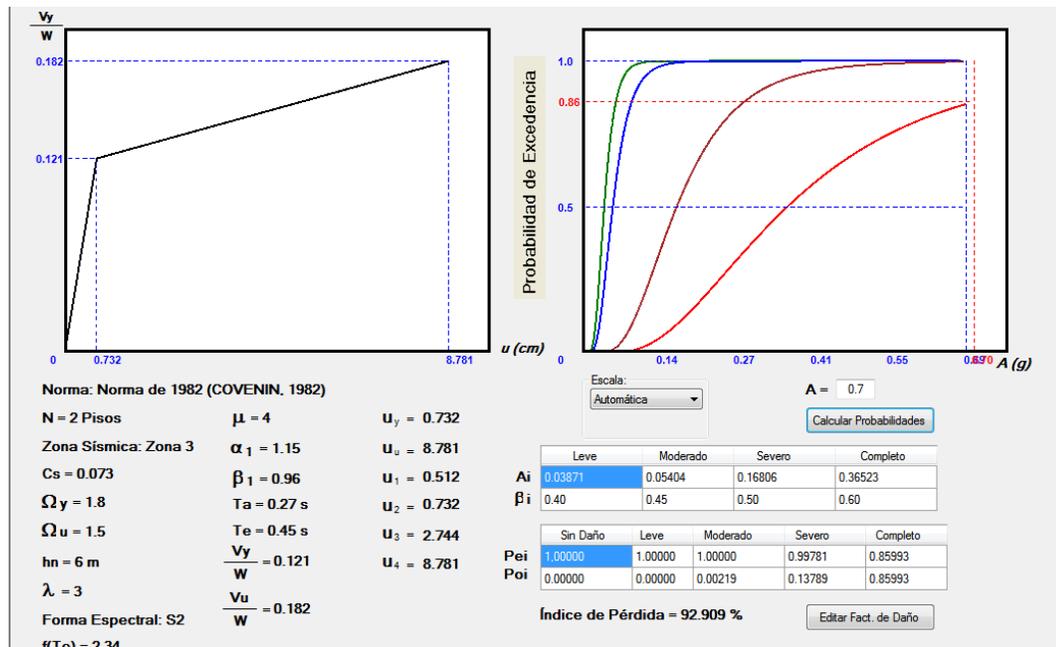
A-156. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 27 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



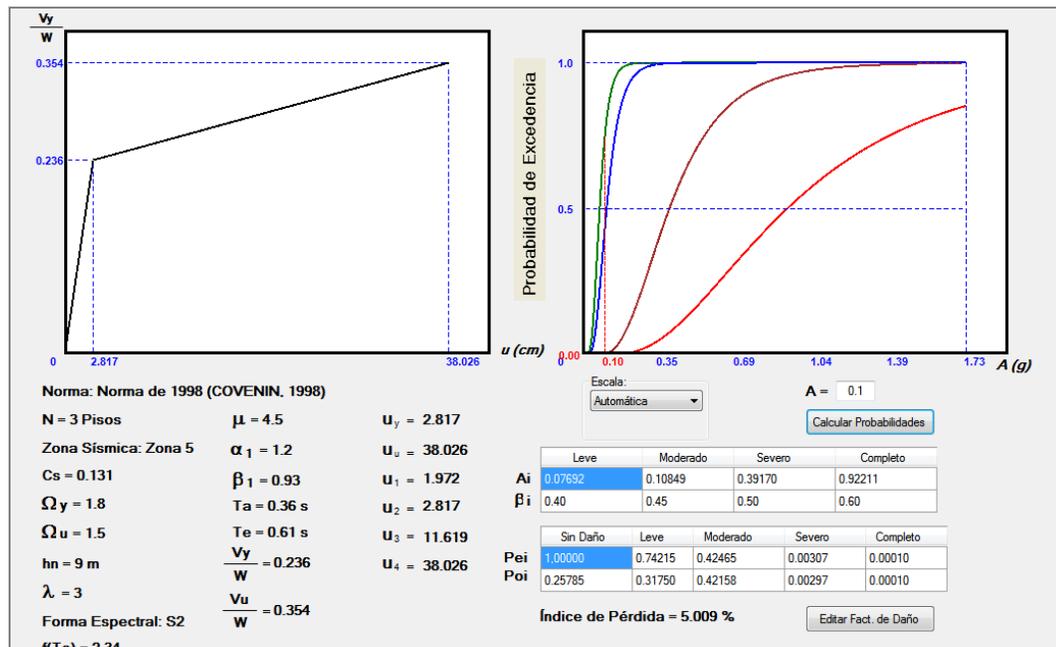
A-157. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 28 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



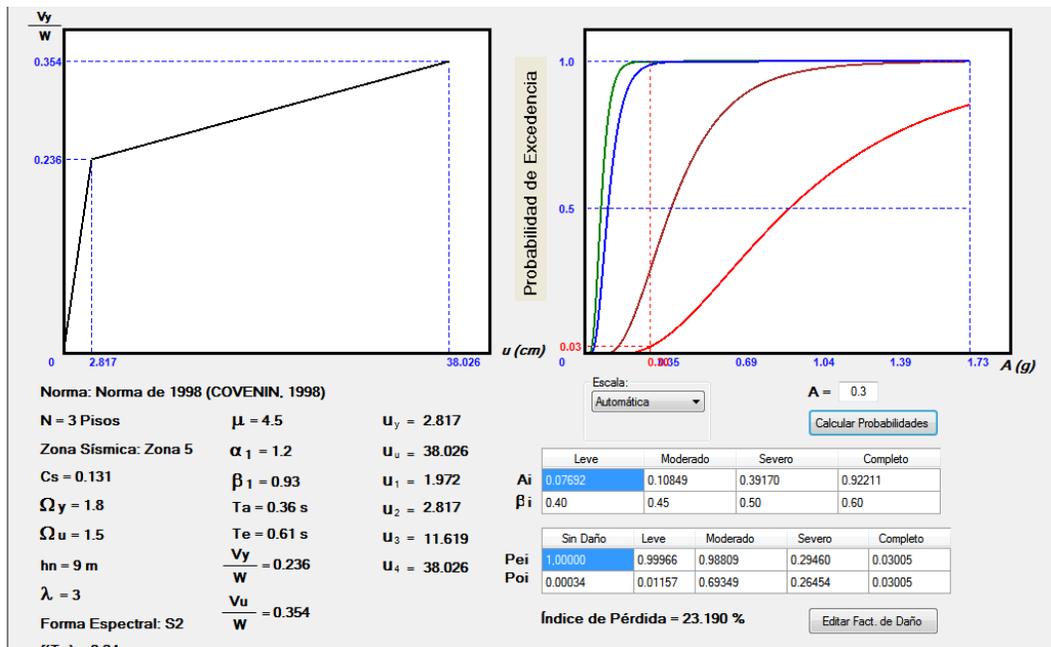
A-158. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 28 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



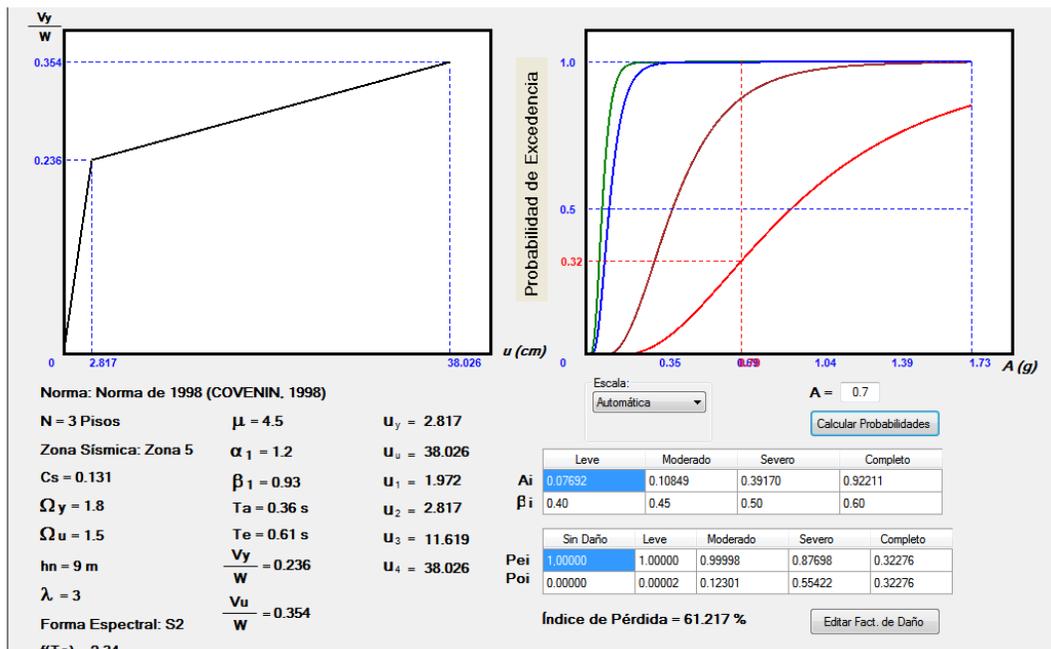
A-159. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 28 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



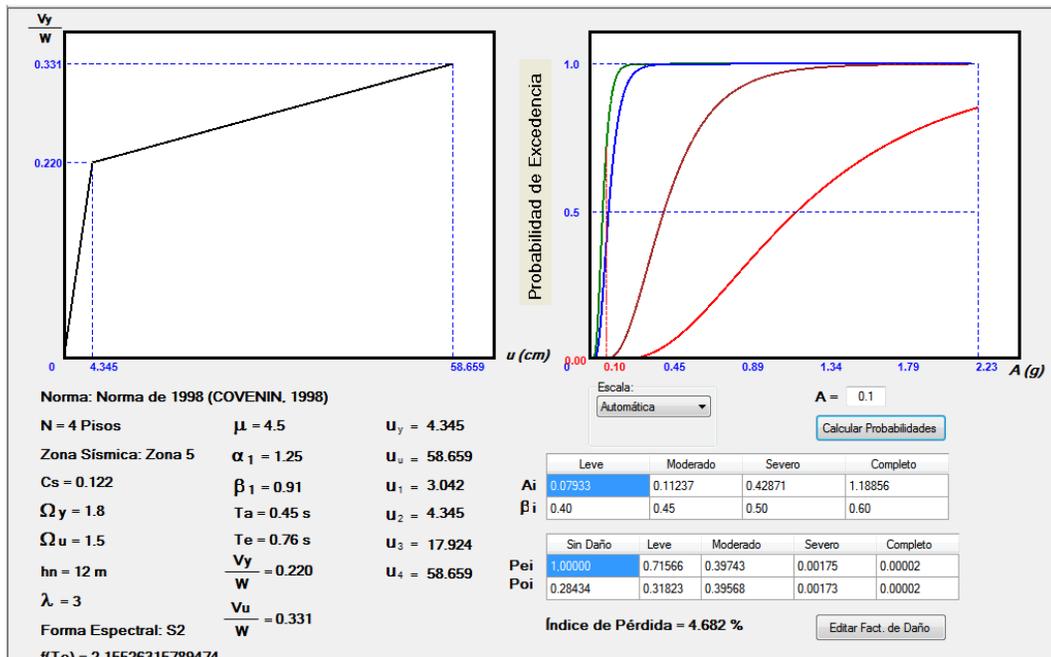
A-160. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 29 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



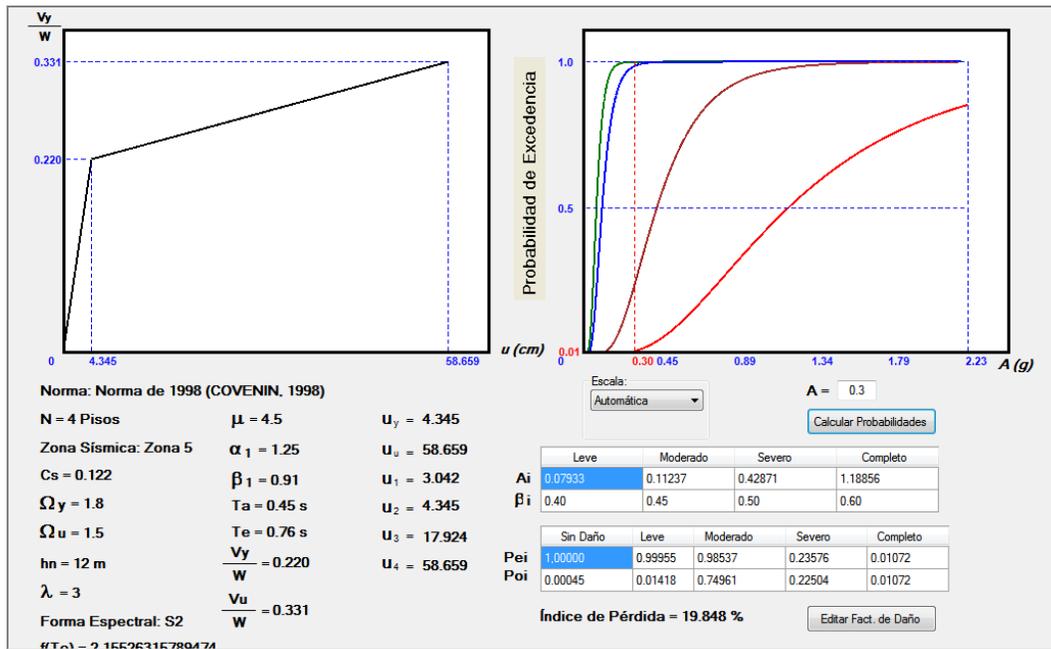
A-161. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 29 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



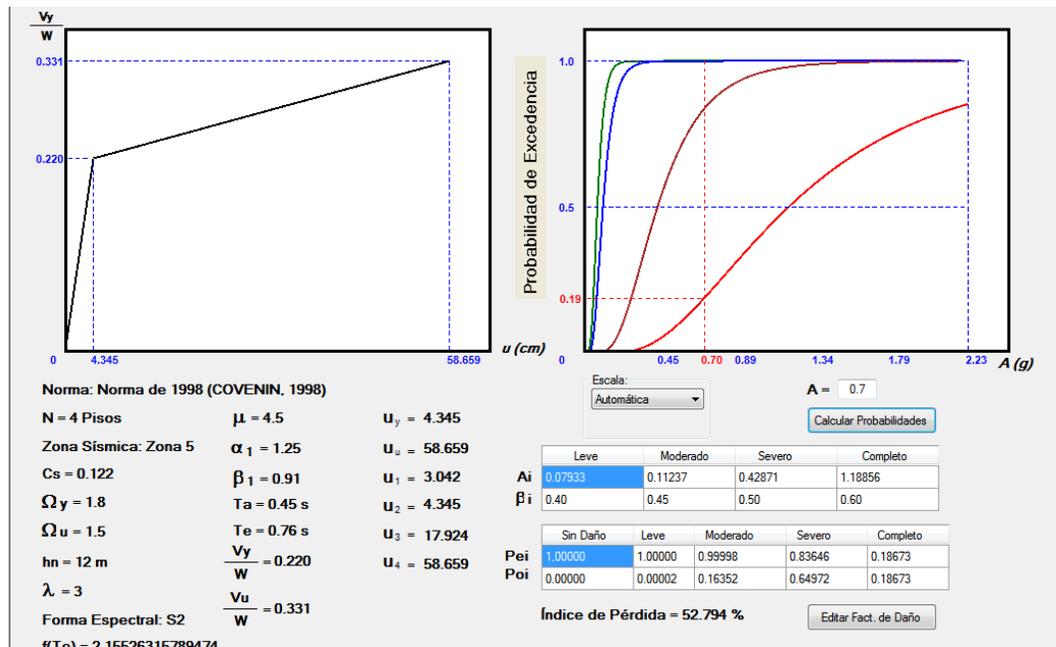
A-162. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 29 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



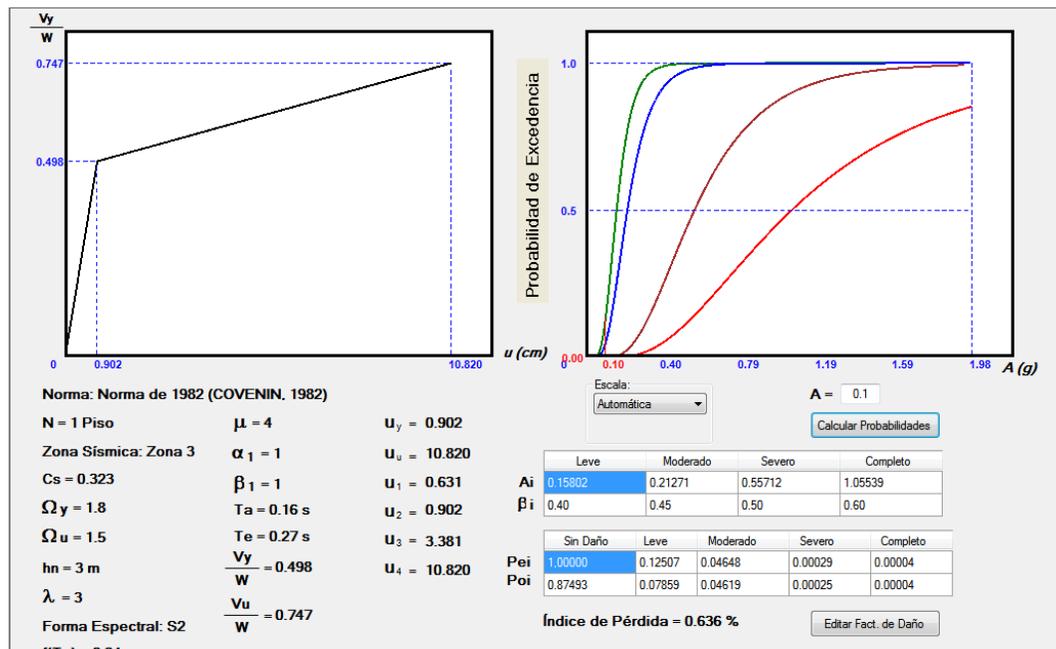
A-163. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 30 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



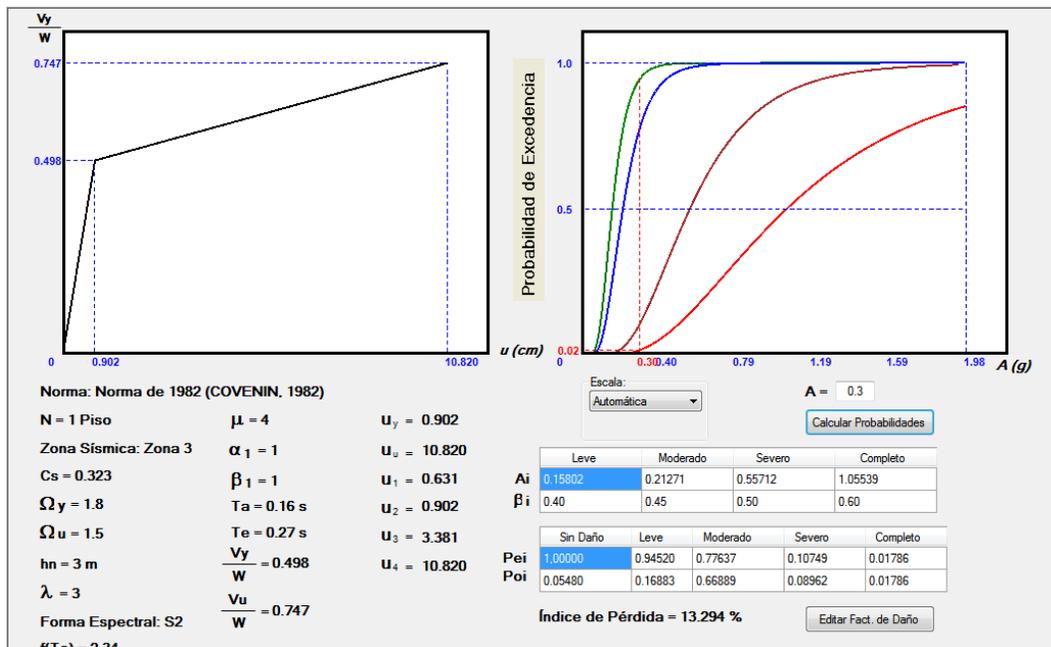
A-164. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 30 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



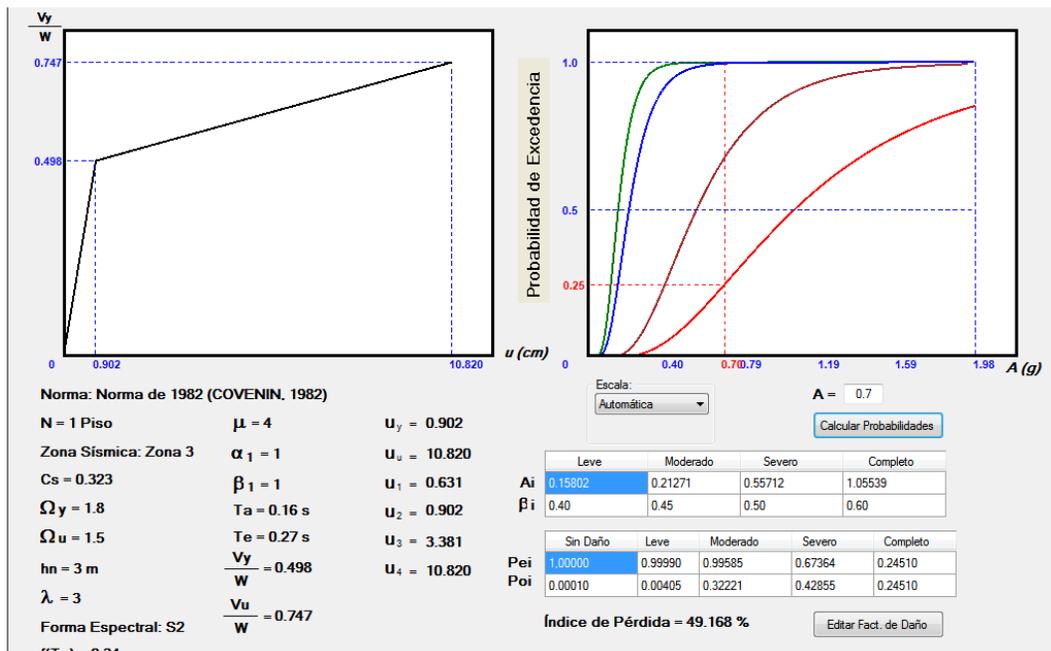
A-165. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 30 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



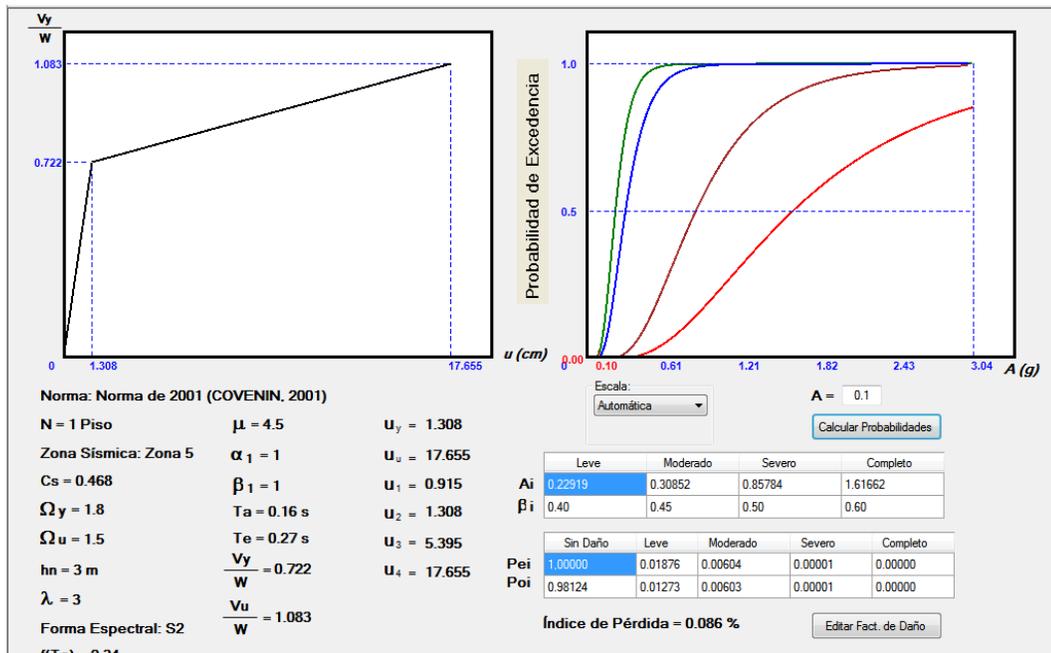
A-166. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 31 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



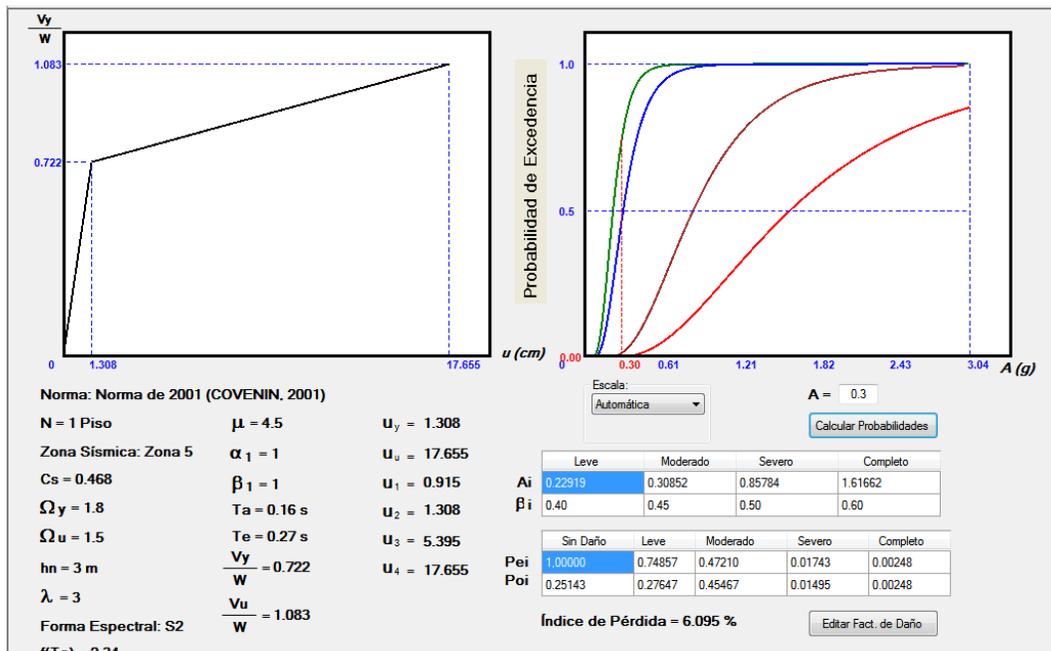
A-167. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 31 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



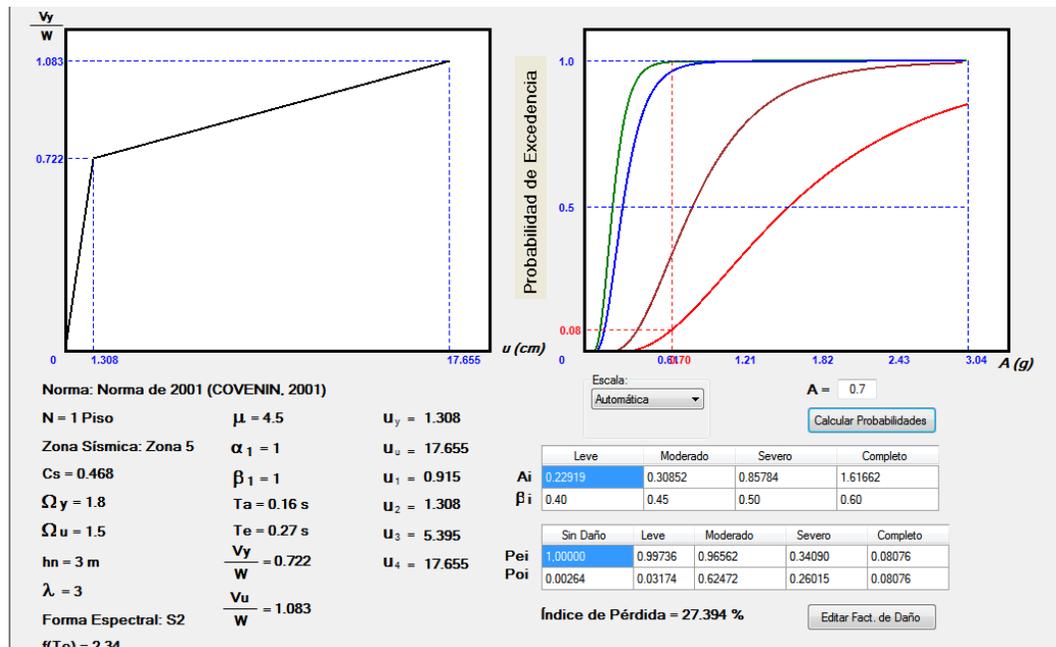
A-168. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 31 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



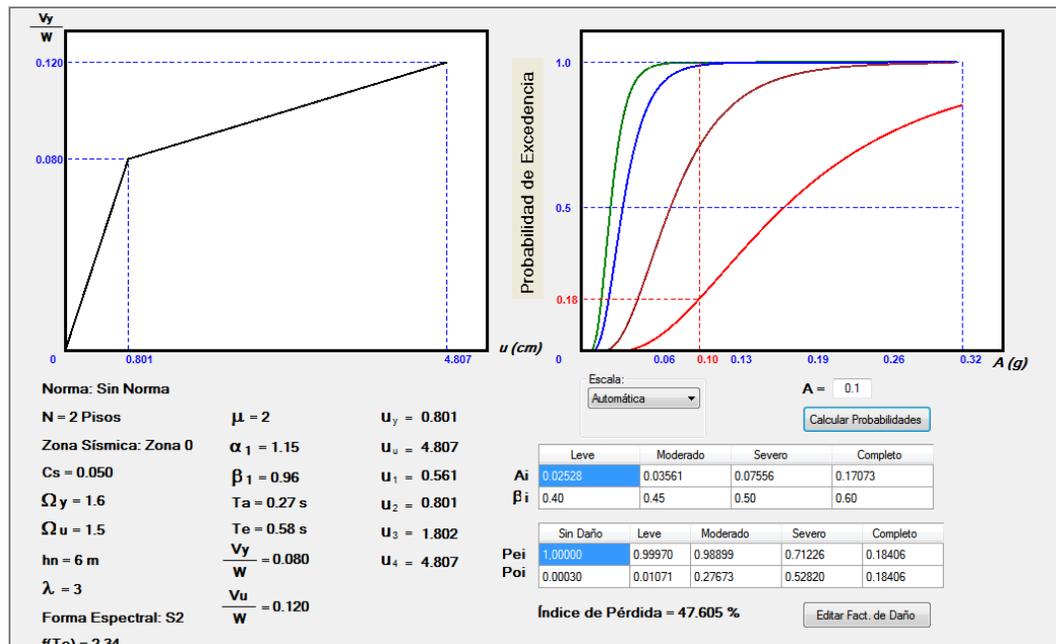
A-169. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 31 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



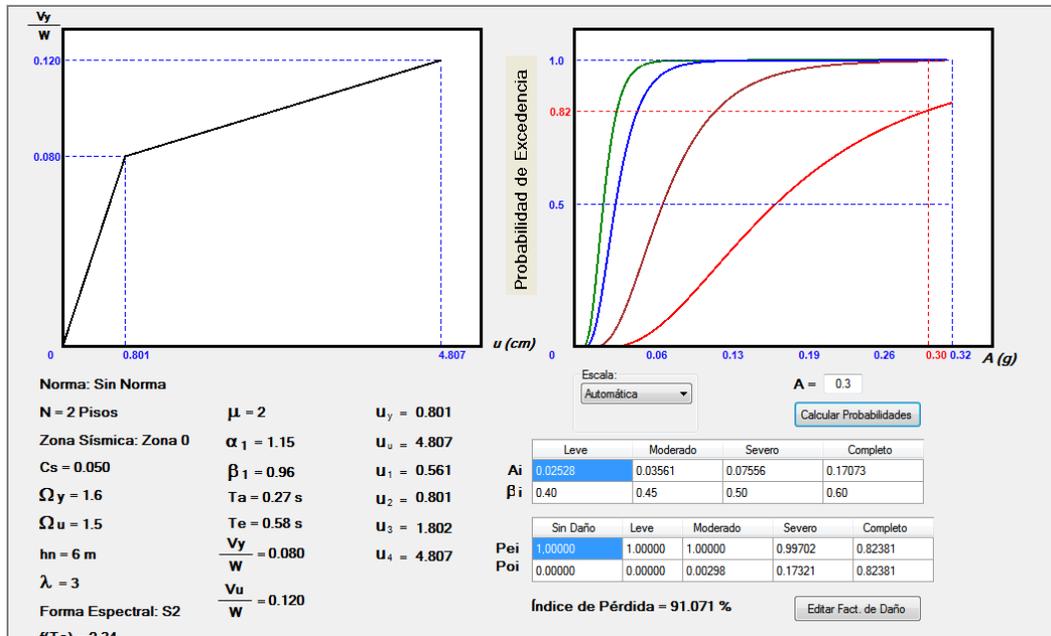
A-170. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 31 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



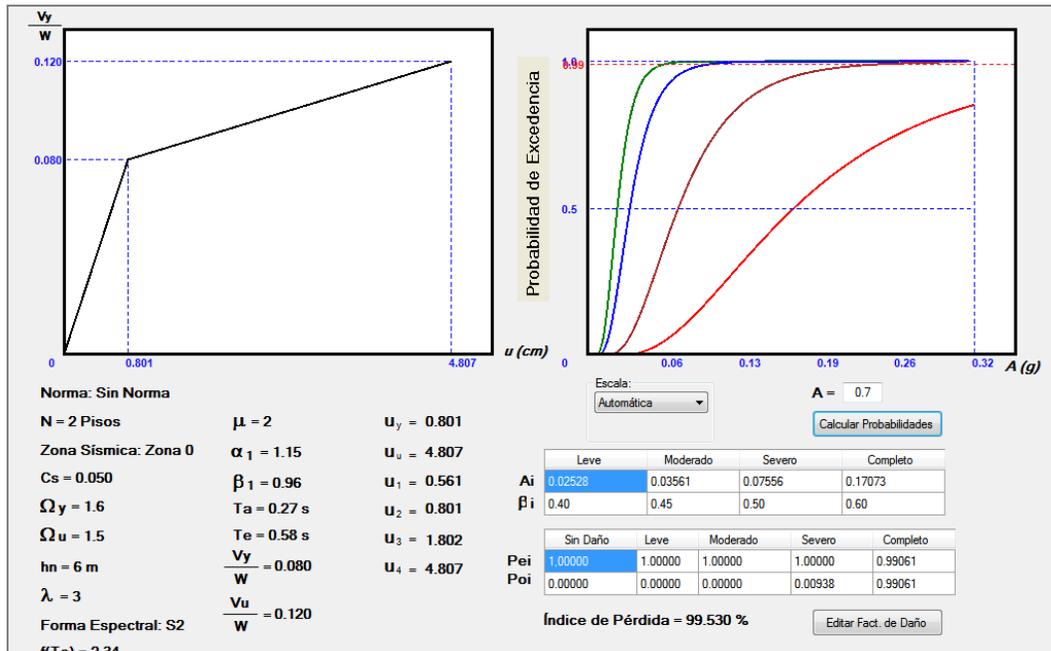
A-171. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 31 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



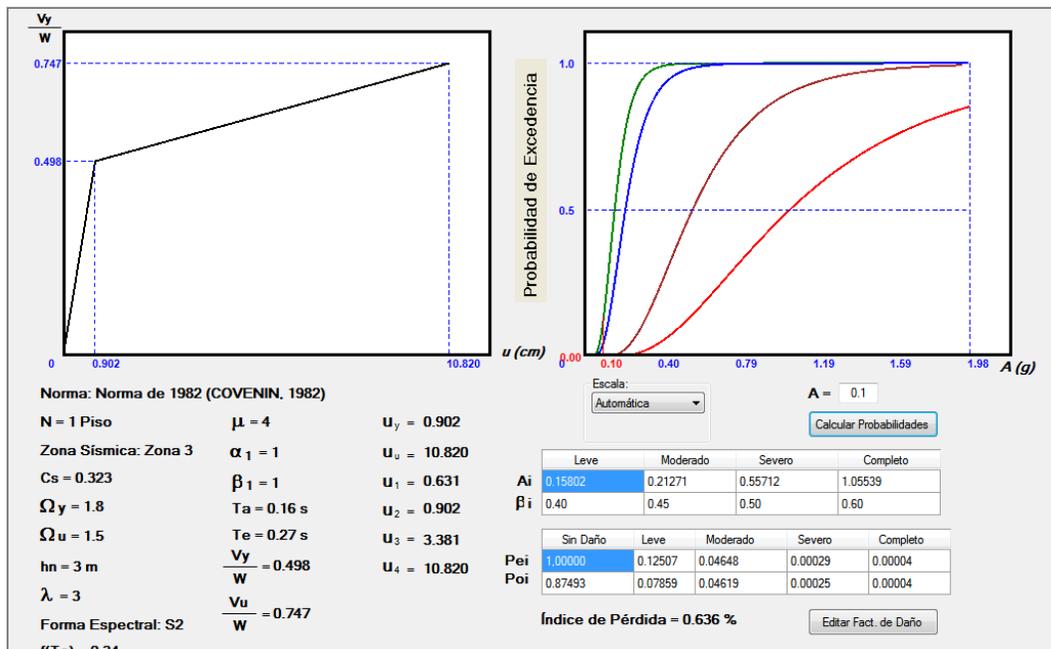
A-172. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 32 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



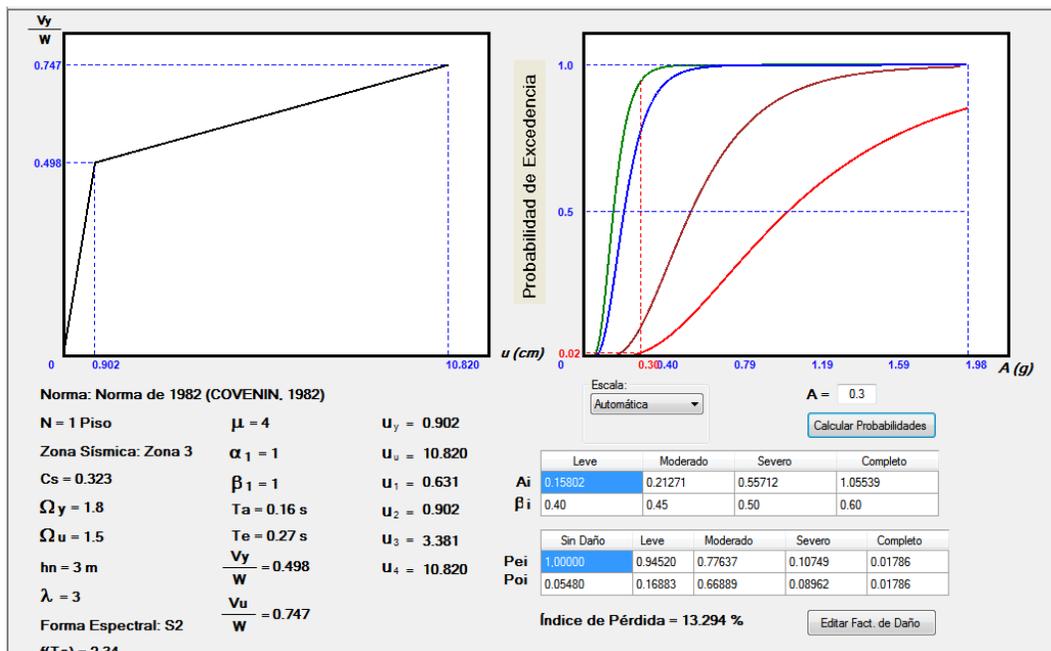
A-173. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 32 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



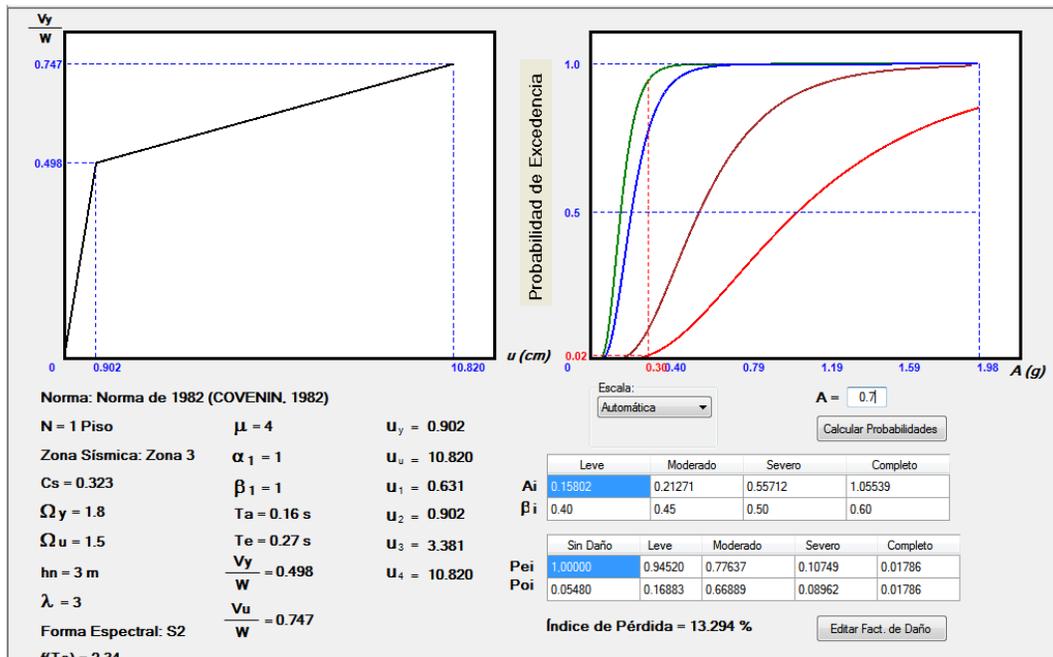
A-174. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 32 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



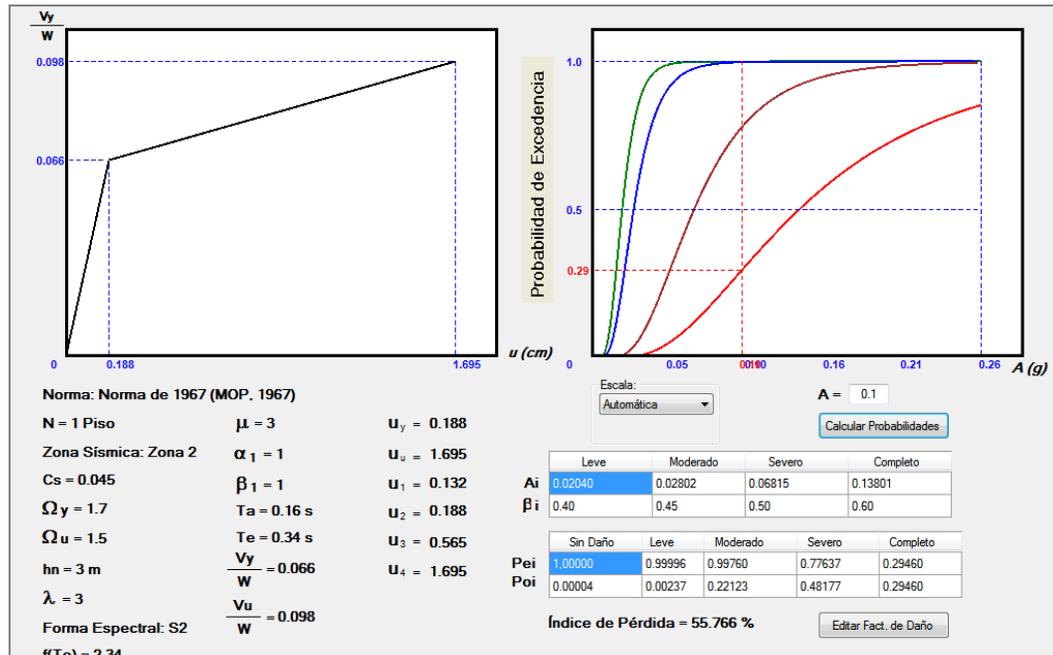
A-175. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 33 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



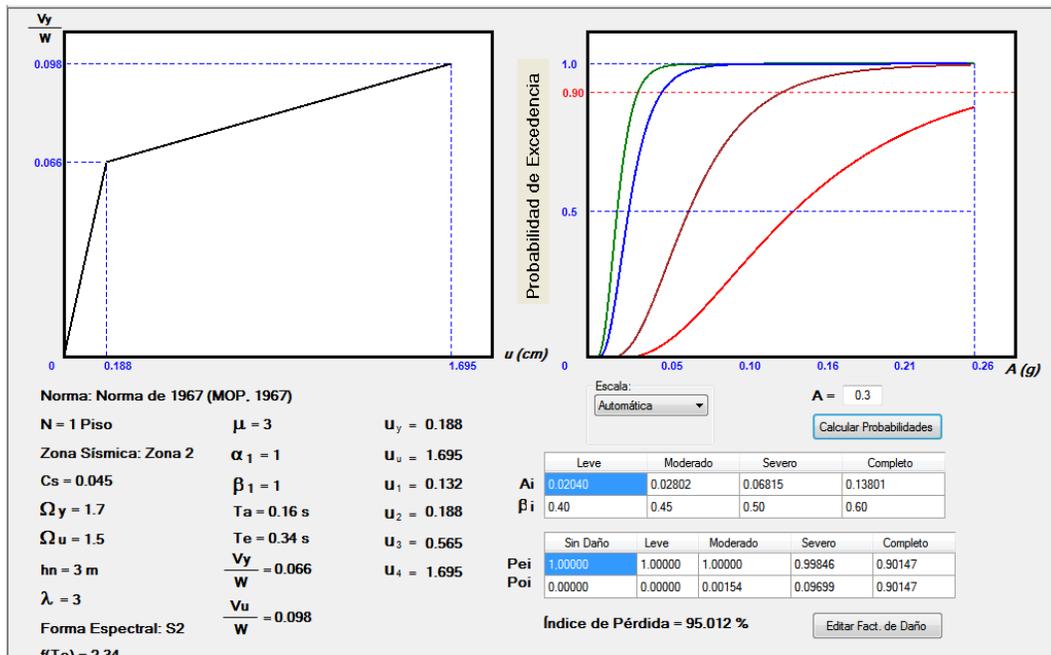
A-176. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 33 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



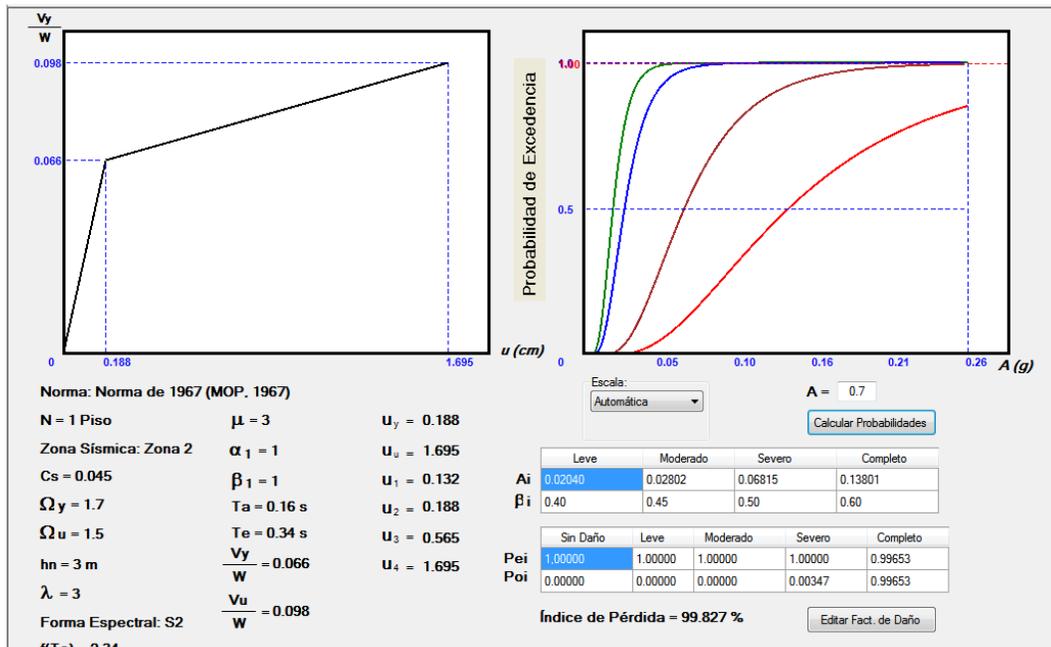
A-177. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 33 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



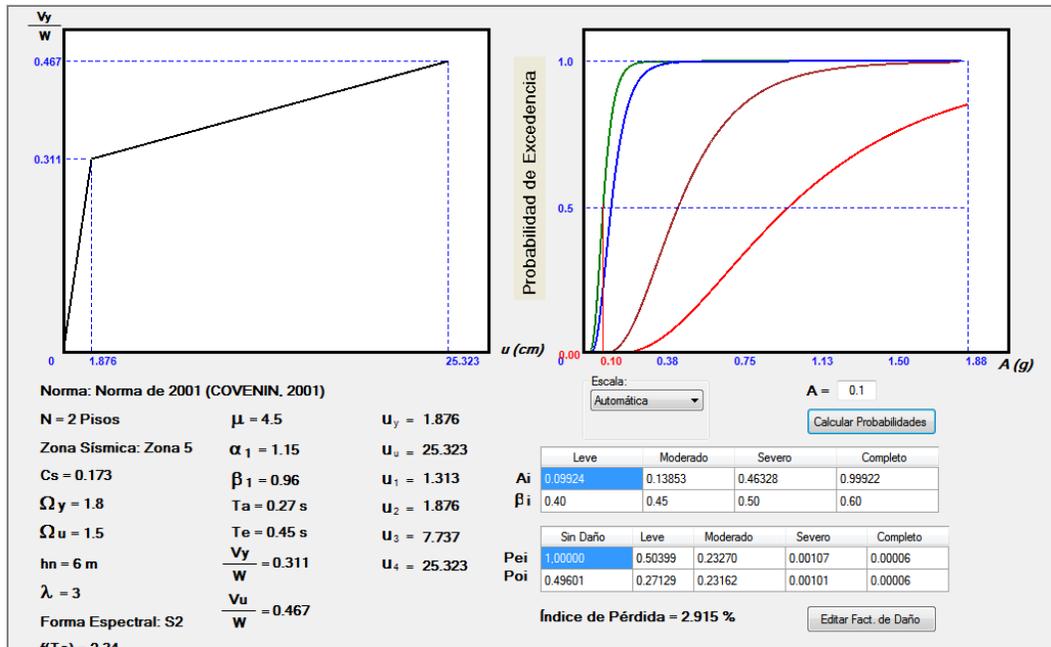
A-178. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 34 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



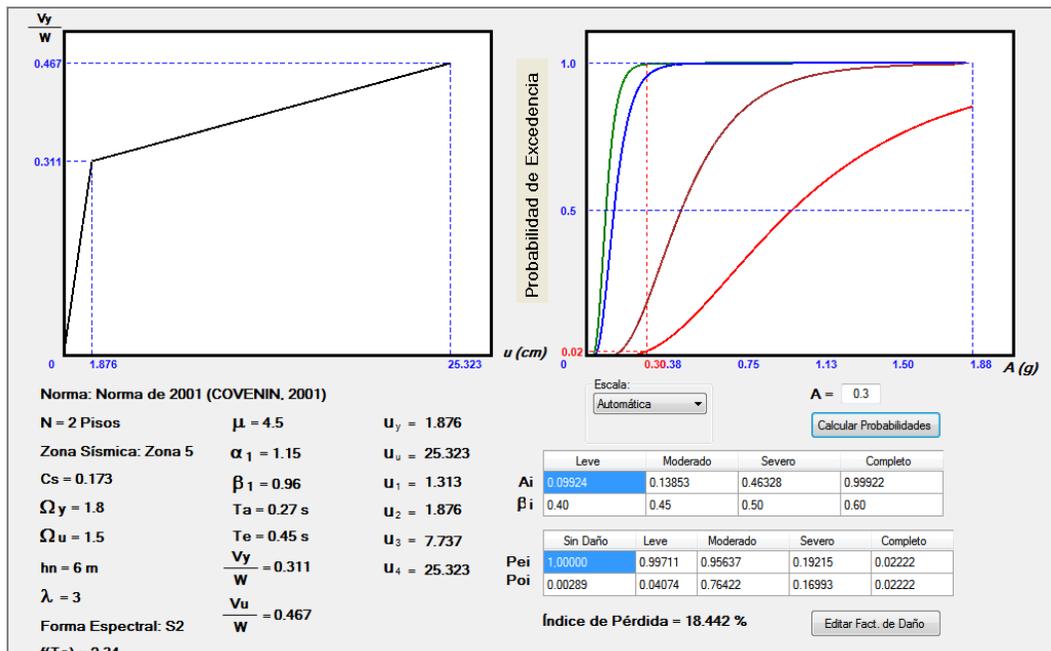
A-179. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 34 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



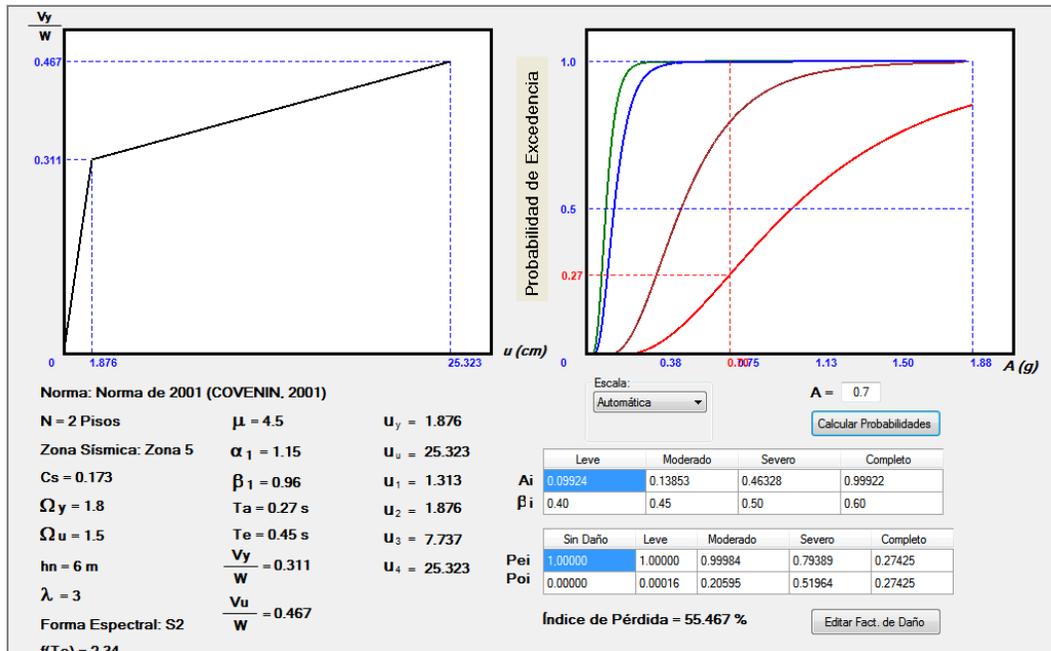
A-180. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 34 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



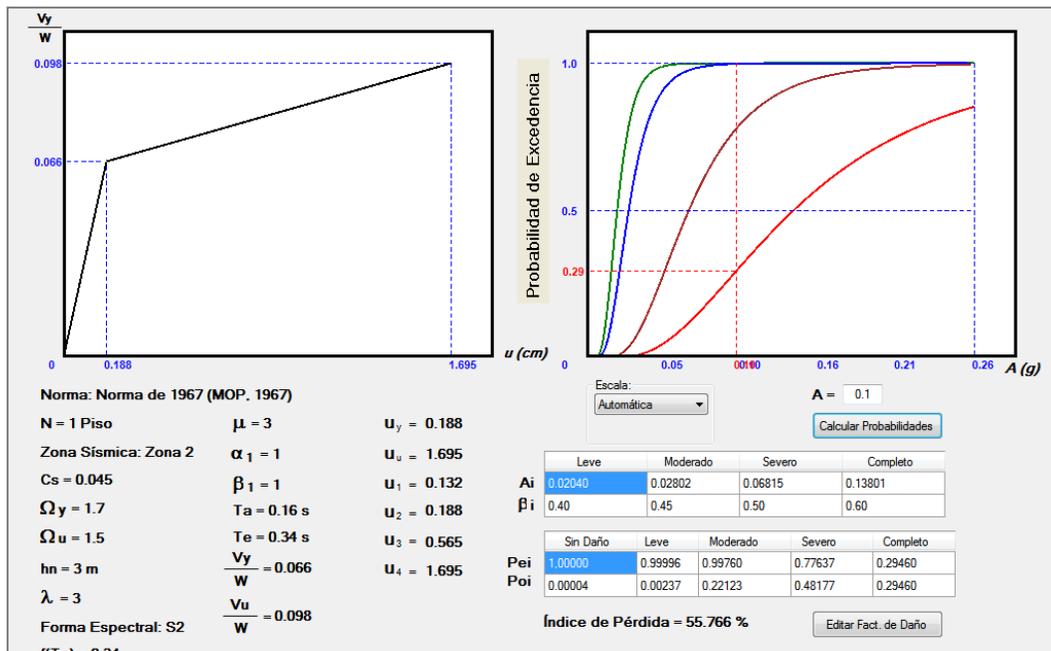
A-181. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 35 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



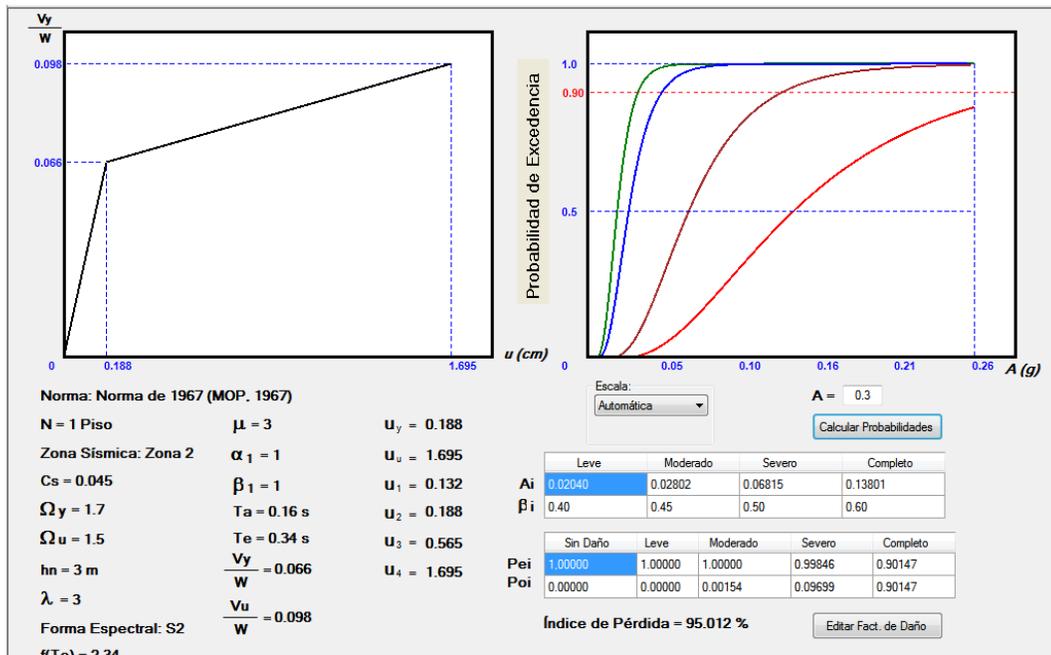
A-182. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 35 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



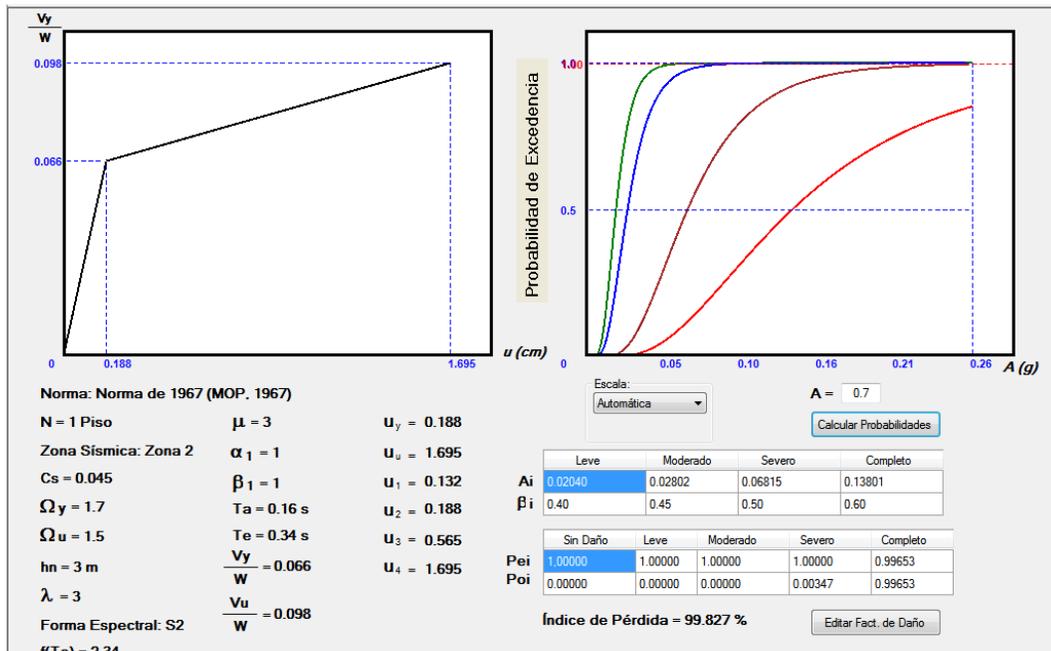
A-183. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 35 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-184. Curva de Fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 36 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-185. Curva de Fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 36 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-186. Curva de Fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 36 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-187. Vivienda Tipo 1 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-188. Vivienda Tipo 2 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-189. Vivienda Tipo 3 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-190. Vivienda Tipo 3 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-191. Vivienda Tipo 4 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-192. Vivienda Tipo 4 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-193. Vivienda Tipo 4 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-194. Vivienda Tipo 6 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-195. Vivienda Tipo 6 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-196. Vivienda Tipo 6 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-197. Vivienda Tipo 7 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-198. Vivienda Tipo 8 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-199. Vivienda Tipo 8 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



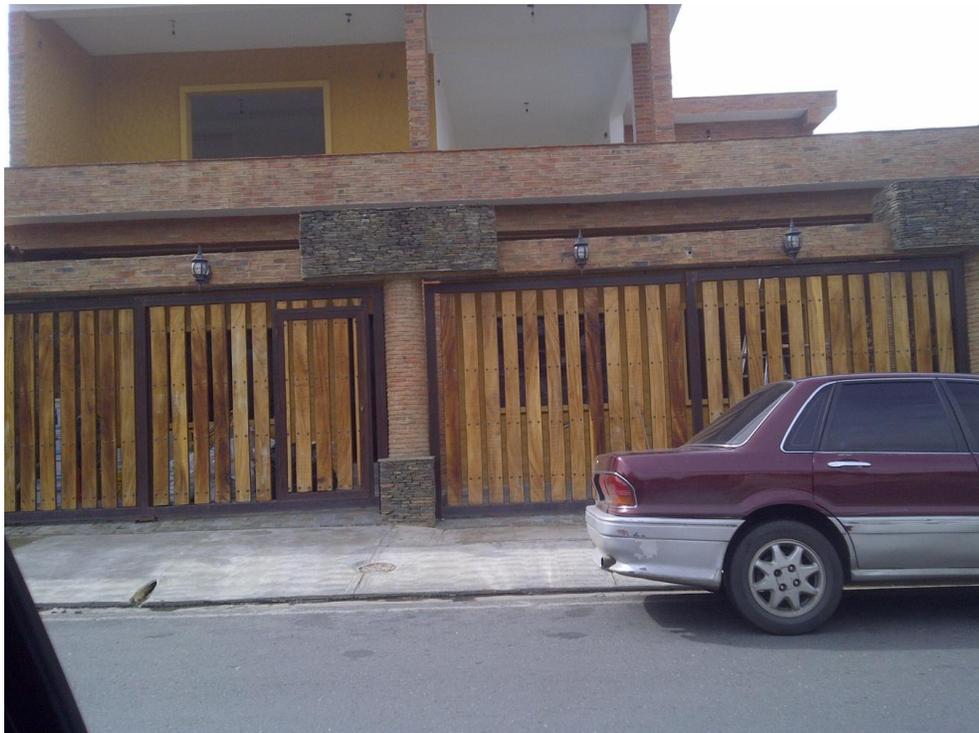
A-200. Vivienda Tipo 8 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-201. Vivienda Tipo 9 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-202. Vivienda Tipo 9 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-203. Vivienda Tipo 9 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-204. Vivienda Tipo 10 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-205. Vivienda Tipo 11 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-206. Vivienda Tipo 11 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-207. Vivienda Tipo 12 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-208. Vivienda Tipo 12 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-209. Vivienda Tipo 12 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-210. Vivienda Tipo 13 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-211. Vivienda Tipo 14 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-212. Vivienda Tipo 15 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-213. Vivienda Tipo 16 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-214. Vivienda Tipo 17 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-215. Vivienda Tipo 17 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-216. Vivienda Tipo 18 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-217. Vivienda Tipo 18 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-218. Vivienda Tipo 18 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-219. Vivienda Tipo 19 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-220. Vivienda Tipo 20 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-221. Vivienda Tipo 21 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-222. Vivienda Tipo 21 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-223. Vivienda Tipo 21 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-224. Vivienda Tipo 22 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-225. Vivienda Tipo 22 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-226. Vivienda Tipo 22 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-227. Vivienda Tipo 23 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-228. Vivienda Tipo 24 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-229. Vivienda Tipo 24 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-230. Vivienda Tipo 24 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-231. Vivienda Tipo 25 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-232. Vivienda Tipo 26 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-233. Vivienda Tipo 27 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-234. Vivienda Tipo 27 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-235. Vivienda Tipo 27 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-236. Vivienda Tipo 28 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-237. Vivienda Tipo 29 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-238. Vivienda Tipo 30 (1998). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-239. Vivienda Tipo 31 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-240. Vivienda Tipo 31 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-241. Vivienda Tipo 32 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-242. Vivienda Tipo 33 (1982). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-243. Vivienda Tipo 34 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-244. Vivienda Tipo 35 (2001). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



A-245. Vivienda Tipo 36 (1967). Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	4
EL PROBLEMA	4
Planteamiento del Problema	4
Objetivos de la Investigación	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos	7
Justificación	8
Alcance y Limitaciones.....	9
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO	11
Antecedentes de la Investigación	11
Fundamentos Teóricos	12
Reseña histórica de las normas de construcción en Venezuela	12
Breve Historia de la Sismología en Venezuela	13
Sismo	16
Tectónica de placas	16
<i>Formación de nueva corteza.....</i>	<i>17</i>
<i>Roce entre placas.....</i>	<i>17</i>
<i>Choque de dos placas continentales.</i>	<i>17</i>
<i>Choque entre una placa oceánica y una placa continental</i>	<i>18</i>
<i>Choque de dos placas oceánicas</i>	<i>19</i>
Sismología	20
Localización y cuantificación de los sismos.....	21
Ondas Sísmicas	22
<i>Ondas Primarias (P).....</i>	<i>23</i>

<i>Ondas Secundarias (S)</i>	23
<i>Ondas Love (L)</i>	24
<i>Ondas Rayleigh (R)</i>	25
Sismorresistencia	25
Sismicidad en Venezuela	26
Sistema de Fallas en el Estado Carabobo	28
<i>Falla de la Victoria</i>	28
<i>Falla de la Guacamaya</i>	28
<i>Falla de Las Trincheras</i>	29
Amenaza sísmica	29
Vulnerabilidad Sísmica	29
Riesgo sísmico	30
Clasificación de los Sistemas Constructivos	30
<i>Sistema de Pórticos Resistente a Momentos</i>	31
<i>Sistema de Muros Portantes (Estructura Tipo Túnel)</i>	32
<i>Sistema Dual (Pórticos Rigidizados)</i>	33
Factores que inciden en el Comportamiento de una Estructura ante una Amenaza Sísmica	35
<i>Ductilidad</i>	35
<i>Resistencia</i>	35
<i>Centro de Rigidez</i>	35
<i>Centro de Masa</i>	36
<i>Centro de Cortante</i>	36
<i>Amortiguamiento</i>	36
<i>Edad de la Construcción</i>	36
Configuración Geométrica de las Edificaciones	37
Configuración Estructural de las Edificaciones	37
<i>Peso</i>	39
<i>Forma del Edificio en Planta</i>	39
<i>Forma del Edificio en Elevación</i>	40

<i>Separación entre edificios adyacentes</i>	42
Curvas de Fragilidad	44
<i>Evaluación del riesgo sísmico de los sistemas estructurales</i>	45
<i>Determinación de las probabilidades de los márgenes de seguridad de las estructuras para diferentes movimientos sísmicos</i>	46
Definición de los Estados de Daño	46
<i>Daño Estructural Leve</i>	47
<i>Daño Estructural Moderado</i>	48
<i>Daño Estructural Severo</i>	48
<i>Daño Estructural Completo</i>	48
Límites de derivas para cada estado de daño	48
Métodos para determinar las curvas de fragilidad	49
<i>Métodos basados en observaciones de campo</i>	49
<i>Métodos experimentales</i>	50
<i>Métodos a partir de la opinión de expertos</i>	51
<i>Métodos analíticos</i>	51
<i>Métodos Probabilistas</i>	52
<i>Método Expedito</i>	54
Revisión de metodologías existentes para la obtención de la curva de Fragilidad	54
<i>Metodología CFSEV (Curvas de Fragilidad sísmica para escuelas de Venezuela) (Coronel y López 2010)</i>	54
<i>Metodología HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)</i>	55
<i>SELENA (2005)</i>	56
CAPITULO III	57
MARCO METODOLOGICO	57
Modalidad de la Investigación	57
Diseño de la Investigación	58
Población y Muestra	59
Técnicas e Instrumentos Para la Recolección de Datos	59

Procedimiento Metodológico.....	61
Fase A. Recopilación de Información Bibliográfica y Cartográfica	61
Fase B. Selección y Clasificación de las Estructuras a Evaluar	62
<i>No esenciales</i>	<i>62</i>
<i>Esenciales</i>	<i>64</i>
Fase C. Inspección de Estructuras Seleccionadas.....	65
<i>Procedimiento.....</i>	<i>65</i>
Fase D. Elaboración de Curvas de Fragilidad	66
<i>Procedimiento.....</i>	<i>67</i>
Fase E. Estimación de Daños.....	69
Fase F. Elaboración de Mapas Representativos de los Daños Estimados en el Municipio.....	70
CAPITULO IV.....	71
PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	71
Fase A. Recopilación de Información Bibliográfica y Cartográfica	71
Fase B. Selección de las Estructuras a Evaluar	74
<i>Sector 1.....</i>	<i>80</i>
<i>Sector 2.....</i>	<i>80</i>
<i>Sector 3.....</i>	<i>81</i>
<i>Sector 4.....</i>	<i>82</i>
<i>Sector 5.....</i>	<i>83</i>
<i>Cantidad de Edificaciones Estudiadas.....</i>	<i>84</i>
Fase C. Inspección de Estructuras Seleccionadas.....	86
Fase D. Elaboración de Curvas de Fragilidad	88
Fase E. Estimación de Daños.....	91
Fase F. Elaboración de Mapas Representativos de los Daños Estimados en el Municipio.....	102
CAPITULO V.....	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
Conclusiones.....	115

Recomendaciones	116
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	117
ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. <i>Tabla comparativa de las normas de diseño seleccionadas</i>	15
TABLA 2. <i>Terremotos más desastrosos en Venezuela</i>	27
TABLA 3. <i>Límites de derivas para cada estado de daño</i>	49
TABLA 4. <i>Tipologías de viviendas estudiadas</i>	77
TABLA 5. <i>Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Urb. el Morro II</i> ...92	
TABLA 6. <i>Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Magallanes y Ciudadela Valencey</i>	93
TABLA 7. <i>Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Urb. Los Harales</i> ..94	
TABLA 8. <i>Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Zona. Industrial Terrazas de Castillito</i>	95
TABLA 9. <i>Índice de pérdidas para estructuras seleccionadas. Zona Industrial San Diego</i>	96
TABLA 10. <i>Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Urb. El Morro II</i>	99
TABLA 11. <i>Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Magallanes</i>	100
TABLA 12. <i>Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Ciudadela Valencey</i>	101
TABLA 13. <i>Cantidad de pérdidas en bolívares de las viviendas afectadas para un sismo de 0.1g, 0.3g y 0.7g. Urb. Los Harales</i>	101

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Convergencia Continental-Continental.....	18
FIGURA 2. Convergencia Oceánica-Continental.....	19
FIGURA 3. Convergencia Oceánica-Oceánica.....	20
FIGURA 4. Convergencia Oceánica-Oceánica.....	22
FIGURA 5. Ondas Primarias (P).....	23
FIGURA 6. Ondas secundarias (S).....	24
FIGURA 7. Ondas Love (L).....	24
FIGURA 8. Ondas Rayleigh (R).....	25
FIGURA 9. Mapa de Venezuela donde se muestra el sistema de fallas principales y la dirección de las placas.....	26
FIGURA 10. Edificación con un sistema aporticado.....	31
FIGURA 11. Edificación con sistema de muros para resistir las cargas gravitacionales y laterales.....	32
FIGURA 12. Distintos sistemas duales.....	34
FIGURA 13. Edificación con arriostramientos laterales.....	34
FIGURA 14. Interacción de fuerzas entre pórticos y muros.....	34
FIGURA 15. Torsión causada por irregularidad en planta.....	40
FIGURA 16. Edificios con forma regular en altura.....	41
FIGURA 17. Caso típico en el que se produce el efecto de columna corta.....	42
FIGURA 18. Efecto de columna corta.....	42
FIGURA 19. Edificios adyacentes propensos a golpeteos entre sí.....	43
FIGURA 20. Edificios adyacentes con entrepisos en distintas alturas.....	44
FIGURA 21. Ejemplo de curvas de fragilidad.....	46
FIGURA 22. Planilla de Inspección para Edificaciones (1).....	68
FIGURA 23. Planilla de Inspección para Edificaciones (2).....	69

FIGURA 24. Planificación de Desarrollo Urbano Local del Municipio San Diego Estado Carabobo.....	72
FIGURA 25. Mapa Vs-30 del Municipio San Diego del Estado Carabobo según la conversión de NEHRP.....	73
FIGURA 26. Zona Suroeste del Municipio San Diego, destinada a la investigación.....	75
FIGURA 27. Sector 1.....	80
FIGURA 28. Sector 2.....	81
FIGURA 29. Sector 3.....	82
FIGURA 30. Sector 4.....	83
FIGURA 31. Sector 5.....	84
FIGURA 32. Edificaciones por Sector.....	85
FIGURA 33. Edificaciones por Tipología.....	85
FIGURA 34. Planilla de inspección para edificaciones, edificación Tipo 1 (1)...	87
FIGURA 35. Planilla de inspección para edificaciones, edificación Tipo 1 (2)...	88
FIGURA 36. Curva de fragilidad a 0.1g, Vivienda Tipo 1.....	89
FIGURA 37. Curva de fragilidad a 0.3g, Vivienda Tipo 1.....	90
FIGURA 38. Curva de fragilidad a 0.7g, Vivienda Tipo 1.....	90
FIGURA 39. Distribución de daño para un sismo de 0,1g. A un total de 1999 edificaciones.....	97
FIGURA 40. Distribución de daño para un sismo de 0,3g. A un total de 1999 edificaciones.....	97
FIGURA 41. Distribución de daño para un sismo de 0,7g. A un total de 1999 edificaciones.....	98
FIGURA 42. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.1$, Sector 1: Urb. El Morro II.....	103
FIGURA 43. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.1$, Sector 2: Magallanes y Ciudadela Valency.....	103
FIGURA 44. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.1$, Sector 3: Urb. Los Harales.....	104

FIGURA 45. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.1$, Sector 1: Urb. Industrial Terrazas de Castillito.....	105
FIGURA 46. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.1$, Sector 1: Urb. Industrial San Diego.....	106
FIGURA 47. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.3$, Sector 1: Urb. El Morro II.....	107
FIGURA 48. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.3$, Sector 2: Magallanes y Ciudadela Valencey.....	107
FIGURA 49. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.3$, Sector 3: Urb. Los Harales.....	108
FIGURA 50. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.3$, Sector 4: Urb. Industrial Terrazas de Castillito.....	109
FIGURA 51. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.3$, Sector 5: Urb. Industrial San Diego.....	110
FIGURA 52. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.7$, Sector 1: Urb. El Morro II.....	111
FIGURA 53. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.7$, Sector 2: Magallanes y Ciudadela Valencey.....	111
FIGURA 54. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.7$, Sector 3: Urb. Los Harales.....	112
FIGURA 55. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.7$, Sector 4: Urb. Industrial Terrazas de Castillito.....	113
FIGURA 56. Mapa de Estimación de Daños con $Ao=0.7$, Sector 1: Urb. Industrial San Diego.....	114

EVALUACION DEL RIESGO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES AL SUROESTE DEL MUNICIPIO SAN DIEGO EDO CARABOBO. EMPLEANDO CURVAS DE FRAGILIDAD.

Carlos E. Aldazoro J., estudiante de ingeniería civil en la Universidad de Carabobo, Bárbula Naguanagua Venezuela (Teléfono: 0424-4068244 e-mail: aldazorocarlos@gmail.com).

Luis A. Da Silva, estudiante de ingeniería civil en la Universidad de Carabobo, Bárbula Naguanagua Venezuela (Teléfono: 0414-1480231 e-mail: dasilvaluis6@gmail.com).

Tutor Académico: Profesor Edson Martínez O. Ingeniero Civil. Universidad de Carabobo, Naguanagua Venezuela (Teléfono 0416-7338229, e mail: edsontmartinez@gmail.com)

Resumen.-

En la presente investigación se construyen curvas de fragilidad sísmica para las edificaciones ubicadas en la Zona Suroeste del Municipio San Diego del Estado Carabobo, llevando consigo como objetivo principal, la denotación de la vulnerabilidad sísmica a fin de evaluar los niveles de riesgo sísmico alrededor de toda la zona en estudio mediante índices de pérdida estimados. Para ello, inicialmente se clasifico la totalidad de las estructuras siguiendo como patrón de clasificación las características estructurales antisísmicas que cada una posea, y así, dar paso al proceso de inspección realizado a fin de cuantificar las edificaciones existentes discriminando entre cada una de las clasificaciones descritas en el paso anterior según sus características. Inspecciones que son útiles pues contienen los datos requeridos por el software (CFSEV) para graficar las curvas de fragilidad características evaluadas en tres (03) aceleraciones de sismo distintas, primero a 0.1g, segundo a 0.3g, y finalmente a 0.7g, siendo estas dos (2) últimas aceleraciones las que causan más daño haciendo a gran parte de la zona en estudio vulnerable, pues, según los cuatro estados de daño definidos como leve, moderado, severo y completo se clasifico el 58% de la totalidad de edificaciones con daño completo mientras que a 0.7g, el porcentaje de edificaciones con el mismo daño es de 96%, mostrando menores características sismorresistentes las edificaciones construidas bajo la norma (MOP 1967), diferencia que se hace notable al inducir una aceleración de sismo de 0.1g, pues la zona ante esta aceleración se comporto oscilante entre un daño leve, moderado y en ocasiones severo, mostrando un carácter resistente ante un sismo de esta magnitud, siendo evidente de esta manera, las mejoras antisísmicas inducidas en el país mediante las últimas normas publicadas.

SEISMIC RISK ASSESSMENT OF BUILDINGS OF SOUTHWEST SAN DIEGO CITY EDO CARABOBO. USING FRAGILITY CURVES.

Abstract.-

In the present investigation are constructed seismic fragility curves for buildings located in the southwestern municipality of San Diego Carabobo state, taking as its main objective, the denotation of the seismic vulnerability to assess seismic risk levels all around the study area using estimated loss rates. To do this, initially classify all of the following structures as pattern classification seismic structural characteristics that each possesses, and thus give way to the inspection process conducted

to quantify existing buildings discriminate between each of the classifications described in the above step according to its characteristics. Inspections that are useful as they contain the information required by the software (CFSEV) to plot the curves of fragility characteristics assessed in three (03) different seismic accelerations, first to 0.1g, second by 0.3g, 0.7g, and finally, being two (2) last accelerations that cause more damage making much of the study area vulnerable, then, according to the four damage states defined as mild, moderate, severe and complete was rated 58% of all buildings with full damage while at 0.7g, the percentage of buildings with the same damage is 96%, showing minor earthquake resistant features buildings constructed under the standard (MOP 1967), a difference that is noticeable to induce an acceleration of 0.1 earthquake g, since the area before this acceleration behaved oscillating between slight damage, moderate and sometimes severe, showing a strong character in an earthquake of this magnitude is evident in this way, the induced seismic upgrades in the country by the latest standards published.

1. INTRODUCCIÓN

En esta investigación se construyeron curvas de fragilidad sísmica para diferentes tipos de edificaciones de poca altura, diseñadas bajo distintas normativas dependiendo del año constructivo, para de esta manera, dar continuidad a una gran línea de investigación de vulnerabilidad y riesgo sísmico que ha venido desarrollando la universidad de Carabobo bajo distintos trabajos de grado orientados al resto de las zonas que comprenden al municipio San Diego, al igual que demás universidades del país que están avocadas a mitigar en mayor medida los estragos dejados por los sismos mediante evaluación de daños y niveles de riesgo sísmico en el resto de las entidades del territorio nacional de Venezuela, en el marco de la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socioculturales y Tecnológicos (GIRST) promulgada en gaceta oficial N°39.095 del 9 de enero de 2009.

La construcción de las curvas de fragilidad sísmicas se realizó mediante la implementación de un software diseñado para tal fin y desarrollado en Venezuela bajo sus normas, el cual permite obtener los porcentajes de afectación que sufre cada tipo de estructura perteneciente a la zona en estudio y ubicarlos en cuatro diferentes estados de daños: leve, moderado, severo y completo

El objetivo final del trabajo investigativo consistió en la elaboración de un mapa que

muestra las zonas estudiadas identificando las áreas que están más propensas a sufrir mayores pérdidas, para así poder elaborar un correcto plan de acción de presentarse una eventualidad de esta índole.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Procedimiento Metodológico

Fase A:

Recopilación de Información Bibliográfica y Cartográfica.

Para recabar toda la información bibliográfica y cartográfica necesaria se contara con los entes gubernamentales encargados, como lo son La Gobernación del Estado Carabobo, la Fundación venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), y en mayor grado de aporte la Alcaldía del Municipio San Diego, por contar con información más detallada sobre el municipio, adicionalmente, se revisaran una serie de trabajos de grado realizados anteriormente en el área de estudio a fin de obtener la mayor información posible

Se ahondara en la búsqueda de mapas y demás información cartográfica que sirva de guía en la ubicación de los resultados que se obtendrán a medida que avance la investigación, y puedan

presentarse los mapas de estimación de daños en ellos, una vez ya obtenidos los resultados de daños en las edificaciones.

Fase B:

Selección y Clasificación de las Estructuras a Evaluar.

Se procederá a realizar un inventario de la totalidad de las estructuras radicadas en la zona de estudio, tomando en cuenta en orden de importancia, las características estructurales más relevantes de cada estructura que condicionen su desempeño sismorresistente, entre las que destacan, año de construcción, cantidad de niveles de la estructura, sistemas constructivos, ubicación geográfica de la parcela, tipo de entrepiso y tipo de techo.

Para analizar el estado de daño de toda la zona seleccionada para la investigación, fue necesario realizar una clasificación de las tipologías estructurales con sus características globales, en general las categorías de cada edificación a estudiar vienen dadas por el tipo de sistema constructivo, el uso de la edificación, en número de niveles, y la norma bajo la cual fueron construidas dichas edificaciones.

Fase C:

Inspección de Estructuras Seleccionadas.

Con la ayuda de la planilla de inspección de edificaciones elaborada por Coronel y López se pondrán en marcha las inspecciones en campo de las estructuras seleccionadas en la Fase (B), haciendo énfasis en cada una de las características importantes que limiten el comportamiento sismorresistente, destacando una inspección más profunda en las estructuras que presenten dificultad momento de la identificación visual. Es importante destacar que las estructuras que estén en alto grado de deterioro o habitadas por un número de residentes mayor a la capacidad estimada serán mucho más vulnerables, pues aumenta el grado de riesgo de pérdidas tanto monetario como humano ante un movimiento

sísmico.

Procedimiento

Con la información necesaria en una planilla se procede a realizar la inspección de una edificación representativa de cada tipo encontrado en el inventario de estructuras elaborado.

Una vez recolectada toda la data concerniente de las estructuras como se mencionó anteriormente se realizara un mapa de catastro, donde se identifique cada tipo de edificación de cada una de las urbanizaciones seleccionadas ubicadas al suroeste del Municipio San Diego.

Fase D:

Elaboración de Curvas de Fragilidad.

La caracterización de la vulnerabilidad sísmica del edificio mediante curvas de fragilidad se basa en la información básica de cada edificación, suponiendo que los edificios fueron diseñados acorde con la normativa correspondiente a su época. Bajo esta hipótesis se construirán curvas de capacidad bilineal para cada edificio con la ayuda de un software denominado “Curvas de Fragilidad Sísmicas para Escuelas Venezolanas (CFSEV)”

Procedimiento

Para la extracción de los datos almacenados en las planillas realizadas en el proceso de inspección, se necesita seguir con una serie de pasos que proporcionen solo los datos que solicita el programa para la elaboración de las curvas de fragilidad, como sigue a continuación:

- Primero, identificar la norma (según el año de fabricación de la edificación), con la que debería haber sido construida la estructura.
- Segundo, ubicar en el mapa de zonificación sísmica de las diferentes normas, en que rango sísmico se encuentra el municipio que comprende las estructuras en estudio.
- Tercero, definir el tipo de suelo en el sitio según lo especificado por la norma y trabajos geotécnicos realizados en el municipio.

- Cuarto, ubicar el grupo de la estructura, nivel de diseño y tipo para escoger según la norma el factor de reducción de respuesta.
- Por último, una vez obtenidos todos estos datos se procederá a correr el programa para que este arroje la curva de fragilidad, la cual se repetirá para tres (03) valores de aceleración del sismo: 0.1, 0.3, 0.7 veces la aceleración de la gravedad.

**Fase E:
Estimación de Daños.**

Para estudiar el efecto de los sismos se utiliza el factor de daño que representa la relación entre el costo de reparación y el costo de reposición, es decir, reemplazo total de la edificación.

Para la estimación de daños, las probabilidades de ocurrencia (P_i) de cada estado de daño (i) prefijado, se obtienen de las curvas de fragilidad a partir de la aceleración máxima del terreno (A_k) estimada en cada edificación para cada evento sísmico (k) definido de forma determinística.

**Fase F:
Elaboración de Mapas Representativos de los Daños Estimados en el Municipio.**

Es la última etapa operativa, donde se evidencian los índices de pérdidas arrojados por el software CFSEV. Se elaborara un mapa por cada aceleración de terreno evaluada, es decir, a 0.1g, 0.3g y 0.7g, representados en escala de colores seleccionados de acuerdo al índice de pérdida que corresponda, evidenciando así de manera grafica la variación obtenida en cuanto a daños, a medida que el sismo va en ascendencia.

3. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

**Fase A:
Recopilación de Información Bibliográfica y Cartográfica.**

Se obtiene el Plano de Desarrollo Urbano

Local (PDUL). Gracias a la cartografía consultada. De donde se denotan los sectores que comprende la zona en estudio, como sigue:

SECTOR 1: Comprendido por la urbanización El Morro II, ubicado al norte del área en estudio y está limitado por la urbanización La Esmeralda al Norte, la urbanización Paso Real al Sur, la avenida Don Julio Centeno a Este y el cerro El Tigre al Oeste.

SECTOR 2: Comprendido por las urbanizaciones Magallanes y Ciudadela Valencey, ubicado al norte del área en estudio y está limitado por la urbanización Paso Real al Norte, urbanización Los Harales al Sur, la avenida Don Julio Centeno al este, y el cerro El Tigre al oeste.

SECTOR 3: Comprendido por la urbanización Los Harales, ubicado al norte del área en estudio y está limitado por la urbanización Ciudadela Valencey al Norte, la urbanización Industrial Terrazas de Castillito al Sur, la avenida Don Julio Centeno a Este y el cerro El Tigre al Oeste.

SECTOR 4: Comprendido por la urbanización industrial Terrazas de Castillito, ubicado al sur del área en estudio y está limitado por, la urbanización Los Harales al Norte, la urbanización Industrial San Diego al Sur, la avenida Don Julio Centeno a Este y el cerro El Tigre al Oeste.

SECTOR 5: Comprendido por la urbanización industrial San Diego, ubicado al sur del área en estudio y está limitado por, la urbanización industrial Terrazas de Castillito al Norte, la Autopista Regional del Centro al Sur, la avenida Don Julio Centeno a Este y el cerro El Tigre al Oeste.

**Fase B:
Selección y Clasificación de las Estructuras a Evaluar.**

Se obtuvo un total de 1999 edificaciones evaluadas en todo el suroeste del Municipio San Diego. Distribuidas dichas edificaciones como se

muestra a continuación:

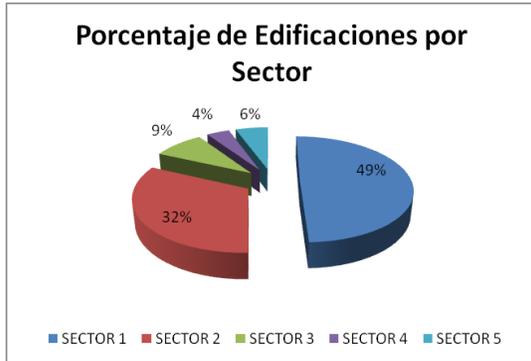


Figura 32. **Edificaciones por Sector.** Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Resultando un total de 36 tipologías diferentes que giran alrededor de las normas antisísmicas MOP 1967, COVENIN 1982, COVENIN 1998 y COVENIN 2001, clasificadas según sus diferentes características estructurales antisísmicas en esenciales y no esenciales.

A continuación se muestra como están distribuidas las 1999 edificaciones en las 36 tipologías existentes:



Figura 33. **Edificaciones por Tipología.** Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Fase C: Inspección de Estructuras Seleccionadas.

A continuación se muestra un ejemplo de inspección de estructuras, realizada a una edificación tipo uno (1) ubicada en la zona en estudio mediante el uso de la Planilla de Inspección de Edificaciones elaborada por Coronel y López:

PLANILLA DE INSPECCIÓN PARA EDIFICACIONES (Características Sismorresistentes)					
1. Datos generales (rellenar)					
1.1 Fecha	06/04/2012	1.2 Hora de Ini	8:00am	1.3 Hora Cul	4:00pm
1.4 Código			Tipo 1		
2. Datos de los participantes (rellenar)					
Función	Nombre y apellido	teléfono	Correo Electrónico		
2.1 Inspector	Carlos Aldazoro	0424-4068244	aldazorcarlos@gmail.com		
2.2 Revisor	Luis Da Silva	0414-1480231	dasilvaluis@gmail.com		
2.3 Supervisor	Edson Martinez	0416-7338229	edsonmartinez@gmail.com		
3. Identificación y Ubicación de la edificación (rellenar)					
4.1 Nombre o N	4.2 N de Pisos		1	4.3 N de Semi Sótanos	
4.4 N de Sótanos	0	4.5 Estado	Carabobo	4.6 Ciudad	San Diego
4.7 Municipio	San Diego	4.8 Parroquia		4.9 Urb. Sector. Barrio	El Morro II
4. Uso de la edificación (marcar con una x, múltiples opciones)					
<input checked="" type="checkbox"/> Gubernamental	<input checked="" type="checkbox"/> Militar	<input checked="" type="checkbox"/> Médico Asistencial	<input checked="" type="checkbox"/> Industrial	<input type="checkbox"/> Otro (Especifique)	
<input checked="" type="checkbox"/> Bomberos	<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda Popular	<input checked="" type="checkbox"/> Educativo	<input checked="" type="checkbox"/> Comercial		
<input checked="" type="checkbox"/> Protección Civil	<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda Unifamiliar	<input checked="" type="checkbox"/> Deportivo-Recreativo	<input checked="" type="checkbox"/> Oficina		
<input checked="" type="checkbox"/> Policial	<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda Multifamiliar	<input checked="" type="checkbox"/> Cultural	<input checked="" type="checkbox"/> Religioso		
5. Capacidad de Ocupación (rellenar y marcar con una x una opción)					
6.1 Numero de personas que ocupan el inmueble	4				
6.2 Ocupación durante	<input checked="" type="checkbox"/> Mañana	<input checked="" type="checkbox"/> Tarde	<input checked="" type="checkbox"/> Noche		
6. Año de Construcción (rellenar y marcar con una x una opción)					
Año	<input checked="" type="checkbox"/> Antes de 1939	<input checked="" type="checkbox"/> Entre 1940 y 1947	<input checked="" type="checkbox"/> Entre 1948 y 1955	<input checked="" type="checkbox"/> Entre 1956 y 1967	
	<input checked="" type="checkbox"/> Entre 1968 y 1982	<input checked="" type="checkbox"/> Entre 1983 y 1998	<input checked="" type="checkbox"/> Entre 1999 y 2001	<input checked="" type="checkbox"/> Después de 2001	
7. condición del terreno (marcar con una x una opción por pregunta)					
8.1 Edificación en:	<input checked="" type="checkbox"/> Planicie	<input checked="" type="checkbox"/> 8.2 Pendiente del terreno	<input checked="" type="checkbox"/> 20 - 45°	<input checked="" type="checkbox"/> Mayor de 45°	
8.6 Drenajes	<input checked="" type="checkbox"/> Base	<input checked="" type="checkbox"/> 8.3 Localizada sobre la mitad superior de la ladera	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO	
<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO	<input checked="" type="checkbox"/> 8.4 Pendiente del talud	<input checked="" type="checkbox"/> 20 - 45°	<input checked="" type="checkbox"/> Mayor de 45°	
		<input checked="" type="checkbox"/> 8.5 Separación al talud	<input checked="" type="checkbox"/> Menor a H del Talud	<input checked="" type="checkbox"/> Mayor a H del Talud	
8. Tipo Estructural (marcar con una x múltiples opciones)					
<input checked="" type="checkbox"/> Pórticos de concreto armado	<input checked="" type="checkbox"/> Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto	<input checked="" type="checkbox"/> Pórticos de acero diagonalizados	<input checked="" type="checkbox"/> Pórticos de acero con cerchas	<input checked="" type="checkbox"/> Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos	
<input checked="" type="checkbox"/> Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	<input checked="" type="checkbox"/> Muros de concreto armado en una sola dirección, como algunos sistemas del tipo túnel	<input checked="" type="checkbox"/> Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada	<input checked="" type="checkbox"/> Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada		
<input checked="" type="checkbox"/> Pórticos de acero	<input checked="" type="checkbox"/> Pórticos de acero con perfiles tubulares				
9. Esquema de planta (marcar con una x)					
<input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> L	<input checked="" type="checkbox"/> Esbeltez Horizontal	<input checked="" type="checkbox"/> T	<input checked="" type="checkbox"/> U	<input checked="" type="checkbox"/> Esbeltez Vertical
<input checked="" type="checkbox"/> T	<input checked="" type="checkbox"/> O	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Pirámide invertida	<input checked="" type="checkbox"/> L	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno
<input checked="" type="checkbox"/> U	<input checked="" type="checkbox"/> o		<input checked="" type="checkbox"/> Piramidal	<input checked="" type="checkbox"/> I	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno
10. Esquema de elevación (marcar con una x)					
11. Irregularidades (marcar con una x múltiples opciones)					
<input checked="" type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o en dos direcciones	<input checked="" type="checkbox"/> 12.6 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta	<input checked="" type="checkbox"/> 12.7 Separación entre edificios (cm)			
<input checked="" type="checkbox"/> 12.2 Presencia de al menos un entrepiso débil o blando	<input checked="" type="checkbox"/> 12.3 Presencia de columnas cortas	<input checked="" type="checkbox"/> 12.8 Adosamiento: Losa contra losa			
<input checked="" type="checkbox"/> 12.4 Discontinuidad de ejes de columnas	<input checked="" type="checkbox"/> 12.5 Aberturas significativas en losas	<input checked="" type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra columna			
12. Grado de deterioro (marcar con una x una opción por pregunta)					
13.1 Est. de Concreto. Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo.	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Moderado	<input checked="" type="checkbox"/> Severo		
13.2 Est. de Acero Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Moderado	<input checked="" type="checkbox"/> Severo		
13.3 Agrietamiento en paredes de relleno	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Moderado	<input checked="" type="checkbox"/> Severo		
13.4 Estado general de mantenimiento	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Regular	<input checked="" type="checkbox"/> Bajo		
13. Observaciones					
14. Fachada					

Figura 34. **Planilla de inspección para edificaciones, edificación Tipo 1 (1).** Nota. Datos tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

11. Irregularidades (marcar con una x múltiples opciones)					
<input checked="" type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o en dos direcciones	<input checked="" type="checkbox"/> 12.6 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta	<input checked="" type="checkbox"/> 12.7 Separación entre edificios (cm)			
<input checked="" type="checkbox"/> 12.2 Presencia de al menos un entrepiso débil o blando	<input checked="" type="checkbox"/> 12.3 Presencia de columnas cortas	<input checked="" type="checkbox"/> 12.8 Adosamiento: Losa contra losa			
<input checked="" type="checkbox"/> 12.4 Discontinuidad de ejes de columnas	<input checked="" type="checkbox"/> 12.5 Aberturas significativas en losas	<input checked="" type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra columna			
12. Grado de deterioro (marcar con una x una opción por pregunta)					
13.1 Est. de Concreto. Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo.	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Moderado	<input checked="" type="checkbox"/> Severo		
13.2 Est. de Acero Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Moderado	<input checked="" type="checkbox"/> Severo		
13.3 Agrietamiento en paredes de relleno	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Moderado	<input checked="" type="checkbox"/> Severo		
13.4 Estado general de mantenimiento	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Regular	<input checked="" type="checkbox"/> Bajo		
13. Observaciones					
14. Fachada					

Figura 35. **Planilla de inspección para edificaciones, edificación Tipo 1 (2).** Nota. Datos tomados de Elaboración Propia (2012).

Fase D: Elaboración de Curvas de Fragilidad

Una vez recolectados los datos mediante la planilla de inspección, se procede a vaciarlos en el software CFSEV (Curvas de Fragilidad Sísmica Para Escuelas de Venezuela), de donde se obtienen las curvas de fragilidad para diferentes aceleraciones horizontales de sismo que proporcionaron a su vez, los índices de pérdida necesarios para estimar los daños en la zona en estudio como sigue:

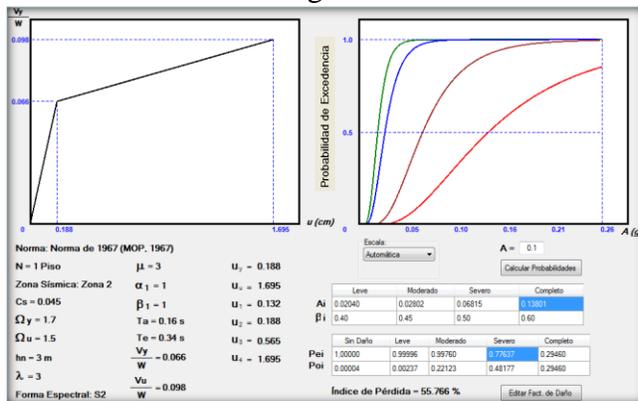


Figura 36. Curva de fragilidad. Vivienda Tipo I a 0,1g. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

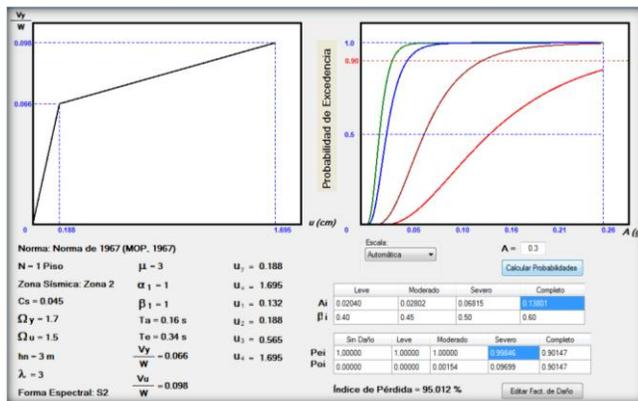


Figura 37. Curva de fragilidad. Vivienda Tipo I a 0,3g. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

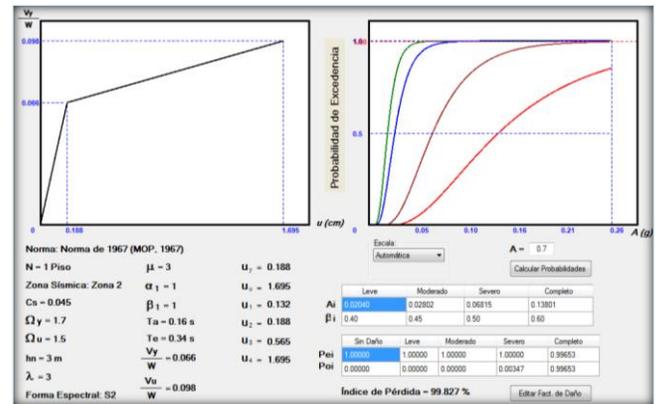


Figura 38. Curva de fragilidad. Vivienda Tipo I a 0,7g. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

Fase E: Estimación de Daños.

En esta fase se muestran los daños representados en cuatro estados para las tres aceleraciones horizontales de sismo evaluadas, como se muestra a continuación:

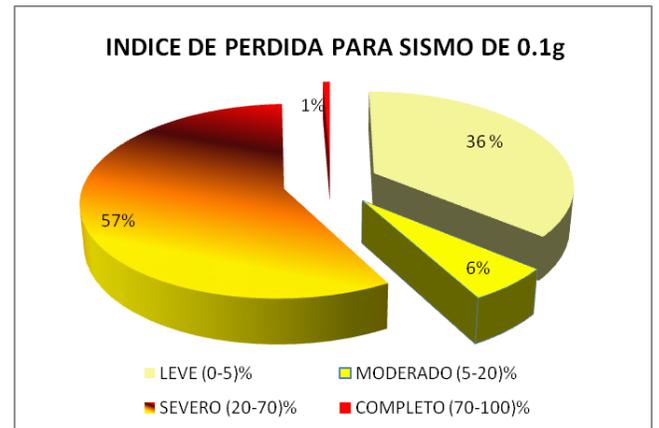


Figura 39. Distribución de daño para un sismo de 0,1g. A un total de 1999 edificaciones. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

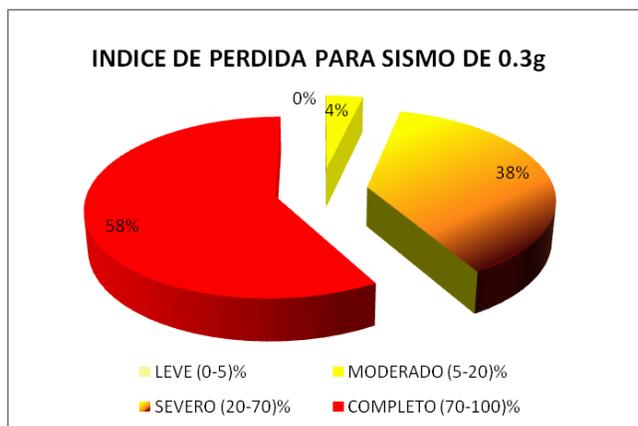


Figura 40. Distribución de daño para un sismo de 0,3g. A un total de 1999 edificaciones. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).



Figura 41. Distribución de daño para un sismo de 0,7g. A un total de 1999 edificaciones. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

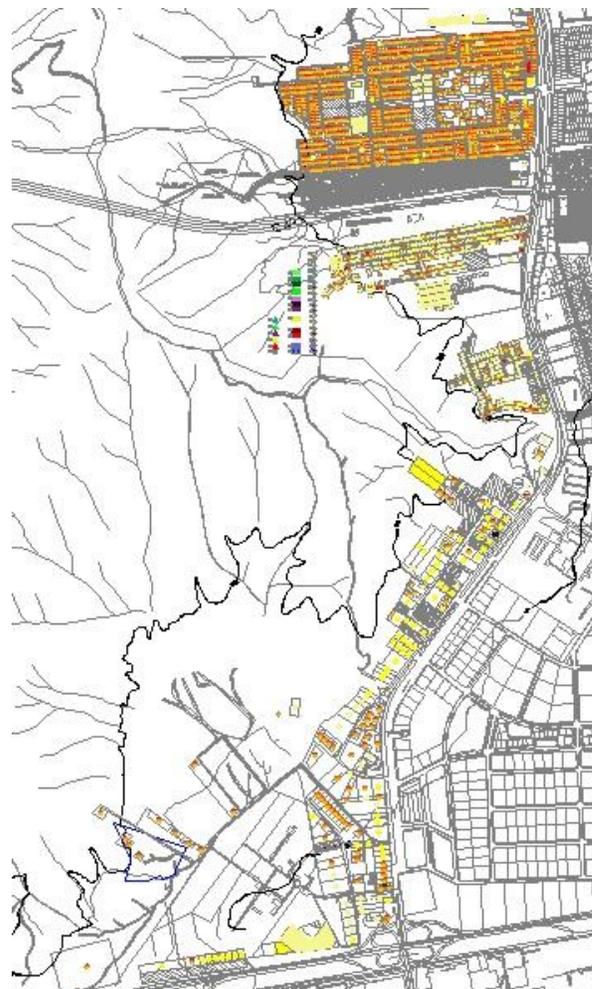


Figura 42. Mapa de Estimación de Daños con $A_0=0.1$, Suroeste del Municipio San Diego. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

**Fase F:
Elaboración de Mapas Representativos de los Daños Estimados en el Municipio.**

En esta última fase fueron creados los mapas de vulnerabilidad sísmica de cada sector estudiado, representando de una manera grafica la distribución de daños sufridos por cada intensidad de sismo, es decir, es la distribución sectorizada de la fase anterior. Se presentan tres (3) mapas de vulnerabilidad estimados para las tres (3) aceleraciones horizontales de sismo evaluadas:

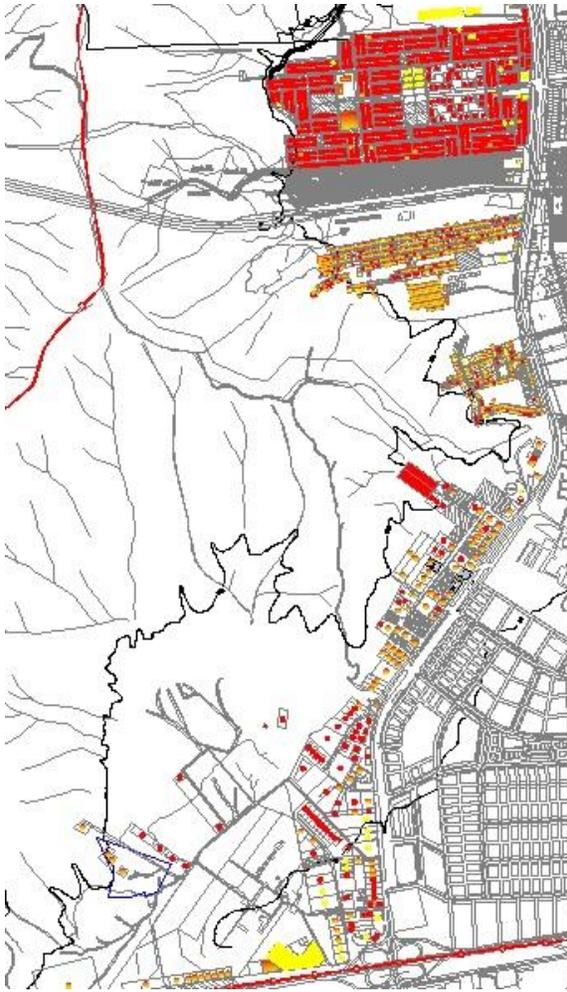


Figura 47. Mapa de Estimación de Daños con $A_o=0.3$, Suroeste del Municipio San Diego. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

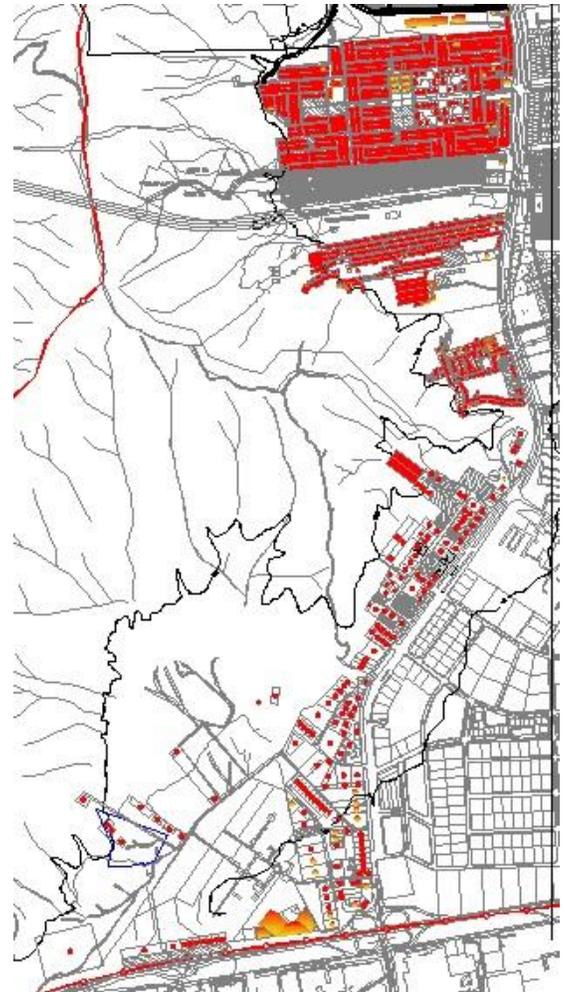


Figura 52. Mapa de Estimación de Daños con $A_o=0.7$, Suroeste del Municipio San Diego. Nota. Datos Tomados de Aldazoro y Da Silva (2012).

4.- CONCLUSIONES

Al realizar la inspección a las edificaciones existentes en la zona se pudieron clasificar en 36 tipologías estructurales distintas, construidas bajo las últimas cuatro (4) normas venezolanas lo que suma un número importante de diversidad en tipologías estructurales, encontrándose un grupo de edificaciones como es el caso de los edificios de la Ciudadela Valencey que no pudieron ser clasificados ni estudiados debido a su metodología constructiva.

Se noto una evolución en el comportamiento

sismorresistente de las edificaciones cualquiera sea su índole, proporcional a la edad de construcción de las mismas, lo que demuestra la adaptación de las estructuras a la evolución de la normativa vigente para su año de construcción

En la referida zona en estudio, al evaluar las diferentes intensidades sísmicas se encontró que para una aceleración horizontal constante del suelo simulando el sismo de 0.1g el 36% de las edificaciones sufren un daño leve, el 6% un daño moderado, el 57% un daño severo y un 1% un daño completo, lo cual puede traducirse como niveles aceptables para un conjunto de estructuras evaluadas que en su mayoría sobrepasan los 25 años, lo que evidencia que la mayoría de las edificaciones se encuentran en un rango aceptable con respecto a los requerimientos de la Norma hoy en día.

Para aceleraciones de sismos más contundentes como 0.3g y 0.7g, la zona en estudio es bastante vulnerable ya que para 0.3g existe un 58% de estructuras que sufren un daño completo y para 0.7g un 96% de estructuras que sufren el mismo daño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COVENIN (2001). Edificaciones Sismorresistentes. Norma COVENIN 1756:01. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN, FONDONORMA y FUNVISIS. Caracas, Venezuela.

COVENIN (1987). Edificaciones Antisísmicas. Norma COVENIN 1756:87. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN, FONDONORMA y FUNVISIS. Caracas, Venezuela.

FUNVISIS (2002). *La Investigación Sismológica en Venezuela*. Caracas, Venezuela.

TOVAR GUSTAVO, SÁNCHEZ LÁZARO (2011). *Determinación de daños probables en una edificación escolar bajo la acción de un sismo usando la metodología de curvas de fragilidad*. Trabajo de grado, Universidad de Carabobo, Carabobo.

ROJAS ROMME (2010). Curvas de fragilidad sísmica para edificios aporricados de concreto reforzado de poca altura. Trabajo de grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

CORONEL GUSTAVO, LÓPEZ OSCAR. (2010). Curvas de Fragilidad Sísmica para Edificios Escolares de Venezuela. Boletín Técnico del IMME (a ser publicado).