



Science and Technology Research Partnership
for Sustainable Development : **SATREPS**



Asociación de Investigación en Ciencia y Tecnología
para el Desarrollo Sostenible

Enhancement of Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation Technology in Peru

Mejoramiento Tecnologías de Mitigación de Desastres de Terremoto y Tsunami en el Perú



Symposium September 23, 2011



Fumio YAMAZAKI - Carlos ZAVALA



Professor, Chiba University, Japan.

Professor, CISMID-FIC-UNI

Doctor Honoris Causa, UNI, Peru.

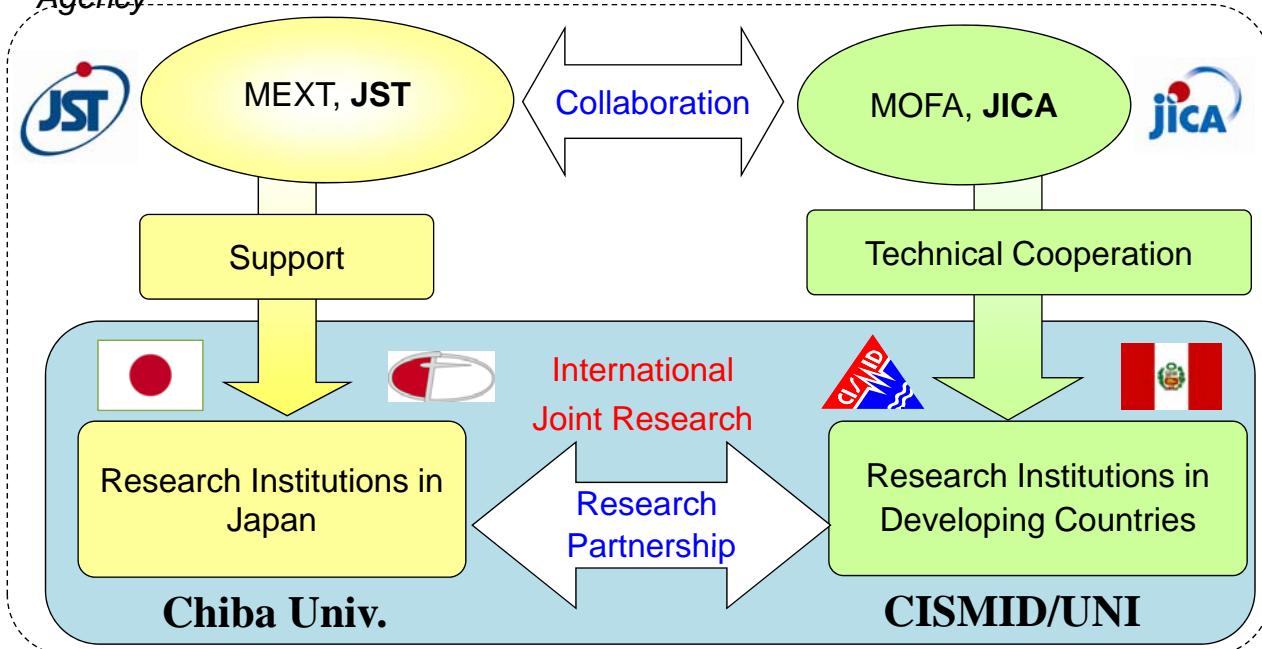
Director of CISMID

1

Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development : **SATREPS**

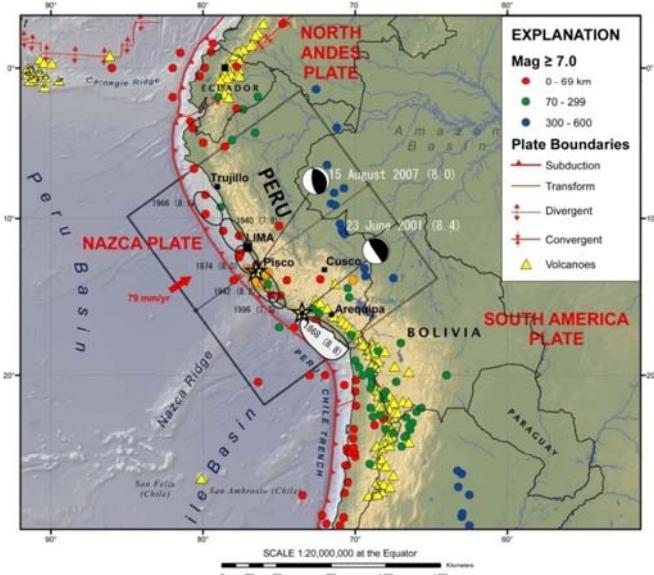
JST: Japan Science and Technology Agency
JICA: Japan International Cooperation Agency

- 1) Environment and Energy
- 2) Bioresources
- 3) Natural Disaster Prevention
- 4) Infectious Diseases Control



Needs of EQ & T Disaster Mitigation in Peru (1)

- Peru locates in the circum-Pacific seismic belt with high seismic and tsunami risks.
- Large inter-plate earthquakes occurred in Atico (2001) and in Pisco (2007), and thus EQ & T disaster mitigation draws significant attention in Peru.



3

Significance of joint research between Peru and Japan

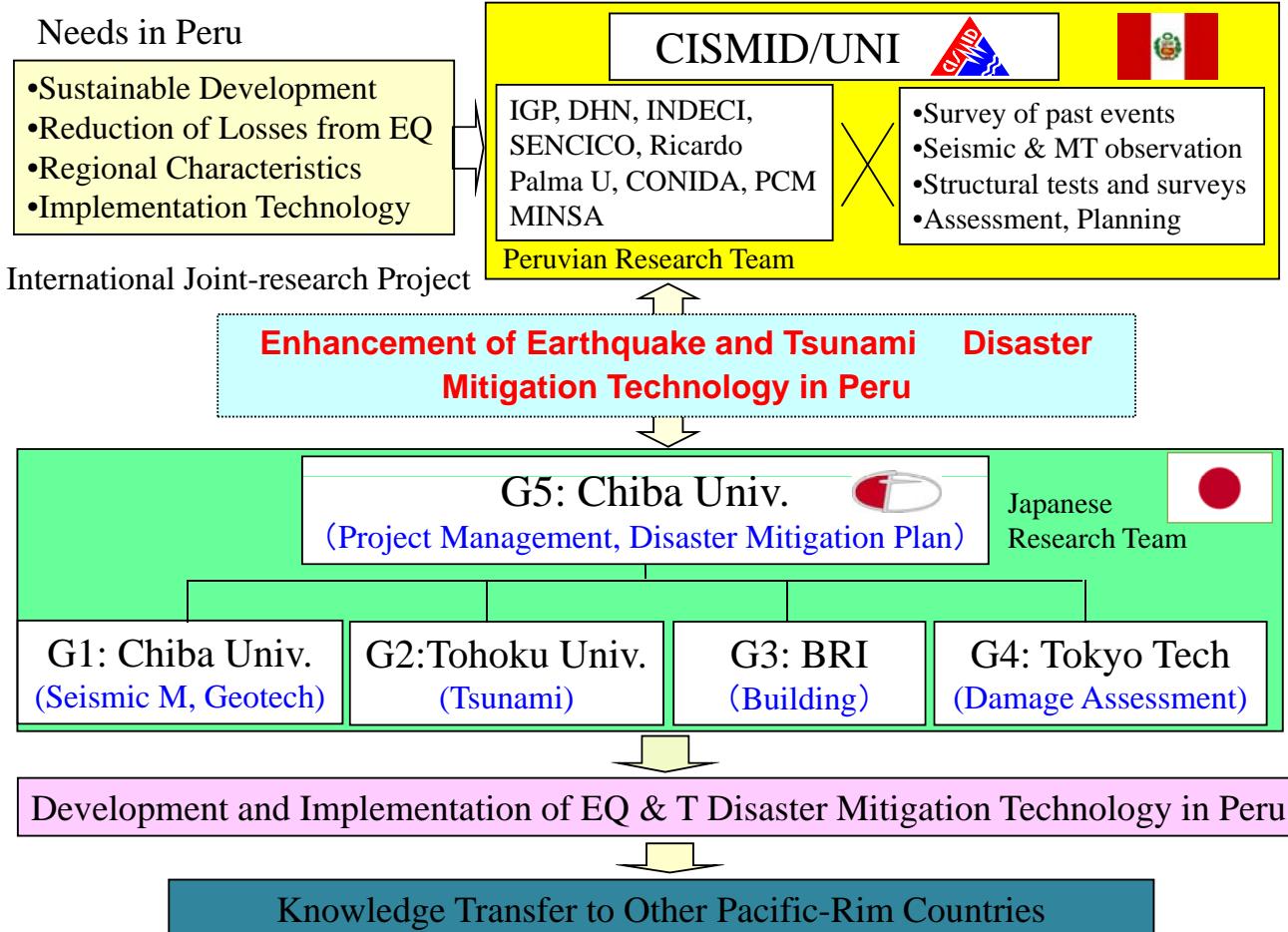
Both countries are located in a similar seismic environment, frequently hit by damaging EQ & T.

- Contribution of Japanese S & T to disaster mitigation in Peru
- Merits to Japanese geoscience since subduction-zone EQs are rare events
- Tsunamis caused by subduction-zone earthquakes in South America sometimes hit Japan (1960, 2010 Chile EQs). Thus the joint-research contributes to the tele-tsunami study in Japan.
- Promotion of disaster mitigation and capacity building through sharing the knowledge from the international joint research

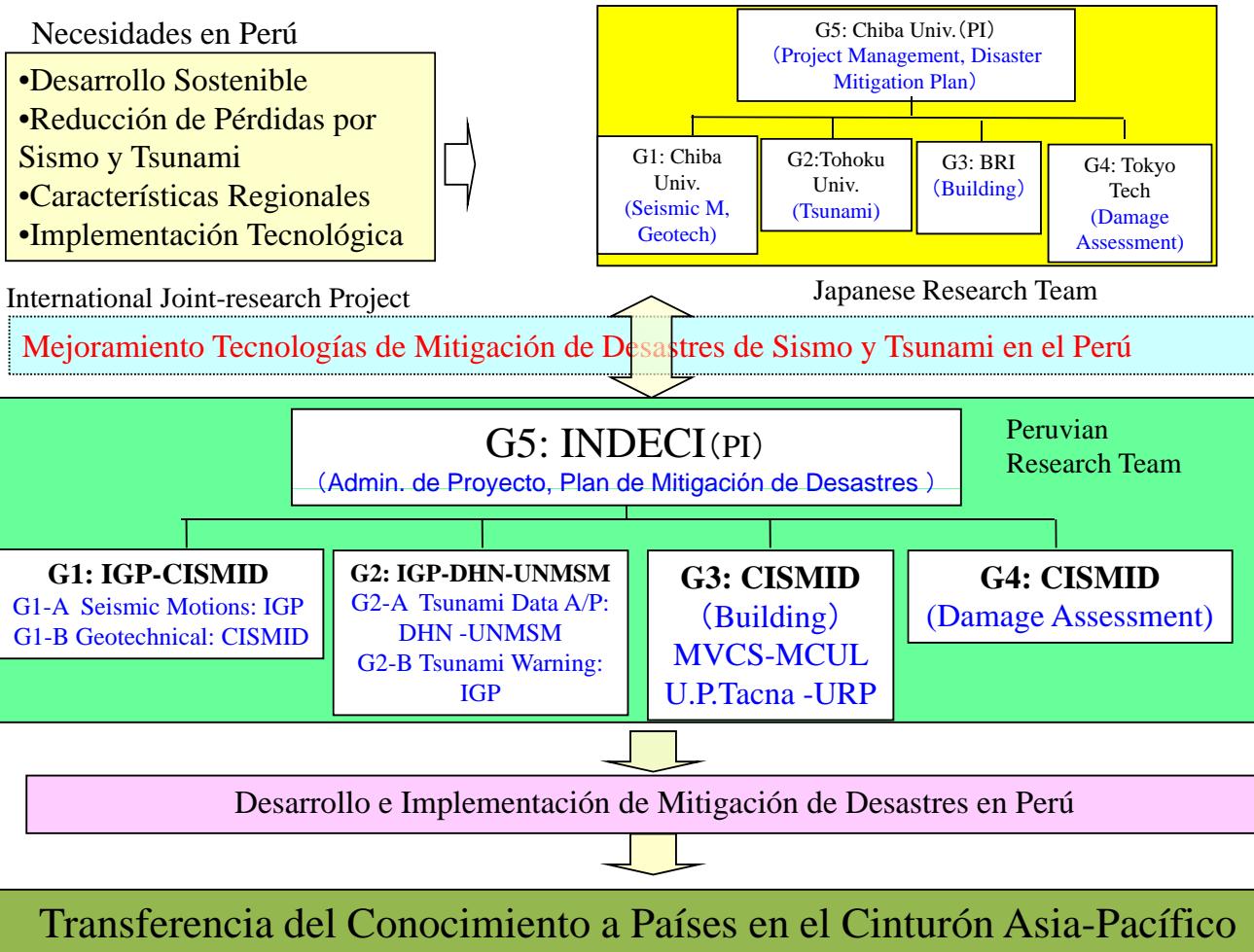


4

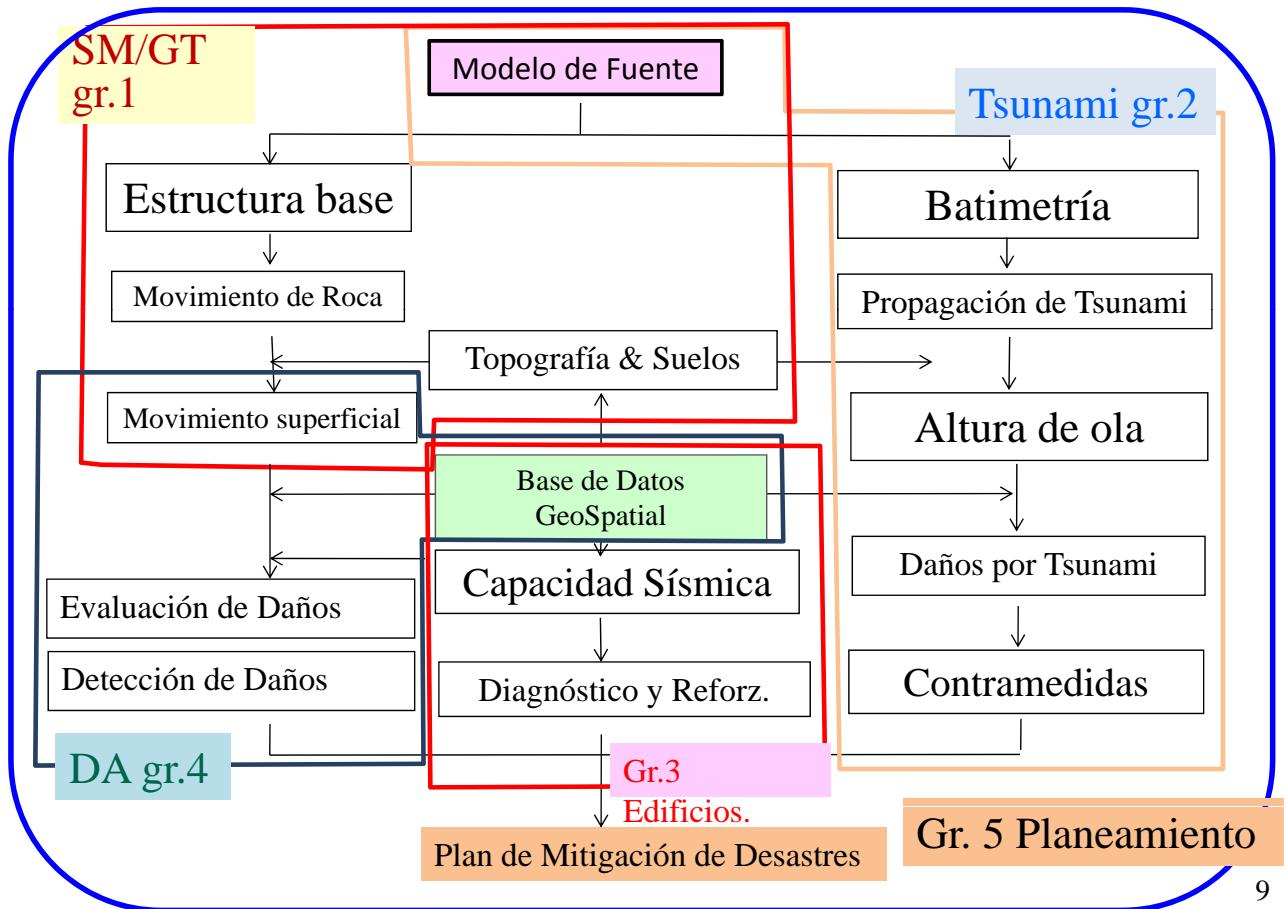
Grupo de Trabajo Japonés



Grupo de Trabajo Peruano



Tópicos de Investigación y Grupos de Trabajo



9

Research Plan

Project Management and Coordination

PI: F. Yamazaki (Chiba U), C. Zavala (CISMID/UNI)

- Project Management, International & domestic coordination
- Public relations, Information dissemination
- International workshops, symposia <http://ares.tu.chiba-u.jp/peru/>

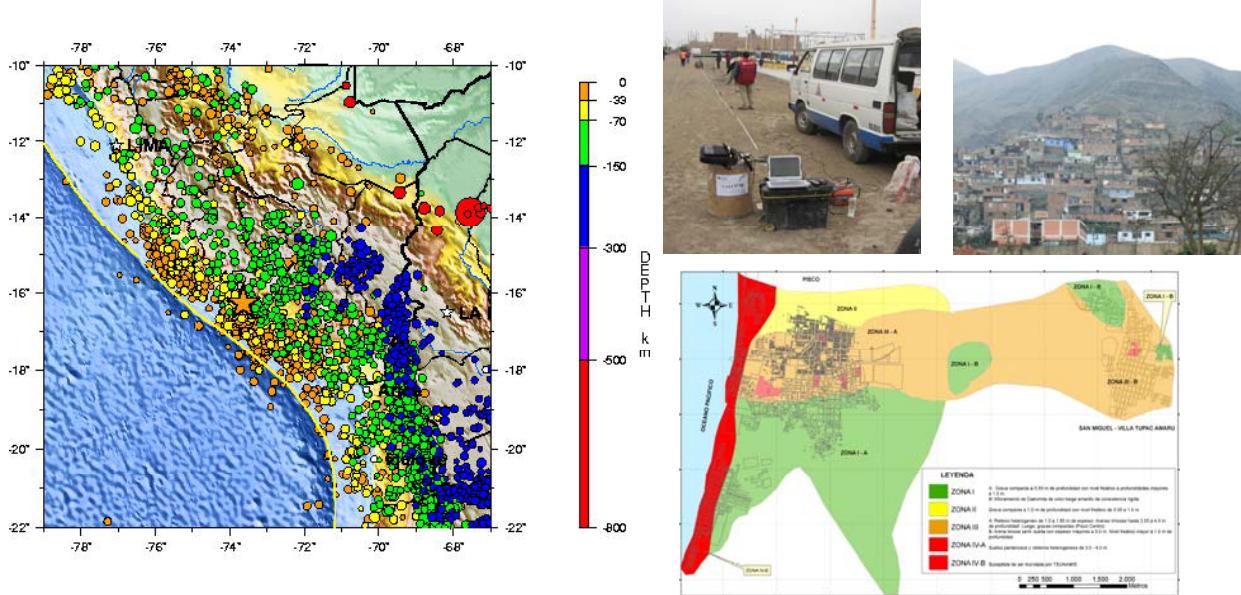


10

G1: Seismic Motion and Geotechnical Issues

GL: S. Nakai (Chiba U), Z. Aguilar (UNI) & H. Tavera (IGP)

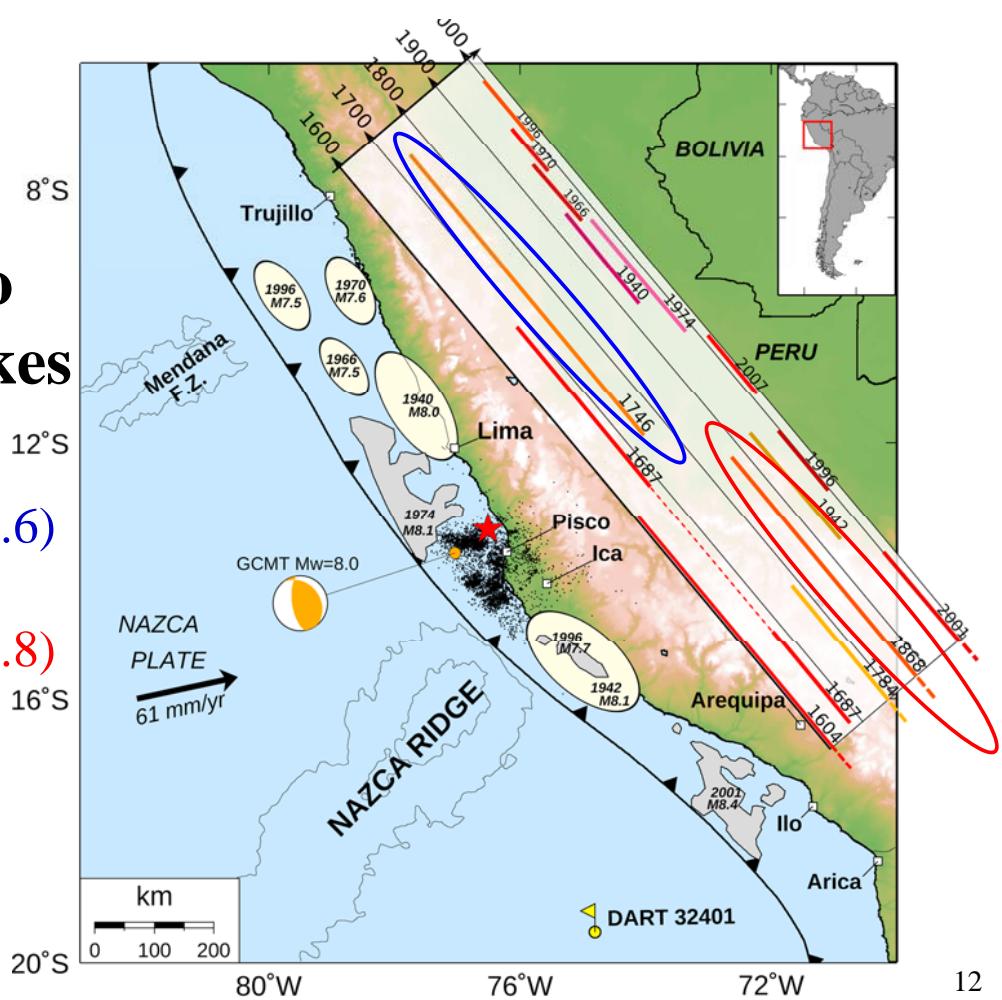
- Source Modeling and Simulation of Seismic Motion
- Microzonation based on EQ and MT observations
- Risk Assessment of Slope Failures



11

Scenario Earthquakes

1746 (Mw=8.6)
and
1868 (Mw=8.8)



12

G2: Tsunami Simulation and Damage Mitigation

GL : S. Koshimura (Tohoku U), C. Jemenez (DHN) & IGP

- Tsunami Source, Propagation and Impacts
- Tsunami Hazard and Impacts Mapping
- Implementation of Tsunami Disaster Mitigation Technology



13

G3: Seismic Resistance of Buildings

GL : T. Saito (BRI), C. Zavala (UNI)

- Develop Database of Structural Tests for Masonry Buildings
- Develop Seismic Diagnosis and Retrofit Technologies
- Assessment and Retrofit of Historical Buildings

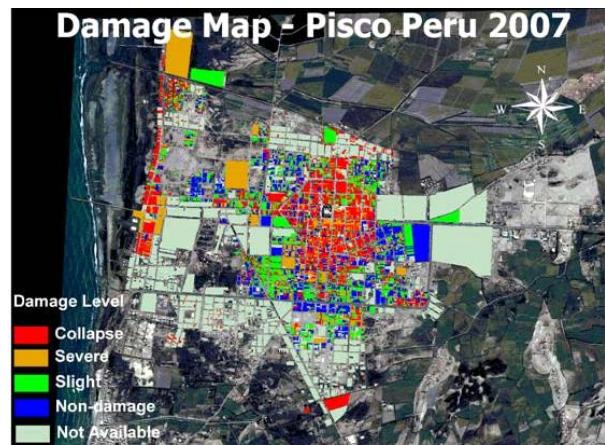
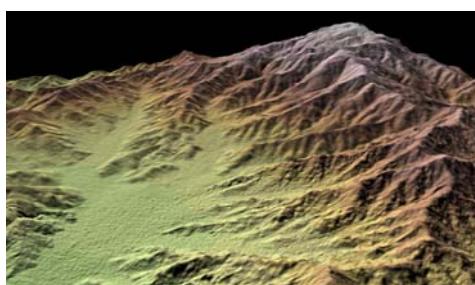


14

G4: Geo-spatial Database and Damage Assessment

GL: S. Midorikawa (Tokyo Tech), M. Estrada (UNI)

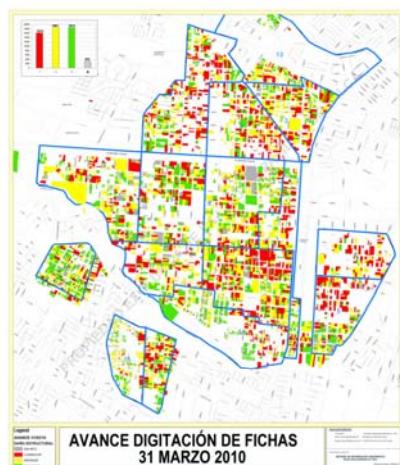
- Development of Geo-spatial Database
- Damage Detection using Satellite Images
- Damage Assessment for Scenario Earthquakes



2.5m DEM by
ALOS/PRISM

15

2010 Chile EQ joint survey (G4+G5)
by 5 SATREPS members



Talca city hall

Comparison of satellite images in Talca



(a) Before EQ
2008/1/1 QuickBird



(b) After EQ
2010/3/10WV



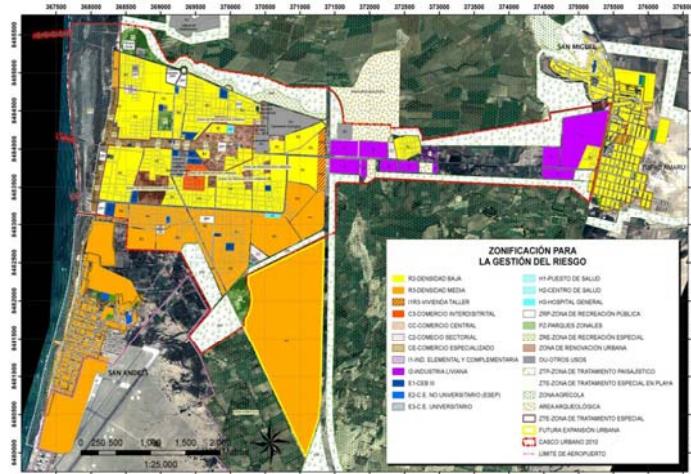
(C) GIS damage map

16

G5: Development of Disaster Mitigation Plan

GL: F. Yamazaki (Chiba U), A. Bisbal (INDECI)

- Formulate **Land-use Policies** for Disaster Mitigation
- Develop **Local Disaster Mitigation Plans** for the **Study Areas**
- Awareness Raising and Dissemination Activities



Land-use plan after the 2007 Pisco EQ (CISMID)



Technical seminar (JICA-Peru, 2004)

17

G5 Activities in 2010-2011

Selection of target areas and field survey

Public Relations

Meeting with INDECI



Field survey in Tacna



Seminar at Peruvian Congress



Recovery survey in Pisco



Meeting at Tacna Private Univ



2010年9月16日
Densa
2010
Aporte de Japón es Importante en el Tema de Desastres

Se dio inicio en Seminario que se realizó en el Congreso de la República
Aporte de Japón es Importante en el Tema de Desastres

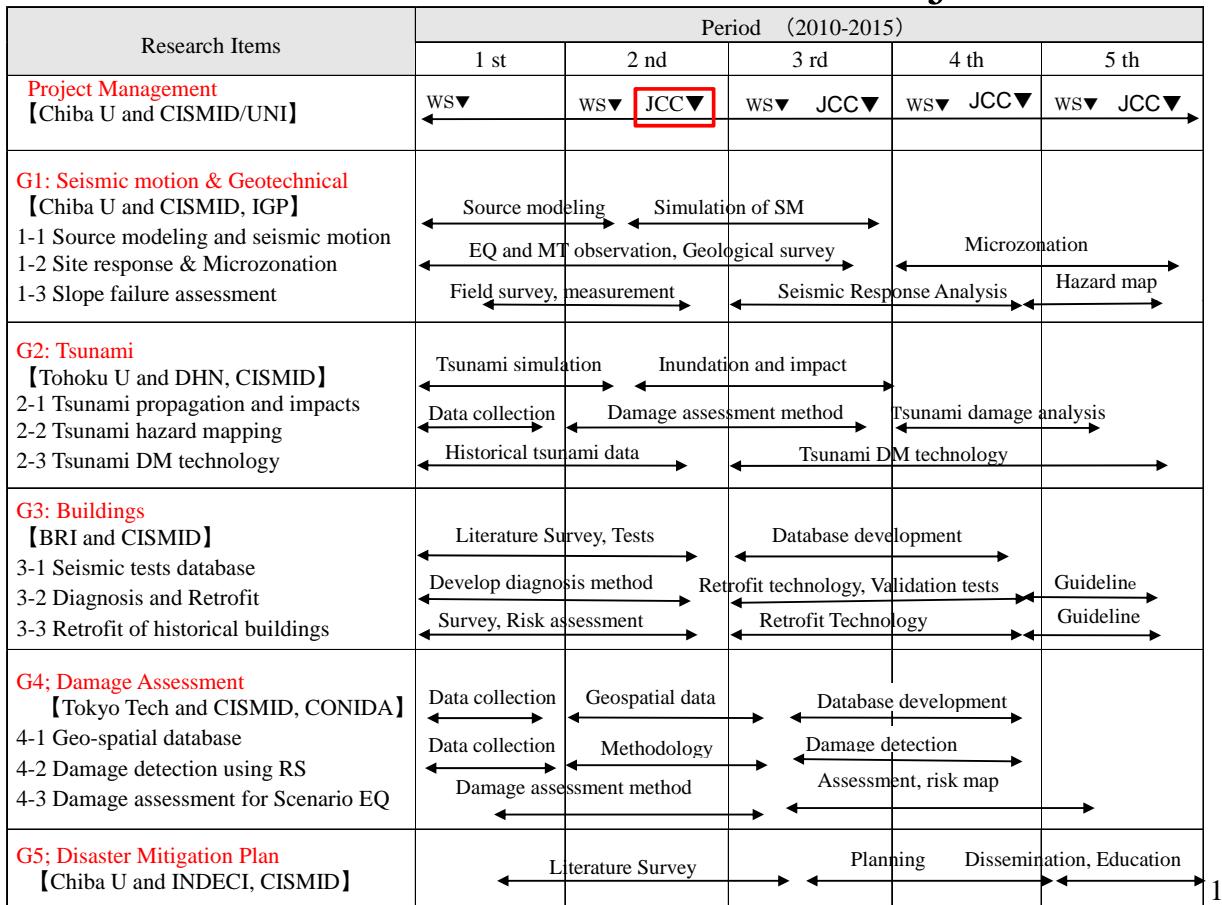
Mr. SHIMIZU "Aporte del Japón en la creación del Banco de Datos en el tema de desastres es muy importante para el desarrollo de las ciencias de la tierra y de las ciencias ambientales en Perú", sostuvo el Dr. Francisco Tsuchiya, director ejecutivo del Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Mr. SHIMIZU "Aporte del Japón en la creación del Banco de Datos en el tema de desastres es muy importante para el desarrollo de las ciencias de la tierra y de las ciencias ambientales en Perú", sostuvo el Dr. Francisco Tsuchiya, director ejecutivo del Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Mr. SHIMIZU "Aporte del Japón en la creación del Banco de Datos en el tema de desastres es muy importante para el desarrollo de las ciencias de la tierra y de las ciencias ambientales en Perú", sostuvo el Dr. Francisco Tsuchiya, director ejecutivo del Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

18

Schedule of the Research Project



19

Equipment List to Peru

Group	Year	Items	Price (Yen)	Price (Dollars)
Seismic Motion & Geotechnical	2010	Strong Motion Network (10 sets)	¥16,786,000	\$215,205
	2010	Microtremor sets (6 sets)	¥9,294,861	\$119,165
	Total		¥26,080,861	\$334,370
Group	Year	Items	Price (Yen)	Price (Dollars)
Tsunami	2010	Tsunami Analysis Computer	¥1,650,596	\$21,161
	2010	High Resolution Satellite Image Data	¥1,519,105	\$19,476
Total			¥3,169,701	\$40,637
Group	Year	Items	Price (Yen)	Price (Dollars)
Building	2011	Dynamic behavior monitoring & test	¥2835000	\$36,346
	2011	Static structural testing	¥26,974,500	\$345,827
	2011	Dynamic structural testing	¥6,329,190	\$81,143
	2011	Material testing	¥13,702,500	\$175,673
	2011	Building monitoring	¥2,992,500	\$38,365
Total			¥52,833,690	\$677,355
Group	Year	Items	Price (Yen)	Price (Dollars)
Damage Assessment	2010-2011	Basic Geo-spatial data	¥8,330,973	\$106,807
	2010-2011	Analysis of Geo-spatial data	¥1,772,426	\$22,723
	2010	Equipment for field survey (GPS and GPS Camera)	¥1,865,400	\$23,915
	2011	Spectroradiometer	¥1,500,000	\$19,231
Total			¥13,468,799	\$172,677
Group	Year	Items	Price (Yen)	Price (Dollars)
Disaster Mitigation Plan	2011	Vehicle for Field Observation (Wagon)	¥2,745,600	\$35,200
Total			¥2,745,600	\$35,200

90% of total budget will be fused by this year.

20

Human Resources Development

In total, 6 to 7 trainees will study from 2010 to 2014 in Japan for earthquake and tsunami disaster mitigation. Travel expense, living costs, and tuitions are supported by JICA.

Period	Person	Organization in Peru	Organization in Japan
2011. 1 - 7	César Omar Jiménez Tintaya	DHN	Tohoku University
2011. 4 - 10	Carlos Eduardo Gonzales Trujillo	CISMID	Chiba University
2011. 4 - 10	Rocio Del Pilar Uriarte Berrios	CISMID	Chiba University
2012. 1 - 7	(To be decided)	CISMID	Building Research Institute

21



Science and Technology Research Partnership
for SDevelopment : **SATREPS**



Asociación de Investigación en Ciencia y Tecnología
para el Desarrollo Sostenible

Progress of SATREPS Peru Project & Improvement of La Molina Study



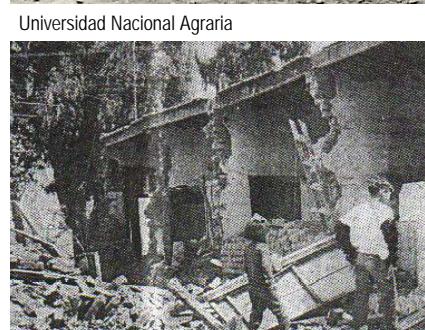
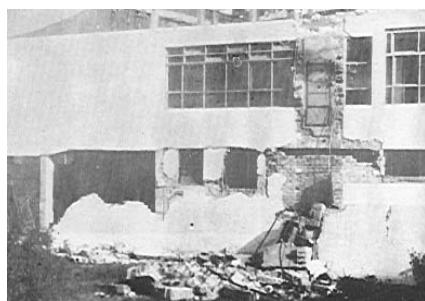
Symposium September 23, 2011

Carlos ZAVALA

Professor, CISMID-FIC-UNI

Director of CISMID

22



SISMO de Lima 3 de Octubre de 1974

- Time: 9:21 am
- Duration: 90 seg.
- Magnitude Ritcher: 6.6
- Maximum Intensity MM: IX
- Epicenter: 90 Km. South West Lima in Pacific Ocean
- Deaths: 78
- Material Loss: US\$ 62,000,000

CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

Viviendas Av. La Molina

Realidad de la Vivienda en Perú

30% Vivienda Formal



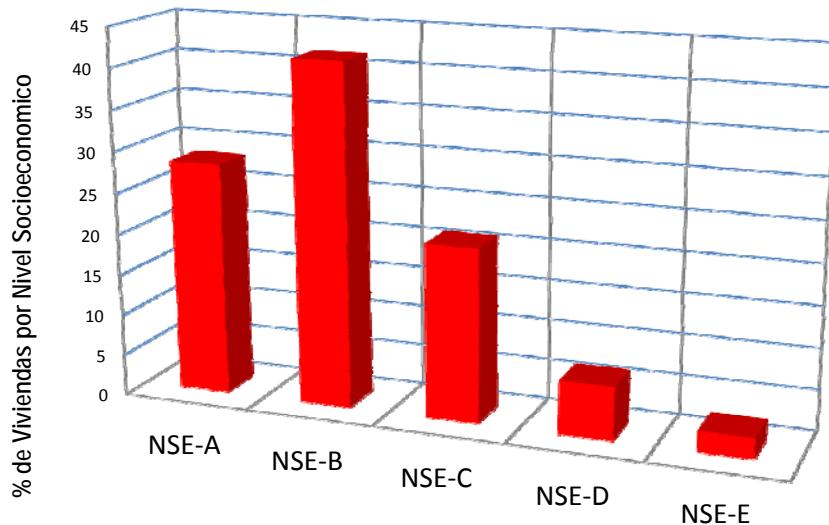
70% Vivienda Informalidad



CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

Realidad de La Molina

Porcentaje de Viviendas por NSE para el Distrito de La Molina (Fuente: APEIM)

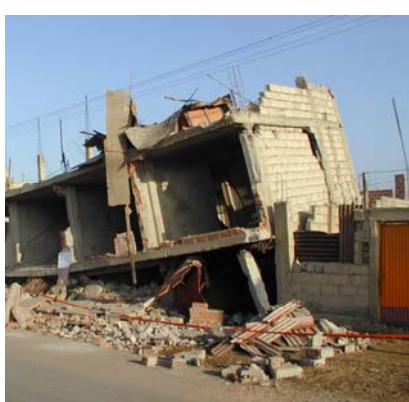


CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

Consecuencias de la informalidad



Edificios en zonas inapropiadas
(Mal uso del suelo)



Materiales Inadecuados sin control de calidad



Mal uso de la Normas

CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS



NAZCA 1996



MOQUEGUA 2001



PISCO 2007

Sismos Recientes

**Sin Prevención = Mayor Costo de Reconstrucción
Mayores pérdidas de vidas y materiales**

**Con Prevención = Menor Costo en Reconstrucción
Menores pérdidas de vidas y materiales**

CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS



EN HAITI:

- No hubo una política de prevención
- No hubo preparación
- Hubo informalidad

Daños totales:

**US \$ 7.8 billones
121% PBI**

Fuente: CEPAL

Fallecidos **222.570**

Casas destruidas
150.000
Fuente: CEPAL

Magnitud 7.0 HAITI
Martes, 12 de Enero 2010
at 21:53:09 UTC



Daños totales:
US \$ 30,000 Millones
17% PBI
Fuente: MINVU-Chile



Edificio Lincoyan 440

Magnitud 8.8 Chile
Sábado, 27 de Febrero 2010
at 06:34:17 UTC



Rozas 1145

Fallecidos **521**

Casas destruidas **81445**

Fuente: MINVU-Chile



Edificio Salas 1343

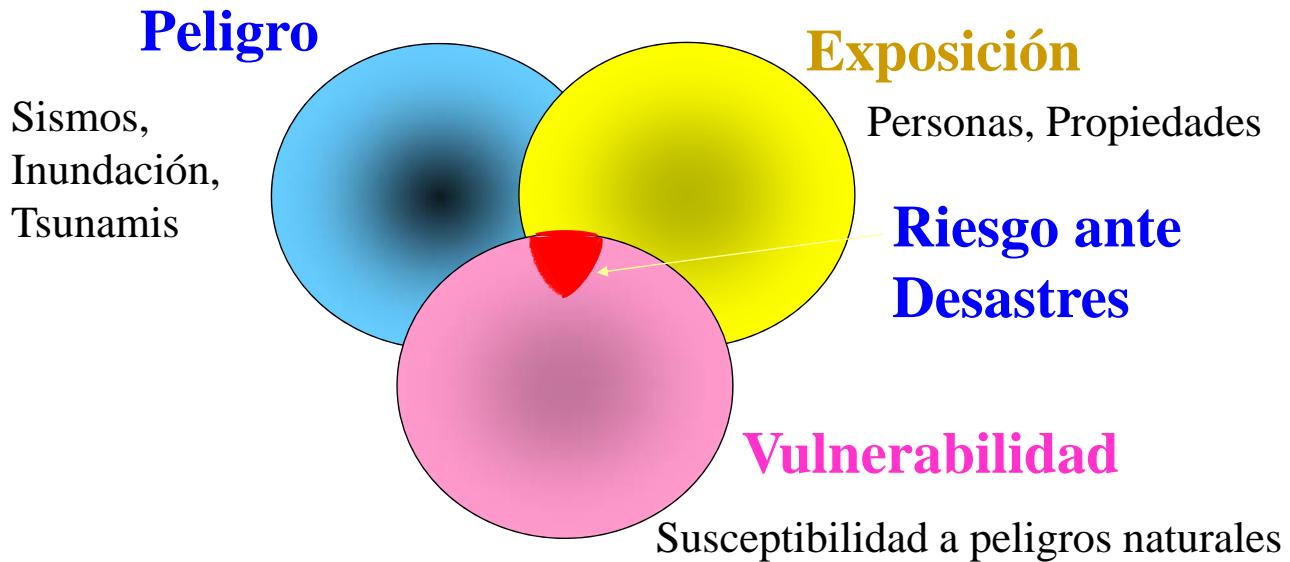
CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

EN CHILE: Luego del Sismo de 1960
• Existe una política de prevención
• Hubo preparación
• Informalidad reducida

Importancia del Uso del Suelo en la Gestión del Riesgo

- Obras sostenibles
- Servicios básicos, asistenciales y educativos bien ubicadas
- Viviendas construidas con asesoría de Profesionales
- Normatividad garantizada
- Menor gasto en reconstrucción luego de un sismo severo
- Menores perdidas humanas y materiales
- Ordenamiento sostenible y formalización
- Mayor recaudación de impuestos
- Titulación y generación de nuevos contribuyentes
- Potencial de la población en el mundo crediticio

Mecanismo detrás del nacimiento de un Desastre Natural



Riesgo = Función (**Peligro, Exposición, Vulnerabilidad**)

CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

31

Mecanismo para reducir desastres naturales

Peligro

Básicamente sin cambio
pero hay “*cambios climáticos*”



Exposición

Reubicación de Personas y propiedades

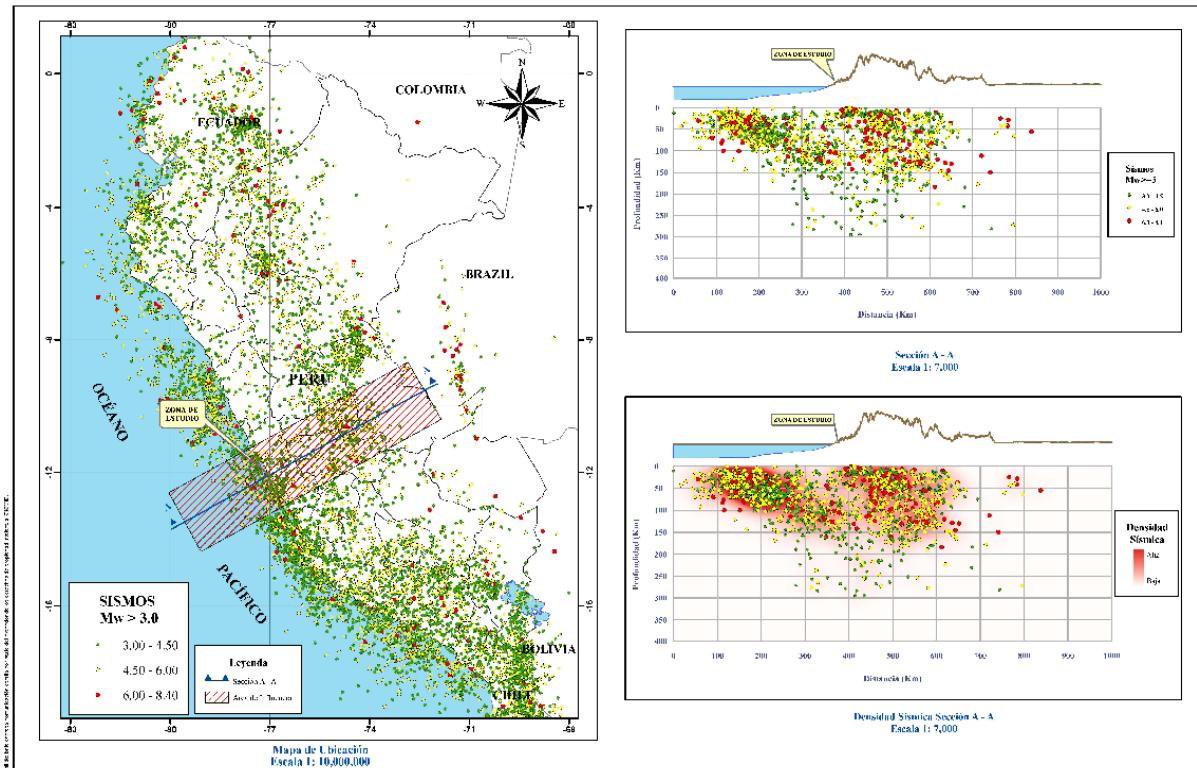
Riesgo a Desastres

Vulnerabilidad
Incremento de la
resistencia de las
estructuras

CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

32

Sismicidad: Fuentes Sismogénicas de Subducción



CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

EXPLORACIÓN DE SUELOS Excavación de Calicatas



CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

MAPA UBICACIÓN DE SONDAJES CALICATAS Y POZOS



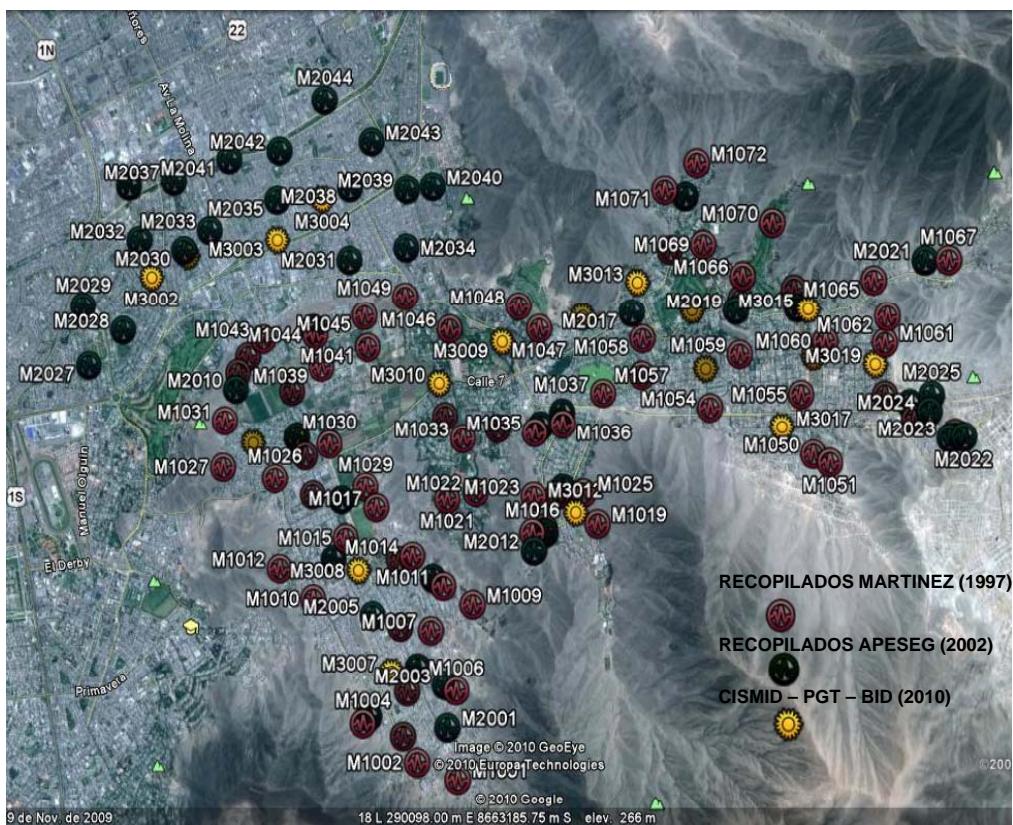
CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA Ensayos de Medición de Ondas de Corte – MASW (Análisis Multiarreglo de Ondas Superficiales)



CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

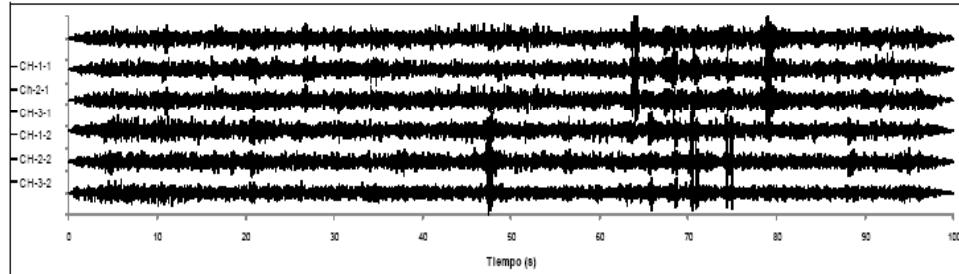
PUNTOS DE MEDICIÓN DE MICROTREPIDACIONES



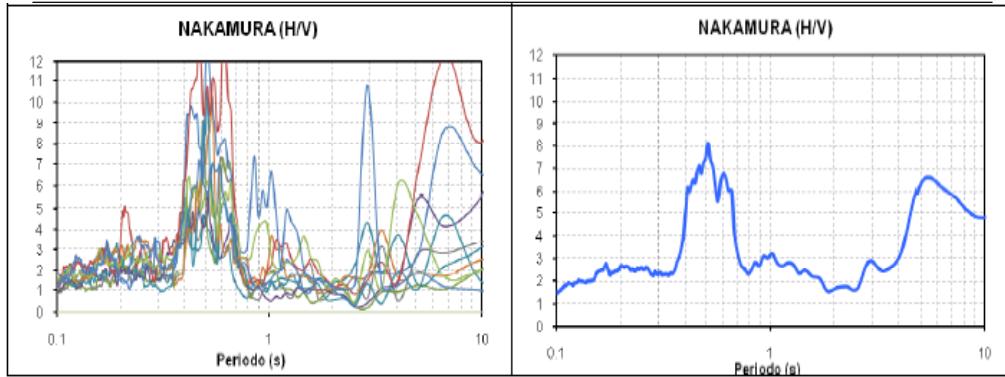
CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

REGISTRO DE MICROTREPIDACIONES

SEGMENTO DE ONDA

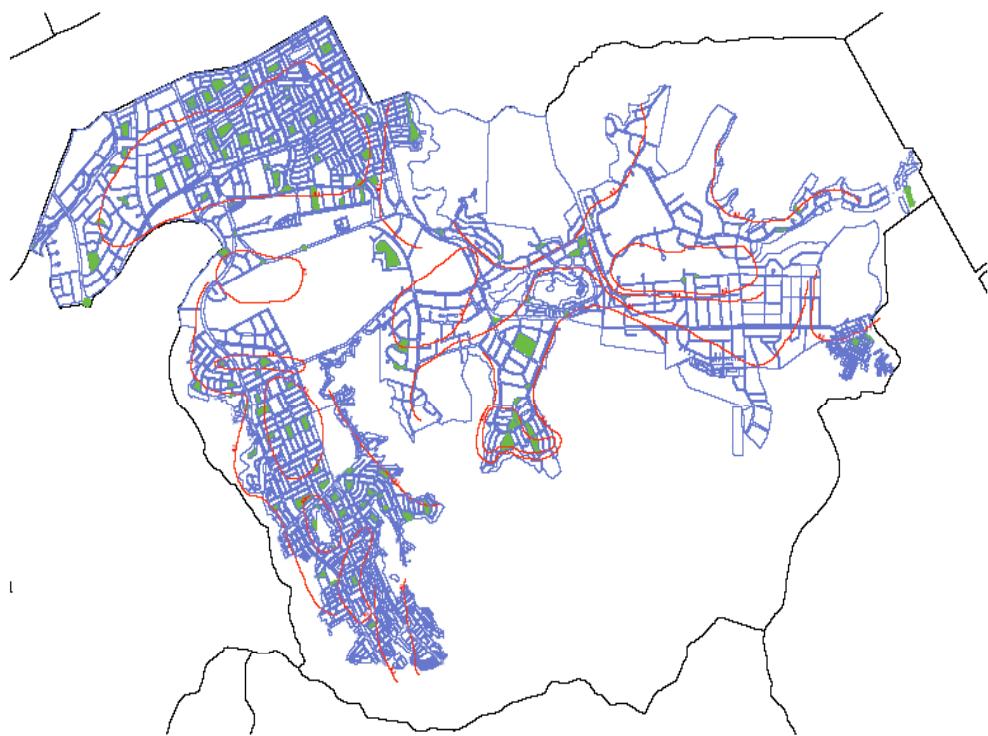


COICIENTES ESPECTRALES



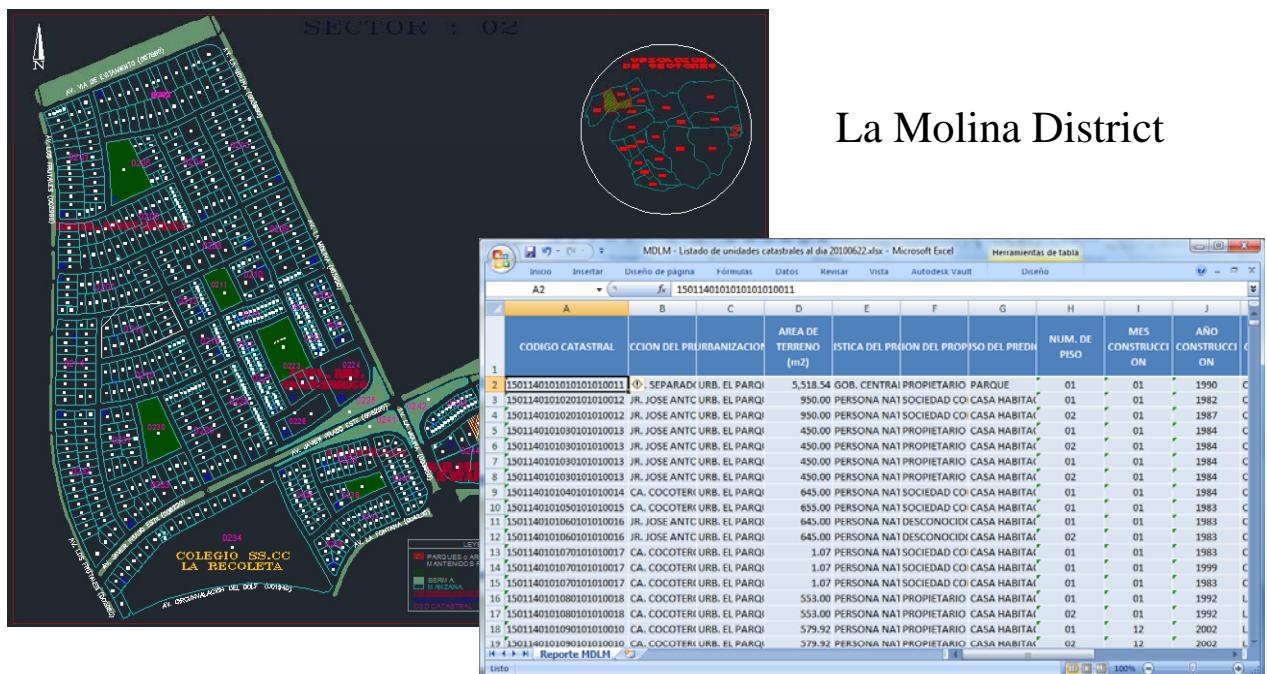
CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

MAPA DE CURVAS ISOPERIODOS



CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

Inventarios Urbanos



CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

Inventarios Urbanos

Uso de Imágenes Satelitales y Trabajo de Campo Verificatorio



Fuente: G4
Dr. M. Estrada



CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

Mejoramiento de Procesos en SRSND (c. Zavala 2007)

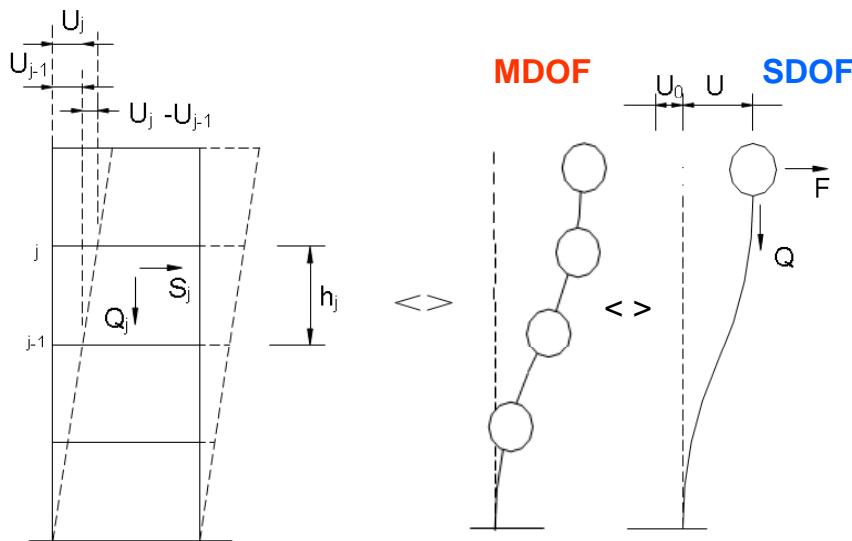
Aportes: Zenón Aguilar
Miguel Estrada
Hugo Scaletti
Ricardo Proaño
Silvia Alarcón
Fernando Lazares
Patricia Gibu

CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

Simulador Respuesta Sísmica y Nivel de Daño – SRSND

Seismic Response Simulator with damage level estimation

SRSND process



STEP-1: Transform MDOF into SDOF

CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

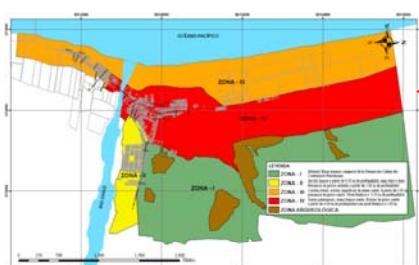
Simulador Respuesta Sísmica y Nivel de Daño – SRSND

Seismic Response Simulator with damage level estimation

ON MDOF model drift is computed as:

$$\frac{(\Delta\delta_j)^x}{H} = \left(\frac{\frac{d^2}{dt^2}Xg}{4 \cdot \pi^2} \right) \cdot \frac{(\mu_j - 1)}{\sqrt{2 \cdot \mu - 1}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n [\eta_i \cdot (T_i)^2 \cdot FPM_i \cdot (A_{i,j} - A_{i,j-1})]^2}$$

MDOF $U_{i,j-1} = S_d \cdot A_{i,j} \cdot FPM_i$ **SDOF** $U_{i,j-1} = S_d \cdot A_{i,j} \cdot \beta_i$



Response is computed as function of modal Analysis, Participation Factor, ductility demand and spectral pseudo displacement

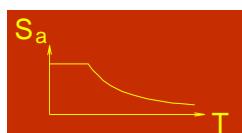
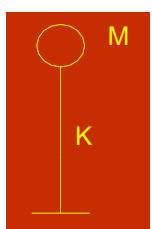
CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

Simulador Respuesta Sísmica y Nivel de Daño – SRSND

Seismic Response Simulator with damage level estimation

On SDOF System

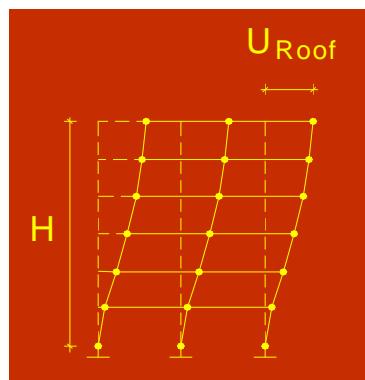
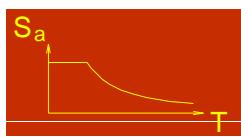
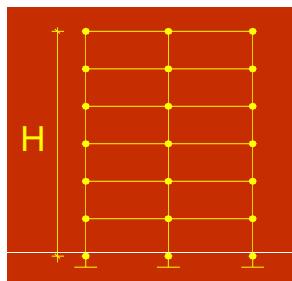
STEP-2: Compute Spectral Response and b1 factor



$$S_d = \frac{S_a}{\omega^2}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

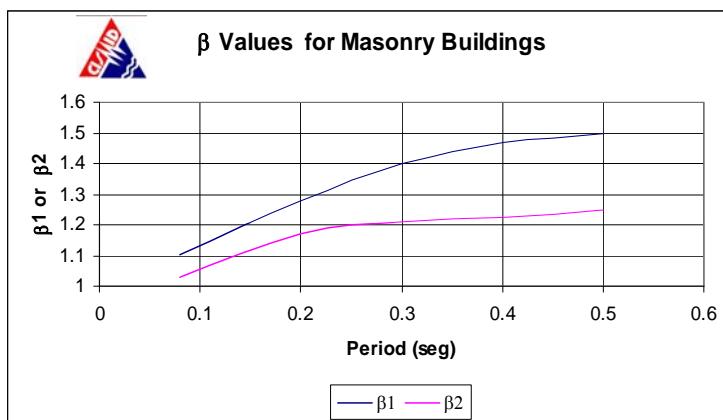
On MDOF System



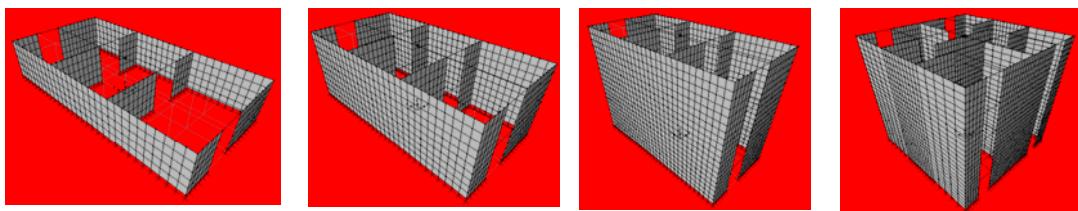
$$\beta_1 = \frac{U_{\text{Roof}}}{S_d}$$

CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

SRSND- Seismic Response Simulator with damage level estimation

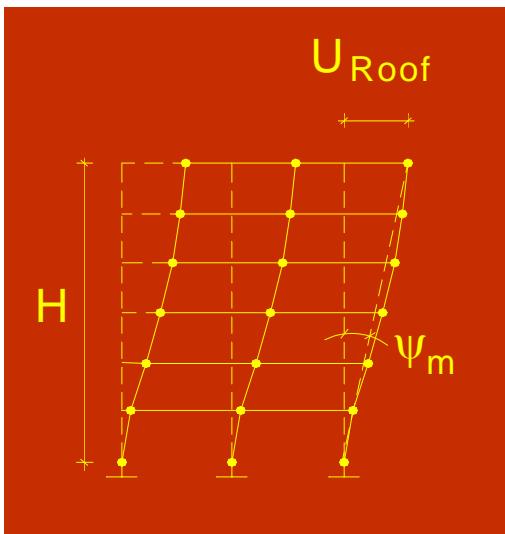


$$\beta_1 = \frac{3N}{2N+1}$$



CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

STEP 3: Compute ratio between Maximum Drift and Maximum Drift on roof (β_2)

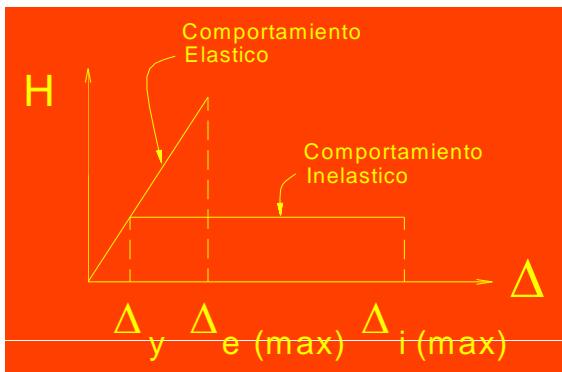


$$\beta_2 = \frac{\psi_i(\max)}{\psi_m} = \frac{\psi_i(\max)}{\left(\frac{U_{Roof}}{H} \right)}$$

$$\beta_2 = \frac{\max\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j}\right)}{\left(\frac{U_r}{H}\right)}$$

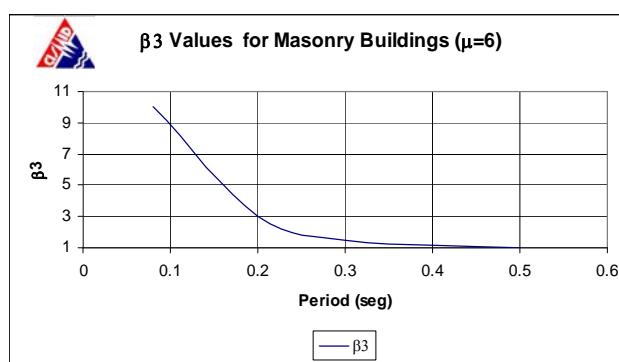
CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

STEP 4: Compute the ration between the elastic response and nonlinear response for a ductility demand (β_3)



$$\beta_3 = \frac{\Delta_i(\max)}{\Delta_e(\max)}$$

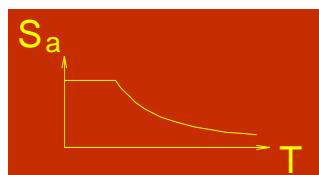
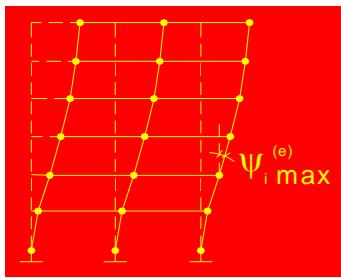
$$\beta_3 = \frac{U^x + \Delta U^x}{U} = \frac{F^x \cdot \mu}{F}$$



CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS

STEP 5: The ratio between the inelastic drift and the elastic drift (β_4) approximation of ductility demand

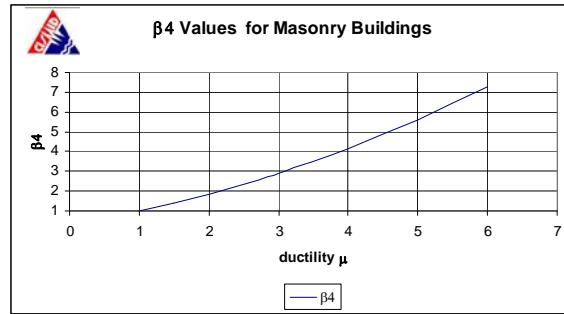
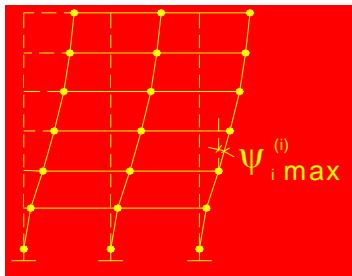
Elastic Analysis



$$\beta_4 = \frac{\Psi_i \text{ (max)}}{\Psi_e \text{ (max)}}$$

$$\beta_4 = 1 + \frac{\mu - 1}{6} + \frac{N}{50}$$

Inelastic Analysis



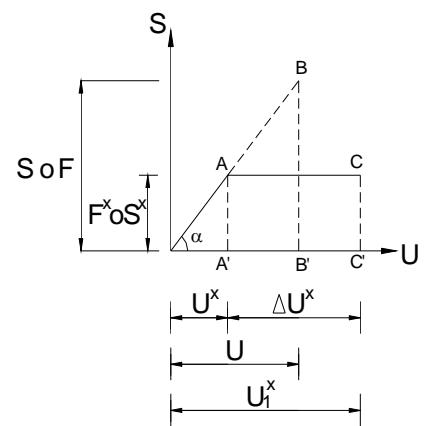
$$\beta_1 = \frac{3N}{2N+1}$$

$$\beta_2 = \frac{\max\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j}\right)}{\left(\frac{U_r}{H}\right)}$$

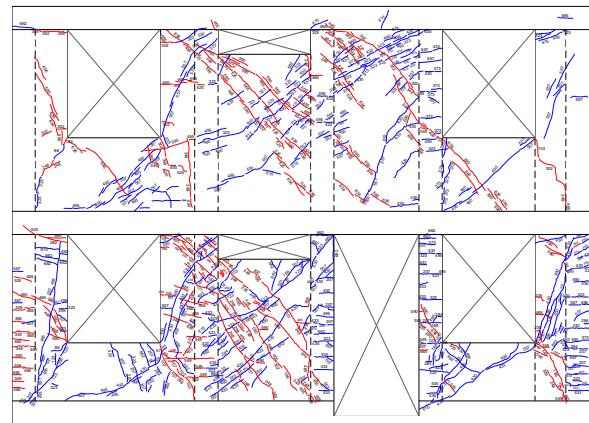
$$\beta_3 = \frac{U^x + \Delta U^x}{U} = \frac{F^x \cdot \mu}{F}$$

**Seismic Response
On the MDOF system
(Implementation of Miranda
Method 1999)**

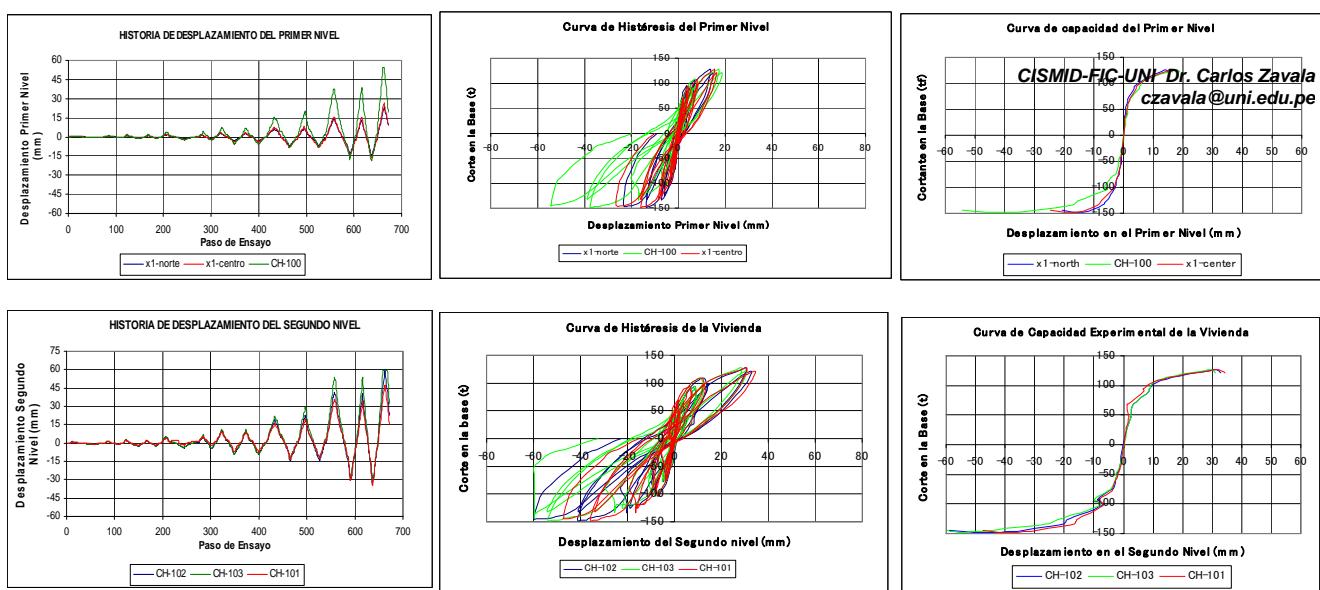
$$\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j}\right) = \frac{\beta_1 \beta_2 \cdot \beta_3 \beta_4}{H} S_d$$



Mayor Desplazamiento= Mayor Daño = Mayor Costo de Reparación



CISMID-FIC-UNI Proyecto SATREPS



Initial cracking	1/1600	0.05~0.10 mm.
Notorious cracks	1/800	1.2 mm.
Diagonal opening	1/200	2.00~3.00 mm.
Final state	1/65	5.00~10.0 mm. Maximum Shear 147.8 t

STEP 6: Drift Response and Damage Matrix

- COLLAPSE



- SEVERE

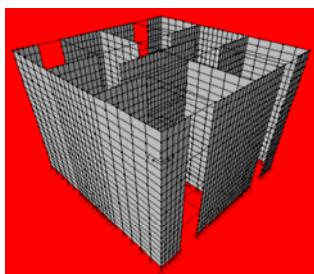


- LIGHT

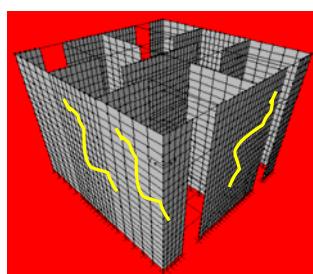


Drift ($\Delta\delta_j/h_j$)	Damage Level	Occurrence
1/2000-1/1000	Non damage	none
1/800	Light damage	Initial crack
1/350	Severe damage	Diagonal open
> 1/200	Collapse	Non

Evaluación del Riesgo



EDIFICACIÓN

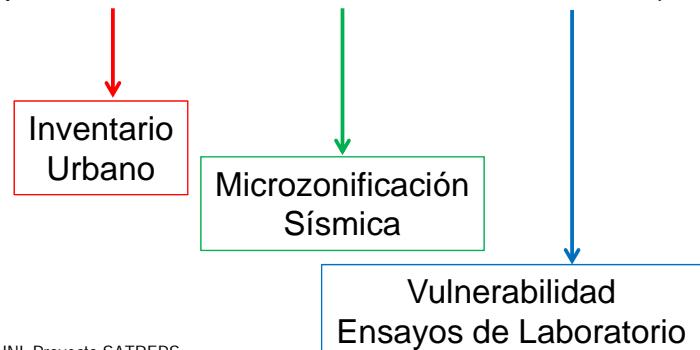


SUFRE DAÑO POR SISMO

- Picar los Muros S/.
- Poner Malla S/.
- Empastar S/.
- Pintar S/.

COSTO DE REPARACIÓN

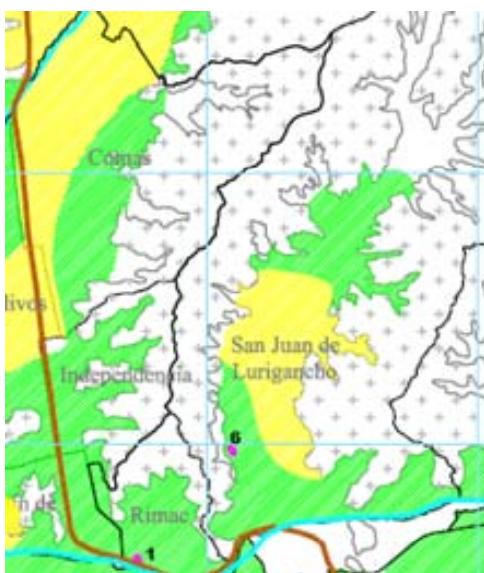
COSTO DE REPARACIÓN = Función (Tipo de Estructura, Aceleración, Nivel de daño)



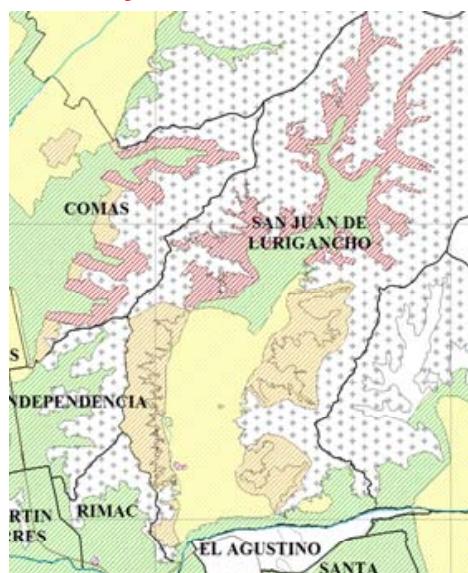
APLICACIÓN DE SRSND

COMPARACIÓN MAPAS DE MICROZONIFICACIÓN (INCREMENTO PRESIÓN)

Procesos de Generación, Mantenimiento y Renovación en el Tiempo



CISMID- APESEG
(2003)
Diagnóstico PML
(Probable Maximum Loss)
Ámbito: Cartera de Clientes

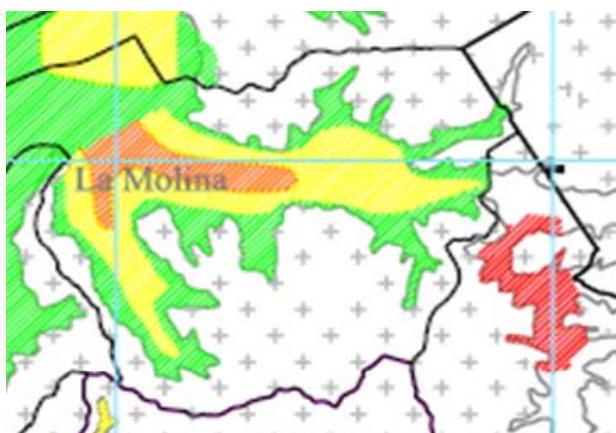


CISMID-MVC&S-BID
(2011)
Diagnóstico del Riesgo
(Mapas y Costo de Reparación)
Ámbito: El Distrito

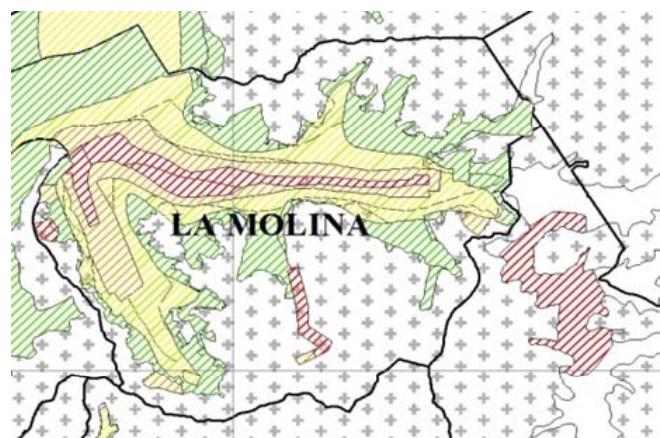
APLICACIÓN DE SRSND

COMPARACIÓN MAPAS DE MICROZONIFICACIÓN (INCREMENTO PRESIÓN)

Procesos de Generación, Mantenimiento y Renovación en el Tiempo



CISMID- APESEG
(2003)
Diagnóstico PML
(Probable Maximum Loss)
Ámbito: Cartera de Clientes



CISMID-SATREPS
(2011)
Diagnóstico del Riesgo
(Mapas y Costo de Reparación)
Ámbito: El Distrito

Conclusiones

- Los avances realizados por el G3 para la generación de diagnósticos del comportamiento sísmico, han producido mejoras en los procesos de evaluación del riesgo.
- El contar con herramientas de este tipo que reemplazan a métodos paramétricos, generan diagnósticos con menos margen de error, produciendo un acercamiento al costo del desastre para la comunidad y los ciudadanos.
- Las experiencias del Sismo de Atico y de Pisco, nos han mostrado que los procesos de atención a la emergencia y la reconstrucción requieren de la planificación oportuna y con cifras que se acerquen a la realidad.