



Centro Regional de Sismología para América del Sur

**EVALUACION DE LOS EFECTOS
ECONOMICOS DE LOS
TERREMOTOS**

**EVALUATION OF THE ECONOMIC
EFFECTS OF EARTHQUAKES**

(ECOSIS)

VOLUMEN 13A

**PROGRAMA PARA LA MITIGACION DE LOS EFECTOS DE
LOS TERREMOTOS EN LA REGION ANDINA
(PROYECTO SISRA)**

**EARTHQUAKE MITIGATION PROGRAM IN THE ANDEAN REGION
(PROJECT SISRA)**

1985



Centro Regional de Sismología para América del Sur

**PROGRAMA PARA LA MITIGACION DE LOS EFECTOS DE
LOS TERREMOTOS EN LA REGION ANDINA
(PROYECTO SISRA)**

**EARTHQUAKE MITIGATION PROGRAM IN THE ANDEAN REGION
(PROJECT SISRA)**

Esta serie de publicaciones del Proyecto SISRA comprende catorce (14) volúmenes que incluyen los siguientes dieciocho (18) tomos:

VOLUMENES 1 AL 9 – CATALOGO DE TERREMOTOS PARA AMERICA DEL SUR

- | | | |
|------|---|---|
| VOL. | 1 | DESCRIPCION DEL CATALOGO E INFORMES NACIONALES |
| VOL. | 2 | ARGENTINA. DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES |
| VOL. | 3 | BOLIVIA Y BRASIL. DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES |
| VOL. | 4 | COLOMBIA. DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES |
| VOL. | 5 | CHILE. DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES |
| VOL. | 6 | ECUADOR. DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES |
| VOL. | 7 | (7a) PERU. DATOS DE HIPOCENTROS
(7b) PERU. DATOS DE INTENSIDADES
(7c) PERU. DATOS DE INTENSIDADES |
| VOL. | 8 | VENEZUELA. DATOS DE INTENSIDADES E HIPOCENTROS |
| VOL. | 9 | TRINIDAD Y TOBAGO Y AREAS ADYACENTES. DATOS DE
INTENSIDADES E HIPOCENTROS |

- | | | |
|---------|----|--|
| VOLUMEN | 10 | – TERREMOTOS DESTRUCTIVOS EN AMERICA DEL SUR
1530–1894 |
| VOLUMEN | 11 | – MAPA NEOTECTONICO PRELIMINAR DE AMERICA DEL SUR |
| VOLUMEN | 12 | – MAPA DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS EN AMERICA
DEL SUR |
| VOLUMEN | 13 | – EFECTOS ECONOMICOS DE LOS SISMOS (ECOSIS):
(13A) METODOLOGIA Y RESULTADOS
(13B) ESTUDIOS DE CASOS
(13C) ESTUDIOS ECONOMICOS |
| VOLUMEN | 14 | – SIMPOSIO SOBRE EL PELIGRO Y RIESGO SISMICO Y VOLCANICO
EN AMERICA DEL SUR (SAN JUAN, 1984) |

Estas publicaciones pueden ser
adquiridas individualmente o como
serie completa.

These publications may be ordered
individually or as a complete
series.

Pedir las a:

**DIRECTOR, CERESIS
APARTADO 11363
LIMA 14, PERU**



Este trabajo se publica con el entendimiento de que el Gobierno de los Estados Unidos de América y los Gobiernos de los países participantes están autorizados a reproducir y distribuir copias para fines propios de los Gobiernos.

Los puntos de vista y las conclusiones que contiene este documento son de los autores y no deben interpretarse como que necesariamente representan las políticas oficiales, explícitas o inferidas, del Gobierno de los Estados Unidos de América o de los Gobiernos de los países participantes.

La investigación y publicación fue auspiciada por el Geological Survey, United States Department of the Interior, bajo el Grant No. 14-08-0001 G-670, con financiamiento proporcionado por la Office of Foreign Disaster Assistance, Agency for International Development, United States Department of State, y por los países participantes.

This manuscript is submitted for publication with the understanding that the United States Government and the Governments of the participating countries are authorized to reproduce and distribute reprints for government purposes.

The views and conclusions contained in this document are those of the authors and should not be interpreted as necessarily representing the official policies, either express or implied, of the United States Government or of the Governments of the participating countries.

Research and publication supported by the Geological Survey, United States Department of the Interior, under Grant No. 14-08-0001 G-670, with funding provided by the Office of Foreign Disaster Assistance, Agency for International Development, United States Department of State, and by the participating countries.

Publicado por : CERESIS
Impreso por : TAREA
Asociación de Publicaciones Educativas
Apartado 2234 - Lima 100, Perú

1985

EVALUACION DE LOS EFECTOS ECONOMICOS DE LOS TERREMOTOS

EVALUATION OF THE ECONOMIC EFFECTS OF EARTHQUAKES

Volumen 13

13 A – METODOLOGIA Y RESULTADOS
METHODOLOGY AND RESULTS

13 B – ESTUDIOS DE CASOS
CASE STUDIES

13 C – ESTUDIOS ECONOMICOS
ECONOMIC STUDIES

Editado por:

José Grases G. (Editor)*
Máximo Vega-Centeno (Editor Asociado)**

Comité Consultivo:

Alberto Giesecke M:

Director, Centro Regional de Sismología para América del Sur
(CERESIS)

S.T. Algermissen:

Project Coordinator, United States Department of the Interior, Geo-
logical Survey

Paul F. Krumpke:

Technical Advisor, United States Department of State, Agency for
International Development, Office of the U.S. Foreign Disaster
Assistance

Coordinador Regional:

D.S. Shpilberg (hasta Julio, 1984)
J. Grases G.

* Profesor Titular de la Universidad Central de Venezue-
la

** Profesor Principal de la Pontificia Universidad Católica
del Perú.

EVALUACION DE LOS EFECTOS
ECONOMICOS DE LOS
TERREMOTOS

EVALUATION OF THE ECONOMIC
EFFECTS OF EARTHQUAKES



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

VOLUMEN 13
VOLUME 13

CONTENIDO
CONTENTS

13 A: METODOLOGIA Y RESULTADOS (METHODOLOGY AND RESULTS)

- CAP. 1 Introducción y resumen de resultados 9
Introduction and summary of results
- CAP. 2 Metodología para el cálculo de pérdidas 19
Loss calculation methodology

13 B: ESTUDIOS DE CASOS (STUDY OF CASES)

- CAP. 1 Evaluación de las pérdidas directas debidas al Terremoto de Caracas del 29-07-1967. Aplicación de un algoritmo. 130
Evaluation of direct losses due to the Caracas Earthquake of 07-29-1967.
- CAP. 2 El terremoto del 31 de mayo en Ancash - Perú y sus efectos 254
The earthquake of May 31th, 1970 in Ancash - Peru, and its effects
- CAP. 3 Evaluación de los efectos del terremoto del 23-11-1977 en San Juan, Argentina 369
Evaluation of the effects of the 11-23-1967 in San Juan, Argentina.

13 C: ESTUDIOS ECONOMICOS (ECONOMIC STUDIES)

- CAP. 1 Algoritmo general para la determinación de pérdidas 419
Formulation of the general algorithm for the determination of losses
- CAP. 2 Nota sobre la estimación econométrica de daños ocasionados por un sismo 445
A methodological note on the econometric estimation of damages due to an earthquake
- CAP. 3 Análisis económico de los terremotos: Enfoque metodológico y estudio de un caso: Perú 1970 457
Economic analysis of earthquakes: Methodological approach and study of a case: Peru 1970
- CAP. 4 Impacto económico del riesgo sísmico: Reaseguro óptimo para seguros contra terremotos 550
The economic impact of seismic risk: Optimal reinsurance for earthquake insurance.



13 A

METODOLOGIA Y RESULTADOS

METHODOLOGY AND RESULTS

Autor (Author): Dr. JOSE GRASES G.
(Cap. 1 y 2)



METODOLOGIA Y RESULTADOS
METHODOLOGY AND RESULTS



Autor (Author): Dr. JOSE GRACIA
(Cap. 1 y 2)

PRESENTACION

El volumen 13 del Proyecto SISRA contiene los resultados de los trabajos realizados dentro del proyecto específico para la evaluación de los Efectos Económicos de los Sismos (ECOSIS).

Se trata de un área de investigación nueva en la región y por ello no abundan enfoques o diseños metodológicos prácticos; por su novedad tampoco existe un fondo sistemático y completo que contenga la información necesaria para su aplicación. Consecuentemente el esfuerzo se ha orientado, en primer término, a la elaboración y experimentación de una metodología eficiente para la evaluación de pérdidas en zonas urbanas; en segundo término, al estudio de casos seleccionados con el fin de precisar la naturaleza y complejidad de los problemas a estudiar. Se prueba y se enriquece así la metodología en elaboración. En tercer término, se han ejecutado estudios económicos que constituyen un aporte específico del proyecto.

En estos estudios se trata de integrar las perspectivas del análisis económico con el aporte de las geociencias y de la ingeniería para una mejor evaluación de pérdidas una vez ocurrido un sismo, así como para hacer posible un pronóstico razonable en la evaluación de riesgos. Este material ofrece una contribución para el establecimiento de las políticas de inversiones, de habilitación de estructuras y de establecimientos humanos que minimicen las pérdidas humanas, sociales y económicas, en zonas donde el peligro sísmico no debe ser ignorado.

La presentación de los resultados del proyecto ECOSIS aparece en tres partes. La primera (A), contiene la Metodología y un Resumen de Resultados generales; la segunda (B), los Estudios de Casos; y, la tercera (C), los Estudios Económicos.

En el presente Volumen, A, se trata de ofrecer una visión general de los objetivos y alcances de ECOSIS, del diseño metodológico y de los resultados de conjunto

Con ese fin, en el Capítulo 1 se sintetizan algunos antecedentes, los objetivos y la modalidad de trabajo; igualmente se presentan las principales conclusiones que se desprenden del análisis conjunto de los trabajos preparados y algunas recomendaciones para la continuación de investigaciones de este tipo. En el Capítulo 2, se presenta la metodología propuesta para la evaluación de pérdidas que fue la base de los trabajos de la fase 2 del proyecto. Además se presentan tres Apéndices que contienen información sobre las

PRESENTATION

Volume 13 of Project SISRA contains the results of the studies carried out, as a specific endeavor, for the evaluation of the economic impact of earthquakes (ECOSIS).

This is a new research area for the region which explains the scarcity of practical methodologies as well as a lack of a systematic and complete reference for the necessary information for their application. Consequently, the effort was directed, first of all, to the design and test of an efficient methodology for the evaluation of losses in urban zones. A second step was the study of selected cases for the purpose of defining the nature and complexity of the problems to be analyzed; thus, the methodology developed was tested and improved. Thirdly, economic studies were executed and these constitute a specific result of the project.

The perspectives of the economic analysis are integrated with contributions from the geosciences and engineering, for a better evaluation of losses after the occurrence of an earthquake, as well as to make it possible to formulate a reasonable prediction concerning the risk evaluation. This material offers a basis for the adoption of reasonable policies for investment, habilitation of structures and human settlement which will minimize the human, social and economic losses, in regions where the seismic hazard can not be ignored.

The results of ECOSIS are presented in three parts. The first part (A), corresponds to the Methodology and a Summary of Results; the second (B), to three Case Studies; and the third (C), to Economic Studies.

The present volume, A, offers a general overview of the objectives and scope of ECOSIS, the methodological design and the general results.

To this end, Chapter 1 summarizes the background, the objectives and the work method. The principal conclusions from the analysis of the several reports are presented together with recommendations for continuation of this type of research. In Chapter 2 the methodology proposed for evaluation of losses is presented; this methodology was adopted for the work which was carried out. Included also are three Appendices which contain information on the workshops which were held for the discussion of problems

reuniones de trabajo que se han realizado para la discusión de problemas surgidos en curso de ejecución del proyecto ECOSIS (Apéndice 1); un resumen de los documentos preparados para este proyecto (Apéndice 2) y un glosario de los términos técnicos comunmente utilizados (Apéndice 3).

encountered during the execution of ECOSIS (Appendix 1), a summary of the documents prepared for ECOSIS (Appendix 2) and a glossary of the technical terminology most frequently used (Appendix 3).



METODOLOGIA Y RESULTADOS
 METHODOLOGY AND RESULTS

INDICE - CONTENTS

CAPITULO 1: INTRODUCCION Y RESUMEN DE RESULTADOS	9
CHAPTER 1: INTRODUCTION AND SUMMARY OF RESULTS	
1.1 OBJETIVOS Y ALCANCES DE ECOSIS	9
OBJECTIVES AND SCOPE OF ECOSIS	
1.2 ORGANIZACION DE LOS TRABAJOS Y RESULTADOS OBTENIDOS	12
ORGANIZATION AND RESULTS	
1.3 EVALUACION DE LA METODOLOGIA Y SU CAPACIDAD PREDICTIVA	15
EVALUATION OF METHODOLOGY AND PREDICTION CAPACITY	
1.4 RECOMENDACIONES PARA LA CONTINUACION DEL PROYECTO	17
RECOMMENDATIONS FOR THE CONTINUATION OF PROJECT	
CAPITULO 2: METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE PERDIDAS	19
CHAPTER 2: LOSS CALCULATION METHODOLOGY	
INTRODUCTION - INTRODUCTION	19
2.1 AMENAZA SISMICA	23
SEISMIC HAZARD	
2.1.1 Características de la amenaza sísmica	23
Characteristics of the seismic hazard	
2.1.2 Cálculo de la función de distribución acumulada de los movimientos	25
máximos del terreno	
Calculation of the cumulative distribution function of the maximum	
movements of the ground	
2.1.3 Selección de los valores de Y a utilizar en el cálculo de pérdidas máximas	29
The selection of the values of Y to be used in the calculation of maximum losses	
2.1.4 Espectros de respuesta para diferentes perfiles de suelo	29
Response spectra for different ground profiles	
2.2 TIFIFICACION DE LOS BIENES A RIESGO	33
TYPIFICATION OF REAL PROPERTY AT RISK	
2.2.1 Bienes a riesgo	33
Property at risk	
2.2.2 Parámetros que influyen en la tipificación	39
Parameters that have influence over the characterization	

2.2.2.1	Sistema resistente a sismos y D Earthquake resistant system and D	39
2.2.2.2	Normativa de diseño Design code	44
2.2.2.3	Períodos naturales de vibración Natural periods of vibration	45
2.2.3	Tipos de estructuras propuestas Types of structures proposed	47
2.3	RESPUESTA A ACCIONES SISMICAS RESPONSE TO SEISMIC ACTION	51
2.3.1	Caracterización en términos de la demanda de ductilidad Characterization in terms of the ductility demand	51
2.3.2	Demanda de ductilidad asociada al agotamiento resistente (D) Ductility demand associated with ultimate strenght (D)	52
2.4	VULNERABILIDAD VULNERABILITY	58
2.4.1	Métodos analíticos Analytic methods	58
2.4.1.1	Pérdidas asociadas a los daños y funciones de pérdida Losses associated to damages and loss function	58
2.4.1.2	Cálculo de las pérdidas probables debidas a daños en edificaciones Calculation of the probable losses due to damage in buildings	63
2.4.1.3	Cálculo de la probabilidad de colapso y pérdida probable por muerte y/o heridos Calculation of the probability of collapse and probable loss due to death and/or wounded	65
2.4.2	Métodos estadísticos Statistical methods	67
2.4.2.1	Estados discretos de daño y pérdidas asociadas Discrete states of damage and associated losses	67
2.4.2.2	Matrices de daño Damage matrices	73
2.5	ALGORITMO A USAR EN EL CALCULO DE PERDIDAS ALGORITHM TO BE USED IN THE CALCULATION OF LOSSES	83
2.5.1	Síntesis de la información requerida Synthesis of the required information	83
2.5.2	Diagrama de bloques Block diagram	83

2.5.3 Simbología de las variables utilizadas en el cálculo de las pérdidas esperadas y en el cálculo de las probabilidades de derrumbe Symbology of the variables used in the calculation of the expected losses and in the calculation of the probabilities of collapse	84
---	----

REFERENCIAS - REFERENCES	87
--------------------------	----

APENDICES - APPENDICES

1. Lista de Reuniones celebradas y documentos del proyecto ECOSIS List of meetings held and of documents of ECOSIS	89
2. Resumen de los documentos preparados Summary of the documents prepared	92
3. Glosario de términos técnicos Glossary of technical terms	113



Faint, illegible text at the top of the page, possibly bleed-through from the reverse side of the document.

Faint text in the upper right quadrant, possibly a header or reference code.

Faint text in the middle section, possibly a title or subject line.

Faint text in the middle section, possibly a subtitle or author information.

Faint text in the middle section, possibly a date or location.



INTRODUCCION Y RESUMEN DE RESULTADOS

1.1 OBJETIVOS Y ALCANCES DE ECOSIS

En áreas urbanas densamente pobladas, las pérdidas debido a las acciones de un terremoto pueden alcanzar niveles catastróficos. Las pérdidas directas, tales como daños en edificios, instalaciones o sistemas de servicios, normalmente se consideran separadas de las pérdidas indirectas, como consecuencia del terremoto, tales como los efectos económicos, inundaciones, incendios y otros. Entre las pérdidas directas, el daño a edificios es previsible y se tolera en los códigos para el diseño sísmo-resistente. El comportamiento esperado de edificios diseñados y construidos de acuerdo a acuerdo a determinado código admite que sufrirán esfuerzos severos en el rango no elástico de la deformación, bajo la acción de un severo sacudimiento de una intensidad prevista. Esto representa daños generalizados de mayor o menor importancia económica como lo confirman las observaciones de campo y las experimentales.

Los efectos económicos y pérdidas indirectas van más allá de una posible verificación inmediata. Su evaluación requiere el análisis de la amplitud de los efectos económicos directos e indirectos tales como las perturbaciones o paralización de la actividad económica (alteraciones de precios, cambios en los patrones de actividad, pérdida de capacidad). Aun más, la asignación de recursos para mitigar los daños inmediatos puede crear nuevas condiciones en el flujo financiero de origen nacional y extranjero.

El objetivo del proyecto es analizar los efectos económicos de los terremotos para proveer, a quienes toman decisiones, la posibilidad de aplicar resultados.

Para llevarlo a efecto se propuso estudiar tres sismos importantes: Caracas (1967), Chimbote-Huaraz (1970) y San Juan (1977) y hacer este estudio de manera simultánea y coordinada para los aspectos sísmológicos, de ingeniería estructural y económicos. Lo último no es un apéndice ni un esfuerzo independiente sino, más bien, uno de los aspectos centrales de un problema complejo. De hecho la información de diversas disciplinas y fuentes, y para diferentes parámetros, debe ser sistematizada y analizada para lograr un conocimiento más amplio y mejor de los terremotos y sus consecuencias. Con tal conocimiento es posible diseñar e implementar una política para la prevención.

Debe señalarse que un proyecto multidisciplinario como éste no es común ni sencillo y en todo caso en la

INTRODUCTION AND SUMMARY OF RESULTS

1.1 OBJECTIVES AND SCOPE OF ECOSIS

In densely populated urban areas, losses due to earthquake actions may reach catastrophic levels. Direct losses, such as damages in buildings and installations, or in life-line systems, are normally considered separately from indirect and consequential losses such as the economic effects, flooding, fires and others alike. Among the direct losses, building damage is foreseeable and tolerated in earthquake resistant design codes. In other words, the expected behaviour of buildings designed and constructed according to approved standards, admittedly will undergo severe straining in the non-elastic range of deformation under the action of severe shaking of the intensity foreseen in urban areas sited in seismic zones. This represents more or less generalized damage of more or less economic importance. Field as well as experimental observations confirm the previous statements.

Economic effects and indirect losses are beyond an immediate verification. Their evaluation requires the analysis of the amplitude of the direct and indirect economic effects such as the perturbations or paralization of the economic activity (price movements, changes in patterns of activity loss of capacity). Moreover, the allocation of resources to mitigate the immediate damages may create new conditions on the financial flow from national and foreign origin.

The project objective is to analyze the economic effects of earthquakes, in order to provide the decision makers the possibility of applying results.

For this purpose, it was proposed to study three important earthquakes, namely: Caracas (1967), Chimbote-Huaraz (1970) and San Juan (1977) and to carry this out simultaneously and in a coordinated way, for the seismological, structural engineering and economic aspects. The latter is not an appendix nor an independent endeavor, but rather a central aspect in a complex problem. In fact, the information from various disciplines and sources, and for different parameters, must be systematized and analyzed to gain a broader and better knowledge of the earthquake and their consequences. With such knowledge, it is feasible to design and implement a policy for prevention.

It must be pointed out that a multidisciplinary project such as this one, is not common nor simple and,

región andina no conocemos de precedentes significativos. Por otro lado cada vez que ocurre un terremoto o cualquier tipo de catástrofe se hacen estimaciones de pérdidas de manera global y no precisa en base al daño que ha ocurrido o que se supone ha ocurrido a la infraestructura física. La contribución de tales estimaciones no ha sido muy útil fuera de influenciar la opinión pública nacional e internacional. Por tales razones el plan de trabajo adoptado para la ejecución de este proyecto ha hecho uso de un método diferente, realista y riguroso.

Para el cálculo de pérdidas directas se ha dado atención particular a los daños esperados en los edificios. Para mayor simplicidad, los edificios que no están asociados o que no están de acuerdo con un determinado código pueden estar, de alguna manera, relacionados a este código evaluando los correspondientes valores de los parámetros de diseño tales como resistencia al corte en la base, tenacidad y ductilidad. Se recuerda aquí que entre los criterios para la selección de los movimientos del terreno para el diseño en el código, se admite la posibilidad de que éstos se excedan durante la vida del diseño, aunque la probabilidad de este suceso se considera ser suficientemente pequeña.

De lo que se ha dicho anteriormente, dada la ocurrencia de sacudimientos fuertes del terreno debido a un terremoto en áreas urbanas, la cantidad de pérdidas como una consecuencia del daño y/o colapso en edificios puede ser significativa. Para su evaluación, obviamente es necesario tomar en consideración la intensidad del sacudimiento así como el comportamiento esperado del edificio y sus respectivas incertidumbres.

Hay dos grupos de parámetros a ser considerados en el problema general de predecir pérdidas en edificios debido a las acciones de terremoto en un lugar dado, tal como se puede ver en el diagrama de bloques No. 1.

Evaluación cuantitativa de acciones sísmicas esperadas en el lugar de interés

Quantitative evaluation of expected seismic actions at the site of interest

in any case, in the Andean region we know of no significant precedents. On the other hand, every time an earthquake occurs, or any type of catastrophe, global and non-precise estimates of losses are made on the basis of damage which has taken place, or supposed to have taken place, to the physical infrastructure. The contribution of such estimates has not been very useful, other than to influence national and international public opinion. For such reasons, the work plan adopted for the execution of this project has implied a different, realistic and rigorous approach.

For the calculation of direct losses, particular attention has been given to expected damages in buildings. For the sake of simplicity, buildings which are not linked to, or satisfying, a particular standard, can be somehow reconciled to it by evaluating the corresponding values of design parameters such as: base shear resistance, toughness and ductility. It is recalled here that in the criteria for the selection of the code design ground motions the possibility of these being exceeded during the design life time is admitted, although the probability of its occurrence is considered to be sufficiently small.

From what has previously been said, given the occurrence of strong ground shaking due to earthquake in urban areas, the amount of losses as a consequence of building damage and/or collapse, can be significant. For its evaluation it is obviously necessary to take into consideration the intensity of shaking as well as the expected building behaviour, and their respective uncertainties.

There are two groups of parameters to be considered in the general problem of predicting building losses due to earthquake actions in a given site, as shown in Block Diagram No. 1.

Evaluación cuantitativa del comportamiento esperado del edificio bajo acciones sísmicas y pérdidas asociadas.
Quantitative evaluation of the expected building behaviour under earthquake type actions and associated losses.

Diagrama de Bloques No. 1
Block Diagram No. 1

Los dos grupos requieren la consideración de un número de problemas específicos. Por lo tanto, el diagrama previo puede ser expandido en la forma demostrada en el Diagrama de Bloques No. 2.

The two groups require the consideration of a number of specific problems. Therefore the previous Diagram can be expanded in the form shown in Block Diagram No. 2.

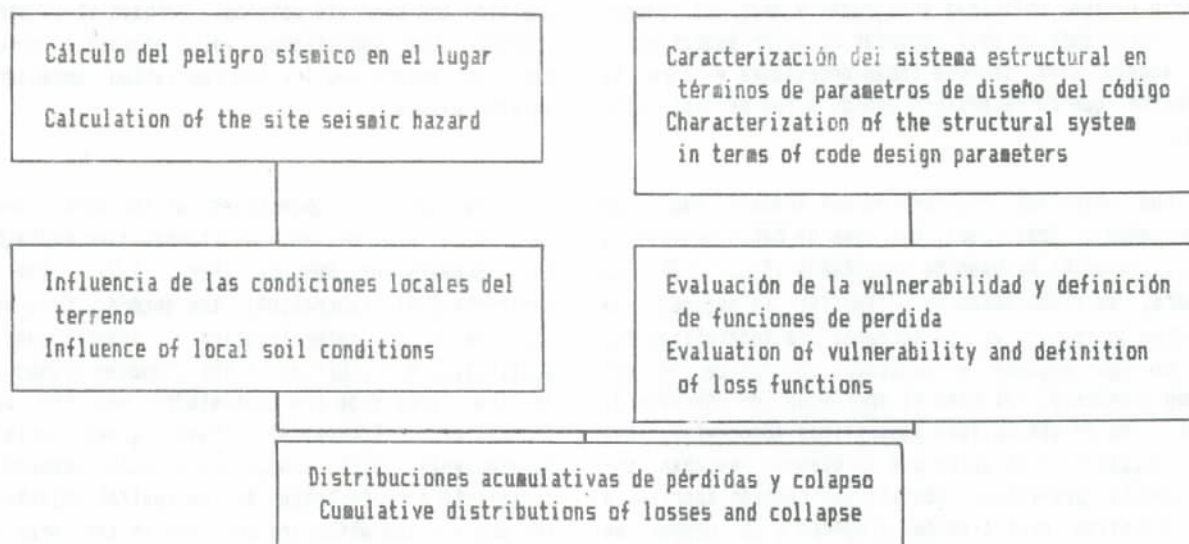


Diagrama de Bloques No. 2
Block Diagram No. 2

Para poder desarrollar un algoritmo sensible a variables que reconocidamente influyen en las pérdidas esperadas de un edificio dado, cada uno de los bloques ha sido desagregado en parámetros fundamentales (primarios). En algunos casos fue necesario simplificar ciertos supuestos para facilitar su formulación e interacción. En vez de ignorar los parámetros que tienen influencia se prefirió el uso de modelos sencillos.

En relación con los efectos económicos y pérdidas indirectas es necesario ir más allá de una evaluación económica aun lo mejor sustentada que fuera posible, pero todavía convencional en el sentido que los costos y los beneficios son calculados dentro de un marco de condiciones y características económicas normales. En nuestro caso es de fundamental importancia tomar en consideración las discontinuidades y cambios abruptos en la posibilidad de utilizar la infraestructura productiva.

Finalmente, reconociendo que cada modelo decisional en economía es de naturaleza probabilística (los objetivos son expectativas condicionales, sobre el comportamiento de las variables instrumentales), la contribución que nosotros específicamente buscamos es netamente probabilística. En realidad esta vez las variables instrumentales son los resultados de las estimaciones de la probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico y su intensidad; de la probabilidad de sus efectos sociales y físicos y de las medidas alternativas de prevención que pudieran ser adoptadas. El objetivo final es por lo tanto la elaboración y la prueba de un modelo de simulación con el cual pueda ser

In order to develop an algorithm sensitive to variables that admittedly influence the expected loss of a given building, each of the previous blocks has been disaggregated into fundamental (primary) parameters. In some cases simplifying assumption were necessary in order to facilitate the modeling of the interaction among them. Rather than ignoring influencing parameters the use of simple models was preferred.

In relation to the economic effects and indirect losses, it is necessary to go beyond better founded economic evaluation albeit still conventional in the sense that costs and benefits are calculated within the framework of the normal economic conditions and characteristics. In our case, it is of fundamental importance to take into account the discontinuities and abrupt changes in the possibility of using the productive infrastructure.

Lastly, recognizing that every decisional model in economics is of probabilistic nature (the objectives are conditioned expectations of the performance of the instrumental variables), the contribution we specifically seek is even more clearly probabilistic. In fact, this time the instrumental variables are the results of the estimate of the probability of the occurrence of a seismic event and its intensity, of the probability of its social and physical effects and of the alternative preventive measures that might be adopted. The final objective is therefore the elaboration and testing of a simulation model with which it can be possible to evaluate integrated

posible evaluar políticas integradas y acciones concretas. Quien sabe es útil recordar el valor educativo de tal modelo para los que toman decisiones y para la población que corre peligro debido a los eventos sísmicos.

Los objetivos específicos del trabajo han sido concretados en tres fases, tal como se había previsto y se explica en el Resumen de Resultados (Sec. 1.2). La primera, de elaboración metodológica; la segunda, de estudios de casos; y, la tercera, de generalización. Sin embargo algunas dificultades de aplicación del método propuesto, así como el aporte de los estudios de casos y los de disciplinas específicas (Economía), han dado origen a desarrollos que si bien no estaban estrictamente previstos, constituyen también aportes a los objetivos centrales del proyecto y se recogen en los tres volúmenes de resultados.

1.2 ORGANIZACION DE LOS TRABAJOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

En términos generales la ejecución se dividió en las tres fases siguientes:

FASE I: formulación de una metodología para predicción de pérdidas probables. Esta se centró en el cálculo de las pérdidas materiales directas y riesgo de pérdidas de vidas.

FASE II: validación de la metodología por comparación entre las pérdidas predichas y las constatadas en tres casos reales: Caracas (Venezuela) 1967, Ancash (Perú) 1970 y San Juan (Argentina) 1977. Para ilustrar las diferencias entre estos eventos, en la Tabla No. 1 se ha compilado una muestra de terremotos ocurridos en el lapso 1964-1979.

FASE III: generalización del algoritmo, incorporación de observaciones, ajuste, extensión a escenarios sísmicos probabilísticos y simulación probabilística de ocurrencias.

En el período Junio 1983 - Diciembre 1984, se realizaron las investigaciones en cada país, las reuniones conjuntas de trabajo y se produjeron los 17 documentos que se indican en el Apéndice 1.

Como un esfuerzo de síntesis, así como para desprender conclusiones generales, se ha preparado y se presenta en la sección siguiente una evaluación comparativa de los resultados obtenidos. Igualmente, en la sección final se formulan algunas recomendaciones para la continuación de este tipo de trabajos.

policies and concrete actions. Perhaps it is useful to remember the educational value of such a model for decision makers and for the population endangered by seismic events.

The specific objectives of the work have been defined in three phases, as planned and explained in the Summary of Results (Sec. 1.2). The first, methodological elaboration; the second, Case Studies; and the third generalization. Nevertheless some application difficulties of the proposed method as well as the input from the case studies and the specific disciplines (Economics), have given origin to developments which though not exactly foreseen, also constitute a contribution to the central objectives of the project and which are included in the three volumes of results.

1.2 ORGANIZATION AND RESULTS

In general terms, the work was divided into the three following phases:

PHASE I: Formulation of a methodology for the prediction of probable losses. This was centered in the calculation of the direct material losses and the risk of loss of lives.

PHASE II: Validation of the methodology by comparison between the estimated and the proven losses in three real cases: Caracas (Venezuela) 1967, Ancash (Peru) 1970 and San Juan (Argentina) 1977. To illustrate the differences between these events, Table No. 1 compiles a sample of earthquakes which have occurred in the period 1964-1979.

PHASE III: Generalization of the algorithm, incorporation of observations, adjustment, extension, to probabilistic seismic scenarios and probabilistic simulation of occurrences.

In the period June 1983-December 1984, the workshops took place and 17 documents were produced as indicated in Appendix 1.

In an effort to summarize, as well as to reach general conclusions, a comparative evaluation of the results obtained has been prepared and is presented in the following section. Likewise some recommendations for the continuation of this type of studies are formulated in the final section.

TABLA DE PERDIDAS ESTIMADAS
TABLE OF ESTIMATED LOSSES

Localidad o zona afectada Locality or affected zone	Año de ocurrencia Year of Occurrence	Magnitud Magnitude	Pérdidas (daños asegurados) Losses (damages insured)	
			US\$ 10	VIDAS
ALASKA	1964	8.4	540 (20)	131
NIIGATA	1964		800	26
<u>CARACAS</u>	<u>1967</u>	<u>6.3</u>	<u>180</u>	<u>285</u>
<u>ANCASH</u>	<u>1970</u>	<u>7.8</u>	<u>500</u>	<u>52,000</u>
SAN FERNANDO	1971	6.6	535 (50)	65
MANAGUA	1972		800 (100)	8,000
GUATEMALA	1976	7.5	1,100 (55)	22,800
TANG-SHAN	1976			250,000
FILIPINAS	1976		130	8,000
FRIULI	1976	6.3	2,000	978
BUCAREST	1977	7.2	800	1,600
<u>SAN JUAN</u>	<u>1977</u>	<u>7.4</u>	<u>186</u>	<u>65</u>
CHARCO	1979	7.9	50	600
CALIFORNIA*	?	?	50,000 (5,000)	?
JAPON (JAPAN)*	?	?	200,000	?

* Estimaciones para el año de 1980.
Estimate for the year 1980.

TABLA No. 1
TABLE No. 1

COMPARACION ENTRE LAS CARACTERISTICAS Y LOS EFECTOS DE TRES TERREMOTOS SUDAMERICANOS
 COMPARISON BETWEEN THE CHARACTERISTICS AND THE EFFECTS OF THREE SOUTH-AMERICAN EARTHQUAKES

	CARACAS (1967)	ANCASH (1970)	SAN JUAN (1977)
Magnitud Richter (Richter Magnitude)	6.6	7.8	7.4
Profundidad focal (Km) (Focal depth (Km))	10-20	45	20
Distancia epicentral en Km. a: (Epicentral distance in Km. to):	Caracas:	Chimbote:	San Juan:
	50-60 (VI-VIII)	50	50
Victimas (Victims)	285	52,000	65
Población dentro de la isosista: (Population within the Isoseismal curve):			
	IX	0	0,03 m
	VIII	0,2-0,3 m	0,10 m
	VII	1-2 m	0,35 m
	VI	4-5 m	1,5 m
Victimas/10 habitantes (Victims/10 unhabitants)	1.9	650	1.8
Heridos (wounded)	2,100	150,000	260
Unidades de vivienda perdidas (Units of housing lost)	200-300	138.000	11.130
Pérdidas materiales en m US\$ (Material losses in US\$ 10)			
. totales aprox. (Approx. totals):	180-200	477-800	186,2
. vivienda (housing):	120+(60)*	230+28	136+3.8
. vías de comunicación (roads):	0,50	102	6,1
. equipos (equipment):	0,10	90	0,9
. canales (canals):	-	?	5,4
. herencia cultural (cultural heritage)	0	?	?
. debido a disrupción (due to disruption):	limitada limited	importante important	4,6 agricultura agricultural -25% (comercio) (commerce)

* Estimado (estimated).

TABLA No. 2
 TABLE No. 2

1.3 EVALUACION DE LA METODOLOGIA Y SU CAPACIDAD PREDICTIVA

Con el fin de evaluar los resultados del proyecto, se han preparado resúmenes del contenido de cada uno de esos documentos; ver Apéndice 2 del presente Volumen 13A, y de sus análisis se desprenden las siguientes observaciones:

A. Sobre la metodología (Fases I y III):

- i) la metodología propuesta en los Documentos No. 1 y No. 10 (Fase I) resulta adecuada para evaluar los efectos de la acción dinámica en edificaciones que puede ser caracterizada por parámetros de uso corriente en los códigos. Resulta conveniente extender su alcance a otras obras en general y a otros tipos de acciones.
- ii) de acuerdo a los Documentos No. 3, No. 6, No. 7 y No. 12, en zonas rurales es preciso el empleo de métodos menos desagregados, esencialmente basados en matrices de probabilidad de daños.
- iii) el Documento No. 16 (Fase III) contiene un algoritmo general que incorpora las observaciones anotadas en (i) y (ii). El Algoritmo permite determinar la función de distribución acumulada de pérdidas (o de ruina) para edificaciones aisladas o para conjuntos de edificaciones (véase la Figura No. 1). Con ello es posible la toma de decisiones bajo incertidumbre con fines de prevención tal como se indica al final del Documento No. 16.
- iv) los problemas propios del análisis económico y de la especificación de un modelo econométrico son tratados en los Documentos No. 4, No. 9 y No. 15; este aspecto requiere aun mayor atención.

B. Sobre la capacidad de predicción de pérdidas (Fase II):

- i) el alcance de este Proyecto quedó limitado a la predicción de pérdidas materiales directas. Los efectos indirectos y diferidos, así como los consecuenciales no han sido evaluados.
- ii) en la Tabla No. 2 se sintetizan datos relevantes de los tres terremotos estudiados (Documentos No. 2, No. 5, No. 8 y No. 9). Para analizar la capacidad de predicción de pérdidas en el caso de Ancash (1970) es preciso un grado de desagregación similar al que se da en el Documento No. 9.

1.3 EVALUATION OF METHODOLOGY AND PREDICTION CAPACITY

For the purpose of evaluating the results of this project the contents of each document has been summarized and is presented as Appendix 2 of the present Volume 13A. The following observations come out of its analysis:

A. Concerning the Methodology (Phases I and III):

- i) The methodology proposed in Documents No. 1 and No. 10 (Phase I) is adequate to evaluate the effects of the dynamic action in buildings that can be characterized by parameters of normal use in the codes. It is convenient to extend its scope to other constructions in general and to other types of actions.
- ii) In accordance with Documents No. 3, 6, 7 and 12, in rural areas it is necessary to use less disaggregated methods, essentially based on damage probability matrices.
- iii) Document No. 16 (Phase III) contains a general algorithm which incorporated the observations noted in (i) and (ii). The algorithm permits the determination of the cumulative distribution function of losses (or of ruin) for isolated buildings or for groups of buildings (see figure No. 1). With this it is possible to take decisions under uncertainty for prevention purpose such as indicated at the end of document No. 16.
- iv) The inherent problems of the economic analysis and the specification of an econometric model are treated in Documents No. 4, 9 and 15; this aspect still requires attention.

B. On the Capacity for Losses Prediction (Phase II):

- i) The scope of ECOSIS was limited to the prediction of direct material losses. Neither the indirect and deferred effects or the consequential effects have been evaluated.
- ii) In Table 2, relevant data of the three earthquakes studies (Documents No. 2, 5, 8 and 9) is synthesized. To analyze the capacity of prediction of losses in the case of Ancash (1970) it is necessary to have a degree of segregation similar to that given in Document No. 9.

FIGURA No. 1
FIGURE No. 1

DISTRIBUCIONES CUALITATIVAS DE PROBABILIDADES
QUALITATIVE DISTRIBUTION OF PROBABILITIES

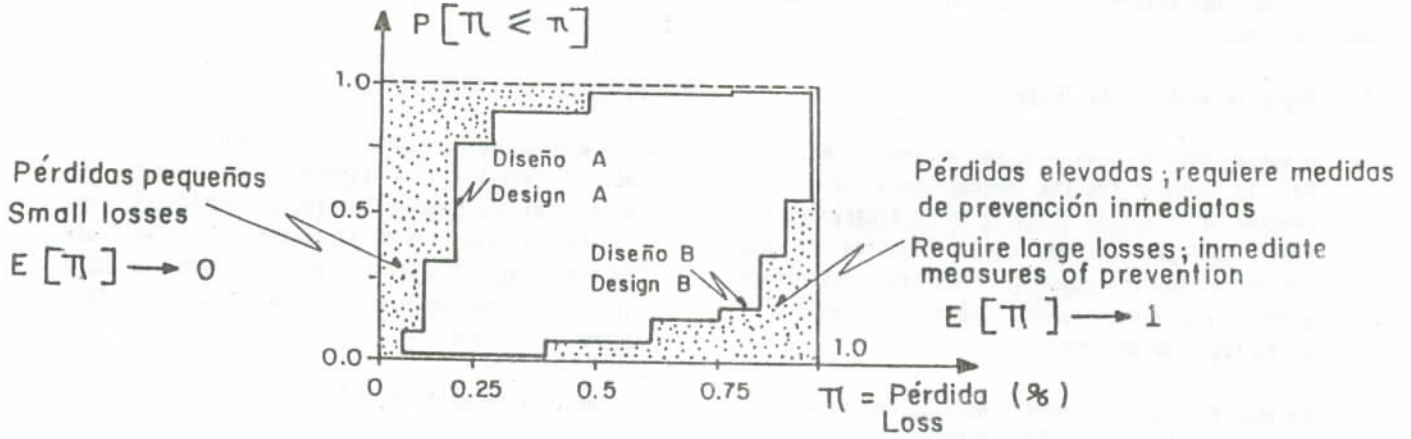


Fig. 1A: Valores de la función de distribución acumulada de pérdidas para una cierta edificación Tipo X, según dos diseños diferentes.

Values of the cumulative distribution function of losses for a certain building Type X, according to two different designs.

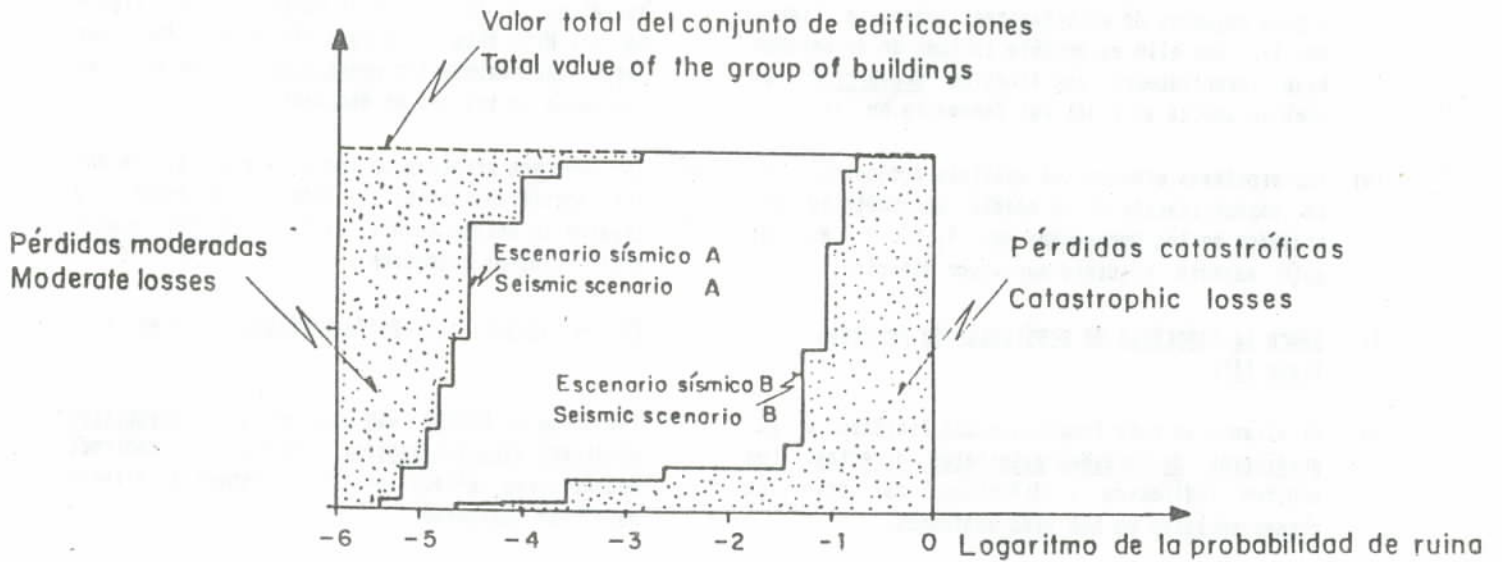


Fig. 1B: Funciones de distribución de probabilidades de ruina para un conjunto de edificaciones dispuestas en escenarios sísmicos diferentes, para un horizonte de tiempo prefijado.

Probability distribution function of ruin for a group of buildings located in different seismic scenarios, for predesignated time horizon.

- iii) las pérdidas predichas para las edificaciones del caso Caracas 1967 (Documento No. 2 y No. 10) son del mismo orden que las cifras anotadas en las estadísticas disponibles. La capacidad de predicción del método sólo fue validada en este caso y por tanto no puede extenderse a la generalidad de los casos los valores de los parámetros allí empleados tales como r , D_m , D_n , CV_D , etc.
- iv) La capacidad de predicción del procedimiento utilizado en los Documentos No. 3, No. 6, No. 7, No. 12 y No. 13 (casos Ancash 1970, y San Juan 1977), depende de la estadística disponible que conforman las matrices de probabilidad de pérdidas para cada tipo de edificación. Por esta razón este método no es indicado para la predicción de pérdidas en edificaciones de gran altura.

Se han logrado avances sustanciales al producir distribuciones probabilísticas de daños. La evaluación de alternativas en las políticas de prevención, por medio de modelos de simulación, aún está limitada debido a que no se ha desarrollado la capacidad de evaluar en forma general las pérdidas materiales, humanas y económicas, bien sea directas o indirectas. Para tomar en cuenta los efectos en la economía nacional de un modo realista, es preciso cuantificar el cómputo de todas las pérdidas potenciales (Documentos No. 9 y No. 15).

1.4 RECOMENDACIONES PARA LA CONTINUACION DEL PROYECTO:

A. Aspectos Metodológicos

- i) continuar los estudios de validación con casos bien documentados de edificaciones ó conjuntos de edificaciones afectados por sismo.
- ii) incorporar en el algoritmo del Documento No.17, criterios para estimar los efectos consecuenciales y otras pérdidas diferentes de las materiales directas; este tema requiere atención especial.
- iii) mejorar la capacidad de evaluación del impacto económico; con esto se persigue seleccionar medidas de prevención en base a efectividad vs. costo total (costo de prevención + pérdidas esperadas).
- iv) revisar y establecer criterios sobre riesgo admisible; por ejemplo, a partir de que valores de $E[\pi]$ (valor esperado de la pérdida), es conveniente tomar medidas de emergencia en situaciones como las de la Figura 1a.

- iii) The predicted losses for the buildings in the case of Caracas 1967 (Document No. 2 and 10) are of the same order as the amounts quoted in the available statistics. The capacity for prediction of the method was only validated in this case and therefore the values of the parameters there employed, such as r , D_m , D_n , CV_D , etc. can not be extended to the generality of cases.

- iv) The capacity for prediction of the procedure used in Documents No. 3, 6, 7, 12 and 13 (which are the cases of Ancash 1970 and San Juan 1977) depends on the available statistic which make up the loss probability matrices for each type of building. For this reason this method is not the appropriate for the prediction of losses in high rise buildings.

Substantial advances have been obtained by producing probabilistic distribution of damages. The evaluation of alternatives in the prevention policies, by means of simulation models is still limited due to the fact that the capacity to evaluate in a general manner the material, human and economic losses, be they direct or indirect, has not been developed. In order to taken into account the effects on the national economy in a realistic manner, it is necessary to quantify the universe of all of the potential losses (Document No. 15 and 16).

1.4 RECOMMENDATIONS FOR THE CONTINUATION OF ECOSIS:

A. Methodological Aspects

- i) To continue the studies of validation with well documented cases of buildings affected by an earthquake,
- ii) To incorporate in the algorithm of Document No. 17, criteria to estimate consequential effects and other losses which are no direct material losses; this topic requires special attention.
- iii) To improve the capacity of evaluation of the economic impact; with this one seeks to select actions for prevention on the basis of effectiveness vs. total cost (cost of prevention + expected losses).
- iv) To revise and establish criteria on admissible risk; for example minimum values of $E[\pi]$ (expected value of loss), it is convenient to take emergency steps in situations such as that of Figure 1a.

B. Aspectos de prevención

- i) estar en capacidad de identificar, vía SISRA, regiones candidatas asociadas a una elevada amenaza de grandes sismos en el próximo decenio (por ejemplo Cumaná en Venezuela).
- ii) para las regiones anteriores, incorporar la función de amenaza (memoria) en el algoritmo general y las condiciones geotécnicas locales en las áreas densamente urbanizadas.
- iii) evaluar en tales áreas el desempeño probable (funciones de distribución de pérdidas ó de ruina) de conjuntos de edificaciones seleccionadas según estrategias prioritarias de Defensa Civil:
a) emergencias, b) hospitalarias, c) servicios básicos, d) escolares y e) aquellas que pueden dar lugar a efectos secundarios catastróficos.
- iv) Cuantificar distribuciones de pérdidas con los algoritmos de simulación dados en el Documento No. 16.

B. Prevention aspects

- i) To be in a capacity to identify, via SISRA, the candidate regions associated to a high degree of hazard of great earthquakes in the next decade (for example, Cumaná en Venezuela).
- ii) For the above regions, to incorporate the hazard function (memory) in the general algorithm and local geotechnical conditions in densely urbanized areas.
- iii) To evaluate in such areas the probable behaviour (distribution functions of loss or ruin) of groups of building selected according to the priority strategies of Civil Defense: a) emergencies, b) hospitals, c) basis services, d) schools and , e) those that can give rise to catastrophic secondary effects.
- iv) To quantify the distribution of losses with algorithms of simulation given in Document No. 16.

El Editor

METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE PERDIDAS

INTRODUCCION

En el Proyecto ECOSIS tiene especial interés el cálculo de las pérdidas esperadas como consecuencia de terremoto en zonas urbanas. En estas concentraciones de bienes expuestos a la amenaza sísmica, la experiencia y los estudios hechos revelan las pérdidas potenciales directa o indirecta de daños totales o parciales en las edificaciones y en las instalaciones vitales, así como la ocurrencia de un elevado número de víctimas.

En este capítulo se presenta una metodología para cuantificar las pérdidas esperadas en términos probabilísticos debido a los daños en edificaciones previamente tipificadas; estos se limitan aquí a un total de 13 sistemas diferentes, aún cuando el algoritmo es suficientemente general como para incorporar cualquier sistema cuyo comportamiento a las acciones de tipo sísmico sea conocido. Particular énfasis se ha dado a la estimación de probabilidades de ruina total, derrumbe o colapso, a fin de poder cuantificar en forma aproximada el número esperado de víctimas.

Dado que la evaluación de la conducta probable de una edificación a las acciones sísmicas es esencialmente un problema de dinámica estructural, para evaluar adecuadamente la respuesta es necesario investigar los dos siguientes aspectos:

- a) la amenaza sísmica en el sitio de interés; y
- b) el comportamiento esperado de los diferentes sistemas constructivos bajo acciones de tipo sísmico.

En el primero se requiere la formulación de un modelo sismotectónico representativo de la actividad sísmica esperada en la región e incorporar los efectos locales del subsuelo al definir las acciones sísmicas esperadas. En el segundo, es preciso caracterizar cada sistema estructural en términos de su resistencia y capacidad de absorción y disipación de energía en el rango de deformaciones no elásticas, así como por funciones que relacionen las pérdidas y los daños esperados. Lo anterior puede sintetizarse en el siguiente diagrama de bloques:

LOSS CALCULATION METHODOLOGY

INTRODUCTION

The calculation of the expected losses as a consequence of an earthquake, in urban areas, is of special interest to Project SISRA (ECOSIS). In concentrations of construction exposed to seismic hazard, we know from experience and as a result of studies performed that the potential losses can be very high. These are direct or indirect consequences of total or partial damage to buildings and to critical installations, as well as the possibility of life loss.

A methodology to quantify expected losses in probabilistic terms, due to the damage in buildings previously typified, is presented. These are limited to 13 different systems, although the algorithm is sufficiently general to be able to incorporate any system whose response to seismic excitation is known. Particular emphasis has been given to the estimate of probabilities of total ruin, failure or collapse, in order to be able to quantify approximately the number of expected victims.

Since the evaluation of the expected behaviour of a building exposed to seismic action is essentially a problem of structural dynamics, in order to estimate adequately the response it is necessary to investigate the following two aspects:

- a) the seismic hazard at the place of interest and;
- b) the expected behaviour of the different constructive systems exposed to seismic actions.

In the first aspect it is necessary to formulate a seismotectonic model representative of the seismic activity expected in the region and to incorporate the local effects of the soil, in order to define the expected seismic hazard. In the second aspect, it is necessary to characterize each structural system in terms of its resistance and capacity to absorb and dissipate energy in the range of non-elastic deformations, as well as by functions which relate the expected and damage. This can be synthesized in the following block diagram:

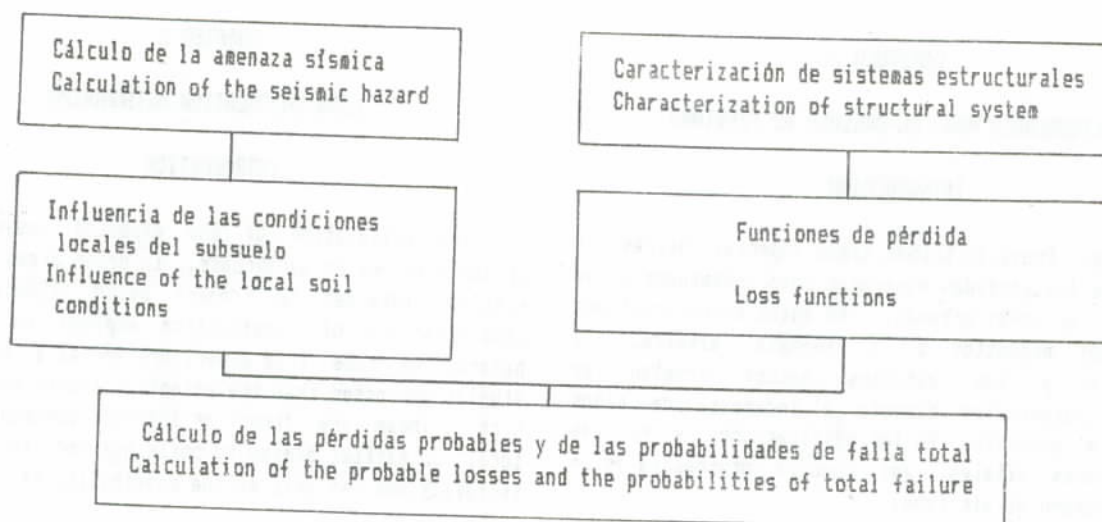


Diagrama de Bloques No. 3
Block Diagram No. 3

Con el fin de abordar el problema del cálculo de pérdidas en términos de los daños esperados, es conveniente desagregarlo en las variables que condicionan el comportamiento esperado, a saber: resistencia a las acciones que el sismo induzca en la edificación y la capacidad de incursionar en el rango de deformaciones no elásticas. Este esquema, vigente en buena parte de las Normas más actualizadas, ofrece ventajas ya que permite tomar en consideración cambios en los criterios de diseño de edificaciones similares.

Para ilustrar este importante concepto, en la Figura No. 2 se han representado los cambios en el coeficiente sísmico (V_0/W) a nivel cedente CD_c de una edificación de concreto armado de 20 pisos de altura, ubicada en Caracas (zona sísmica 4), situada en un suelo Tipo S2, destinada a vivienda, según las diferentes normativas utilizadas en la región de Caracas. Igualmente se indican las correspondientes estimaciones de probabilidades de sobrevivencia, bajo la hipótesis de que ocurra un sismo similar al más severo previsto en la Norma vigente. Esas estimaciones de probabilidades son el resultado del algoritmo que se propone en este trabajo con los valores indicados en la Figura No. 2. Se constata en ella que con los cambios de normativa los coeficientes sísmicos de diseño, reconciliados a nivel cedente, han variado desde el año de 1955 y las probabilidades de sobrevivencia para el sismo analizado y el sistema estructural considerado han aumentado en dos ordenes de magnitud.

La observación anterior es consecuencia de una mejor y más estricta reglamentación tanto del análisis

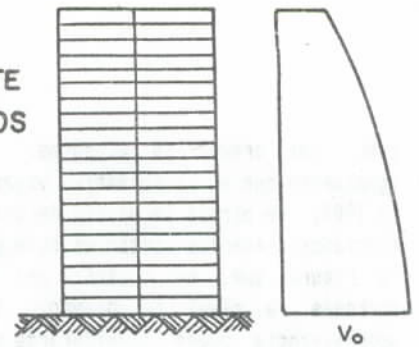
In order to calculate losses in terms of expected damages, it is convenient to divide the problem into variables which condition the expected behaviour; that is: the resistance to actions that earthquakes may induce in the building and the capacity to make an incursion in the range of non-elastic deformation. This scheme, which is included in many of the more modern Codes, offers advantages, since it allows changes in the design criteria of similar buildings be taken into consideration.

To illustrate this important concept, Fig. 2 shows the changes in the seismic coefficient (V_0/W) at yield level CD_c of a building of reinforced concrete, 20 storeys high, located in Caracas (seismic zone 4), on soil of type S2, planned for housing, according to the different codes used in the region of Caracas. The corresponding estimates of survival probabilities are also indicated, based on the hypothesis that the present code design earthquake occurs. These estimates of probabilities are the result of the algorithm that is presented in this paper, with the values indicated in figure 2. It is shown that with the changes of codes the seismic coefficients for design, reconciliated to yield level have varied since the year 1955 and the probability of survival for the earthquake analyzed and for the structural system considered, has increased by two orders of magnitude.

The previous observation is a consequence of a better and stricter regulation, both in the analysis

CAMBIOS EN EL COEFICIENTE SISMICO DE DISEÑO A NIVEL CEDENTE vs. PROBABILIDADES DE SOBREVIVENCIA PARA LOS EVENTOS SISMICOS MAS SEVEROS PREVISTOS EN LA NORMA COVENIN 1756 - 82.

SEISMIC COEFFICIENT CHANGES AT CEDENCE LEVEL vs. SURVIVAL PROBABILITIES FOR THE MOST SEVERE SEISMIC EVENTS IN THE COVENIN CODE 1756-82.



PERIODO	D_m	\bar{D}_u	$C D_c$	$\mu \bar{D}_d$	$\bar{D}_u - \mu \bar{D}_d$	β	P_f
* 1955 - 67	3.0	5	0.05	5.0	0	0	5×10^{-1}
** 1967 - 83	3.5	5.5	0.084	3.795	1.705	0.893	1.86×10^{-1}
	4.0	6.5	0.060	5.28	1.22	0.518	3.05×10^{-1}
** 1983 -	4.0	6.5	0.096	3.30	3.20	1.807	3.5×10^{-2}
	6.0	9	0.064	4.95	4.05	1.793	3.8×10^{-2}

Pórtico de concreto armado 20 pisos

20 Stories reinforced concrete frame

- $\mu = 0.825$

- Suelo (Soil) S 2

- Zona (Zone) 4: ($A = 0.30g$)

* $T = 1.8$ seg.

** $T = 1.3$ seg.

$$\bar{D}_d = \frac{2.2 \times 0.30}{C D_c} \left(\frac{0.6}{T} \right)^{0.7}$$

$$\beta = \frac{\bar{D}_u - \mu \bar{D}_d}{\sqrt{\sigma_{\bar{D}_u} + \sigma_{\mu \bar{D}_d}}}$$

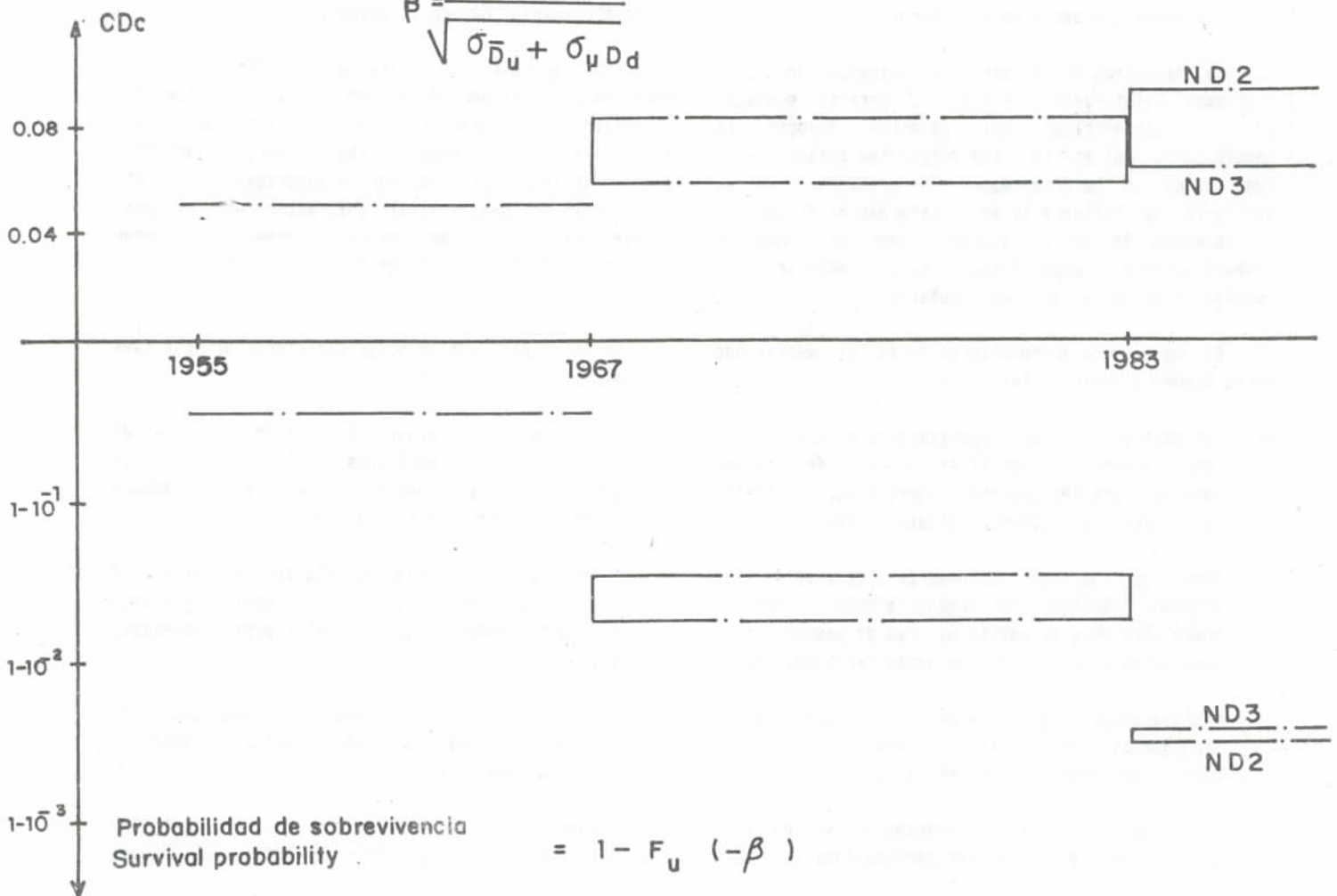


Fig. 2

como del armado de miembros. Interesa destacar igualmente que en la Normativa vigente a partir del año de 1983, se ofrece la opción de dos niveles de diseño asociados a fuerzas cortantes diferentes; se observa en la Figura que, no obstante esa diferencia en las acciones a nivel de diseño, la probabilidad de sobrevivencia puede considerarse similar en las dos opciones.

En el ejemplo recién visto queda claro que, edificaciones similares en geometría, aspecto, etc. pueden quedar asociadas a conductas esperadas bien diferentes, bajo acciones sísmicas de igual intensidad. Por tanto, en la evaluación de pérdidas será necesario distinguir los cambios en la normativa prevalente.

Para facilitar en los cálculos resulta más conveniente adoptar una normativa patrón y determinar los factores de reconciliación de normativas anteriores. En este trabajo se ha retenido como normativa patrón las nuevas Normas venezolanas para Edificaciones Antisísmicas (COVENIN 175682); estas tienen enfoques comunes con las normas más modernas de USA, México, Argentina, Nueva Zelanda y otros países donde la amenaza sísmica es significativa.

La necesidad de validar el algoritmo en un plazo de tiempo relativamente breve, no permite ejecutar estudios paramétricos que permitan conocer la sensibilidad del modelo a los diferentes parámetros en los cuales se ha desagregado el problema. En su aplicación se utilizará la mejor información disponible a sabiendas de que en algunos casos se requieren investigaciones específicas para mejorar la confiabilidad de los valores adoptados.

En esta Nota Introductoria no se ha mencionado otros bienes a riesgo tales como:

- a) las edificaciones de comportamiento no tipificable (edificaciones repetitivas a base de grandes paneles, grandes centros comerciales, centrales telefónicas, depósitos de líquidos, etc.);
- b) líneas de vida (subestaciones de alta y extra alta tensión, puentes y/o tramos elevados, red de suministro de gas doméstico, red de suministro de agua potable, colectores de aguas servidas, etc.);
- c) instalaciones cuya falla puede ocasionar efectos secundarios catastróficos (embalses de agua, ciertas instalaciones industriales, etc.).

Sobre estos no se tiene conocimiento de que haya habido incidencia alguna en las pérdidas del terremoto

and in the detailing of members. It is also of interest to point out that in the prevailing code, since 1983, there is a choice of two levels of design, associated to different shear forces; figure 2 shows that, notwithstanding that difference in the actions at the design level, the probability of survival can be considered similar for both options.

In the above example it is clear that buildings which are similar in geometry, appearance, etc. can be associated with very different expected behaviour, under seismic actions of equal intensity. Therefore, in the evaluation of losses it will be necessary to distinguish the change in the code.

In order to facilitate the calculations it is more convenient to adopt a standard code and to determine the factor for the reconciliation of previous codes. In this paper, the new Venezuela code for Earthquake resistant buildings (COVENIN 1756-82) has been retained as the standard code; the new code has common features with the more modern codes of the United States, Mexico, Argentina, New Zealand and other countries where the seismic hazard is significant.

The necessity to validate the algorithm in a relatively short period of time, does not allow the execution of parametric studies to learn the sensibility of the model to the different variables into which the problem has been disaggregated. In its application the best available information will be used, knowing that in some cases specific research is needed to improve the reliability of the values adopted.

In this Introduction other structures at risk have not been considered, such as:

- a) Buildings of behaviour which can not be typified (industrialized buildings built using large panels, great commercial centers, telephone exchanges, deposits for liquids, etc.)
- b) Life lines, electrical sub-stations for high and extra high voltages, bridges and/or elevated highways, domestic gas and water pipes, sewerage, etc.).
- c) Installations whose failure may cause secondary catastrophic effects (dams, certain industrial installations, etc.).

Concerning these, there is no evidence that they had an effect on the losses from the Caracas earthquake

de Caracas de 1967. Obviamente deben ser considerados para eventos de mayor intensidad. Tampoco han sido mencionadas otras fuentes potenciales de pérdida como son los contenidos, el cual no es tratado en este trabajo, y los efectos de lucro cesante sobre los cuales no se dispone de datos que permitan su calibración; en su momento habrá que estimarlos por procedimientos aproximados.

Otras situaciones particulares como lo son las construcciones en pendiente, la estabilidad de taludes y el potencial de licuefacción, escapan al alcance del presente trabajo.

2.1 AMENAZA SISMICA

2.1.1 Características de la Amenaza Sísmica

Como es sabido, la amenaza sísmica puede ser caracterizada en términos de las probabilidades de ocurrencia de intensidades modificadas de Mercalli, de las probabilidades de excedencia de los movimientos máximos del terreno o bien de otros parámetros como son los desplazamientos locales de fallas, etc.

Dado el interés que en este trabajo tiene el poder tomar en consideración los cambios que haya habido en los criterios normativos de diseño, es conveniente caracterizar la amenaza sísmica en términos de las probabilidades de excedencia de las aceleraciones y, eventualmente, también de las velocidades máximas del terreno, a fin de obtener los valores espectrales de aceleración absoluta. Para ello es necesario reconocer las incertidumbres propias de la ocurrencia y magnitud de los eventos sísmicos, así como las de las llamadas leyes de atenuación y de los espectros de respuesta normalizados.

Se describe a continuación el algoritmo general para el cálculo de la función de distribución acumulada de los movimientos máximos del terreno, en una localidad cercana a K fuentes potenciales.

2.1.2 Cálculo de la función de distribución acumulada de los movimientos máximos del terreno

Sean K las zonas fuentes, situadas a diferentes distancias de la localidad de interés. La actividad de cada fuente está caracterizada por:

of 1967. Obviously, these other types of structures must be considered for events of greater intensity. Other potential sources of loss not mentioned, are the contents of buildings and the effects of the loss of profit, for which there is no data which would allow their calibration; at some time these will have to be estimated by approximation.

Other special situations such as the constructions on original stability of slopes and the potential for liquefaction are not within the scope of this study.

2.1 SEISMIC HAZARD

2.1.1 Characteristics of the Seismic Hazard

As known, the seismic hazard can be characterized in terms of the probabilities of occurrence of intensities in the Modified Mercalli scale, of the probabilities of exceeding the maximum movements of the ground or other parameters such as the local displacement of faults, etc.

Considering the importance for this paper to take into consideration the changes that have taken place in the normative criteria for design, it is convenient to characterize the seismic hazard in terms of the probabilities of exceeding the accelerations and, eventually, the maximum velocities of the ground, in order to obtain spectral values of absolute acceleration. For this, it is necessary to recognize the uncertainties which are pertinent to the occurrence and magnitude of the seismic events, as well as those of the so-called attenuation laws and of the spectra of normalized response.

The following is a description of the general algorithm for the calculation of the cumulative distribution function of the maximum movements of the ground, in a locality near K potential sources.

2.1.2 Calculation of the Cumulative Distribution Function of the Maximum Movements of the Ground

Let K be the source zones located at different distances from the place of interest. The activity at each source is characterized by:

$$\log_{10} v = a - b (m_b - m_0)$$

$$m_0 \leq m_b \leq m_1$$

donde:

ν = tasa de ocurrencia de magnitudes mayores o iguales a m_b ; generalmente anual;

m_b = magnitud Richter;

a y b = constantes de cada zona fuente;

m_0 = umbral inferior de magnitudes;

m_1 = magnitud máxima asociada a la zona fuente;

where:

ν = the rate of occurrence of magnitudes greater or equal to m_b ; yearly generally;

m_b = Richter magnitude;

a & b = constants of each source zone;

m_0 = lower threshold of magnitudes;

m_1 = maximum magnitude associated with the source zone.

La secuencia de ocurrencia de eventos sísmicos de diferentes m_b se considera que puede ser descrita como la de eventos independientes, por tanto es necesario caracterizar la probabilidad de que un cierto m_b no sea excedido por una función de distribución acumulada adecuada. Se usa aquí:

The sequence of occurrence of seismic events of different m_b can be described as that of independent events; therefore it is necessary to characterize the probability that a certain m_b is not exceeded by an adequate cumulative distribution function. Here we used;

$$F_M(m_b) = \frac{1 - e^{-\beta(m_b - m_0)}}{1 - e^{-\beta(m_1 - m_0)}} \quad m_0 \leq m_b \leq m_1$$

con (with)

$$\beta = b \ln 10$$

De lo anterior: (From the above:)

$$f_M(m_b) = \beta \frac{e^{-\beta(m_b - m_0)}}{1 - e^{-\beta(m_1 - m_0)}}$$

Por tanto la probabilidad de que ocurra el evento m_b , será:

Therefore the probability that an event m_b will occur is:

$$f_M(m_b) \cdot dm_b$$

La distancia epicentral viene dada por la variable R , cuya función de densidad $f_R(r)$ varía entre un valor cercano (r_c) y un valor lejano (r_l).

The epicentral distance is given by the variable R , whose density function $f_R(r)$ varies between a near value (r_c) and a distant value (r_l).

Las relaciones de atenuación de la intensidad de efectos Y , vienen expresadas por curvas medias del tipo:

The relationship of attenuation with intensity of effects Y , is expressed by mean curves of the type:

$$\ln Y = C_1 + C_2 m_b + C_3 \ln (R + r_0)$$

asociadas a una incertidumbre en la predicción caracterizada por $\sigma_{\ln Y}$. Dada la ocurrencia simultánea de m_b y r se puede describir la probabilidad de que Y exceda Y_{\max} , de la siguiente forma:

associated to an uncertainty in the prediction characterized by $\sigma_{\ln Y}$. Given the simultaneous occurrence of m_b and r , one can describe the probability that Y exceeds Y_{\max} , in the following manner:

$$P [Y > Y_{\max} / m_b \cap r] = \Phi * \left(\frac{\ln Y_{\max} - C_1 - C_2 m_b - C_3 \ln (r + r_0)}{\sigma_Y} \right)$$

donde la función $\Phi *$ no es más que el complemento de la función de distribución acumulada de la función normal estandarizada.

where the function $\Phi *$ is just the complement of the cumulative distribution function of the normal standardized function.

Salvo mejor justificación, se pueden usar las relaciones caracterizadas por los valores de la Tabla No. 3 (véase Figura No. 3).

Unless there is a better justification, one can use the relationships characterized by the values of Table No. 3 (see Figure No. 3).

Y	C 1	C 2	C 3	r 0	lnY
Acercaciones (Accelerations)	1.69	1.18	-1.17	0	0.70
Cota Superior (Upper limit)	3.88	0.35	0	0	0.70
Velocidades (Velocities)	-4.90	1.60	-0.73	0	0.70
Cota Superior (Upper limit)	-3.37	1.07	0	0	0.70

TABLA NO. 3
TABLE NO. 3

RELACIONES DE ATENUACION
ATTENUATION RELATIONS

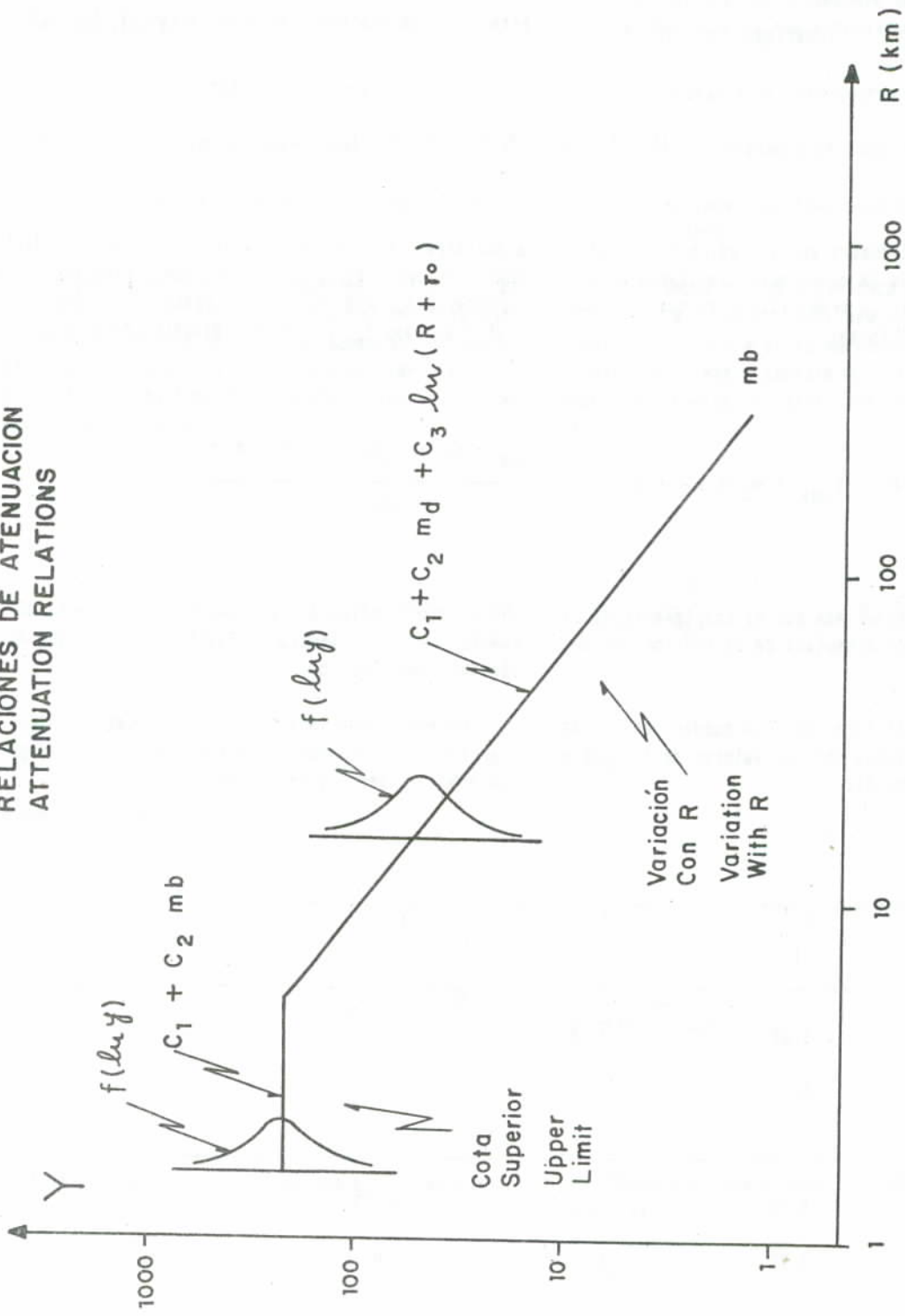
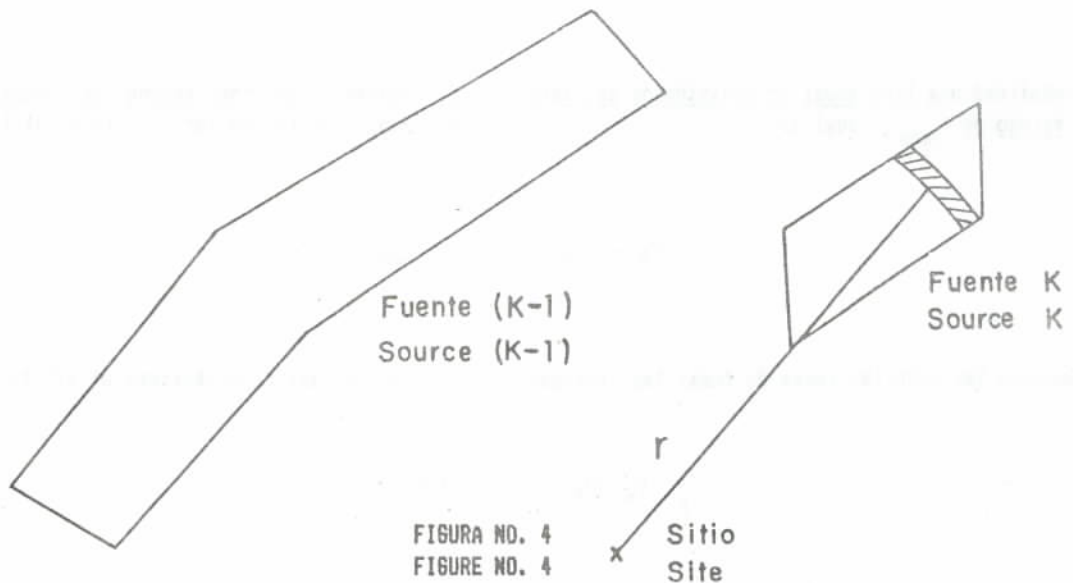


Fig. 3



La probabilidad de que el parámetro del movimiento del terreno Y sea mayor que un valor $Y_{m\grave{a}x}$; es calculado para cada fuente. Sea la fuente K ; la probabilidad anterior se expresa como:

The probability that the parameter of the movement of the ground Y be higher than a value Y_{max} , is calculated for each source. Let K be the source; the previous probability is expressed as:

$$P_K = P [Y > Y_{m\grave{a}x}]$$

Para su cálculo suponemos que, dada una distancia r , si se toma en cuenta la atenuación y la variabilidad de m , se puede calcular:

For its calculation we suppose that, given a distance r , if one takes into account the attenuation and the variability of m , one can calculate:

$$P [Y > Y_{m\grave{a}x} | r] = \int_{m_0}^{m_1} P [Y > Y_{m\grave{a}x} | m \cap r] \cdot f_M (m) dm$$

Igualmente: (Also:)

$$P [Y > Y_{m\grave{a}x}] = \int_{r_c}^{r_1} P [Y > Y_{m\grave{a}x} | r] \cdot f_R (r) dr$$

Por tanto: (Therefore:)

$$P_K = P [Y > Y_{m\grave{a}x}] = \int_{r_c}^{r_1} \int_{m_0}^{m_1} P [Y > Y_{m\grave{a}x} | m \cap r] \cdot f_M (m) f_R (r) dm dr$$

Considerada la fuente k , si la tasa anual de eventos que en esa fuente m_0 es ν_K , le corresponderá

Considering source k , if the annual rate of events which in that source exceeds m_0 is ν_K , an annual rate

a la localidad una tasa anual de movimientos del terreno en exceso de $Y_{m\acute{a}x}$, igual a:

of movement of the ground in excess of Y_{max} , corresponding to the locality is equal to:

$$P_K \cdot v_K = P [Y > Y_{m\acute{a}x}] \cdot v_K$$

Sumando las contribuciones de todas las fuentes:

Adding the contributions of all the sources:

$$\sum_K P_K v_K \quad K = 1, 2, 3, \dots$$

se obtiene la tasa anual de ocurrencia de movimientos del terreno en exceso de $Y_{m\acute{a}x}$ debido a las K fuentes. La probabilidad de que en T años $Y_{m\acute{a}x}$ sea excedida, vale:

one obtains the annual rate of occurrence of the ground movement in excess of Y_{max} due to the K sources. The probability that in T years, Y_{max} will be exceeded is:

$$P [Y > Y_{m\acute{a}x} | T] = 1 - e^{-T \sum_K P_K \cdot v_K}$$

En la literatura sobre el tema se señala que la distribución anterior se ajusta a la de valores extremos tipo II cuya forma es:

In the literature on this topic one finds that the above distribution is adjusted to that of the extreme values of type II, as follows:

$$P [Y > Y_{m\acute{a}x} | 1 \text{ año}] = 1 - e^{-(Y/Y_1)^{-\alpha}}$$

La moda, la mediana y la media valen, respectivamente:

The mode, the median and the mean are, respectively:

$$\tilde{Y} = Y_1 \left(\frac{\alpha}{\alpha + 1} \right)^{1/\alpha}$$

$$\bar{Y} = Y_1 (-\ln 1/2)^{-1/\alpha} \approx Y_1 1.44369^{1/\alpha}$$

$$\bar{Y} = Y_1 \sqrt{1 - 1/\alpha}$$

La desviación standard es:

The standard deviation is:

$$\sigma_Y = Y_1 \left[\sqrt{(1 - 2/\alpha)} - \sqrt{(1 - 1/\alpha)} \right]^2$$

Por tanto el coeficiente de variación vale:

Therefore the variation coefficient is:

$$CV = \left[\frac{\sqrt{(1 - 2/\alpha)}}{\sqrt{(1 - 1/\alpha)}} - 1 \right]^2$$

Para la región de Caracas y a modo de ejemplo, se obtuvieron valores de α de 2,8 a 3,3 y CV entre 45% y 55%.

An example, for the region of Caracas values for α were obtained between 2,8 to 3,3 and for CV between 45% and 55%.

2.1.3 Selección de los Valores de Y a Utilizar en el Cálculo de Pérdidas Máximas

2.1.3 The Selection of the Values of Y to be used in the Calculation of Maximum Losses

En la concepción y diseño de centrales nucleares y otras construcciones altamente críticas, se habla con frecuencia de riesgos anuales del orden de 10^{-5} a 10^{-4} . En cambio en las normas para el diseño de edificaciones en zonas sísmicas los riesgos anuales son de 0.5×10^{-2} o menores. Los criterios usuales para la selección de los movimientos sísmicos de diseño de embalses y los volúmenes de diseño de sus aliviaderos, fijan excedencias anuales del orden de 10^{-3} .

In the conception and design of nuclear plants and other highly critical structures it is usual to consider an annual risk of the order of 10^{-5} to 10^{-4} . On the other hand, in the codes for the design of buildings in seismic zones the annual risks are of the order of 0.5×10^{-2} and less. The usual criteria for the determination of the seismic excitation for the design of dams and the water design volumes of spillways, define annual excess of the order of 10^{-3} .

Para el cálculo de las pérdidas máximas, se propone aquí seleccionar movimientos máximos del terreno asociados a probabilidades de excedencia anuales iguales a 10^{-3} . Cuando se utilicen procedimientos fundamentados en intensidades modificadas de Mercalli, se sugiere seleccionar valores 1 ó 2 grados más que las máximas intensidades observadas en tiempos históricos.

For the calculation of maximum losses, it is proposed here to select the maximum shaking of the ground associated to probabilities of annual excess equal to 10^{-3} . When fundamental procedures based on Modified Mercalli intensities are used, it is suggested that values one or two degrees higher than the maximum observed historical intensities be selected.

2.1.4 Espectros de Respuesta para Diferentes Perfiles de Suelo

2.1.4 Response Spectra for Different Ground Profiles

La respuesta dinámica de una estructura elástica a un movimiento conocido en su base, puede determinarse analíticamente. Los máximos de la respuesta de un oscilador elástico, de un grado de libertad, a una determinada historia de aceleraciones en su base (S_a = aceleraciones; S_v = velocidades; S_d = desplazamientos), definen los llamados valores espectrales y son función del período fundamental T del oscilador; variando el valor de T se obtienen los llamados espectros de respuesta elástica.

The dynamic response in an elastic structure to a known movement at its base can be analytically determined. The maxima of the response of an elastic oscillator, of one degree of freedom, to a given history of accelerations at its base (S_a = accelerations; S_v = velocities, S_d = displacements), define the so called spectral values and are a function of the fundamental period T of the oscillator; by varying the value of T on obtains the so called elastic response spectra.

De lo anterior se desprende que: a) cada historia de aceleraciones (acelerograma) estará asociado a su propia forma espectral elástica y b) conocidos los espectros de temblores dados, la respuesta máxima de una estructura elástica de un grado de libertad se obtiene de inmediato una vez conocido su período.

Este concepto se puede extender al análisis dinámico bajo acciones sísmicas de estructuras con varios grados de libertad. La influencia de cada modo de vibración depende del coeficiente de participación del mismo, siendo esta participación función de la forma del modo de vibración y de la distribución de masas en la estructura. Los espectros de aceleraciones, de velocidades y de desplazamientos, están ligados aproximadamente por las expresiones:

$$S_a = \frac{2 \pi}{T} S_v$$

$$S_d = \frac{T}{2 \pi} S_v$$

lo cual permite que los valores espectrales pueden representarse simultáneamente en una misma gráfica utilizando escalas logarítmicas.

Los espectros antes descritos sintetizan características importantes del movimiento del terreno durante el sismo (aceleraciones y velocidades máximas, frecuencias dominantes, etc.), con lo cual se puede admitir que reflejan en cierto modo las condiciones locales del subsuelo; estas últimas, tal como ha quedado evidenciado en trabajos de campo en zonas afectadas por sismos y en estudios analíticos de respuesta de depósitos aluvionales, pueden modificar sustancialmente la forma de los espectros y sus valores relativos. El caso del terremoto de Caracas de 1967 se cita con frecuencia en la literatura como ilustración de la importancia que pueden llegar a tener las condiciones locales del subsuelo, pues su influencia debió modificar las características del movimiento en tal forma, que la severidad de daños constatada en edificaciones similares, situadas en áreas geotécnicamente disímiles, fue calificada con diferencias de uno o dos grados de Intensidad (MM).

En este trabajo se propone caracterizar los espectros de respuesta elástica, como espectros suavizados dependientes de las condiciones locales del subsuelo. Para ello se distinguen tres tipos de suelos (véase la Tabla No. 4), los cuales condicionan: (i) el

From the above it follows that: a) each history of accelerations (accelerogram) is associated to its own spectral elastic form and b) once known the spectra of given shocks, the maximum response of an elastic structure, of one degree of freedom, is obtained immediately when its period is known.

This concept has been extended to the dynamic analysis of structures under seismic actions, with various degrees of freedom. The influence of each mode of vibration depends on its coefficient of participation, which is a function of the form of the mode of vibration and of the distribution of masses in the structure. The spectra for accelerations, velocities, and displacements, are linked approximately by the expressions:

which allow that the spectral values can be simultaneously represented in the same graph by using logarithmic scales.

The above described spectra synthesize important characteristics of the ground movements during the earthquake (maximum accelerations and velocities, prevalent frequencies, etc.), which reflect to some degree the local conditions of the subsoil; the latter, as has been evidenced by field work in zones affected by earthquakes and in analytical studies of response of alluvial deposits, may substantially modify the shape of the spectra and its relative values. The case of the Caracas earthquake of 1967 frequently cited in the literature as a illustration of the importance of the local conditions of the subsoil, which doubtless modify the characteristics of the shaking in such a way that the severity of known damage in similar buildings but, located in different geotectonic areas, was described with variations of one or two degrees in Intensity (MM).

In this paper it is proposed to characterize the elastic response spectra, as smoothed-out spectra which depends on the local conditions of the subsoil. For this three types of soil are distinguished (see table No. 4), which condition: (i) the maximum value of the

valor máximo del período (T^*) en el intervalo donde los valores espectrales de aceleración son constantes, (ii) el exponente (p) que define la rama de valores espectrales decrecientes para períodos en exceso de T^* y, (iii) el factor de magnificación β , el cual ha sido estudiado estadísticamente en una muestra de 104 espectros normalizados pudiéndose considerar que se ajusta a una distribución normal y su coeficiente de variación promedio es igual a 0.38.

Los espectros quedan así definidos por las expresiones siguientes:

$$T < 0,15 \frac{\text{seg}}{\text{seg}}$$

$$S_a = \Delta_0 \left[1 + \frac{T}{0,15} (\beta - 1) \right]$$

$$0,15 \frac{\text{seg}}{\text{seg}} < T < T^*$$

$$S_a = \Delta_0 \cdot \beta$$

$$T \geq T^*$$

$$S_a = \Delta_0 \beta \left(\frac{T^*}{T} \right)^p$$

The spectra are thus defined by the following expressions:

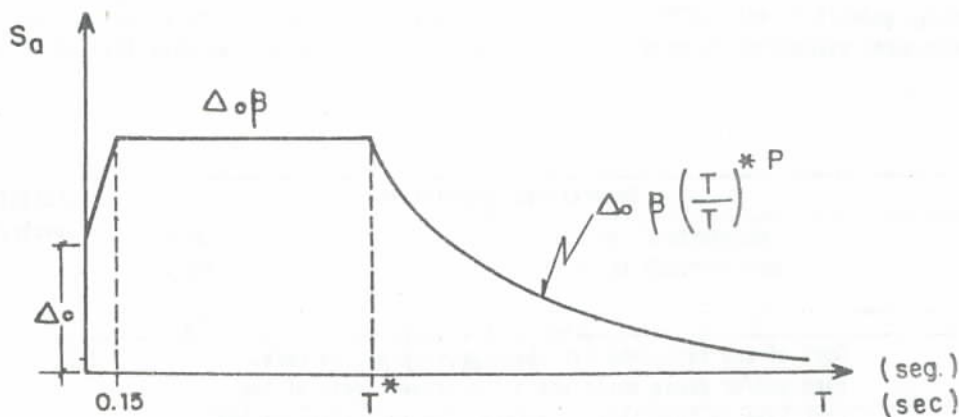


FIGURA No. 5
FIGURE No. 5

Se designa aquí como A_0 la aceleración máxima del terreno; esta designación se retendrá en lo sucesivo. En la Tabla No. 4 se distinguen los tres terrenos de fundación caracterizados por los perfiles del subsuelo allí indicados; de una manera general a los perfiles S1 S2 y S3 también se los denominará duros, intermedios y blandos respectivamente. La clasificación anterior no excluye la posibilidad de tipificar otros casos.

Here, A_0 is the maximum acceleration of the ground; this identification will be kept hereafter. Table No. 4 shows the three foundation grounds characterized by the profiles of the subsoil therein indicated; in a general way the profiles S1, S2 and S3 will also be described as hard, intermediate and soft, respectively. This classification does not exclude the possibility of other classifications.

Perfiles Típicos del Subsuelo	Descripción Generalizada	Valores que definen el espectro		
		T*		p
Perfil S1	Roca de cualquier característica. Suelos duros y/o densos donde la profundidad comprobada al basamento rocoso es menor de 50m.	2.2	0.4	8.8
Perfil S2	Gran espesor de suelos que pueden estar formados por arenas y gravas medianamente densas a muy densas y/o limos y arcillas de consistencia dura a muy dura, o bien una mezcla de estos.	2.2	0.6	0.7
Perfil S3	Suelos granulares pocos densos y/o suelos cohesivos de consistencia blanda a media, de espesores mayores de 10 m, contenidos en los primeros 30 m medidos desde la superficie del terreno.	2.0	1.0	0.6

TABLA No. 4

Typical Soil profile	Generalized Description	Characteristics spectral values		
		T*		p
S1 Profile	Rock of any type, whether shale or crystalline rock. Hard and/or dense soils, where the proved depth of the rock base is less than 50 meters. The soil covering the rock may be dense to very dense sands and gravel, very hard silts or clay or a mixture of these. In those cases in which the depth of the deposit is not proved the S2 profile shall be used.	2.2	0.4	8.8
S2 Profile	This is a profile with great soil depth which may be made up of medium to very dense sands or gravels and/or hard to very hard silts or clay, or a mixture of these.	2.2	0.6	0.7
S3 Profile	This is a profile with not very dense granular soils and/or cohesive soils having a soft to medium consistency, with a depth of more than 10 meters within the first 30 meters, measured from the surface of the land.	2.0	1.0	0.6

TABLA No. 4

2.2 TIPIFICACION DE LOS BIENES A RIESGO

2.2.1 Bienes a riesgo

Una estructura convencional de un edificio puede considerarse compuesta por miembros horizontales (vigas, losas), miembros verticales (columnas, muros, cerchas verticales, etc.) y juntas ó uniones de estos elementos horizontales y verticales; su configuración define sistemas estructurales nominales. A su vez, estos elementos pueden estar enmarcando paredes o tabiques, de rigidez y resistencia no siempre despreciable, que pueden modificar la conducta esperada del sistema estructural nominal.

Las razones anteriores son parte de un complejo problema que es el de la tipificación de conducta, ya que en esta interviene también en forma decisiva la capacidad de disipación de energía de las regiones críticas (zonas de la estructura donde se concentran las deformaciones en el rango inelástico bajo las acciones sísmicas).

Como clasificación básica (de primer orden), con fines de seguros contra terremotos en la literatura consultada se ha utilizado la siguiente ((Steinbrugge et al. 1977):

2.2 TYPIFICATION OF REAL PROPERTY AT RISK

2.2.1 Property at Risk

The conventional structure of a building can be considered as composed of horizontal members (beams, slabs), vertical members (columns, walls, vertical partitions, etc.) and joints or unions of these horizontal and vertical elements; its configuration defines the nominal structural systems. At the same time, these elements can be the frame of walls or partitions, of significant rigidity and resistance, that can modify the expected behaviour of the nominal structural system.

The above reasons are part of a complex problem which is the characterization of the behaviour, since the capacity to dissipate energy in the critical regions (zones of the structure where the deformations in the inelastic range under seismic actions are deformed) is also a decisive factor.

In the literature we have consulted (Steinbrugge et al, 1973) the following basic classification for the purpose of earthquake insurance:

Clase Class	Tipo de Construcción Type of Construction
A	Aporticada de madera Wooden framework
B	Totalmente metálica All metallic
C	Aporticada de acero Steel framework
D	Concreto armado Reinforced concrete
E	Construcción mixta Composite
F	Resistente a sismos, con medidas de control de daños Earthquake-resistant, with means to control damage

TABLA No. 5
TABLE No. 5

Esta clasificación debe a su vez tener sub-clases que distingan condicionantes estructurales que permitan agrupar, según la conducta probable esperada bajo la acción de sismos, las construcciones existentes.

Este enfoque es aplicado ventajosamente a nivel de diseño en la mayoría de los códigos antisísmicos. El más completo en ese sentido, es el ATC (1978), Tabla 6 que se reproduce aquí. El factor de reducción R, mencionado en la Sección 2.2.2, representa esencialmente la relación entre las fuerzas que se hubieran desarrollado como consecuencia de la respuesta elástica lineal de la estructura bajo los movimientos del terreno prescritos y las fuerzas de diseño prescritas a un nivel de cedencia significativo. Esta reducción es posible debido a la capacidad de absorción y disipación de energía de toda la estructura, habiéndose tomado en cuenta en la estimación de los valores la conducta de los diferentes sistemas y materiales en sismos pasados; intervienen tanto el amortiguamiento como la ductilidad inherente al sistema estructural. De aquí que los menores valores de R corresponderán a edificaciones poco amortiguadas, de materiales frágiles, incapaces de tolerar cualquier deformación apreciable que exceda el rango elástico; este tipo de conducta implica una transición muy corta entre los estados de no daño, o daños incipientes, al estado de daño total, lo cual se deberá reflejar en las funciones de pérdida o en las matrices de daño asociadas. En el otro extremo, estructuras muy amortiguadas con un sistema estructural muy dúctil que aceptan deformaciones que exceden considerablemente las cedentes, justifican la asignación de los mayores valores de R que se dan en la Tabla 6; la aparición de daños será progresiva y tenderá a ser mejor repartida en toda la estructura, con menos saltos bruscos en las funciones de daño o matrices.

De una manera general, los bienes a riesgo que se consideran en esta investigación son los siguientes:

- a) Edificaciones con sistemas resistentes a sismos bien definidos los cuales quedan ejemplificados en la tabla No. 8 por los Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV.
- b) Edificaciones de mampostería reforzada: casquinatas, edificios viejos bajos, etc.
- c) Viviendas prefabricadas: unifamiliar de 1 planta por ejemplo VIPOSA ó de varias plantas, con grandes paneles, por ejemplo VIVIENDA VENEZOLANA.
- d) Naves industriales y depósitos.

In turn, this classification must have subdivisions distinguishing structural conditionants which permit the grouping, according to the probable expected conduct under the actions of earthquakes, of the existing structures.

This approach is advantageously applied at a level of design in most of the earthquake-resistant codes. The most complete, in this sense, is the ATC (1978), Table 6 which is reproduced here. The reduction factor R, mentioned in section 2.2.2, represents essentially the relationship between the forces that would have developed as a consequence of the lineal elastic response of the structure to the expected movement of the ground and the expected forces of design at a level of significant yield. This reduction is possible due to the capacity for absorption and dissipation of energy throughout the whole structure, having taken into account in the estimation of the values, the behaviour of the different systems and materials during former earthquakes; the damping and the ductility inherent to the structural system are also involved. Thus, the smaller values of R will correspond to poorly damped buildings, of fragile material, incapable of tolerating any appreciable deformation exceeding the elastic range; this type of behaviour implies a very short transition between a condition of no damage, or incipient damage, to a condition of total damage, which must be reflected in the loss functions or in the matrices of associated damage. At the other end, the highly damped structure with a very ductile structural system that accepts deformations which considerably exceeds the yield points justifies the higher values of R which are given in Table 6 for ATC; the appearance of damages will be progressive and will tend to be better distributed throughout the structure, with fewer abrupt changes in the damage functions or matrices.

In a general way, the real properties at risk that are considered in this research are the following:

- a) Buildings with well defined earthquake resistant systems which are classified in Table No. 8 by Type I, Type II, Type III, Type VI.
- b) Buildings of reinforced masonry: multi-family housing, old small buildings, etc.
- c) Prefabricated housing: single family of one story, for example VIPOSA, or of several storeys with great panels, for example VIVIENDA VENEZOLANA.
- d) Industrial naves and warehouses.

TABLA No. 6 (TABLA ATC 3-B)

COEFICIENTES MODIFICACION DE RESPUESTA

Tipo de Sistema Estructural	Sistema Vertical Resistencia Sísmica		Coeficientes R C	
<p>MURO PORTANTE. Un sistema estructural con muros portantes que soportan todas, o la mayor parte de las cargas verticales.</p> <p>La resistencia a la fuerza sísmica es dada por los muros de corte o los pórticos arriostrados.</p>	Muros livianos aportica-	6	4	
	Muros de corte			
	Concreto armado	4	4	
	Mampostería armada	3	3	
	Pórticos armados	4	3	
<p>EDIFICIO APORTICADO: Un sistema estructural con un Pórtico Espacial esencialmente completo dando soporte a las cargas verticales.</p> <p>La resistencia a la fuerza sísmica es dada por los muros de corte o los pórticos armados.</p>	Muros livianos aportica-	7	4	
	Muros de corte			
	Concreto armado	5	5	
	Mampostería armada	4	4	
	Pórticos armados	5	4	
<p>PORTICO RESISTENTE AL MOMENTO: Un sistema estructural con un Pórtico Espacial esencialmente completo dando soporte a las cargas verticales.</p> <p>La resistencia a la fuerza sísmica es dada por Pórticos Corrientes o Especiales capaces de resistir la totalidad de las fuerzas prescritas</p>	Muros de Corte, de mampostería armada y parcialmente armada	1	1	
	Pórticos especiales			
	Acero	8	5	
	Concreto armado	7	6	
	Pórticos corrientes			
<p>SISTEMA DUAL: Un sistema estructural con un Pórtico Espacial esencialmente completo, dando soporte a las cargas verticales.</p> <p>Pórtico especial capaz de resistir por lo menos 25 por ciento de las fuerzas sísmicas prescritas. La resistencia a la fuerza sísmica total es dada por la combinación del Pórtico Especial y los muros de corte o porticos armados en proporción a sus rigideces relativas.</p>	Acero	4	4	
	Concreto armado	2	2	
	Muros de Corte			
	Concreto armado	8	6	
	Mampostería armada			
<p>Paneles de corte de madera contraplacada</p>	8	5		
	Pórticos arriostrados	6	5	

(Continúa...)

ESTRUCTURAS PENDULO INVERTIDO. En las cuales el aparcamiento que resiste la totalidad de las fuerzas sísmicas prescritas actúa esencialmente como voladizos aislados y proporciona apoyo para la carga vertical.	Pórticos Especiales	
	Acero estructural	2 2
	Concreto armado	2 2
	Pórticos corrientes	
	Acero estructural	1 1

- 1 Estos valores se basan en el mejor criterio y datos disponibles en la fecha de esta publicación pero deben ser revisados periódicamente.
- 6 No se permite mampostería no armada para las partes del edificio asignadas a la Categoría B. No se permite mampostería no armada o parcialmente armada en edificios asignados a las Categorías C y D.

TABLE No. 6 (ATC TABLE 3-B)

RESPONSE MODIFICATION COEFFICIENTS

Type of Structural System	Vertical Seismic Resisting System	Coefficients	
		R	C
<p>BEARING WALL SYSTEM- A structural system with bearing walls providing support for all, or major portion of, the vertical loads. Seismic force resistance is provided by shear or braced frames.</p>	light framed walls with Shear panels	6	4
	Shear walls		
	Reinforced concrete	4	4
	Reinforced masonry	3	3
	Braced frames	4	3
	Unreinforced and partially reinforced masonry shear walls	1	1
<p>BUILDING FRAME SYSTEM: A structural system with an essentially complete Space Frame providing support for vertical loads. Seismic force resistant is provided by shear walls or braced frames.</p>	Light framed walls with Shear panels	7	4
	Shear walls		
	Reinforced concrete	5	5
	Reinforced masonry	4	4
	Braced frames	5	4
	Unreinforced and partially reinforced masonry shear walls	1	1
<p>MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM: A structural system with an essentially complete Space Frame providing support for vertical loads. Seismic force resistance is provided by Ordinary or Special Moment Frames capable of resisting the total prescribed forces.</p>	Special moment frames		
	Steel	8	5
	Reinforced concrete	7	6
	Ordinary moment frames		
	Steel	4	4
	Reinforced concrete	2	2
<p>DUAL SYSTEM: A structural system with an essentially complete Space Frame providing support for vertical loads. A special Moment Frame shall be provided which shall be capable of resisting at least 25 percent of the prescribed seismic forces. The total seismic force resistance is provided by the combination of the Special Moment Frame and shear walls or braced frames in proportion to their relative rigidities.</p>	Shear walls		
	Reinforced concrete		
	Reinforced concrete	8	6
	Wood sheathed shear panels	8	5
	Braced frames	6	5

(Continue...)

INVERTED PENDULUM STRUCTURES. Structures where the framing resisting the total prescribed seismic forces acts essentially as isolated cantilevers and provides support for vertical load.

Special Moment Frames		
Structural steel	2	2
Reinforced concrete	2	2
Ordinary Moment Frames		
Structural steel	1	1

- 1 These values are based on best judgement and data available at time of writing and need to be reviewed periodically.
- 6 Unreinforced masonry is not permitted for portions of buildings assigned to Category B. Unreinforced or partially reinforced masonry is not permitted for buildings assigned to Categories C and D; See Chapter 12.

e) Viviendas de tapia y otros materiales, así como las viviendas marginales, estas sólo son consideradas para estimar el total de unidades.

Los casos especiales tales como:

- * Torres y edificios Parque Central
- * Edificaciones de uso público tipo: grandes centros comerciales (CCCT), hospitales, templos, cines, escuelas, supermercados, etc.
- * Centrales telefónicas.

no han sido incluidos como tales, sino dentro de la tipificación general de edificaciones.

Otros bienes a riesgo que no han sido tomados en cuenta son:

- Líneas de vida, tales como:
 - * Aducción de agua y sistema de servicio (Tuy II, etc.)
 - * Metro de Caracas
 - * Tramos elevados de autopista, viaductos, túneles
 - * Instalaciones de servicio (gas, electricidad, teléfono).
- Embalses
- Torres de transmisión de alto voltaje y subestaciones
- Plantas de generación de energía eléctrica

Su análisis e inclusión requieren consideraciones especiales que escapan del alcance de este trabajo.

2.2.2 Parámetros que influyen en la tipificación

2.2.2.1 Sistema resistente a sismos y $D_{m\acute{a}x}$

En toda edificación se debe poder definir un sistema resistente a sismos, es decir: el conjunto de elementos portantes cuya resistencia y deformabilidad permitan transmitir a las fundaciones las fuerzas cortantes que generan o inducen las acciones sísmicas.

e) Mud housing and of other materials, as well as marginal housing; these are considered only to estimate the total number of units.

The special cases such as:

- * Towers and buildings of Parque Central (58 stories)
- * Public buildings: large commercial centers, hospitals, churches, theatres, schools, supermarkets, etc.
- * Telephone exchanges.

have not been included among them, but are included in the general classification of buildings.

Other real properties at risk, that have not been taken into account, are:

- Life lines, such as:
 - * The water supply and distribution system
 - * The Caracas subway
 - * Elevated highways, viaducts, tunnels
 - * Service installations (gas, electricity, telephone).
- Embalses
- Transmission towers for high voltage and substations
- Electrical power generating plants.

Their analysis and consideration require special treatment which is outside of the scope of this study.

2.2.2 Parameters that have influence over the characterization

2.2.2.1 Earthquake-resistant system and D_{max}

For all buildings, it must be possible to define a system resistant to earthquakes, that is: a set of bearing elements whose resistance and deformability allow the transmission to the foundations of the shear forces, which generate or induce the seismic actions.

En edificaciones con estructuras de concreto armado o de acero, el sistema resistente a sismos es, en principio, fácil de identificar. Aún cuando la presencia de tabiques de mampostería, muros de fachada, etc. puede modificar los esquemas de comportamiento, de una manera general se admite que los mecanismos de transmisión de cortantes siguen siendo esencialmente los mismos.

Es común en la normativa antisísmica la diferenciación entre cuatro tipos de sistemas resistentes a sismos, en función de los elementos estructurales que resisten las acciones sísmicas y las cargas verticales. Estos están caracterizados por la configuración de sus elementos resistentes, diseño, y capacidad de absorción y disipación de energía en el rango de deformaciones no elásticas, y por los factores de reducción. En la nueva Norma venezolana estos factores de reducción de respuesta valen:

$$R = 1 + \frac{T}{0.15} (D_{m\acute{a}x} - 1)$$

para $T \leq 0.15$ seg
for sec

$$R = D_{m\acute{a}x}$$

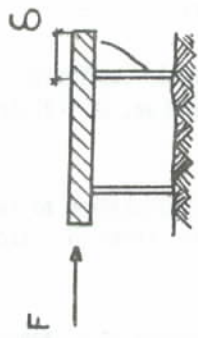
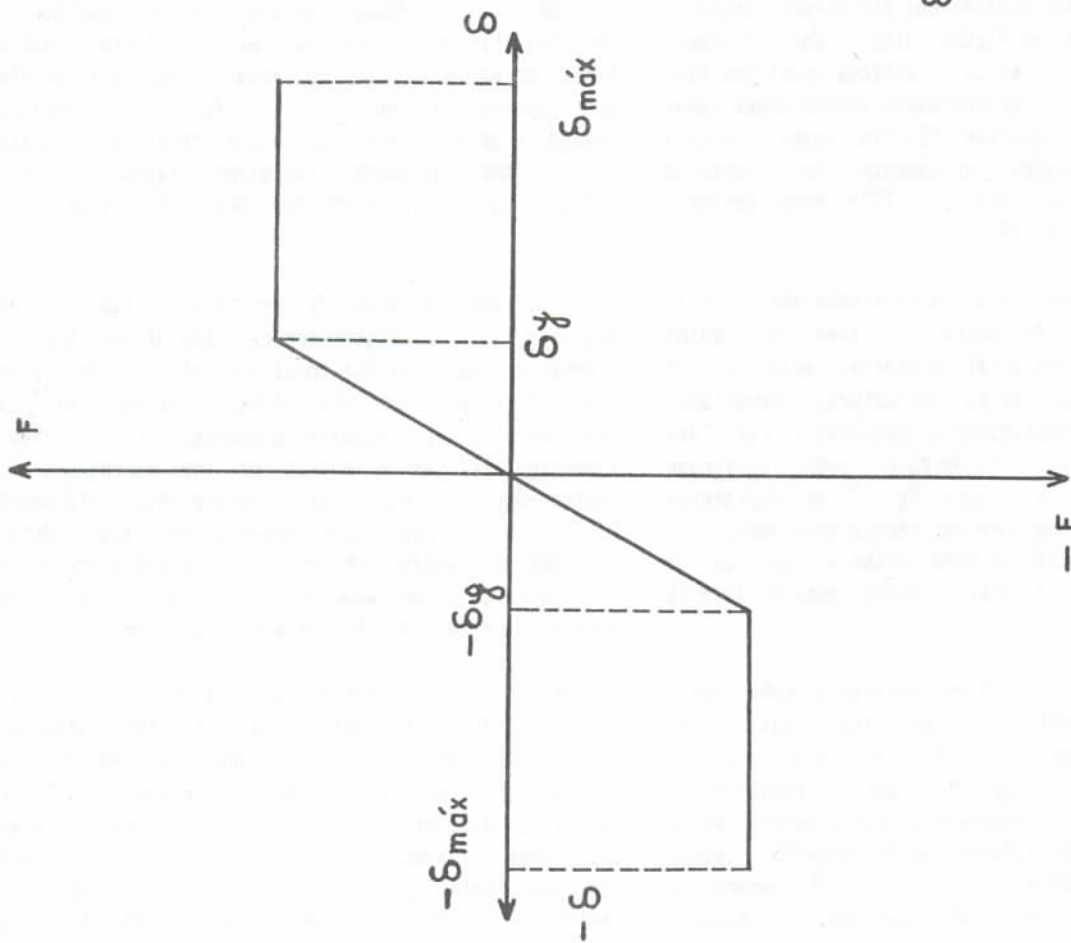
para $T > 0.15$ seg

donde $D_{m\acute{a}x}$ es un factor de ductilidad que típicamente alcanza los valores dados en la Tabla No. 7 y cuyo significado se ilustra en la Figura No. 6.

where $D_{m\acute{a}x}$ is the ductility factor that typically is equal to the values given in Table No. 7 and explained by Figure No. 6.

Sistema Resistente a Sismo Earthquake Resistant System	Valores de $D_{m\acute{a}x}$ Values D_{max}
Aporticado Frame	6 a 2.5
Dual Dual	5 a 2
Muros Estructurales Structural walls	4 a 1.5
Una línea resistente A resistant line	2.5 a 1

TABLA No. 7
TABLE No. 7



Modelo
Model

$$D_{\text{máx}} = \frac{\delta_{\text{máx}}}{\delta_y}$$

δ_y Desplazamiento cedente
Yield displacement

$\delta_{\text{máx}}$ Desplazamiento máximo
Maximum displacement

Fig. 6

La caracterización en Términos de D ofrece ventajas que ningún otro parámetro aislado tiene:

- * es el único parámetro sensible a los cambios en los criterios normativos de diseño de secciones y miembros;
- * permite relacionar los coeficientes sísmicos de diseño, cualquiera que sea la normativa, con los valores espectrales.
- * facilita el cálculo de las probabilidades de colapso en términos de demandas excesivas de ductilidad.
- * se correlaciona, aún cuando en forma mal conocida, con daños esperados.

La conducta de estructuras altas bajo la acción de movimientos sísmicos en su base, depende de las propiedades dinámicas de la misma. Estas son esencialmente función del sistema estructural portante, de la distribución de masas y de rigideces.

Estudios de daños ocasionados por sismos recientes muestran que los edificios altos con sistemas estructurales a base de muros y pórticos acoplados bien armados y construidos, generalmente sufren menos daños estructurales, que aquellos edificios cuyos sistemas estructurales consisten únicamente de pórticos resistentes a momentos. (Fintel, 1974; Mahin Bertero, 1975; Berg - Degenkilb, 1973).

Mientras más simétrica sea la planta del edificio y mayor la relación entre el área de muros estructurales al área total de planta, mejor es el comportamiento global de la estructura. Resultados presentados por investigadores japoneses a raíz del terremoto de Tokachi-Oki (16 de Mayo 1968), confirman lo anterior. En la Figura No. 7 se reproducen observaciones hechas durante terremotos japoneses, las cuales revelan una rápida disminución o ausencia de daños al incrementar el área de muros respecto al área total de la planta.

Investigaciones recientes llevadas a cabo sobre una muestra de edificios construidos antes del terremoto del 29 de Julio (1967) en Caracas y con posterioridad a éste, demuestran que, a igualdad de altura, los primeros obedecían a estructuraciones y dimensionamientos más audaces que los segundos (véase Paparoni - Arnal, 1978); en efecto, al comparar la relación entre el peso total del edificio con respecto a la resistencia a cargas verticales, los edificios pre-1967 se sitúan en el rango 0.2 a 0.3, en tanto que

The characterization in terms of D offers advantages that no other single parameter can equal:

- * it is the only parameter sensitive to the changes of the normative design criteria for sections and members;
- * it allows the seismic coefficients of design, whatever the code may be, to relate with the spectral values;
- * it facilitates the calculation of the probabilities of collapse in terms of excessive ductility demands;
- * it correlates, although in a manner not well known, with the expected damages.

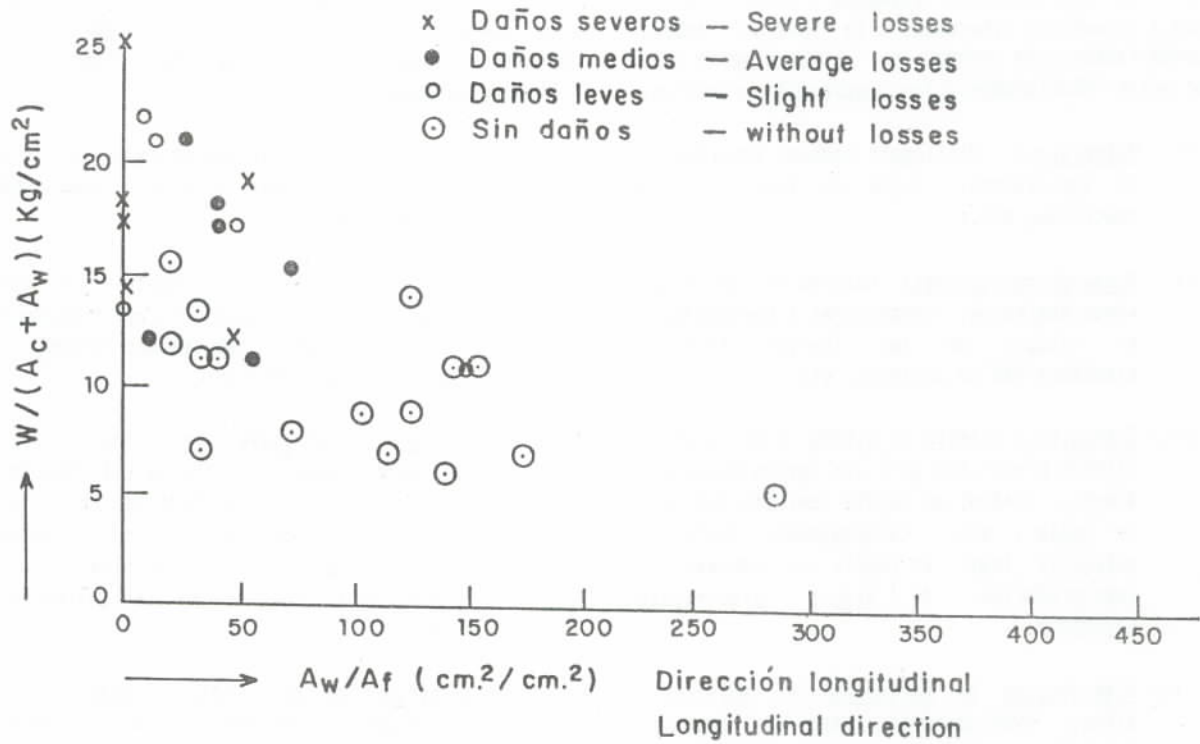
The behaviour of high rise buildings under the action of seismic shaking at the base, depends on the dynamic properties of the structure. These are essentially a function of the supporting structural system, of the distribution of masses and of the rigidities.

Studies of damage caused by recent earthquakes show that high rise buildings with structural systems based on walls and coupled frames, well put together and constructed, generally suffer less structural damages than those buildings whose structural systems consist only of moment resistant frames. (Fintel, 1974; Mahin Bertelo, 1975; Berg-Degenkilb, 1973).

The more symmetrical the floor plan of the building and the higher the relation of the area of structural walls to the total area of the floor plan, the better will be the global behaviour of the structure. The results presented by Japanese investigators, as a result of the earthquake of Tokachi-Oki (16 May 1968), confirm this statement. Fig. No. 7 reproduced observations made during Japanese earthquakes, which reveal a rapid decrease or an absence of damage when the area of walls increases with respect to the total area of the floor plan.

Recent research carried out on a few representative buildings constructed before and after the earthquake of 29 July (1967) in Caracas shows that, for the same height, the earlier buildings responded to more audacious dimensions and structuring than the newer ones (see Paparoni - Arnal, 1978); in effect, comparing the total weight of the building with its resistance to vertical loads, the pre-1967 buildings have a ratio of 0.2 to 0.3, whereas most of

RELACION ENTRE LA IMPORTANCIA DE LOS DAÑOS Y EL PORCENTAJE RELATIVO DE MUROS
 RELATION BETWEEN THE IMPORTANCE OF LOSSES AND RELATIVE PERCENTAGE OF THE WALLS



- | | | | |
|---------|-----------------------------|---|------------------------|
| A_c = | Area de columnas | — | Columns area |
| A_w = | Area de muros | — | Walls area |
| A_f = | Area de piso - planta | — | Floor - plant area |
| W = | Peso total de la estructura | — | Structure total weight |

Fig. 7

los post-1967 (incluidas diferentes soluciones estructurales) mayoritariamente tienen valores menores de 0.2.

2.2.2.2 Normativa de diseño

La tipificación presupone una cierta normativa de diseño, que en este trabajo se designa de una manera general como "normativa patrón".

En las edificaciones diseñadas y construidas de acuerdo a normativas diferentes a la "patrón" deberán aplicarse factores de corrección. Esencialmente estos pueden estar relacionados a los siguientes parámetros:

- m : i) Materiales: distinguir cambios importantes en suministros, tipos de acero, nuevos concretos, etc.;
- w : ii) Norma de Sobrecargas: cambios en las cargas vivas nominales, porcentajes a considerar en el cálculo de las fuerzas sísmicas, simultaneidad de acciones, etc.;
- CD: iii) Coefficiente Sísmico de Diseño: cambios en los valores prescritos para los cortes basales de diseño, tomando en cuenta zonificación, tipo de suelo, etc. Eventualmente puede ser necesario tomar en cuenta los problemas de interpretación de alguna prescripción normativa;
- μ : iv) Distribución de Cortantes: en edificios altos, eventualmente puede ser necesario cuantificar algún factor de corrección que tome en cuenta la influencia esperada de distribuciones de cortantes diferentes a la de la normativa patrón, en particular debido al efecto de los modos superiores;
- D_{max} : v) Normas de Diseño de Secciones: la capacidad máxima de incursionar en el rango inelástico, característico para cada una de las diferentes edificaciones tipificadas, así como los coeficientes de variación de la misma.
- FRC: vi) Factor de Reconciliación a Nivel Cedente: este importante parámetro, que reconcilia el diseño final a nivel cedente, puede incluirse en CD (punto iii);
- INS: vii) Inspección: representa un índice relativo de los cambios en la calidad de la inspección;
- viii) Fundaciones y Estudios de Suelos: en

the post-1967 buildings (including different structural solutions) have values of less than 0.2.

2.2.2.2 Design Code

The characterization assumes a certain design code which, in this paper is designated as the standard code, in a general way.

For buildings designed and constructed according with different codes, correction factors must be applied. Essentially these may be related to the following parameters:

- m : i) Materials: to distinguish important changes in supplies; types of steel, new types of concrete, etc.;
- w : ii) Code for Overload: changes in the nominal life load, percentages to be considered in the calculation of the seismic forces, simultaneity of actions, etc.;
- CD: iii) Seismic design coefficient: changes in the assigned values for the basal design sections taking into account zoning, type of soil, etc. Eventually it may be necessary to take into account the problems of interpretation of some of the indications of the code.
- μ : iv) Distribution of Shear Forces: in tall buildings, eventually it may be necessary to quantify some correction factor which takes into account the expected influence of the distribution of shear forces, different from the standard code, in particular due to the effect of the higher modes;
- D_{max} : v) Design Codes of Sections: the maximum capacity to make an incursion in the inelastic range, typical for each of the different building characterization, as well as its variation coefficients.
- FRC: vi) Reconciliation factor at yield level: this important parameter, which reconciles the final design at the yield level, can be included in CD (item iii);
- INS: vii) Inspection: it represents a relative index of the changes in the quality of the inspection.
- viii) Foundations and Studies of Soils: in

particular podría ser importante en lo que a la verificación de la seguridad de las mismas se refiere.

El énfasis que se deba dar en el estudio más detenido de estos factores, depende de la calidad y detalle con que se conozca la distribución de edificaciones en el tiempo.

2.2.2.3 Períodos naturales de vibración

Para el caso de edificaciones que estén sometidas a acciones dinámicas, es un hecho reconocido que una de las propiedades más importantes que facilita la predicción de la conducta general esperada es el período fundamental de vibración. La estimación empírica de este período, T_a , en edificaciones regulares, puede hacerse en base a las siguientes expresiones que dependen de la altura H (en metros) o del número de pisos N , o de la dimensión en planta D_o en dirección normal a la analizada.

$T_a = 0.1 N$ para N hasta 3 pisos, la cuál es válida para ciertos sistemas resistentes a sismos;

$T_a = 0.061 \times H^{3/4}$ para sistemas constructivos a base de miembros aperticados de concreto armado; se recomienda aquí para edificaciones de más de 3 pisos;

$T_a = 0.085 \times H^{3/4}$ para sistemas constructivos a base de miembros aperticados de concreto armado; se recomienda aquí pero para miembros aperticados de acero;

$T_a = \frac{0.09 H}{\sqrt{D_o}}$ para sistemas de concreto armado a base de muros estructurales y/o pórticos diagonalizados.

La aplicación de las expresiones anteriores para el rango de 1 a 25 pisos se da en la Figura No. 8. En ella se han supuesto alturas de entrepiso iguales a 3.0 m y para las edificaciones Tipo 9 se han incluido tres esbelteces diferentes: ($H/D_o = 2$) poco esbeltos, ($H/D_o = 4$) intermedios y ($H/D_o = 7$) muy esbeltos. De la Figura No. 8 se desprende que, desde el punto de vista del período fundamental de vibración y con fines prácticos, las estructuras Tipo 9 con esbelteces H/D_o menores de 4 se pueden asimilar a las que hemos tipificado como 4, en tanto que para esbelteces mayores se acerca más al Tipo 8.

particular it could be important with regard to the verification of the safety of the foundation.

The emphasis that should be given in a more profound study of these factors, depends on the reliability and detail of the information concerning the distribution of buildings in time.

2.2.2.3 Natural Periods of vibration

For the case of buildings which are subject to dynamic action, it is a known fact that one of the more important properties that leads to the prediction of the expected behaviour is the fundamental period of vibration. The empirical estimate for this period, T_a , in regular buildings, can be made on the basis of the following expressions which depend on the height H (in meters) or on the number of stories N , or on the size of the floor plan D_o in a direction normal to that being analyzed.

$T_a = 0.1 N$ for N up to three stories, which is valid for certain flexible earthquake-resistant systems;

$T_a = 0.061 \times H^{3/4}$ for constructive systems with a framework of members of reinforced concrete; it is recommended here for buildings higher than 3 stories;

$T_a = 0.085 \times H^{3/4}$ for constructive systems with a framework of members of reinforced concrete; it is recommended here but for a framework of steel members;

$T_a = \frac{0.09 H}{\sqrt{D_o}}$ for systems of reinforced concrete based on structural walls and/or diagonal frames.

The application of the above expressions for the range from 1 to 25 stories is given in Figure No. 8. The heights between floors are assumed to be equal to 3.0 m and for buildings of Type 9 three different types of slenderness have been included: ($H/D_o = 2$) not very slender ($H/D_o = 4$), intermediate and ($H/D_o = 7$) very slender. Figure 8 shows that, from the point of view of the fundamental period of vibration and for practical considerations, the structures of Type 9 with slenderness H/D_o less than 4 can be assimilated to those which we have typified as 4, whereas for greater slenderness they are closer to Type 8.

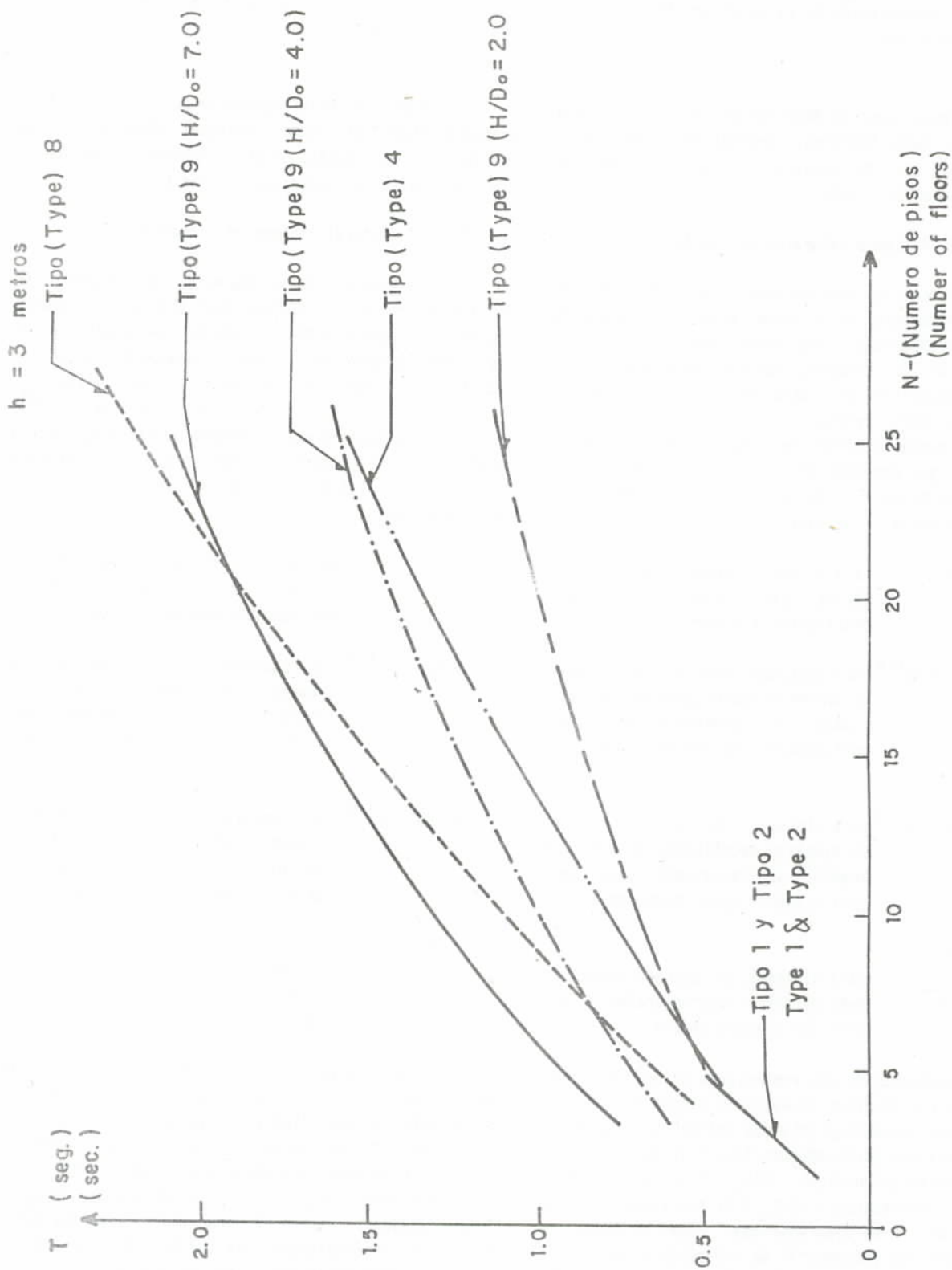


Fig. 8

Esta simplificación puede ser conveniente en este caso, pues hay insuficiente información estadística sobre la conducta del Tipo 9, aunque es reconocida su idoneidad para soportar sismos.

Otro aspecto importante a considerar en relación al parámetro altura, es el referente a la multiplicidad de modos posibles de vibración y su posible excitación por sismos de fuentes cercanas o lejanas. Esto es cubierto en los Códigos de diseño por espectros algo más conservadores en el rango de periodos largos, alegándose también que, por ser más alto, el riesgo de ocurrencia de fallas locales también es mayor.

Cuando sea necesario hacer distinciones de altura, temporalmente se puede adoptar la siguiente clasificación:

HB = 1 a 6 pisos
HI = 7 a 11 pisos
HA = 12 a 17 pisos
HMA = 18 o más pisos

contados a partir de planta baja, excluyendo Pent-Houses con áreas menores que la cuarta parte del área de la azotea y que sean de un piso solamente.

La inclusión o exclusión de la mezzanine depende de la influencia que sus elementos portantes ejerzan sobre los elementos estructurales verticales.

Edificios con más de 5 niveles (el Tipo 3 se admite hasta 5 niveles) deben poseer estructuraciones bien definidas: bien sea pórticos espaciales (Tipo 4 a Tipo 8) diseñados para tomar el 100% de las fuerzas laterales, o un sistema dual o equivalente, con muros de corte o pórticos diagonalizados que acoplados con pórticos espaciales absorban el 100% de la fuerza sísmica, además de que el pórtico espacial esté en capacidad de tomar por lo menos el 25% de las sollicitaciones sísmicas (Tipo 9).

Este comentario, de carácter netamente estructural, tiene por fin advertir sobre la necesidad de prestar atención a este aspecto en edificios altos.

2.2.3 Tipos de Estructuras Propuestas

Tomando en cuenta lo dicho en las secciones 2.2.2.1 y 2.2.2.2 sobre los bienes a riesgo y su caracterización, el análisis del problema en la forma anterior permite adelantar una tipificación de edificaciones que obedezca la conducta esperada bajo la

This simplification may be convenient in this case, since there is not sufficient statistical information concerning the behaviour of Type 9, although its capability to resist earthquakes is recognized.

Another important aspect to be considered in relation to the height parameter, is that with reference to the multiplicity of possible modes of vibration and their possible excitation by near source or distant earthquakes. This is taken care of in the design codes by somewhat more conservative spectra in the range of long periods; the argument is that, because it is higher, the risk of occurrence of local faults is also greater.

When it maybe necessary to make distinctions concerning the height, the following classification can be temporarily adopted:

HB = 1 to 6 stories
HI = 7 to 11 stories
HA = 12 to 17 stories
HMA = 18 or more stories

including the ground floor but excluding Pent-Houses with areas smaller than one fourth of the total area of the top floor and being of one story only.

The inclusion or exclusion of a balcony depends on the influence that its supporting elements have on the vertical structural elements.

Buildings with more than 5 levels (type 3 allows up to 5 levels) must have well defined structures: be they spatial frames (Type 4 to Type 8) designed to absorb 100% of the lateral forces, or a dual or equivalent system, with shear walls or diagonal frames which coupled with spatial frames absorb 100% of the seismic force, and furthermore that the spatial frame has the capacity to absorb at least 25% of the seismic sollicitations (Type 9).

This commentary, strictly of a structural nature, is a warnig of the necessity to pay attention to this aspect in high rise buildings.

2.2.3 Types of Structures Proposed

Taking into account what has been said in sections 3.2.2.1 and 3.2.2.2 about real property at risk and its characterization, the analysis of the problem, as above, makes it possible to characterize buildings that will obey the expected behaviour

acción de sismos. En la Tabla No. 8 se proponen para discusión 13 tipos; en la segunda columna se presenta una descripción general de la edificación y de su sistema resistente a sismos. En la tercera y cuarta columna se indica respectivamente el número de pisos (N significa ilimitado) y los rangos usuales de esbelteces. En la última columna r es un exponente a ser utilizado en la función de pérdidas (véase sección 2.4.1.1).

Obviamente la tipificación dada en la tabla No. 8 no puede cubrir todos los casos posibles; su finalidad es la de agrupar edificaciones de conducta probable semejante y distinguir grupos cuyo comportamiento a sollicitaciones sísmicas pueda considerarse esencialmente distinta. No obstante, de acuerdo a las estadísticas publicadas y a evaluaciones teóricas conocidas (por ejemplo Esteva 1963) las matrices de daño representativas de algunos de los tipos propuestos son semejantes; es el caso de las estructuras Tipo 4 y las Tipo 9 con esbelteces $h/D = 4.0$; así como también las Tipo 6, Tipo 8 y Tipo 9, estas últimas con esbelteces $h/D \geq 4.0$.

when shaken by earthquakes. Table 8 proposes, 13 types; in the second column a general description of the building and of its earthquake-resistant system is presented. The third and fourth columns indicate respectively the number of stories (N means unlimited) and the usual ranges of slenderness. In the last column r is an exponent to be used in the loss function (see section 2.4.1.1).

Obviously the characterization given in Table No. 8 can not cover all of the possible cases; its purpose is to group buildings of probable similar behaviour and to identify groups whose behaviour under seismic excitation can be considered essentially different. Nevertheless, in accordance with the published statistics and the known theoretical evaluations (for example Esteva 1963) the damage matrices, representative of some of the types proposed, are similar; this is the case of the structures Type 4 and Type 9 with $h/D = 4.0$; as well as those of Type 6, Type 8 and Type 9, the latter with slenderness $h/D \geq 4.0$.

TABLA No. 8

Tipo de Edificación	Descripción General	Número de pisos	Esbeltez	r
1	Edificaciones construídas con muros de carga de mampostería con entrepisos, techos, machones y vigas de arriostramiento de concreto armado.	< 3	-	2,5
2	Edificaciones construídas con muros de carga de mampostería, con entrepisos y techos de concreto armado o bien de materiales prefabricados, sobre vigas de acero o de concreto, <u>con deficiencia de vigas de arriostramiento y machones, que unan debidamente a la estructura.</u>	< 3	-	2,0
3	Similar al tipo 1, pero con partes estructurales de acero o de concreto armado que confieren cierta acción de aportamiento bajo cargas laterales.	1-5	-	2,0
4	Edificaciones de varios niveles, de planta regular con estructura de pórticos espaciales dúctiles de concreto armado o acero, que tengan muros de relleno de mampostería hueca de unos 14 cm. de espesor, en fachadas e interiores, en por lo menos el 25% de la luz en ambas direcciones sin dejar plantas libres.	N	2-4	1,5
5	Idem tipo 4, con plantas irregulares o discontinuidades de rigidez en algún nivel.	N	2-4	1,0
6	Idem tipo 4, pero con muy baja densidad de tabiquería o particiones livianas, también con losas de concreto armado y en las cuales la estructura pueda deformarse libremente bajo la acción de fuerzas horizontales.	N	2-5	1,5
7	Idem tipo 6, con planta irregular o evidentes cambios de rigidez en la estructuración de niveles adyacentes.	N	2-5	1,0
8	Estructuras de acero con entrepisos y techos de concreto, sin muros en fachadas o en el interior, o bien divisiones ligeras; torres para antenas de radio y televisión.	N	-	1,5
9	Sistemas estructurados de concreto armado con pórticos espaciales dúctiles, acoplados con muros apantallados y losas; sistemas de muros acoplados de concreto armado o con pórticos diagonalizados para resistir fuerzas sísmicas.	N	< 5	2,8
10	Estructuras para naves industriales o depósitos, que no puedan ser clasificadas en ninguna de las anteriores, con techos livianos apoyados en columnas y/o muros de carga, por medio de cerchas o celosías metálicas.	N	-	1,5
11	Estructuras especiales construídas con vigas prefabricadas (pretensadas), paraguas invertidos, o en general aquellas que descansen en una sola hilera de columnas con una muy limitada capacidad redistribución hiperestática.	< 3	-	3
12	Viviendas prefabricadas unifamiliares que, por su deficiente ligazón entre elementos, no puedan asimilarse a ninguno de los anteriores.	1	-	2,5
13	Edificaciones para viviendas multifamiliares de varios niveles, a base de paneles portantes de concreto.	N	1-3	3

TABLE No. 8

Type of Building	General Description	Number of stories	Slenderness	r
1	Buildings constructed with supporting walls of masonry with sections between floors, ceilings, columns and beams of reinforced concrete.	< 3	-	2,5
2	Buildings built or constructed with supporting walls of masonry between floors and roof of reinforced concrete of prefabricated material, on steel or concrete beams with a deficiency of structural beams and columns to unite the structure correctly.	< 3	-	2,0
3	Similar to type 1 but with structural elements of steel or reinforced concrete which provide a behaviour similar to framing under lateral loads.	1-5	-	2,0
4	Buildings of several stories with a regular floor plan, with special ductile frames of reinforced concrete or steel which have filling walls of masonry of some 14 cm of thickness in facade or interiors and in at least 25% of the span in both directions without leaving free plants.	N	2-4	1,5
5	Same as Type 4, with irregular floor plan or discontinuity of rigidity at some level.	N	2-4	1,0
6	Same as Type 4, but with very low density of light partitions also with slabs of reinforced concrete and in which the structure can deform freely under the action of horizontal forces.	N	2-5	1,5
7	Same as Type 6, with irregular floor plan or evident changes in rigidity in the structuring of adjacent levels.	N	2-5	1,0
8	Steel structures with concrete between floors and ceilings without walls on the facade or in the inside or with light divisions; towers for radio and television antennas.	N	-	1,5
9	Structural systems of reinforced concrete with ductile spatial frames, coupled with screen walls and slabs; systems of walls coupled of reinforced concrete or with diagonal frames to resist seismic forces.	N	< 5	2,8
10	Structures for industrial naves or warehouses which can not be classified in any of the previous type with light roofing supported on columns and/or bearing walls by means of segments or metallic streams.	N	-	1,5
11	Special structures constructed with prefabricated beams (prestressed) inverted pendulums or in general those which rest on a single file of columns with a very limited capacity for hyper-statistic redistribution.	< 3	-	3
12	Prefabricated single family housing, which because of defficient tie between elements can not be assimilated to any of the previous ones.	1	-	2,5
13	Buildings for multifamily housing, of various levels, on the basis of bearing concrete panels.	N	1-3	3

2.3 RESPUESTA A ACCIONES SISMICAS

2.3.1 Caracterización en términos de la demanda de ductilidad

Es un hecho reconocido que dadas las características de la acción sísmica, fijado un nivel de intensidad y de los parámetros que condicionan la respuesta dinámica, la demanda de ductilidad es de naturaleza probabilística y puede ser caracterizada por una distribución normal con coeficiente de variación del orden de CV_{β} .

Esta distribución se supondrá independiente del valor medio de \bar{D}_d y se aceptará en todo su rango de valores (por ejemplo desde $\bar{D} = 0,1$ a D_{max}). Este límite ha sido seleccionado arbitrariamente tomando en consideración: (a) que ningún D_{max} alcanza el valor 10 y (b) que entre \bar{D}_d (valor medio) y el $\% \pi$ de pérdida existe una relación preestablecida (véase Sección 2.4.1.1).

2.3 RESPONSE TO SEISMIC ACTION

2.3.1 Characterization in terms of the ductility demand

It is a known fact that given the characteristics of the seismic action, with a certain level of intensity, and of the parameters which condition the dynamic response, the ductility demand is of a probabilistic nature and can be characterized by a normal distribution with a variation coefficient of the order of CV_{β} .

This distribution will be assumed to be independent of the mean value of \bar{D}_d and its full range of values will be accepted (for example from $\bar{D} = 0,1$ to D_{max}). This limit has been arbitrarily selected taking into consideration: a) no D_{max} reaches the value of 10 and (b) that between \bar{D}_d (mean value) and the loss in percentage π there exists a preestablished relationship (see section 2.4.1.1).

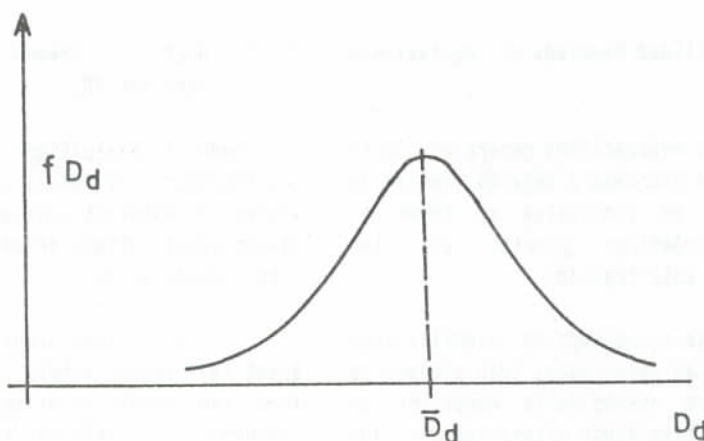


FIGURA No. 9
FIGURE No. 9

De lo anterior se infiere una distribución para cada \bar{D}_d , es decir, para cada A_0 . De forma tal que la distribución acumulada de pérdidas tendrá formas parecidas a:

From the above a distribution of losses for each \bar{D}_d , can be inferred, for each A_0 . Thus, the accumulated distribution of losses will have a similar form to:

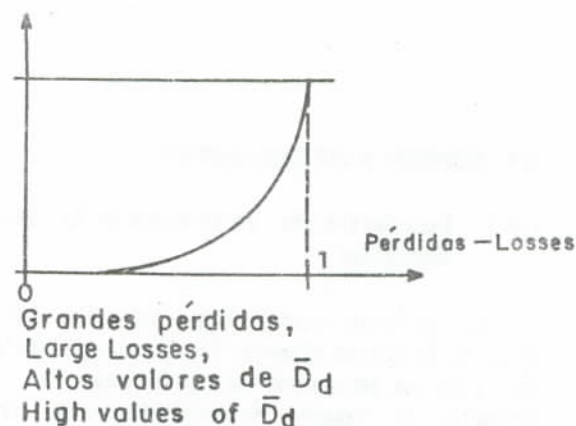
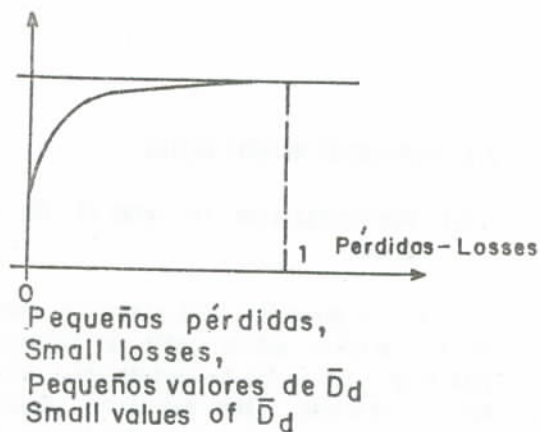


FIGURA No. 10
FIGURE No. 10

Obsérvese que; demandas de D_d en exceso de $D_{d_{\max}}$, lo cual va a ocurrir por supuesto, dará lugar a curvas como la de la derecha.

De lo anterior se desprende que los Niveles de Daño, (sección 2.4.2.2) entendidos como intervalos discretos, pueden ser sustituidos por funciones continuas.

2.3.2 Demanda de Ductilidad Asociada al Agotamiento Resistente (D_u)

No se han encontrado evaluaciones generales sobre la demanda de ductilidad asociada a estados límites de agotamiento resistente, en los cuales se tomen en consideración los parámetros propios de las idealizaciones hechas en este trabajo.

Se adoptan en lo que sigue modelos simplificados para cuantificar, en forma aproximada, cuán alejado se encuentra un determinado diseño de la condición de inestabilidad. Esta última puede alcanzarse por dos vías diferentes:

- a) demanda excesiva de ductilidad en las rótulas plásticas;
- b) efectos de segundo orden ($P - \Delta$).

Se excluyen aquí las fallas prematuras por errores constructivos o de otro tipo, los cuales sí serán considerados en el modelaje probabilístico.

Las demandas aceptables de ductilidad se han caracterizado en este trabajo como $D_{d_{\max}}$. El comportamiento de elementos estructurales para demandas en exceso de $D_{d_{\max}}$, puede ser evaluado analizando los resultados experimentales de ensayos bajo acciones de

Observe that the demands of D_d , in excess of $D_{d_{\max}}$, which will inevitably occur, will give rise to curves such as the one on the right.

From the above it is evident that the level of damage, (see section 2.4.2.2) understood as discrete intervals, can be substituted by continuous functions.

2.3.2 Ductility Demand Associated with Ultimate Strength (D_u)

General evaluations have not been found concerning the ductility demand associated with the boundary states of resistant exhaustion, in which the parameters of the idealizations presented in this paper, are taken into consideration.

In what follows simplified models are adopted to quantify, approximately, how far is a given design from the condition of instability. The latter can be reached in two different ways:

- a) excessive ductility demand in the plastic hinges;
- b) second order effects ($P - \Delta$).

Here are excluded the premature failures due to constructive errors or other types, which will be considered in the probabilistic model.

The acceptable ductility demands have been identified in this paper by $D_{d_{\max}}$. The behaviour of structural elements for demands in excess of $D_{d_{\max}}$, can be evaluated by analyzing the experimental results of tests with actions of the seismic type. From these

tipo sísmico. De ellos se desprende que para desplazamientos asociados a demandas del orden del doble de $D_{m\acute{a}x}$, ya se constatan reducciones sustanciales en la capacidad portante del elemento. Se aceptará aquí que bajo esa condición se alcanza la inestabilidad del sistema estructural resistente a sismos. Debe tenerse presente que en la normativa adoptada por desplazamientos máximos entre niveles consecutivos están limitados. Si suponemos el caso de tabiquería separada de la estructura (plantas bajas libres) el valor máximo aceptado es de 24%.

La relación siguiente es una aproximación adecuada para sistemas de un grado de libertad:

it is found that for displacements associated with demands of the order of twice D_{max} , there is a substantial reduction in the bearing capacity of the element. It will be accepted here, that under that condition, the structural earthquake-resistant system becomes unstable. It must be kept in mind that in the adopted code the maximum displacements between consecutive levels are limited. If we take the case of partitions separated from the structure (free ground floors), the maximum value accepted is 24%.

The following relation is an adequate approximation to systems of one degree of freedom:

$$T_a = 2 \pi \sqrt{\frac{\Delta \cdot h}{g \cdot D \cdot CD_c}}$$

donde

T_a = período fundamental aproximado (seg)

Δ = desplazamiento relativo entre niveles $\frac{\delta y \cdot D}{h}$

h = altura entre-piso (cm)

g = 980 cm/sec

D = demanda ductilidad

CD_c = coeficiente sísmico a nivel cedente

where

T_a = approximate fundamental period (sec)

Δ = relative displacement between levels $\frac{\delta y \cdot D}{h}$

h = height between floors (cm)

g = 980 cm/sec

D = ductility demand

CD_c = seismic coefficient at yield level

De modo que para $\Delta = 24\%$ y una altura de entrepiso usual de 280 cm, se obtiene:

So that for $\Delta = 24\%$ and for the usual distance between floors of 280 cm, one obtains:

$$T_a = 2 \pi \sqrt{\frac{0.00686}{D \cdot CD_c}}$$

De allí se puede deducir una expresión cuya validez a nivel de diseño está limitada por $D_{m\acute{a}x}$. Es decir:

From this, one can deduce an expression whose validity at the design level is limited by D_{max} . That is to say:

$$T_a = \frac{0.2707}{T_a^2 \times CD_c} \leq D_{m\acute{a}x}$$

Para el análisis de los efectos de segundo orden se han hecho las siguientes hipótesis:

- i) el sistema estructural puede ser modelado como un sistema bilineal (elástico hasta la cedencia y con una tasa constante de endurecimiento K' no nula);

For the analysis of the second order effects the following hypothesis have been made:

- i) the structural system can be modelled as a bilinear system (elastic) until the yield point and with a constant rate of hardening K' , not nil);

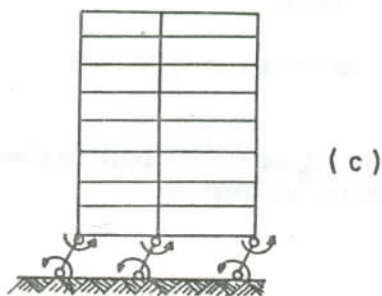
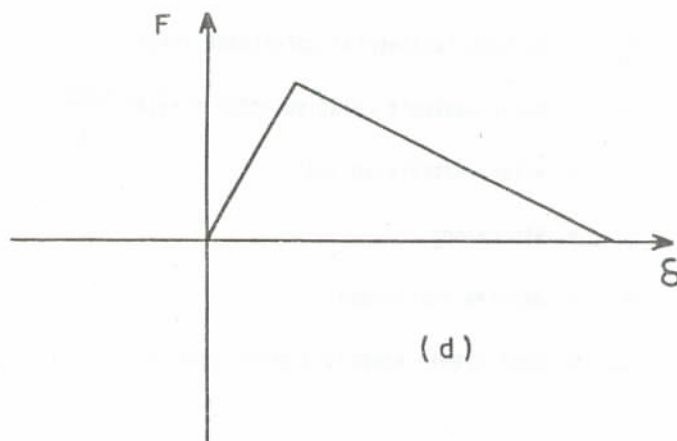
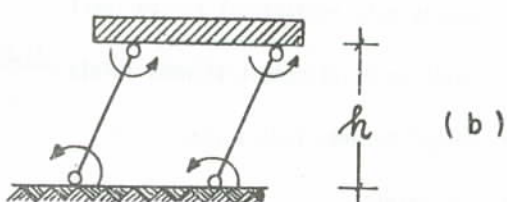
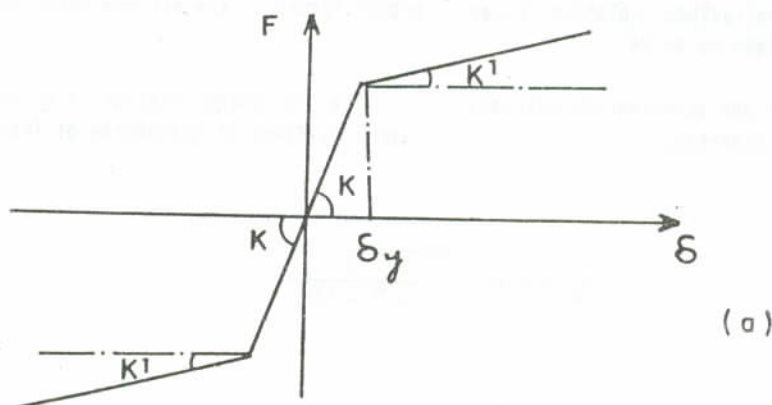


FIGURA No. 11

FIGURE No. 11

- ii) el endurecimiento K' es constante; un valor representativo de los resultados experimentales publicados es aproximadamente igual al 7% de la rigidez elástica;

- ii) the hardening K' is constant; a representative value of the experimental result published is approximately equal to 7% of the elastic stiffness;

- iii) el mecanismo cinemático asociado a la formación de rótulas plásticas y que conduce a la inestabilidad del sistema por efectos de segundo orden es predominantemente del tipo "piso blando" en el primer nivel;

- iii) the kinematic mechanism associated with the formation of plastic hinges and which causes instability of the system due to second order effects, is predominantly of the "soft floor" type in the first level;

iv) la condición de inestabilidad se alcanza cuando la fuerza cortante actuante, incluida la debida a $P - \Delta$ anula la resistencia. La primera incluye la acción sísmica y el efecto $P - \Delta$, y en la segunda se añade a la fuerza cortante cedente resistente, el efecto del endurecimiento para el Δ correspondiente.

Aún cuando la hipótesis (iii) es reconocidamente debatible ya que hay muchos mecanismos posibles asociables a la condición de inestabilidad, tiene la bondad de ser sencilla y manejable a la vez que describe adecuadamente un buen porcentaje de los casos de colapso o cuasi-colapso, de edificaciones de varios niveles (véase por ejemplo: Borges et al. 1969).

De la hipótesis (iv) se desprende la relación:

$$1 + \frac{K'}{K} (D - 1) - \frac{\Delta}{CD_c} = 0 \quad D > 1$$

la cual se puede llevar a la forma:

$$D_{ine} = \frac{1 - K'}{\left(\frac{T_a}{2\pi}\right)^2 \frac{g}{h} - \frac{K'}{K}}$$

De acuerdo con la hipótesis (iii) y para los valores adoptados en este trabajo, se transforma en:

$$D_{ine} = \frac{9.3}{0.89 T_a^2 - 0.7}$$

Esta relación es válida para osciladores bilineales (K'/K) en los cuales se alcance la condición establecida en la Figura No. 11.

El modelo y las hipótesis hechas permiten definir una zona comprendida entre las demandas de ductilidad admisibles a nivel diseño $D_{m\acute{a}x}$ y aquellas esencialmente asociadas a la inestabilidad del sistema resistente a sismos (D_{ine}). En la Figura No. 12 se describen cualitativamente las tres zonas recién mencionadas.

iv) the condition of instability is reached when the acting shear force, including that due to $P - \Delta$, annuls the resistance. The former includes the seismic action and the effect $P - \Delta$, and in the latter the effect of the hardening for the corresponding Δ is added to the resistant yield-shear force.

Even though the hypothesis (iii) is obviously debatable since there are many possible mechanisms that can be associated to the condition of instability, it has the virtue of being simple and manageable at the same time that it describes adequately a good percentage of the cases of collapse or near-collapse of buildings of several stories (see for example: Borges et al. 1969).

From the hypothesis (iv) one obtains the relation:

which can take the form of:

In accordance with the hypothesis (iii) and for the values adopted here, it becomes:

This relation is valid for bilinear oscillators (k'/K) in which the condition established in Figure No. 11 is reached.

The model and the hypothesis presented allow for the definition of the zone between the ductility demands at a design level D_{max} and those essentially associated with the instability of the earthquake resistant system (D_{ine}). Figure 12 describes qualitatively the three zones just mentioned.

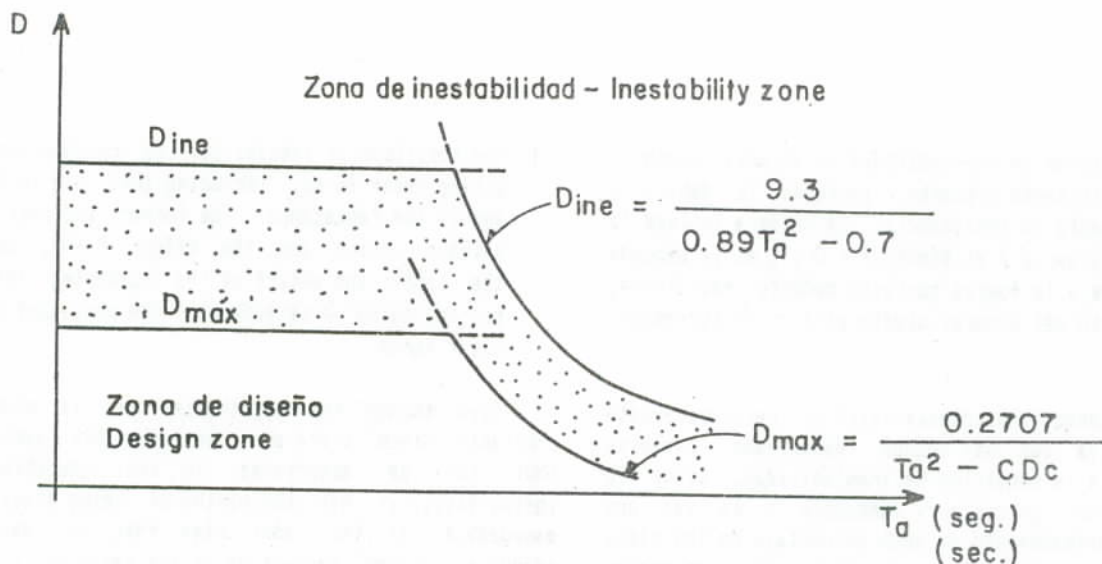


FIGURA No. 12
FIGURE No. 12

Esa zona de transici3n entre los valores aceptados a nivel de dise\~{n}o y la zona de inestabilidad conviene caracterizarla en t\~{e}rminos probabil\~{i}sticos a fin de reconocer la incertidumbre del fen3meno. Dado que no se posee informaci3n al respecto, se propone aqu\~{i} adoptar el criterio siguiente: la probabilidad de que D_u sea menor que $D_{m\acute{a}x}$ es igual a la probabilidad de que D_u sea mayor que D_{ine} y que, lo m\~{a}s probable sea:

For this transition zone between the accepted values of design and the zone of instability, it is convenient to characterize it in probabilistic terms in order to recognize the uncertainty of the phenomena. Given that there is no information in this respect, it is proposed here that the following criteria be adopted: the probability that D_u is less than $D_{m\acute{a}x}$ is equal to the probability that D_u is larger than D_{ine} and, what is more probable, is that:

$$D_{m\acute{a}x} < D_u < D_{ine}$$

Con este fin hemos supuesto arbitrariamente que en el 90% de los casos se cumple la condici3n anterior y que la distribuci3n es normal. Es decir:

For this purpose we have assumed arbitrarily that in 90% of the cases the above condition is met and that the distribution is normal. That is to say:

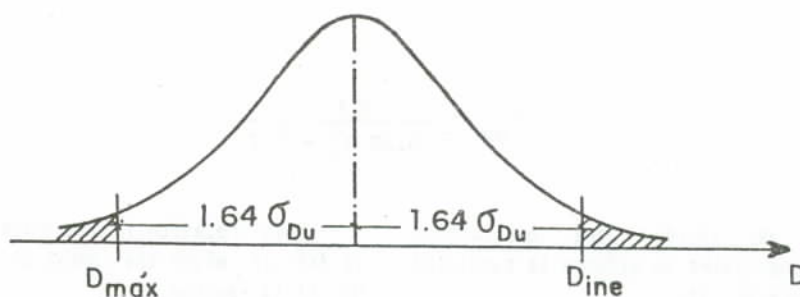


FIGURA No. 13
FIGURE No. 13

Esta distribuci3n queda por tanto caracterizada por los siguientes valores de la media y de la desviaci3n estandar:

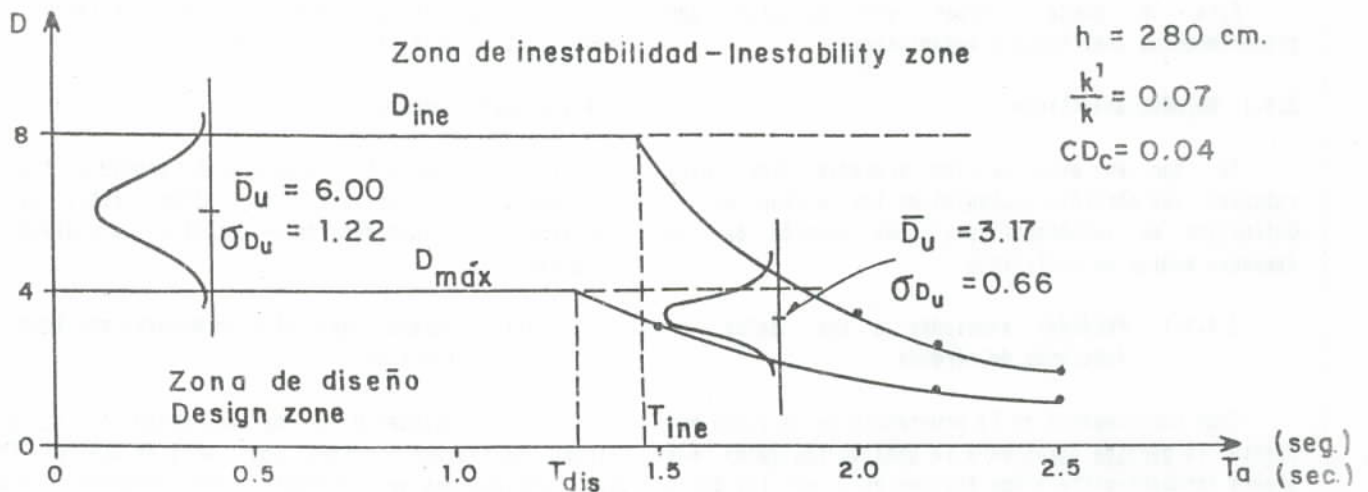
This distribution is therefore characterized by the following values of the mean and of the standard deviation.

$$\bar{D}_u = \frac{D_{ine} + D_{m\acute{a}x}}{2}$$

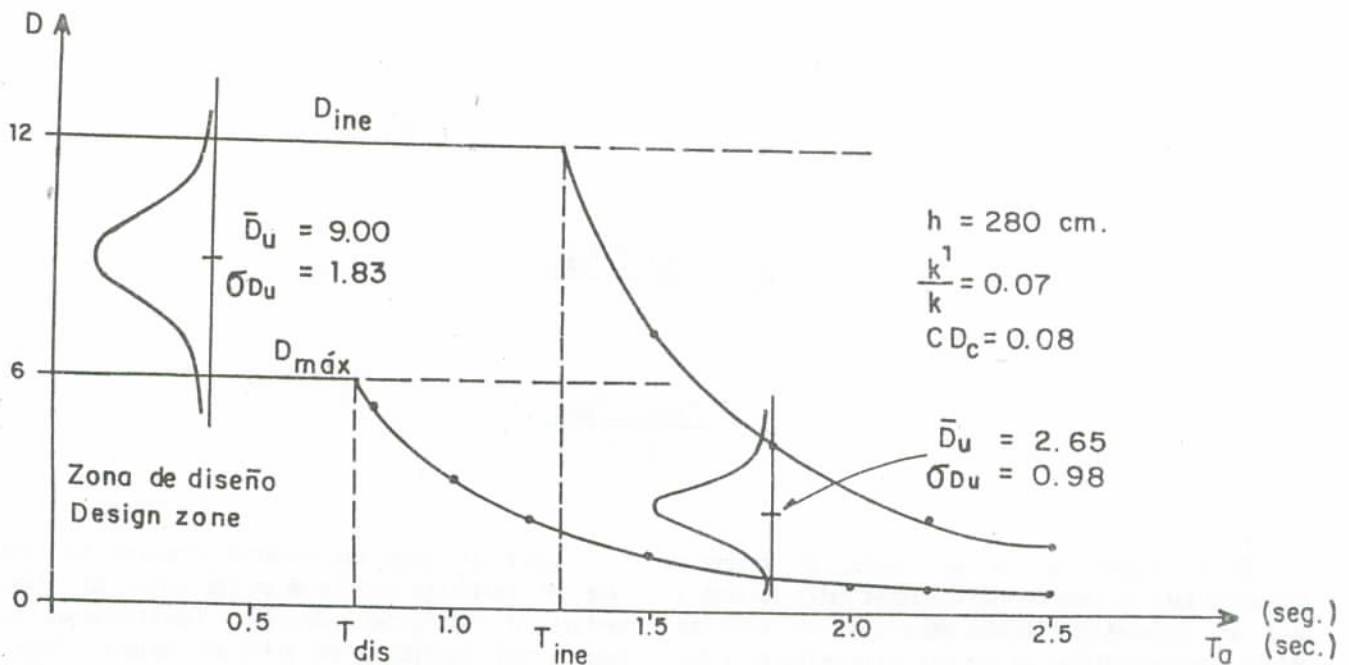
$$D_u = \frac{D_{ine} - D_{m\acute{a}x}}{3,28}$$

En la Figura No. 14 se ilustra el criterio propuesto para el caso de edificaciones estructuradas a base de sistemas apertados espaciales de concreto armado representativas de diseños pertenecientes a dos períodos diferentes. La Figura No. 14 (a), corresponde a diseños con una resistencia de diseño y una capacidad de incursionar en el rango inelástico más limitada que los diseños ilustrados en la Figura No. 14 (b). Obsérvese que para períodos mayores de 1,4 seg aproximadamente, las \bar{D}_u para el primer caso exceden las del segundo caso. Esto es consecuencia de un mayor CD_c en este último caso y de tener un límite de desplazabilidad igual para los dos casos. Es evidente, no obstante, que dada la misma amenaza los valores de \bar{D}_u para el caso $CD_c = 0.04$ se alcanzan con mayor probabilidad que los correspondientes valores de \bar{D}_u para $CD_c = 0.08$.

Figure 14 shows the criteria proposed for the case of buildings structured on the basis of frame systems of reinforced concrete, representative of designs corresponding to two different periods. Figure No. 14 (a) corresponds to designs with a more limited design resistance and capacity to make incursions in the inelastic range than the designs shown in Figure 14 (b). Observe that for periods greater than 1.4 sec approximately, the \bar{D}_u for the first case exceeds those of the second case. This is the consequence of a higher CD_c in the latter case and of having a limit of displaceability equal for both cases. It is evident, nevertheless, that given the same hazard the values of \bar{D}_u for the case $CD_c = 0.04$ are reached with a higher probability than the corresponding values of \bar{D}_u for $CD_c = 0.08$.



(14a)



(14 b)

FIGURA No. 14
FIGURE No. 14

2.4 VULNERABILIDAD

De acuerdo a la definición aceptada por UNDR0 (1979) se entiende por vulnerabilidad el grado de pérdida de un elemento o un conjunto de elementos a riesgo que resulta de la ocurrencia de un fenómeno natural de una cierta magnitud y viene expresado en una escala de 0 (no daño) a 1 (pérdida total).

Esta se puede evaluar y/o calcular por procedimientos analíticos o estadísticos.

2.4.1 Métodos analíticos

Se dan en esta Sección procedimientos para calcular las pérdidas probables en los términos de la definición de vulnerabilidad, como función de las demandas medias de ductilidad.

2.4.1.1 Pérdidas asociadas a los daños y funciones de pérdida

Como consecuencia de la ocurrencia de un sismo muy fuerte la pérdida total será la suma de los daños más graves (probablemente menos frecuentes), más los daños menos importantes (más frecuentes). También puede ser de interés en ciertos estudios, evaluar la suma de daños acumulados debido a la ocurrencia de varios eventos sucesivos.

Las pérdidas asociadas a los daños, es conveniente expresarlas como el cociente entre el costo de

2.4 VULNERABILITY

In accordance to the definition accepted by UNDR0 (1979) it is understood that vulnerability is the degree of loss of an element or a set of elements at risk which results from the occurrence of a natural phenomena of a certain magnitude and is expressed by a scale from 0 (no damage) to 1 (total loss).

This can be evaluated and/or calculated by analytical or statistical procedures.

2.4.1 Analytic methods

The procedures to calculate the probable losses in terms of the definition of vulnerability, as a function of the mean demands of ductility, are given in this section.

2.4.1.1 Losses associated to damages and loss function

As a consequence of the occurrence of a very strong earthquake the total loss will be sum of the most serious damages (probably less frequent), plus the less serious damages (more frequent). Also it is of interest in certain studies, to evaluate the sum of the accumulated damages due to the occurrence of several successive events.

It is convenient to express the losses associated with the damages as the quotient between the cost of

reparación de los daños producidos por el sismo y el valor de reemplazo de la edificación. De este modo es posible distinguir, incluso dentro de un mismo sistema estructural, diferencias importantes entre grupos de edificaciones cuyos acabados difieren sustancialmente.

Steinbrugge (1972) da los resultados de un análisis de costos de construcciones típicas de apartamentos (edificios altos) en Caracas, basados en una muestra seleccionada al azar, y encontró los valores que se dan en la Tabla No. 9.

repair of the damages produced by the earthquake and the replacement value of the building. In this way it is possible to distinguish, even within the same structural system, important differences between groups of buildings whose dressing differ substantially.

Steinbrugge (1972) gives the results of the cost analysis of typical constructions of apartments (high rise) in Caracas, based on a sample randomly selected, and found the values which are given in Table No. 9.

TABLA No. 9

TABLE No. 9

Parte de la Edificación Part of the Building	Porcentaje del costo total del edificio Percentage of the total cost of the building (%)
Pilotes, cabezales y vigas de arriostramiento Piles, headings and bracing beams	5
Concreto armado, distinto de las fundaciones. Reinforced concrete, different from the foundation.	28
Ladrillos, bloques huecos (interiores y exteriores). Bricks, hollow blocks (interior and exterior).	10
Acabados y pintura Dressing and paint	20
Plomería Plumbing	10
Instalaciones Eléctricas Electrical installation	7
Pisos, puertas, ventanas y otros. Doors, windows, floors and others.	20
Total: 100	

Esteva (1963) considera que el costo de acabados representa el 70% del valor total de la construcción. Esta cifra, en relación al costo de reparación de daños, parece representativa; por ejemplo, Whitman et al. (1973) lograron información en relación a la composición del costo total de daños en el terremoto de San Fernando (1971): en edificios situados en zonas de Intensidad VI, la distribución aproximada de daños fue de 5% (estructurales), 5% (ascensores) y 90% (tabiquería y acabados); para edificios más nuevos en la zona de Intensidades VII esta distribución pasó a ser 20% (estructurales), 5% (mecánicos), 10% (Ascensores) y 65% (tabiquería y acabados). En edificaciones situadas en la zona de Intensidad VIII, aún cuando el total de dólares invertidos en reparaciones fue mayor, el porcentaje de estas reparaciones, gastado en daños estructurales, fue menor.

En este trabajo se dividen las pérdidas esperadas, en dos tipos:

- (a) pérdidas directas debidas a los daños en las edificaciones y cuantificadas como costos de reposición;
- (b) pérdidas directas debidas a muerte y accidente.

Los primeros, daños, se correlacionan mejor con las demandas globales de la ductilidad. Estas demandas de ductilidad se designarán D_d . Cualitativamente quiere decir:

- i) incrementos en D_d implican daños crecientes;
- ii) demandas excesivas de D pueden dar origen a efectos $P - \Delta$ los cuales, como es sabido conducen a un creciente exponencial en los desplazamientos y, por tanto, en la demanda de ductilidad. Este efecto es particularmente marcado al iniciarse la inestabilidad del sistema debido a la formación de un mecanismo cinemático.

Los incrementos en las demandas de ductilidad D_d van acompañados de daños crecientes. Estos se describen de manera resumida en la siguiente Tabla 10:

Esteva (1963) consider that the cost of the dressing represents 70% of the total value of the construction. This figure in relation with the cost of repair of damage, appears to be representative; for example, Whitman et al (1973), were able to obtain information with relation to the composition of the total cost of damages due to the San Fernando earthquake (1971): in buildings located in zones of Intensity VI, the approximate distribution of damage was 5% (structural), 5% (elevators) and 90% (partitions and dressings); for newer buildings in the zone of Intensity VII this distribution was 20% (structural), 5% (mechanical), 10% (elevators) and 65% (partitions and dressings). In buildings located in the zone of Intensity VIII, even though the total investment of dollars for repairs was greater, the percentage or cost of repair of structural damages was less.

In this paper the expected losses are divided in two types:

- (a) direct losses due to the damages in the buildings and quantified as replacement costs.
- (b) direct losses due to death and accident.

The former, correlate better with the global demands of ductility. These ductility demands are designated D_d . Qualitatively this means:

- i) increments in D_d imply increasing damages;
- ii) excessive demands of D can give rise to effects $P - \Delta$ which, as is known, lead to an exponential growth in the displacements and, therefore, in the ductility demand. This effect is particularly noticeable at the time when the instability of the system begins, due to the formation of a kinematic mechanism.

The increments in the ductility demands D_d are accompanied by increasing damages. These are summarized in the following Table 10:

Parte de la edificación Part of the building	Demanda de Ductilidad (\bar{D}_d) Ductility demand (\bar{D}_d)					
	Desempeño Behaviour	Cedencia Yield				Capacidad máxima Maximum capacity
Cimientos Foundations						sin daños no damages
Elementos del sistema resistente a sismos		Fisuración Fissured	Grietas Cracks			
Elementos no estructurales Non Estructural elements of closure		Fisuración Fissured	Grieta Crack	Rotura Rupture		
Instalaciones Installations			Daños leves Slight damage	Rotura Rupture		
Obras de acabado Finishing			Daños leves Slight damage	Destrucción Destruction		
		0	0.1%	1%	10%	50% 100%
						Porcentaje del costo de reposición o grado de pérdida. Percentage of the reposition cost or degree of loss.

TABLA No. 10
TABLE No. 10

Por las razones anteriores, la tasa de crecimiento de daños debe modelarse como una exponencial desde el nivel de cedencia C hasta la máxima capacidad de comportamiento dúctil $D_{m\acute{a}x}$. Se pone aquí el uso del siguiente parámetro:

For the above reasons, the rate of growth of damages must be modelled as an exponential, from the yield level C to the maximum capacity of ductile behaviour D_{max} . The use of the following parameter is proposed:

$$\delta = \frac{\text{Demanda de ductilidad } D_d}{\text{Máxima capacidad de comportamiento dúctil } D_{\max}}$$

$$\delta = \frac{\text{Ductility demand } D_d}{\text{Maximum capacity of ductile behaviour } D_{\max}}$$

Si se representan las pérdidas directas debidas a daños por la variable $\pi(\delta)$, esta queda descrita por funciones del siguiente tipo:

If the direct losses due to damages are represented by the variable $\pi(\delta)$, this is described by functions of the following type:

$\pi = 1$ para $\delta > 1$ que implica inestabilidad o irreparable;

$\pi = 1$ for $\delta > 1$ which implies instability or non repairable;

$\pi = 0$ para $\delta < \delta_c$ que es el inicio de la cedencia;

$= 0$ for $\delta < \delta_c$ which is the beginning of yield;

$\pi = \left(\frac{\delta - \delta_c}{1 - \delta_c}\right)^r$ para $\delta_c < \delta < 1$ donde r depende del tipo de edificación según una Tabla como la siguiente:

$\pi = \left(\frac{\delta - \delta_c}{1 - \delta_c}\right)^r$ for $\delta_c < \delta < 1$ where r depends on the type of building according to the following Table 11:

Edificaciones Tipo	Valor de r (*)
- Aporticadas de acero o de concreto armado: Steel or reinforced concrete frame:	
sin limitaciones en el drift without limitations in drift	1.0
con limitaciones en el drift (24%) with limitations in drift (24%)	2.0
- Sistema dual Dual System	2.5
- Muros, muros acoplados, pórticos diagonalizados Walls, coupled walls, braced frames	2.8
- Grandes paneles Large panels	3.0

(*) sujetos a cambios
subject to changes

TABLA No. 11
TABLE No. 11

La función anterior tiene la siguiente forma:

The above function has the following form:

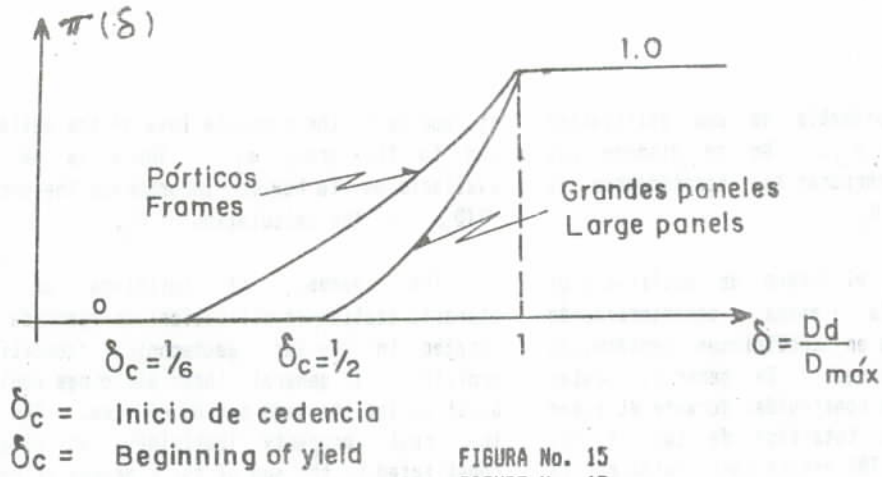


FIGURA No. 15
FIGURE No. 15

Las pérdidas directas debidas a muerte o accidente serán evaluadas en términos de las probabilidades de colapso.

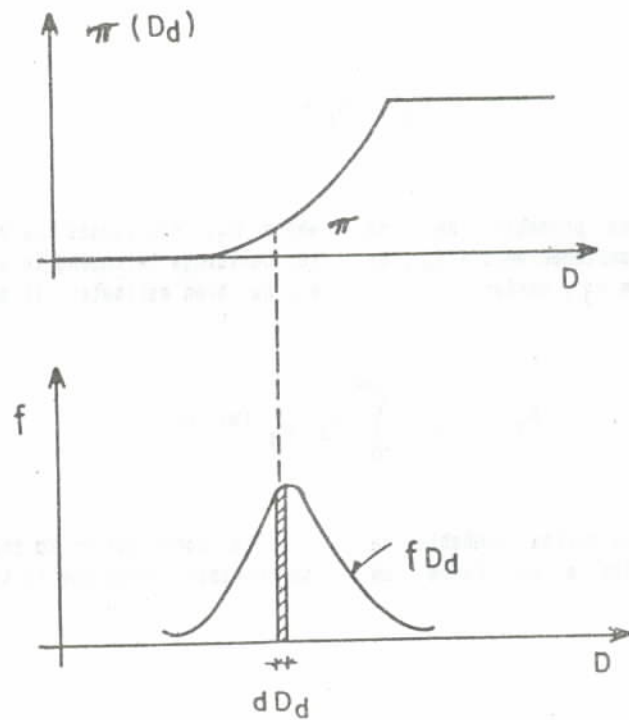
The direct losses due to death or accident are evaluated in terms of the probability of collapse.

2.4.1.2 Cálculo de las pérdidas probables debidas a daños en edificaciones

2.4.1.2 Calculation of the probable losses due to damage in buildings

Conocida la función $f_{D_d}(D_d)$ y la función de pérdidas $\pi(D_d)$ el cálculo de la pérdida probable es inmediato. En efecto:

Knowing the function $f_{D_d}(D_d)$ and the loss functions $\pi(D_d)$, the calculation of the probable loss is immediate. In effect:



$$\pi_j = \int_0^{\infty} \pi(D_d) f_{D_d}(D_d) dD_d$$

FIGURA No. 16
FIGURE No. 16

representa la pérdida probable de una edificación perteneciente al grupo e_j . No se dispone de información como para incorporar la incertidumbre de $\pi(D_d)$ en el cálculo de π_j .

Se designa por e_j el número de edificaciones correspondientes a la misma caracterización (tipificación) y situadas en condiciones geotécnicas (perfil de suelo) similares. En general, estas edificaciones habrán sido construidas durante el mismo período de tiempo. La totalidad de los bienes (edificaciones) a riesgo TBR estará constituida por la suma de los K grupos de bienes e_j ; o sea:

$$TBR = \sum_{j=1}^K e_j$$

La pérdida probable P_j de cada grupo de edificaciones e_j para un evento sísmico dado A_0 se designará como:

$$P_j = \pi_j \times e_j$$

donde π_j representa la pérdida probable de una cualquiera de las edificaciones pertenecientes a e_j . Si se ha estimado la distribución de e_j , sería:

$$P_j = \pi_j \cdot \int_0^{\infty} e_j f_{e_j}(x) dx$$

La contribución a la pérdida máxima probable de las pérdidas probables debidas a los daños en edificaciones es:

$$(PMP)_{edif} = \sum_{j=1}^K v_j \pi_j e_j$$

it represents the probable loss of the building belonging to the group e_j . There is no information available as to how to incorporate the uncertainty of $\pi(D_d)$ in the calculation of π_j .

The number of buildings of the same characterization (typification) corresponds to e_j and located in similar geotechnical conditions (soil profile). In general, these buildings would have been built during the same period of time. The totality of the real property (buildings) at risk TBR is constituted by the sum of the K groups of real property e_j ; that is:

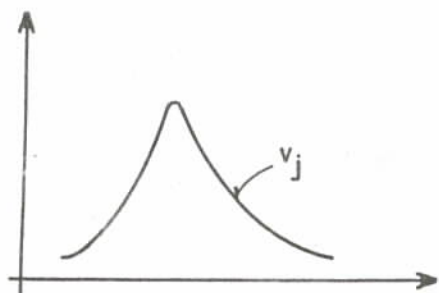
The probable loss p_j in each group of buildings e_j for a given seismic event A_0 is designated as:

where π_j represents the probable loss of any one of the buildings belonging to e_j . If the distribution of e_j has been estimated, it would be:

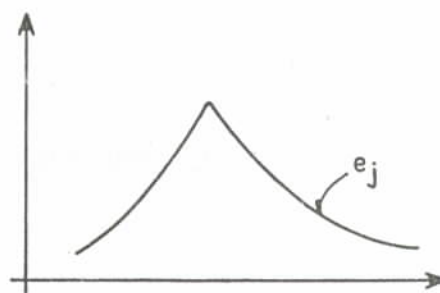
The contribution to the maximum probable loss of the probable losses due to the damages in buildings is:

donde v_j representa el valor medio, representativo de una edificación e_j . Este valor puede variar mucho por efecto de alturas y áreas; conviene estimarlo como f_{v_j} en cuyo caso el valor total a riesgo de las edificaciones del grupo e_j no será $v_j e_j$, sino $\bar{v}_j \bar{e}_j$.

where v_j represents the mean value, representative of the building e_j . This value can vary considerably due to the effect of the height and area, it is convenient to estimate it as f_{v_j} in which case the total value of the risk of the buildings of group e_j will not be $v_j e_j$ but $\bar{v}_j \bar{e}_j$.



$$\bar{v}_j = \int_0^{\infty} v_j f_{v_j}(x) dx$$



$$\bar{e}_j = \int_0^{\infty} e_j f_{e_j}(x) dx$$

FIGURA No. 17
FIGURE No. 17

2.4.1.3 Cálculo de la probabilidad de colapso y pérdida probable por muerte y/o heridos

2.4.1.3 Calculation of the probability of collapse and probable loss due to death and/or wounded.

Dada la ocurrencia de A_0 para cada tipo de edificación y situación geotécnica se conocen la distribución $f_{D_d}(D)$ y $f_{D_u}(D)$. Toda situación donde D_d sea mayor o igual a D_u se asocia al colapso de la edificación.

Given the occurrence of A_0 , for each type of building and geotechnical situation the distribution $f_{D_d}(D)$ and $f_{D_u}(D)$ is known. Each situation where D_d is greater or equal to D_u is associated with the collapse of the building.

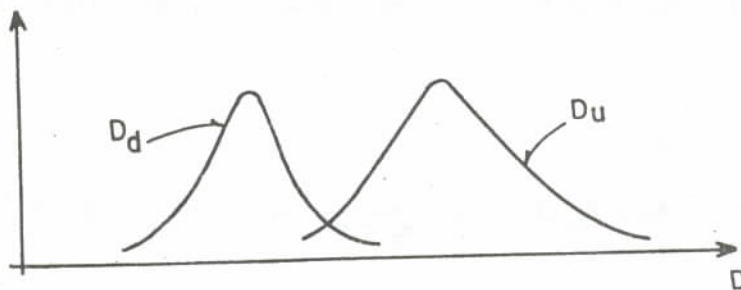


FIGURA No. 18
FIGURE No. 18

La probabilidad que esto ocurra es igual a:

The probability that this will occur is equal to:

$$P[D_u < D_d] = P[D_u \leq d] \cdot P[D_d = d]$$

donde d es un cierto valor de la variable aleatoria D.
Es fácil demostrar que:

where d is a certain value of the random variable D.
It is easy to demonstrate that:

$$P[D_u < D_d] = \int_0^{\infty} F_{D_u}(x) f_{D_d}(x) dx$$

o también:

or also:

$$P[D_d > D_u] = \int_0^{\infty} [1 - F_{D_d}(x)] f_{D_u}(x) dx$$

Las expresiones anteriores cuantifican la probabilidad de colapso p_f y están relacionadas como:

The above expressions quantify the probability of collapse p_f and are related as:

$$p_f = \int_0^{\infty} F_{D_u}(x) f_{D_d}(x) dx = 1 - \int_0^{\infty} F_{D_d}(x) f_{D_u}(x) dx$$

Si designamos por $p_{f,j}$ la probabilidad de colapso una edificación perteneciente al grupo e_j y suponemos independencia, la probabilidad que colapsen n edificaciones viene dada por la fórmula binomial:

If we designate by $p_{f,j}$, the probability of collapse of a building belonging to group e_j and we assume independence, the probability that n buildings will collapse is given by the binomial formula:

$$P[N_f = n \mid e_j ; p_{f,j}] = \frac{e_j^n}{n! (e_j - n)!} (p_{f,j})^n (1 - p_{f,j})^{e_j - n}$$

Por tanto, la probabilidad de que fallen n o más edificaciones es igual a:

Therefore, the probability that n or more buildings will fail is equal to:

$$P [N_f \geq n \mid P_{f,j}] = 1 - P [N_f = 0 \mid P_{f,j}] - \dots - P [N_f = n - 1 \mid P_{f,j}]$$

Si designamos por H_0 el número de habitantes por edificación, el número esperado de muertes debido al colapso de una edificación puede estimarse en $0.20 H_0$ (Whitman y Cornell, 1976). De donde el número esperado de muertes para K grupos de edificaciones, podría estimarse como:

If we designate by H_0 the number of inhabitants per building, the number of expected deaths due to collapse of a building can be estimated by $0.20 H_0$ (Whitman and Cornell, 1976). Where the number expected of deaths for K groups of buildings could be estimated as:

$$0.20 \times H_0 \times \sum_{j=1}^{j=k} \sum_{n=1}^{e_j} n \times P [N_f = n \mid P_{f,j}]$$

Para determinar el valor probable de la pérdida como consecuencia del total de víctimas, debería conocerse la distribución de los valores de seguro de vida y sus consecuencias.

To determine the probable value of loss as a consequence of the total number of victims the distribution of the values of life insurance and their consequences must be known.

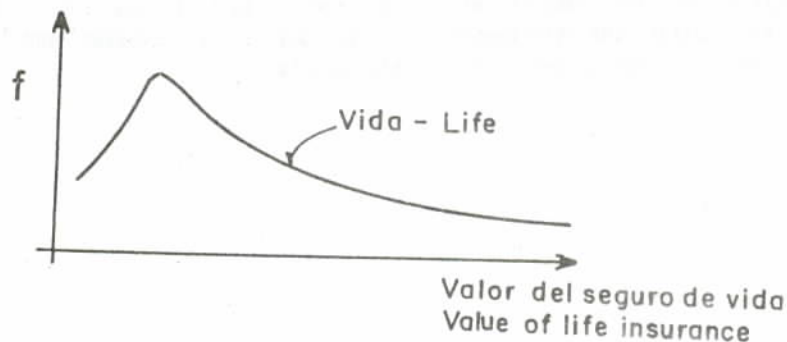


FIGURA No. 19
FIGURE No. 19

2.4.2 Métodos Estadísticos

2.4.2.1 Estados discretos de daño y pérdidas asociadas

En los trabajos de campo relativos al comportamiento de estructuras en zonas afectadas por sismos, la clasificación y calificación de daños es muy variada. En general, la identificación de los estados discretos de daños obedece a dos criterios:

- a) una descripción subjetiva de los daños físicos constatados, raras veces seguida de una cuantificación por vía experimental;
- b) una evaluación del costo de reparación referido al costo de reemplazo de la edificación.

La apreciación de "no daños" se sobreentiende que significa "no daños visibles", lo cual no necesariamente implica cero daños. En estos casos, la estructura y sus partes no estructurales puede decirse que respondieron esencialmente en rango elástico, sin que sea perceptible fisuración alguna. En la Tabla No. 12 se tipifican en forma resumida cinco niveles de daño, que van desde "daños leves" hasta el estado límite de "colapso" (total o parcial).

A los fines de este trabajo los estados de daño 4 y 5 pudieran asimilarse a un único nivel de daño 4, para el cual el costo de reparación referido al valor de reemplazo se tomaría igual al 100%. En la última columna, los costos de reparación sólo se dan a título indicativo y son discutidos con más detalle más adelante. Obsérvese que se utilizan indistintamente las expresiones "estado de daño" y "nivel de daño", las cuales son equivalentes.

2.4.2 Statistical Methods

2.4.2.1 Discrete states of damage and associated losses

In the field work relative to the behaviour of structures in zones affected by earthquakes, the classification and qualification of damages is very varied. In general, the identification of the discrete states of damage obey to two criteria:

- a) a subjective description of the known physical damage, rarely followed by a quantification based on experimental means;
- b) an evaluation of the cost of repair referred to the replacement cost of the building.

The description of "no damages" is understood to mean "no visible damages which does not necessarily imply zero damage. In these cases, the structure and its non-structural parts can be said to have responded essentially in the elastic range, without any perceptible cracking. Table No. 12 summarizes five levels of damage which go from "slight damage" to the state of "collapse" (total or partial).

For the purpose of this paper the states of damage 4 and 5 could be coupled to the level of damage 4, for which the cost of repair referred to the replacement value can be taken as 100%. In the last column, the costs of repair are only indicative and are discussed in more detail further on. Observe that the expressions "state of damage" and "level of damage" are equivalents.

TABLA No. 12

Estado de Daño	Apreciación Subjetiva	Daños Estructurales	Daños no Estructurales acabados	Influencia en las Instalaciones	Costo de reparación referido al valor de reemplazo %
0	Sin daños	Ninguno	Ninguno	Ninguna	0 - 0,05
1	Daños leves	Ninguno; tal vez fisuración no visible en vigas.	Algunas grietas en tabiquería; la fisuración puede ser más o menos generalizada.	Alguna falla menor que requiera, tal vez, reparación de algún componente en ascensores.	0,05 - 2,0
2	Daños moderados	Agrietamiento visible y tal vez alguna cedencia localizada. En algún caso se requiere sustitución o reparación de miembros.	Fisuración generalizada y daños substanciales en varias áreas del edificio, que requieren reparaciones importantes y que exigen evacuación parcial de ciertas áreas.	Problemas de funcionamiento en ascensores y reparaciones menores en algunas instalaciones de servicios.	2,0 - 20,0
3	Daños importantes	Daños que requieren sustitución o reparación de muchos miembros. Apuntalamiento temporal.	Reparación mayores en buena parte del interior del edificio. Evacuación general.	Reparaciones importantes en instalaciones y servicios.	20 - 65
4	Irreparable, edificación condenada.	Irreparable; edificación condenada.			65 - 100
5	Colapso (total o parcial)	Colapso (total o parcial)			100

TABLE No. 12

Damage Subjective Level Estimation	Structural Damage	Non-Structural Damage	Effect on Installation	Cost of repair referred to replacement cost %
0 No damage	None	None	None	0 - 0,05
1 Light damage	None, possible fissures, not visible, in beams.	Some cracks in partition walls, fissures can be more or less generalized.	Some minor failure which may require repair of some element of elevators.	0,05 - 2,0
2 Moderate damage	Visible cracks and perhaps some localized yield. In some cases it may be necessary to substitute or repair members.	Generalized fissuring and substantial damage in various parts of building, which require important repairs and a partial evaluation of certain areas.	Problems with operation of elevators and minor repairs to some service installations.	2,0 - 20,0
3 Important importantes	Damage which requires substitution or repair of many members. Temporary propping-up.	Major repair of much of the interior of the building. General evacuation.	Important repairs of installation and services	20 - 65
4 Unrepairable; Building condemned.	Unrepairable; Building condemned			65 - 100
5 Collapsed (total or partial)	Collapsed (total or partial)			100

Como ejemplo, en la Tabla 13 se reproducen los porcentajes de pérdidas que se suponen representativos de los costos de reparación asociados a los daños medios ocurridos como consecuencia del terremoto de Caracas de 1967.

As an example, Table No. 13 shows the percentages of losses which are assumed to be representative of the costs of repair associated with the mean damage caused by the Caracas' earthquake of 1967.

TABLA No. 13
TABLE No. 13

Nivel de Daño Level of Damage	% DE PERDIDAS EN CONSTRUCCIONES TIPO % PERCENTAGE OF LOSSES IN CONSTRUCTIONS TYPE		
	Adobe + Albañilería no reforzada Adobe + Masonry not reinforced	Albañilería reforzada, hasta 2 pisos Reinforced masonry, up to two stories	Edificios de concreto armado Buildings of reinforced concrete
0	0	0	0
1	1.7	0.7	0.8
2	3.3	3.3	2.0
3	16.7	8.3	10.0
4	100.0	100.0	100.0

En la Tabla No. 14 se comparan los porcentajes de pérdida para edificios de concreto armado, dados en algunos trabajos, recordando que los dos últimos (daños totales y colapso) son englobados en el nivel de daños 4. En edificios clasificados como gravemente dañados por el terremoto de Caracas del año de 1967, los costos de reparación referidos al valor de reemplazo para el momento del sismo variaron en una gama muy amplia, función de cuan generalizado estuvo el daño, de la necesidad de reforzar sustancialmente la estructura, etc.; las cifras dadas por Steinbrugge (1972) oscilan entre 9.6 % y 44 %, lo cual justifica el valor conservador de 30% adoptado para el estado de daño 3.

Table No. 14 compares the percentages of losses for buildings of reinforced concrete, given in some papers, remembering that the last two (total damages and collapse) are included in the level of damage 4. In buildings classified as severely damaged by the 1967 Caracas earthquake, the repair costs referred to the replacement value at the time of the earthquake varied very much, which indicates how generalized the damage was and the necessity to substantially reinforce the structure, etc.; the figures given by Steinbrugge (1972) oscillate between 9.6% and 44% which justifies the conservative value of 30% adopted for the state of damage 3.

TABLA No. 14

TABLE No. 14

PORCENTAJE DE PERDIDAS PARA EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO
 PERCENTAGE OF LOSSES FOR REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

Estado de Daños Level of Damage	Supuestos para Caracas Assumed for Caracas (1967)	Whitman-Cornell (1976)		Whitman et al (1975)	Munchener (1973)	Seleccionados Selected
		Rango Range	Valor Central Central Value			
0: No danos No damages	0	0-0,05	0	0		0
1: Leves Slight	0,8	0-05-125	0,3	0,3	0,5% sismo Intensidad V. 0,5 % Intensity V	0,8
2: Moderados Moderate	2,0	1,25-20	5	5	1% Intensid. VI 4% Sismo Inten- sidad VIII. 1% Intensity VI 4% Intensity VIII	5,0
3: Importantes Important	10,0	20-65	30	30		30
4: Total	100,0	65-100	100	100		100
5: Colapso Collapse	100,0	100	100	100		100

2.4.2.2 Matrices de daño

Se parte del principio que toda edificación debidamente tipificada después de sufrir los efectos de un sismo presenta un estado final susceptible de ser calificado entre uno de los cinco estados de daño adoptados (del 0 al 4) (véase Sección 2.4.2.1, Tabla No. 12).

Aún construcciones similares presentan respuestas algo diferentes a un movimiento dado del terreno; pequeños detalles en el patrón de movimientos, por ejemplo influenciados por heterogeneidades del suelo local, pueden influenciar la respuesta dinámica y estos detalles varían entre movimientos del terreno que tienen todos la misma "intensidad" nominal. De aquí que sea necesario expresar en términos probabilísticos el estado de daño esperado para movimientos de severidad comparables; con esto se reconocen evidencias de sismos reales.

En la Tabla No. 15 se reproduce la Tabla 9.III (Whitman y Cornell 1976, p. 352) que de cuatro matrices de daño para cada uno de los niveles de diseño de estructuras de Concreto Armado, correspondiente al código UBC (1970) para las zonas 0; 2; 3 y la super zona S (doble de fuerzas de la zona 3) de USA. En ellas constatamos, que fijada una cierta intensidad I del movimiento, la probabilidad de que una cierta estructura alcance un cierto estado de daño (distinto al cero) es tanto menor a medida que la estrategia de diseño adoptada es más severa.

La asignación de Intensidades obedece a la asociación de ciertos niveles de daños en: sistemas estructurales tipificados, ciertos efectos visibles en el terreno, efectos secundarios, etc., y efectos sentidos por el hombre; la escala MSK (1964) es un ejemplo de ello. Así, el "patrón" de movimientos de Intensidad VII por ejemplo, obedece a ciertas características usualmente imprecisas, tales que las probabilidades de daños en construcciones de adobe son distintas a las de las viviendas unifamiliares de mampostería reforzada y éstas, a su vez, son diferentes a las correspondientes de edificaciones de concreto armado de un cierto número de pisos, tipo, etc.

2.4.2.2 Damage matrices

Based on the principle that every building duly characterized after suffering the effects of an earthquake presents a final state susceptible of being classified in one of the five adopted states of damage (from 0 to 4) (see Section 2.4.2.1, Table No. 12).

Even similar constructions present somewhat different responses to a given movement of the ground; small details in the pattern of shaking, possibly influenced by local heterogeneities of the soil, can influence the dynamic response and these details vary although the movements of the ground have all been given the same nominal "intensity". From this it follows that it is necessary to express in probabilistic terms the state of expected damage for movements of comparable severity; by this evidences of real earthquakes are recognized.

Table 15 reproduces Table 9.III (Whitman and Cornell 1976, p. 352), for four matrices of damage for each one of the levels of design of structures of reinforced concrete, corresponding to UBC code (1970) for zones 0; 2; and the super zone S twice the forces of zone 3) of USA. In the matrices we verify that a given structure reaches a certain state of damage (different from zero) becomes smaller as the strategy adopted for the design is more severe.

The assignment of Intensities is a result of the association of certain levels of damages in: typified structural systems, certain visible effects on the ground, secondary effects, etc. and effects felt by humans; the scale MSK (1964) is an example of this. Thus, the "pattern" of movements of Intensity VII for example, corresponds to certain characteristics, usually not precise, such that the probabilities of damage to adobe constructions are different from those for single family housing of reinforced masonry and these, in turn are different from the corresponding buildings of reinforced concrete of a certain number of floors, type, etc.

TABLA 9.III (TABLE 9.III)

Probabilidades de daños (%) para aplicación del análisis de decisión sobre diseño sísmico
 Damage probabilities (%) for pilot application of seismic design decision analysis

Estrategia de Diseño Design strategy	Estado de Daño Damage state	Escala Mercalli Modificada Modified Mercalli Intensity						
		V	VI	VII	VII.5	VIII	IX	X
UBC 0	O	100	27	15	0	0	0	0
	L	0	73	48	21	0	0	0
	M	0	0	33	45	20	0	0
	H	0	0	4	29	41	0	0
	T	0	0	0	5	34	75	25
	C	0	0	0	0	5	25	75
UBC 2	O	100	47	20	0	0	0	0
	L	0	53	50	36	10	0	0
	M	0	0	29	52	53	0	0
	H	0	0	1	11	31	0	0
	T	0	0	0	1	5	80	60
	C	0	0	0	0	1	20	40
UBC 3	O	100	57	25	5	0	0	0
	L	0	43	50	48	25	0	0
	M	0	0	25	41	53	20	0
	H	0	0	0	6	21	52	0
	T	0	0	0	0	1	23	80
	C	0	0	0	0	0	5	20
Zona S Zone S	O	100	67	30	10	0	0	0
	L	0	33	49	58	40	10	0
	M	0	0	21	29	52	30	0
	H	0	0	0	3	8	58	0
	T	0	0	0	0	0	2	90
	C	0	0	0	0	0	0	10

TABLA No. 15
 TABLE No. 15

Para tomar en cuenta la influencia del subsuelo en las Intensidades esperadas se propusieron formas espectrales asociadas a cada nivel de Intensidad, para tres condiciones diferentes del subsuelo. Es oportuno citar el terremoto de Rumania (4 de Marzo de 1977), el cual ocasionó daños importantes en localidades lejanas (más de 200 km del foco) situadas en la cercanía del Valle del Danubio tanto en territorio rumano como en territorio búlgaro, debido a la influencia de los depósitos aluviales (capas superficiales de loess con espesores de 5 a 30 m). En el área más afectada de

In order to take into account the influence of the subsoil on the expected Intensities, spectral forms associated to each level of Intensity were proposed, for three different conditions of the subsoil. It is opportune to cite the earthquake of Rumania (4 March, 1977), which caused important damages in distant localities (more than 200 km from the focus) located near the Danube Valley both in Rumanian and Bulgarian territory, due to the influence of the alluvial deposits (superficial layers of loess with thickness of 5 to 30 m). In the most affected area of Svistov,

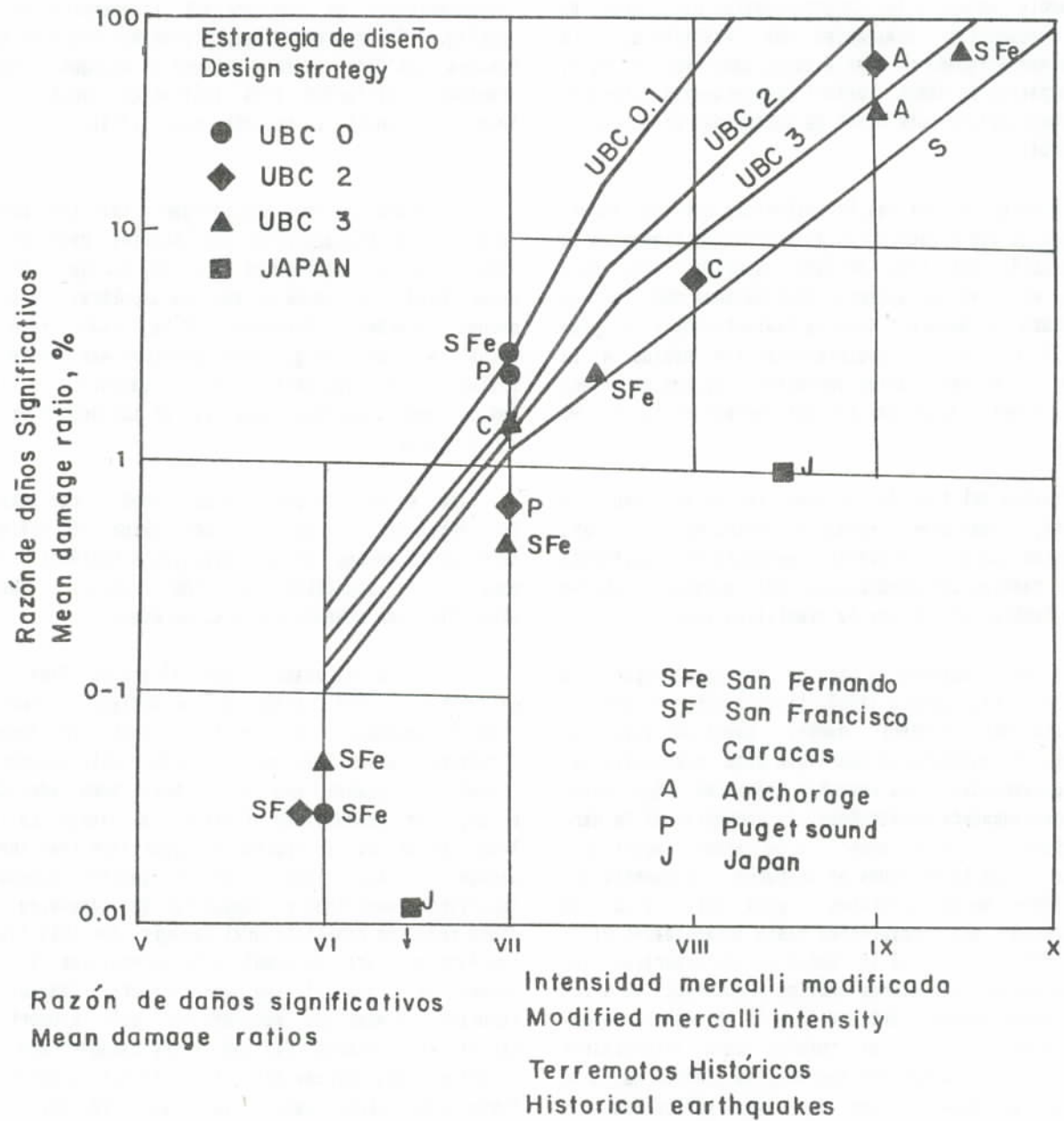


Fig. 20

Svistov, viviendas de un piso construidas con mampostería de ladrillo, no fueron agrietadas; tampoco sufrieron daños edificios viejos de dos pisos con entresijos de madera, aunque algunas construcciones del siglo pasado sufrieron daños en las uniones (Sachanski, 1978). Sin embargo, en la misma región, tres edificios de concreto armado con planta baja libre, colapsaron totalmente debido a las características peculiares de las frecuencias dominantes del movimiento. La Intensidad asignada en base a estos daños fue de VIII, con un patrón de daños (vector) completamente diferente del que tipifica este nivel de intensidad en la escala MSK (1964).

Lo anterior confirma la influencia que las formas espectrales que caracterizan el movimiento tienen en la distribución del tipo de daño esperado. Por otra parte, el nivel de aceleraciones máximas del terreno registrado en Bucarest (180 km distante del foco) fue de 0.20 g, lo cual posiblemente fue debido a la influencia de importantes depósitos aluviales en esa región, y velocidades máximas del terreno cercanas a 80 cm/seg.

Efectos del tipo de los descritos en el ejemplo de Bucarest, requieren formular matrices de daño diferentes para cada sistema estructural tipificado cuando cambian las condiciones del subsuelo; pueden usarse también artificios de simplificación.

En edificaciones a base de pórticos espaciales (Tipo 4 y 6), Esteva (1963) llevó a cabo un estudio analítico para predecir daños; concluye que, en general, en estructuras que hayan sido razonablemente bien proyectadas para resistir temblores y que hayan sido adecuadamente construidas, la probabilidad de daño estructural es mucho menor, y de menor importancia económica que la de daños en acabados. Encuentra que los daños no-estructurales, para este tipo de tipificación son incipientes hasta Intensidades VI - VII; entre VII y VIII los daños no estructurales son importantes en estructuras débiles y moderados para las bien proporcionadas; entre VIII y IX los daños son muy importantes y pasan a ser totales para Intensidades mayores a IX. Estas conclusiones se ajustan bastante bien a las observaciones de campo publicadas por Whitman et al. (1973) y a las predicciones hechas para la zona de Boston en un trabajo posterior (Whitman et al. 1975). En ninguno de los dos trabajos se señalan diferencias sustanciales entre estructuras de concreto armado y de acero, para edificios de más de 5 pisos. Los valores que se desprenden de estos estudios, y que pudieran ser representativos de los diseños actuales (prenorma 1983) en el área de Caracas, se anotan en la Tabla No. 16.

single story housing built with brick masonry was not cracked and old two story buildings with wood between floors did not suffer, although some constructions of the last century had damages in the joints (Sachanski, 1978). Nevertheless, in the same region, three buildings of reinforced concrete with a free ground floor collapsed totally due to the peculiar characteristics of the dominant frequencies of the shaking. The assigned Intensity on the basis of these damages was VIII, with a pattern of damages (vector) completely different from that which typifies this level of intensity in the MSK scale (1964).

The above confirms the influence that the spectral forms which characterize the shaking have in the distribution of the type of expected damage. On the other hand, the level of maximum accelerations of the ground recorded in Bucarest (180 km distant from the focus) was of 0.20 g, which possibly was due to the influence of important alluvial deposits in that region, and to maximum velocities of the ground as high as 80 cm/seg.

The effects of the type described in the example for Bucarest, require the formulation of different matrices of damage for each typified structural system when the condition of the subsoil change; simplification schemes can also be used.

In buildings based on special frames (Type 4 and 6), Esteva (1963) carried out an analytical study to predict damages; he concluded that, in general, structures which have been reasonable well designed to resist earthquakes and which have been adequately built, the probability of structural damage is much less, and of smaller economical importance than that of damage to the dressing. He finds that the non-structural damages, for this type of typification, are incipient up to Intensities VI - VII; between VII and VIII the non-structural damages are important in weak and moderate for well proportioned structures, between VII and IX the damages are very important and become total for Intensities above IX. These conclusions adjust very well to the field observations published by Whitman et al. (1973) and to the predictions made for the area of Boston in a later study (Whitman et al 1975). In neither of the two papers are substantial differences indicated between structures of reinforced concrete and of steel, for buildings higher than 5 stories. The value which result from these studies, and which could be representative of present designs (pre 1983 code) in the area of Caracas, are shown in Table No. 16.

TABLA No. 16
TABLE No. 16

Nivel de Daños Level of Damages	Intensidad Intensity						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
0	100	95	70	35	0	0	0
1	0	5	18	22	15	0	0
2	0	0	10	25	45	25	0
3	0	0	2	15	25	40	20
4	0	0	0	3	15	35	80

Para el terremoto de Julio de 1967, edificaciones semejantes (aunque con diseños pre-sismo) estuvieron ubicadas en áreas donde las Intensidades asignadas variaron entre VI y VIII. Para este tipo de edificios (aportricados de concreto armado) y con los datos que se han podido recoger, la matriz de daños tendría los valores que se dan en la Tabla No. 17.

For the earthquake of July 1967, similar buildings (although with pre-earthquake designs) were located in areas where the assigned Intensities varied between VI and VIII. For this type of buildings (reinforced concrete framing) and with the data which it has been possible to collect, the matrix of damages would have the values given in Table No. 17.

TABLA No. 17
TABLE No. 17

Nivel de Daños Level of Damages	Intensidad Intensity						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
0	100	90	57	15	0	0	0
1	0	8	23	20	0	0	0
2	0	2	15	45	35	0	0
3	0	0	4,5	15	40	40	20
4	0	0	0,5	5	25	60	80

Tal como se puede observar, los valores propuestos son conservadores y reflejan la necesidad de cubrir incertidumbres propias de estructuraciones más altas, cimentados en pendiente, el empleo de nuevos materiales (concretos livianos por ejemplo), etc.. La influencia de las condiciones del subsuelo se puede incorporar modificando las Intensidades locales; Arcia (1970) suministra datos que corroboran la importancia del parámetro anterior según se desprende del cuadro comparativo de estadísticas de daños para el terremoto de 1967 (Tabla No. 18) entre el área de Los Palos Grandes y alrededores, y la zona de San José al oeste de la capital donde el nivel de Intensidades asignada fue menor.

As can be observed, the proposed values are conservative and reflect the necessity to cover uncertainties inherent to higher structures foundations on slopes, use of new materials (for example light concretes), etc. The influence of the conditions of the subsoil can be incorporated by modifying the local Intensities; Arcia (1970) supplies data which corroborate the importance of the former parameter by comparing statistics of damages for the earthquake of 1967 (Table No. 18) for the area of Los Palos Grandes and surroundings and the zone of San José to the west of the capital, where the level of assigned Intensities was less.

TABLA No. 18
TABLE No. 18

Nivel de Daños Level of damages	Area de: (Area of:)	
	Palos Grandes y alrededores (espesores de aluvi3n entre 140 y 280 metros) Palos Grandes and surroundings (thickness of alluvial between 140 and 280 meters)	San Jos3 (espesores de aluvi3n entre 50 y 100 metros) San Jos3 (thickness of alluvial between 50 and 100 meters)
0	145 (52.0 %)	292 (71.7 %)
0 - 1*	80 (28.7 %)	93 (22.9 %)
1	9 (3.2 %)	15** (3.7 %)
2	22 (7.9 %)	4 (1.0 %)
3	19 (6.8 %)	3 (0.7 %)
4	4 (1.4 %)	0 (0.0 %)
	279 Edificios (Buildings)	407 Edificios (Buildings)

* Sin daos estructurales; s3lo grietas en las paredes. Puede sumarse al nivel de dao 1.
Without structural damages; only cracking in the walls. Can be added to the level of damage 1.

** Diez casos no clasificados, asignados al nivel de dao 1.
Ten cases not classified, assigned to the level of damage 1.

A título ilustrativo, a continuación se dan las matrices de daño que pudiesen describir en forma general el comportamiento esperado de las edificaciones tipificadas como Tipo 1, Tipo 4 y Tipo 11 en la Sección 2.2.3 (véanse las Tablas 19, 20 y 21).

For illustration purposes, the matrices of damages which could describe in a general way the expected behaviour of the typified buildings as Type 1, Type 4 and Type 11 of Section 2.2.3. (See Tables 19, 20 and 21), are shown as follows.

TIPO I
TYPE I

Nivel de Daños	INTENSIDAD INTENSITY													
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI							
Level of Damage														
0	100	90	75	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	10	20	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	5	20	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	9	20	30	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	40	70	100	0	0	0	0	0	0	0

TABLA No. 19
TABLE No. 19

TIPO 4
TYPE 4

Level of Damage	INTENSIDAD INTENSITY										
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI				
0	100	95	70	35	0	0	0	0	0	0	0
1	0	5	18	22	15	0	0	0	0	0	0
2	0	0	10	25	45	25	0	0	0	0	0
3	0	0	2	15	25	40	20	0	0	0	0
4	0	0	0	3	15	35	80	0	0	0	0

TABLA No. 20
TABLE No. 20

TIPO II
TYPE II

Nivel de Daños	INTENSIDAD INTENSITY										
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI				
0	100	80	20	5	0	0	0				
1	0	10	25	10	0	0	0				
2	0	10	20	15	0	0	0				
3	0	0	25	30	20	0	0				
4	0	0	10	40	80	100	100				

TABLA No. 21
TABLE No. 21

2.5 ALGORITMO A USAR EN EL CALCULO DE PERDIDAS

2.5.1 Síntesis de la Información requerida

En las tres primeras secciones de este Informe se describen y discuten los parámetros que intervienen en el algoritmo del cálculo de pérdidas.

En la Sección 2.5.2 se sintetiza en un diagrama de bloques los pasos a seguir en el cálculo. En la Sección 2.5.3, además de resumir la simbología de las variables utilizadas en el cálculo, se describe en forma resumida el significado de cada una de las variables utilizadas haciendo referencia a la correspondiente Sección en la cual han sido introducidas. De este modo se facilita su manejo, y las observaciones de fondo o de forma que se deseen hacer a esta presentación.

2.5.2 Diagrama de Bloques

Se presentan aquí en forma de diagrama de bloques los cálculos que envuelve el algoritmo propuesto.

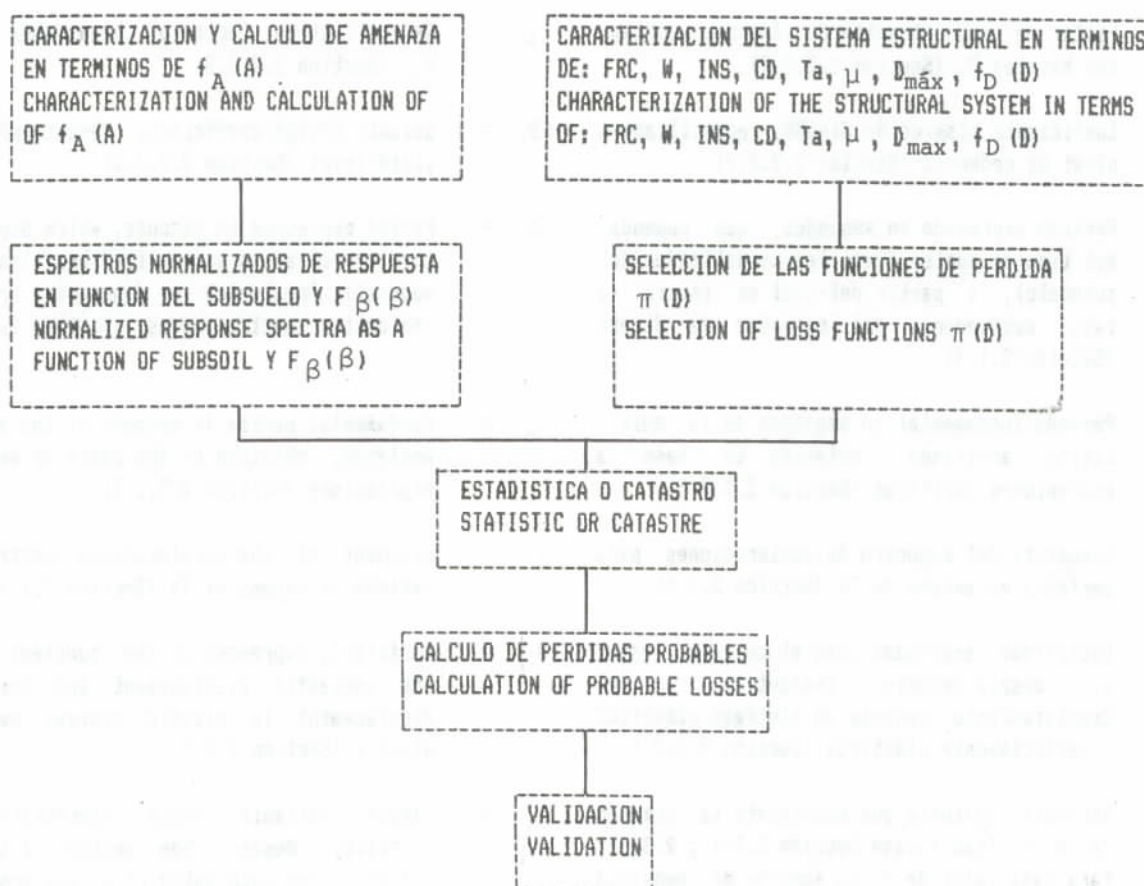


Diagrama de Bloques No. 4 (Block Diagram No. 4)

2.5 ALGORITHM TO BE USED IN THE CALCULATION OF LOSSES

2.5.1 Synthesis of the required Information

The first three sections of this report describes and discusses the parameters which are taken into account in the algorithm for the calculation of losses.

In Section 2.5.2 the steps to be followed in the calculation are synthesized in the form of a block diagrams; Section 2.5.3, besides summarizing the symbology of the variables utilized in the calculation, describes in a condensed version the significance of each one of the variables used making reference to the corresponding Section where they have been introduced. Thus their handling is facilitated, as well as any observations which might be made to this presentation.

2.5.2 Block Diagram

The calculations which involve the proposed algorithm are presented here in the form of a block diagram.

2.5.3 Simbología de las Variables Utilizadas en el Cálculo de las Pérdidas esperadas y en el Cálculo de las Probabilidades de Derrumbe

Se excluye la simbología de las variables auxiliares empleadas en el cálculo de la amenaza sísmica, ductilidades asociadas al derrumbe, etc..

- x_1 = Sistema tipificado cualquiera (Sección 2.2.3)
- A_0 = Variable aleatoria que representa la aceleración máxima efectiva del terreno. Puede ser seleccionada determinísticamente en las calibraciones, o quedar asociada a una probabilidad de excedencia $P[A > A_0] = F_A(A_0)$ (Véase las Secciones 2.1.2, 2.1.3 y 2.1.4)
- β = Variable aleatoria que representa el factor de magnificación del espectro de respuesta de aceleraciones absolutas normalizado y suavizado. Depende del tipo de subsuelo y su función de densidad de probabilidades se ha supuesto normal, con un coeficiente de variación CV_β igual a 0,38 (Sección 2.1.4)
- μ = Factor de reconciliación de fuerzas cortantes basales V_0 (Sección 2.2.2.2)
- CD_c = Coeficiente sísmico de diseño, reconciliado a nivel de cedencia (Sección 2.2.2.2)
- T^* = Período expresado en segundos, que depende del tipo de suelos (Perfiles normalizados del subsuelo), a partir del cual se inicia la rama descendente del espectro de diseño (Sección 2.1.4)
- T_a = Período fundamental en segundos de la edificación analizada, obtenido en base a expresiones empíricas (Sección 2.2.2.3)
- p = Exponente del espectro de aceleraciones para períodos en exceso de T^* (Sección 2.1.4)
- D = Ductilidad, expresada como el cociente entre el desplazamiento inelástico y el desplazamiento cedente en sistemas elásticos - perfectamente plásticos (Sección 2.2.2.1)
- D_d = Variable aleatoria que representa la demanda de ductilidad (véase Sección 2.3.1 y 2.3.2). Para cada valor de A su función de densidad de probabilidades se supondrá normal, con un coeficiente de variación CVD_d igual a 0,38

2.5.3 Symbology of the Variables used in the Calculation of the Expected Losses and in the Calculation of the Probabilities of Collapse

The symbology of the auxiliary variables used in the calculation of the seismic hazard, ductilities associated to collapse etc, is excluded.

- x_1 = Any typified system (Section 2.2.3)
- A_0 = Random variable which represents the maximum effective acceleration of the ground. It can be selected deterministically in the calibrations, or be associated with the yield probability $P[A > A_0] = F_A(A_0)$ (See Sections 2.1.2, 2.1.3 and 2.1.4)
- β = Random variable which represents the magnification factor of the response spectrum of normalized and smoothed absolute accelerations. It depends on the type of subsoil and its probability density function is assumed normal, with a coefficient of variation CV_β equal to 0.38 (Section 2.1.4)
- μ = Reconciliation factor of basal shear forces V_0 (Section 2.2.2.2)
- CD_c = Seismic design coefficient, reconciled to the yield level (Section 2.2.2.2)
- T^* = Period expressed in seconds, which depends on the type of soils (normalized profiles of the subsoil), from which the descending branch of the design spectra begins. (Section 2.1.4)
- T_a = Fundamental period in seconds of the building analyzed, obtained on the basis of empirical expressions (Section 2.2.2.3)
- p = Exponent of the accelerations spectrum for periods in excess of T^* (Section 2.1.4)
- D = Ductility, expressed as the quotient between the inelastic displacement and the yield displacement in elastic systems perfectly plastic (Section 2.2.2.1)
- D_d = Random variable which represents the ductility demand (See section 2.3.1 and 2.3.2). For each value of A its probability density function will be assumed normal, with a variation coefficient CVD_d equal to 0.38.

ζ	= Diferencia de desplazamiento entre pisos consecutivos, dividido por la altura h del entrepiso (Sección 2.3.2)	ζ	= Difference of displacements between consecutive floors, divided by the height h between floors (Section 2.3.2).
$\frac{K'}{K}$	= Tasa de endurecimiento de osciladores bilineales en el rango postcedente de las deformaciones (Sección 2.3.2)	$\frac{K'}{K}$	= Rate of hardening of bilinear oscillators in the post yield range of the deformations (Section 2.3.2)
$D_{\text{máx}}$	= Ductilidad máxima de diseño; es decir, máxima demanda de ductilidad permitida por la norma patrón (ó normas patrón), ó bien inferida de las normas utilizadas en lapsos de tiempo anteriores al presente (Sección 2.2.2.1 y 2.3.2)	D_{max}	= Maximum ductility of design; that is to say, maximum demand of ductility which is allowed by the standard code (or standard codes), or inferred in codes used in periods of time before the present (Section 2.2.2.1 and 2.3.2)
D_{ine}	= Ductilidad asociada a la inestabilidad de la estructura, bien sea por efectos de segundo orden ($P - \Delta$) ó a demandas excesivas de ductilidad de curvaturas en las secciones críticas (Sección 2.3.2)	D_{ine}	= Ductility associated with the instability of the structure, be it due to second order effects or ($P - \Delta$) excessive demands of ductility of curvatures in the critical sections (Section 2.3.2)
D_u	= Variable aleatoria que describe la ductilidad última, asociada al estado de derrumbe y pérdida total de la estructura. Su valor más probable está comprendido entre $D_{\text{máx}}$ y D_{ine} . Vista la falta de información se supone aquí que su variación se ajusta a una distribución normal y la media y el coeficiente de variación pueden ser estimados en la forma que se indica en la Sección 2.3.2	D_u	= Random variable which describes the final ductility, associated to the state of collapse and total loss of the structure. Its most probable value is between D_{max} and D_{ine} . Because of the lack of information one assumes here that its variation is adjusted to a normal distribution and the mean and the variation coefficient can be estimated in the manner which is indicated in Section 2.3.2
π	= Variable aleatoria que denota el porcentaje de pérdida referido al valor de reemplazo (Sección 2.4.2.1)	π	= Random variable which denotes the percentage of loss referred to the replacement value (Section 2.4.2.1)
INS	= Factor de corrección a ser aplicado en el cálculo de CD_c , el cual representa una estimación subjetiva de la calidad de la inspección (Sección 2.2.2.2)	INS	= Correction factor to be applied in the calculation of CD_c , which represents a subjective estimate of the quality of the inspection (Section 2.2.2.2)
N	= Número de pisos o niveles; en el cálculo de las alturas totales H se utilizará una altura de entrepiso h igual a 2.80 m (Sección 2.2.2.3)	N	= Number of stories or levels; in the calculation of the total height, H , the distance between floors, h , is equal to 2.80 m (Section 2.2.2.3)
r	= Exponente que caracteriza la celeridad de las pérdidas $\pi(D_d)$, el cual es función del sistema estructural (Sección 2.4.2.1)	r	= Exponent which characterizes the celerity of the losses $\pi(D_d)$, which is a function of the structural system (Section 2.4.2.1)
FRC	= Factor de reconciliación a nivel cedente, a ser usado en el cálculo de CD_c . Permite uniformar las acciones de diseño (Corte Basal V_o) al nivel cedente con lo cual se hace comparable con la normativa patrón (Sección 2.2.2.2)	FRC	= Reconciliation factor at yield level to be used in the calculation of CD_c . It enables to make uniform the design actions (base shear V_o) to the yield level, with which it becomes comparable to the standard code (Section 2.2.2.2)

T_{dis} =	Período que separa los osciladores cuya ductilidad máxima de diseño es $D_{m\acute{a}x}$ ($T_a \ll T_{dis}$), de aquellos cuya ductilidad máxima de diseño está limitada por ζ ($T_a > T_{dis}$) (Sección 2.3.2)	T_{dis} =	The period which separate the oscillators whose maximum design ductility is D_{max} ($T_a \ll T_{dis}$), from those whose maximum design ductility is limited by ζ ($T_a > T_{dis}$) (Section 2.3.2)
T_{ine} =	Período que separa los osciladores cuya ductilidad asociada a la inestabilidad está condicionada por efectos de segundo orden (P- Δ), y para los cuales $T_a > T_{ine}$ de aquellos cuya ductilidad asociada a la inestabilidad depende de demandas excesivas de ductilidad de curvaturas ($T_a \ll T_{ine}$) (véase la Sección 2.3.2)	T_{ine} =	The period which separates the oscillators, whose ductility associated to the instability are conditioned by second order effects (P- Δ) and for which $T_a > T_{ine}$, from those whose ductility associated to the instability depends on excessive demands of the ductility of curvatures ($T_a \ll T_{ine}$) (see Section 2.3.2)
g =	Aceleración de la gravedad terrestre	g =	Acceleration of the earth's gravity
w =	Factor de reconciliación del porcentaje de sobrecarga viva de diseño, a incluir en el cálculo del Corte Basal (V_o) (Sección 2.2.2.2)	w =	Reconciliation factor of the percentage of the design live overload, to be included in the calculation of the Basal Shear (V_o) (Section 2.2.2.2)
σ =	Símbolo para la desviación standard	σ =	Symbol for standard deviation
CV =	Coefficiente de variación	CV =	Coefficient of Variation
V_o =	Fuerza cortante en la base a nivel cedente	V_o =	Base shear force at yield level
W =	Peso total de la edificación en el nivel donde la fuerza cortante es V_o	W =	Total weight of the building at the level where the shear force is V_o .
δy =	Desplazamiento cedente (Sección 2.3.2)	δy =	Yield displacement (Section 2.3.2)
m =	Factor de corrección a ser aplicado en FRC por efecto de cambios en el suministro y/o tipo de materiales (Sección 2.2.2.2)	m =	Correction factor to be applied to FRC due to the effect of changes in the supply and/or type of materials (Section 2.2.2.2)
e_j =	Número de edificaciones correspondientes a una misma caracterización (Sección 2.4.1.2)	e_j =	Number of buildings corresponding to one same characterization (Section 2.4.1.2)
V_j =	Valor medio representativo de una edificación debidamente tipificada (Sección 2.4.1.2)	V_j =	Representative mean value for a duly typified building (Section 2.4.1.2)
H_o =	Número medio de habitantes en una edificación (Sección 2.4.1.3)	H_o =	Mean number of inhabitants in a building (Section 2.4.1.3)
D_{dis} =	Variable auxiliar que representa la demanda máxima de ductilidad permitida a nivel de diseño. Usualmente igual a $D_{m\acute{a}x}$, aunque para oscilador muy flexibles (de período largo) las Normas estipulan rotas máximas de desplazabilidad menores que $D_{m\acute{a}x} \cdot \delta y$	D_{dis} =	Auxiliary variable which represents the maximum demand of the allowed ductility at the design level. Usually equal to D_{max} , although for very flexible oscillators (long period) the Codes stipulate maximum levels of displacement less than $D_{max} \cdot \delta y$.

REFERENCIAS
REFERENCES

Las referencias relativas al terremoto de Caracas (29-07-1967) se darán en el Volumen 13B, Capítulo 1.
References related to the 1967 Caracas earthquake will be given in Volume 13B.

- ANG A. Y TANG W. Probability concepts in Engineering Planning and Design. Vol 1, J. Wiley and Sons, 1975.
- ATC 1978, Seismic regulations for Buildings, tentative provisions, Applied Technology Council, U.S. Dep. of Commerce, June 1978, 505 p.
- BENJAMIN J.R. and CORNELL C.A. Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers. Mc Graw Hill, 1970. (Se puede conseguir en español).
- BORGES J.F. and CASTANHETA M. Structural Safety. LNEC, Marzo 1971, Lisboa.
- BORGES J.F., GRASES J. and RAVARA A. Behaviour of tall buildings during the Caracas earthquake of 1967. IVth WCEE, Santiago de Chile, Proceedings, Sesión J-2, pp. 107-123.
- COVENIN 1756-82 Normas para edificaciones antisísmicas. Articulado y Comentarios. Caracas, 1982, imprenta Cartografía Nacional.
- Earthquake resistant Regulations. A world list. Vol. 1 y Vol. 2 IAEE, Tokyo 1980.
- ELLINGWOOD B. Reliability basis of load and resistance factors for reinforced concrete design. NBS Building Science Series 110. US Dep. of Commerce, February 1978.
- ELLINGWOOD B. Accidental loads and progressive failures in Design Standards. Third ICOSAR Meeting, Trondheim, 1981.
- ESTEVA L. Estimación de daños probables producidos por temblores en edificios. Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1:1. pp. 9-30.
- FINTEL M. Ductile shear walls in earthquake resistant multistory buildings. ACI Journal, June 1974, pp. 296-305.
- GRUPO DE TRABAJO SOBRE LAS IMPLICACIONES ECONOMICAS DEL RIESGO SISMICO. INFORME FINAL, UNESCO. Paris, 23-26 de Agosto de 1977.
- LOMNITZ C. and ROSENBLUETH E. Seismic risk and Engineering Decisions. Elsevier, 1976.
- MAHIN, S.A. and V.V. BERTERO, 1975. An evaluation of some methods for predicting seismic behaviour of reinforced concrete buildings. Report No. EERC 75-5 February 1975, University of California, Berkeley, 315 p + Apéndices.
- Meeting on Probabilistic Methods in Seismic Risk Assessment for N.P.P. Committee on the Safety of Nuclear Instalations, DECD, NEA, Lisboa 1980.
- PAPARONI, M. y H.A. ARNAL, 1978. Investigación sobre predimensionamiento de edificios altos. Trabajo en vías de publicación.
- PROBABILISTIC SAFETY OF STRUCTURES: Special Conference, September 1980, CTIC M. Pauteaux, France 1981. Edit. L. WAHL.
- Revista Structural Safety. Elsevier. (Se inicia en 1982).

- SACHANSKI, S., 1978. Effects of Vrancea earthquake of 4 March 1977 on the territory of Bulgaria. Preprints of Seminar on Construction in Seismic Zones Bergamo - Udine, May 1978, pp. III, 53, III.62.
- SAUTER, F. and H., SHAH. Seguro contra Terremoto. Instituto Nacional de Seguros, Costa Rica, 1978.
- Second (1977) and Third (1981) Conference on Structural Safety and Reliability, Proceedings.
- SEED, H.B., UGAS, C.T. y LYSMER, J. Site-dependant spectra for earthquake resistente design. BSSA, Vol. 66, No. 1, pp. 221-243.
- STEINBRUGGE et al., 1977. Earthquake losses as a function of construction types. VI WCEE, New Delhi, preprints 2-329 a 2-334.
- UBC, Uniform Building Code, 1973 Edition, International Conference of Building Officials. /5360 South Workman Mill Rond, Whittier, Calif. 90601/.
- VENEZIANO, D. Probabilistic Seismic Resistance of R/C Frames. 3rd. ICOSAR, Trondheim 1981.
- WHITMAN, R.V. and al, 1973. Earthquake damage probability matrices. VWCEE, Rome 1973, paper No. 321, 10 p.
- WHITMAN, R.V. and al, 1975. Seismic design decision analysis. ASCE, Proceedings, Journal of the Struct. Divis., Vol. 101 ST5, May 1975, pp. 1067-1084.
- WHITMAN, R.V. and C.A. CORNELL, 1976. Design. Capitulo 9 de Seismic Risk and Engineering Decisions C. Lomnitz and E. Rosenblueth, editors, Elsevier, Amsterdam 1976. UNDRO Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Report of Expert Group Meeting, 9-12 July 1979, Geneva.

APENDICE 1

LISTA DE REUNIONES CELEBRADAS Y
DOCUMENTOS DEL PROYECTO ECOSIS

- Abril 1983: - Reunión de los coordinadores Regionales del Proyecto SISRA y del Coordinador del Proyecto ECOSIS que forma parte del primero en Golden.
- Se presentó la propuesta general del estudio que incluye aspectos sísmológicos, de Ingeniería Sísmo-resistente y de efectos económicos.
 - Se expuso la metodología general, la organización del trabajo y se seleccionaron los casos a estudiar.
- Junio 1983: - Reunión de todos los participantes en Ancón. Presentación de los resultados preliminares de la Fase I.
- Entrega a David Shpilberg del Informe: "Evaluación de pérdidas, Fase I: formulación de la metodología". José Grases, Caracas Junio 1983, 78 p., repartido en Ancón a los participantes (con membrete de Sinérgica).
- Agosto 1983 - Entrega a D. Shpilberg del Informe, Fase I, idem Ancón, con adiciones y revisiones. J. Grases, Caracas 12 de Agosto 1983, 100 p. + referencias. Remitido por D. Shpilberg a los participantes para opinión. (DOCUMENTO No. 1).
- Entrega a D. Shpilberg del Informe: "Evaluación de pérdidas. Fase II: aplicación al caso Caracas". J. Grases, Caracas 15 de Agosto, 1983, p. 100 a p. 254. Remitido por D. Shpilberg a los participantes para opinión. (DOCUMENTO No. 2).
- Octubre 1983: Envío a D. Shpilberg de la Sección 11, del Informe Fase II: "Resumen y Conclusiones". J. Grases, Barcelona 1983, 12 páginas manuscritas.

APPENDIX 1

LIST OF MEETINGS HELD AND OF
DOCUMENTS OF ECOSIS

- April 1983: - Meeting of the Regional Coordinators of Project SISRA and of the Coordinators of ECOSIS, which is part of SISRA, at Ancon, Peru.
- The general scope of the work to be done was presented including the seismological, earthquake-engineering and tectonic aspects, including those of the economic effects of earthquakes.
 - The general methodology was explained; the organization of the work to be carried out as well as the selection of the cases to be studied.
- June 1983: - Meeting of all of the participants, in Quito. Presentation of the preliminary results of Phase I.
- Delivery to David Shpilberg of the Report "Evaluation of Losses, Phase I: Formulation of the Methodology" by José Grases, Caracas June 1983, 78 p. which was distributed at Ancón under the heading of SINERGICA.
- August 1983: - Delivery to D. Shpilberg of the Report, Phase I, presented at Ancón but with additions and revisions. J. Grases, Caracas 12 August, 1983, 100 p. plus references. Sent by SINERGICA to the participants for opinion. (DOCUMENT No.1).
- Delivery to D. Shpilberg of the Report: "Evaluation of Losses. Phase II: Application to the case of Caracas". J. Grases, Caracas 15 August 1983, p. 100-254. Sent by SINERGICA to the participants for opinion. (DOCUMENT No. 2).
- October 1983: Delivery to D. Shpilberg of Section 11 of Report Phase II: "Summary and Conclusions" J. Grases, Barcelona 1983, 12 p. handwritten.

- Diciembre 1983: - Se recibe el "Informe de Avance de Argentina. Proyecto ECOSIS. Evaluación de los Efectos Económicos de los Terremotos en América Latina". J.C. Castano, San Juan, 22.12.1983, 7 p. + tablas + figuras. (DOCUMENTO No. 3).
- Enero 1984: - Comentarios al informe de avance de Argentina del 2.12.1983. Carta manuscrita de J. Grases a J.C. Castano, Barcelona, 1984, 11 Enero, 4 páginas. Repartida en Golden a los participantes.
- Abril 1984: - Presentación de los resultados de la Fase II (Caracas) en UNDRD, Ginebra, por José Grases.
- Julio 1984: - Reunión de Golden. Presentaciones de J. Alva, M. Vega-Centeno, D. Shpilberg y J. Grases.
- J. Alva entrega trabajos de: Hugo J.A. Barrón S. "Estudio de la vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Chimbote". Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 1984, 132 p. + anexos. (DOCUMENTO No. 6).
 - Edwin A. Ordoñez "Estudio de la vulnerabilidad sísmica de Huaraz". Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima 1984, 159 p. + anexos. (DOCUMENTO No. 7).
 - M. Vega-Centeno entrega: "Efectos económicos de los sismos. Enfoque analítico y estimación de riesgos". 18 p. Lima. (DOCUMENTO No. 4).
 - Argentina remite: "Evaluación de los efectos económicos del terremoto de Cauçete, Argentina, del 23 de Noviembre de 1977". INPRES, sin fecha y sin firma. 24 p. + tablas + figuras. (DOCUMENTO No. 5).
 - D. Shpilberg renuncia a la Coordinación y J. Grases la asume. Este queda encargado de la Fase III.
 - D. Shpilberg ofrece contribución escrita para la reunión de San Juan (Setiembre).
- Agosto 1984: - Reunión de D. Shpilberg y J. Grases en New York. En atención a la carta de A.
- December 1983: The "report of advance", from Argentina, was received for ECOSIS. Evaluation of the economic effects of the earthquakes in Latin America. Juan Carlos Castano, San Juan 22.12.83, 7 p. plus tables plus figures. (DOCUMENT No. 3).
- January 1984: Commentaries to progress report from Argentina of 22.12.83. Handwritten letter from J. Grases to J.C. Castano, Barcelona 1984, 11 January, 4 p. Distributed at Golden to the participants.
- April 1984: - Presentation of results of Phase II (Caracas) at UNDRD, Geneva, by J. Grases
- July 1984: - Meeting in Golden. Presentation of J. Alva, M. Vega-Centeno, David Shpilberg and J. Grases.
- J. Alva Delivers Hugo J.A. Barrón S.'s "Study of the Seismic Vulnerability of the city of Chimbote". Thesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima 1984, 132 p. plus annexes, (DOCUMENT No. 6).
 - Edwin A. Ordóñez's "Study of the Seismic Vulnerability of Huaraz". Thesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima 1984, 159 p. plus annexes. (DOCUMENT No. 7).
 - M. Vega-Centeno delivers: "Economic Effects of Earthquakes. Analytical approach and estimate of risks", 18 p., Lima. (DOCUMENT No. 4).
 - Argentina delivers "Evaluation of the Economic Effects of the Earthquake of Cauçete, Argentina of 23 November, 1977" INPRES, no date no signature. 24 p. plus tables and figures. (DOCUMENT No. 5).
 - D. Shpilberg resigns as Coordinator and J. Grases assumes this post, in charge of Phase II.
 - D. Shpilberg offers a written contribution for the San Juan, September meeting
- August 1984 - Meeting of D. Shpilberg and J. Grases in New York. In attention to the letter

Giesecke, D. Shpilberg reitera envío de contribución escrita a San Juan, (Septiembre).

- "Comentarios para J. Alva H." enviados por J. Grases, Montaspue 18.08.1984, 4 p. manuscritas.

Septiembre 1984: - Reunión de San Juan. Presentaciones de cada país.

- Trabajos disponibles:

- . "Evaluación de los efectos económicos del terremoto de Cauce, Argentina, del 23 de Noviembre de 1977", J.C. Castano, A.P. Giuliano, J.L. Zamarbide. 23 p., sin las tablas y figuras del trabajo entregado en Golden. (DOCUMENTO No. 8).
- . Análisis económicos de los terremotos: enfoque metodológico y estudio de un caso - Perú 1970", M. Vega-Centeno, M.A. Reményi, 112 p. + Anexos. (DOCUMENTO No. 9).
- . "Expected building losses caused by E.Q. The Caracas case". J. Grases, Caracas 1984, 21 p. (DOCUMENTO No. 10).

Diciembre 1984: "Formulación del algoritmo general para la determinación de pérdidas, Fase III". J. Grases (Coordinador), Caracas 1984, 38 p. manuscritas. (DOCUMENTO No. 16).

from A. Giesecke, D. Shpilberg conforms sending written contribution to San Juan (September).

- Commentaries for Jorge Alva Sent by J. Grases, Montaspue, 18.08.1984, 4 p. manuscript.

September 1984: San Juan Meeting. Presentations by each country.

- The papers presented:

- . "Evaluation of the economic effects of the earthquake of Cauce, Argentina, 23 November 1977". J. C. Castano., A.P. Giuliano, J.L. Zamarbide. 23 p., without the tables and figures of the paper delivered in Golden. (DOCUMENT No. 8).
- . "Economic Analysis of the Earthquakes: Methodological Approach and Study of the Perú 1970 Case", M. Vega-Centeno and M.A. Reményi, 112 p. plus annexes. (DOCUMENT No. 9).
- . Expected Building Losses Caused by Earthquake. The Caracas Case", J. Grases, Caracas 1984, 21 p. (DOCUMENT No. 10).

December 1984: "Formulation of the general algorithm for the determination of losses, Phase III", J. Grases (Coordinator), Caracas 1984, 38 p. handwritten. (DOCUMENT No. 17).

APENDICE 2
APPENDIX 2

RESUMEN DE LOS DOCUMENTOS ELABORADOS EN EL PROYECTO SISRA
SUMMARY OF THE DOCUMENTS PREPARED IN PROJECT SISRA

DOCUMENTO No. 1

REFERENCIA: "Evaluación de pérdidas. Fase I: Formulación de la Metodología. CERESIS, Proyecto ECOSIS". José Grases, Venezuela. Segunda Versión, Agosto 1983, 100 p. (Capítulo 2, Vol. 13A).

Resumen del Contenido: Dividido en 6 Capítulos, este documento describe la metodología propuesta para el cálculo de pérdidas; la cual requiere abordar un conjunto de problemas. En su solución se decidió agrupar aquellos casos cuyo comportamiento probable a sismos puede suponerse similar, y estudiar las pérdidas y daños esperados de esas condiciones 'típicas', a acciones sísmicas que se han supuesto representativas del terremoto de Caracas del año 1967. El cálculo de pérdidas ha sido desagregado en algunas de las variables que condicionan el problema; en particular se han seleccionado aquellas que de algún modo están reflejadas en la normativa edilicia y de diseño anti-sísmico. De este modo ha sido posible considerar los cambios que hayan ocurrido en el tiempo, en los criterios de diseño para edificaciones nominalmente iguales

Los problemas generales de la cuantificación de la amenaza sísmica, incorporados a los efectos del subsuelo, se han tratado en el Capítulo 2.1 con indicación de métodos generales de evaluación; se tipifican allí los suelos. En el Capítulo 2.2 se tipifican edificaciones, su sistema resistente a sismos, sus periodos naturales, su resistencia y capacidad de disipación de energía. La caracterización en términos del factor de ductilidad D ofrece ventajas que ningún otro parámetro ofrece dado que, entre otras cosas: (i) es el único parámetro sensible a los cambios en los criterios normativos de diseño de secciones y miembros, (ii) permite relacionar los coeficientes sísmicos de diseño con los valores espectrales, y (iii) facilita el cálculo de las probabilidades de colapso en términos de demandas excesivas de ductilidad.

En la Sección 2.2.2.2 se indican los parámetros que deben considerarse como factores de corrección entre normativas diferentes.

Uno de los aspectos novedosos incorporados en la metodología se refiere a la caracterización de la respuesta en términos de la demanda de ductilidad, la cual es presentada en la Sección 2.3.2. Se establece

DOCUMENT No. 1

REFERENCE: "Evaluation of Losses. Phase I: Formulation of the Methodology, CERESIS, Project ECOSIS", José Grases, Venezuela, Second Version, August 1983, 100 p. (Chapter 2, Vol. 13A).

Summary of Contents: Divided in 6 Chapters, this document describes the methodology proposed for the calculation of losses, which requires addressing a number of problems. For their solution it was decided to group those cases whose probable behaviour with earthquakes can be supposed to be similar and to study the losses and expected damages of those 'typical' conditions, to seismic actions which are supposed to be representative for the earthquake of Caracas in 1967. The calculation of losses has been disaggregated in some of the variables that condition the problem; in particular, those that in some way are reflected in the municipal and the seismic design codes have been selected. In this way it has been possible to consider the changes that have occurred, in time, in the design criteria for buildings nominally equal.

The general problems of the quantification of the seismic hazard, incorporated to the effects of the subsoil, have been treated in Chapter 2.1 with an indication of general methods of evaluation; the soils are there typified. In Chapter 2.2 buildings, their earthquake resistant system, their natural periods, their resistance and capacity to dissipate energy are typified. The characterization in terms of the ductility factor D offers advantages that no other parameter can offer given that, among other things: (i) it is the only parameter sensitive to the changes of the normative criteria of design for sections and members, (ii) it allows the seismic coefficient of design to relate with the spectral values, and (iii) it facilitates the calculation of the probability of collapse in terms of excessive demands of ductility.

In Section 2.2.2.2 are indicated the parameters that must be considered as correction factors between different codes.

One of the new aspects incorporated in the methodology refers to the characterization of the response in terms of the demand of ductility which is presented in point 2.3.2. A quantitative criterium is established to

allí un criterio cuantitativo para definir la variabilidad de la demanda asociada a estados últimos de inestabilidad (colapso). Los daños y el cálculo de las pérdidas esperadas se agrupan en el Capítulo 2.4 donde se discute el problema de la vulnerabilidad, diferenciando los métodos analíticos (Sección 2.4.1) de los métodos estadísticos (Sección 2.4.2). primeros están basados en funciones de pérdidas y en última instancia requieren de información experimental no siempre disponible, razón por la cual en algunos casos ha sido preciso suponer los valores allí indicados.

Los resultados de las pérdidas probables esperadas, modificando los valores de los parámetros en cuestión, dentro del rango necesario para el presente estudio son presentados en la Sección 1.4.1 del Documento No. 2. Es fácil constatar allí la sensibilidad de las pérdidas a cambios en la forma de la función de pérdidas, así como a la relación entre la ductilidad cedente y la máxima.

Los métodos estadísticos están respaldados por estados discretos de daño similares a los de una escala de Intensidades, con referencia a los cuales se pueden construir matrices de probabilidad de daños (i.e. pérdidas) las cuales se ilustran en la Sección 2.4.2.2; en la Tabla 38 del Documento No. 2 se da una matriz representativa de los porcentajes promedio de daños para edificios apoticados de concreto-armado del tipo pre-sismo 1967.

La Metodología es finalmente resumida en el Capítulo 2.5, con indicación del significado de cada una de las variables utilizadas (Sección 2.5.3). Las referencias más importantes son anotadas al final del Capítulo 2 del Volumen 13A.

Tanto en la metodología antes descrita como en su aplicación posterior al caso Caracas 1967 (Fase II), hay limitaciones relativas a la inclusión de ciertas variables que reconocidamente intervienen en el comportamiento de edificaciones bajo acciones sísmicas, así como a la consideración de bienes a riesgo importantes. Entre ellos destacan los siguientes:

- (a) problemas relacionados a la respuesta estructural, como son los posibles efectos desfavorables de las irregularidades en la configuración estructural (efectos torsionales, concentración de demandas de ductilidad y otros), los efectos de la esbeltez el cual sólo es tomado marginalmente en consideración, influencia de cambios bruscos en rigideces.
- (b) Sistemas constructivos no tipificados, debido a

define the variability of the demand associated to the final states of inestability (collapse). The damages and the calculation of expected losses are grouped together in Chapter 2.4 where the problem of vulnerability is discussed, differentiating the analytical methods (Section 2.4.1) from the statistical methods (Section 2.4.2). The first are based on loss functions and ultimately require experimental information not always available, which is why in some cases it has been necessary to assume the values there indicated.

The results of the probable expected losses, modifying the values of the parameters in question, within the necessary range for the present study are presented in Section 1.4.1 of Document No. 2. It is easy to verify there the sensitiveness of the losses to changes in the form of the loss function, as well as the relation between ductility at yield and the maximum.

The statistical methods are backed up by discrete states of damage similar to those of the scale of Intensities, with reference to which matrices of probability of damages (i.e. losses) can be constructed and are illustrated in Section 2.4.2.2; in Table No. 38 of Document No. 2 a representative matrix is given of the mean percentages of damages for frame buildings of reinforced concrete of the type pre 1967 earthquake.

The methodology is finally summarized in Chapter 2.5 with an indication of the meaning of each one of the variable used (Section 2.5.3). The most important reference are indicated at the end of Chapter 2 of Volume 13A.

In the methodology previously described as well as the later application to the Caracas case 1967 (Phase II) there are relative limitations to the inclusion of certain variables that are known to intervene in the behaviour of the buildings under seismic actions, as well as to the consideration of important properties at risk. Amongst these the following are outstanding:

- (a) Problems related to the structural response, as are the possible unfavourable effects of the irregularities in the structural configuration (torsional effects, concentration of demands of ductility and others), the effects of the slenderness, which is only marginally taken into consideration, the influence of abrupt changes in rigidities.
- (b) Constructive systems not typified, due to their

que sus características particulares requieren atención especial; tal es el caso de los sistemas prefabricados a base de grandes paneles, utilizados, para la construcción de edificios altos con posterioridad al terremoto de 1967.

- (c) la exclusión de los llamados sistemas de líneas de vida, como son las redes de suministro de gas o de agua potable, colectores de aguas servidas, puentes, sistemas de transporte de personas, sistemas de distribución de energía. Ellos no fueron objeto de atención en este informe pues, si llegaron a ocasionar alguna pérdida en el terremoto de Caracas del año 1967, se pueden considerar despreciables en comparación con las debidas al daño en las edificaciones. Igual comentario es válido para aquellas instalaciones cuya falla puede dar lugar a efectos consecuenciales catastróficos (embalses de agua, ciertas instalaciones industriales, depósitos de combustibles, etc.).

La aplicación de la metodología no se extendió al caso de construcciones en pendiente, a la estabilidad de taludes, a los contenidos y al lucro cesante; el análisis estadístico de las fotografías aéreas del valle de Caracas existentes, sólo fue hecho en forma preliminar.

Parte de las limitaciones citadas pueden haber quedado cubiertas, en grado desconocido, por el reconocimiento explícito de algunas de las incertidumbres. Otras requieren atención adicional, a fin de reconocerlas como variables independientes en estudios futuros.

DOCUMENTO No. 2

REFERENCIA: "Evaluación de pérdidas. Fase II: Aplicación al caso Caracas. CERESIS, Proyecto ECOSIS". José Grases, Coordinador, Caracas. Agosto 1983, (Capítulo 1, Vol. 13B).

Resumen del Contenido: Los capítulos tratan sobre la aplicación al caso del terremoto de Caracas del 29.07.1969. En el primero de ellos se presentan los resultados de una revisión sobre la actividad sísmica en la región de la capital de Venezuela y las evaluaciones hechas de su amenaza, tanto en base a la información conocida de Intensidades como de otros parámetros que caracterizan el movimiento del terreno. En el Capítulo 1.2 se resumen las informaciones estadísticas encontradas sobre el tipo y número de edificaciones existentes en el área metropolitana a

particular characteristics they require special attention; such is the case of the pre-fabricated systems on the basis of great panels, used for the construction of high rise buildings, after the earthquake of 1967.

- (c) The exclusion of the so called systems of life-lines, as are the networks for the supply of gas or drinking water, sewerage, bridges, systems for the transport of people and for the distribution of energy. No attention has been paid to life-lines in this report since whatever loss they caused due to the earthquake of Caracas 1967, it can be considered insignificant in comparison to the damage to buildings. The same commentary is valid for those installations whose failure can give rise to catastrophic consequential effects (dams, certain industrial installations, fuel deposits, etc.).

The application of the methodology did not extend to the case of constructions on slope, to the instability of slopes, to the contents and to loss of profit; the statistical analysis of existing aerial photography of the Caracas valley was done in a preliminary way.

Part of the limitations cited may have been covered to an unknown degree by the explicit recognition of some of the uncertainties. Others require additional attention, in order to recognize them as independent variables in future studies.

DOCUMENT No. 2

REFERENCE: "Evaluation of Losses, Phase II: Application to the case of Caracas. CERESIS, Project ECOSIS". José Grases, Coordinator, Caracas, August 1983, p. 101-254 (Chapter 1, Vol. 13B).

Summary of Contents: The Chapters are numbered consecutively with those of Document No. 1. The Chapters go from No. 7 to No. 10 and deal with the application to the case of the earthquake of Caracas of 29.07.1967. First are presented the results of a revision of the seismic activity in the region of the capital of Venezuela and the evaluations made of the hazard, on the basis of known information of Intensities as well as of other parameters which characterized the movement of the ground. Chapter 1.2 summarized the statistical information found after the

raíz del terremoto de 1967. Algunos de los datos finalmente adoptados han sido inferidos con respaldo de censos de población, número de edificaciones permitidas, distribución de edificaciones por su altura, mapas y estadísticas de inmuebles afectados por el terremoto de ese año y otros de interés.

En la Sección 1.2.3 se establecen 6 premisas en las cuales se basa el cálculo del número y la distribución de edificaciones en Caracas para la fecha del sismo. De su aplicación se desprende un total redondeado de 40.000 edificaciones de 1 o más pisos, con las características de las edificaciones tipificadas en el trabajo, habitadas por una población (no marginal) cifrada en 1,5 millones de habitantes; en las cifras anteriores, deben excluirse un total estimado en unas 20.000 unidades de viviendas de tapia, bahareque y similares que escapan al interés de este estudio. El total de unidades de vivienda resultante es de 259,284, de los cuales el 27.4% corresponde a edificaciones de 1, 2 y 3 pisos; las cifras son comparables con datos del censo de población del año 1961. Aproximadamente la mitad de la población estudiada vive en edificaciones de 6 o más pisos, las cuales representan el 10% del total de edificaciones; un 10% de la población vive, para la fecha del sismo, en edificaciones de 12 o más pisos las cuales representan el 1% del total de edificaciones. Por último, en la misma Sección, se establece el número de edificaciones industriales (2.000) y su distribución en el área metropolitana de Caracas.

En la Sección 1.2.4, se da la distribución del total de 42.000 edificaciones según: tipo (estructuración), número de pisos y período fundamental promedio; en esa misma sección se anota la distribución ponderada de área urbanizada, según los tres suelos tipificados: el 50% en suelos de dureza intermedia, el 12% en suelos de potencia aluvional importante y el resto en suelos duros o roca meteorizada. Esta clasificación es congruente con la normativa patrón y en los valores adoptados se han utilizado los inferidos en la Sección 1.3.4. En la Sección 1.2.5 se adoptan los totales de edificaciones para las fechas tomadas como referencia en los cambios de normativa y sus distribuciones de altura, discriminando por tipo constructivo; no se encontraron datos estadísticos en relación al reciclaje de parcelas.

En la Sección 1.2.6 se revisan y comparan los parámetros que dependen de la normativa antisísmica: coeficientes sísmicos reconciliados a nivel cedente, ductilidades máximas de diseño y últimas, masas contribuyentes en el diseño, sobrecargas al servicio,

earthquake of 1967 on the type and number of existing buildings in the Metropolitan area. Some of the data finally accepted have been inferred with reference to the population census, the number of building permits, distribution of buildings by heights, maps and statistics of buildings affected by the earthquake of that year and to other parameters of interest.

In Section 1.2.3 are established six premises on which are based the calculation of the number and the distribution of buildings in Caracas at the date of the earthquake. From their application the result is approximately 40,000 buildings of one or more storeys with the characteristics of the buildings typified in this paper, inhabited by a population (not marginal) of the order of 1.5 millions; from these previous figures are must exclude an estimated total of some 20,000 units of housing of mud walls and similar poor material, which are not of interest to this paper. The total number of housing units resulting is 259,284, of which 27.4% correspond to buildings of 1, 2 and 3 storeys; the figures are comparable with data from the population census of year 1961. Approximately half of the population studied lives in buildings of six or more storeys, which represent 10% of the total number of buildings; 10% of the population lived, at the time of the earthquake, in buildings of 12 or more storeys, which represent 1% of the total number of buildings. Finally, also in that Section the number of industrial buildings (2,000) and their distribution in the Metropolitan area of Caracas is established.

Section 1.2.4 gives the total distribution of 42,000 buildings according to type (structural characteristics), number of floors and mean fundamental period; in the same section the weighted distribution of urbanized area, according to the three typified soils is indicated: 50% on soils of intermediate hardness, 12% on soils of important alluvial depth and the rest in hard soils or meteorized rock. This classification is congruent with the normative pattern and in the values adopted those inferred in Section 1.3.4 have been used. In Section 1.2.5 the total number of buildings for the dates taken as reference are adopted in the changes of the norm and their distribution in height, discriminating by constructive type; no statistical data was found in relation to the recycling of parcels.

In Section 1.2.6 the parameters that depend on the earthquake resistant code are revised and compared: seismic coefficients reconciled to yield level, maximum ductilities of design and final ductilities, masses contributing to the design, service load, inspection

inspección y factor de reconciliación de respuesta dinámica; para todo ello se adoptó una altura media de entrepiso de 2.9 m. En las Tablas No. 18a a 23b se sintetizan todos los valores resultantes de este Capítulo 1.2 para cada uno de los 13 tipos de edificación, los cuales son necesarios para los cálculos de pérdidas. Los efectos de la esbeltez fueron considerados de manera aproximada en el cálculo del período dominante.

En la parte final del Capítulo 1.2, Sección 1.2.7, se dan los valores unitarios de reemplazo basados en una estadística limitada. Se desprende, que las cerca de 260.000 unidades de vivienda que han resultado de este análisis, para el año de 1967 tenían un valor de reemplazo del orden de 24 mil millones de Bolívares.

Con las cifras anteriores se modeló la "población" de edificaciones existentes en la Caracas de 1967. En el Capítulo 1.3 se presenta en forma resumida los efectos que el terremoto tuvo en esa población: se indican las Intensidades reportadas (Sección 1.3.1), los criterios para la calificación de daños y estadísticas sobre edificaciones dañadas (Secciones 1.3.2 y 1.3.3), así como evidenciar sobre la influencia de las condiciones del subsuelo (Sección 1.3.4). El total de edificaciones con algún tipo de daño en el área de Caracas depende de la fuente consultada; su número es del orden de 2500. Por su mayor incidencia en el número de unidades de vivienda y en el valor de reemplazo, se prestó particular atención a las edificaciones de varios niveles afectadas; su número depende también de la fuente consultada y varía entre 1365 y 651, aún cuando su discriminación porcentual por daños es similar: un 80% con daños en elementos no estructurales pero sin daños estructurales o con daños leves en esta, un 19% con daños estructurales importantes ocasionalmente irreparables y un 1% con daños muy severos irreparables, colapsos parciales y/o totales (se incluyen aquí 4 edificios con alturas de 10 a 11 pisos, derrumbados por el sismo). La incidencia y discriminación de daños en diferentes zonas de la capital revela que muy probablemente los daños en edificios de varios niveles estén condicionados por las características de la acción sísmica (formas espectrales). Los resultados de un estudio efectuado recientemente en los Palos Grandes (Sección 1.3.4) revelan que la Intensidad (MM) media ponderada puede diferir en hasta 3 grados al incrementar la altura de la edificación de 3 a 12 niveles.

En relación a los niveles más propensos a sufrir daños en edificios de varios pisos con mampostería a base de bloques huecos de arcilla cocida, en la Sección 1.3.5 se presentan los resultados obtenidos a partir de una

and factor of reconciliation of dynamic response; for all this a mean height between floors of 2.90 m was adopted. Tables No. 18a to 23b synthesize all of the values resulting from Chapter 1.2 for each one of the 13 types of buildings, which are necessary for the calculation of losses. The effects of slenderness were considered in an approximate manner for the calculation of the dominant period.

In the final part of Chapter 1.2, Section 1.2.7, the unitary values of replacement, based on limited statistics are given. It follows that the nearly 260,000 units of housing which have resulted from this analysis, for the year 1967, had a replacement value of the order of 24 thousand million Bolívares.

With the previous figures, the "population" of the buildings existing in Caracas in 1967 was modelled. Chapter 2.3 presents a summary of the effects that the earthquake had on that building population: indicated are the reported intensities (Section 1.3.1), the criteria for the qualification of damages and statistics of damage to buildings (Section 1.3.2 and 1.3.3) as well as evidence of the influence of the conditions of the subsoil (Section 1.3.4). The total number of buildings with some type of damage in the area of Caracas depends on the source consulted; the number of units of housing and on the replacement value, particular attention was given to multi-story buildings affected; their number also depends on the source consulted and varies between 1365 and 651 even though the percentage by damage is similar: about 80% with damage in non-structural elements and no structural damage or very light damage, 19% with important structural damage occasionally unrepairable and 1% with very severe unrepairable damages, partial and/or total collapse (included here are 4 buildings with heights of 10 or 11 stories, which failed completely because of the earthquake). The incidence and discrimination of damage in different zones of the capital reveals that very probably the damage to buildings of several stories is conditioned by the characteristics of the seismic action (spectral forms). The results of a study carried out recently in the Palos Grandes (Section 1.3.4) reveal that the mean weighted intensity (MM) can differ up to 3 degrees by increasing the height of the building from 3 to 12 stories.

In relation to the levels more likely to suffer damages in buildings of several stories with masonry based on hollow blocks of baked clay, Section 1.3.5 presents the results obtained from a sample of buildings affected

muestra de edificaciones afectadas por el terremoto; según estos los daños en tabiquería alcanzan alturas netamente mayores que las alturas correspondientes a daños en elementos estructurales. Finalmente y basados en la estadística acopiada, en la Sección 1.3.6 se construye una matriz de probabilidad de daños representativa de los porcentajes promedio de daños en edificios aperticados de concreto armado del tipo pre-sismo (Tabla No. 38); obsérvese que esto implicó la extrapolación a Intensidades mayores y menores que las observadas, lo cual se trató de hacer de acuerdo a criterios conservadores.

En las Tablas 39, 40 y 41 del Capítulo 1.4 se sintetizan los valores de los diferentes parámetros obtenidos en los Capítulos precedentes y necesarios para el cálculo de las pérdidas esperadas, así como los porcentajes de pérdidas probables y probabilidades de falla (colapso) obtenidos para un total de 93 situaciones diferentes. Para ilustrar la variabilidad de pérdidas esperadas, cabe anotar lo siguiente: dado el terremoto del año 1967 y considerando condiciones extremas de suelo, el porcentaje de pérdidas esperadas que se obtiene con el algoritmo propuesto, varía desde prácticamente el 0% (tipos 12 y 13) hasta el 64% (tipo 7), referidos ambos al valor de reemplazo. Los máximos porcentajes de pérdidas se esperan en edificaciones altas, fundadas en suelos blandos; estos son entre 1 y 2 órdenes de magnitud mayores que los correspondientes al mismo tipo de edificación fundados en suelos duros o rocosos. Diferencias similares se desprenden al comparar edificaciones diferentes, en un mismo tipo de suelo.

En relación a las probabilidades de colapso, para su determinación previamente fueron calculados los índices de confiabilidad β , que son de empleo común en Ingeniería Estructural como medida de la seguridad; estos vienen expresados como la inversa del coeficiente de variación de la distribución standard normalizada de la variable aleatoria que denota la diferencia entre la ductilidad última y la demanda de ductilidad (Sección 2.4.1.3, Vol. 13A y 1.4.2 Vol. 13B). Estos índices de confiabilidad resultaron ser menos sensibles a los cambios en el tipo de suelos para el caso de edificaciones bajas y pueden variar hasta en un 100% para el caso de edificaciones altas. Sin discriminar entre tipos constructivos, para suelos S1 el valor de varía entre 1,976 y 1,973 con media (no ponderada) igual a 3,310, en tanto que en suelos S3 el valor de varía entre 1,377 y 3,179 con media (no ponderada) igual a 2,299; dado que se trata de una distribución standard, las diferencias entre valores medios conducen a probabilidades de falla que están en la relación $4,6 \times 10^{-4}$ a $1,1 \times 10^{-2}$; o sea la probabilidad de falla

by the earthquake; according to these, the damages to partitions reached heights which are clearly higher than heights which correspond to damages to structural elements. Finally and based on the statistics obtained, Section 1.3.6 shows a matrix of probability of damages representative of the mean percentages of damages in frame buildings of reinforced concrete of the pre-earthquake-type (Table No. 38); note that this implied the extrapolation to higher and lower intensities than those observed; this was done with conservative criteria.

Tables 39, 40 and 41 of Chapter 1.4 synthesize the values of the different parameters obtained in the precedent chapters, and which are necessary for the calculation of the expected losses, as well as the percentages of probable losses and probabilities of failure (collapse) obtained for a total of 93 different situations. In order to illustrate the variability of expected losses the following is noted: given the earthquake of 1967 and considering extreme conditions of the soil the percentage of expected losses that is obtained with the proposed algorithm varies from practically 0% (types 12 and 13) up to 64% (type 7) both referred to the replacement value. The maximum percentages of losses are expected in high buildings, with foundations on soft ground; these are between 1 or 2 orders of magnitude higher than those corresponding to the same type of building, but placed on hard or rocky ground. Similar differences are found by comparing different buildings on the same type of soil.

For the determination of the probabilities of collapse, the reliability indices β were previously calculated, those are of common usage in Structural Engineering as a measure of safety; they are expressed as the inverse of the coefficient of variation of standard normalized distribution of the random variable which denotes the difference between the final ductility and the ductility demand (Sections 2.4.1.3, Vol. 13A and 1.4.2, Vol. 13B). These reliability indices turned out to be less sensitive to the changes in the type of soils for the case of low buildings and can vary up to 100% for the case of high buildings. Without discriminating between constructive types, for S1 soils the value of varied between 1,967 and 4,973 with the non-weighted mean equal to 3,310, whereas in S3 soils the value of varies between 1,377 and 3,179 with a non weighted mean equal to 2,299; given that it is a standard distribution, the differences between mean values lead to probabilities of failure which are in a relation of $4,6 \times 10^{-4}$ to $1,1 \times 10^{-2}$; that is, the probability of failure is 24 times less in the first case.

es 24 veces menor en el primer caso.

En valor absoluto, las pérdidas encontradas alcanzan la cifra de 1,292 millones de Bolívares, las cuales representan un 5.4% del valor de reemplazo (23,859 millones de Bolívares). Con los datos utilizados las pérdidas porcentuales para las edificaciones tipo 5 y 7 son prácticamente iguales al doble de este valor medio.

La cifra de pérdidas económicas que se da en los informes del terremoto de Caracas gira alrededor de los 500 millones de Bolívares, la cual no ha podido ser descompuesta en subpartidas por falta de información; la cifra recién mencionada, totaliza los fondos destinados por el Estado para: reparaciones, reforzamientos y reconstrucción de edificaciones afectadas. De aquí que debe entenderse como una cota inferior a la cual habría que sumar los daños, reparados o no, en edificaciones privadas y del Estado, sobre lo cual no se han encontrado estadísticas. Las pérdidas que predice el modelo son 2.58 veces mayores que el valor que como mínimo alcanzaron las pérdidas debidas, exclusivamente, a las edificaciones reparadas. Tomando en consideración que se trata de un modelo muy desagregado del problema, con muchas variables y casos posibles, el orden de magnitud de la predicción se considera aceptable.

En las figuras No. 32 y 33 de la Sección 1.4.3 se muestran las distribuciones acumuladas del valor de reemplazo de las edificaciones consideradas en este estudio y del número acumulado de viviendas, respectivamente, versus la probabilidad de falla. De la primera se infiere que, para las intensidades del movimiento del terreno adoptadas como representativas del terremoto de 1967, inversiones en vivienda de aproximadamente 2,000 millones de Bs. se encontraban asociados a probabilidades de falla mayores que 10^{-2} ; de la Figura No. 32 se desprende que las pérdidas probables por concepto de colapso únicamente se pueden cifrar en unos 5 millones de Bolívares, lo cual es comparable con el valor de reemplazo de los 4 edificios colapsados en los Palos Grandes.

De la Figura No. 33 se infiere que 11,5% de las viviendas están asociadas a probabilidades de falla en exceso de 10^{-2} ; el número probable de viviendas colapsadas resulta ser del orden de 52 y el número de víctimas 6 veces mayor (312), ambas cifras comparables con los valores reales.

In an absolute value, the losses found reach the amount of 1,292 million Bolívares, which represents 5.4% of the replacement value (23,859 million Bolívares). With the data used the percentage losses of buildings of type 5 and 7 are practically equal to double this mean value.

The figure for economic losses which is given in the reports of the earthquake of Caracas revolves around 500 million Bolívares, which has not been disaggregated because of lack of information; the amount mentioned is the total fund destined by the Government for: repair, re-inforcement and reconstruction of affected buildings. It is therefore understood that this the low reference level to which it is necessary to add the damages, repaired or not, to private or Government buildings for which no statistics have been found. The losses that the model forecasts are 2.58 times greater than the minimum value due exclusively to repaired buildings. Taking into consideration that it is a very disaggregated model of the problem, with many variables and possible cases, the order of magnitude of the forecast is considered acceptable.

Figures No. 32 and 33 of Section 1.4.3 show the accumulated distributions of the replacement value of the buildings considered in this paper and of the accumulated number of housing, respectively, versus the probability of failure. From the former it is inferred that, for the intensities of the movement of the ground adopted as representative of the earthquake of 1967, investments in housing of approximately 2,000 million Bolívares were associated to probabilities of failure greater than 10^{-2} ; from Figure No. 32 it follows that the probable losses due only to collapse can be estimated in 5 million Bolívares, which is comparable to the replacement value of the 4 buildings which collapsed in the Palos Grandes.

From Figure 33 it is inferred that 11.5% of the housing is associated to probabilities of failure in excess of 10^{-2} ; the probable number of houses which collapsed turns out to be of the order of 52 and the number of victims 6 times higher (312), both figures are comparable with the real values.

REFERENCIA: "Evaluación de los efectos económicos de los terremotos en América Latina", CERESIS. Informe de avance de Argentina, Proyecto ECOSIS. J.C. Castano, Coordinador Regional, Proyecto SISRA, 7 p. más anexos (10 p.), Diciembre 1983. (Incluido en el Cap. 3. Vol. 13B).

Resumen del Contenido: Se describe el objetivo general del Proyecto ECOSIS. Las características particulares de cada región han obligado a utilizar metodologías diferentes. Argentina seleccionó una zona de la provincia de San Juan de unos 5.000 Km denominada Valle de Tulum. Se describe la metodología empleada; para el cálculo de las "pérdidas potenciales probables" (PPL) se utilizó la relación:

$$PPL = \sum_j B_j \times ED_j \times C_j$$

donde:

B_j = número de edificios del tipo j

ED_j = daño esperado para edificios del tipo j

C_j = razón de costo equivalente

El daño esperado se obtuvo como:

$$ED_j = \sum_i P [I_{MM} = i] \times DR_j \times S$$

donde:

$P[I_{MM} = i]$ = probabilidad de ocurrencia de una $I_{MM} = i$

DR_j = razón de daño para un edificio tipo j

S = factor de influencia del suelo, el cual depende del potencial de licuación.

Se dan estadísticas de los daños ocasionados por el terremoto del 23 de Noviembre de 1977. En los Documentos No. 5 y No. 8 se da información más detallada.

En las Conclusiones del trabajo se anuncia un modelo general para el área que represente los niveles de daños totales que pueden ser ocasionados por sismos en función de las probabilidades de ocurrencia de los mismos.

REFERENCE: "Evaluation of the Economic Effects of the Earthquakes in Latin America", CERESIS. Progress Report of Argentina, Project ECOSIS. J.C. Castano, Regional Coordinator, Project SISRA, 7 p. plus annexes (10 p.), December 1983.

Summary of Contents: The general objective of Project ECOSIS is described. The particular characteristics of each region have made it necessary to use different methodologies. Argentina selected a zone in the province of San Juan of some 5,000 km, denominated as the Valle de Tulum. The methodology used is described; for the calculation of "probable potential losses" (PPL) the following relation was utilized:

where:

B_j = is the number of buildings of type j.

ED_j = expected damage for buildings of type j.

C_j = rate of equivalent cost.

The expected damage was obtained by:

where:

$P[I_{MM}=i]$ = is the probability of occurrence of one $I_{MM}=i$

DR_j = rate of damage for a building of type j.

S = factor of influence of the soil, which depends on the liquefaction potential.

Statistics are given of the damages caused by the earthquake of 23 November 1977. In Documents No. 5 and 8 more detailed information is given.

In the conclusions of the work a general model for the area is announced which represents the level of total damages that can be caused by earthquakes as a function of the probabilities of their occurrence.

REFERENCIA: "Efectos Económicos de los Sismos: Enfoque Analítico y Estimación de Riesgos". Máximo Vega Centeno, Dep. de Economía de la Universidad Católica del Perú, Lima, 18 p.

Resumen del Contenido: En su parte introductoria, se discute el problema de los efectos económicos directos e indirectos que se manifiestan, tanto en forma inmediata como a más largo plazo. Se advierte sobre la necesidad de extender las implicaciones económicas de tipo material, hacia implicaciones más amplias relacionadas al funcionamiento de la economía y de su desarrollo.

Para ello es necesario considerar tres conjuntos de elementos que son analizados en la Sección 2.3. Estos son:

- i) los actos o decisiones económicas ligados a la voluntad o al comportamiento de los agentes;
- ii) la ocurrencia de eventos externos que escapan a su control y que determinan la eficiencia de las decisiones;
- iii) las consecuencias o la evaluación del resultado de haber tomado una decisión, condicionadas a la ocurrencia del evento.

La descripción del enfoque metodológico es completada con las condicionantes e hipótesis siguientes:

- a) existe un conjunto de actos posibles ($A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_l$)
- b) existe una distribución de probabilidades asociada con la ocurrencia de un conjunto de eventos posibles ($E_1, \dots, E_i, \dots, E_j$) mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos:

$$P[E_j] \forall_j = 1 \dots j$$

- c) existe un conjunto de consecuencias (C_{i-j}) asociadas al acto A_i dada la ocurrencia del evento E_j .

El modelo propuesto conduce al Teorema de la Utilidad Esperada según el cual la esperanza matemática de utilidad de los actos es el criterio para establecer

REFERENCE: "Economic Effects of the Earthquake: Analytical Approach and Estimate of Risk". Maximo Vega-Centeno, Department of Economics, Universidad Católica del Perú, Lima, 18 p.

Summary of the Contents: In its introductory part, the problem of the direct and indirect economic effects are discussed; both which manifest themselves those immediately or in the long term. There is a necessity to extend the economic implications of a material type toward broader implications related to the functioning of the economy and its development.

For this it is necessary to consider three sets of elements which are analyzed in Section 2.3. These are:

- i) the acts or economic decisions linked to the will or to the behaviour of the agents;
- ii) the occurrence of external events which escape their control and which determine the efficiency of the decision;
- iii) the consequences or the evaluation of the result of having taken a decision, conditioned to the occurrence of the event.

The description of the methodological approach is completed with the following constraints and hypothesis

- a) there exist a set of possible acts ($A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_l$)
- b) there exists a distribution of probabilities associated with the occurrence of a set of possible events ($E_1, \dots, E_i, \dots, E_j$) which mutually exclude each other and are collectively exhaustive:

- c) there exists a set of consequences (C_{i-j}) associated to the act A_i given the occurrence of the event E_j .

The model proposed leads us to the Theory of the Expected Profit according to which the mathematical expectancy of profit of the acts is the criterium to

prioridades. Así, la esperanza matemática del acto A será.

establish priorities. Thus, the mathematical expectancy of act A will be:

$$E [A_i] = \sum_j P [E_j] \times C_{i,j}$$

El Acto A_h será preferido al A_i , si:

Act A_h will be preferred to A_i if:

$$\sum_j P [E_j] \times C_{h,j} > \sum_j P [E_j] C_{i,j}$$

De acuerdo con las premisas del modelo, el problema de decisión se puede descomponer en las cuatro etapas siguientes:

In accordance with the premises of the model, the problem of decision can be decomposed into the four following stages:

- 1) determinar los valores promedio de probabilidad de ocurrencia de los eventos en consideración, fijado con período de tiempo;
- 2) asignar la utilidad (positiva o negativa) de las consecuencias mediante indicadores apropiados;
- 3) seleccionar el conjunto de actos (ó acciones) posibles;
- 4) calcular los valores esperados de la utilidad a fin de seleccionar el acto preferible.

- i) to determine the mean values of probability of occurrence of the events under consideration, in a given period of time;
- 2) to assign the utility (positive or negative) of the consequences by means of appropriate indicators;
- 3) to select the set of possible acts (or actions).
- 4) to calculate the expected values of the profit in order to select the preferred act.

Se presentan los resultados de la primera de las etapas anteriores, sintetizados en un conjunto de cinco cuadros para las localidades de Lima, Chimbote-Huarmey, Piura-Tumbes, Arequipa y Callejón de Huaylas. Estos cuadros se construyen a partir de información sísmológica, estimando relaciones de recurrencia en base a intensidad, para zonas afectadas por sismos históricos y finalmente calculando tablas de probabilidad de ocurrencia de sismos de intensidad dada.

The results of the first of the above stages, synthesized in a set of five tables for the localities of Lima, Chimbote-Huarmey, Piura-Tumbes, Arequipa and Callejón de Huaylas, are presented. These tables are constructed from seismological information, estimating the relations of recurrence on the basis of intensity, for zones affected by historic earthquakes and finally calculating tables of probabilities of occurrence of earthquakes of a given intensity.

DOCUMENTO No. 6 *

DOCUMENT No. 6 *

REFERENCIA: "Estudio de la vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Chimbote", Hugo J.A. Barrón S., Tesis Univ. Nac. de Ing., Lima, 1984, 132 p. más anexos. (Incluído en el Cap. 2, Apéndice 23, del Vol. 13B).

REFERENCE: "Study of the Seismic Vulnerability of the city of Chimbote", Hugo J. A. Barrón, Univ. Nac. de Ing., Lima, 1984, 132 p. plus annexes. (Included in Chapter 2, Appendix 2.3., Vo. 13B).

(*) El Documento No. 5 se reseña conjuntamente con el documento No. 8.

(*) Document No. 5 goes together with Document No. 8.

Resumen del Contenido: En la ciudad de Chimbote se realizaron estudios de geología, resistencia de suelos, evaluación de daños, ensayos de microtrepidaciones y análisis de movimiento de suelo, situación que ha ayudado para, con toda la información disponible, planear una metodología de evaluación de daños y cumplir con los fines expuestos en la introducción.

En el capítulo I, revisión de la información existente, se exponen las características sismológicas del sismo del 31 de Mayo de 1970, así como una breve descripción de los daños producidos por el mismo; también se describe la geología de la ciudad y las condiciones del subsuelo, esta última en forma resumida por ser tratada ampliamente en un capítulo posterior. Finalmente se trata sobre la hidrogeología de Chimbote por ser de interés para el análisis de las condiciones de cimentación de las estructuras.

En el capítulo II, en base a la historia sísmica regional y siguiendo la metodología propuesta por Cornell se evalúa el riesgo sísmico, en base a fuentes sísmogénicas propuestas por autores peruanos, usando el programa RISK que determina aceleraciones esperadas. En dicho capítulo la evaluación se ha realizado para las ciudades de Chimbote y Huaraz.

Las condiciones locales del suelo se describen en el capítulo III, en él se exponen las características del subsuelo en forma detallada separando por comodidad las zonas analizadas en zonas norte, centro y sur, para definirse como zona de expansión las áreas ocupadas en los últimos años. También se presentan los ensayos de microtrepidaciones realizadas en la ciudad, así como la evaluación del potencial de licuación del terreno; finalmente, en base al análisis de los aspectos anteriores se verifica la microzonificación sísmica planteada por otros investigadores.

Entre las conclusiones anotadas en el Capítulo V destacan las siguientes:

- i) se diferencian 4 zonas geotécnicas en base a la clasificación de suelos del área de Chimbote.
- ii) el fenómeno de licuación potencial es importante, debido a la persistente presencia de napas freáticas superficiales en áreas de la ciudad; por razones análogas, se considera sensible a problemas de asentamientos diferenciales.
- iii) las aceleraciones esperadas en Chimbote son mayores que las de la ciudad de Huaraz.

Summary of Contents: In the city of Chimbote geological studies were carried out as well as resistance of the soil, evaluation of damages, measurements of micro-tremors and analysis of the movement of the soil, a situation which has helped, together with all of the available information, to propose a methodology for the evaluation of damages and to comply with the objectives stated in the introduction.

Chapter I, which is a revision of all of the existing information, exposes the seismological characteristics of the earthquake of 31 May 1970 as well as a brief description of the damages produced by it; it also describes the geology of the city and the conditions of the subsoil, the latter in a summarized form because it is extensively treated in a later chapter. Finally, it deals with the hidrogeology of Chimbote because it is of interest in the analysis of the conditions for the foundations of the structures.

Chapter II, based on the regional seismic history and following the methodology proposed by Cornell evaluates the seismic risk using seismogenic sources proposed by peruvian authors, using the program RISK which determines maximum expected accelerations. In this chapter the evaluation has been carried out for the cities of Chimbote and Huaraz.

The local conditions of the soil are described in chapter III in which the characteristics of the subsoil are exposed in detail, separating the area, for easier handling, into three zones: north, center and south plus an expansion zone, corresponding to the areas occupied in the later years. The measurements of microtremors in the city are also presented, as well as the evaluation for the potential of liquefaction of the ground; finally on the basis of the analysis of the previous aspects the seismic microzonation made by previous investigators is verified.

The conclusions indicated in Chapter V include the following:

- i) 4 geotechnical zones are differentiated on the basis of the classification of soils, in the area of Chimbote.
- ii) the phenomena of potential liquefaction is important due to the persistent presence of very shallow water table in certain areas of the city; for similar reasons it is considered sensitive to problems of differential subsidence.
- iii) the expected accelerations in Chimbote are greater than those in the city of Huaraz.

- iv) se propone una división del área ocupada por Chimbote en base a resultados de ensayos de microtrepidaciones.
- v) son descritos los diferentes tipos de construcciones; se da una síntesis de los daños constatados.
- vi) con fines de evaluación de pérdidas se adelantan matrices de daños para construcciones provisionales y para las de adobe; se reconoce la incertidumbre propia de tales matrices.
- vii) finalmente se indica el grado de conservación de las construcciones y se plantean un conjunto de recomendaciones para trabajos futuros.

- iv) A division of the area occupied by Chimbote is proposed on the basis of results of measurements of microtremors.
- v) the different types of constructions are described; a synthesis is given of the damages observed.
- vi) for the purpose of the evaluation of losses, matrices of damages are proposed for provisional constructions and for those of adobe; the uncertainty inherent to such matrices is recognized.
- vii) Finally the degree of conservation of the constructions is indicated and a set of recommendations is proposed for future work.

DOCUMENTO No. 7

REFERENCIA: "Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica de Huaraz". Edwin A. Ordoñez H. Tesis. Univ. Nac. de Ing., Lima 1984, 159 p. más anexos. (Incluido en el Cap. 2, Apéndice 2.2, del Vol. 13B).

Resumen del Contenido: Después del sismo de 1970, se realizaron en Huaraz con el patrocinio de CRYRZA, estudios de Geología, Geomorfología, Mecánica de Suelos, Ensayos de Microtrepidaciones, Geofísicos y Evaluación de Daños. La información disponible de dichos estudios fue recopilada, ordenada y completada en el presente trabajo. También se ubicaron estudios posteriores realizados en Huaraz siendo actualizados.

En el Capítulo I, se presenta la revisión de la información existente, mayormente se basa en los trabajos realizados por CRYRZA, inmediatamente después de ocurrido el sismo.

En el Capítulo II, siguiendo la metodología propuesta por Cornell se evalúa probabilísticamente el peligro sísmico de Huaraz en base a las fuentes sísmogénicas propuestas por autores peruanos. Se utiliza el programa de cómputo RISK que determina aceleraciones esperadas. Los cálculos para determinar el peligro sísmico de la ciudad de Huaraz se realizaron utilizando los parámetros sísmicos propuestos en este trabajo, llevando a cabo comparaciones con otros resultados del cálculo del peligro sísmico.

En el Capítulo III, se actualizan los estudios sobre las condiciones locales de suelo, complementándose con los estudios de microtrepidaciones que se realizaron

DOCUMENT No. 7

REFERENCE: "Study of the Seismic Vulnerability of Huaraz". Edwin A. Ordoñez H. Thesis, Univ. Nac. de Ing. Lima, 1984, 195 p. and annexes. (Included in Chapter 2, Appendix 2.2, Vol. 13B).

Summary of Contents: After the earthquake of 1970 in Huaraz with the support of CRYRZA studies were carried out in geology, geomorphology, soil mechanics, microtremors, geophysic and evaluation of damages. The available information from these studies was compiled, ordered and completed in the present work. Later studies carried out in Huaraz also were located.

Chapter I presents the revision of the existing information, principally based on the work done by CRYRZA, immediately after the occurrence of the earthquake.

Chapter II, following the methodology proposed by Cornell evaluates the seismic hazard probabilistically, for Huaraz, on the basis of seismogenic sources proposed by peruvian authors. The program of computation RISK is used to determine expected accelerations. The calculation to determine the seismic hazard of the city of Huaraz were carried out using the seismic parameters proposed in this paper and comparing with other results of the calculation of the seismic hazard.

Chapter III brings up to date the studies of the local conditions of the soil, complementing the studies of microtremors which were carried out as part of this

como parte de este proyecto. El capítulo concluye con la presentación de la Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Huaraz.

En el Capítulo IV, se plantea una metodología de evaluación de daños para edificaciones de adobe, en base a términos probabilísticos, donde se consideran niveles de daños y condiciones de suelo, relacionados con los resultados del cálculo del peligro sísmico de Huaraz, en términos de intensidades MMI. Finalmente, se presenta el probable potencial de pérdidas de edificaciones de adobe para diversos períodos de exposición en base a la información disponible.

Entre las observaciones de mayor interés en el Capítulo V se anotan las siguientes:

- i) Huaraz se ubica en un valle parcialmente formado por material fluvioglacial; los estratos de suelo superan los 100 m. En la región se reportaron muchos derrumbes de laderas.
- ii) la confiabilidad de los resultados relativos a la evaluación del riesgo es discutida.
- iii) en base a los resultados de mediciones de microtrepidaciones se propone una microzonificación sísmica de Huaraz.
- iv) se constató que la vulnerabilidad de las edificaciones a las acciones sísmicas fue sensible a las condiciones del suelo y a la calidad de las edificaciones existentes.

DOCUMENTOS No. 5 y No. 8

REFERENCIA (No. 5): "Evaluación de los efectos económicos del terremoto de Caucete, Argentina, del 23 de Noviembre de 1977". INPRES, Ministerio de Obras y Servicios Públicos, 24 p. más tablas (8 p.). (Incluido en el Cap. 3, Vol. 13B).

REFERENCIA (No. 8): "Evaluación de los efectos económicos del terremoto de Caucete, Argentina, del 23 de Noviembre de 1977". Juan C. Castano, Alejandro P. Giuliano y José L. Zamarbide. INPRES, Ministerio de Obras y Servicios Públicos, 23 p.

Resumen del Contenido: Ambos documentos tienen contenidos similares. En la Sección 3.4.1 se compilan datos de población, características de la economía

project. The chapter concludes with the presentation of the seismic microzonation for the city of Huaraz.

Chapter IV proposes the methodology for the evaluation of damage to adobe construction on the basis of probabilistic terms, where the levels of damage and conditions of the soil are considered, related with the results of the calculation of the seismic hazard of Huaraz in terms of MMI intensities. Finally, the probable loss potential in buildings of adobe is presented for different periods of exposition on the basis of the available information.

Amongst the observations of greater interest in Chapter V are the following:

- i) Huaraz is located in a valley partially formed by fluvioglacial material; the strata of the soil are more than 100 m. In the region many landslides of slopes are reported.
- ii) The reliability of the results relative to the evaluation of the risk is discussed.
- iii) On the basis of the results of the measurements of microtremors a seismic microzonation of Huaraz is proposed.
- iv) It was shown that the vulnerability of the buildings to the seismic actions was sensitive to the conditions of the soil and to the quality of the existing buildings.

DOCUMENTS No. 5 and No. 8

REFERENCE (No. 5): "Evaluation of the Economic Effects of the Earthquake of Caucete, Argentina, of 23 November 1977". INPRES, Ministerio de Obras y Servicios Públicos, 24 p. and tables (8 p.) (Included in Chapter 3, Vol. 13B).

REFERENCE (No. 8): "Evaluation of the Economic Effects of the Earthquake of Caucete, Argentina, of 23 November 1977". Juan C. Castano, Alejandro I. Giuliano and José L. Zamarbide. INPRES, Ministerio de Obras y Servicios Públicos, 23 p.

SUMMARY OF THE CONTENTS: Both documents have similar contents. Section 3.4.1 compiles data of population, characteristics of the productive economy, cultivated

productiva, áreas cultivadas y potencialmente cultivables, así como las extensiones bajo riego. Las pérdidas que se anotan en este documento están referidas a US\$ de Diciembre de 1977.

En la Sección 3.4.2 se analizan los efectos del terremoto sobre la estructura productiva de la Provincia y es dividida en los siete acápite siguientes:

- 1) Vías de comunicación: longitud afectada, tipos de daño, costos de reparación e intensidades modificadas de Mercalli. Se propone una clasificación de reparaciones y una razón de daños definida como:

$$DR = \frac{\text{costo de reparación del camino}}{\text{costo de reconstrucción del camino}}$$

Los costos totales de reparación fueron de 6.04×10^6 US\$.

- 2) Red de riego y drenaje: los daños obligaron a suspender el servicio; la distorsión de rasantes por efectos de la licuefacción anuló la capacidad de riego. El costo de reparación se estima en 4.6×10^6 US\$.
- 3) Red de Energía eléctrica: el costo para la habilitación definitiva del servicio alcanzó a 0.165×10^6 US\$.
- 4) Cultivos: aproximadamente 1/3 de la zona productiva agrícola de la provincia fue seriamente afectada; hubo pérdidas de viviendas, galpones y construcciones anexas, así como daños en los pozos debido a fenómenos de licuefacción, los cuales se estimaron en 4.1×10^6 US\$. Las pérdidas por inundación se cifraron en 4.4×10^6 US\$. Los movimientos de tierra necesarios para la nivelación implicaron una inversión de 1.1×10^6 US\$.
- 5) Establecimientos industriales: los daños en las edificaciones industriales ascienden a 5.25×10^6 US\$ y las pérdidas en instalaciones y contenidos (vino) a 2.54×10^6 US\$.
- 6) Establecimientos comerciales: las pérdidas en edificaciones fueron de 0.21×10^6 US\$ y las correspondientes a instalaciones, mercadería y otros a 0.65×10^6 US\$.

areas and those that potentially could be cultivated as well as the areas under irrigation. The losses that are indicated in this document are referred to US \$ of December 1977.

Section 3.4.2 analyzes the effect of the earthquake on the productive structure of the Province and it is divided under the following seven headings:

- 1) Communication Routes: Length affected, types of damage, cost of repair and Modified Mercalli Intensities. A classification of repairs is proposed and a rate of damages defined as:

$$DR = \frac{\text{Cost of repair of the road}}{\text{Cost or reconstruction of the road}}$$

The total costs of repair were 6.04×10^6 US\$

- 2) Irrigation and drainage net: The damages forced the suspension of the service; the deformation of level land due to effects of liquefaction annulled the capacity to irrigate. The cost of repair is estimated at 4.6×10^6 US\$.
- 3) Electric Energy Net: The cost for the final rehabilitation of the service reached 0.165×10^6 US\$.
- 4) Crops: Approximately 1/3 of the productive agricultural zone of the province was seriously affected; the losses of housing, warehouses and auxiliary constructions as well as damages to wells, due to phenomena of liquefaction, were estimated at 4.1×10^6 US\$. The losses due to flooding were calculated at 4.4×10^6 US\$. The movement of earth necessary for levelling implied an investment of 1.1×10^6 US\$.
- 5) Industrial establishments: The damage to the industrial buildings amounted to 5.25×10^6 US\$ and the losses in installations and contents (wine) to 2.54×10^6 US\$.
- 6) Commercial Establishments: The losses in buildings were 0.25×10^6 US\$ and those corresponding to installations, merchandise and others to 0.65×10^6 US\$.

7) Establecimientos mineros: las pérdidas se evaluaron en 0.24×10^6 US\$.

Los efectos sobre la estructura social se dividen en:

- a) Edificios públicos: 3.7×10^6 US\$.
- b) Vivienda: el total de viviendas destruidas es de 11,130. El costo de reposición 136×10^6 US\$ equivalente a 3,023 viviendas de mampostería sismorresistente (admitida la hipótesis de que una vivienda de adobe vale 10 veces menos).
- c) Redes de agua potable: se propone el empleo de la siguiente razón de daños DR:

$$DR = \frac{\text{número de roturas}}{\text{hectómetro}}$$

- d) Asistencia social: costo directo evaluado en 1.54×10^6 US\$.

En relación a los efectos sobre la producción de la provincia, la interrupción en la producción agrícola e industrial dió lugar a pérdidas monetarias que equivalen a 14.75×10^6 US\$. La reducción en la actividad económica durante el año siguiente al terremoto se estimó en un 25%; la pérdida en recaudación fiscal también se cifró en un 25%.

El monto total de las pérdidas cuantificadas se eleva a 186.18×10^6 US\$.

DOCUMENTO No. 9

REFERENCIA: "Análisis Económico de los Terremotos: Enfoque Metodológico y Estudio de un caso - Perú 1970". Máximo Vega-Centeno y María Antonia Reményi, Profesores del Departamento de Economía de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 112 p. más 6 anexos (9 p.).

Existe una versión resumida, preparada por los mismos autores (51 p.) (Cap. 3, Vol. 13 C).

Resumen del Contenido: Los primeros dos Capítulos de este trabajo coinciden esencialmente con el Documento No. 4. Se introduce el concepto de "resistencia económica" definida como la menor destrucción o pérdida económica observada, con respecto a la esperada; a mayor resistencia económica, se puede esperar un más breve período de reconstrucción y probablemente

7) Mining Establishments: the losses were evaluated at 0.24×10^6 US\$.

The effects on the social structure are divided into:

- a) Public Buildings: 3.7×10^6 US\$.
- b) Housing: the total number of houses destroyed is 11,130. The cost of reposition is 136×10^6 US\$ equivalent to 3,023 houses of seismoresistant masonry (admitting the hypothesis that one adobe house costs 10 times less).
- c) Water supply nets: The following rate of damages DR is proposed:

$$DR = \frac{\text{Number of ruptures}}{\text{Hectometer}}$$

- d) Social assistance: the direct cost evaluated at 1.54×10^6 US\$.

In relation to the effects on production in the province, the interruption of the agricultural and industrial production gave rise to monetary losses which are equal to 14.75×10^6 US\$. The reduction in the economic activity during the year following the earthquake was estimated at 25%; the reduction in government income also was calculated at 25%.

The total amount of quantified losses is equal to 186.18×10^6 US\$.

DOCUMENT No. 9

REFERENCE: Economic Analysis of the Earthquake: Methodological Approach and Case Study - Peru 1970", Máximo Vega-Centeno and María Antonia Rémenyi, Professors of the Department of the Economics, Catholic University of Peru, Lima, 112 p. plus 6 annexes (9 p.).

A summarized version is presented in Chapter 3, Vol. 13C).

Summary of the Contents: The first two chapters of this paper coincide essentially with Document No. 4. The concept of the "economic resistance" is introduced and defined as the smallest destruction or economic loss observed, with respect to that expected; the more economic resistance, one can expect shorter period of reconstruction and probably associated with lower

asociado con menores costos. La cuantificación del riesgo sísmico, en las mismas localidades anotadas en el Documento No. 4, es tratado con más detenimiento; se incluyen modelos de ocurrencia temporal sin memoria.

En el Capítulo 3.3 se describen brevemente las características del terremoto del 31 de Mayo de 1970, el cual será tratado como uno de los eventos probables. El Capítulo 3.4, en el cual se analizan las consecuencias económicas del sismo, constituye el aporte fundamental de este trabajo. En su Sección 3.4.1 se describe la situación previa en las regiones del Callejón de Huaylas, de Chimbote-Huarney y las demás que constituye la zona afectada por el terremoto en cuestión; se describe la configuración regional, ocupacional, las características de los centros poblados, advirtiéndose que algunos de los riesgos eran en buena medida previsibles dado el estado y distribución de las edificaciones, así como los incrementos de población. Por ejemplo la Central Hidroeléctrica de Huallanca, de importancia vital con sus 100MW, ya había sufrido daños en otras ocasiones y era vulnerable a diversos riesgos.

Se dedica especial atención al crecimiento y distribución sectorial de la población en base a datos censales; la población económicamente activa alcanzaba 400,000 habitantes en la zona andina y 500,000 aproximadamente en la zona de la costa. El conjunto de la zona afectada representaba el 9.6 % en el empleo industrial del país y un porcentaje similar en el valor agregado.

En la Sección 3.4.2 se da la evaluación de daños y efectos económicos, no sin antes advertir las discrepancias que suelen presentarse entre evaluaciones hechas por diferentes observadores en diferentes etapas del desastre. En el caso de CRYRZA su estimación de daños totales varió entre 477×10^6 US\$ y 573.4×10^6 US\$ (año 1970); otro organismo, el CAEM, cifra las pérdidas en 799.9×10^6 US\$. En todos los casos el rubro más importante corresponde a vivienda (entre un 40% y un 48% del total de pérdidas); las pérdidas en transporte y comunicaciones representan un 14% a un 23% y la agricultura entre un 7% y un 20%. El total de viviendas destruidas fue de 137,924 y 45,463 adicionales quedaron en mal estado; en cuanto a las escuelas, se calculó que 6,730 aulas fueron destruidas. Esto implica grados muy elevados de destrucción de la estructura urbana (más del 50% en varias localidades) y un elevado número de víctimas cuya estimación varía entre 38,000 y 70,000 personas.

En la Sección 3.4.3 se analizan los efectos económicos posteriores al sismo, para lo cual se trata

costs. The quantification of the seismic risk, in the same localities indicated in Document No. 4, is treated in more detail; models of temporary occurrence without memory.

Chapter 3.3 describes briefly the characteristics of the earthquake of 31 May 1970, which will be treated as one of the probable events. Chapter 3.4, in which are analyzed the economic consequences of the earthquake, constitutes the fundamental contribution of this paper. Section 3.4.1 describes the situation before the earthquake in the areas of the Callejón de Huaylas, of Chimbote-Huarney and others, which constitute the zone affected by the earthquake; it describes the regional and occupational configuration, the characteristic of the populated centers, noting that some of the risks were foreseeable to a large extent, given the condition and the distribution of the buildings as well as the increase in population. For example, the Hydroelectric Plant of Huallanca, of vital importance with its 100 MW, had already suffered damages on other occasions and was vulnerable to different risks.

Special attention is given to the growth and sectorial distribution of the population on the basis of census data; the economically active population was 400,000 inhabitants in the andean zone and about 500,000 in the coastal zone. The whole of the affected zone represented 9.6% of the industrial employment of the country and a similar percentage in aggregate value.

Section 3.4.2 gives the evaluation of damages and economic effects, but not without noting the discrepancies which usually present themselves between evaluations made by different observers at different stages of the disaster. In the case of CRYRZA, their estimate of total damages varied between 477×10^6 US\$ and 573.4×10^6 US\$ (year 1970); other organization, CAEM, placed the losses at 799.9×10^6 US\$. In all cases the most important item corresponds to housing (between 40% and 48% of the total loss); the loss in transportation and communications represented 14% to 23% and in agricultural between 7% and 20%. The total number of houses destroyed was 137,924 whereas 45,463 additional houses were left in bad condition; concerning schools, it was calculated that 6,730 school rooms were destroyed. This implies a very high degree of destruction of the urban structure (more than 50% in many localities) and a high number of victims whose estimate varies between 38,000 and 70,000 persons.

Section 3.4.3 analyzes the economic effects after the earthquake; separate treatment is given to the period

separadamente el período de emergencia y ayuda (Sección 3.4.3.1) del período de reconstrucción e inversiones (Sección 3.4.3.2). En el primero se analiza el problema de la escasez de bienes, los problemas de oferta y demanda y sus consecuencias. La incidencia de la ayuda exterior y las donaciones enviadas a la zona afectada es analizado. En cuanto a la reconstrucción e inversiones destaca el hecho de que el Comité Nacional de Emergencia (CNE) fue sustituido por CRYRZA al orientar los esfuerzos hacia una perspectiva de mayor alcance; esta entidad elaboró un programa de inversiones de 1359×10^6 US\$ de los cuales 939×10^6 US\$ estaban estrictamente destinados a la zona afectada y el resto, para apoyar el desarrollo de la región; no se incluye aquí la inversión privada y extranjera. Se indica en esta Sección 3.4.3.2 la distribución sectorial de la inversión programada.

En el Capítulo 3.5 se incluyen consideraciones generales sobre las dificultades de lograr información adecuada, así como observaciones sobre la posibilidad de reducir pérdidas adoptando medidas racionales de prevención sísmica.

Los 6 Anexos complementan la información estadística del Capítulo 3.4.

DOCUMENTO No. 10

REFERENCIA: "Expected building losses caused by earthquakes", J. Grases, presentado en la Reunión General del Proyecto SISRA, San Juan 22-30 de Septiembre de 1984, 19 p.

Resumen del Contenido: Este trabajo es una síntesis del algoritmo utilizado en el cálculo de pérdidas en el Proyecto ECOSIS (Fase I y parte de la Fase III). Contiene igualmente un resumen de los resultados de su aplicación al caso correspondiente al terremoto de Caracas del 29 de Julio de 1967.

of emergency and aid (Section 3.4.3.1) and the period of reconstruction and investment (Section 3.4.3.2). In the first period are analyzed the problems of the scarcity of goods, of offer and demand and their consequences. The incidence of the external help and donations sent to the affected zone is also analyzed. Concerning the reconstruction and investment period the outstanding fact is that the National Committee of Emergency (CNE) was substituted by CRYRZA to orient the efforts towards a perspective of broader scope; this activity prepared a program of investments of 1359×10^6 of which 939×10^6 US\$ were strictly destined for the affected zone and the rest to support the development of the region; not included here is the private or foreign investment. In this Section 3.4.3.2, the sectorial distribution of the programmed investment is indicated.

Chapter 3.5 includes general considerations concerning the difficulties of obtaining adequate information, as well as observations concerning the possibility of reducing losses adopting rational measures of seismic prevention.

The 6 Appendices complement the statistical information of Chapter 3.4.

DOCUMENT No. 10

REFERENCE: "Expected building losses caused by earthquake", J. Grases, presented in the General Meeting of Project SISRA, San Juan 22-30 September 1984, 19 p.

Summary of the Contents: This paper is a synthesis of the algorithm used in the calculation of losses in Project ECOSIS (Phase I and part of Phase III). It also contains a summary of the results of an application to the case corresponding to the earthquake of Caracas of 29 July 1967.

DOCUMENTO No. 11

REFERENCIA: "Estudio de microtrepidaciones en Chimbote". D.E. Chávez F., N. Taniwangsa de Chavez y J.E. Alva Hurtado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, presentado al Forum Recursos Hídricos del Río Santa, 18-20 Noviembre 1983, 19 p. más figuras y mapas. (Incluido en Cap. 2, Sección 2.3, Vo. 13B).

Resumen del Contenido: Se presentan los resultados de ensayos de microtrepidaciones en Chimbote como parte del proyecto SISRA-ECOSIS. Además de los ensayos de microtrepidaciones, a partir de los resultados de perforaciones geotécnicas se modeló la estratigrafía del subsuelo en zonas de Chimbote y se calcularon los periodos naturales del suelo mediante programas de cálculo automatizado basados en la propagación unidimensional de ondas. Los valores predichos son comparados con las mediciones de campo, los cuales fueron previamente digitizados, corregida su línea base y construidos los histogramas de periodos. Los máximos de estos histogramas fueron seleccionados como período predominante.

Como resultado de este trabajo se propone dividir la ciudad de Chimbote en tres zonas para lo cual los suelos son clasificados en base a los periodos dominantes, el promedio y el mayor, así como la amplitud de los registros.

DOCUMENTO No. 12

REFERENCIA: "Vulnerabilidad sísmica de Chimbote y Huaraz". Edwin A. Ordóñez H., Hugo J. Barrón S. y Jorge E. Alva Hurtado. 18 p. más 11 Tablas más 17 Figuras. (Incluido en Cap. 2, Sección 2.2, Vol. 13B).

Resumen del Contenido: En este trabajo se compilan los resultados obtenidos en las tesis de los dos primeros autores (Documentos No. 6 y No. 7) y los resultados de estudios de microtrepidaciones (Documento No. 11). Los valores de las pérdidas probables determinadas en base a métodos empíricos, son consistentes con el intervalo de ocurrencia de sismos similares al del 31 de Mayo de 1970.

DOCUMENT No. 11

REFERENCE: "Study of Microtremors in Chimbote", D.E. Chávez F., N. Taniwangsa de Chávez and J.E. Alva Hurtado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, presented at the Forum of Hydric Resources of the Santa River, 18-20 November 1983, 19 p. plus figures and maps (Included in Chapter 2, Section 2.3 of Vol. 13B).

Summary of Contents: Results of measurements of microtremors in Chimbote are presented as part of Project SISRA-ECOSIS. Besides the measurements of microtremors, and from the results of geotechnical perforations, the stratigraphy of the subsoil in the zone of Chimbote was modelled and the natural periods of the soil were calculated with computer programs, based on the unidimensional propagation of waves. The above values are compared with field measurements, which were previously digitized, their base line corrected and the histograms of periods constructed. The maxima of these histograms were selected as predominant period.

As a result of this work it is proposed to divide the city of Chimbote into three zones for which the soils are clasified on the basis of predominant periods, the mean and the greatest as well as the amplitude of the records.

DOCUMENT No. 12

REFERENCE: "Seismic Vulnerability of Chimbote and Huaraz", Edwin A. Ordóñez, H. Hugo J. Barrón S. and Jorge E. Alva H., 18 p. plus 11 tables and 17 figures. (Included in Chapter 2, Section 2.2, Vol. 13B).

Summary of the Contents: The results obtained in the thesis is of the first two authors (Document No. 6 and 7) and the results of the study of microtremors (Documents No. 11) are given. The values of the probable losses, determined on the basis of empirical methods are solid with the interval of occurrence of earthquake similar to that of 31 May 1970.

DOCUMENTO No. 13

REFERENCIA: "Evaluación del riesgo sísmico de algunas ciudades de Ancash". Edwin A. Ordóñez H., Hugo Barrón S. y Jorge E. Alva Hurtado. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, presentado al Forum Recursos Hídricos del Río Santa, 18-20 Noviembre 1983, 11 p. más 9 Figuras.

Resumen del Contenido: En este trabajo se presentan resultados de las evaluaciones del riesgo sísmico en localidades del Dep. de Ancash. Las correspondientes a Chimbote y Huaraz están incorporados en los Documentos No. 6 y No. 7 respectivamente.

DOCUMENTO No. 14

REFERENCIA: "Aspectos sismológicos, sismotectónicos y geológicos del terremoto del 31 de Mayo, 1970". E. Deza, P. Huaco, T. Anconeira, R. Canaviri, M. Minaya y V. Tolentino. Proyecto ECOSIS, Lima 1984, 35 p. más 22 figuras. (Incluido en el Cap. 2, Sección 2.1, Vol. 13B).

Resumen del Contenido: Se revisa la información sismológica y las condiciones previas al terremoto del 31 de Mayo de 1970. Contiene una descripción general del área, con énfasis en los aspectos de geodinámica de las cordilleras Negra y Blanca del Perú; en particular se discute el potencial de deslizamiento y las posibilidades de predicción con fines de prevención. Igualmente se presenta una síntesis de la geología y de la historia sísmica del área afectada.

La distribución espacial y temporal de la actividad sísmica es analizada con la finalidad de conocer los intervalos de ocurrencia; se destaca la aparente migración de focos en dirección Norte-Sur y viceversa. Se presenta una síntesis de los grandes lineamientos de fallas activas y aspectos sismotectónicos. Los autores proponen familias de curvas de atenuación de intensidades en dirección paralela a la costa y a los Andes, y otra perpendicular a esta; la primera resultó atenuar menos que la segunda. Estos valores son propuestos como preliminares para ser utilizados en el área andina.

En adición a las características sismológicas del sismo, se da información sobre su mecanismo focal y se revisa la ocurrencia de réplicas así como su secuencia temporal de ocurrencia.

DOCUMENT No. 13

REFERENCE: "Evaluation of the seismic risk in some cities of Ancash", Edwin A. Ordóñez, Hugo Barrón S. and Jorge E. Alva Hurtado. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, presented to the Forum of Hydric Resources of the Santa River, 1820 November 1983, 11 p. plus 9 figures.

Summary of Contents: The results of the evaluation of the seismic risk in localities of the department of Ancash are presented. Those corresponding to Chimbote and Huaraz are incorporated in Documents No. 6 and 7 respectively.

DOCUMENT No. 14

REFERENCE: "Seismological, sismotectonic and geological aspects of the earthquake of 31 May 1970", E. Deza, P. Huaco, T. Anconeira, R. Canaviri, M. Minaya and V. Tolentino. Project ECOSIS, Lima 1984, 35 p. plus 22 figures. (Included in Chapter 2, Section 2.1, Vol. 13B).

Summary of Contents: The seismological information and the conditions prior to the earthquake of 31 May 1970 are reviewed. A general description of the areas is given, with emphasis on the geodynamical aspects of the Cordilleras Negra and Blanca of Peru; in particular the potential of landslides is discussed and the possibilities of prediction for the purposes of prevention. Also, a synthesis of the geology and the seismic history of the affected area is presented.

The spatial and temporal distribution of the seismic activity is analyzed for the purpose of learning the intervals of occurrence; the apparent migration of foci in direction North-South and viceversa is underlined. A synthesis is presented of the great lineaments of active faults and sismotectonic aspects. The authors propose families of intensity attenuation curves in a direction parallel to the coast and the Andes and also perpendicular to it; the attenuation is less for the former than for the latter. These preliminary results are proposed for use throughout the andean area.

In addition to the seismological characteristics of the earthquake, information is given on the focal mechanism and the occurrence of aftershocks is reviewed as well as the temporary sequence of occurrence.

Visto que en el terremoto del año 1970 los efectos secundarios dieron lugar a efectos mucho más devastadores que las pérdidas directas, en el trabajo se recomienda una evaluación detallada de glaciares y lagunas con fines de prevención sísmica. En particular se citan los resultados de trabajos de campo hechos con posterioridad al 31 de Mayo de 1970, de acuerdo a los cuales fueron múltiples las lagunas naturales afectadas.

DOCUMENTO No. 15

REFERENCIA: "Nota metodológica sobre la estimación econométrica de daños ocasionados por un sismo". Máximo Vega-Centeno. Lima, 17 p. más 1 Tabla. (Cap. 2, Vol. 13C).

Resumen del Contenido: En esta contribución se revisan los procedimientos encaminados al cálculo de pérdidas como consecuencia de las acciones debidas a terremotos. Se destaca la necesidad de disponer de un instrumento de predicción, que permita una estimación rápida y confiable del orden de magnitud de las pérdidas.

Hecha una revisión de procedimientos propuestos por diferentes autores, se propone el empleo de un procedimiento empírico que relaciona las razones de pérdida en función de la magnitud, distancia epicentral al sitio de interés y valor monetario de los activos existentes con anterioridad al terremoto.

Especificado el modelo en base a variables tanto sismográficas como económicas, la estimación de los coeficientes se propone en base a una muestra de terremotos pasados, sus correspondientes efectos, la población afectada y el valor de los activos fijos existentes antes del sismo.

Aceptados esos coeficientes como estables, su aplicación a las observaciones sismográficas y al valor de activos permitiría una estimación eficiente del valor de las pérdidas.

En el trabajo se da una tabla, aun incompleta, de 17 terremotos ocurridos en el Perú entre 1950 y 1974. Los coeficientes del modelo deberían ser obtenidos por mínimos cuadrados generalizados, tomando además en consideración, la naturaleza de la muestra y la distribución de perturbaciones.

En la Sección 2.4 del trabajo se anota la información necesaria para el cálculo de las citadas correlaciones,

Having noted that the earthquake of year 1970 caused secondary effects much more catastrophic than the direct losses, a detailed evaluation of the glaciers and lakes is recommended for the purposes of seismic prevention. The results of the field work carried out after the earthquake of 31 May 1970 are cited; many natural lakes were affected.

DOCUMENT No. 15

REFERENCE: "Methodological note on the econometric estimate of damages caused by the earthquake", Máximo Vega-Centeno and María A. Rémenyi. Appendix to Chapter 3 of Document No. 9, Lima, 19 p. and 1 table.

Summary of Contents: In this contribution, the procedures leading to the calculation of losses as a consequence of the actions due to earthquakes are revised. There is a necessity to have an instrument for prediction which will permit a quick and reliable estimate of the order of magnitude of the losses.

After reviewing procedures proposed by different authors, the use of an empirical procedure is proposed that will relate the rates of loss as a function of magnitude, epicentral distance to the place of interest and the monetary value of the existing assets before the earthquake.

Having specified the model on the basis of seismological as well as economical variables, estimates of the coefficients are made on the basis of a sampling of past earthquakes, their corresponding effects, the population affected and the value of the fixed assets existing before the earthquake.

Having accepted those coefficients as stable, their application to the seismographic observations and to the value of the assets would allow an efficient estimate of the value of the losses.

A table is given, although incomplete, of 17 peruvian earthquakes between 1950 and 1974. The coefficients of the model should be obtained by generalized minimum squares, taking into consideration furthermore the nature of the sample and the distribution of the perturbations.

In Section 2.4 the necessary information is given for the calculation of the stated correlations, and this is

la cual es dividida en los tres grupos que siguen: a) características del sismo (magnitud Richter y distancia epicentral); b) suelos (tipos y delimitación de zonas); c) información económica (población total del país, población de la zona afectada, activo fijo nacional, pérdidas económicas primarias).

DOCUMENTO No. 16

REFERENCIA: "Formulación del algoritmo general para la determinación de pérdidas. Fase III". Coordinador: José Grases. Caracas. Diciembre 1984. (Capítulo 1, Vol. 13C).

Resumen del Contenido: El algoritmo general para la determinación de pérdidas es formulado tomando como base de partida los criterios establecidos en la Fase I de ECOSIS (véase Documentos No. 1 y No. 10). Se ha extendido a acciones sísmicas cualesquiera y en la Sección 1.2 de este documento se establecen los principios generales del modelo de generación de acciones sísmicas; se sintetizan también los principales parámetros que caracterizan las edificaciones y su vulnerabilidad a las acciones sísmicas.

En la Sección 1.3 se desarrollan con detalle todos los pasos incluidos en el algoritmo; no se incluyen relaciones de atenuación y otras relaciones que permiten evaluar las acciones sísmicas cuantitativamente ya que las mismas son de carácter local y deben determinarse en función de la información regional. Se enfatiza en el cálculo y empleo de las funciones de distribución acumuladas de pérdidas y se incorpora la metodología a seguir con las matrices de probabilidad de pérdidas.

En la Sección 1.4 se dan dos alternativas de simulación, entre las cuales destaca el modelo de simulación aleatoria de Monte Carlo. Su aplicación con fines de prevención y defensa civil es discutido en la Sección 1.4.2. Finalmente se compila un glosario con unos 70 términos de uso común en el Proyecto ECOSIS; las referencias consultadas constituyen el principal apoyo de la base metodológica y teórica de las Fases I y III. (Apéndice 3, Vol. 13A)

divided into three groups which follow: a) characteristics of the earthquake (Richter magnitude and epicentral distance); b) soils (types and delimitation of zones); c) economic information (total population of the country, population of the affected zone, fixed national asset, primary economic losses).

DOCUMENT No. 16

REFERENCE: "Formulation of a General algorithm for the determination of losses. Phase III" Coordinator: José Grases, Caracas, December 1984. (Chapter 1, Vo. 13C).

Summary of Contents: The general algorithm for the determination of losses is formulated taking as a base the criteria established in Phase I of ECOSIS (see Documents No. 1 y No. 10). It has been extended to whatever seismic actions may occur and Section 1.2 establishes the general principles of the model for the generation of seismic actions; synthesized also are the principal parameters which characterized the buildings and their vulnerability to seismic actions.

Section 1.3 develops in greater detail all steps including the algorithms; not included are the relations of attenuation and other relations which permit to evaluate quantitatively the seismic actions since they are of a local character and should be determined as a function of the regional information. Emphasis is given to the calculation and use of the functions of accumulated distribution of losses and the methodology to be followed is incorporated with the matrices of the probability of losses.

Section 1.4 gives two alternatives of simulation, of which the random simulation model of Monte Carlo stands out. Its application for the purposes of prevention and civil defence is discussed in Section 1.4.2. Finally a glossary is compiled with some 70 terms of common use in Project ECOSIS; the references consulted constitute the principal support of the methodological and theoretical base for Phases I and III. (Appendix 3, Vol. 13A).

APENDICE 3

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

(i) Términos Relativos a Ingeniería Antisísmica

ACELEROGRAFO: es un instrumento específicamente diseñado para registrar la historia de las aceleraciones debidas a movimientos fuertes del terreno.

ACELEROGRAMA: registro de la variación temporal de las aceleraciones en un punto y en una dirección.

ACELEROGRAMAS DE DISEÑO: es una familia de acelerogramas cuyo espectro promedio de respuesta, correspondiente al amortiguamiento seleccionado, es equivalente al espectro de respuesta elástica asociado a los movimientos de diseño.

ACCION PERMANENTE: representa las cargas gravitatorias debidas al peso de todos los componentes estructurales y no estructurales, tales como muros, pisos, techos, tabiques, equipos de servicio unidos a la estructura y cualquiera otra carga de servicio fija.

ACCION VARIABLE: es la carga originada por el uso y ocupación del edificio, excluidas las cargas permanentes, de viento o sismos.

ACCIONES SISMICAS: son fenómenos naturales debidos a la ocurrencia de sismos tales como la propagación de ondas, inestabilidad del terreno, desplazamiento de fallas, tsunamis, etc.

AMENAZA SISMICA: cuantifica la ocurrencia esperada de futuras acciones sísmicas, expresada en términos de sus probabilidades de excedencia. También se denomina peligrosidad.

ANALISIS DINAMICO: es un análisis de superposición modal en el cual las acciones sísmicas se caracterizan mediante un espectro de diseño.

APENDICES: son partes arquitectónicas, como marquesinas, antepechos y elementos de fachada.

CAPACIDAD DE ABSORCION DE ENERGIA: es la capacidad de absorber energía de deformación y está medida por la tenacidad. La energía absorbida es igual a la suma de la energía disipada y la restituída.

CAPACIDAD DE DISIPACION DE ENERGIA: es la propiedad de disipar energía en el rango de deformaciones no

APPENDIX 3

GLOSSARY OF TECHNICAL TERMS

(i) Earthquake Engineering Terms

ACCELEROGRAPH: An instrument specifically designed to record the history of the accelerations due to strong movements of the ground.

ACCELEROGRAM: Record of the temporary variation of the accelerations at a given point and in a given direction.

DESIGN ACCELEROGRAMS: A family of accelerograms whose mean response spectrum, corresponding to the damping selected, is equivalent to the spectrum of the elastic response associated with the design movements.

PERMANENT ACTION: Represents the gravitational loads due to the weight of all of the structural and non-structural components, such as walls, floors, roofs, partitions, service equipment joined to the structure and whatever other fixed service load.

VARIABLE ACTION: The load originated by the use and occupation of the building, excluding the permanent loads, and wind or earthquake.

SEISMIC ACTIONS: Natural phenomena due to the occurrence of earthquakes such as wave propagation, instability of the ground, displacement of faults, tsunamis, etc.

SEISMIC HAZARD: A quantification of the expected occurrence of future seismic actions, expressed in terms of their probabilities of exceedence.

DYNAMIC ANALYSIS: An analysis of modal superposition in which the seismic actions are characterized by means of a design spectrum.

APPENDICES: Architectonic components, such as awnings, balconies parapets and elements of the facade.

CAPACITY OF ABSORPTION OF ENERGY: The capacity to absorb energy of deformation, measured by toughness. The energy absorbed is equal to the sum of the energy dissipated and the energy restored.

CAPACITY OF DISSIPATION OF ENERGY: The property to dissipate energy in the range of non-elastic

- elásticas; se relaciona directamente con la ductilidad.
- CARGA PLASTICA LIMITE:** es la carga máxima que se alcanza cuando se ha formado un número suficiente de rótulas plásticas, ocurriendo incrementos significativos de deformación sin incrementos adicionales de carga
- CARGA DE SERVICIO:** suma de las cargas permanentes y variables, sin factores de recarga.
- CEDENCIA:** estado en el cual un material exhibe una desviación especificada de la proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones.
- COEFICIENTE SISMICO:** es el cociente entre la fuerza cortante horizontal que actúa en el nivel de base y el peso total por encima del mismo.
- COEFICIENTE SISMICO A NIVEL CEDENTE:** es el coeficiente sísmico correspondiente a la carga plástica límite.
- COLAPSO:** véase Ruina.
- CONFIGURACION ESTRUCTURAL:** disposición de los elementos del sistema resistente a sismos.
- DEMANDA DE DUCTILIDAD:** es igual al cociente entre el máximo valor del desplazamiento alcanzando por un sistema durante su respuesta y el desplazamiento cedente.
- DERIVA:** es la diferencia entre el desplazamiento de un nivel dado y el del inmediato inferior.
- DESPLAZABILIDAD:** Capacidad potencial de trasladarse.
- DIAFRAGMA:** es una parte de la estructura, generalmente horizontal, con suficiente rigidez en su plano, diseñada para transmitir las fuerzas a los elementos verticales del sistema resistente a sismos.
- DUCTILIDAD:** es aquella propiedad de los cuerpos en virtud de la cual pueden alcanzar deformaciones permanentes significativas sin pérdida de resistencia.
- DUCTILIDAD DISPONIBLE:** es la demanda de ductilidad que puede aceptar un sistema, asociada a una pequeña probabilidad de ruina (véase Factor de Ductilidad).
- DUCTILIDAD ULTIMA:** es la demanda de ductilidad asociada a una elevada probabilidad de ruina.
- EFFECTO P- :** es el efecto secundario producido por las cargas axiales y las flechas laterales sobre los momentos flectores en los miembros.
- deformation; it is related directly to ductility.
- LIMIT PLASTIC LOAD:** The maximum load reached when a sufficient number of plastic hinges have been formed, with significant increases of deformation without additional increases of load.
- SERVICE LOAD:** The sum of the permanent and variable loads, without loading factors.
- YIELD:** State in which the material exhibits a specified deviation of the proportionality between forces and deformations.
- SEISMIC COEFFICIENT:** The quotient between the shear horizontal force which acts at base level and the total weight on top of it.
- SEISMIC COEFFICIENT AT YIELD LEVEL:** A seismic coefficient which corresponds to the limits plastic load.
- COLLAPSE:** See Ruin.
- STRUCTURAL CONFIGURATION:** The disposition of the elements of the earthquake resistant system.
- DUCTILITY DEMAND:** Equal to the quotient between the maximum value of displacement reached by a system during its response and the yield displacement.
- DRIFT:** The difference between the displacement from a given level and of the immediate lower level.
- DISPLACEABILITY:** The capacity to be displace.
- DIAPHRAGM:** Part of the structure, generally horizontal with sufficient rigidity in its plane, designed to transmit the forces to the vertical elements of the earthquake-resistant system.
- DUCTILITY:** That property of the bodies in virtue of which they can reach permanent significant deformations without loss of resistance.
- AVAILABLE DUCTILITY:** The demand of ductility that a system can accept, associated to a small probability of ruin (see Factor of Ductility).
- FINAL DUCTILITY:** The ductility demand associated to a high probability of ruin.
- P- EFFECT:** The secondary effect produced by the axial loads and the lateral vectors on the flexing moments in the members.

ESPECTRO: define la respuesta máxima de osciladores de un grado de libertad y de un mismo amortiguamiento, sometidos a una historia de aceleraciones dada, expresada en función del período.

ESPECTRO DE DISEÑO: son espectros asociados a los sismos de diseño, en los cuales se ha incorporado el factor de reducción de respuesta correspondiente al sistema resistente a sismos.

ESTADO LIMITE: condición en la cual una estructura o una parte de ella cesa de satisfacer una o más de las funciones para las cuales fue diseñada. Pueden clasificarse en dos categorías: (1) estados límites de servicio, relacionados a las condiciones de uso de la estructura y (2) estados límites de agotamiento, que corresponden a la capacidad portante de la estructura; normalmente la seguridad estructural es referida a este tipo de estados límites.

FACTOR DE DUCTILIDAD: es un valor que describe la ductilidad global esperada del sistema resistente a sismos, el cual cuantifica la relación entre los desplazamientos máximos reales y los desplazamientos calculados suponiendo un comportamiento elástico lineal de la estructura (similar a Ductilidad Disponible).

FACTOR DE REDUCCION DE RESPUESTA: es el factor que divide las ordenadas del espectro de respuesta elástica para obtener el espectro de diseño.

FUERZA CORTANTE TOTAL O BASAL: es la fuerza cortante horizontal originada por las acciones sísmicas en el nivel de base.

FUERZAS DE DISEÑO: son las fuerzas que representan la acción sísmica sobre la edificación o sus componentes; están especificadas a nivel de cedencia incluyendo los efectos torsionales.

FUNCION DE AMENAZA $h(t)$: es una función de densidad de probabilidades de una variable aleatoria T que mide el tiempo entre sucesos, tal que $h(t) dt$ representa la probabilidad de que el suceso ocurra en el intervalo de tiempo $(t; t + dt)$ dado que no ha ocurrido antes del tiempo t .

FUNCION DE PERDIDAS: relación entre el valor esperado del porcentaje de pérdidas y el parámetro de respuesta empleado para caracterizar los estados límites.

LICUEFACCION: transformación temporal de suelos sueltos, en una masa fluida durante un sismo.

MOVIMIENTOS DE DISEÑO: son aquellos movimientos máximos del terreno asociados a los sismos de diseño. Su

SPECTRUM: The maximum response of oscillators of one degree of freedom and of the same damping, submitted to a given history of accelerations, expressed as a function of period.

DESIGN SPECTRUM: Spectra associated with design earthquakes, in which the reduction factor of the response corresponding to the earthquake-resistant system has been incorporated.

LIMIT STATE: The condition whereby a structure or part of it ceases to satisfy one or more of the functions for which it was designed. It can be classified in two categories: (1) limit states of service, related to the conditions of use of the structure and (2) limit states of exhaustion, which correspond to the bearing capacity of the structure; normally the structural safety is referred to this last type of limit states.

DUCTILITY FACTOR: A value which describes the global ductility expected of the earthquake-resistant system, which quantifies the relation between the real maximum displacements and the calculated displacements assuming lineal elastic behaviour of the structure (similar to Available Ductility).

RESPONSE REDUCTION FACTOR: The factor which divides the ordinates of the spectrum of elastic response to obtain the design spectrum.

TOTAL BASE SHEAR OR FORCE: The horizontal shear force originated by the seismic actions at the level of the base.

DESIGN FORCES: The forces which represent the seismic action on the building or its components; they are specified at the level of yield including the torsional effects.

HAZARD FUNCTION $h(t)$: A probability density function of a random variable T that measures the time between events, such that $h(t) dt$ represents the probability that the event occurs in the interval of time $(t; t + dt)$ given that it has not occurred before time t .

LOSS FUNCTION: The relation between the expected value of the percentage of losses and the response parameter used to characterized the boundary states.

LIQUEFACTION: Temporary transformation of loose soil into a fluid mass, during an earthquake.

DESIGN MOVEMENTS: Those maximum movements of the ground associated with the design earthquakes. Their

- probabilidad de excedencia** es seleccionada en función de la obra a diseñar.
- probability of exceedence** is selected as a function of the work to be designed.
- MUROS ESTRUCTURALES:** son aquellos muros especialmente diseñados para resistir combinaciones de cortes, momentos y fuerzas axiales inducidas por los movimientos sísmicos y/o las acciones gravitacionales.
- STRUCTURAL WALLS:** Those walls specially designed to resist a combination of shear forces moments and axial forces induced by seismic movements and/or gravitational actions.
- NIVEL DE BASE:** es el nivel de la edificación donde se admite que las acciones sísmicas se transmiten a la estructura.
- BASE LEVEL:** The level of the building at which it is admitted that seismic actions are transmitted to the structure.
- NIVEL DE DISEÑO:** es un conjunto de prescripciones normativas asociado a un determinado factor de ductilidad, que se aplica en el diseño de los miembros del sistema resistente a sismos.
- DESIGN LEVEL:** A set of normative prescriptions associated to a given ductility factor which are used in the design of the members of the earthquake resistant system.
- PERIODO DE RETORNO:** duración media entre ocurrencias de un determinado evento.
- RETURN PERIOD:** The medium period between occurrences of a given event.
- PORCENTAJE DE PERDIDA:** es la fracción del valor de reemplazo que cuantifica las pérdidas (daños) como consecuencia de acciones externas.
- PERCENTAGE OF LOSS:** A fraction of the replacement value that quantifies the losses (damages) as a consequence of external actions.
- REGIONES CRITICAS:** son aquellas regiones de los componentes del sistema resistente a sismos en las cuales pueden ocurrir elevadas demandas de ductilidad.
- CRITICAL REGIONS:** Those regions of the components of the earthquake resistant system in which high demands of ductility can occur.
- RESPUESTA SISMICA:** describe la respuesta dinámica de una estructura dada, a acciones de tipo sísmico.
- SEISMIC RESPONSE:** Describes the dynamic response of a given structure to seismic type actions.
- RIESGO SISMICO:** es la probabilidad de que en un determinado sitio y durante un cierto tiempo de exposición, las consecuencias económicas o sociales de los sismos, expresadas en unidades monetarias o en víctimas, exceda valores prefijados.
- SEISMIC RISK:** The probability that in a given place and during a certain time of exposure, the economic or social consequences of earthquakes, expressed in monetary units or in victims, exceed a preestablished value.
- ROTULA PLASTICA:** es una zona de cedencia que se forma en un componente del sistema resistente a sismos, en la cual pueden ocurrir incrementos importantes en las rotaciones sin incrementos significativos del momento actuante.
- PLASTIC HINGE:** The zone of yielding which is formed in a component of the earthquake resistant system, in which important increases in the rotations can occur without significant increases of the acting moment.
- RUINA:** pérdida de estabilidad de la edificación; ocasionalmente aparece bajo la designación de desplome.
- RUIN:** Loss of stability of the building; occasionally appears under the designation of collapse.
- SINTESIS TECTONICA:** consiste en la descripción, ubicación y geometría de las fallas geológicas y zonas sísmicas potencialmente activas, conjuntamente con la sismicidad asociada.
- TECTONIC SYNTHESIS:** The description, location and geometry of the geological faults and seismic zones potentially active, together with the associated seismicity.
- SISMICIDAD:** término o parámetro que describe la actividad sísmica en una cierta área geográfica.
- SEISMICITY:** Term or parameter which describes the seismic activity in a given geographic area.
- SISMO DE DISEÑO:** es el mayor sismo que, en base a estudios de la historia sísmica y la geología estruc-
- DESIGN EARTHQUAKE:** The largest earthquake which, on the basis of study of the seismic history and the

tural, posee una probabilidad de ocurrencia tal que es apropiado considerarlo en el diseño de estructuras.

SISTEMA RESISTENTE A SISMOS: es aquella parte del sistema estructural que se considera suministra a la edificación la resistencia, rigidez y ductilidad necesarias para soportar las acciones sísmicas.

TSUNAMI: ola marina de altura excepcional, que se genera como consecuencia de un sismo.

VARIABLE ALEATORIA: es una variable numérica asociada con eventos aleatorios y como tal sus valores sólo pueden ser predichos con una probabilidad asociada.

VULNERABILIDAD: grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos expuestos a riesgo, debido a la ocurrencia de fenómenos naturales (acciones externas).

(ii) Términos Relativos a la Economía

BIENES DE CONSUMO: Bienes utilizados directamente por los consumidores para satisfacer sus necesidades; pueden ser bienes de consumo duraderos y no duraderos.

BIENES DE INVERSIÓN: Bienes que están destinados a ser utilizados en una serie de procesos productivos. En el curso de un proceso productivo estos bienes se agotan sólo parcialmente, es decir, sufren desgaste o depreciación. También son llamados bienes de capital.

CANASTA DE CONSUMO: Conjunto de bienes y/o servicios que consume una familia promedio.

CORTO PLAZO: En la teoría de la producción, período de tiempo en el cual existe por lo menos un factor fijo o invariante.

COSTO ECONOMICO: Costos de oportunidad incurridos explícitamente o implícitamente.

COSTOS SOCIALES: Incluye los costos incurridos explícita o implícitamente más los costos impuestos a otros miembros de la sociedad que no son partícipes de una determinada transacción (terceras personas).

COSTOS DE OPORTUNIDAD: Lo que un factor deja de percibir en otras actividades cuando se encuentra empleado específicamente en una.

DEMANDA: Cantidad de bienes o servicios que una persona está dispuesta a adquirir a diferentes precios.

structural geology, has a probability of occurrence such that is appropriate to consider it for the design of structures.

EARTHQUAKE RESISTANT SYSTEM: That part of the structural system which is considered to provide the building the resistance, stiffness and necessary ductility to resist seismic actions.

TSUNAMI: Sea wave of exceptional height, which is generated as a consequence of an earthquake.

RANDOM VARIABLE: A numeric variable associated with random events; its value can only be forecast with an associated probability.

VULNERABILITY: The degree of loss of an element or a group of elements exposed to risk, due to the occurrence of natural phenomena (external actions)

(ii) Economic Terms

CONSUMER GOODS: Goods used directly by consumers to satisfy their needs; they can be durable and non-durable consumer goods.

investment goods: Goods which are destined to be used in a series of productive processes. In the course of a productive process these goods are only partially exhausted, that is, they suffer wear or depreciation. They are also called capital goods.

CONSUMER BASKET: The set of goods and/or services that an average family consumes.

SHORT TERM: The set of goods and/or services that an average family consumes.

ECONOMIC COST: The costs of opportunity incurred explicitly or implicitly.

SOCIAL COSTS: The costs incurred explicitly or implicitly plus the costs imposed to other members of society that are not participants of a given transaction (third parties).

OPPORTUNITY COST: What one factor does not receive from other activities when specifically employed in an activity.

DEMAND: Quantity of goods or services that a person is willing to purchase at different prices.

- ELASTICIDAD:** Proporción entre el cambio porcentual en una variable debido al cambio porcentual en otra variable.
- ELASTICITY:** The proportion between the percentage change of a variable due to the percentage change of an other variable.
- FUNCION PRODUCCION:** Relación técnica entre la combinación de los insumos empleada y el producto obtenido.
- PRODUCTION FUNCTION:** The technical relation between the combination of inputs used and product obtained.
- HETEROSCEDASTICIDAD:** Fenómeno o caso en que las perturbaciones o residuos (error en la ecuación) no tienen variación común.
- HETEROSCEDASTICITY:** Phenomena or case in which the disturbances or residuals (error in the equation) do not have a common variance.
- INGRESO REAL:** Ingreso que no es afectado en su valor por cambios en los precios. Representa el poder de compra.
- REAL INCOME:** Income not affected in its value by changes in the prices. It represents the purchasing power.
- INSUMOS Y MATERIALES:** Son aquellos bienes que están destinados a ser completamente transformados en el curso del proceso productivo. En el proceso productivo se agotan totalmente para dar origen a un bien distinto.
- INPUTS AND MATERIALS:** Those goods which are destined to be completely transformed in the course of the productive process. In the productive process they are totally consumed to give origin to different goods.
- LARGO PLAZO:** Período de tiempo en el cual todos los factores son variables.
- LONG TERM:** Period of time in which all of the factors are variables.
- OFERTA:** Cantidad de bienes y servicios que un productor pone a disposición de eventuales compradores a precios diferentes.
- SUPPLY:** Quantity of goods and services which a producer places at the disposal of eventual buyers at different prices.
- PRECIOS DE EQUILIBRIO:** Precios para los cuales la cantidad que los consumidores están dispuestos a comprar es igual a la que los productores ofrecen en el mercado.
- EQUILIBRIUM PRICES:** Prices for which the quantity which the consumers are disposed to purchase is equal to that which the producers offer in the market.
- POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA:** Es la constituida por todas las personas que realizan actividad económica. Considera a las personas que tienen empleo u ocupadas y a las que buscan empleo o desocupadas.
- ECONOMICALLY ACTIVE POPULATION:** All of the persons which have some economic activity. It considers the persons who are employed or occupied as well as those that seek employment or are unemployed.
- PRODUCTIVIDAD:** Cantidad de producto generado por una unidad de recurso (generalmente trabajo o capital).
- PRODUCTIVITY:** The quantity of the product generated by a unit of resource (generally, labor or capital).
- RECURSO:** Medios o factores utilizables en la producción de bienes o que son ellos mismos bienes.
- RESOURCE:** Means or factors usable in the production of goods or that are goods themselves.