12° Simposio Internacional en Gestión del Riesgo de Desastres:

Reconstrucción hacia ciudades resilientes

Del 5 al 8 de septiembre, 2018. Lima, Perú

Gestión de desastres naturales en Chile
El caso del terremoto del Maule de 27 de febrero de 2010

Mauricio Sarrazin Arellano

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA PREVENCIÓN DE DESASTRES

- Red Sismológica Nacional
- Servicio Hidrológico y Oceanográfico de la Armada, SHOA
- Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN
- Dirección Meteorológica
- Instituto Geográfico Militar, IGM
- Servicio Aereofotogramétrico, SAF
- Centro de Investigación de Recursos Naturales, CIREN
- Instituto Nacional de Estadística, INE

RED SISMOLÓGICA NACIONAL

Red Estaciones GPS
CHYT
UDAT
CTPC
ANTC
PTRO
TPYU
CAST
PTAR
FREI
Google My Maps
Map data ©2018 INEGI Imagery ©2018 NASA, TerraMetrics
Terms
1,000 km

Red de Sismómetros
PB16
PB07
AC02
CO04
BI06
LL01
COYC
GO09
MG01
VA02
VA04
Google MyMaps
Map data ©2018 INEGI Imagery ©2018 NASA, TerraMetrics
Terms
1,000 km

Red de Acelerómetros
PB1.6
PB07
VA02
AC02
VA04
CO04
BI02
LL01
AYCH
GO09
MG01
Google MyMaps
Map data ©2018 INEGI Imagery ©2018 NASA, TerraMetrics
Terms
1,000 km

Otras redes de acelerógrafos para ingeniería estructural:

- **RENADIC, U de Chile**
- **Red Universidad Católica**

SISTEMA NACIONAL DE ALERTA DE MAREMOTOS

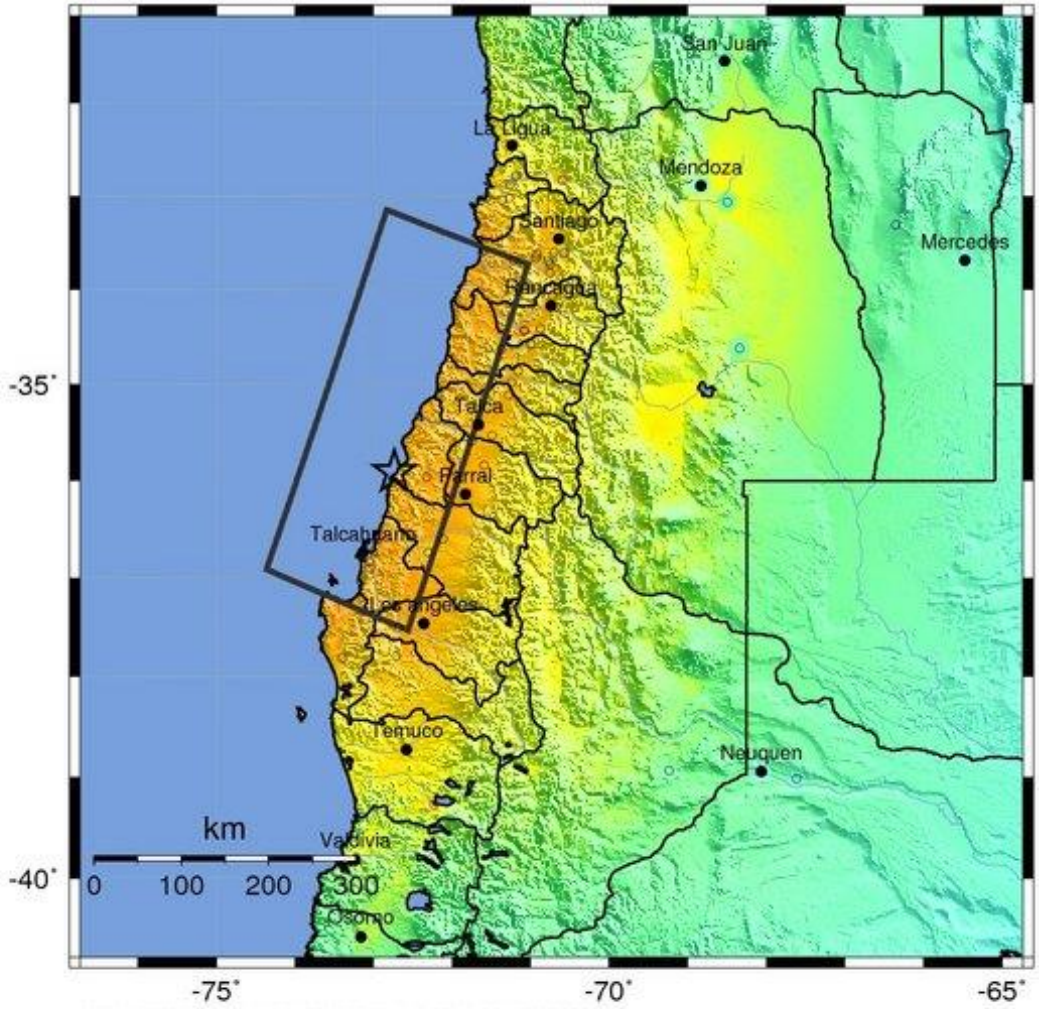
ASPECTOS NORMATIVOS:

- Ordenanza General de Construcciones
- Manual de Carreteras
- Normas Chilenas del Instituto Nacional de Normalización, INN

TERREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010

USGS ShakeMap : OFFSHORE MAULE, CHILE

FEB 27 2010 06:34:14 AM GMT M 8.8 S35.91 W72.73 Depth: 35.0km ID:2010tfan



Map Version 10 Processed Wed Apr 11, 2012 05:10:42 PM MDT

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	*<0.1*	*0.5*	*2.4*	*6.7*	*13*	24	44	83	>156
PEAK VEL.(cm/s)	<0.07	0.4	1.9	5.8	*11*	*22*	*43*	*83*	*>160*
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Wald, et al.; 1999

TERREMOTOS DE VALDIVIA (1960) Y MAULE (2010)

	1960	2010
Magnitud	9,6	8,8
Damnificados	2 millones	2 millones
Víctimas	6.000	577
Viviendas destruidas	45.000	200.000
Habitantes en la zona	2.780.000	12.500.000
Daño total, millones de US $	3.000	30.000 (18% PIB)

TERREMOTO DEL MAULE: MAGNITUD DE LOS DAÑOS

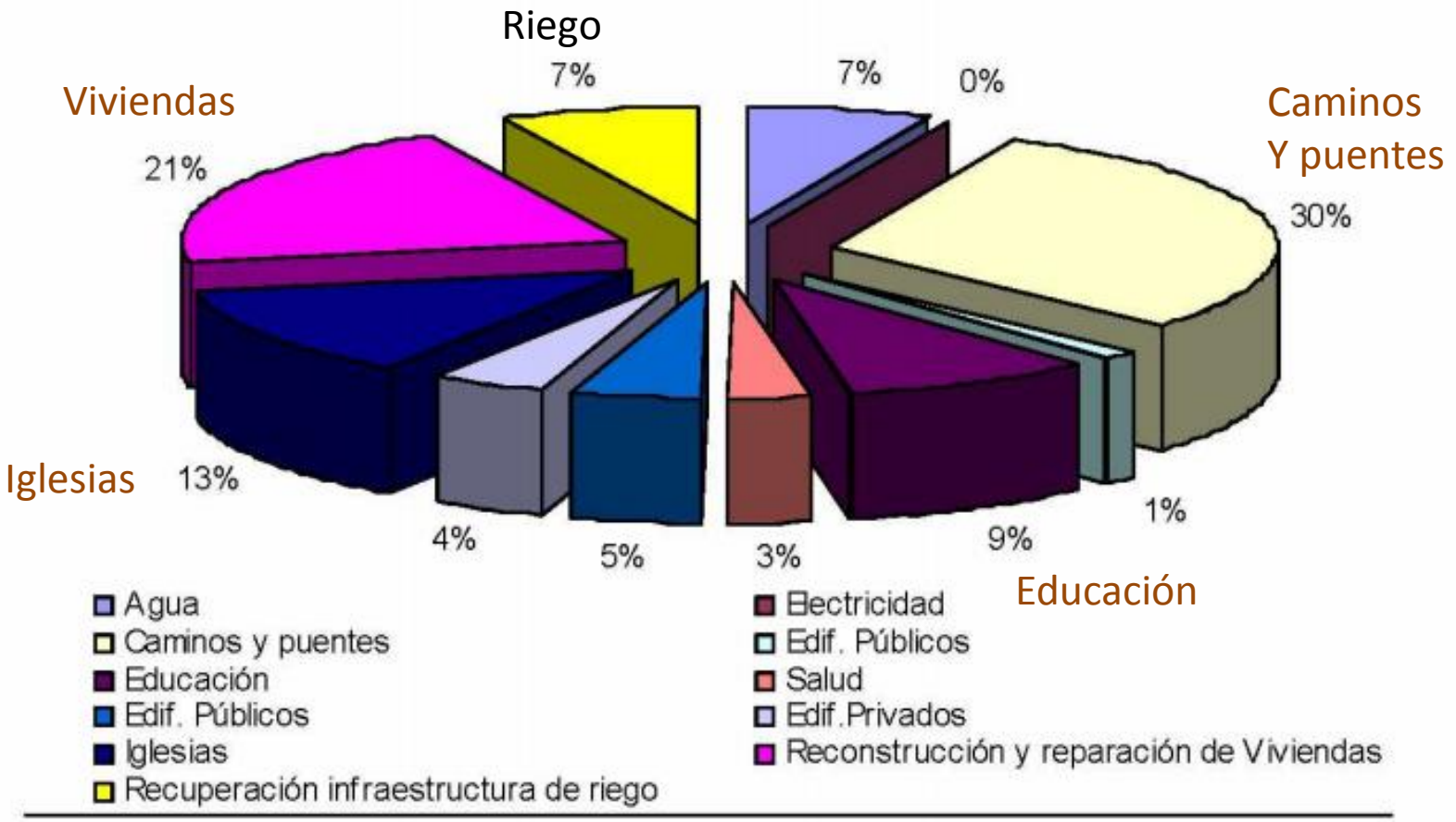
TIPO DE OBRA	
Viviendas destruidas o dañadas	370.000
Hospitales dañados	133 (71% del total)
Camas perdidas	4.249 de 19.439
Pabellones	167 de 439
Establecimientos educacionales	6.168 de 8.326
Puentes destruidos o dañados	211

BIGGER
NESCAFÉ

04

Fresco Rápido

DISTRIBUCIÓN DEL COSTO DE RECONSTRUCCIÓN POR SECTOR



Fuente: CEPAL y BID

DEPARTAMENTOS 1 2 - 3
3 DORMITORIOS CON 2 BAÑOS
VISITE PILOTO
LUNES A SABADO
DE 09.30 A 13.30 Y DE 15.30 A 18.30 HR
PRECAUCION ENTRADA Y SALIDA DE VEHICULOS
PRECAUCION SALIDA DE VEHICULOS

Puente Llacolén, río Bio Bio

Puente Río Claro

Puente en Chada

Carretera acceso norte Santiago

2010/05/21

GOODYEAR
SERVITECA
TALCA
HUANO
TALCA
HUANO
VAL. DI
VIA

Imagen aérea de Dichato, Región del Biobío, antes y después del maremoto.

Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo

RESPUESTA DEL ESTADO EN TRES ETAPAS:

- 1. Emergencia inmediata
- 2. Emergencia invernal
- 3. Plan de Reconstrucción

1. Emergencia inmediata

- **TSUNAMI. Error en la evaluación del tsunami. Víctimas de la inundación**
- **Pánico de la población. Réplicas**
- **Colapso generalizado de comunicaciones, servicios básicos, cierre del comercio, crisis de orden y seguridad**

RESPUESTA DE LAS AUTORIDADES

- **Comité Interministerial para la Reconstrucción (11-03-2010)**
  Levantamiento de necesidades

- **Primer paquete de medidas con reasignaciones de presupuestos de US$ 700 millones para:**

✓ **Viviendas de emergencia**
✓ **Salas de clases para escuelas**
✓ **Salud: recuperación de camas y pabellones**
✓ **Recuperación de infraestructura crítica: caminos, puentes, puertos, aeropuertos, sistemas de agua potable**

- **Brazos ejecutores:**

➢ **Ministerios**
➢ **Intendencias**
➢ **Gobernaciones**
➢ **Alcaldías**

→ **Comité de reconstrucción**

AGUA POTABLE

Comité de reconstrucción

Elabora planes y programas a partir de catastros y diagnósticos

- **Presentación al Congreso de Ley de Financiamiento de la Reconstrucción**
- **Rol de la Sociedad Civil y del Sector Privado.**

Participación de numerosas instituciones, entre otras:

Un techo para C hile. Al 24-03 ya habían entregado 600 viviendas
Guías y Scouts de Chile
Confederación de Estudiantes
Cruz Roja
Teletón "Chile ayuda a Chile"
Hogar de Cristo
Fundación para la Superación de la Pobreza
Vicaría de la Pastoral Social
Bancos
Cáritas Chile
Desafío Levantemos Chile

2. Emergencia Invernal (29-03 al 30-07)

Proveer de:

- Techo y protección (al 30 de junio ya habían 70.000 viviendas de emergencia)
- Salud
- Educación
- Empleos para la reconstrucción (60.000)
- Reparación de carreteras y puentes

Proyecto Refugio (US$ 100 millones) → **Equipamiento**

Proyecto Aldeas → **Reubicación de damnificados**

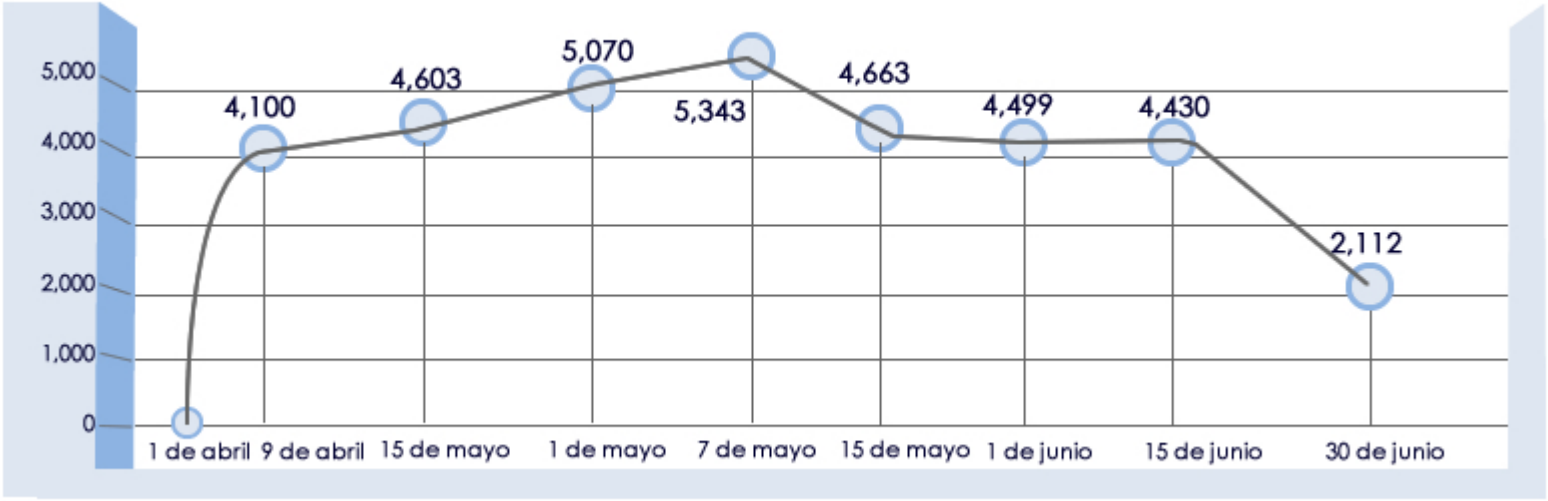
Proyecto Manos a la Obra → **Recuperación de viviendas dañadas**

Educación

- **250.000 de estudiantes no pudieron ingresar a clase al 11 de marzo**

- **Fueron reubicados dentro de 45 días mediante soluciones modulares, buses escuela, carpas y mediaguas**

Contribución de las Fuerzas Armadas: sub-centros de apoyo humanitario



Evolución de la Fuerza de Ayuda Humanitaria. Fuente: Plan de Reconstrucción Gobierno de Chile

3. Plan de reconstrucción

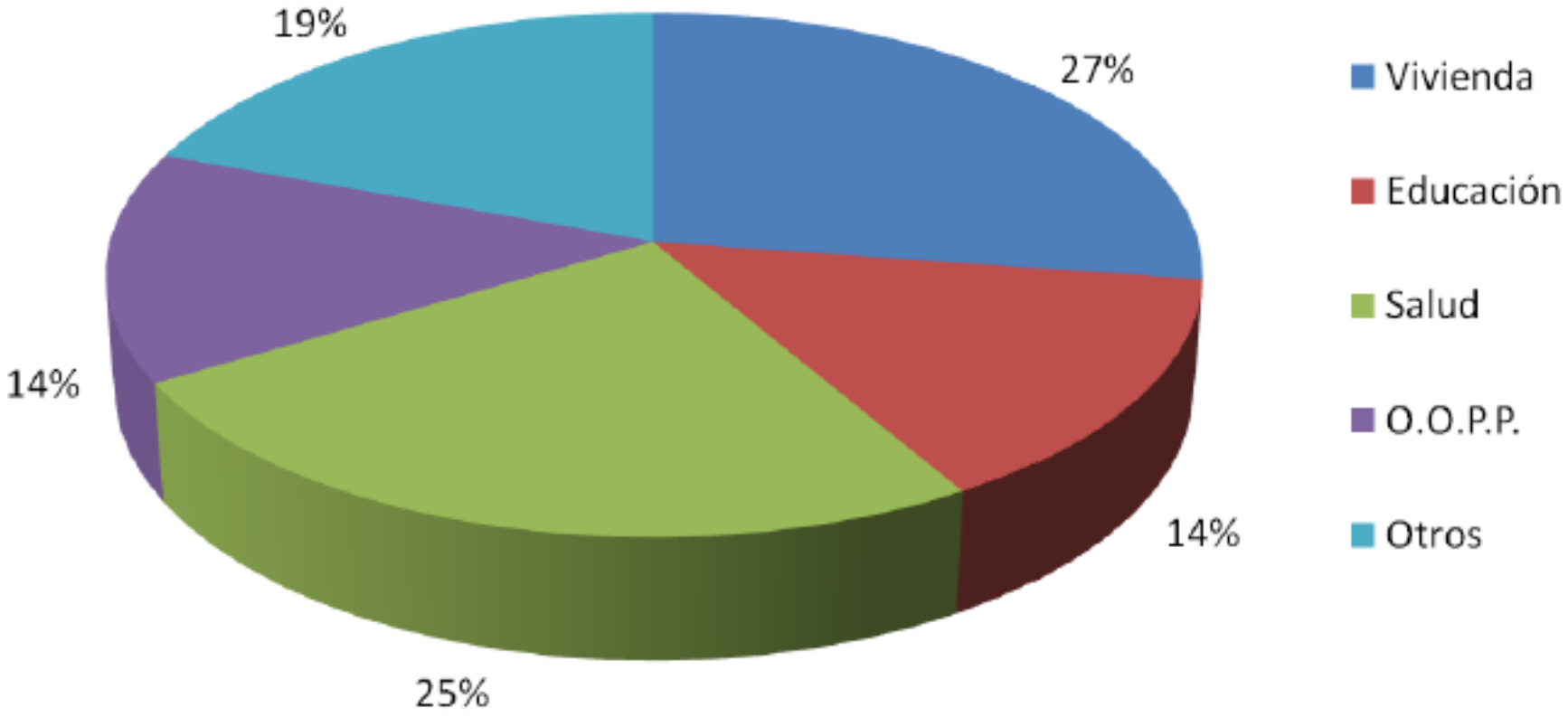
El plan del Gobierno era que al 11-03-2014 se encontraran recuperados los sectores afectados.

Consistía en:

- **Reponer y mejorar las construcciones**
- **Recuperar la capacidad productiva**
- **Tener un país mejor preparado para enfrentar catástrofes**

- **Mejorar el sistema de alerta temprana**
- **Ayuda oportuna a los damnificados**
- **Reorganización y fortalecimiento de la Oficina de Emergencia, ONEMI**

Inversión y Gasto Fiscal necesario para enfrentar terremoto y maremoto: US$ 8.431MM



Financiamiento para el Plan de Reconstrucción

- Reasignaciones y austeridad en las cuentas públicas
- Aumento de ingresos tributarios
- Ley Fondo Nacional de Reconstrucción
- Uso de la Ley Reservada del Cobre
- Venta de activos prescindibles y endeudamiento interno

Además, modificación de leyes para facilitar la ejecución

Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil

Quedó de manifiesto la debilidad del sistema nacional de emergencias, en particular la Oficina Nacional de Emergencia, ONEMI, a la cual se le hicieron 36 mejoras

ONEMI

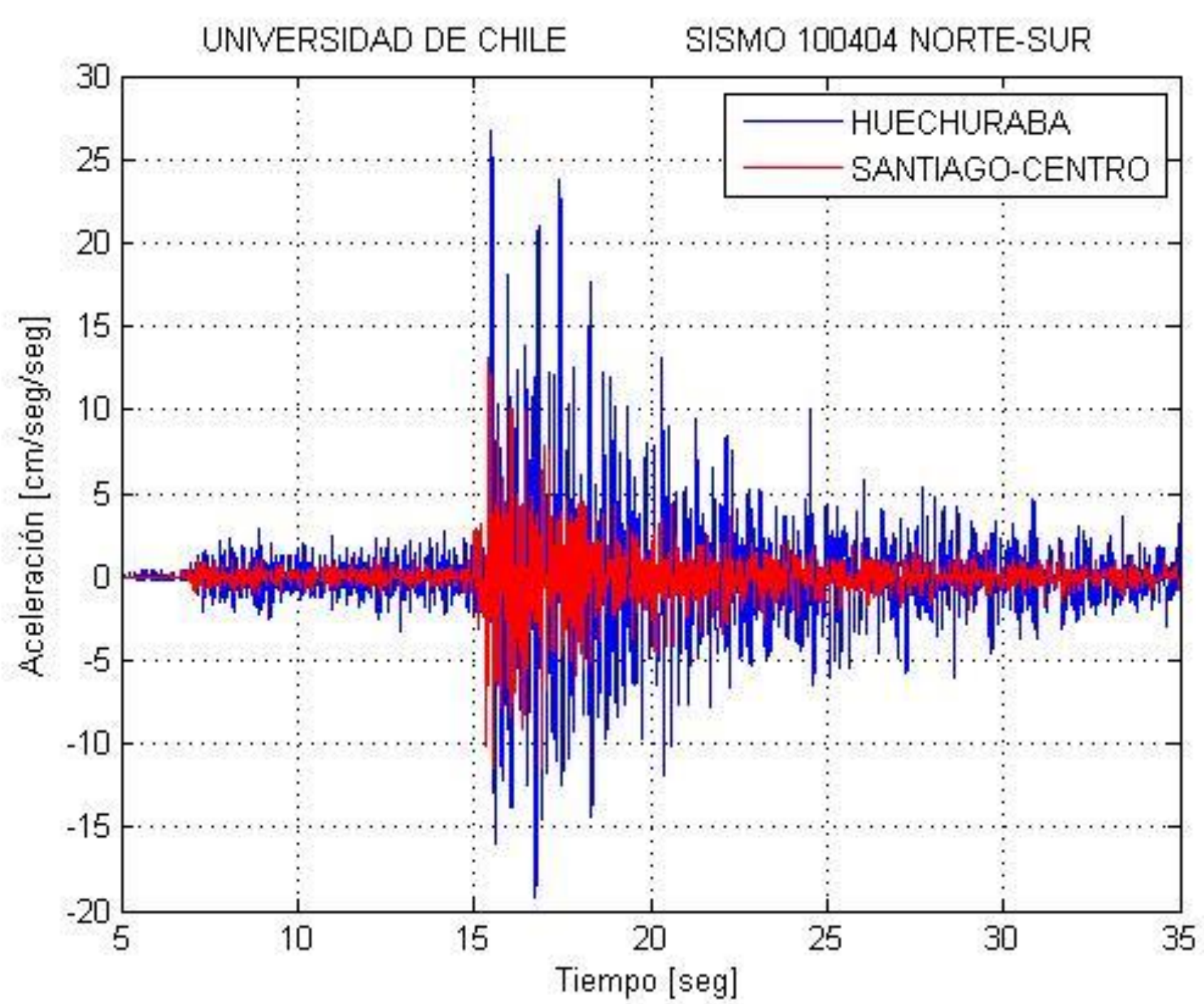
2 FUENTE: ONEMI. DICIEMBRE 2010

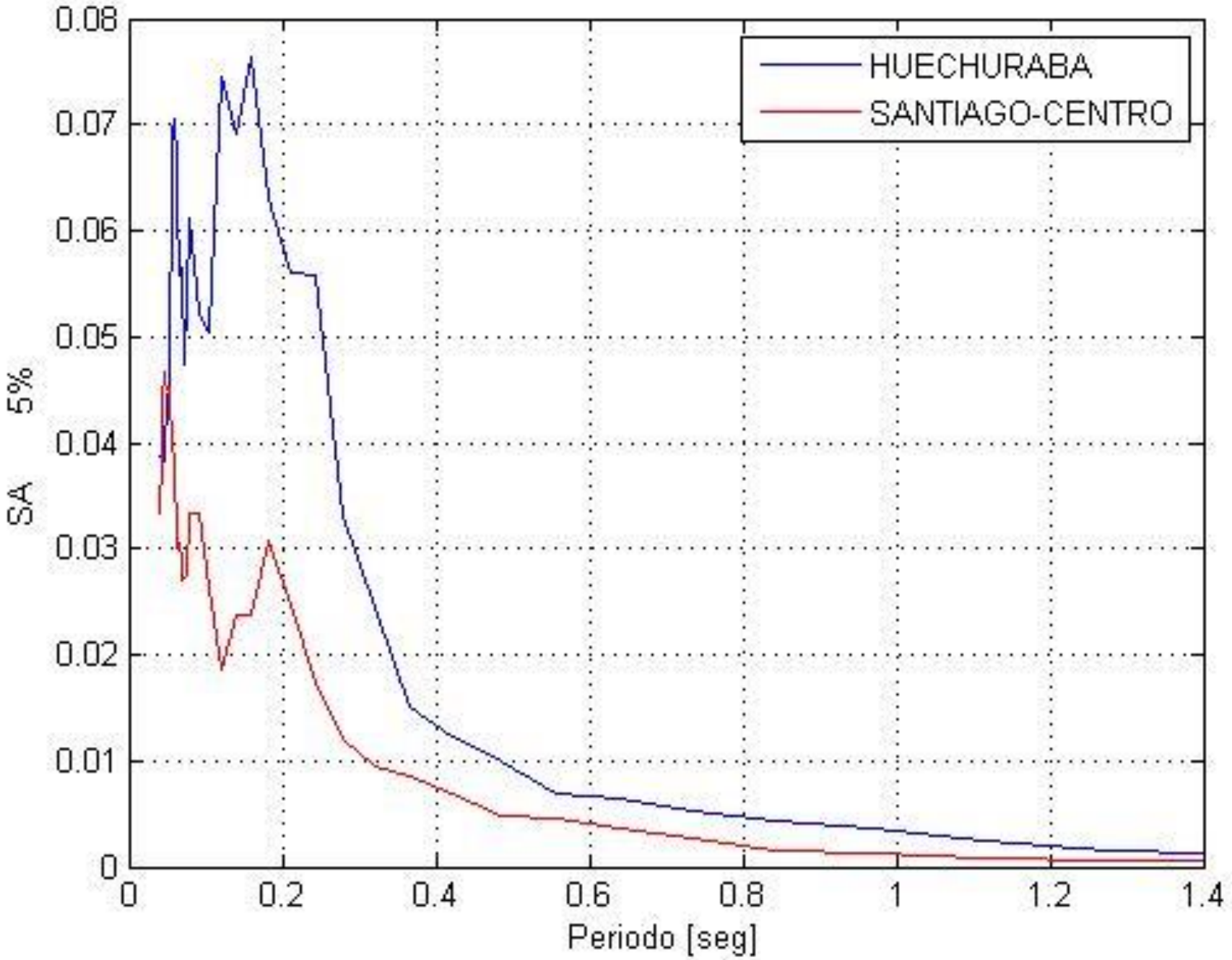
Proyectos CNT según su estado
(Fuente: MINVU/SERVIU, Noviembre 2014)

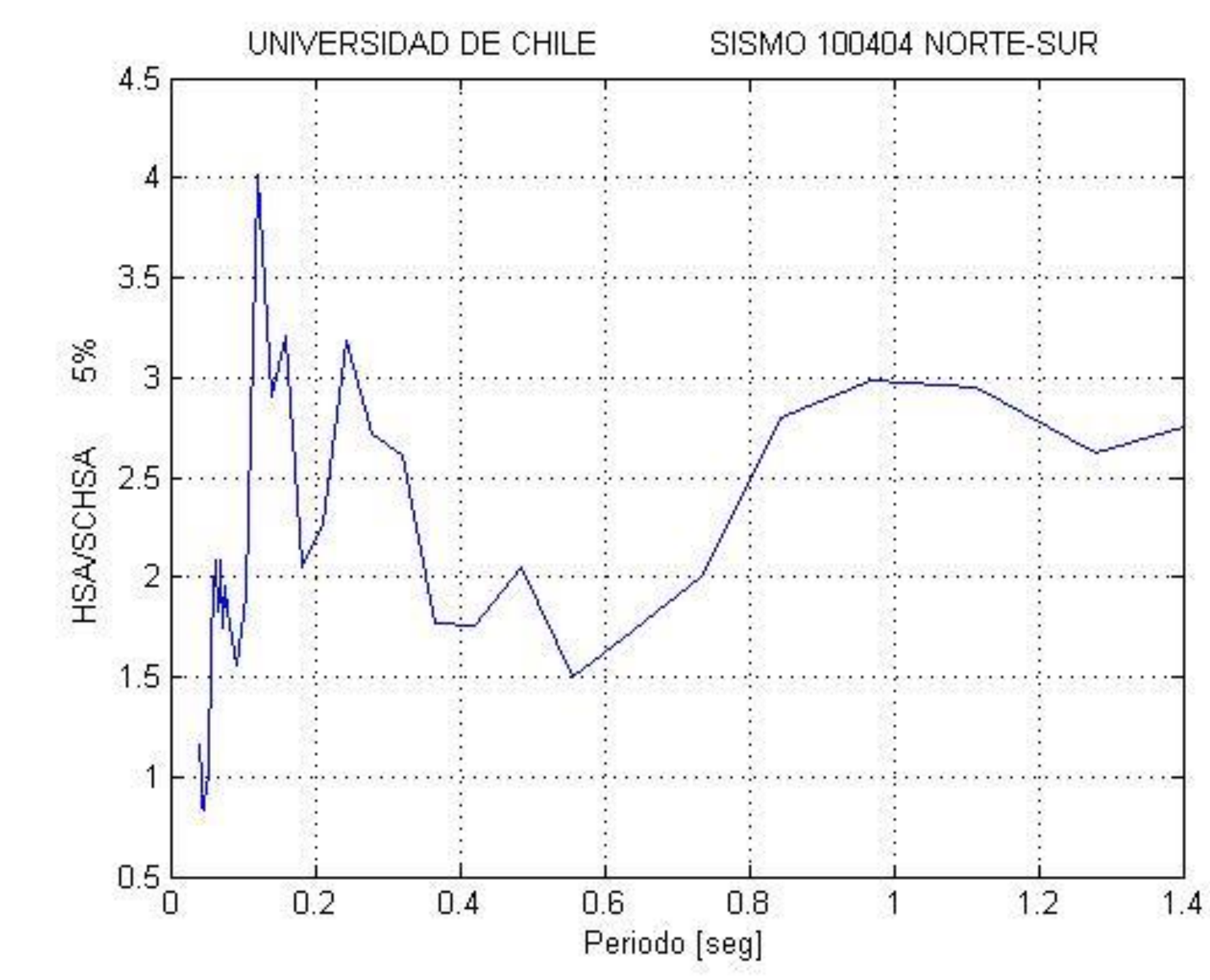
REGIÓN	N° CNT terminados	N° CNT en construcción	N° CNT no iniciado	N° Total Proy. CNT
Valparaíso	16	2	1	19
RM	16	15	0	31
O'Higgins	54	15	2	71
Maule	109	23	2	134
Biobío	125	29	1	155
Totales	**320**	**84**	**6**	**410**

LECCIONES APRENDIDAS

Efecto de la Amplificación Local


UNIVERSIDAD DE CHILE
SISMO 100404 NORTE-SUR
HUECHURABA
SANTIAGO-CENTRO
Aceleración [cm/seg/seg]
Tiempo [seg]
30
25
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
5
10
15
20
25
30
35


UNIVERSIDAD DE CHILE
SISMO 100404 NORTE-SUR
HUECHURABA
SANTIAGO-CENTRO
SA 5%
Periodo [seg]
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4


UNIVERSIDAD DE CHILE
SISMO 100404 NORTE-SUR
HSA/SCHSA 5%
Periodo [seg]
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4

Respuesta de los ingenieros:

- **Revisión de las normas y técnicas constructivas:**

Decretos 60 y 61 del MINVU. Nuevas normas NCh 433 para diseño de edificios y NCh 2369 para diseño de instalaciones industriales

- **Uso de sistemas de protección sísmica y desarrollo de normativa**

  - **Norma de Edificios con Aislación de Base**
  - **Norma de Edificios con Disipadores de Energía**

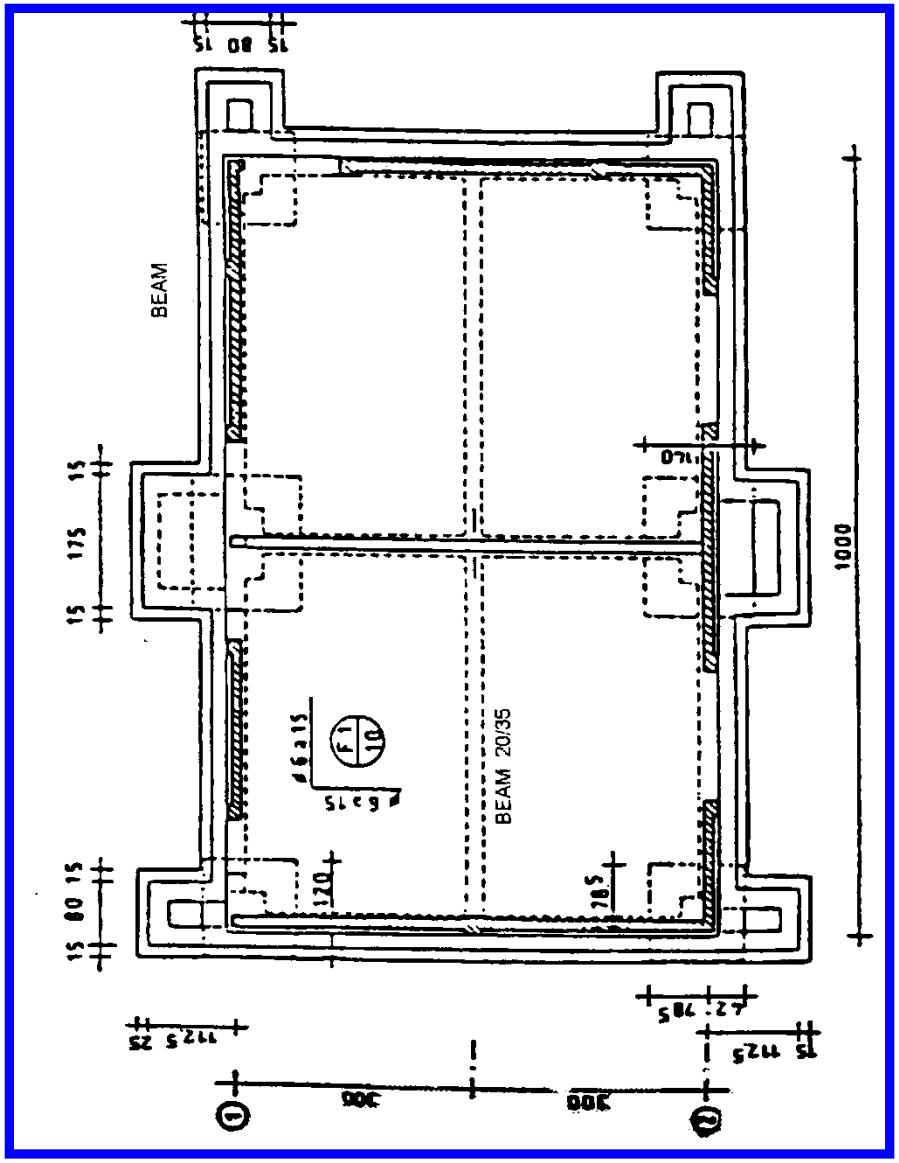
Ingeniería y Ciencias
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS UNIVERSIDAD DE CHILE

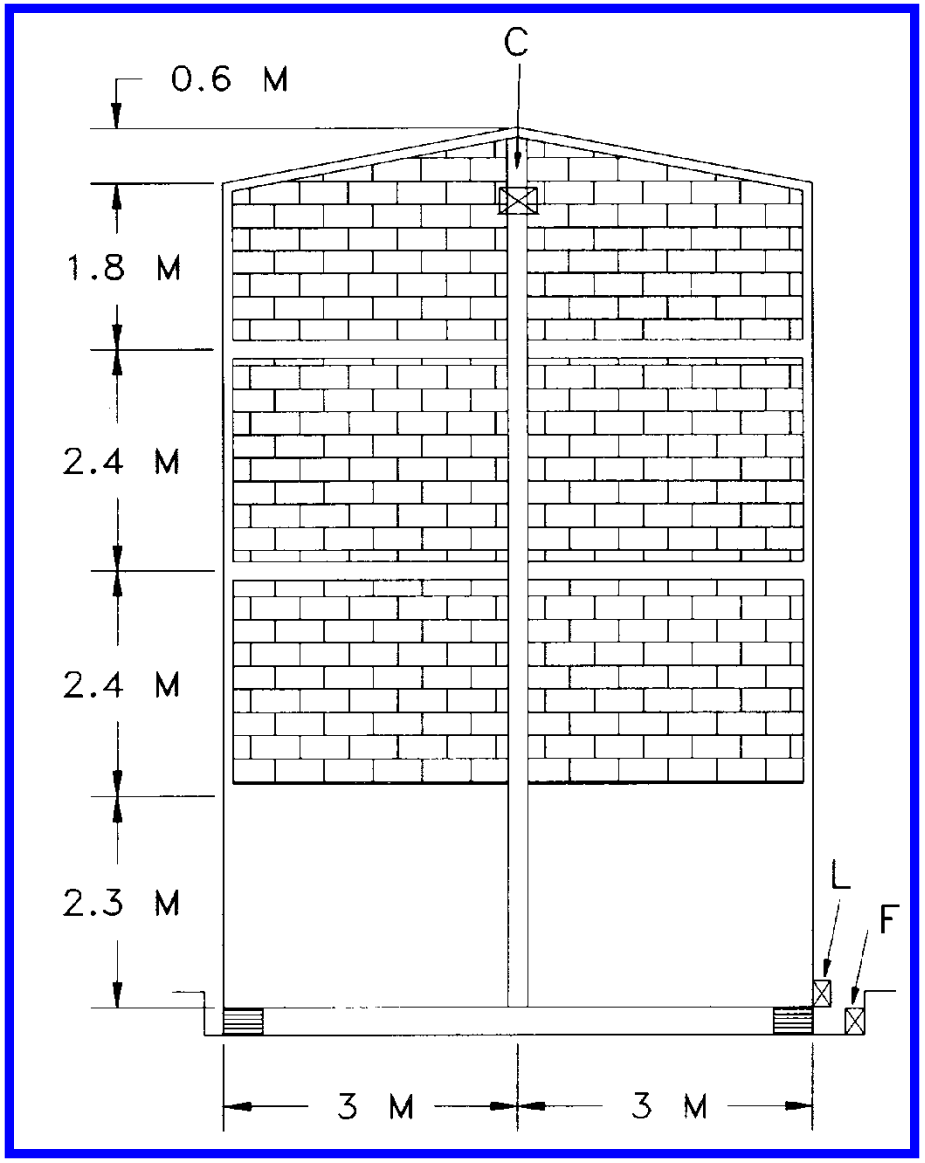
Comportamiento de edificios con sistemas de protección sísmica:

El Edificio Comunidad Andalucía ante el sismo del 27-02-2010

COMUNIDAD
ANDALUCIA

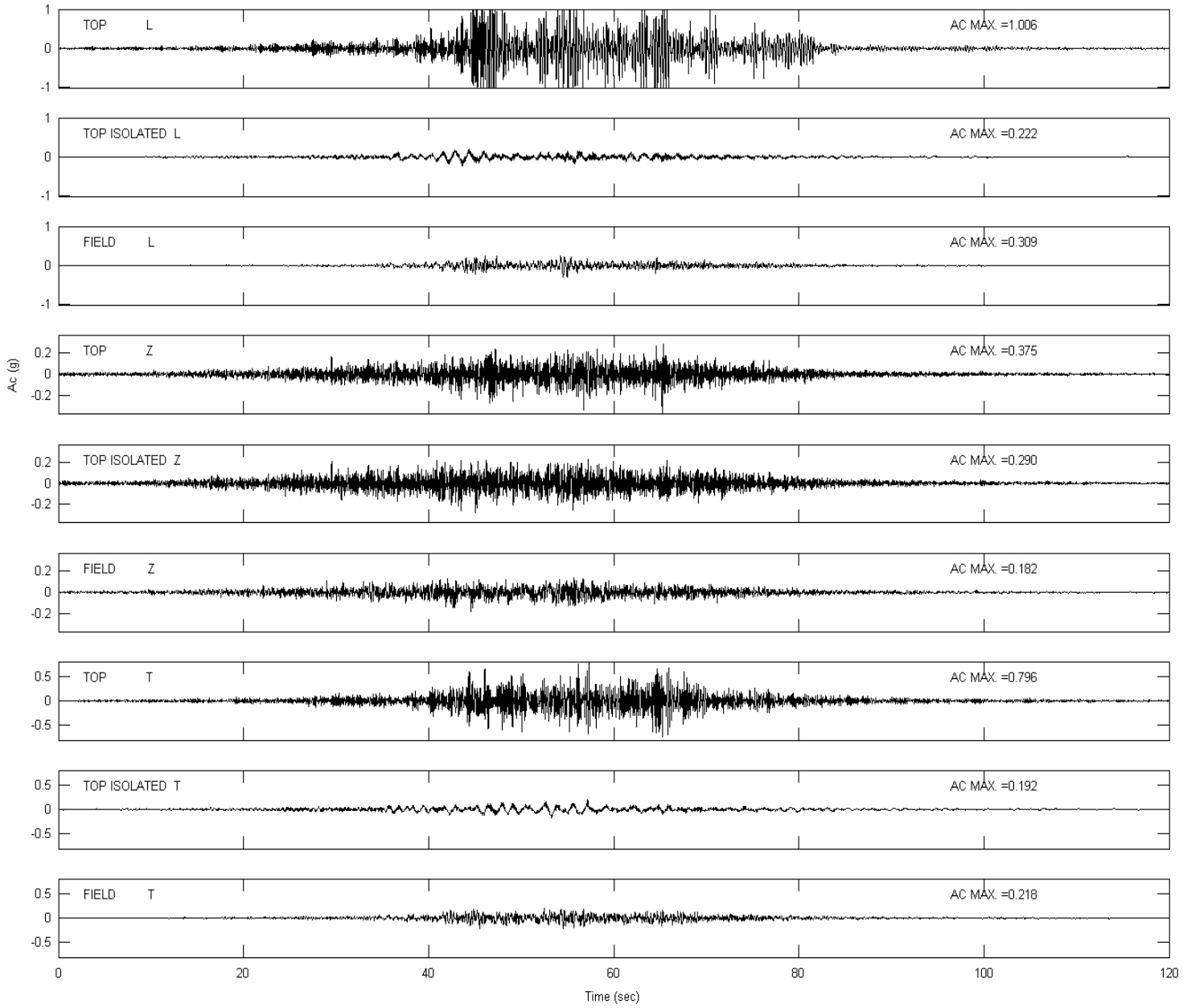
Ubicación de aisladores y acelerógrafos

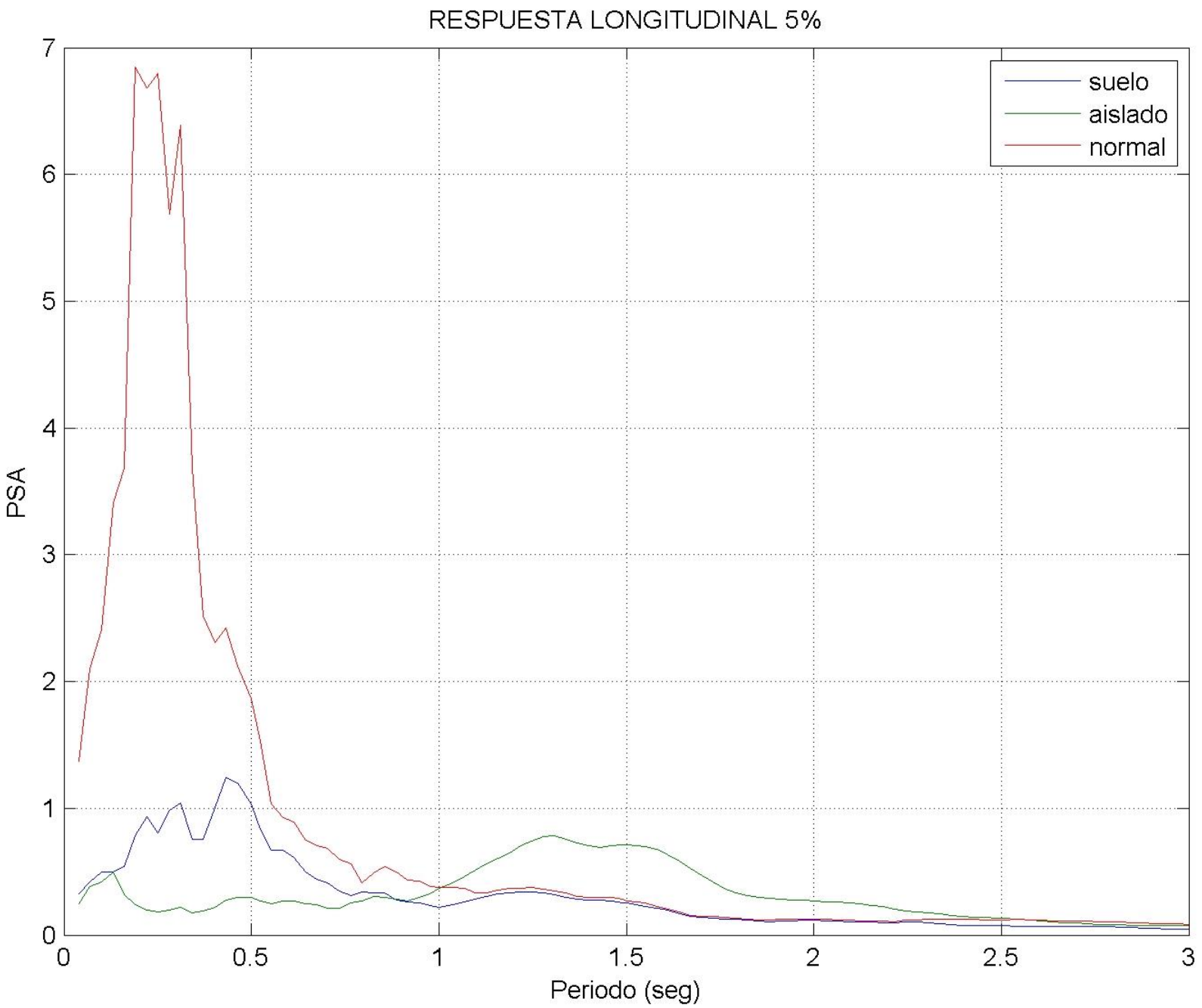


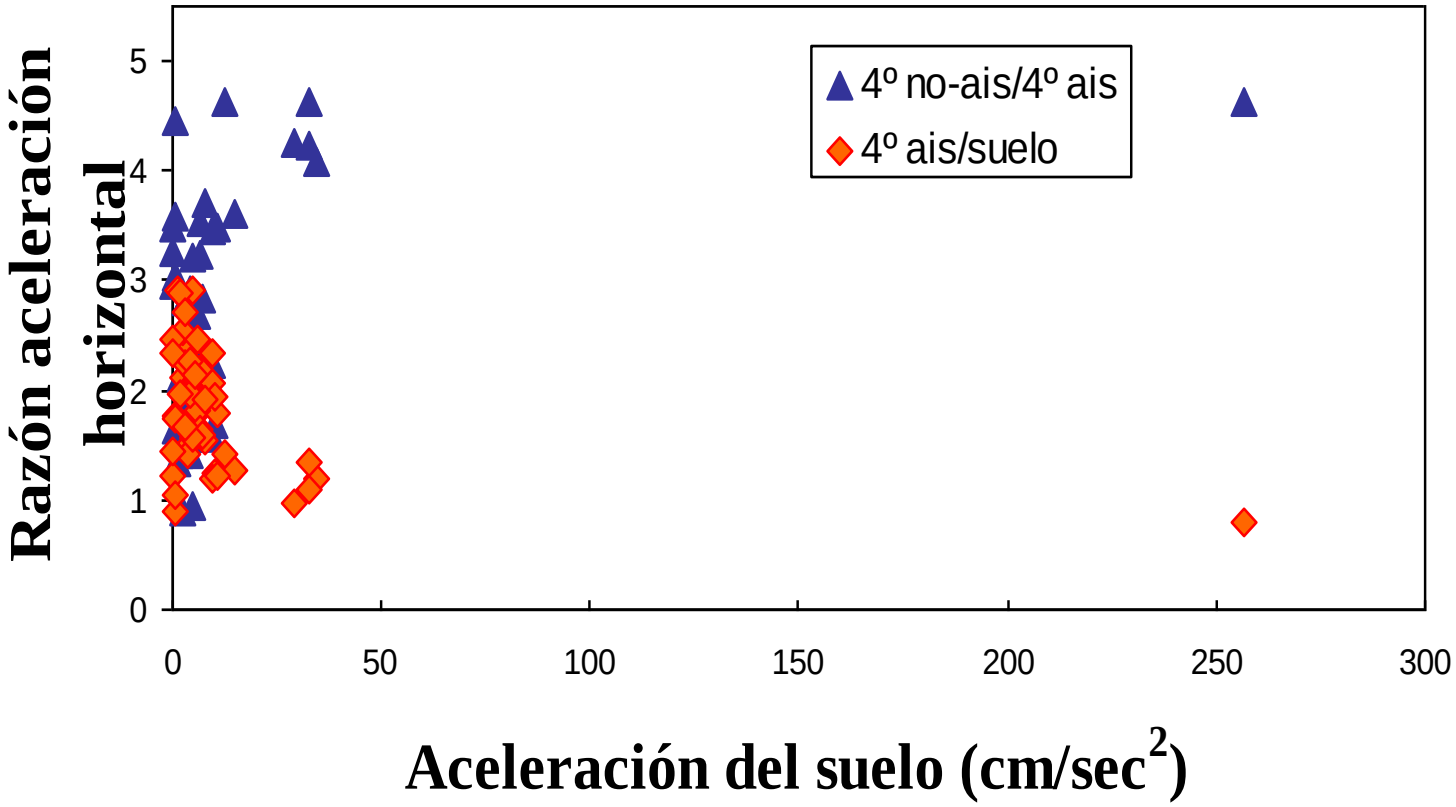


VISTA BAJO LOSA PRIMER PISO

1004
1002


TOP L
AC MAX. =1.006
TOP ISOLATED L
AC MAX. =0.222
FIELD L
AC MAX. =0.309
TOP Z
AC MAX. =0.375
TOP ISOLATED Z
AC MAX. =0.290
FIELD Z
AC MAX. =0.182
TOP T
AC MAX. =0.796
TOP ISOLATED T
AC MAX. =0.192
FIELD T
AC MAX. =0.218
Ac (g)
Time (sec)
0
20
40
60
80
100
120


RESPUESTA LONGITUDINAL 5%
suelo
aislado
normal
PSA
Periodo (seg)
0
1
2
3
4
5
6
7
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3


Razón aceleración horizontal
Aceleración del suelo (cm/sec2)
4º no-ais/4º ais
4º ais/suelo
0
1
2
3
4
5
0
50
100
150
200
250
300

URGENCIA

ZACIÓN HOSPITAL REGI
Burotto
DEL MAULE / HOSPITAL DE TALCA

ACCESO

Costanera
Norte
Al Oriente
Costanera
Norte
Al Poniente
Vespucio
Sur
COSTANERA NORTE
AL ORIENTE
AL PONIENTE

DEFICIENCIAS NORMATIVAS

TECSA NO RESPONDE

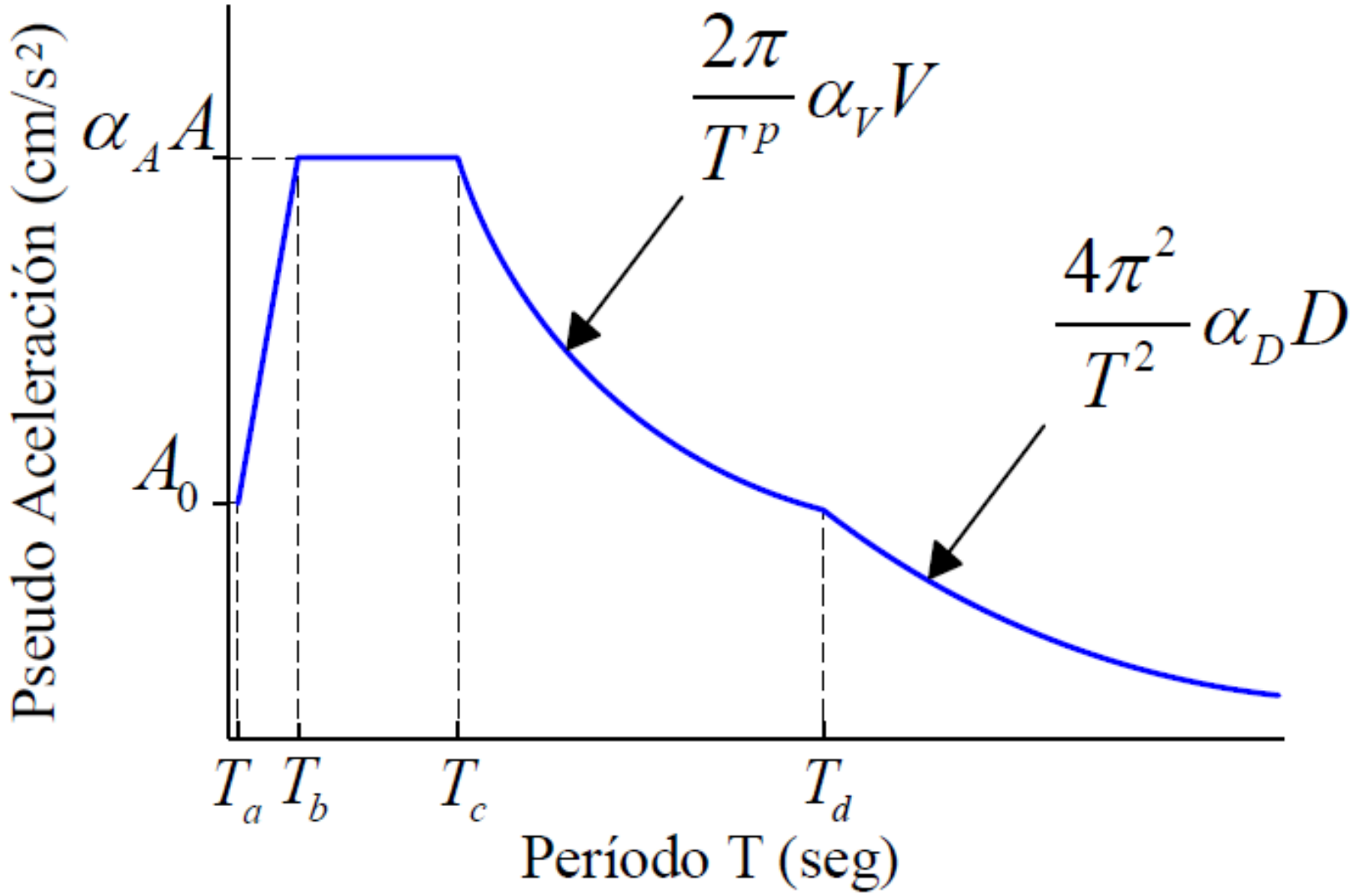


Figura 6.1 – Definición genérica del espectro de pseudo aceleración.

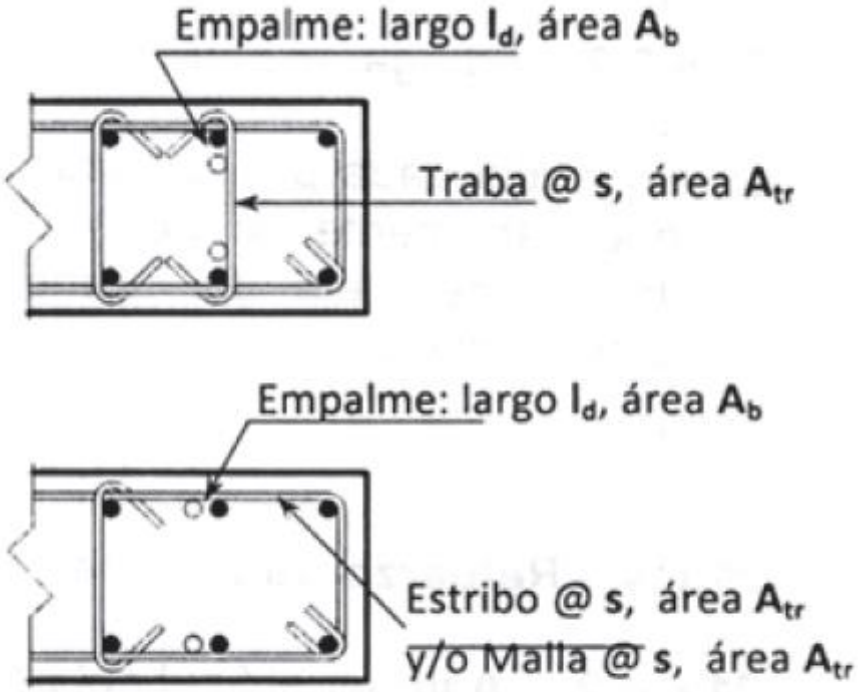


Fig. R 21.9.2.3 Refuerzo transversal en empalmes.

TABLA. CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

Suelo Tipo		V_{s30} (m/s)	RQD	q_u (MPa)	(N_1) (golpes/pie)	S_u (MPa)
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	≥ 50%	≥10 (ε_{qu}≤2%)		
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500		≥ 0,40 (ε_{qu}≤2%)	≥ 50	
C	Suelo denso o firme	≥ 350		≥ 0,30 (ε_{qu}≤2%)	≥ 40	
D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180			≥ 30	≥0,05
E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	< 180			≥ 20	<0,05
F	Suelos Especiales	*	*	*	*	*

N_1 : Índice de Penetración Estándar normalizado por presión de confinamiento de 0,1 MPa. Aplicable sólo a suelos que clasifican como arenas

RQD : Rock Quality Designation, según norma Astm D 6032

q_u : Resistencia a la compresión simple del suelo

ε_{qu} : Deformación unitaria desarrollada cuando se alcanza la resistencia máxima en el ensayo de compresión simple

S_u : Resistencia al corte no-drenada del suelo