

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS POLÍTICAS
CARRERA DERECHO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SEMINARIOS



TESIS DE GRADO

**“NECESIDAD DE IMPLEMENTAR UNA NORMATIVA
ANTISISMICA QUE REGULE LOS REQUERIMIENTOS
MÍNIMOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DE LA PAZ”**

(PARA OPTAR AL TÍTULO ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN DERECHO)

POSTULANTE : WILLAM CRISTIAN BAPTISTA NOYA
TUTOR : DR. MARCO ANTONIO CENTELLAS CASTRO

LA PAZ – BOLIVIA
2013

Dedicatoria

La presente investigación es dedicada a mi querida Ciudad de La Paz - Bolivia
y en particular a las dos razones de mi existencia, mis hijitos

ALEXIA y SEBASTIAN

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento infinito a mis padres Willam y Rosse Mary por sus consejos, confianza y apoyo incondicional que me brindan día a día.

A mi abuelo Luis Noya L. porque su vida es un ejemplo a seguir.

Agradezco a Mariana la mujer que llegó a mi vida para llenarla de amor y esperanza, gracias por tu paciencia, tu sinceridad, por tu esfuerzo y por la ayuda que siempre me brindas, Te Amo.

Agradezco a mi Tutor Dr. Marco Centellas Castro, por su orientación y consejos para el desarrollo de la presente Tesis.

A las Instituciones: (GAML P, Observatorio San Calixto, Sociedad de Ingeniero de Bolivia, Col. de Ingenieros LP, Colegio de Arquitectos de Bolivia, comisión IBNORCA) que me facilitaron información imprescindible mediante entrevistas y material concerniente al tema propuesto.

Agradezco a Mircko Vera Z. Oscar Barrientos J., Edgar Calderón L., por la colaboración que me prestaron de forma desinteresada para desarrollar esta investigación.

A; Rossy, Wendy y Paola que por su preocupación de hermanas su expectativa y cariño, hacen que todo esfuerzo valga la pena.

A todas las personas que directa e indirectamente me colaboraron para poder realizar este trabajo: Mis suegros (Marlene y Alexis), como también a: parientes, amig@s, docentes, etc... que no los nombro por no discriminarlos.

Sinceramente muchas gracias.

RESUMEN o ABSTRACT

Una solución a la inseguridad en materia de construcción en la ciudad de La Paz, es la implementación de una normativa antisísmica, mediante la aplicación de esta se podrá reducir significativamente los efectos que podrían producirse a consecuencia de un evento de con intensidad considerable.

El objetivo fundamental de este trabajo es demostrar que la implementación de una normativa antisísmica para la ciudad de La Paz contribuirá a regular las construcciones bajo estándares internacionales; los resultados de esta investigación se presentan como una alternativa que, de ser aplicados, resultarían eficaces al momento de producirse un evento sísmico.

A través de un estudio documental, se hace referencia a los eventos sísmicos ocurridos en nuestro planeta y particularmente en Bolivia.

El marco teórico de la investigación está influenciado por el Positivismo Jurídico. Seguidamente se analiza la normativa legal que se maneja en nuestro País con referencia al tema investigado, centrándonos en el análisis de la normativa que se aplica a las construcciones en la Ciudad de la Paz, posteriormente se analiza la legislación antisísmica a nivel internacional, extrayendo de estos textos legales los aspectos más importantes que se manejan en materia de construcción.

En el último capítulo se demuestra la Hipótesis planteada, concluyendo que: la falta de una normativa con las características de diseño sismo-resistentes para la Ciudad de La Paz, afecta la seguridad de las personas, recomendando prever la situación para disminuir las consecuencias o en lo posible evitarlas.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN o ABSTRACT	III
INDICE	IV
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	
1. ENUNCIADO DEL TEMA DE LA TESIS	1
2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
3. PROBLEMATIZACIÓN	1
4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
4.1.DELIMITACIÓN TEMÁTICA	2
4.2.DELIMITACIÓN TEMPORAL	2
4.3.DELIMITACIÓN ESPACIAL	3
5. FUNDAMENTACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	3
6. OBJETIVOS A LOS QUE HA ARRIBADO LA INVESTIGACIÓN	4
6.1.OBJETIVO GENERAL	4
6.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
7. MARCO REFERENCIAL	5
8. HIPÓTESIS DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	5
8.1.VARIABLES	5
8.1.1. Variable Independiente	6
8.1.2. Variable Dependiente	6
8.2.UNIDADES DE ANÁLISIS	6
8.3.NEXO LÓGICO	6
9. MÉTODOS QUE FUERON UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	7
9.1. MÉTODOS GENERALES	7

9.1.1. MÉTODO DEDUCTIVO	7
9.1.2. MÉTODO CUANTITATIVO	7
9.2. ESPECIFICOS	8
9.2.1. MÉTODO NORMATIVO	8
9.2.2. MÉTODO COMPARATIVO	8
10. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	9
10.1. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN TEÓRICA	9
10.2. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN ANALÍTICA	9

DESARROLLO DEL DISEÑO DE PRUEBA

INTRODUCCIÓN	10
---------------------------	-----------

CAPITULO I

MARCO HISTORICO

1.1.DATOS HISTÓRICOS DE ACTIVIDAD SÍSMICA A NIVEL MUNDIAL	12
1.1.1. DATOS HISTÓRICOS SOBRE ACTIVIDAD SÍSMICA EN BOLIVIA	23
1.1.1.1. ACTIVIDAD SÍSMICA EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ	35
1.1.2. HISTORIA DE LA SISMOLOGÍA	40
1.1.3. ESTUDIO DE LA SISMOLOGÍA EN BOLIVIA	42
1.1.4. IMPORTANCIA DEL LA HISTORIA DE LA SISMICIDAD	44
1.1.5. INGENIERÍA ANTISÍSMICA	46
1.1.6. ARQUITECTURA ANTISÍSMICA	48
1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS SOBRE NORMATIVA ANTISISMICA	51

CAPITULO II

MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

2.1. MARCO TEÓRICO	57
2.1.1 INFLUENCIA DEL POSITIVISMO JURÍDICO	57
2.2. MARCO CONCEPTUAL	58
2.2.1. QUÉ ES UN TERREMOTO O SISMO?	58
2.2.2. PLACAS TECTÓNICAS	60
2.2.3. MAGNITUD	63
2.2.4. LA INTENSIDAD	63
2.2.4.1. Escalas De Intensidad	63
2.2.4.2. Frecuencia De Ocurrencia	68
2.2.5. FALLA.	70
2.2.5.1. Principales Tipos De Fallas	71
2.2.6. FALLAS POTENCIALMENTE ACTIVAS EN BOLIVIA	72
2.2.7. FALLAS POTENCIALMENTE ACTIVAS EN LA PAZ	75
2.2.8. CARACTERÍSTICAS DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISISMICAS	77
2.2.8.1. Configuración Estructural Sismo-resistente	77
2.2.8.2. Pórticos No Arriostrados	82
2.2.8.3. Pórticos Arriostrados Concéntricamente	83
2.2.8.4. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	85
2.2.8.5. Sistema Resistente A Sismos	88
2.2.9. LA PAZ, CIUDAD FRÁGIL	95
2.2.9.1. Estructuras Paceñas con Diseño Sísmico	95
2.2.10. NORMA ANTISISMICA	99

CAPITULO III

MARCO JURIDICO

3.1. LEGISLACION NACIONAL	101
---------------------------------	-----

3.1.1.	CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA (CPE) DE 7 DE FEBRERO DE 2009	101
3.1.2.	LEY DE MUNICIPALIDADES 2028	103
3.1.3.	LEY MARCO DE AUTONOMÍAS Y DESCENTRALIZACIÓN ANDRÉS IBÁÑEZ (19 DE JULIO DE 2010)	105
3.1.4.	REGLAMENTO DE USO DE SUELOS Y PATRÓN DE ASENTAMIENTO (USPA) DE 19 DE ABRIL DE 2010	107
3.1.5.	LEY MUNICIPAL AUTÓNOMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS DE DESASTRES N° 005/2010 (29 DE DICIEMBRE DE 2010)	112
3.1.6.	NORMA BOLIVIANA DEL HORMIGÓN ARMADO (CBH-87)....	115
3.2.	LEGISLACIÓN COMPARADA	118
	ARGENTINA	118
	CHILE	124
	PERÚ	129
	MÉXICO	132
	ESPAÑA	133
	JAPON	134
	ESTADOS UNIDOS	135

CAPITULO IV

DEMOSTRACION DE LA HIPOTESIS

4.1.	PRESENTACIÓN Y PROCESAMIENTO DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	139
4.1.1.	DATOS DE LA ENTREVISTA	139
4.1.2.	DIFICULTADES EN EL MOMENTO DE LA INVESTIGACIÓN..	165
4.1.3.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	165
4.1.4.	DEMOSTRACION DE LA HIPOTESIS	166

CONCLUSIONES	168
RECOMENDACIONES	171
BIBLIOGRAFIA	173
ANEXOS	180

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

1. ENUNCIADO DEL TEMA DE LA TESIS

NECESIDAD DE IMPLEMENTAR UNA NORMATIVA ANTISÍSMICA, QUE REGULE LOS REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DE LA PAZ.

2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La actividad sísmica en el mundo ha sido la causa de que la mayoría de los países hayan desarrollado normas de diseño sismo resistente, como una medida indispensable para la mitigación del riesgo. Al estar la ciudad de La Paz situada entre las placas tectónicas consideradas entre las de mayor actividad (Nazca y Sudamericana o Continental), y al no contar con una normativa que regule las construcciones sismo resistentes, nos vemos en el riesgo de sufrir enormes pérdidas humanas y económicas.

3. PROBLEMATIZACIÓN

- ¿Será que las edificaciones existentes se enmarcan dentro de la normativa legal vigente si esta existe?
- ¿Cuál es el estado de la norma?
- ¿Cuál es el grado de conocimiento de la norma por parte de la población?

- ¿Qué instancia es la encargada de regular las construcciones y a partir de qué mecanismos?
- ¿En qué medida, la aprobación de una normativa antisísmica coadyuvará a evitar pérdidas humanas y materiales?
- ¿La falta de una normativa legal sobre construcciones sismo resistentes, no afecta la integridad de la ciudadanía?

4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. DELIMITACIÓN TEMÁTICA

El tema a ser desarrollado es parte del Derecho Municipal, puesto que la aplicación de una normativa antisísmica que regule los requerimientos mínimos de construcción se constituirá en una norma preventiva sobre desastres futuros que puedan producirse a causa de movimientos sísmicos en la Ciudad de La Paz.

4.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El presente trabajo de investigación abarcará desde el 22 de octubre de 1986 fecha en la que se pone en vigencia mediante Resolución Ministerial N° 194 la Norma Boliviana del Hormigón Armado (CBH-87), hasta el año 2012 que se aprueba en grande la Ley de Uso de Suelos Urbanos, sin embargo sigue en vigencia el Reglamento de Uso de Suelos y Patrones de Asentamiento (USPA) de 2010.

4.3. DELIMITACIÓN ESPACIAL

El área urbana de la Ciudad de La Paz será el espacio de investigación de este trabajo debido a la gran cantidad de edificaciones construidas sin normativa antisísmica.

5. FUNDAMENTACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La humanidad ha experimentado a lo largo de su historia el efecto destructivo de los terremotos. En el siglo XX estas catástrofes naturales han ocasionado una media anual del orden de 14.000 muertos. (CRISAFULLI, 1998: 8)

Durante siglos los movimientos sísmicos fueron causantes de la destrucción e incluso desaparición de ciudades y poblaciones enteras. Las construcciones precarias, las deficientes, las mal ingeniadas, y las no reguladas fueron desde el principio las más propensas a sufrir un desplome; con los años la tecnología y el ingenio del ser humano se fueron ampliando y comenzaron a diseñar y construir estructuras cada vez más resistentes hasta llegar a cumplir con normas de diseño aplicadas a este fin. Sin embargo en pleno siglo XXI todavía hay países en el mundo donde las construcciones siguen siendo precarias, deficientes, mal ingeniadas y mucho menos normadas haciendo caso omiso a las experiencias pasadas y a posibles eventualidades.

El riesgo en La Paz de un sismo de proporciones suficientes para causar estragos podría ser inminente, y al no contar con una normativa antisísmica que regule las construcciones nuevas y prevea la restauración de las ya existentes, estamos propensos a sufrir pérdidas humanas y materiales de consideración.

Uno de los mayores desafíos en la Ciudad de La Paz es lograr la implementación práctica de las soluciones que la ingeniería sísmo resistente ha desarrollado, tanto para construcciones nuevas como para la rehabilitación de estructuras existentes que no cumplen con los niveles de seguridad requeridos en otros países en la actualidad.

Al ser la vida y la seguridad del ser humano un tema prioritario en todas las legislaciones del mundo, la importancia sobre este tema radica en la necesidad de implementar una normativa de tipo antisísmica la cual no deba pasar desapercibida y deberá constituirse en una de las normas indispensables en materia municipal en pro del ser humano.

6. OBJETIVOS A LOS QUE HA ARRIBADO LA INVESTIGACIÓN

6.1. OBJETIVO GENERAL

Demostrar que la implementación de una normativa antisísmica para la ciudad de La Paz contribuirá a regular las construcciones bajo estándares internacionales.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la normativa sobre el tema propuesto a nivel nacional.
- Demostrar el avance sobre este tema en la legislación comparada

- Precisar a qué magnitud e intensidad sísmica deben ser resistentes las construcciones.
- Definir quiénes deberán ser los encargados de controlar que las construcciones cumplan con la normativa antisísmica.

7. MARCO REFERENCIAL

La presente investigación hace referencia al estudio de la sismicidad y de la normativa en materia antisísmica en el tiempo; de la misma forma desarrolla en el capítulo del marco teórico y conceptual, conceptos básicos y necesarios para la mejor comprensión del tema y analiza en el marco jurídico la normativa en esta materia a nivel municipal, departamental, nacional y hace una comparación de la legislación a nivel internacional.

8. HIPÓTESIS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La implementación de una normativa antisísmica que regule los requerimientos mínimos de construcción en la ciudad de La Paz, permitirá regular las construcciones considerando los riesgos de un sismo y de esa forma prevendrá posibles pérdidas tanto humanas como materiales causadas por el mismo.

8.1. VARIABLES

“Una variable, es una propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de medirse”. “La variable Independiente es la que se considera

como supuesta causa en una relación entre variables; es la condición antecedente, y, al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable Dependiente (consecuente).” (HERNANDEZ; FERNANDEZ y BAPTISTA; 1998:75,109,110)

8.1.1. Variable Independiente

La aplicación de una norma jurídica antisísmica que regule las construcciones en la ciudad de La Paz.

8.1.2. Variable Dependiente

El control de las construcciones permitirá establecer los elementos que prevengan riesgos en caso de sismo.

8.2. UNIDADES DE ANÁLISIS

La ciudad de La Paz, sus construcciones y normativas en relación a construcciones.

8.3. NEXO LÓGICO

La ausencia de una normativa antisísmica en materia de construcción, genera inseguridad en la ciudadanía.

9. MÉTODOS QUE FUERON UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

9.1. MÉTODOS GENERALES

9.1.1. MÉTODO DEDUCTIVO

Consiste en determinar si un elemento dado pertenece o no a un conjunto previamente definido, implica el establecimiento de supuestos, se asume que es la manera de razonar que va desde los hechos generales conocidos a los hechos y principios particulares y desconocidos. Se efectúa un análisis descomponiendo el todo en sus partes y estas en sus elementos constitutivos. En otras palabras, *“es un proceso intelectual que partiendo de un conocimiento general se debe llegar a uno de carácter particular mediante una serie de abstracciones”* (TORREZ, 2004: T 7: 13).

En la presente investigación se tratará de determinar la ventaja y el impacto que tendría la implementación de una normativa antisísmica en nuestra ciudad, tomando como base las normativas internacionales ya establecidas u otras análogas para tratar de adaptarlas a nuestro entorno.

9.1.2. MÉTODO CUANTITATIVO

Este método engloba la recopilación de gran volumen de datos estadísticos descriptivos y la utilización de técnicas de muestreo,

modelos matemáticos avanzados y simulaciones informáticas de procesos sociales. (ENCICLOPEDIA ENCARTA: 2009) El análisis cuantitativo es cada vez más utilizado como medio de investigación de las posibles relaciones causales, especialmente en la investigación de la movilidad social y la adquisición de estatus.

9.2. ESPECIFICOS

9.2.1. MÉTODO NORMATIVO

Permite recurrir a las diferentes disposiciones legales existentes en nuestro país relacionado con el tema, a objeto de sentar precedente de que no existe reglamentación específica sobre construcciones antisísmicas en la Ciudad de La Paz.

9.2.2. MÉTODO COMPARATIVO

En base a este método se demostrará la falta de normativa en materia antisísmica en la Ciudad de La Paz, consultando y tomando como referencia la legislación comparada.

En un sentido amplio, no propiamente científico-social, del concepto de comparación pueden derivarse dos acepciones: una general, que se refiere a la actividad mental lógica, presente en multitud de situaciones de la vida humana, que consiste en observar semejanzas y diferencias en dos o más objetos; y una acepción más reducida, que considera a la comparación como un procedimiento sistemático y ordenado para examinar relaciones,

semejanzas y diferencias entre dos o más objetos o fenómenos, con la intención de extraer determinadas conclusiones (REYES; 2005:). Es en esta última acepción donde el término comparación es sinónimo de método comparativo y su uso suele ir asociado al de método científico.

10. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

10.1. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN TEÓRICA

Investigación documental. Este tipo de investigación es la que se realiza, como su nombre lo indica, apoyándose en fuentes de carácter documental, esto es, en documentos de cualquier especie. Como subtipos de esta investigación encontramos la investigación bibliográfica, la hemerográfica y la archivística; la primera se basa en la consulta de libros, la segunda en artículos o ensayos de revistas y periódicos, y la tercera en documentos que se encuentran en los archivos, como cartas, oficios, circulares, expedientes, etcétera.

10.2. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN ANALÍTICA

Consiste en separar los elementos de un todo a fin de estudiarlos independientemente detectando las relaciones existentes entre los mismos, con el propósito de tener un conocimiento más eficaz y elementos de juicio más amplios que permitan demostrar la verdad que se investiga.

DESARROLLO DEL DISEÑO DE PRUEBA

INTRODUCCIÓN

El colapso de las construcciones (casas, edificios, puentes, etc.) es la principal causa de muertes y pérdidas económicas resultantes de los sismos.

Al ser la vida un derecho consagrado mundialmente, los Gobiernos deben adecuar sus legislaciones a preservar este derecho; las normas de construcción se convierten en una materia de suma importancia para la prevención de posibles sucesos ya sean causados por el hombre o los causados por efectos de la naturaleza como ser (Sismos).

A raíz de los acontecimientos sísmicos y de sus nefastos efectos ocurridos a lo largo de la historia, la humanidad realizó importantes avances científicos y sociales para no ser sorprendidos y evitar pérdidas humanas y económicas; unos de esos avances es la ingeniería en materia sismo resistente cuyos parámetros de diseño y construcción son adoptados en las legislaciones de varios países, convirtiéndose en referentes obligatorios en los cuales deben basarse. Sin embargo, a pesar de las severas experiencias vividas en otros países y a pesar de tener la certeza de que las construcciones sismo resistentes son eficaces y dignas de ejemplo, hoy en día todavía existen países despreocupados en adoptar una norma de estas características aduciendo la improbabilidad de un acontecimiento sísmico en su territorio siendo innecesario la aplicación de una normativa antisísmica.

Entre estos países se encuentra Bolivia ubicada 75 Km. sobre la Placa de Nazca, considerada una de las de mayor actividad en nuestro planeta, siendo las ciudades fronterizas con Perú y Chile las más susceptibles de un

acontecimiento sísmico; en el caso particular de la Ciudad de La Paz el objetivo es lograr la implementación de una normativa antisísmica en base a los avances de la ingeniería sismo resistente, tanto para construcciones nuevas como para la rehabilitación de estructuras ya existentes que no cumplan con los niveles de seguridad requeridos, esta medida mitigará en gran medida las pérdidas materiales pero sobre todo resguardará la seguridad de las personas evitando muertes innecesarias.

CAPITULO I

MARCO HISTORICO

1.1. DATOS HISTÓRICOS DE ACTIVIDAD SÍSMICA A NIVEL MUNDIAL

Existen registros escritos en China de hace 3000 años, en los cuales se describe el impacto de las sacudidas sísmicas tal como los percibimos hoy en día.

Registros japoneses y de Europa oriental con 1600 años de antigüedad también describen en detalle los efectos de los sismos sobre la población.

Entre los sismos antiguos para los que existen registros fiables está el que se produjo en Grecia en el 425 a.C., que convirtió a Eubea en una isla; el que destruyó la ciudad de Éfeso en Asia Menor en el 17 d.C.; el que arrasó Pompeya en el 63 d.C., y los que destruyeron parte de Roma en el 476 y Constantinopla (ahora Estambul) en el 557 y en el 936. También hay ejemplos de ciudades-estado que han desaparecido en el pasado por terremotos; por ejemplo, es posible que la desaparición de la Atlántida evocada en los Diálogos de Platón.

Grandes obras destruidas por terremotos se han convertido en mitos y leyendas. Tal es el caso de la destrucción del Coloso de Rodas en 225 y la destrucción del Faro de Alejandría en 800 (ambas edificaciones eran parte de las siete maravillas del mundo antiguo).

“Los códices mayas y aztecas también se refieren a este fenómeno natural. Existen documentos en la época colonial (Archivos de Indias) que detallaron los principales eventos que afectaron regiones americanas” (<http://es.wikipedia.org> 05/07/2011: hrs. 22:20).

En la edad media se produjeron fuertes terremotos en Inglaterra en 1318, en Nápoles en 1456 y en Lisboa en 1531. El sismo de 1556 que mató a 800.000 personas en Shensi, provincia de China, considerado uno de los mayores desastres naturales de la historia. En 1693 un terremoto en Sicilia se llevó unas 60.000 vidas; al principio del siglo XVIII, la ciudad japonesa de Edo (en el emplazamiento del Tokio moderno) fue destruida y murieron unas 200.000 personas. En 1755 Lisboa fue devastada por un terremoto y alrededor de 60.000 personas murieron, este desastre aparece en *Cándido*, novela del escritor francés Voltaire. La sacudida fue tan fuerte que se sintió hasta en las regiones interiores de Inglaterra.

Entre los sismos más fuertes registrados se encuentra: la destrucción en la Ciudad de Lima Perú en 1581 y el 28 de octubre de 1746 respectivamente según descripciones de la época este sismo tuvo una duración de varios minutos, un tsunami posterior arrasó el puerto del Callao pereciendo cinco mil personas y desapareciendo miles más. (<http://es.wikipedia.org/20/08/2011> a hrs. 19:30). Quito, la capital de Ecuador, sufrió un terremoto en 1797 en el que murieron más de 40.000 personas. Uno de los terremotos más famosos fue el del área de San Francisco (EEUU) en 1906 provocó la muerte de más de 3.000 personas y afectó a unos 28.000 edificios. Con una intensidad aproximada de 7,9 en la escala Richter, el terremoto todavía se encuentra entre uno de los mayores de la historia del mundo. (ENCICLOPEDIA Encarta: 2009)



(Terremoto de San Francisco de 1906)

En Latinoamérica, el mes de agosto de 1906 en Valparaíso, Chile, un sismo acabó con la vida de unas 20.000 personas; en enero de 1939 en la ciudad de Chillán, también en Chile, murieron 28.000 personas. En 1970, en el norte de Perú murieron unas 66.000 personas. El sismo de Managua, Nicaragua, el 23 de diciembre de 1972 destruyó por completo la ciudad y murieron más de 5.000 personas. El terremoto en Tangshan, China, en 1976 causó la muerte a 750.000 personas; el 19 de septiembre de 1985, un terremoto en la ciudad de México provocó la muerte de miles de personas, además de causar cuantiosos daños materiales.¹

¹ “La geografía no hizo sino aumentar el grado de destrucción, ya que la capital mexicana se asienta sobre un terreno colmatado por sedimentos esponjosos que cubren un antiguo lago. Cuando se produjo el movimiento sísmico, el limo comprimido en el lecho del lago vibró como un resorte gigante bajo la ciudad azteca, sobredimensionando el temblor”. (Fuente: BBC Worldwide Americas, Inc./NBC News Archives)



(Edificio destruido a causa del terremoto en la ciudad de México 1985)

En 1988 un fuerte terremoto sacudió el norte de Armenia ocasionando la muerte de unas 25.000 personas. El sismo de magnitud 7,2 en la escala de Richter ocurrido el 17 de enero de 1995 en el área de Hanshin-Awaji en Japón, tuvo un efecto destructivo sobre la ciudad de Kōbe donde unos 10.000 edificios fueron destruidos y perecieron más de 5.600 personas.



(Kōbe destrizada 1995) ²

² El terremoto que golpeó el 17 de enero de 1995 la ciudad de Kōbe, en la isla japonesa de Honshū, dejó la ciudad destrizada. Con una magnitud de 7,2 en la escala de Richter, perecieron más de 5.600 personas. (REUTERS/THE BETTMANN ARCHIVE)

El noreste de Turquía fue sacudido en 1999 por un terremoto, de magnitud 7,4 en la escala de Richter, que provocó la muerte de decenas de miles de personas.

El 26 de enero de 2001 un terremoto (de 7,9 grados en la escala de Richter) asoló el estado de Gujarāt en la India. A finales de 2003, el sureste de Irán sufrió un fuerte terremoto, de magnitud 6,6 en la escala de Richter, que provocó la muerte de al menos 40.000 personas y destruyó gran parte de la histórica ciudad de Bam. (ALLÉGRE, 1995: 55-60)

El terremoto de 7,1 grados en la escala de Richter ocurrido en Puerto Príncipe - Haití el 12 de enero de 2010, dejó, según datos estadísticos del suceso: “222.570 muertos, 2,3 millones de personas abandonaron sus hogares, 105.000 quedaron completamente destruidas y otras 188.383 colapsaron o sufrieron graves daños, el 60% de los edificios del Gobierno, la infraestructura administrativa y económica, así como el Parlamento y el sector Judicial incluyendo el Palacio de justicia y numerosos tribunales fueron destruidos” (O.N.U. Informe - Haití; 2010: 308)

En Chile el 27 de febrero de 2010 se produjo un terremoto de 8,8 grados en la escala de Richter, en Curanipe, Provincia de Cauquenes, según el último saldo de víctimas dejó 521 muertos.



(Edificio de Concepción, Chile 2010)

Fecha	Magnitud	Epicentro	Zonas afectadas	Daños y pérdidas humanas
Año 526	X	X	Costa del Mediterráneo	200,000 Muertos
826	X	X	Corintio, Grecia	45,000 Muertos
1201	X	X	Oriente Medio	1'100,000 muertos, sismo más trágico y antiguo.
1268	8,4	X	Sicilia, Italia	60,000 muertos
1556	X	X	Shaan-si, China	Más de 830,000 Muertos
26/01/1531	X	Cerca de Lisboa, Portugal	Portugal.	30,000 Muertos
23/01/1556	X	Shenshi, China.	China.	830,000 muertos.
Noviembre de 1667	X	Shemaka, Caucaso	Cordillera Caucásica	80,000 muertos
11/01/1693	X	Catania, Italia	Italia	60,000 muertos
11/10/1737	X	Calcuta, India	Norte de India, Cordillera del Himalaya, sur de Pakistán y Bangladesh.	30,000 muertos
7/06/1755	X	Costa de Irán junto al Mar Caspio.	Norte de Irán	40,000 muertos

1/11/1755	X	Lisboa, Portugal.	Portugal, España y Norte de Africa, se dejó sentir en Francia y Estados Unidos. El Tsunami producido afecto el norte de Africa y la península ibérica.	70,000 muertos.
4/02/1783	X	Calabria, Italia	Italia	50,000 muertos
4/02/1797	X	Quito, Ecuador	Ecuador	40,000 muertos
1811-1812	3,6 - 6,7	Nuevo Madrid, Missouri	La mayor serie de movimientos sísmicos afectaron a Estados Unidos, cambió varios cursos del cauce del río Misisipi.	270 muertos
5/09/1822	X	Allepo, Asia menor	Asia menor	22,000 muertos
18/12/1828	X	Echigo, Japón	Japón	30,000 muertos
13/08/1868	X	X	Arica. Perú. Después de ser destruida por el terremoto, Arica fue arrasada por grandes olas. Todos los barcos anclados en las bahías fueron destruidos.	25,000 muertos
16/08/1868	X	X	Ecuador y Colombia	70,000 muertos
03-04-1872	7,5	X	Antiquia, Turquía.	Más de 1000 Muertos
15/06/1896	X	X	Riku-ugo, Japón	22,000 muertos
18/04/1906	8,6	Cercas de San Francisco, Estados Unidos	San Francisco, Santa Rosa, Salinas y San José, Estados Unidos.	700 muertos y 28,000 edificios destruidos.
16/08/1906	8,6	Valparaiso, Chile	Chile	20,000 Muertos
28/12/1908	7,5	Mesina, Italia	Italia	120,000 muertos
13/01/1915	7	Avezzano, Italia	Italia	30,000 muertos
1917	7	Cercas de Los Ángeles, California	California	No se calcularon los muertos y daños
16/12/1920	8,5	Kansu, China	China	180,000 muertos
01/09/1923	8,3	Tokio, Japón	Tokio y Yokohama	99,930 muertos y más de la mitad de Tokio destruida.
01/10/1923	8,2	Kwato, Japón	Japón	143,000 muertos
26/12/1932	7,6	Kansu, China	China	70,000 muertos

31/05/1935	7,5	Queta, India	India	60,000 muertos
02/03/1933	8,9	Costa Noroeste, Japón.	Noroeste de Japón	Aprox. 2.990 muertos.
10/03/1933	6,3	Long Beach (Sur de California), Estados Unidos	California	117 muertos.
15/01/1934	8,4	Bihar, Nepal.	India y Nepal.	10.700 muertos.
1934 7,5	X	Frente a Panamá.	Panamá.	Desconocido
31/03/1935	8,4	X	Quetta, Beluchistán.	Más de 30.000 muertos.
02/03/1939	8,3	Chillán, Chile.	Chile	28.000 muertos.
26/12/1939	7,9	X	Erzincan. Turquía.	Más de 30.000 muertos.
18/05/1940	7,1	X	Imperial Valley, Estados Unidos.	9 muertos.
04/03/1942	X	X	Japón.	82.000 muertos.
1943	7,5	Noroeste de Puerto Rico	Puerto Rico.	Daños importantes.
22/01/1944	8,5	San Juan, Argentina.	Argentina	Más de 10.000 muertos.
08/12/1946	X	Shiho-Ku, Japón.	Japón	2.000 muertos.
02/06/1948	X	Fuku-i, Japón.	Japón	Aprox. 5,100 muertos.
04/03/1952	X	Hokkaido. Japón.	Japón	Aprox. 8,233 muertos.
21/06/1952	7,7	X	Bakersfield.	12 muertos.
1953	X	X	Isla del mar Jónico. Grecia.	Desconocido
1954	6,7	Orléansville. Argelia.	Argelia	1,000 muertos.
1957	X	X	Norte de Irán.	Más de 25,000 muertos.
18/08/1959	8,2	Montana, cerca del parque Yellowstone, Estados Unidos.	Montana y sus alrededores.	Sin víctimas. Causó el desplome de una montaña sobre un río.
29-02-1960	X	Agadir, Marruecos.	Marruecos.	Más de 16,000 muertos.
22/05/1960	9,5	Sur de Chile.	Chile, el Tsunami producido por este sismo se propago por todo el Océano Pacífico.	2.000 muertos más otros miles en las costas de Océano Pacífico.
1962	X	Irán.	Irán	Desconocido
26/07/1963	X	X	Skopjé, Yugoslavia.	La sacudida duró 20 segundos pero dejó convertida la ciudad en un montón de ruinas y sepultó entre los escombros a

				millares de personas.
04/06/1964	4,6	Nigata, Japón.	Nigata y sus alrededores	Aunque parezca muy increíble, este sismo dejó 26 muertos y 447 heridos.
1964	X	X	Baldes-Alaska, Estados Unidos	Desconocido
1965	X	X	Valparaíso. Chile. Varios muertos.	Desconocido
1965	X	X	Nagano, Japón.	Desconocido
19/08/1966	6,7	Turquía oriental.	Turquía	Aprox. 2.520 muertos.
26/02/1968	Magnitud desconocida, solo se sabe que fueron tres sismos consecutivos	X	Miyazaki, Japón.	42 heridos.
31/08/1968	X	Cercas del norte de Irán	Norte de Irán	Más de 12.000 muertos.
31/05/1970	7,7	Huaylas, Perú.	Perú	Más de 50.000 muertos.
1970	X	X	Turquía.	Número desconocido solo se sabe que hubo muchos muertos.
19/09/1985	8,1	Entre los estados de Guerrero y Michoacan.	México D.F., Michoacan, Guerrero, Jalisco, Colima	Más de 4.000 muertos. Más de 300.000 Perdieron sus casas.
17/01/1995	7,2	Kobe	Kobe, Japón.	Más de 5.600 muertos, 18.000 heridos y más de 10.000 edificios destruidos.
13/01/2001	7,6	Frente a El Salvador	San Salvador, El Salvador.	944 muertos, 1.155 edificios públicos dañados, 108.261 viviendas destruidas y 405 iglesias dañadas.

26/12/2004	8,9	Frente al Norte de la isla de Sumatra, Indonesia.	Sumatra, Golfo de Bengala, India, Sri Lanka, Bangladesh, Tailandia, Malasia, Islas maldivas, Myanmar, Somalia, Madagascar, Tanzania, Kenia, Seycheles y Sudafrica.	El tsunami generado por la magnitud del sismo causa más de 150.000 muertos en Sri Lanka, islas Maldivas, India, Tailandia, Malasia, Bangladesh y Myanamar (antigua Birmania). Tambien resultado afectado el lado oriental de Africa. Una cifra superior a 50.00 casas quedaron destruidas. Es uno de los cinco peores temblores de tierra conocidos desde 1900.
08/10/2005	7,6	Cerca de Islamabad, Pakistan	Norte de India, Pakistan y Afganistan	Cifras oficiales de 2 de noviembre de 2005 indican 73.276 muertos y más de 69.000 heridos graves.
12 de enero de 2010	7,2	-	Puerto príncipe, Haití	222.570 muertos
27 de febrero de 2010	8.8	-	Curanipe, Provincia de auquenes, Chile.	521 muertos

(Fuente: CENAPRED -Centro Nacional de Prevención de Desastres, México; 2010)



(Mapa de Sud América, Fuente: El Pais.com, 2008)

En una publicación realizada el 27 de febrero de 2010 por el diario El Universal de Colombia titulada “América Latina, una región muy expuesta y vulnerable a los terremotos” señala que: desde Venezuela hasta Chile. El mapa sísmico no

deja lugar a duda: una línea roja recorre el continente de sur a norte, bordeando sus costas pacíficas para llegar hasta el Caribe. En su devastador camino se encuentran Santiago, La Paz, Lima, Quito, Bogotá, Caracas, y todos los países centroamericanos. (EL UNIVERSAL.COM; 27/02/2010, 10:35)

1.1.1. DATOS HISTORICOS SOBRE ACTIVIDAD SISMICA EN BOLIVIA

La actividad sísmica en Bolivia está relacionada al proceso de subducción que la placa de Nazca experimenta en su avance hacia el continente sudamericano. Los focos sísmicos que se encuentran por debajo del altiplano se encuentran entre los 70 y 300 km de profundidad (sismos de profundidad intermedia), focos sísmicos muy profundos se originan en el extremo de la placa que se hunde a más de 350 km de profundidad, por debajo del sur del departamento de Santa Cruz y el norte de Argentina.

En la región central, la actividad sísmica de foco superficial se manifiesta por gran cantidad de terremotos de magnitudes menores a 3.0; estos ocurren ya sea en forma aislada o como premonitores o réplicas de terremotos de mayor magnitud.

Se considera que la actividad sísmica en Bolivia es moderada, sin embargo grandes terremotos han ocurrido en los siglos pasados de los cuales se tiene escasa información

El OSC posee un catálogo sísmico de Bolivia, que incluye sismos “históricos” de 1650 a 1913 e “instrumentales” de 1913 hasta 2010.

La característica de los datos de sismos históricos es la intensidad máxima, información obtenida de crónicas, escritos, noticias de periódicos de la época, etc., mientras que los datos de sismos instrumentales proporcionan parámetros más precisos de tiempo, ubicación y magnitud.

La historia sísmica de Bolivia empieza cuando un terremoto se siente en la Villa Imperial de Potosí. Entre los años 1662 y 1851 cinco terremotos fueron sentidos en la Villa Imperial y en poblaciones cercanas (VEGA: 1996). En noviembre de 1650 un terremoto destruye la bóveda de la catedral de Chuquisaca; en 1845 otro terremoto en Santa Cruz causa daños en construcciones de adobe; en 1871 otro terremoto causa daños cerca del pueblo de San Antonio (hoy Villa Tunari); (DESCOTES y CABRÉ: 1973).

Según los registros históricos del IGM los sismos que causaron mayores daños a la población y a la infraestructura fueron los de Yacuiba, en 1887; Sucre en 1948; Cochabamba, en 1943 y Tinquipaya (Potosí), en 1970, con magnitudes entre 4.6 a 6.4 (IGM, E. Minaya). Aunque hubo sismos de mayor magnitud, éstos no produjeron daños considerables, principalmente porque el foco estaba a gran profundidad.

En los últimos cien años otros terremotos causan daños en la región central de Bolivia: el 23 de julio de 1909 en Sipe Sipe un terremoto habría provocado 15 muertos y destrucción de viviendas de adobe, varias cercas del tapial de los sembradíos se tumban y caen el techo y el campanario de la pequeña iglesia (VEGA: 1996). El 25 de octubre de 1925 ocurre un terremoto que causa daños en Aiquile; el 1º de septiembre de 1958 otro terremoto destruye casas de adobe en Aiquile

(algunas quedan inestables), se reportan algunos heridos, las familias alarmadas se refugian en Mizque (DESCOTES y CABRÉ: 1973). el 22 de febrero de 1976 ocurre otro terremoto en Aiquile que alarma a los pobladores. El 25 de diciembre de 1942 y el 18 de febrero de 1943 la ciudad de Cochabamba siente dos terremotos, el segundo causa destrucción de algunas viviendas de adobe y pánico entre los pobladores; el 19 de octubre de 1959 otro terremoto causa alarma en la ciudad de Cochabamba; el último terremoto importante sentido en la ciudad de Cochabamba ocurre el 12 de mayo de 1972, algunas viviendas de adobe se rajan y la población alarmada sale a las calles (RODRÍGUEZ y VEGA, 1976).

En la provincia Carrasco de Cochabamba, en Ivirgarsama, el 23 de julio de 1981 un terremoto provoca el desplazamiento horizontal de la losa central del puente; en la misma zona el 9 de mayo y 19 de junio de 1986 tres terremotos causan alarma entre los pobladores, en Chipiriri los campesinos no pueden permanecer de pie, en Villa Tunari las cabañas de los ingenieros agrónomos se mecen bruscamente.

El 27 de marzo de 1948 un fuerte terremoto destruye la capital de la república, la ciudad de Sucre reporta tres muertos y algunos heridos; varias construcciones coloniales de adobe son destruidas, el gobierno declara zona de desastre y levanta un empréstito para afrontar las pérdidas materiales (VEGA: 1996). El 26 de agosto de 1957 el sur de Santa Cruz es afectado por un terremoto; en la población de Postrevalle viviendas de adobe son destruidas, no se reportan ni muertos ni heridos. El 6 de noviembre de 1995 ocurre un terremoto de magnitud 5.3 que destruye el poblado de Cumujo (Provincia Atahuallpa de Oruro), casi todas las viviendas de adobe son destruidas y se reporta un herido

(VEGA, 1997); en la misma zona el 4 de abril del 2001 un terremoto de magnitud 4.6 causa rajaduras de viviendas de adobe en la población de Coipasa.

El 9 de junio de 1994 ocurre el sismo de foco profundo y de mayor magnitud en la historia sísmica de Bolivia; la zona epicentral se ubica entre las provincias Iturralde de La Paz y Ballivián del Beni (al oeste del curiche del Rosario); el terremoto es sentido en casi todo el país y en el resto del continente; en Cobija (Departamento de Pando) el terremoto provoca rajaduras en paredes y movimiento de las cabañas; en San Joaquín, Santa Ana de Yacuma y en Trinidad (Departamento del Beni) el terremoto alarma a los pobladores y hace que salgan a las calles; en la ciudad de La Paz los edificios altos oscilan suavemente, sus moradores salen a las plazas y calles (VEGA, 1994). El terremoto sentido en varias capitales de Sudamérica y en algunas de Norteamérica, causó muertos en la sierra del Perú y heridos en Río Branco (Brasil).

Entre las poblaciones de Totorá, Aiquile y Mizque (al sureste de Cochabamba) el 22 de mayo de 1998 ocurre el terremoto más destructor de la región central de Bolivia: el terremoto de magnitud 6.5 causa cerca de 80 muertos entre las poblaciones de Totorá, Aiquile y Mizque; más de un centenar de heridos son reportados en la zona epicentral; gran parte de la zona antigua de la población de Aiquile es destruida, en gran mayoría casas de adobe. En Totorá se observan hundimientos de techos de teja y barro, voladura de parapetos de las casas de tipo colonial, algunas de ellas quedan inestables y deben ser reparadas; sólo una casa es destruida. En Mizque se desploman algunos techos pero la torre de la iglesia resulta más afectada; la antigua construcción de la torre con

adobes, piedras y barro, reparada más de una vez con rellenos de ladrillo y estuco, se derrumba días después de ocurrido el terremoto.

En varios sectores de las serranías de la zona epicentral aparecen nuevos manantiales de agua, otros se secan, otros aparecen con agua turbia y contenido orgánico producto del derrumbe de bofedales (VEGA Y MINAYA, 1998).

Un caso inusual se presentó en ocasión del gran terremoto profundo a unos 300 km al norte de La Paz, a las 20:00 horas del 8 de junio de 1994, cuando debido a la gran magnitud del sismo este fue sentido en casi todo el territorio nacional, el foco de este sismo fue a la profundidad de 636 km que alcanzó la intensidad V en la zona epicentral y se sintió incluso en Canadá y en las antípodas (DESCOTES y CABRÉ: 1973). La novedad del epicentro es que ocurrió en un sitio donde no se tenía idea de que nunca hubiese habido otro.

Sismos más fuertes registrados en Bolivia.

N°	Departamento	Localidad	Fecha	Hora GMT	Latitud °	Longitud °	Mb	Io (MM)	Ah cm/s2	Población próxima al epicentro
1	Chuquisaca	Sucre	1560/11/10	16:00	-19.04	-65.30	6,4	VIII	259,42	6.7 km al Oeste de Sucre
2	Chuquisaca	Tarabuco	1884/11/26	23:10	-19.17	-64.90	5,2	VI	65,163	1 km al NE de Tarabuco
3	Cochabamba	San Antonio	1871/02/23	06:00	-16.94	-65.40	5,2	VI	65,163	37 km al SO de San Antonio
4	Cochabamba	Sipe sipe	23/07/1909	17:00	-17.43	-66.40	5,8	VII	130,02	Sipe Sipe
5	La Paz	Consata Mapiri	1877/05/17	00:00	-15.33	-68.50	5,4	VII	130,02	Consata y Mapiri
6	La Paz	Consata Mapiri	1891/08/15	11:02	-15.33	-68.50	5,8	VII	130,02	Consata y Mapiri
7	Potosí	Potosí	1851/07/05	12:00	-19.75	-65.60	5,8	VII	130,02	26 km al NO de la ciudad de Potosí
8	Potosí	Tupiza	17/05/1909	08:02:54	-20.00	-65.30	6,9	VI	65,163	166 km al NE de Tupiza.
9	Santa Cruz	Santa Cruz	1845/01/14	00:00	-17.78	-63.20	5,2	VI	65,163	Ciudad de Santa Cruz de la Sierra
10	Santa Cruz	Santa Cruz	1890/11/15	00:00	-17.78	-63.20	5,5	VI	65,163	Ciudad de Santa Cruz de la Sierra
11	Santa Cruz	Santa Cruz	17/08/1906	00:00	-17.78	-63.20	5,2	VI	65,163	Ciudad de Santa Cruz de la Sierra
12	Tarija	Yacuiba	1897/09/23	04:00	-22.03	-63.70	5,8	VII	130,02	2 km al NO de Yacuiba
13	Tarija	Campo Grande	1899/03/23	18:00	-21.97	-63.70	6,4	VIII	259,42	8 km al NO de Yacuiba

(Fuente: Observatorio San Calixto)³

Durante el año 2011, en todo el país hubo 250 sismos y el departamento donde se registraron más fue Potosí. El más importante en esa región sucedió con una magnitud de 4,2 grados en la escala de Richter. Este departamento y Cochabamba son los que presentaron mayor actividad sísmica durante esta gestión, según el analista. “Hay otras regiones, en la parte central del país, en el departamento de Cochabamba, en una parte de Santa Cruz y parte Sucre y de Tarija, que están relacionados con las fallas geológicas, pero los sismos en estas regiones no son tan frecuentes, sólo en Cochabamba, porque tiene mayor actividad sísmica”. 4 sismos se registraron en el departamento de La Paz durante el primer mes del presente año. Los temblores son diarios Bolivia presenta un promedio de 30 sismos diarios. Durante 2011, 250 superaron los tres grados de magnitud en la escala de Richter. REGISTROS *Potosí: 93. *Cochabamba: 60 *La Paz: 53 *Oruro: 21 *Santa Cruz: 10 *Tarija: 4 *Chuquisaca: 8 *Beni: 1 *Pando: 0. (<http://eju.tv/?p=191791>)

El sismo más fuerte que sintió Bolivia el año 2011, sucedió el 28 de noviembre, a las 14:48, en la provincia Moxos de Beni, con una intensidad de 6,2 grados en la escala de Richter. Aunque fue profundo y no causó graves daños, también se sintió en La Paz -Ayacucho) y algunos edificios en el centro de La Paz. (Fuente: entrevista realizada al Ing. Theddy Grifits del OSC).

El OSC tiene registrados los eventos sísmicos más importantes ocurridos en Bolivia, datos importantes de ellos se presentan en la siguiente tabla:

³ Sismos históricos, tienen una profundidad asumida de 20 km, lo corresponde a la máxima intensidad (MM) en el epicentro. La aceleración está expresada cm/s².

Año	Mes	Día	Magnitud Mb	Intensidad (MM)	Observaciones
1650	11	10	6,4	VIII	Destrucción en la capital del Alto Perú (hoy Sucre)
1662	2	23	5,8	VII	Daños en la ciudad de Potosí y pueblos cercanos
1720	9	7	5,2	VI	En la ciudad de Potosí objetos fueron lanzados al suelo
1743	9	2	5,2	VI	Pánico en la ciudad de Potosí
1845	1	14	5,2	VI	Sentido en Santa Cruz y daños en casas de adobe
1851	7	5	5,8	VII	Daños en la ciudad de Potosí
1871	2	23	5,2	VI	Daños en Villa San Antonio (hoy Villa Tunari), Cochabamba
1884	11	26	5,2	VI	Destrozos en Tarabuco, Sucre
1887	9	23	6,4	VII	Destrucción en Yacuiba
1891	8	15	5,8	VII	Daños en Consata y sentido fuertemente en la ciudad de La Paz
1899	3	23	6,4	VIII	Cerca de Yacuiba muchas casas de adobe fueron destruidas
1909	5	17	6,3	VI	Sentido en Tupiza y Tarija
1909	7	23	5,8	VII	En Sipe Sipe, destrucción, muertos y heridos
1923	9	2	6,2	VI	Sentido fuerte en Mapiri, Consata
1925	10	25	5,2	VI	En Aiquile daños ligeros en casas de adobe
1929	2	19	5,3	IV	Fuerte en Warnes (Santa Cruz)
1932	12	25	5,3	VI	Sentido fuerte en Colquechaca (Potosí), varias réplicas
1937	11	3	5,3	VI	Sentido fuerte en Consata
1942	12	25	5,6	VI	En la ciudad de Cochabamba se sintió fuertemente
1943	2	18	5,8	VI	Muy fuerte en la ciudad de Cochabamba (destrucción)
1947	2	24	6,4	VIII	Consata destruida, sentido fuertemente en la ciudad de La Paz
1948	3	28	6,1	VII	Destrucción en Sucre, muertos y heridos
1949	11	7	5	V	Fue sentido en la ciudad de Florida (Santa Cruz)
1956	8	23	5,8	VI	Fuerte en Consata, sentido en la ciudad de La Paz
1957	8	26	5,9	VII	En Postervalde varias casas de adobe destruidas
1958	1	6	5,2	VI	Pasorapa, casas de adobe sufrieron daños
1958	9	1	5,9	VII	Destrozos en Aiquile.
1970	3	6	4,5	VI	Dos muertos en Ajtara, Potosí
1972	5	12	5	VI	Sentido en la ciudad de Cochabamba, ligeros daños
1976	2	22	5,2	VI	Sentido en las cercanías de Aiquile y ligeros daños
1976	6	30	4,7	V	Sentido en Arque y ligeros daños en casas de adobe
1981	7	23	5	VI	Sentido en Ivirgarzama, daños estructurales
1982	8	23	4,4	V	Sentido fuerte en la ciudad de Oruro, ligeros daños
1983	5	19	4,3	V	Causo alarma en Huañacoma y Caripuyo (Potosí)
1984	6	27	4,6	V	Sentido en Sabaya (Oruro) ligeros daños en casas de adobe
1985	3	19	5,4	VI	En Monteagudo hubieron derrumbes.
1986	5	9	5,6	VI	Sentido fuerte en Villa Tunari.
1986	6	19	5,4	V	Sentido fuerte en Villa Tunari, Chimore y Puerto Villarroel.

1987	8	22	4,8	V	En forestal (Santa Cruz) ligeros daños
1991	12	21	5	V	En Bermejo casas de adobes agrietadas
1994	6	9	8	VI	Sismo profundo, sentido en todo Bolivia
1995	11	6	5,2	V	En Comujo (Oruro) daños en casas de adobe
1998	5	22	6,6	VIII	Destrozos y muertos en Aiquile, Mizque y Totora
2001	6	23	6,9	V	Sentido fuerte en La Paz, con ligeros daños materiales
2001	7	4	6,2	IV	Sentido en casi todo Bolivia, no se reportaron daños materiales
2001	7	24	5,5	V	Sentido y con leves daños en Psigua y Coipasa
2002	2	23	4,5	V	Sentido en Jorochito, Santa Cruz
2002	10	24	6,1	V	Sentido y con daños en Alto Milluni, Zongo
2004	1	21	3,6	III	Sentido en Zongo
2004	3	17	4,9	III	Sentido en Sucre
2004	3	22	5,8	III	Sentido en Tarija
2004	7	17	4,5	III	Sentido en Sucre
2004	8	3	4	V	Daños en Rivera Provincia G. Villarroel

La localización, secuencia y recurrencia de eventos sísmicos históricos permite deducir que en varias zonas de Bolivia se podrían repetir sismos importantes, posiblemente con mayor intensidad; sin embargo debido a la escasa cantidad de información, de los sismos históricos, no es posible determinar la frecuencia de ocurrencia ni el periodo de retorno.

Reporte de Sismos en Bolivia oct. 2010 a 2012

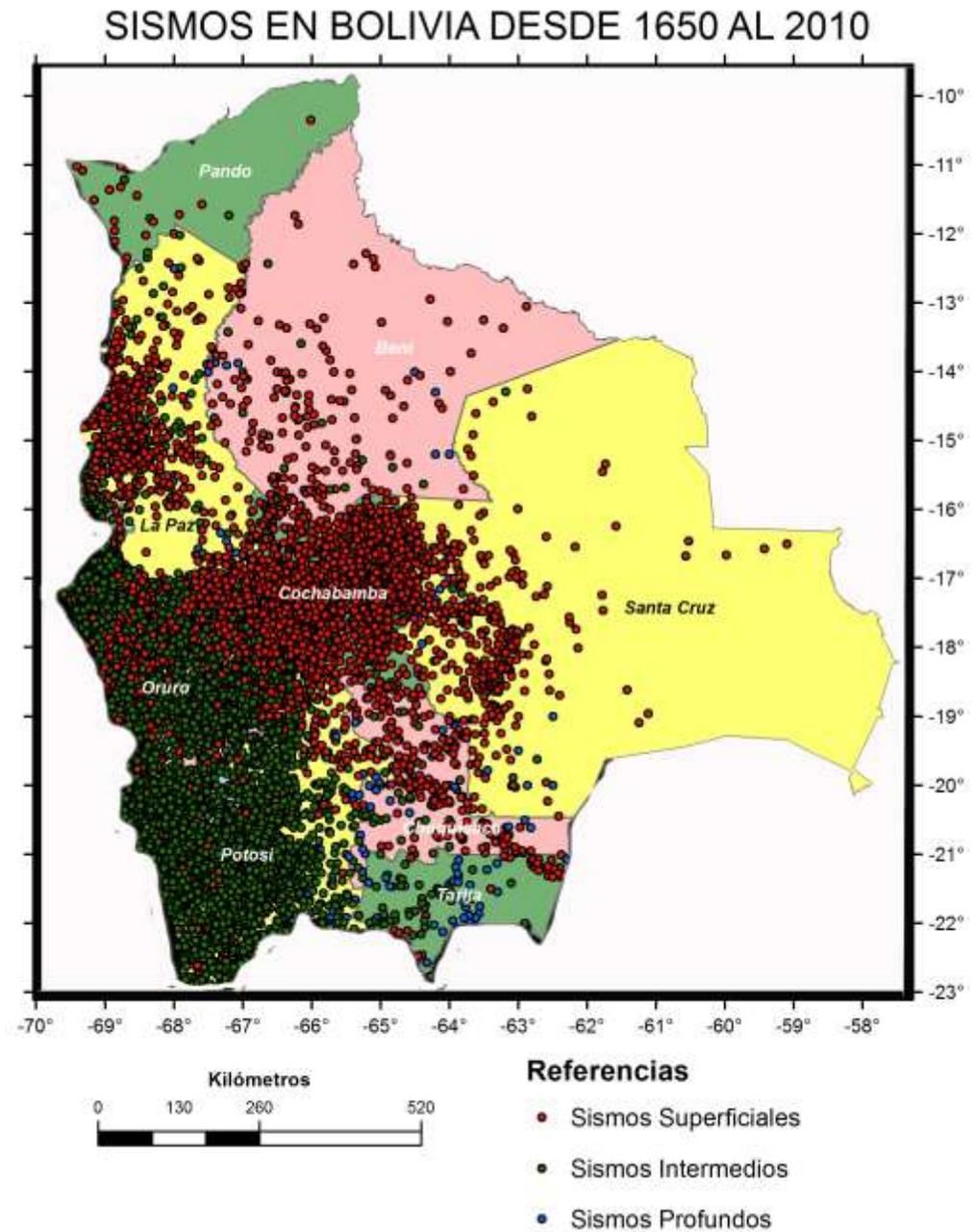
N°	Fecha	Hora Local	Profundidad	Magnitud	Departamento
1	23/10/2010	10:25	Superficial	MI 4.2	Cochabamba - Capinota
2	24/10/2010	06:46	Intermedio	MI 4.5 USGS	Potosi - Sud Chichas
3	27/10/2010	16:09	Superficial	MI 4.6	Oruro - Sajama
4	22/11/2010	07:09	Superficial	MI 4.0	La Paz - Franz Tamayo
5	26/11/2010	21:36	Superficial	MI 4.12	Cochabamba - Capinota
6	15/12/2010	14:22	Intermedio	MI 5.1	La Paz - Pacajes
7	15/12/2010	06:52	Intermedio	MI 4.0	Potosi - Daniel Campos
8	16/12/2010	15:36	Intermedio	MI 4.9 USGS	Potosí - Nor Lipez
1	07/01/2011	00:55	Intermedio	MI 5.1 (NEIC)	Potosi - Sud Chichas
2	09/02/2011	20:41	Profundo	MI 4.0	Tarija - Gran Chaco
3	16/03/2011	21:31	Intermedio	MI 4.6	Potosí - Quijarro

4	01/04/2011	10:50	Intermedio	MI 4.9 (NEIC)	Potosí - Nor Lípez
5	27/04/2011	17:22	Superficial	MI 3.8	Cochabamba - Punata
6	27/04/2011	12:14	Intermedio	MI 4.1	Potosí - Daniel Campos
7	27/04/2011	07:21	Intermedio	MI 4.8 (NEIC)	Potosí - Quijarro
8	13/05/2011	09:53	Superficial	MI 3.8	Cochabamba - Capinota
9	16/05/2011	10:21	Intermedio	MI 3.5	Potosí - Sud Lípez
10	19/05/2011	23:16	Superficial	MI 3.5	Cochabamba - Carrasco
11	19/05/2011	11:00	Superficial	MI 4.2	Cochabamba - Carrasco
12	21/05/2011	14:07	Intermedio	MI 3.6	La Paz - Ingavi
13	30/05/2011	13:28	Intermedio	MI 4.6	Potosí - Quijarro
14	04/06/2011	03:09	Intermedio	MI 3.7	Potosí - Sud Lípez
15	07/06/2011	11:59	Intermedio	MI 3.5	Potosí - Sud Lípez
16	17/06/2011	16:43	Intermedio	MI 3.8	Oruro - Sajama
17	18/06/2011	08:28	Intermedio	MI 3.5	Potosí - Nor Lípez
18	25/06/2011	20:56	Intermedio	MI 4.4	Potosí - Sud Lípez
19	27/06/2011	02:08	Intermedio	MI 3.9	Potosí - Baldiviezo
20	01/07/2011	22:00	Intermedio	MI 3.5	Potosí - Tomas Frias
21	02/07/2011	22:24	Intermedio	MI 4.0	Santa Cruz - Ichilo
22	03/07/2011	17:12	Intermedio	MI 3.8	Cochabamba - Capinota
23	04/07/2011	09:42	Profundo	MI 3.8	Potosí - Charcas
24	05/07/2011	06:30	Intermedia	MI 4.5	Oruro - Atahuallpa
25	08/07/2011	17:22	Intermedia	MI 3.6	Potosí - Nor Lípez
26	08/07/2011	10:03	Intermedia	MI 3.7	Potosí - Quijarro
27	10/07/2011	13:16	Intermedia	MI 3.6	Potosí - Quijarro
28	11/07/2011	12:33	Intermedia	MI 3.5	La Paz - Pacajes
29	13/07/2011	12:33	Superficial	3.5	Potosí - Provincia Charcas
30	07/08/2011	07:16	Intermedia	3.6	Prov. Saucarí, Oruro.
31	11/08/2011	18:59	Intermedia	4	Prov. Daniel Campos, Potosí.
32	20/08/2011	14:32	Superficial	3.8	Prov. Ñuflo de Chavez, Santa Cruz.
33	25/08/2011	01:04	Intermedia	3.5	Prov. Pacajes, La Paz
34	06/09/2011	14:07	Superficial	3.5	Prov. Cercado, Cochabamba
35	14/09/2011	10:52	Intermedio	4.4	Prov. J. M. Pando, La Paz
36	29/09/2011	11:00	Superficial	3.9	Prov. Tomina, Chuquisaca.

37	14/10/2011	21:59	Intermedia	4.8	Prov. Nor Lipez, Potosí.
38	22/10/2011	07:02	Intermedio	4,7 MI	Prov. Daniel Campos, Potosí.
39	28/10/2011	21:19	Intermedia	MI 4,2	Prov. Nor Lipez, Pot
40	07/11/2011	10:30	Intermedio	MI 4,0 (NEIC)	Prov. Sud Chichas, Potosí
41	22/11/2011	14:48	Profundo	6,7 (NEIC)	Prov. Moxos, Beni
42	27/11/2011	21:59	Superficial	3.6	Prov. Campero, Cochabamba.
43	01/12/2011	19:48	Intermedia.	3.5	Prov. Quijarro, Potosí.
44	08/12/2011	04:33	Intermedia	3.5	Prov. J. M. Pando, La Paz.
45	08/12/2011	02:28	Superficial	3.5	Prov. Capinota, Cochabamba.
46	11/12/2011	07:14	Intermedio	3.9	Prov. Pacajes, La Paz
47	15/12/2011	03:33	Intermedio	4.3 (NEIC)	Prov. Nor Lipez, Potosi.
48	16/12/2011	11:31	Superficial	3	Prov. Campero, Cochabamba
49	19/12/2011	18:40	Superficial	3.5	Prov. Campero, Cochabamba.
50	19/12/2011	11:13	Superficial	3.7	Prov. Campero, Cochabamba.
51	21/12/2011	12:54	Intermedia	4,3 (NEIC)	Prov. Sud Chichas, Potosí
52	21/12/2011	10:18	Superficial	3	Prov. Campero, Cochabamba.
53	29/12/2011	14:16	Intermedia	3.7	Prov. Pacajes, La Paz.
1	04/01/2012	04:57	Intermedia	3.6	Prov. Pacajes, La Paz.
2	10/01/2012	00:06	174 Km. (Intermedia)	4.9	Prov. Sud Lipez, Potosí.
3	26/01/2012	04:18	31 Km. (Superficial)	3.5	Prov. Zudañez, Chuquisaca.
4	28/01/2012	04:51	227 Km. (Intermedio)	4.7	Prov. Nor Lipez, Potosí.
5	06/02/2012	09:49	224 Km. (Intermedia)	4.2	Prov. Sud Lipez, Potosí
6	23/02/2012	17:49	27 km (Superficial)	4.1	Prov. Chapare, Cochabamba
7	25/02/2012	20:00	242 km (Intermedio)	4,5 (Neic)	Prov. Nor Lipez, Potosí
8	29/02/2012	18:04	35 km (Superficial)	3.8	Prov. Larecaja, La Paz
9	03/03/2012	05:37	175 Km. (Intermedio)	4,5 (NEIC)	Prov. Nor Lipez, Potosí.
10	08/03/2012	22:35	28 Km. (Superficial)	4.3	Prov. Carrasco, Cochabamba.
11	09/03/2012	16:07	120 km	4.1	Prov. Nor Lipez, Potosí

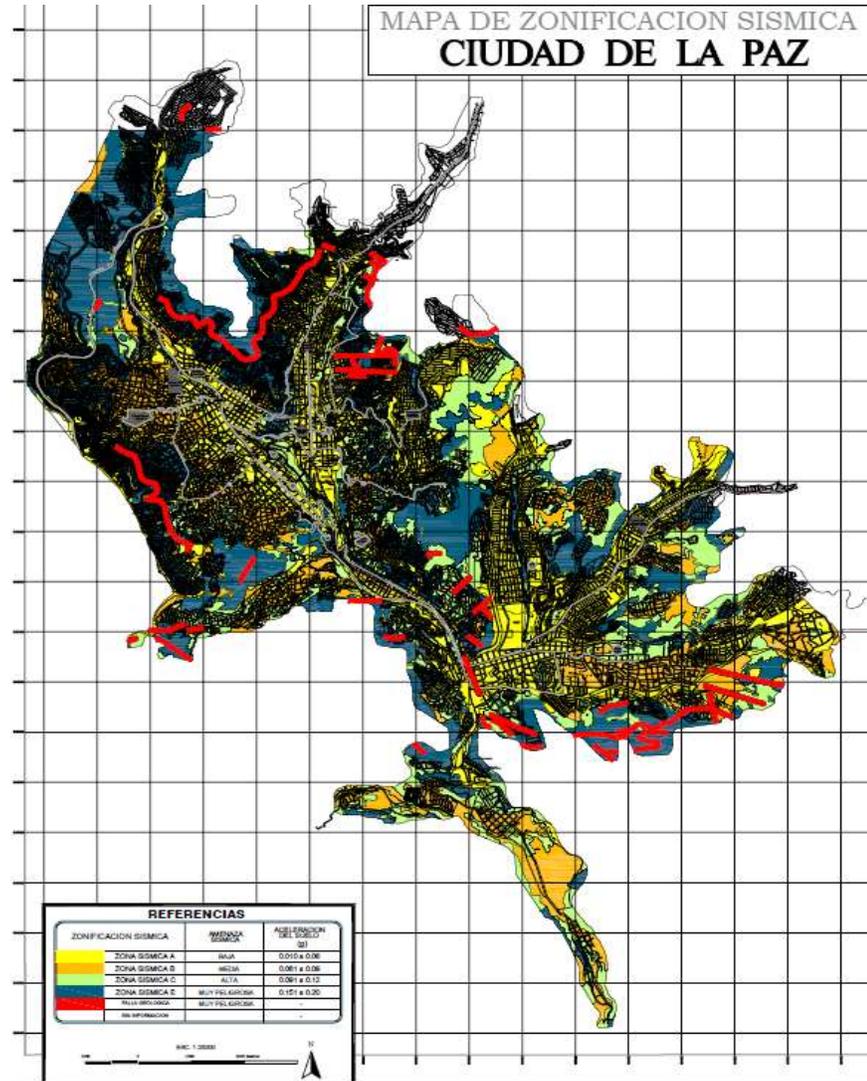
			(Intermedia)		
12	15/03/2012	21:53	175 Km. (Intermedio)	3.6	Prov. Pacajes, La Paz.
13	20/03/2012	20:06	224 km (Intermedia)	4.2	Prov. Nor Lipez, Potosí
14	22/03/2012	17:45	170 Km. (Intermedio)	4.3	Prov. Sud Lipez, Potosí.
15	23/03/2012	09:46	160 km (Intermedia)	3.5	Prov. Baldivieso, Potosí
16	26/03/2012	19:54	200 km (Intermedia)	3.9	Prov. Daniel Campos, Potosí
17	13/04/2012	16:28	234 km (Intermedia)	4,5 (NEIC)	Prov. Sud Chichas, Potosí.
18	17/04/2012	12:08	40 Km. (Superficial)	3.6	Prov. Ichilo, Santa Cruz.
19	22/04/2012	14:04	184 km (Intermedia)	4,4 (NEIC)	Prov. Pacajes, La Paz.
20	26/04/2012	13:37	45 km (Superficial)	3.9	Prov. Carrasco, Cochabamba.
21	27/04/2012	17:35	45 Km. (Superficial)	4.3	Prov. Chapare, Cochabamba.
22	05/05/2012	14:01	11 Km. (Superficial)	4.02	Prov. Oconnor, Tarija.
23	06/05/2012	19:04	12 km (Superficial)	3.4	Prov. Cercado, Oruro.
24	06/05/2012	13:09	10 km (Superficial)	3.7	Prov. Cercado, Oruro.
25	07/05/2012	22:41	14 Km. (Superficial)	3.9	Prov. Oconnor, Tarija.
26	08/05/2012	07:07	11 Km. (Superficial)	3.7	Prov. Cercado, Oruro.
27	11/05/2012	21:05	35 Km. (Superficial)	3.9	Prov. Chapare
28	11/05/2012	02:58	19 Km. (Superficial)	3.6	Prov. Oconnor, Tarija.
29	14/05/2012	21:44	13 Km. (Superficial)	4	Prov. Cercado, Oruro.
30	14/05/2012	06:00	98 Km. (Intermedia)	6.2	Prov. Tarapaca, Chile.
31	22/05/2012	10:47	99 Km. (Intermedia)	3.4	Frontera Chile-Bolivia
32	27/05/2012	13:01	167 Km (Intermedia)	3.7	Prov. Sud Lipez, Potosí.
33	30/05/2012	07:42	37 Km. (Superficial)	3.5	Prov. Quillacollo, Cochabamba.
34	19/06/2012	07:41	179 Km. (Intermedia)	4,6 (NEIC)	Prov. Sud Lipez, Potosí.
35	26/06/2012	03:35	Superficial	4	Prov. Quillacollo, Cochabamba

(Fuente: OSC, tabla de reporte de sismos en Bolivia registrados en la página WEB del Observatorio San Calixto 2010 a junio 2012.)



(Fuente: Observatorio San Calixto)

1.1.1.1. Actividad Sísmica En El Departamento De La Paz.



(Fuente: GRANDI: 2006, 3-27)

Según Guido Ávila, geólogo y analista del Observatorio San Calixto, La Paz, Oruro y Potosí son departamentos susceptibles a sufrir sismos por hallarse cerca de las placas de Nazca y Continental, que se mueven constantemente y liberan energía, lo que provoca tales movimientos. El contacto entre estas dos

placas, la de Nazca por debajo de la placa sudamericana y desplazamiento de las mismas, están relacionados con los sismos que se registran a diario en estos departamentos. El océano Pacífico reposa sobre varias placas tectónicas que están en permanente fricción y acumulan tensión. Cuando esa tensión se libera, origina sismos en los países del llamado Cinturón de Fuego, entre ellos Bolivia.

El 24 de febrero de 1947 un fuerte terremoto de magnitud 6.4 causa destrucción en Consata (Provincia Larecaja de La Paz), hundimientos y deslizamientos de tierra se producen en la zona epicentral, muerte de ganado y destrucción de cultivos afectan a los campesinos; el terremoto es sentido en varias poblaciones del Altiplano de La Paz.

En la ciudad de La Paz los habitantes salen a las calles, algunas viviendas de adobe se agrietan y en los cerros aledaños se observan pequeños deslizamientos de tierra; el 23 de agosto de 1956 ocurre otro terremoto en Consata pero con menor intensidad, que es también sentido en la ciudad de La Paz (Vega: 1990).

Durante el año 2011 el departamento de La Paz tuvo 53 sismos de los que siete fueron superficiales —de menos de 71 kilómetros de profundidad— y los paceños sólo sintieron seis, aunque ninguno de ellos tuvo como epicentro el mismo departamento. Los movimientos que llegaron a asustar a los habitantes de esta ciudad, especialmente a quienes habitan o trabajan en edificios, fueron sismos registrados principalmente en países limítrofes,

como Chile y Perú, así como en los departamentos como Beni, Cochabamba y Potosí

A raíz del sismo de 28 de noviembre de 2011 de 6,2 grados Richter en la provincia Moxos de Beni que también se sintió en La Paz, según la publicación de el diario OPINION de 22 de noviembre de 2011 titulado (Sismo produjo rajaduras en el edificio de los juzgados de La Paz), el edificio de la Corte Superior de Distrito Judicial de La Paz fue afectado, asimismo otras edificaciones en el centro paceño también reportaron daños en su estructura y varias edificaciones tuvieron que ser evacuadas cuando sintieron el temblor (el edificio de Entel ubicado en el calle Ayacucho) y algunos edificios en el centro de La Paz.(Opinion .com.bo; 22/11/2011).

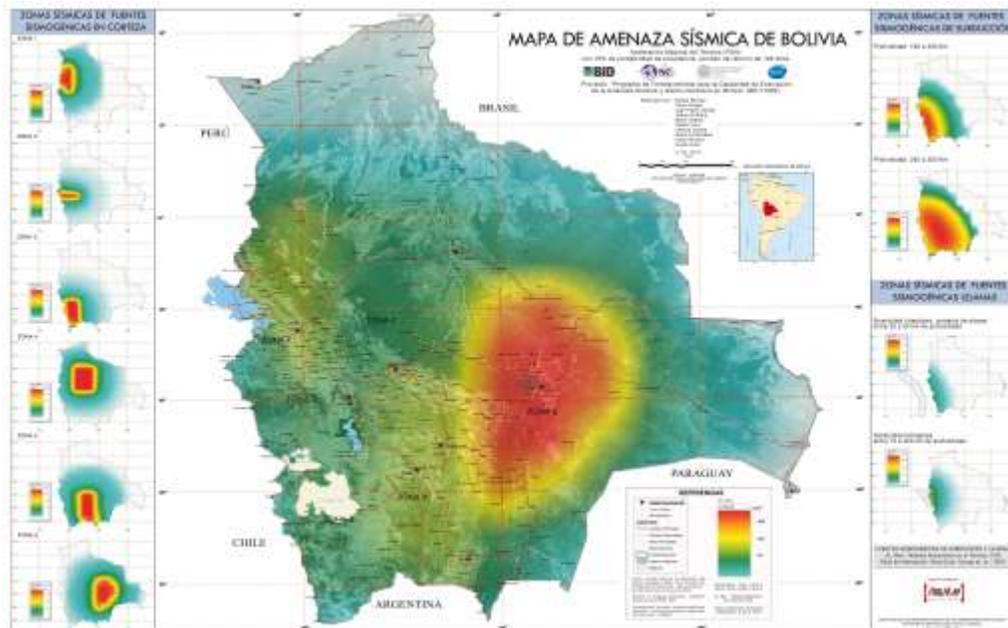
Reporte de Sismos en La Paz (octubre 2010 a 2012)

<i>N°</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora Local</i>	<i>Profundidad</i>	<i>Magnitud</i>	<i>Departamento</i>
1	22/11/2010	07:09	Superficial	MI 4.0	La Paz - Franz Tamayo
2	15/12/2010	14:22	Intermedio	MI 5.1	La Paz - Pacajes
3	21/05/2011	14:07	Intermedio	MI 3.6	La Paz - Ingavi
4	11/07/2011	12:33	Intermedia	MI 3.5	La Paz - Pacajes
5	25/08/2011	01:04	Intermedia	3.5	Prov. Pacajes, La Paz
6	14/09/2011	10:52	Intermedio	4.4	Prov. J. M. Pando, La Paz
7	08/12/2011	04:33	Intermedia	3.5	Prov. J. M. Pando, La Paz.
8	11/12/2011	07:14	Intermedio	3.9	Prov. Pacajes, La Paz
9	29/12/2011	14:16	Intermedia	3.7	Prov. Pacajes, La Paz.
10	04/01/2012	04:57	Intermedia	3.6	Prov. Pacajes, La Paz.
11	29/02/2012	18:04	35 km (Superficial)	3.8	Prov. Larecaja, La Paz
12	15/03/2012	21:53	175 Km. (Intermedio)	3.6	Prov. Pacajes, La Paz.
13	22/04/2012	14:04	184 km (Intermedia)	4,4 (NEIC)	Prov. Pacajes, La Paz.

(Fuente: datos extraídos de la tabla de reporte de sismos en Bolivia registrados en la página WEB del Observatorio San Calixto 2010 a junio 2012.)

Amenaza Sísmica

El termino Amenaza Sísmica significa la probabilidad de ocurrencia de un potencial daño debido al movimiento del terreno en cierto lugar y en cierto periodo de tiempo. La Amenaza Sísmica permite integrar el conocimiento sísmico y tectónico de una región, para una clasificación en zonas sísmicas y la estimación de los niveles del efecto causado por un terremoto en un determinado lugar. El resultado de la Amenaza Sísmica conjuntamente con la vulnerabilidad y pérdidas económicas de infraestructuras, permite el análisis de riesgo sísmico; que será el indicador de la probabilidad, por unidad de tiempo, de los diferentes niveles de pérdidas.



Fuente: OSC, "Mapa de Amenaza" (DVD interactivo)

De esta manera, el análisis de la Amenaza Sísmica se transforma en información fundamental para los procesos de toma de decisiones concernientes a la mitigación de pérdidas producidas por terremotos, (McGuire 1993, 181-200). Además de que varios valores de los parámetros obtenidos se convierten en una herramienta útil para la planificación urbanística y el diseño sísmo resistente de las construcciones, (Muñoz, 1998).

Las Probabilidades:

Hace más de 100 años, una parte de la costa pacífica entre Perú y Chile no ha dado muestras de su estado caótico a kilómetros bajo tierra. Pero "todo es cuestión de tiempo", según informes científicos del Observatorio San Calixto dan cuenta de la probabilidad de un sismo de 10 grados en la escala de Richter en esa región puede afectar seriamente a La Paz, ya que las ondas de expansión llegarían a esta Ciudad superando los cinco grados en el escala de Richter, magnitud que no soportaría esta ciudad.

Por más de 30 años, la zona norte de Chile se prepara para un terremoto de escala 10 o superior, pues los científicos aseguran que la región muestra evidencias de que fenómenos de esa magnitud suceden cada 100 años. Y esas fechas están próximas a llegar, con una imprecisión de 30 años anterior o posterior al año indicado que es el 2012, según el Observatorio San Calixto (Bolivia.com, 18/04/2012: 09:06).

Las placas de Nazca y Sudamericana han estado moviéndose constantemente en estos últimos años, lo que hace pensar que la energía se está liberando de a poco en las profundidades con el choque de plaza. Sin embargo, esa enorme energía no se ha liberado del todo.

Los últimos temblores que se han registrado en la costa del Pacífico se han sentido especialmente en la ciudad de La Paz. Si hubiera uno de gran magnitud, no se sabe a ciencia cierta cuáles serían los efectos. Pero los especialistas coinciden en que podría ser demoledor.

Para el Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, reportó que entre los meses de junio y julio de 2005 ocurrieron más de 30 temblores con centro cerca de la ciudad de Iquique (a 300 Kms. De La Paz), de 7,9 de magnitud, que se sintió en esta ciudad a una intensidad de 4 grados, el más fuerte sentido desde hace tiempo.

En Bolivia se registran temblores en Santa Cruz y Tarija, pero con leves y permanentes movimientos; pero la actividad sísmica que afecta a la ciudad de La Paz viene de Oeste a Este. Es decir, comienza en la costa Pacífica. El Observatorio San Calixto señala que cuando hay un periodo largo de tiempo donde no hay actividad sísmica, la probabilidad de un gran Terremoto es bastante alta. En la "Zona de Ausencia Sísmica" entre el norte de Chile y el Sur del Perú no se ha registrado movimientos fuertes desde 1877 y 1868. Ese es el temor ya que se espera un terremoto de gran magnitud en ese sector en los siguientes días o años. (www.observatoriosancalixto.org, 24/08/2011).

1.1.2. HISTORIA DE LA SISMOLOGÍA

El estudio de los sismos es tan antiguo como la humanidad misma, desde tiempos antiguos la humanidad se interesó en averiguar sobre la naturaleza del fenómeno sísmico; es así que algunos filósofos de la Grecia antigua los atribuían a vientos subterráneos, mientras que otros suponían que eran fuegos en las profundidades de la Tierra. Hacia el año

130 d.C. el erudito chino Chang Heng, pensando que las ondas debían de propagarse por tierra desde el origen, dispuso una vasija de bronce para registrar el paso de estas ondas de forma que ocho bolas se balanceaban con delicadeza en las bocas de ocho dragones situados en la circunferencia de la vasija; una onda sísmica provocaría la caída de una o más de ellas.

De esta y otras formas se han observado ondas sísmicas durante siglos, pero no se propusieron teorías más científicas sobre las causas de los terremotos hasta la edad moderna. Una de ellas fue formulada por el ingeniero irlandés Robert Mallet en 1859. Quizá inspirándose en sus conocimientos sobre la fuerza y el comportamiento de los materiales de construcción, Mallet propuso que los sismos se producían “bien por la flexión y contención de los materiales elásticos que forman parte de la corteza terrestre, bien por su colapso y fractura”. (ASIMOV; 1987: 122)

Más tarde, en la década de 1870, el geólogo inglés John Milne ideó el predecesor de los actuales dispositivos de registro de terremotos, o sismógrafos (del griego, *seismos*, “agitación”). Era un péndulo con una aguja suspendido sobre una plancha de cristal ahumado; fue el primer instrumento utilizado en sismología que permitía discernir entre las ondas primarias y secundarias. El sismógrafo moderno fue inventado a principios del siglo XX por el sismólogo ruso Borís Golitzyn. Su dispositivo, dotado de un péndulo magnético suspendido entre los polos de un electroimán, inició la era moderna de la investigación sísmica.

1.1.3. ESTUDIO DE LA SISMOLOGIA EN BOLIVIA

El estudio sismológico en Bolivia comienza a partir del 1° de mayo de 1913 a cargo del Observatorio San Calixto (OSC), constituyéndose hasta el día de hoy en la única institución en el País dedicada a esta labor. En sus inicios su principal actividad fue la Meteorología (1892). El prestigio alcanzado a nivel internacional, fue reconocido por los célebres sismólogos Gutenberg y Richter en su libro *Seismicity of the Earth* (1949), que en la página 6 expresan: la estación sísmica de La Paz es una de las más importantes en el mundo.

El Observatorio San Calixto, después de 99 años de labor, contaba hasta el año 2010 con siete estaciones sísmicas distribuidas en los departamentos de La Paz, Santa Cruz y Potosí, y una estación de infrasonido en el departamento de La Paz (Peñas), aportando de esta manera al conocimiento de la sismología en Bolivia.

El 12 de enero del 2009, el Observatorio San Calixto (Organismo Ejecutor) y la Compañía de Jesús en Bolivia (Beneficiario) suscribieron con el BID un Proyecto dirigido al Fortalecimiento para la Capacidad de Evaluación de la Amenaza Sísmica y Sismo-Volcánica en Bolivia (BO-T1062); el Observatorio San Calixto, es la única institución dedicada al monitoreo y vigilancia de la sismicidad en Bolivia sobre la base de datos registrados y transmitidos desde sus estaciones. La institución estableció su domicilio y centro de trabajo en la ciudad de La Paz, constituyéndose en la única red sismológica del país.

La Red Sísmica de Bolivia, operada por el Observatorio San Calixto hoy en día consta de cuatro (4) estaciones sísmicas analógicas y 21 estaciones digitales, las cuales están ubicadas en los departamentos de

La Paz, Tarija, Potosí, Cochabamba, Beni, Chuquisaca, Oruro y Santa Cruz.

La base de datos del OSC no abarca los 1.098.581 kilómetros cuadrados de nuestro territorio por lo que no incluye información de toda Bolivia debido a una insuficiente cobertura de estaciones sísmicas, abarcando sólo el 35% del total de la superficie.

PROYECTO USAID ⁴

El objetivo principal de este proyecto consiste en realizar el monitoreo y el estudio de la micro-sismicidad en zonas de alta vulnerabilidad en la ciudad de La Paz.

Este Proyecto beneficiará de manera directa a 20.000 habitantes de las zonas elegidas e indirectamente a toda la población del Departamento de La Paz (1 millón de personas), además de coadyuvar en el estudio de la micro-actividad sísmica en Bolivia, el avance científico de la misma y que en el futuro la población de Bolivia se encuentre mejor preparada en temas de mitigación, atención y prevención(Observatoriosanclixto.org; 07/07/2011, 19:50).

Bolivia, mediante el Proyecto de Predecan – Corporación OSSO “Creación, actualización y/o homogenización de inventarios de desastres por eventos históricos y cotidianos a nivel de la Subregión Andina”, ha desarrollado la construcción de su Base de Datos Histórica que

⁴ El “Monitoring and Surveillance of Micro-earthquakes at Zones of High Vulnerability in Bolivia Proposal” (Propuesta para Monitoreo y Vigilancia de la Micro-sismicidad en zonas de Alta Vulnerabilidad en Bolivia) es un Proyecto ejecutado por el Observatorio San Calixto, gracias a la donación de cuatro (4) equipos sísmicos portátiles, realizados por USAID-OFDA el 5 de marzo del 2008.

conjuntamente con las bases de inventarios de desastres de los países que integran Latinoamérica, permitirán generar capacidades para análisis y representación espacio-temporal de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos y del mismo modo, brindar un apoyo objetivo en la toma de decisiones sobre acciones de gestión del riesgo.

1.1.4.IMPORTANCIA DE LA HISTORIA DE LA SISMICIDAD

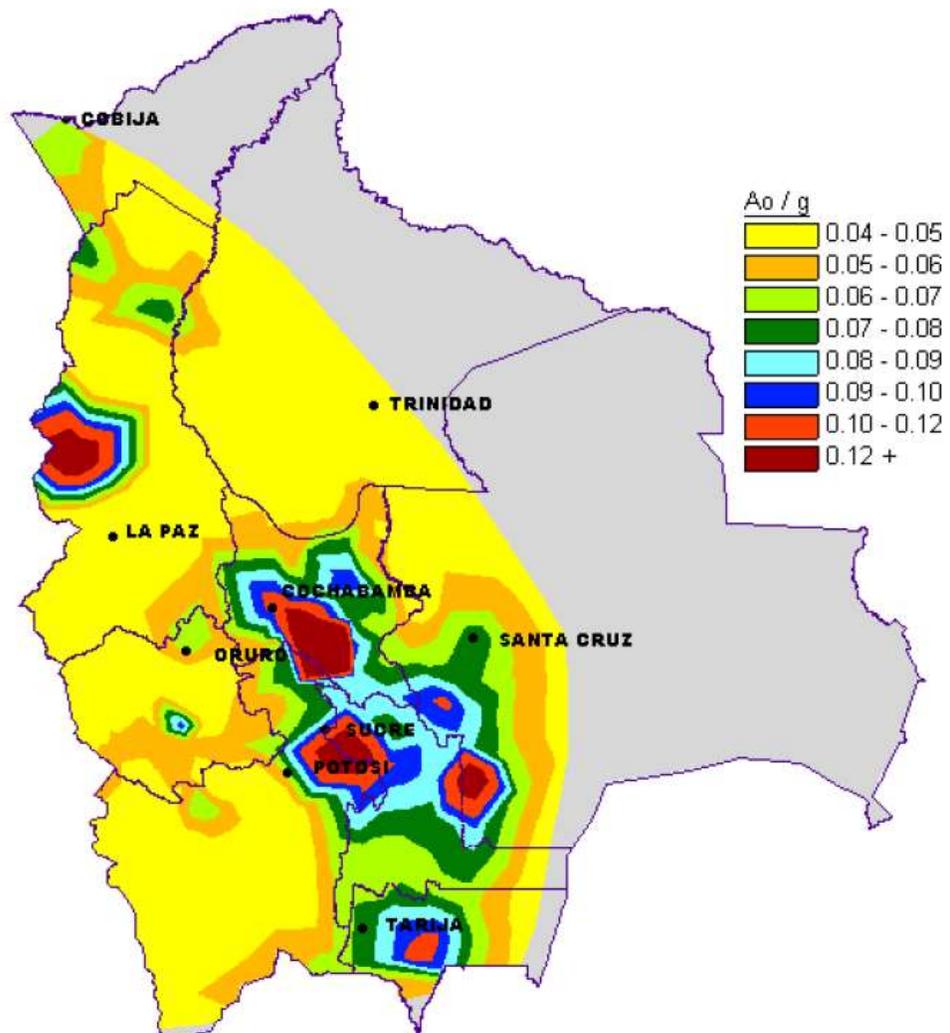
Paralelamente al incremento de la instrumentación sismográfica se agrava en todo el mundo el fenómeno de la urbanización y con ella se incrementan extraordinariamente las grandes obras públicas. Por lo que existe la necesidad de conocer el comportamiento sísmico en un lugar o en un territorio dado, por causa de dos cuestiones diferentes:

- a) Por el asentamiento de una urbe en constante expansión.
- b) Por la futura ubicación de una infraestructura. (hospitales, fábricas, edificios, etc)

Toda localidad, por pequeña que fuera, debería tener un estudio sismológico, cuya necesidad más y más se demanda cuanto la urbe aumenta o cuando la obra a ejecutar es importante y delicada; se debería establecer un estudio cierto y realista del área del entorno, por ejemplo, en unos 50 km de radio, con un historial sísmico de epicentros, hipocentros, magnitudes e intensidades. Esto puede facilitar una estimación de cuál puede ser el máximo sismo probable en un determinado período, dato ciertamente muy problemático. El conocimiento detallado de la historia sísmica de una región es fundamental no sólo para conocer su evolución geológica y tectónica, sino para calcular el riesgo sísmico y poder prever las catástrofes que producen los terremotos.

El cálculo de riesgo sísmico para probabilidades muy pequeñas exige conocer las ocurrencias de terremotos para un período de tiempo grande, lo que sólo es posible a través del estudio de la sismicidad histórica.

Mapa de Aceleraciones sísmicas



Fuente: (GRANDI, 2006: 3-5)

Asimismo, es importante reconocer el esfuerzo del Observatorio San Calixto al respecto puesto que viene realizando un estudio de

amplificación de suelos comenzando esta labor en la ciudad de La Paz y que se aplicará en toda Bolivia, a la fecha (agosto de 2012) se ha logrado registrar en diferentes lugares de la ciudad alcanzando un 90% de información microsísmica que posteriormente será evaluada y analizada con el objetivo de tener mayor información de los suelos.



Fuente: O.S.C. “Ubicación de algunos puntos de estudio en el Mapa geológico de la ciudad de La Paz” (DVD interactivo)

Desde un punto de vista estrictamente económico, un sismo catastrófico en La Paz de producirse hoy día podría llegar a causar pérdidas millonarias.

1.1.5. INGENIERÍA ANTISISMICA.

El concepto básico de ingeniería es: “aplicación de las ciencias físico-matemáticas a la invención, perfeccionamiento y utilización de la técnica industrial” (Diccionario Larousse: 1986.

Ingeniería es un término aplicado a la profesión en la que el conocimiento de las matemáticas y la física, alcanzado con estudio, experiencia y práctica, se aplica a la utilización eficaz de los materiales y las fuerzas de la naturaleza.

La ingeniería sismo-resistente surgió como una necesidad imperiosa para controlar el efecto de los sismos. Los terremotos de San Francisco, EEUU, el 18 de abril de 1906, y de Mesina, Italia, en 1908, pueden considerarse como dos hechos claves que mostraron la vulnerabilidad de los centros urbanos ubicados en zonas sísmicas y originaron un cambio significativo en los criterios de cálculo de la época (CRISAFULLI, 2010: 88).

El desarrollo de esta especialidad ha seguido el camino trazado inicialmente en California, USA, y posteriormente en Japón, Nueva Zelandia y Chile. Los desarrollos importantes se inician en California en la década de los 50, con investigaciones que sentaron las bases del diseño sismo-resistente, realizadas entre otros por los profesores Housner, Newmark y Clough, y por el destacado ingeniero J. A. Blume. El desarrollo de los computadores digitales permitió utilizar los registros de aceleraciones obtenidos durante eventos sísmicos severos, y los modelos de comportamiento sísmico de elementos estructurales obtenidos en laboratorios universitarios, para poder predecir en forma analítica la respuesta sísmica de estructuras reales. La ocurrencia de movimientos sísmicos severos a partir de los años 60 y el estudio de las causas de los daños producidos por ellos, produjo un gran desarrollo de esta especialidad en diversos países del mundo. Los sismos de Mayo de 1960 en el sur de Chile, y de Marzo de 1985 en la zona

central, han dado origen a numerosas investigaciones en Chile, que han servido para adaptar a esa práctica nacional los descubrimientos logrados en los países sísmicos más desarrollados.

Los objetivos principales de este tipo de ingeniería son;

- Entender la interacción entre los edificios y la infraestructura pública con el subsuelo.
- Prever las potenciales consecuencias de fuertes terremotos en áreas urbanas y sus efectos en la infraestructura.
- Diseñar, construir y mantener estructuras que resistan a la exposición de un terremoto, más allá de las expectativas y en total cumplimiento de los reglamentos de construcción.

1.1.6. ARQUITECTURA ANTISISMICA

Arquitectura: “Arte de proyectar, construir y adornar los edificios conforme a reglas determinadas”. (DICCIONARIO Larousse: 1986)

Fue en el siglo XVIII a consecuencia de los movimiento sísmicos, surgieron las bases para la creación de la arquitectura antisísmica, que consistía en hacer los edificios lo bastantes resistentes como para soportar grandes movimientos sísmicos, sin que se afecte su estructura ni lleguen a colapsar. Disposiciones urbanísticas y normas constructivas fueron algunas de las primeras teorías de la arquitectura antisísmica; El espacio libre entre las construcciones, el cálculo de la altura de los edificios (superficie y su profundidad), piezas y materiales.

Durante los siglos XVII y XVIII, la arquitectura barroca latinoamericana conservó las pautas marcadas por la península Ibérica pero con algunas peculiaridades. Entre los condicionantes físicos, la frecuencia de terremotos en algunas zonas como Guatemala o Perú determinó ciertos patrones estéticos, al tiempo que conducía al desarrollo de técnicas constructivas especialmente resistentes a los movimientos sísmicos como la *quincha* “sistema de cerramiento constructivo antisísmico compuesto por una especie de telar de madera y de cañas atadas con cordobanes recubierto con barro”. (ARGAN, 1977: 236)

Los primeros intentos para evitar los efectos desastrosos de los terremotos en las construcciones fueron ya ideados en la antigüedad. Pero fue a partir del siglo XVIII, después de que algunos terremotos destruyeran barrios enteros de algunas ciudades europeas, cuando la cuestión de una técnica de edificación específicamente orientada a limitar los daños de los terremotos comenzó a ser considerada desde un punto de vista sistemático, constituyéndose como objeto de la teorización arquitectónica.

Además de simples disposiciones urbanísticas, que buscaban garantizar un espacio libre entre las construcciones (de modo que la caída de un edificio no conllevara daños también a los que se encontraban alrededor), fueron definidas algunas normas constructivas, desde el cálculo del desarrollo de la altura de los edificios basándose en su superficie y su profundidad, hasta la inclusión de piezas (en principio de madera) que aumentara la cohesión de la estructura, principalmente en las juntas entre las distintas partes. (ENCICLOPEDIA Encarta: 2008)

La arquitectura antisísmica japonesa, fue la primera en integrarse en este tipo de construcciones a mediados del siglo XX debido al alto riesgo

sísmico del país se produjo un nuevo impulso en el desarrollo de este tipo de arquitectura, debido a los violentos terremotos de San Francisco (1906), Messina (1908) y Tokio (1923), y a sus dramáticas consecuencias. Entre los pocos edificios que quedaron en pie en Tokio, se encontraba el Hotel Imperial, diseñado por el arquitecto Frank Lloyd Wright: la estructura reforzada con cemento armado, el perfil discontinuo y la particular estratificación de los cimientos contribuyeron a hacer este edificio más seguro que el resto. (ARQHYS.COM: 30/11/2011)

Reconstrucción de localidades destruidas por sismos.

Un interesante aspecto de la geografía urbana consiste en el estudio de la reconstrucción de localidades destruidas por los sismos. Aunque es de tiempo inmemorial la preocupación por la construcción antisísmica (cf. la Biblia, Libro del Eclesiástico, XXII, 19.), nos parece, después de haber estudiado con detenimiento el asunto, que el primer plan de reconstrucción antisísmica se dio en Sicilia, a consecuencia de los catastróficos terremotos del 9 y 11 de enero de 1693, por iniciativa del virrey español duque de Uceda, reconstruyó 25 localidades. Después, también conocida la reconstrucción de Lisboa, con planos supervisados por el marqués de Pombal, ejemplo de ordenación urbanística de una gran ciudad asolada por un megasismo (el 1ro de noviembre de 1755). Sigue después la reconstrucción de Guatemala, destruida por graves terremotos en los meses de mayo, junio y julio de 1773.

En España existe en un manuscrito las primeras ideas "Sobre el modo de construir las casas en los sitios propensos a terremotos", por el erudito Sempere y Guarinos, que no pasaron de ser ideas expuestas. Por otra parte, se puede sintetizar las siguientes directrices:

- a) Anchura de las calles.
- b) Altura de las casas, reducida a un solo piso.
- c) Espacios de seguridad.
- d) Materiales y formas de construcción.
- e) Urbanización y estética.
- f) Cambios de emplazamiento

A consecuencia de sismos destructores los núcleos de población arrasados son reconstruidos con arreglo a normas antisísmicas del momento, que incluyen a veces el cambio de emplazamiento, y también la construcción en cuadrícula sobre el suelo terraplenado quedando para siempre una impronta en el plano urbano, a veces, como hemos visto, secular. (RODRÍGUEZ, 1993: 21)

En Bolivia los arquitectos están en la posibilidad de hacer edificaciones no mayores a los 5 pisos para lo que generalmente usan la Norma Boliviana del Hormigón Armado del año 1987, si exceden esta cantidad de pisos, tuvieran que contratar a un ingeniero estructuralista que presente toda la documentación a partir de esta altura puesto que la alcaldía para su aprobación exige este requisito.

1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS SOBRE NORMATIVA ANTISISMICA.

La importancia de la actividad sísmica en el mundo ha sido la causa de que la mayoría de los países hayan desarrollado normas de diseño sismo-resistente, como una medida indispensable para la mitigación del riesgo sísmico. La

intensa comunicación científica en el campo de la ingeniería sísmica, a nivel internacional, ha dado lugar a que la mayoría de estas normas respondan a un mismo esquema básico. La investigación analítica y experimental y el desarrollo de reglamentos de diseño sísmicos han contribuido para un avance continuo y significativo durante los últimos 100 años.

En España tras el terremoto de Torrevieja de 1829 y el de Andalucía de 1880, se emitieron informes técnicos y se reconstruyeron las localidades afectadas siguiendo unas normas mínimas de diseño sísmico, que tenían en cuenta sobre todo el emplazamiento (terreno estable y con pendientes inferiores al 5%), ampliar la anchura de las calles, limitar el número de plantas y mejorar la calidad de los materiales. En 1962 se creó una comisión para desarrollar una normativa específica que entró en vigor en 1974. . Actualmente hay dos normas en vigor en España, la NCSE-02, que regula la edificación y la parte general, y la NCSP-07, que se centra en los puentes. La construcción de centrales nucleares, por sus particulares necesidades de seguridad, cuenta con su propia normativa. Las regiones con mayor riesgo sísmico son Andalucía occidental, la costa de Levante y Pirineos Los materiales y las estructuras que se emplean son sometidos a pruebas de resistencia. En Madrid, se encuentra el único simulador sísmico de España (GUERRERO, 23/03/2011)

Tras el terremoto de magnitud 8,3 en la escala de Richter en Talca - Chile, en 1928, el gobierno de turno nombró una comisión de ingenieros para estudiar la futura reglamentación en construcción, que se aplicó provisionalmente en 1930 y desembocó en la Ley General de Urbanismo y Construcción de 1935. De ahí en adelante, con cada terremoto, se ha ido modificando la normativa de ese País. Es así que la “Ley de Construcción Antisísmica - Chilena” fue promulgada a raíz del sismo que asoló la ciudad de Chillan de 8.3 grados en la escala de Richter y cobró más de 30 mil víctimas, más de quince mil casas destruidas y

miles de desaparecidos bajo las montañas de escombros el 24 de enero de 1939, en 1963 Se desarrollan las Primeras Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, en Santiago. En 1972 Se oficializa la primera versión de la norma NCh 433 Diseño Sísmico de Edificios, 2003 Se oficializa la primera versión de la norma NCh 2369, Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones (Industriales). El año 2003 se oficializa la primera versión de la norma NCh 2745, Análisis y Diseño Sísmico de Edificios con Aislación Sísmica.

Venezuela adopta el código para aplicación en sus obras en 1939 la misma que fue revisada en 1947, 1955, a raíz del sismo de 1967 se elabora la “Normas provisionales para edificaciones”. En 1981 se promulga la “Norma Para Estructuras De Concreto Armado Para Edificaciones” (Conven. 1756/82 Mindur), finalmente entra en vigencia la “Norma Antisísmica” en junio de 1999. (Conven 1756-98; revisión 2001: 1 y 2)

Otro referente sobre normativa antisísmica a nivel mundial data de 1950, cuando Japón pone en vigencia la Ley Estándar de Construcción, en la cual establece los requerimientos mínimos con respecto al sitio, la estructura, las instalaciones y el uso de las edificaciones; pero sufrió su mayor revisión en 1995, tras el terremoto de Kobe de 7.2 grados donde murieron más de cinco mil personas y ocasionó más de 10.000 edificios destruidos.

En 1956 se efectúa la Primera Conferencia Mundial de Ingeniería Antisísmica, en San Francisco, California.

En 1957, México elabora el Folleto Complementario a la Norma, constituyéndose en la primera norma de ingeniería sismo-resistente en Latinoamérica.

En 1964, Perú elabora el primer proyecto de norma peruana, basada en la de SEAOC (Structural Engineers Association of California).

En 1970 se efectúan los primeros modelos analíticos para el análisis inelástico. Entra en vigencia la primera Norma Peruana de nivel nacional; el año 1977 la Segunda Norma Peruana, 1997 Tercera Norma Peruana; el año 2003 se realiza la última actualización de la Norma Peruana. Los códigos peruanos actualmente introducen la ductilidad (con otros factores) en la estimación de las fuerzas sísmicas y el diseño límite usado en Nueva Zelanda y Japón”. (SALINAS; 2003: 13)

La primera norma moderna de diseño sísmico de edificios es elaborada en Chile, conocida como NCh433, elevada a rango de Ley el año 1971, esta norma incorpora fuerzas horizontales de diseño que dependen de las propias características dinámicas de las estructuras; esta norma sufrió modificaciones importantes el 23 de noviembre de 1996 a raíz del terremoto de 1985 y hoy en día continúa su revisión debido al terremoto de 8,8 grados en la escala de Richter que azotó el vecino país el año 2010.

Los terremotos en Haití y Chile que dejaron al menos 217.000 y 802 muertos, respectivamente, han obligado a los países de América y el mundo a revisar sus políticas antisísmicas para estar mejor preparados ante situaciones de esta índole.

En Bolivia la referencia sobre construcciones, es la Norma Boliviana del Hormigón Armado (CBH-87) puesta en vigencia mediante Resolución Ministerial N° 194 el 22 de octubre de 1986, redactada por la Comisión Permanente del Hormigón Armado, creada por Decreto Supremo N° 17684 de 7 de octubre de

1980. Esta norma fue adaptada con los avances científicos y tecnológicos de ese entonces en el campo del hormigón.

En el caso particular de la Ciudad de La Paz Mediante Ordenanza Municipal G.M.L.P. N° 555/2007 de fecha 8 de octubre de 2007, se aprueba el Reglamento de Usos de Suelo y Patrones de Asentamiento “USPA 2007”, el mismo que puesto en vigencia evidenció problemas en la administración urbana, motivo por el cual en fechas 1 al 10 de junio de 2009 se llevó a cabo el Taller de “Evaluación de los Ajustes y Enmiendas al Reglamento USPA 2007”, realizados los ajustes técnico-legales por la Comisión de Planificación y Gestión Territorial en trabajo coordinado con la Oficialía Mayor de Culturas, Subalcaldías Urbanas del Gobierno Municipal de La Paz y la Gerencia del Parque Urbano Central, se puso a consideración del Pleno del Concejo Municipal, debido a la cantidad de modificaciones requeridas recomendó la aprobación de un nuevo Reglamento de Usos de Suelo y Patrones de Asentamiento “USPA”. Habiéndose establecido que la dinámica de la planificación urbana y la aplicación de los Usos de Suelo y Patrones de Asentamiento diferencian a cada Macrodistrito, se determinó la necesidad de contar con un Plano de Uso del Suelo y Patrones de Asentamiento por cada Macrodistrito.

La Comisión de Planificación y Gestión Territorial en septiembre de 2009 recomienda al Pleno del Concejo Municipal de La Paz la aprobación de la presente Ordenanza Municipal; es así que el 10 de abril de 2010 se promulga las Ordenanzas Municipales G.M.L.P. N° 500/2009 - N° 070/2010 Reglamento De Usos De Suelo Y Patrones De Asentamiento (USPA) misma que norma las características de las construcciones.

El 03 de mayo de 2012 el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz aprobó en grande, la nueva Ley Municipal de Uso de Suelos Urbanos, que establece

normas que rigen el uso, clases y destino del suelo, patrones de asentamiento así como parámetros de edificación para la construcción en el territorio del municipio urbano administrado por la comuna a través las Subalcaldías.

Según se establece en esta Ley, debido a los fenómenos naturales como movimientos de tierra y la topográfica de La Paz, se deben asumir retos en la construcción, “a partir de la innovación en el estudio, diseño y emplazamiento de estructuras sismo-resistentes que van acorde a los criterios de modernización y a la vanguardia de una capital en desarrollo y crecimiento vertical tan evidente como en La Paz, aspectos importantes que deben considerarse”, precisa la norma.

Una vez que sea aprobada la nueva Ley Municipal de Uso de Suelos Urbanos, quedará anulada la denominación de Uso de Suelos y Patrones de Asentamientos Urbanos (USPA), que pasa de ser una Ordenanza a una Ley Municipal, enmarcada en la Ley de Autonomías.

Sin embargo hasta la fecha no existe en ninguna ciudad de Bolivia una norma específica de diseño antisísmico para edificaciones.

CAPITULO II

MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

El presente capítulo determinará la influencia teórica en la que se fundamenta el presente trabajo, de la misma forma se desarrollarán los conceptos básicos referidos al tema investigado que ayudarán a comprender con mayor claridad el enfoque de esta investigación.

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. INFLUENCIA DEL POSITIVISMO JURÍDICO

El Positivismo Jurídico, “es un conjunto de normas puesta por los seres humanos, a través del Estado, mediante un procedimiento formalmente valido, con la intención o voluntad de someter la conducta humana al orden disciplinario por el acatamiento de esas normas. (CISNEROS; 2000: 68)

Con el objeto de fundamentar el presente análisis y la construcción de esta propuesta se toma como marco teórico al positivismo jurídico cuyas doctrinas que guía la presente investigación son:

- El derecho es un instrumento de la civilización, producto de las fuerzas sociales.
- El derecho es un instrumento para mejorar el orden social y económico por medio de un esfuerzo consciente y deliberado.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. ¿QUÉ ES UN TERREMOTO O SISMO?

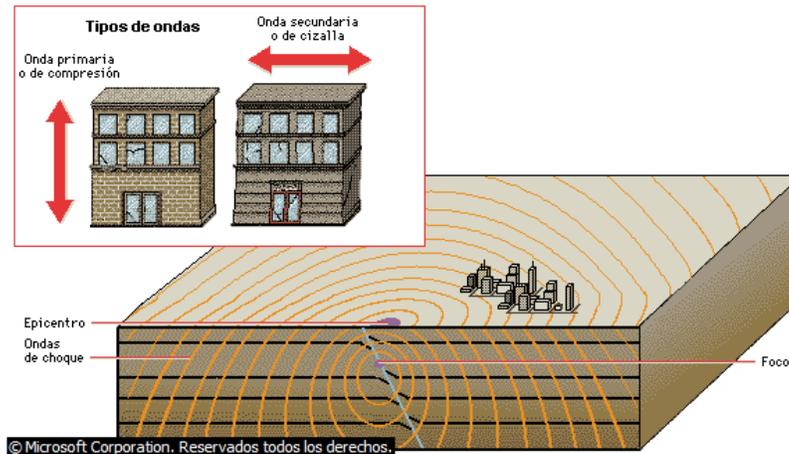
Los sismos son los efectos superficiales de la actividad interna del planeta.

Son simplemente temblores del suelo producidos por una brusca liberación de energía en la zona superficial del interior de la Tierra, esta súbita liberación de energía se propaga en forma de ondas sísmicas, provocando una serie de movimientos vibratorios en el terreno.

El volumen de roca que se fractura se denomina fuente sísmica. Por simplificación, la ubicación de la fuente es decir, donde se produce la ruptura, se asimila a un punto denominado hipocentro o foco y al punto de la superficie situado justamente encima del foco se denomina epicentro. (O.S.C. DVD Interactivo; 2012)

Según Hélène Le Meur en su libro “Los Seismos” señala que: “Es una brusca liberación de energía bajo nuestros pies. De pronto, en la corteza terrestre, rocas en tensión desde hace decenios o siglos ceden y se rompen como un resorte demasiado tenso. La ruptura se propaga por el subsuelo haciendo que dos bloques de roca se deslicen el uno sobre el otro a lo largo de una falla. La perturbación avanza muy deprisa, a unos 3 km/s, pero también se bloquea muy rápidamente una vez alcanzado un nuevo estado de equilibrio. Según la potencia del sismo, la falla se desliza centímetros o decenas de metros. Al deslizarse las unas contra las otras, las rocas trituradas generan vibraciones: las fallas nunca son lisas y las rocas se adhieren a asperezas de todos los tamaños. Estas fricciones inestables producen ondas sísmicas que se propagan por la Tierra como las ondas

alrededor de una piedra lanzada al agua. Son estas ondas las que mueven el suelo y se experimentan en la superficie.



© Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
Terremotos y ondas de choque⁵

Si la sacudida es violenta, la ruptura puede llegar a la superficie y crear escarpaduras en el paisaje. Pero lo más corriente es que se mantenga confinada en profundidad.

El tiempo que dura un sismo, depende de su amplitud: unos segundos para un sismo medio y de uno o varios minutos cuando las sacudidas son muy fuertes. El mayor terremoto registrado, el de Chile en 1960, duró cinco minutos. Una vez iniciado el sismo principal, los reajustes de los bloques producen réplicas menores que se van atenuando.

⁵ Las ondas de choque se propagan como ondulaciones desde el foco hasta el epicentro decreciendo en intensidad. Los tipos principales de ondas sísmicas son las ondas primarias (ondas P) y las de cizalla (ondas S). Las ondas P desplazan las partículas en la misma dirección que la onda (izquierda). Son las detectadas primero porque son más rápidas que las S (derecha), que provocan vibraciones perpendiculares a la dirección de propagación.

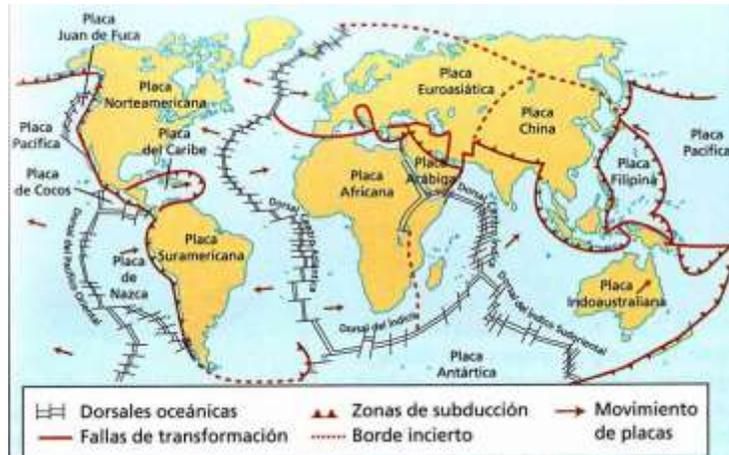
De acuerdo con su profundidad los sismos se dividen en: superficiales (de 0 a 60 km), intermedios (de 60 a 300 km) y profundos (entre 300 y 700 km). (GACETA DE MADRID, 1992: 76); este criterio es concordante con los datos proporcionados por el Observatorio San Calixto en cuanto a la clasificación de los sismos por su profundidad.

La profundidad 700 km es la mayor a la que se han observado sismos. Para profundidades mayores el material de la Tierra no tiene rigidez suficiente para producir efectos sísmicos.

2.2.2. PLACAS TECTÓNICAS

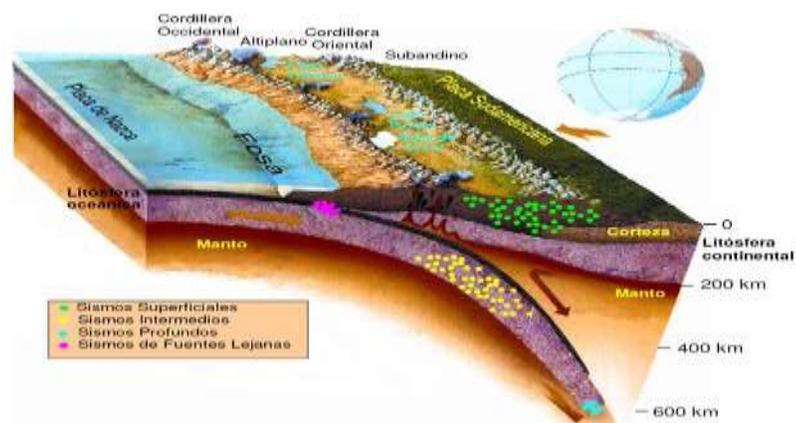
Las placas son grandes fragmentos de la litosfera en continuo movimiento unos respecto a otros. Los continentes forman parte de esas placas y se mueven con ellas. Se pueden distinguir 17 placas limitadas por bordes, donde se concentra todo el movimiento de las placas adyacentes, la actividad sísmica y el vulcanismo. Muchos bordes de placa están situados en el centro del océano.

Las placas tectónicas son oceánicas y continentales, la primera diferencia está en su espesor aproximadamente de 65 km y 200 km, respectivamente. Los límites principales de las placas son las zonas de divergencia (Dorsales Oceánicas) y convergencia (zonas de contacto entre placa oceánica y continental). Se reconocen seis placas mayores, Pacífica y Antártica, (oceánicas), Norteamericana, Sudamericana, Euroasiática, Indo australiana y Africana (continentales) y; siete placas menores, Nazca, Cocos, Caribe, Juan de Fuca (oceánicas), Filipinas, Arabia, Somalia, y varias subplacas o microplacas. (OSC. DVD Interactivo; 2012)



Distribución de las Placas Tectónicas, Oceánicas y Continentales, límites y dirección de movimiento.

Cuando una placa oceánica, como la Placa de Nazca que se desplaza hacia el este bajo la zona suroriental del Océano Pacífico, encuentra un borde continental como América del Sur, la corteza oceánica más densa y pesada se introduce debajo de la placa continental y se fusiona parcialmente.



(Fuente O.S.C.): Litósfera Oceánica y Continental, zona de Convergencia (fosa), Subducción y esquema de distribución de sísmos en ambas placas. Modificado de Lamb y Sington, 1998.

Los terremotos pueden suceder en estos márgenes de placa a lo largo del plano de deslizamiento, moviendo las placas hacia arriba 5 m en una sola sacudida. Si chocan dos placas oceánicas se origina un arco de islas volcánico, o una fosa oceánica como las de Chile, Japón, Taiwan, Filipinas, Nueva Zelanda e Isla de Sumatra. Cuando colisionan dos placas continentales, la corteza de ambas empuja hacia arriba, creando cadenas montañosas. La colisión de la India con el continente asiático formó el Himalaya. De hecho, la cordillera montañosa crece hoy en altura a causa de que la India y Asia todavía convergen.

En un borde de transformación, las placas se desplazan cada una en direcciones opuestas lateralmente entre sí, sin crear ni destruir fondo oceánico. Una pequeña actividad volcánica acompaña a los bordes de transformación, pero se pueden dar terremotos grandes o de poca intensidad. La Falla de San Andrés en California, Estados Unidos, es el ejemplo más famoso de este tipo de bordes. (SIGNEY, 1982: 20)

La revolucionaria teoría de la tectónica de placas forma la base del pensamiento de la geología moderna y explica muchas de las formas terrestres actuales además del movimiento de los continentes. Esta teoría también proporciona una explicación para muchos de los terremotos y volcanes del mundo. La mayoría de los terremotos y erupciones volcánicas ocurren cerca de los márgenes de las placas. Desgraciadamente, existen muchas ciudades grandes situadas en los bordes de las placas, como ocurre a lo largo del Cinturón de Fuego, una zona de intensa actividad volcánica y sísmica que rodea el Océano Pacífico. Los seres humanos sufren repetidamente los efectos de estas manifestaciones a menudo catastróficas de la actividad tectónica.

2.2.3. MAGNITUD

Indica la cantidad de energía liberada por el terremoto en forma de onda sísmica. La escala fue ideada por el japonés Wadati en 1931 y desarrollada por Richter en 1935, la escala de magnitud no tiene límites, aunque no se han observado nunca terremotos de magnitud superior a 9.

Cuantificación matemática que refleja la energía liberada en el foco o hipocentro del sismo. (O.S.C. DVD Interactivo; 2012)

2.2.4. LA INTENSIDAD

Indica el efecto de las sacudidas en cada uno de los lugares afectados por el terremoto. La intensidad se mide a través de las reacciones de las personas, el grado de destrozo de las construcciones y las perturbaciones provocadas en el terreno (grietas, deslizamientos, desprendimientos, etc.).

La escala de Mercalli está dividida en 12 grados (que normalmente se expresan en números romanos). Los destrozos empiezan a ser importantes a partir del grado VII.

2.2.4.1. Escalas De Intensidad

Los sismólogos han diseñado dos escalas de medida para poder describir de forma cuantitativa los terremotos. Una es la escala de Richter (nombre del sismólogo estadounidense Charles Francis Richter) que mide la energía liberada en el foco de un sismo. Es una escala logarítmica con valores medibles entre 1 y 10; un temblor de magnitud 7 es diez veces más fuerte que uno de magnitud 6, cien veces más que otro de magnitud 5, mil veces más que uno de magnitud 4 y de este modo en casos análogos. Se estima que al año se producen en el mundo

unos 800 terremotos con magnitudes entre 5 y 6, unos 50.000 con magnitudes entre 3 y 4, y sólo 1 con magnitud entre 8 y 9. En teoría, la escala de Richter no tiene cota máxima, pero hasta 1979 se creía que el sismo más poderoso posible tendría magnitud 8,5. Sin embargo, desde entonces, los progresos en las técnicas de medidas sísmicas han permitido a los sismólogos redefinir la escala; hoy se considera 9,5 el límite práctico.

Magnitud en Escala Richter	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

La otra escala, introducida al comienzo del siglo XX por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli, mide la intensidad de un temblor con gradaciones entre I y XII. Puesto que los efectos sísmicos de superficie disminuyen con la distancia desde el foco, la escala de Mercalli es más subjetiva, puesto que la intensidad aparente de un terremoto depende de la distancia entre el centro y el observador de la posición del sismógrafo. Una intensidad I se define como la de un suceso percibido por pocos,

mientras que se asigna una intensidad XII a los eventos catastróficos que provocan destrucción total. Los temblores con intensidades entre II y III son casi equivalentes a los de magnitud entre 3 y 4 en la escala de Richter, mientras que los niveles XI y XII en la escala de Mercalli se pueden asociar a las magnitudes 8 y 9 en la escala de Richter (ENCICLOPEDIA Encarta: 2009 “Sismo”).

La intensidad no se basa en los registros sismográficos sino en el efecto o daño producido en las estructuras y en la sensación percibida por la gente. Para establecer la Intensidad se recurre a la revisión de registros históricos, entrevistas a la gente, noticias de los diarios públicos y personales, etc. La Intensidad puede ser diferente en los diferentes sitios reportados para un mismo terremoto (la Magnitud Richter, en cambio, es una sola)

Intensidad en Escala Mercalli	Efectos del terremoto
Grado I	Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
Grado II	Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar.
Grado III	Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor

	<p>estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado. Duración estimable</p>
Grado IV	<p>Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.</p>
Grado V	<p>Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. Algunas piezas de vajilla, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen de relojes de péndulo.</p>
Grado VI	<p>Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros.</p>
Grado VII	<p>Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en</p>

	<p>estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal planeadas; rotura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.</p>
Grado VIII	<p>Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían vehículos motorizados.</p>
Grado IX	<p>Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen.</p>
Grado X	<p>Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se</p>

	destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
Grado XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
Grado XII	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares). Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

Fuente: <http://www.angelfire.com/ri/chterymercalli/>

2.2.4.2. Frecuencia De Ocurrencia:

A continuación se describen los efectos típicos de los sismos de diversas magnitudes, cerca del epicentro. Los valores son estimados y deben tomarse con extrema precaución, ya que la intensidad y los efectos en la tierra no sólo dependerán de la magnitud del sismo, sino también de la distancia del epicentro, la profundidad, el foco del epicentro y las condiciones geológicas (algunos terrenos pueden amplificar las señales sísmicas). *(Basado en documentos de U.S. Geological Survey.)* (wikipedia.org/wiki/escalasismologica/)

Magnitudes Richter	Descripción	Efectos de un sismo	Frecuencia de ocurrencia
Menos de 2,0	Micro	Los microsismos no son perceptibles.	Alrededor de 8.000 por día
2,0-2,9	Menor	Generalmente no son perceptibles.	Alrededor de 1.000 por día
3,0-3,9		Perceptibles a menudo, pero rara vez provocan daños.	49.000 por año.
4,0-4,9	Ligero	Movimiento de objetos en las habitaciones que genera ruido. Sismo significativo pero con poco probable daño.	6.200 por año.
5,0-5,9	Moderado	Puede causar daños mayores en edificaciones débiles o mal construidas. En edificaciones bien diseñadas los daños son leves.	800 por año.
6,0-6,9	Fuerte	Pueden ser destructivos en áreas pobladas, en hasta unos 160 kilómetros a la redonda.	120 por año.
7,0-7,9	Mayor	Puede causar serios daños en extensas zonas.	18 por año.
8,0-8,9	Gran	Puede causar graves daños en zonas de varios cientos de kilómetros.	1 por año.
9,0-9,9		Devastadores en zonas de varios miles de kilómetros.	1 en 20 años.
10,0+	Épico	Nunca registrado	En la historia de la humanidad nunca ha sucedido un terremoto de esta magnitud.

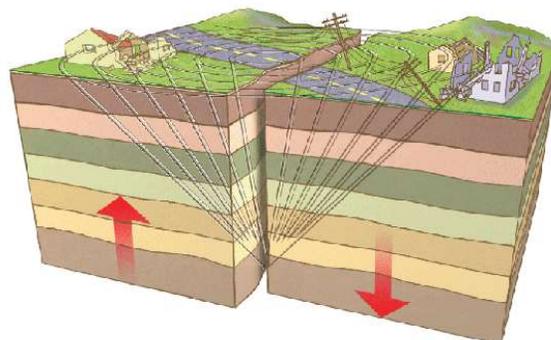
Niveles de amenaza sísmica

Los niveles de movimientos sísmicos esperados son expresados por el comité VISION 2000 -SEAOC, 1995 en términos de un evento sísmico con intervalo de recurrencia medio (período de retorno) o una probabilidad de excedencia en un tiempo de exposición de 50 años generalmente. La tabla muestra el periodo de retorno y las probabilidades de excedencia en 50 años para los cuatro movimientos sísmicos considerados por el comité VISION 2000 (SEAOC, 1995)

Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Período de retorno
Frecuente	69%	43 años
Ocasionales	50%	72 años
Raro	10%	475 años
Muy Raro	5%	970 años

2.2.5. FALLA.

En geología, una línea de fractura a lo largo de la cual una sección de la corteza terrestre se ha desplazado con respecto a otra



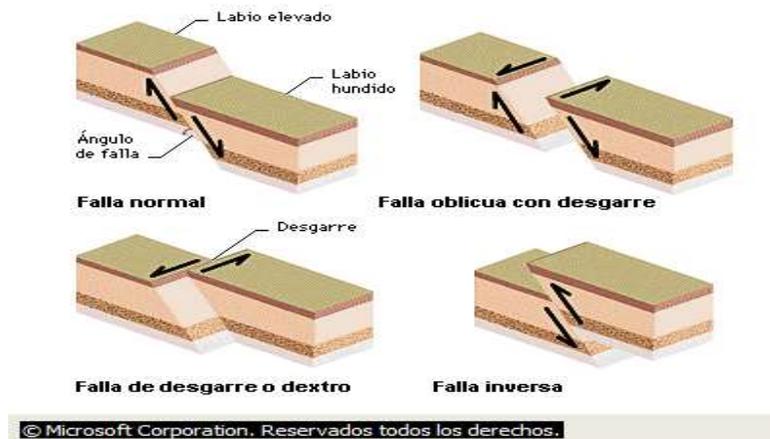
Una falla es la fractura de la corteza terrestre en dos o más bloques que origina el desplazamiento horizontal o vertical de éstos. Las fallas se originan debido a las presiones que ejercen los materiales incandescentes del interior de la Tierra. El plano de falla es la superficie casi llana a largo de la cual se produce la fractura y el desplazamiento de los bloques rocosos.

2.2.5.1. Principales Tipos De Fallas

Falla normal: Una falla normal o directa se forma cuando el plano de la falla está inclinado en forma descendente hacia el bloque hundido.

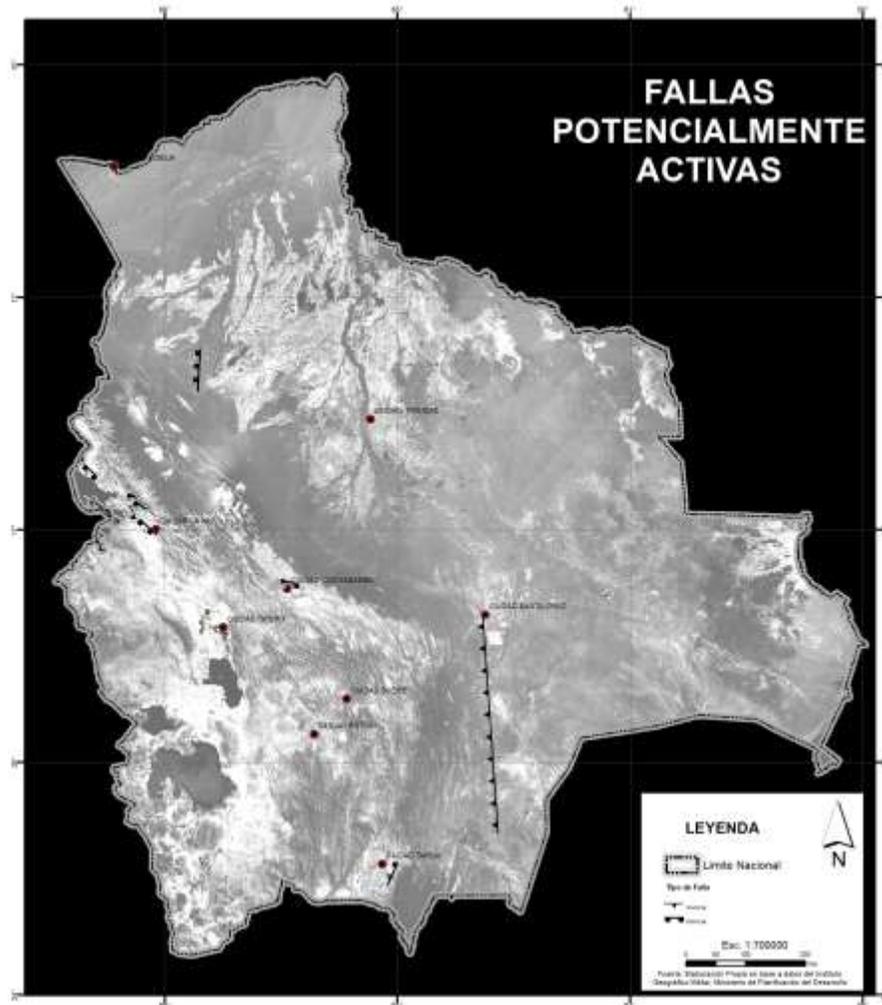
Falla Desgarre: Una falla de desgarre se produce cuando predomina el movimiento horizontal de los bloques sin que implique su hundimiento o elevación.

Falla Inversa: Una falla inversa se produce cuando la inclinación del plano de falla se orienta hacia el bloque levantado, es decir, cuelga sobre los bloques hundidos.



2.2.6. FALLAS POTENCIALMENTE ACTIVAS EN BOLIVIA

En Bolivia se identificó 14 (catorce) fallas potencialmente activas.



El detalle de estas fallas se muestra en el siguiente cuadro:

<i>Nombre de la Falla</i>	<i>Longitud en Km.</i>	<i>Tipo de Falla</i>	<i>Terremoto Potencial Máximo</i>	<i>Departamento</i>	<i>Población Cercana afectada</i>
Achacachi	15	Normal	6,4	La Paz – Provincia Omasuyos	Achacachi

Huarina	15	Inversa	7,4	La Paz – Provincia Omasuyos	Achacachi, Huarina, Batallas
Cochabamba	31,8	Normal	6,8	Cochabamba – <i>Provincia</i> Cercado - Chapare	Ciudad de Cochabamba y Sacaba
Kenko	1,5	Normal	5,1	La Paz – Provincia Murillo	Ciudad de La Paz y El Alto
San Francisco	3	Normal	5,5	Potosí – Provincia Nor Lipez	Poblaciones rurales: Rodeo, Ingenio y Agua de Castilla
Quebrada Minasa	3,7	Normal	5,6	La Paz – Provincia Murillo	Ciudad de La Paz
Tarija	43,5	Normal	7	Tarija – Provincia Cercado (hacia el norte) y Avilez (al sur)	Carlaso, Santa Ana, Tarija, Cieneguillas, Tunal, Juntas, Abra Ckasa, Padcaya
Peñas	53,6	Normal	7,1	La Paz – Provincia Los Andes	Alto Peñas
Llojeta	1	Normal	4,7	La Paz – Provincia Murillo	Ciudad de La Paz
Escoma	26,6	Normal	6,7	La Paz – Provincia Camacho	Escoma

Rio Beni	71,3	Normal	7,4	La Paz y Beni– Provincias Iturralde y José Ballivian	San Buenaventura, Rurrenabaque.
Ingavi	0,67	Normal	mayor a 6,5 calculado con rechazo	La Paz – Provincia Murillo	Ciudad de El Alto
Mandeyapecua	486	Inversa	8,1	Santa Cruz, Chuquisaca, Tarija – Provincias. Para Santa Cruz: Coordillera, Andres Ibañes e Ichilo. Para Chuquisaca: Luis Calvo. Para Tarija: Gran Chaco	Iboperenda, Pozo del Sambo, Castro, Puerto Doce, Barbosa, Carandayti, Almendras, Estancia Bacilio, Guayabas, La Guardia, Ciudad de Santa Cruz
Amachuma	40	Normal	7	La Paz – Provincia Murillo	Ciudad de El Alto

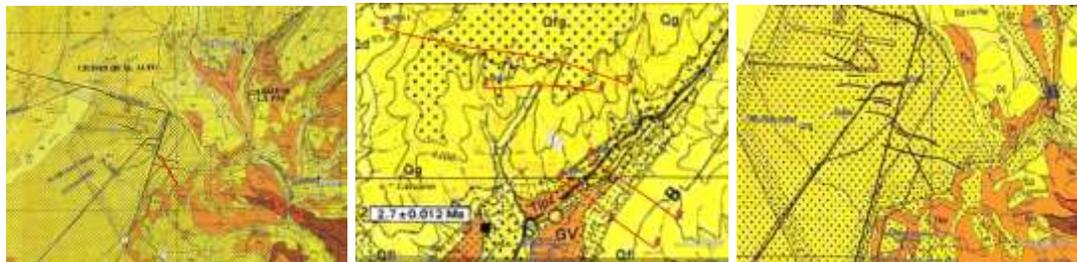
(Fuente: OSC, DVD Interactivo (2012))

En mayo de 2011 la revista científica Nature, publicó un artículo del profesor Benjamin Brooks geofísico de la Universidad de Hawai en Manoa quien realizó un minucioso análisis de cálculos efectuados con GPS (Sistema de Posicionamiento Global) sobre Bolivia realizados en el flanco oriental de la cadena montañosa (La parte central de esta cadena implican a La Paz y Cochabamba), sugirió que las tensiones subterráneas que se acumulan allí desde hace siglos podrían provocar un sismo de magnitud entre 8,7 y 8,9

en la escala de Richter donde al menos dos millones de bolivianos se verían afectados.

2.2.7. FALLAS POTENCIALMENTE ACTIVAS EN LA PAZ

Como se pudo observar en el cuadro de arriba, con datos obtenidos del Observatorio San Calixto, que Bolivia está asentada sobre 14 (catorce) fallas potencialmente activas ya identificadas, de la cuales 10 (diez) se encuentran en el departamento de La Paz, entre las que se destacan las fallas de Kenko, Quebrada Minasa, Ingavi, Llojeta y Amachuma mismas que afectarían directamente a la Ciudad de La Paz con un promedio de intensidad de 5,1° en la escala de Richter, este tipo de movimiento puede causar daños mayores en edificaciones débiles o mal construidas pero en edificaciones bien diseñadas los daños son leves.



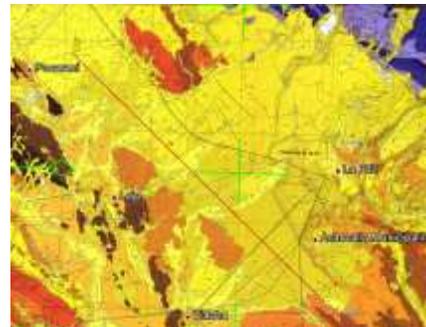
Kenko

Minasa

Ingavi



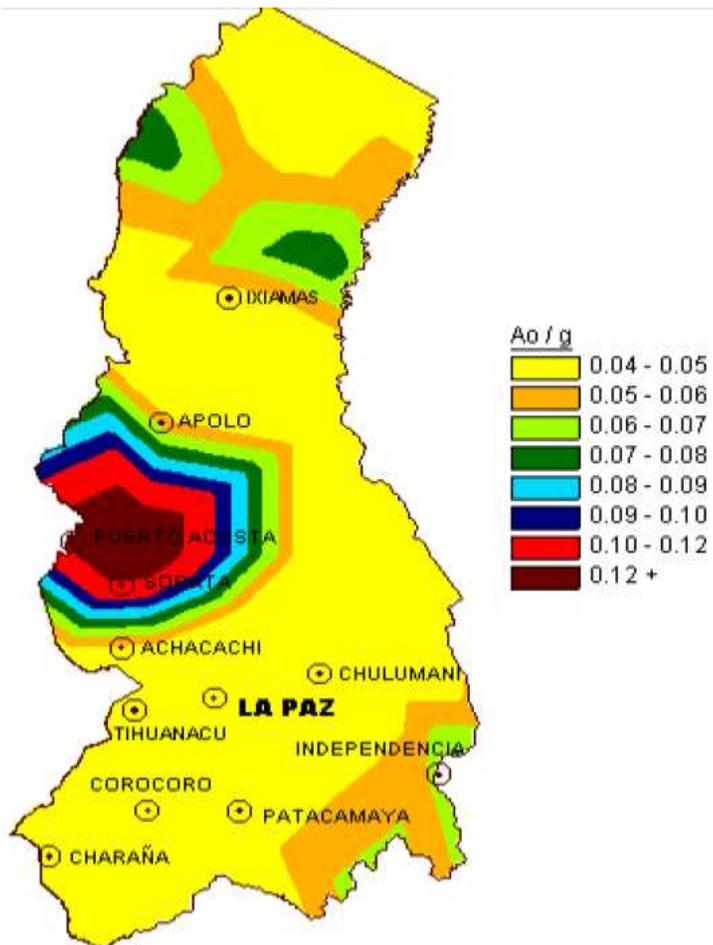
Llojeta



Amachuma

Rolando Grandi, gerente general de Arquitectura e Ingeniería Computarizada (AIC) Bolivia, informó que, en función de un estudio de mapas de aceleración de suelo firme en el departamento de La Paz, elaborados en los últimos 20 años, se puede establecer que “la probabilidad de sismos de magnitud mayor a 5 grados en la escala de Richter en La Paz es del orden del 20%”. Y que la posibilidad de un sismo de esta magnitud podría presentarse en la ciudad en unos cinco años (QUINTANA, Página Siete: 10/05/2011)

Mapa de aceleraciones sísmicas en La Paz



Fuente: (Grandi: 2006; 3-9)

2.2.8.CARACTERÍSTICAS DE LAS CONSTRUCCIONES ANTISISMICAS

En el año 1910 la Sociedad Sismológica de América identificó los tres aspectos principales del problema sísmico: el terremoto en sí mismo (cuándo, dónde y cómo ocurren los sismos), el movimiento del terreno asociado y su efecto sobre las construcciones.

2.2.8.1. Configuración Estructural Sismo-resistente

A continuación se transcribe los aspectos más importantes de la configuración estructural sismo resistente, en base a una propuesta puesta en consideración el año 2011 por el Ing. Rolando Grandi miembro de la Sociedad de Ingenieros Estructurales a la comisión del IBNORCA que trabaja en la actualización de la Norma de Hormigon Armado CBH-87 y en la elaboración de una norma antisísmica para Bolivia.

Se debe diseñar un sistema estructural de acuerdo al sitio de emplazamiento y nivel de amenaza sísmica correspondiente; tipo de terreno; nivel de importancia de la estructura, de manera tal que garantice un buen comportamiento sismo resistente.

Se establecerá un modelo discreto, preferentemente tridimensional, que considere los grados de libertad que mejor representen el comportamiento de la estructura real.

Si la estructura es regular, entonces se puede utilizar un método de análisis bidimensional.

La estructura tendrá una adecuada configuración que permita un satisfactorio comportamiento durante la acción sísmica, para ello, se deben seguir los siguientes lineamientos:

- 1. La disposición geométrica en planta será tan simétrica y regular como sea posible, tratando de conseguir en el edificio, en los elementos resistentes y en los arriostramientos, una composición que le confiera resistencia, rigidez y ductilidad para soportar cargas sísmicas en cualquier dirección horizontal, incluyendo la resistencia a la torsión.*
- 2. Si se confía la resistencia de los esfuerzos horizontales a elementos de gran rigidez como pantallas, muros, triangulaciones, etc., éstos deben colocarse al menos en dos direcciones, a ser posible ortogonales, en posición simétrica y preferiblemente en el perímetro exterior de la planta.*
- 3. En el caso de disponer los elementos de gran rigidez en forma de núcleo, es prioritario que éste se sitúe en la planta en una posición centrada.*
- 4. En edificios asimétricos se pueden conseguir estructuras simétricas separándolas en cuerpos regulares independientes mediante juntas sísmicas verticales.*
- 5. Igualmente debe procurarse una disposición geométrica en elevación tan regular como sea posible, evitando las transiciones bruscas de forma o rigidez entre un piso y el siguiente, permitiendo un flujo continuo, regular y eficiente de las fuerzas sísmicas desde el último piso hasta la cimentación; por lo que no se aconseja la eliminación de columnas o muros portantes.*

6. *La estructura debe presentar varias líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural) conectando entre sí a los subsistemas estructurales mediante elementos de elevada ductilidad.*
7. *Las rigideces lineales de columnas y vigas deben permitir la disipación de energía en las vigas, reduciendo así la posibilidad de falla en las columnas.*
8. *La configuración y comportamiento del sistema de piso debe generar una elevada rigidez en planta (losa prácticamente indeformable en su plano).*
9. *La resistencia y rigidez de la estructura debe ser compatible con el tipo de fundación y el tipo de suelo. En suelos blandos y cimentaciones las mismas deben estar arriostrada entre sí.*
10. *Para elementos no estructurales se adoptaran soluciones constructivas que garanticen la no participación resistente de estos elementos.*
11. *Se debe realizar una adecuada selección y uso de los materiales estructurales disponibles.*

	CORRECTO	INCORRECTO		CORRECTO	INCORRECTO
(A)			(H)		
(B)			(I)		
(C)			(J)		
(D)			(K)		
(E)			(L)		
(F)			(M)		
(G)					

(Algunas reglas para la configuración sísmica de edificios)

Explicación de las figuras:

- A: Evitar la disposición de soportes verticales cortos y procurar que la edificación se acomode de tal manera al talud que estos elementos midan lo mismo en altura para cada nivel.
- B: Se recomienda no tener soportes verticales más altos en la planta baja, caso contrario se las deberá reforzar adecuadamente. Evidentemente se debe procurar disminuir la altura de esta planta hasta donde sea posible.
- C y D: Se debe evitar tener plantas irregulares que puedan generar comportamientos difíciles de predecir con los modelos de análisis sísmicos disponibles. Para solucionar esto se debe dividir la planta

irregular en varias plantas regulares, separadas entre sí por juntas sísmicas, no juntas constructivas.

- *E; F y G: Se debe realizar una configuración estructural en planta, en lo posible sencilla, simétrica, regular y uniforme. Evidentemente por motivos de funcionalidad y distribución arquitectónica es posible que algunos elementos estructurales no cumplan lo indicado, pero se debe procurar que sean muy pocos.*
- *H: Debe existir continuidad en los soportes verticales y muros portantes desde la cubierta hasta la cimentación; por tanto, queda totalmente prohibido eliminar un soporte vertical y menos un muro portante, ya que las cargas deben transmitirse directamente hasta la cimentación. Solamente se podría eliminar algún soporte vertical del último piso.*
- *I: Se recomienda no tener desniveles en los edificios (soportes verticales cortos). Caso contrario la estructura se la debe reforzar adecuadamente.*
- *J: En el caso de edificios vecinos, se debe prever una junta sísmica.*
- *K y L: Se recomienda distribuir uniformemente las cargas y por lo tanto las masas dentro o en fachada de un edificio.*
- *M: La rigidez de los elementos verticales debe ser similar a la de las vigas (véase el capítulo 10 “diseño estructural sismo resistente”).*

No se recomienda disponer muros de cortante en los bordes perimetrales (excepto muros que soportan empujes de tierra), caso contrario, se debe

disponer otro elemento similar simétricamente, tal como se destaca en las figuras F y G anteriores.

El diseño de estructuras sismo-resistentes presenta particularidades que lo distinguen del diseño para otro tipo de acciones como cargas gravitatorias o viento. Las principales especificaciones y requerimientos vinculados a los tres tipos de estructuras más usados como sistema sismo-resistente, son: pórticos no arriostrados, pórticos arriostrados concéntricamente y pórticos arriostrados excéntricamente.

2.2.8.2. Pórticos No Arriostrados

Los pórticos no arriostrados o pórticos resistentes a momento son ensambles rectilíneos de vigas y columnas conectadas entre sí mediante soldaduras, bulones o ambos. Las barras componentes de estos pórticos quedan sometidos principalmente a momentos flectores y esfuerzos de corte, que controlan su diseño, razón por la cual también se los denomina “pórticos a momentos” (CRISAFULLI; 2010: 18). Este tipo estructural se caracteriza por su elevada capacidad de disipación de energía, cuando se diseña y construye para tal fin.

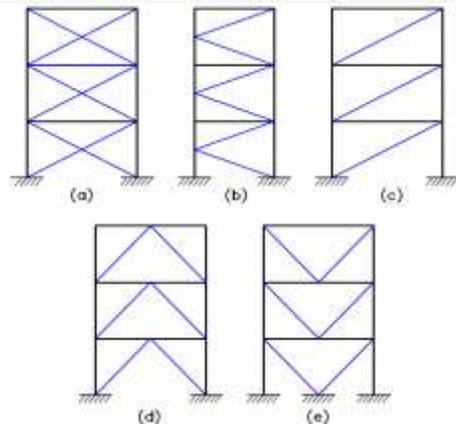


(Estructura de pórticos no arriostrados)

2.2.8.3. Pórticos arriostrados concéntricamente

Los pórticos arriostrados surgieron a comienzos del siglo XX como una alternativa estructural para edificios de mediana y baja altura. La presencia de las barras diagonales o riostras modifica significativamente el comportamiento del pórtico, dado que se forma una estructura reticulada (con triangulaciones). Las acciones laterales de viento y sismo inducen en la estructura principalmente esfuerzos axiales de tracción y compresión. Este tipo estructural se caracteriza por una elevada rigidez lateral, lo que permite un adecuado control de los desplazamientos. (CIRIAFULLI; 2010: 19)

Se pueden plantear diferentes configuraciones, como se muestra esquemáticamente en la siguiente figura. La adopción de la configuración más conveniente en cada caso se realiza a partir de consideraciones estructurales, funcionales y eventualmente aspectos estéticos.



(Configuraciones típicas para pórticos arriostrados concéntricamente, (a) riostras en X, (b) en K, (c) en diagonal, (d) en V invertida y (e) en V)



(Edificio "Hearst Tower" en New York, 2011)



(Ejemplo de rehabilitación mediante el agregado de riostras de acero.)

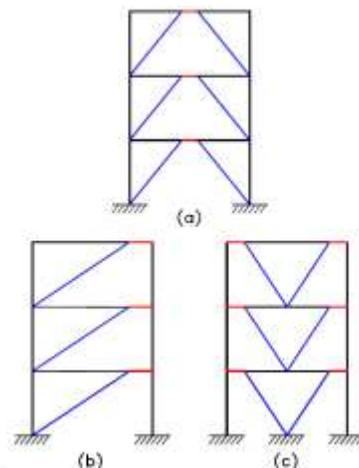


(Vista de un pórtico arriostrado utilizado para la rehabilitación de una estructura existente de hormigón armado.)

2.2.8.4. Pórticos Arriostrados Excéntricamente

En la década de 1970 se desarrolló en Japón por Fujimoto en 1972, y por Tanabashi en 1974 y en Estado Unidos de América por Popov en 1987 y 1989) un sistema que trata de combinar las ventajas de los dos anteriores, contrarrestando sus debilidades. (CRISIAFULLI; 2010: 21)

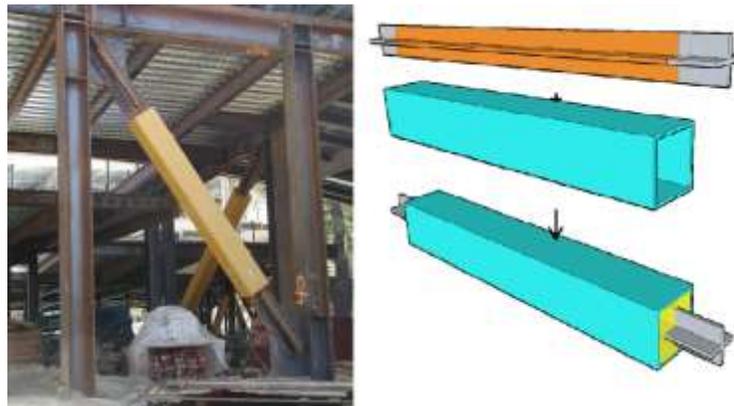
Los pórticos arriostrados con conexiones excéntricas constituyen un buen ejemplo de aplicación del diseño por capacidad, mediante el cual el diseñador define un mecanismo de deformación plástica y evita modos de falla no deseados. Estas estructuras representan una solución excelente para el diseño sismo-resistentes debido a que combinan una elevada rigidez lateral, por efecto de las riostras, y una muy adecuada capacidad de disipación de energía. (CRISIAFULLI; 2010: 21) Por estas razones, fueron adoptados rápidamente como sistema estructural en distinto tipo de construcciones sismo-resistentes, incluso en casos de rehabilitación de estructuras existentes.



(Configuraciones típicas para pórticos arriostrados excéntricamente.)

Sistemas con disipadores de energía. Barras de pandeo restringido

Las riostras de pandeo restringido están formadas por una barra o núcleo central recubierto por una capa deslizante o antiadherente; esta barra se inserta en un tubo exterior, el cual se rellena con mortero de cemento.



(Detalle de una riostra de pandeo restringido, formada por un núcleo central de acero recubierto con una capa deslizante dentro de un tubo exterior relleno con mortero de cemento.)

El acero como material estructural

El acero de uso estructural es un material de fabricación industrializada, lo cual asegura un adecuado control de calidad. “Este material se caracteriza por una elevada resistencia, rigidez y ductilidad” (CRISAFULLI; 2010: 4) (esto es capacidad de soportar deformaciones plásticas sin disminuir su capacidad resistente), por cual su uso es muy recomendable para construcciones sismo resistentes.

La estructura de acero es un sistema formado por miembros vinculados entre sí mediante conexiones, de modo que todo el conjunto cumpla con las condiciones de estabilidad, resistencia y rigidez requeridas para un

adecuado desempeño. Las ventajas del acero, en relación a su adecuada resistencia a tracción y ductilidad, son válidas también para todo el sistema estructural. (CRISAFULLI; 2010: 5)



(Fotos de: National Information Service for Earthquake Engineering, EERC, University of California, Berkeley).

Existen una serie de normativas para las edificaciones antisísmicas para las regiones más vulnerables en cuanto a terremotos se refiere. Algunas de estas son: Relaciones precisas entre planta y alzado, materiales de menor peso a medida que se aumenta la altura, estructura simétrica y presentar la menor cantidad posible de protuberancias, realizarse los debidos cálculos para crear cubiertas y pavimentos horizontales, emplearse materiales de construcción y módulos base de la estructura que hayan superado pruebas de resistencia a las fuerzas de tracción y compresión, como el cemento armado y el acero. En cuanto al emplazamiento, el suelo debe ser sólido y estable, nunca deberá construirse en una zona inestable o pantanosa. (<http://www.arqhys.com>; 2012)

2.2.8.5. 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”. (COVENIN-MINDUR-FUNVISIS; 1982: 345).



(Niigata –Japón sismo de 1964, las estructuras se mantienen intactas)

Asegura que los edificios se comporten sísmicamente de acuerdo a la filosofía de diseño sismo resistente, incorpora la práctica de la arquitectura, que define en gran medida el sistema estructural que tendrán los edificios, y que se controle el proceso constructivo y de mantención de las estructuras de los edificios, además de controlar que el diseño sismo-resistente se ejecute de acuerdo a las normas de construcción.

Los terremotos de Northridge, USA, ocurrido en 1994 de 6.8 grados Richter y de Hyogo-ken Nanbu (Kobe – Japón) en 1995 de 7,2 grados Richter que afectaron zonas de dos países que son considerados líderes

en la ingeniería sísmica, representaron pruebas severas para las construcciones metálicas (BERTERO; 1994 y TREMBLAY; cita CRISAFULLI; 2010: 8).

Como resultado de los daños observados en el terremoto de Northridge, se implementó en Estados Unidos un programa de investigación analítico-experimental⁶ de gran alcance, destinado a analizar las causas de las fallas relevadas y a proponer soluciones aplicables tanto al diseño de nuevas construcciones como a la reparación de las existentes (MILLER: 2006, cita CRISAFULLI; 2010: 9).

El diseño por capacidad desarrolló originalmente en Nueva Zelanda, se basa en la formulación de una jerarquía en la resistencia de los componentes que componen el sistema estructural para permitir la formación de un mecanismo de deformación plástica (o mecanismo de colapso); se evita así la ocurrencia de fallas frágiles. Para ello, se seleccionan ciertos componentes o zonas de la estructura sismo resistentes, los cuales son diseñados y detallados para disipar energía en forma dúctil y estable. En estas zonas críticas, denominadas comúnmente “rótulas plásticas”, el sismo induce deformaciones plásticas por flexión y se evitan otros mecanismos de falla mediante un incremento de la resistencia asignada (por ejemplo fallas de corte en los miembros de hormigón armado o problemas de pandeo local en secciones de acero). Todos los demás componentes se protegen de la posibilidad de

⁶ Este programa, denominado SAC (siglas surgen del nombre de las tres organizaciones norteamericanas que forman el consorcio: SEAOC, ATC y CUREE) comprendió tres etapas: (i) el estudio de las prácticas de diseño y constructivas previas al terremoto de Northridge, (ii) el análisis de las fallas y sus causas y (iii) el desarrollo de nuevos criterios de diseño y detalles para las conexiones. El programa SAC permitió obtener y actualmente se dispone de valiosa información al respecto publicada por *Federal Emergency Management Agency* (FEMA 2000a, 2000b, 2000c, 2000d, 2000e, 2000f). Esta información ha sido incorporada en las especificaciones sísmicas de AISC (AISC 2005a y AISC 2010) y en recomendaciones de diseño.

falla asignando una resistencia mayor que la correspondiente al desarrollo de la máxima resistencia esperada en las potenciales regiones de plastificación (PAULAY Y PRIESTLEY, 1992 cita CRISAFULLI; 2010: 13 y 14)

Hoy en día la ingeniería sísmo resistente dispone de soluciones adecuadas que, mediante el uso de distintos materiales estructurales, sistemas constructivos, dispositivos innovadores para el control de vibraciones, criterios de diseño y métodos de análisis confiables, permiten reducir el riesgo sísmico. Sin embargo la reducción del riesgo sísmico no se ha alcanzado en forma uniforme a escala mundial. Ello se debe a distintas razones, algunas de las cuales no son de carácter técnico o ingenieril. Es por ello que uno de los mayores desafíos, particularmente en Latinoamérica, es lograr la implementación práctica de las soluciones que la ingeniería sísmo resistente ha desarrollado tanto para construcciones nuevas como para la rehabilitación de estructuras existentes que no cumplen con los niveles de seguridad requeridos en la actualidad. Uno de los problemas que se observa reiteradamente en muchos lugares afectados por terremotos es la discrepancia entre los criterios de diseño y la estructura realmente construida. Por desconocimiento, negligencia o razones de costo, se realizan modificaciones en obra que luego conducen a daño o colapso de los componentes estructurales.

El terremoto en Japón de 9 grados en la escala de Richter el 11 de marzo de 2011 demostró sin ninguna duda que ese país es el mejor preparado. En ningún otro lugar un terremoto de magnitud 9 hubiera provocado tan pocos daños, puesto que lo que arrasó con las construcciones en Japón, fue el posterior tsunami que sobrevino al

terremoto. Cuando se trata de levantar edificios capaces de resistir fuertes sacudidas, los japoneses siguen siendo los maestros. Los rascacielos de las grandes ciudades se han mantenido imperturbables tras ese gran sismo, así como gran parte de las viviendas construidas en los últimos años.



(Roppongi Hills, en Tokio, mide 241 m)

¿Cómo se logra que un rascacielos de 250 metros no se venga abajo? El objetivo es conseguir que el edificio se balancee pero no se derrumbe, "por lo que deben ser estructuras flexibles, que admitan cierto grado de deformación, que puedan vibrar e incluso desplazarse ligeramente".

Así mismo es justo reconocer que en Sud América, Chile es el País que está a la vanguardia en cuanto a construcción antisísmica se refiere, lo cual pudo demostrarse con el sismo de 8,8 grados en la escala de Richter acaecido en ese territorio el año 2010, donde se evidenció que sólo el 1% de sus edificaciones quedaron dañadas a consecuencia de aquel movimiento, si hacemos la comparación con el sismo de 7,2 grados en la escala de Richter ocurrido en Haití el mismo año el cual

obligó a que “2,3 millones de personas abandonaren sus hogares, 105.000 quedaron completamente destruidas y otras 188.383 colapsaron o sufrieron graves daños, el 60% de los edificios del Gobierno, la infraestructura administrativa y económica, así como el Parlamento y el sector Judicial incluyendo el Palacio de justicia y numerosos tribunales fueron destruidos” (ONU. Informe; 2010: 308)

La tecnología antisísmica desarrollada en Chile está basada en dos “familias” de dispositivos: el de aislamiento sísmico, utilizado en edificaciones de hasta 18 pisos, y el de disipación de la energía, aplicado en estructuras de mayor altura.

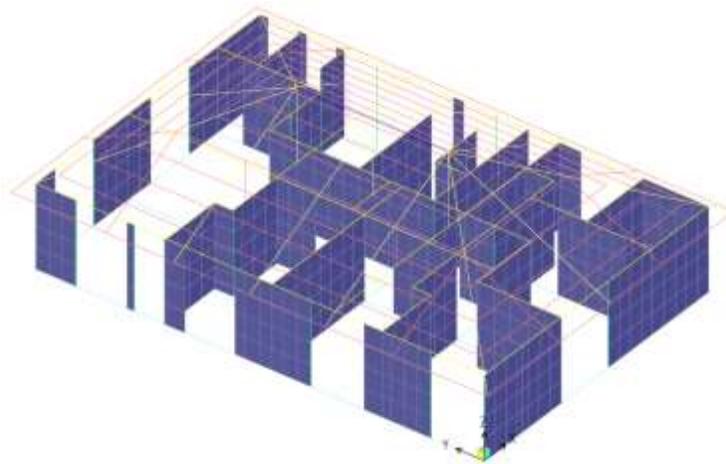
Según De la Llera, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Chile, “En el aislamiento sísmico se interrumpe la estructura en su conexión a nivel del suelo y se genera una interfaz que permite que el movimiento sísmico no se propague hacia la estructura”. En cuanto a la disipación de energía, esta técnica busca “aprovechar el movimiento de la estructura para conectar entre dos puntos un sistema que disipe la energía producto de la deformación relativa en estos” (<http://www.latercera.com>; 2011)

En la actualidad no es posible modificar la amenaza sísmica, pero la ingeniería sí dispone de soluciones para reducir la vulnerabilidad de las construcciones, y por ende el riesgo sísmico. La experiencia recogida a lo largo de décadas indica, sin lugar a dudas, que el daño producido por los sismos puede controlarse y reducirse a niveles aceptables mediante medidas sistemáticas de prevención. La formulación de estas medidas debe realizarse en forma integral, con criterio multidisciplinario e incluyendo no solo aspectos ingenieriles, sino también consideraciones

sociales, educacionales, de manejo de emergencia, etc. No obstante ello, es obvio que uno de los aspectos claves para asegurar el éxito de este proceso se vincula con la seguridad estructural de las construcciones sismo-resistentes.

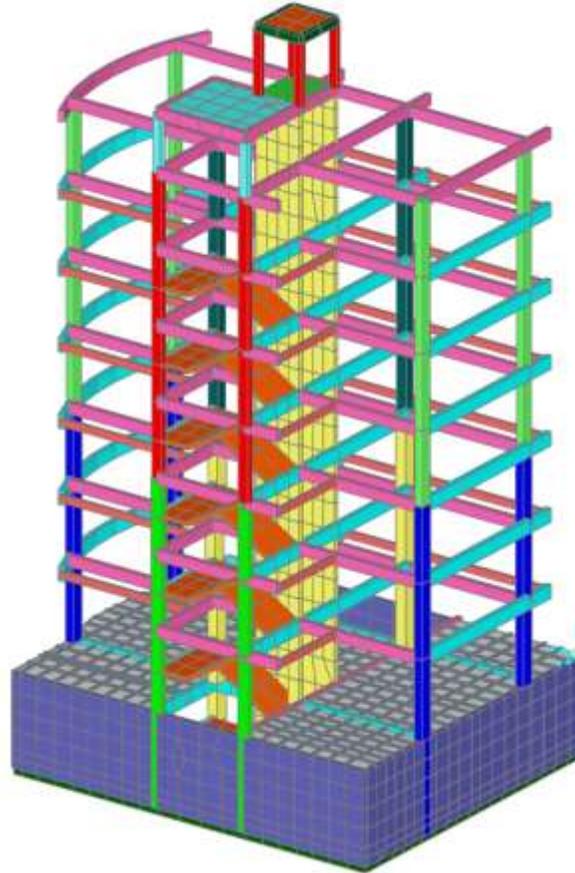
Una buena parte de las normas proporciona recomendaciones especiales para el detallado estructural en zonas sísmicas, particularmente para las estructuras de concreto, aunque sin excluir a las de acero y mampostería. Básicamente se trata de recomendaciones para la colocación del acero de refuerzo que permiten incrementar el confinamiento del concreto, proporcionando así mayor ductilidad al comportamiento de los elementos estructurales.

Ejemplo para casas de mampostería estructural⁷, descrito en el Título E de la propuesta de Norma Boliviana Para Diseño Sísmico (GRANDI: 2007):



⁷ La estructura de la saca está formada por una sistema de muros de mampostería confinada por una viga de cimentación, una viga cadena y pilares de hormigón armado. Toda la estructura está apoyada en cimientos corridos de mampostería de piedra. Por las características del sistema estructural se puede definir: -Factor de comportamiento, $FC=1.00$, - Elementos estructurales con $Q=1$.

Ejemplo estructural para edificios⁸, descrito en el Título A de la propuesta de Norma Boliviana Para Diseño Sismico (GRANDI: 2007).



⁸ La estructura del edificio está formada por un sistema de pórticos tridimensionales (espaciales) formados por vigas, columnas y un muro de ascensor casi central. El sistema de piso está basado en losas aligeradas que trabajan en una dirección y que se apoyan en los pórticos espaciales, definiendo de esta manera una estructura tridimensional que trabaja en conjunto. Las losas unidireccionales pueden ser nervaduras vaciadas en sitio o viguetas prefabricadas. En la planta baja existe una losa reticular que trabaja en dos direcciones. Todo este sistema estructural está apoyado en un sistema de fundación compuesto por una losa radier, dos zapatas y un cimiento corrido del muro de contención. Por las características del sistema estructural se puede definir: -Factor de comportamiento, $FC=2.00$, - Elementos estructurales con $Q=2.00$.

2.2.9. LA PAZ, CIUDAD FRÁGIL

En la Ciudad de La Paz, además de las construcciones mal edificadas, se suma la fragilidad del terreno donde se soportan la mayoría de los edificios de la Sede de Gobierno, las laderas pendientes, los suelos residuales, sumada la mano del hombre ha hecho mucho más para aumentar el riesgo.



(Ciudad de La Paz: foto: Willam Baptista Noya)

Hay mucha vulnerabilidad en La Paz, primero, porque el suelo tiene una topografía compleja y muy irregular además, de la existencia de muchos ríos subterráneos; a parte, casi la totalidad de los edificios y casas, no están preparadas para la acción sísmica con lo que se aumenta la debilidad citadina.

2.2.9.1. Estructuras Paceñas con Diseño Sísmico.

De la investigación realizada a través de entrevistas a diferentes profesionales algunos dijeron que existen edificaciones que dicen ser resistentes a sismos pero que como no existe una norma en nuestro país que obligue a realizar este tipo de edificaciones, no pueden aseverar si esas edificaciones cumplen con estándares de sismo resistencia manejados en otros países que cuentan con este tipo de normativa.

Asimismo se pudo evidenciar que existen Ingenieros que realizaron cálculos de diseño sísmico desde el año 1965 (Ing. Mario Galindo) basados en normas internacionales, tal es el caso de la Iglesia de San Miguel (Calacoto), la Iglesia Corazón de María (Av. Busch), la piscina Olimpica (Alto obras), las Torres Gundlach (Calle Federico Suazo).



Torres Gundlach
Calle Federico Suazo
Foto: Willam Baptista N.



Parroquia Corazón de María
Av. Busch Zona Miraflores
Foto: Willam Baptista N.



Iglesia de San Miguel
Calle 21 de Calacoto
Foto: Willam Baptista N.



Piscina Olimpica - Zona Alto Obras
Foto: Willam Baptista N.

De la misma forma de la entrevista realizada al Ing. Rolando Grandi, indicó que tiene 23 años diseñando edificios sismo resistentes, entre los que cito a los Edificios: Alamo (6 de agosto), California (20 de octubre), Girasol 1, 2 y 3 (Miraflores), Yocapri 1, 2 y 3 (Miraflores, 20 de octubre/ Landaeta y en la calle Federico Suazo respectivamente), Mónaco (Miraflores), Bélgica, y recientemente la Torre Girasol que será el edificio más alto en Bolivia de 40 pisos (6 de agosto lado seguro universitario), todos estos son diseños sismo resistentes utilizando la normativa preparada por él en el año 2006, denominada “Norma Boliviana Para el Diseño Sísmico”



Edif. Yocapri III
Calle Federico Suazo
Foto: Willam Baptista N.



Torre Girasol
Av. 6 de Agosto
Foto: Willam Baptista N.



Edif. Yocapri I
Av. 20 de Octubre
Foto: Willam Baptista N.



Edif. Yocapri II
Av. Busch (Zona Miraflores)
Foto: Willam Baptista N.



Edif. Monaco
Av. Busch (Zona Miraflores)
Foto: Willam Baptista N.



Edif. Girasoles 2
Av. Busch (Zona Miraflores)
Foto: Willam Baptista N.

Hoy en día se ve en periódicos anuncios de edificios antisísmicos, por lo que se da a entender que hay ingenieros que están realizando este tipo de diseños tal vez basados en normas internacionales o en el proyecto manejado por el Ing. Grandi que fue difundido dentro su campo profesional.

En una publicación del periódico La Razón señalaba que entre los únicos edificios antisísmicos construidos, está el Edificio del “Multicine construido sobre cimientos contra sismos y previene contratiempos por apagones de luz con tres generadores de electricidad que toman gas natural de la red urbana de YPFB. , por el arquitecto Jorge Ávila, de nacionalidad chilena” (Toro; 2012)



Edif. Torre Multicine, Av. Arce

Foto: Willam Baptista N.

El pensamiento común de la gente es creer que la construcción de una edificación con diseño sísmico en el país sería muy costosa. Pero estudios internacionales, determinaron que el costo de incrementar la resistencia sísmica en un edificio llega máximo a costar un 10 por ciento más de la obra gruesa. Y la obra gruesa significa un 40 por ciento de los costos de todo el edificio acabado.

2.2.10. NORMA ANTISISMICA

Antes de adentrarnos en la norma antisísmica, es necesario determinar que se entiende por norma jurídica propiamente dicha; “Denominase así la significación lógica creada según ciertos procedimientos instituidos por una comunidad jurídica y que, como manifestación unificada de la voluntad de ésta, formalmente expresada a través de sus órganos e instancias productoras, regula la conducta humana en un tiempo y un lugar definidos, prescribiendo a los individuos, frente a determinadas circunstancias condicionantes, deberes y facultades, y estableciendo una o más sanciones coactivas para el supuesto de que dichos deberes no sean cumplidos” (OSSORIO; 2003: 649)

La norma antisísmica, es aquella que tienen como objetivo fundamental el proporcionar los requerimientos mínimos para diseñar estructuras que: ante sismos menores no sufran daños; con sismos moderados los daños se limiten a los elementos no estructurales y; ante sismos fuertes se evite el colapso.

En general, las normas antisísmicas -en los países que tienen-, son de aplicación nacional. Además, en su mayoría se limitan a las edificaciones de tipo urbano, aunque en muchas de ellas se incluyen recomendaciones específicas para cierto tipo de estructuras industriales o para la vivienda rural.

En referencia a nuestro medio, el año 2003, la Sociedad de Ingenieros de La Paz tuvo la iniciativa junto a la Oficialía Mayor de Gestión Territorial de la Alcaldía de La Paz, en la que participaron la Sociedad de Ingenieros, el Colegio de Arquitectos y la Cámara de la Construcción, de encarar con la sociedad civil y organizaciones internacionales, para analizar las guías de

diseño hospitalario y se incorporen en las guías de primero y segundo nivel de atención. Así también estas organizaciones han ido incorporando la gestión de riesgo, a través de una comisión que se llamó de Análisis para el USPA (Uso de Suelo Urbano y Patrones de Asentamiento), que es un reglamento que define las normas que rigen el uso del suelo y los patrones de asentamiento de las construcciones dentro del área urbana y suburbana de la ciudad de La Paz. Otra iniciativa que tuvo la Sociedad de Ingenieros fue la elaboración de una norma de diseño y construcción Sismo Resistente que tendría que pasar por un proceso de validación, donde participarían todas las instituciones relacionadas a la industria de la construcción.

Desde el año 2010 se designó a una comisión para que trabaje junto a IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización de Calidad) en la actualización del Código Boliviano del Hormigón Armado CBH-87 y en la elaboración de una norma de diseño sísmico para Bolivia, norma que en la actualidad (septiembre de 2012) sigue en tratamiento y discusión.

En la actualidad nuestro País, y en particular la Ciudad de La Paz, no cuenta con una normativa específicamente antisísmica y con las características que se maneja en otros países, sin embargo cuenta con normativas de construcción las mismas que serán analizadas en el tercer capítulo de esta investigación.

CAPITULO III

MARCO JURIDICO

3.1. LEGISLACION NACIONAL

En el presente capítulo se analizará en primer lugar, la normativa legal que se maneja en nuestro País con referencia al tema investigado, en particular se analizará la normativa que se aplica a las construcciones en la Ciudad de la Paz, puesto que la delimitación espacial de la presente tesis, está circunscrita a esta región del País.

Posteriormente se analizará la legislación antisísmica a nivel internacional, extrayendo de estos textos legales los aspectos más importantes que se manejan en materia de construcción sismo-resistente.

3.1.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA (CPE) DE 7 DE FEBRERO DE 2009

Al ser la vida, la integridad física, la seguridad derechos establecidos constitucionalmente y al ser la Constitución la norma suprema que rige nuestro País, todas las demás normas deberán adecuarse a lo estipulado en la misma. En referencia al tema investigado, las normas de construcción deberían ser un tema prioritario puesto que la protección que se haga de las personas, dependerá en ciertas circunstancias, (deslizamientos, o posibles sismos) de la calidad de las construcciones. Es sabido que la mayor causa de muertes en un sismo no es debido al movimiento telúrico en sí, sino,

debido al derrumbe de estructuras y el infortunio de las personas que se encontraban dentro o cerca de las mismas.

Si bien la CPE no determina nada respecto a las características de las construcciones, sin embargo determina el derecho a la vivienda y la propiedad.

CPE, Artículo 19. I. “Toda persona tiene derecho a un hábitat y vivienda adecuada, que dignifiquen la vida familiar y comunitaria.”

Artículo 56. I. “Toda persona tiene derecho a la propiedad privada individual o colectiva, siempre que ésta cumpla una función social”

Asimismo la CPE determina en el capítulo octavo la distribución de competencias entre estas el Artículo 298. II. N° 36 Señala: “Son competencias exclusivas del nivel central del Estado: Políticas generales de vivienda”.

De la misma forma el Artículo 302 establece competencias exclusivas de los gobiernos municipales autónomos, en su jurisdicción; a continuación se resaltan las competencias referidas al tema de investigación:

6. Elaboración de Planes de Ordenamiento Territorial y de uso de suelos, en coordinación con los planes del nivel central del Estado, Departamentales e Indígenas.

8. Construcción, mantenimiento y administración de aeropuertos públicos locales.

16. Promoción y conservación de cultura, patrimonio cultural, histórico, artístico, monumental, arquitectónico, arqueológico, paleontológico, científico, tangible e intangible municipal.

21. Proyectos de infraestructura productiva.

28. Diseñar, construir, equipar y mantener la infraestructura y obras de interés público y bienes de dominio municipal, dentro de su jurisdicción territorial.

29. Desarrollo urbano y asentamientos humanos urbanos.

42. Planificación del desarrollo municipal en concordancia con la planificación departamental y nacional

3.1.2. LEY DE MUNICIPALIDADES 2028.

La Ley de Municipalidades N° 2028 de 28 de octubre de 1999, en su **Artículo 8** dispone como competencia de los Gobiernos Municipales Inc. I) numeral 2) Aprobar, regular, fiscalizar y coordinar la ejecución de los planes de ordenamiento territorial del Municipio, en concordancia con las normas departamentales y nacionales de acuerdo a criterios técnicos. El mismo artículo en el numeral 9) dispone “Demoler las construcciones que no cumplan con la normativa de uso del suelo, subsuelo y sobresuelo con la normativa urbanística, la de saneamiento básico y otras normas administrativas especiales, nacionales y municipales”.

En referencia a este punto, en caso de aprobarse una normativa referida a construcciones sismo-resistentes, las autoridades municipales se verían en la obligación de modificar la disposición mencionada o hacer cumplir la norma lo cual implicaría demoler el 99% de las construcciones en la ciudad de La Paz, puesto que no cumplirían con las características de diseño sismo-resistentes. Sin embargo como pudo advertirse en el capítulo II, 2.2.8.4. (sistema resistente a sismos), donde se menciona que hoy en día el desarrollo de la ingeniería sismorresistente alcanza no solo a construcciones nuevas sino también sirve para la rehabilitación de

estructuras existentes que no cumplen con los niveles de seguridad requeridos.

El numeral 12) del artículo 8 de la ley 2018 señala como otra competencia de los Gobiernos Municipales “Ejecutar planes y programas que permitan eliminar o reducir las causas y efectos de los desastres naturales y provocados por el hombre, mediante el establecimiento de mecanismos financieros, educativos y técnicos que fueran necesarios, así como coordinar con los órganos nacionales que correspondan para dicho efecto”

El artículo 83 de la Ley establece “que las normas nacionales de planeación urbanística de ingeniería y de uso del suelo, subsuelo y sobresuelo son de cumplimiento obligatorio, inexcusable y prioritario para las personas individuales o colectivas, públicas o privadas, nacionales y extranjeras, sea cual fuera su naturaleza y características, en toda área urbana o rural del territorio de la República. Su quebrantamiento por parte de las mismas será pasible a sanciones administrativas y dará lugar a responsabilidad civil por daños causados a la colectividad. El Alcalde Municipal y Ministerio Público serán los encargados de iniciar e impulsar dichas causas”.

Asimismo el artículo 126 de la Ley N° 2028, señala que “el Gobierno Municipal es responsable de elaborar y ejecutar políticas, planes, proyectos y estrategias para el desarrollo urbano, con los instrumentos y recursos que son propios de la Planificación Urbana, elaborando normativas de Uso del Suelo urbano y emprendiendo acciones que promuevan el desarrollo urbanístico de los centros poblados de acuerdo a normas nacionales”.

3.1.3. LEY MARCO DE AUTONOMÍAS Y DESCENTRALIZACIÓN ANDRÉS IBÁÑEZ (19 DE JULIO DE 2010)

La finalidad de las bases del régimen de autonomías está definida en el capítulo III, artículo 7. Numeral 3, “garantizar el bienestar social y la seguridad de la población boliviana”.

El Artículo 82. Referido al HÁBITAT Y VIVIENDA, determina en el párrafo II. De acuerdo a la competencia concurrente del Numeral 15 del Parágrafo II del Artículo 299 de la Constitución Política del Estado se desarrollan las competencias de la siguiente manera:

3. Gobiernos municipales autónomos:

b) Elaborar y ejecutar programas y proyectos de construcción de viviendas, conforme a las políticas y normas técnicas aprobadas por el nivel central del Estado.

Asimismo el Artículo 100. (GESTIÓN DE RIESGOS Y ATENCIÓN DE DESASTRES NATURALES). En aplicación del Parágrafo II del Artículo 297 de la Constitución Política del Estado y el Artículo 72 de la presente Ley se incorpora la competencia residual de gestión de riesgos de acuerdo a la siguiente distribución:

Parágrafo III. Los gobiernos municipales tienen las siguientes competencias exclusivas:

1. Ser parte del Sistema Nacional de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y Emergencias (SISRADE) que en el nivel municipal constituye el conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos entre entidades municipales, públicas, privadas y las organizaciones ciudadanas, así como los recursos físicos, técnicos,

científicos, financieros y humanos que se requieran para la reducción de riesgo y atención de desastres y/o emergencias.

2. Normar, conformar y liderar comités municipales de reducción de riesgo y atención de desastres.
3. Aplicar la metodología común de indicadores de riesgo y reducción del mismo y atención de desastres, formulada por el nivel central del Estado, efectuando el seguimiento correspondiente a escala municipal.
4. Definir políticas, en programas y proyectos que integren la reducción de riesgos de desastre tanto de tipo correctivo como prospectivo.
5. Realizar evaluaciones exhaustivas del riesgo, aplicando los criterios, parámetros y metodología común para clasificar los niveles de riesgo de desastre, monitorearlos, comunicarlos en el ámbito municipal y reportarlos hacia el Sistema Nacional de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y Emergencias (SISRADE).
6. Gestionar y consolidar información municipal a través de un mecanismo que promueva la gestión comunitaria de la información y el conocimiento sobre riesgo, desastre y/o emergencia.
7. Generar e integrar la información sobre amenazas de orden meteorológico, geológico, geofísico y ambiental.
8. Implementar sistemas de alerta temprana.
9. Promover el desarrollo de una sociedad civil activa capaz de articular necesidades y prioridades en términos de reducción de riesgo, desastres y/o emergencia.
10. Aplicar el análisis de los factores de riesgo de desastre en la planificación del desarrollo municipal, la programación operativa, el ordenamiento territorial y la inversión pública municipal en coordinación con los planes de desarrollo del nivel central y departamental del Estado.

11. Elaborar políticas de incentivos para garantizar una disminución sostenida de los niveles de riesgo existentes en el país, de acuerdo a la clasificación de riesgo.
12. Declarar desastre y/o emergencia, de acuerdo a la categorización que corresponda. Ejecución de respuesta y recuperación integral con cargo a su presupuesto.
13. Definir políticas y mecanismos de protección financiera para enfrentar contingencias y permitir la recuperación por desastres en el nivel municipal.

3.1.4. REGLAMENTO DE USO DE SUELOS Y PATRÓN DE ASENTAMIENTO (USPA) DE 19 DE ABRIL DE 2010

En cumplimiento al artículo 302 la Constitución Política del Estado que, en el párrafo I numeral 6 define como competencia exclusiva de los Gobiernos Municipales Autónomos en su jurisdicción la elaboración de Planes de Ordenamiento Territorial y de Uso de Suelos, en coordinación con los planes del nivel central del Estado, Departamentales e Indígenas. Y en cumplimiento a la Ley de Municipalidades 2028 en sus artículos 83 y 126 nombrados en el subtítulo anterior; se promulgó el denominado Reglamento de Usos de Suelo y Patrones de Asentamiento “USPA” que consta de 6 Capítulos, 32 Artículos y 5 Anexos; mediante Ordenanzas Municipales G.M.L.P. N° 500/2009 – G.M.L.P N° 070/2010 el 19 de abril de 2010.

El artículo 1. Inc. a) determina “El presente Reglamento define las normas que rigen el Uso del Suelo y los Patrones de Asentamiento para el territorio administrado por las Subalcaldías Urbanas del Municipio de La Paz.”

La conceptualización de **Uso de Suelo** está definida en el CAPÍTULO II **artículo 4.-** “Es la cualidad natural de la tierra que permite la ocupación urbanizable o no del suelo. La ocupación urbanizable se determina mediante la aplicación de parámetros de edificación; la no urbanizable no aplica parámetros de edificación.

Artículo 5.- (Clases de Uso del Suelo) El presente Reglamento establece las siguientes clases de Uso del Suelo:

- I. Urbanizable;
- II. No Urbanizable.

El **Artículo 8** conceptualiza el significado de **Patrón de Asentamiento**, determina que: “Patrón de Asentamiento es la norma que condiciona la edificación y su acondicionamiento para ocupar el suelo y se encuentra determinado por los Parámetros de Edificación.”

Artículo 9.- (Uso del Suelo Urbanizable)

Es aquel destinado a la residencia y actividades complementarias y compatibles que garantizan una adecuada calidad de vida de los habitantes. Por tanto, está condicionado al cumplimiento estricto de parámetros de uso establecidos en Planos de Usos de Suelo y Patrones de Asentamiento y las Cartillas Normativas de cada Macrodistrito.

El Uso del Suelo Urbanizable se clasifica en:

a) De Vivienda: Destinadas a residencia y clasificadas por patrones de asentamiento.

b) De Actividades Productivas: Destinadas a las actividades económicas; se clasifican en primarias, destinadas al desarrollo de actividades extractivas; secundarias, destinadas a la transformación de materias primas y terciarias destinadas a servicios.

c) De Equipamiento: Infraestructura social y recreativa que alberga actividades que complementan la residencia.

d) De Instalaciones Especiales: Edificaciones que albergan y complementan a las redes de infraestructura básica entendiéndose como tales a las redes de abastecimiento y tratamiento de agua; provisión de energía eléctrica; evacuación de aguas y alcantarillado; telecomunicaciones y abastecimiento de combustibles.

e) De Proyectos Especiales: Alberga actividades relacionadas con Representaciones Diplomáticas y Grandes Conjuntos Multipropósito.

f) De Plazas, Miradores y Apachetas.

g) De Áreas Patrimoniales: Incluye el Centro Histórico, determinado por reglamentación específica, áreas y conjuntos patrimoniales que se detallan en el Anexo I del reglamento USPA.

h) Del Sistema Vial: Destinado al flujo peatonal y vehicular que vinculan los componentes urbanos y rurales del Municipio de La Paz y lo conectan con los Municipios vecinos y el territorio boliviano. Está constituido por vías vehiculares, peatonales y férreas descritas en el Anexo II. Del reglamento USPA

Parámetros de Edificación.- el Artículo 18 define: "Los Parámetros de Edificación son los factores que definen la tipología de cada patrón de asentamiento y se encuentran consignados en las Cartillas Normativas de Patrones de Asentamiento y son los siguientes:

ARTÍCULO 29.- (Franjas de Seguridad) PATRÓN FS.- Son las áreas que dan seguridad, amortiguan el impacto ambiental de las Instalaciones Especiales, como: Líneas de Alta Tensión, de Infraestructura Energética, de Infraestructura Hidráulica, de Infraestructura de Telecomunicaciones, de Infraestructura Vial (de autopistas, avenidas y ferrocarriles), de Rellenos

Sanitarios; su aplicación está orientada a la seguridad física de la ciudadanía, al mantenimiento y protección de la integridad de infraestructuras urbanas, servicios y equipamientos de interés público que necesitan de espacio libre para desarrollar sus funciones y se encuentran condicionadas a reglamentación específica.

Por las características particulares del suelo paceño se ha enfatizado la permanente actualización de la información precisada en el Mapa de Georriesgos Socionaturales incorporando la obligatoriedad de presentación de cálculo estructural antisísmico en las construcciones cuya altura en fachada, sea mayor a 5 plantas.

También es necesario enfatizar que el proceso de desconcentración y descentralización es impulsado a partir de promulgar Ordenanzas Municipales para los 21 Distritos Municipales.

La norma también hace referencia a los responsables del seguimiento de la norma, en el **ARTÍCULO 21.- (Inspecciones) señala:** “Funcionarios de la Unidad de Fiscalización de las diferentes Subalcaldías en coordinación con la Unidad de Patrimonio Tangible y Natural u otra dependencia municipal análoga, efectuarán inspecciones periódicas a las obras en ejecución, con el objeto de verificar que las intervenciones se llevan a cabo siguiendo las normas vigentes y de acuerdo a los planos aprobados”

ORDENANZA MUNICIPAL G.M.L.P. Nº 070/2010

En la parte considerativa de la Ordenanza Municipal G.M.L.P. Nº 070/2010 refiere: “Que producto de los desastres naturales producidos en países vecinos por causa de movimientos sísmicos y en atención a la planificación municipal e interés público, resulta necesaria la exigencia en requisitos para

la aprobación de planos en edificaciones que superen las cinco plantas, la presentación de cálculo estructural de estructuras antisísmicas además de todos los estudios y planos que respalden el mismo.”

El Artículo Octavo de la OM N° 70/2010 señala: “Incorporar en las Cartillas Normativas de los Macrodistrictos: Cotahuma, Maximiliano Paredes, Periférica, San Antonio, Sur, Centro y Distrito de Mallasa en el punto OBSERVACIONES la siguiente exigencia “**Cálculo de estructuras antisísmico**: En las edificaciones cuya AMF(Altura Máxima de Fachada) sea superior a 5 plantas es requisito obligatorio para la aprobación de planos de construcción la presentación de cálculo de estructuras antisísmico, memoria de cálculo y planos respectivos, de acuerdo a lo establecido en las normas y políticas nacionales vigentes”.

Respecto a este último punto cabe mencionar lo siguiente: la exigencia de la presentación de cálculo de estructuras antisísmico de acuerdo a lo establecido en las normas vigentes, (a no ser que se trate de una exigencia de normativas internacionales) resulta contradictoria puesto que en la Ciudad de La Paz no existe una norma de construcción antisísmica que establezca los parámetros en la cual se pueda basar el cálculo solicitado y/o sobre la cual se deba exigir el cumplimiento de este requisito. Además que el artículo 14 de la CPE determina en el Numeral IV. “En el ejercicio de los derechos, nadie será obligado a hacer lo que la Constitución y las leyes no manden,...” es aquí que se forma un vacío jurídico peligroso para la sociedad puesto que la exigencia de este cálculo puede ser fácilmente obviado.

3.1.5. LEY MUNICIPAL AUTÓNOMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS Y DESASTRES Nº 005/2010 (29 DE DICIEMBRE DE 2010)

La gestión de riesgos es entendida como la planificación y aplicación de medidas integrales para evitar o disminuir los efectos adversos sobre las personas, bienes, servicios y el medio ambiente.

Dentro de la exposición de motivos la Ley 005/2010 señala que por la topografía compleja de La Paz, se identifican diferentes factores de riesgo como ser: la indiferencia de la población frente a amenazas socio naturales, falta de seguridad en las construcciones, asentamientos y construcciones clandestinos, movimientos de tierra, aspectos climatológicos como ser las intensas precipitaciones pluviales, la deforestación y la falta de educación ciudadana.

Asimismo, entre las amenazas identificadas por la Ley se encuentran: las inundaciones, deslizamientos, mazamorras, erosión subterránea, erosión superficial, sifonamientos y granizadas y nombra la vulnerabilidad en laderas y planicies aluviales donde los asentamientos humanos son factores que crean situación de riesgo.

La Ley 005/2010, no considera las fallas tectónicas identificadas en la Ciudad de La Paz, como pudo demostrarse en el punto 2.2.7. (Fallas potencialmente activas en la Ciudad de La Paz) del Capítulo II de la presente investigación; donde se señala que 10 (diez) fallas se encuentran en el departamento de La Paz, entre las que se destacan las fallas de Kenko, Quebrada Minasa y Llojeta mismas que afectarían directamente a la

Ciudad de La Paz con un promedio de intensidad de 5,1° en la escala de Richter.

La Gestión de Riesgos comprende tres ámbitos de atención.

- a) Prevención, como medida de anticipación de desastres.
- b) Respuesta de emergencias y/o desastre
- c) Rehabilitación y reconstrucción.

El artículo 2 señala los fines de la Ley Municipal en el inc. c) establece “prever mecanismos de reducción de riesgos efectivos, mejorado la capacidad institucional, así como la capacidad de la población para superar la emergencia y/o desastre.

El artículo 5, párrafo II, inciso b) señala: “es deber de las personas ejecutar las acciones técnica necesarias para mitigar riesgos en sus bienes, conforme a determinaciones emitidas por el GAMLP y de cumplir las limitaciones del derecho propietario impuestas por la autoridad municipal, así como las normas de construcción y toda otra instrucción emitida por el GAMLP que tenga por objeto la protección de la vida e integridad física de las personas y el resguardo de sus bienes”. El párrafo IV señala que se constituyen en prohibiciones para la población en zonas de riesgo a) la construcción fuera de norma

Respecto a las norma de construcción a las que hace referencia este artículo, el referente normativo es el USPA el cual como pudo advertirse en el subtítulo anterior, no establece requerimientos de construcción en materia sismo-resistente, por ende, el riesgo sigue latente debido a que no se toma en cuenta de forma específica una norma antisísmica de construcción.

El artículo 7 inc. b) define AMENAZA como: “Factor externo de riesgo presentado por la presencia de un suceso de origen natural o inducido por la actividad humana (antrópico) que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas. El inciso d) del mismo artículo define **DESASTRE como:** “una situación de daño grave o alteración de las condiciones normales de vida en el territorio del Municipio ocasionado por fenómenos naturales o antrópicos y que puede causar pérdida de vidas humanas, materiales, económicas y ambientales...”

El inciso l) define el Plan De Prevención: “documento que expone la definición de funciones, responsabilidades y procedimientos dispuestos con anticipación con el fin de evitar o impedir la ocurrencia de un evento adverso o de reducir sus efectos sobre la población, los bienes y el medio ambiente”. Respecto a este inciso, si bien es cierto que un evento sísmico no puede ser evitado, sin embargo pueden reducirse los efectos que produzca como pudo desarrollarse en el punto 2.2.8.4. de la presente investigación referido al Sistema Resistente a Sismos, en el cual se da a conocer que hoy en día la ingeniería sismo-resistente dispone de soluciones adecuadas que, mediante el uso de distintos materiales estructurales, sistemas constructivos, dispositivos innovadores para el control de vibraciones, criterios de diseño y métodos de análisis confiables, permiten reducir el riesgo sísmico.

El capítulo II (Proceso de Prevención) de la Ley 005/2010 artículo 11 (Estimación del Riesgo) señala: “El GAML P a través de las Unidades que correspondan, utilizando el mapa de riesgos y otros instrumentos levantará la información sobre peligros naturales y/o antrópicos, analizando las condiciones de vulnerabilidad y estimando los riesgos en base a la construcción de indicadores, que apoyan la toma de decisiones antes, durante y después de la emergencia y/o desastre.”

Como medidas posteriores al desastre, la ley 005/2010 en el capítulo IV (rehabilitación y Reconstrucción) en su artículo 29 determina:

- i. Las acciones de rehabilitación y reconstrucción incluirán las medidas de prevención y mitigación de riesgos, según sea el caso, para mejorar las áreas afectadas ante la acción de futuros eventos peligrosos.
- ii. El GAMLP en uso de sus atribuciones, definirá el reordenamiento territorial del área afectada y la asignación del uso de suelo que corresponda.
- iii. GAMLP ejecutará todas las obras que considere necesarias interviniendo en cualquier área para la rehabilitación del sector.

La rehabilitación, reconstrucción, reordenamiento y mejoras a los que hace referencia este artículo, deberán ser adecuados a normas de construcción que realmente mitiguen futuros desastres, entre estos una norma antisísmica.

3.1.6. NORMA BOLIVIANA DEL HORMIGÓN ARMADO (CBH-87).

Por Decreto Supremo N° 17684 de 7 de octubre de 1980, se crea la Comisión Permanente del Hormigón Armado, cuya función principal es la de redactar y actualizar la Norma Boliviana del Hormigón Armado. CBH-87, con los avances científicos y tecnológicos en el campo del hormigón, que consta de 18 capítulos y 2 Anexos, fue puesta en vigencia el 22 de octubre de 1986 mediante Resolución Ministerial N° 194 la cual en el Artículo segundo señala: “Este documento es de aplicación obligatoria, tanto en el proyecto, diseño, control y construcción de las obras de hormigón armado, sean públicas o privadas, como así también en el de la enseñanza a nivel académico en las universidades del país.”

El capítulo 6 de la norma CBH-87 define a las ACCIONES como un conjunto de: a) fuerzas concentradas y repartidas y b) deformaciones impuestas, o impedidas parcial o totalmente estas se clasifican en dos grupos Acciones indirectas, Entre las acciones indirectas cabe distinguir: “acciones sísmicas, producidas por las aceleraciones transmitidas a las masas de la estructura por movimientos sísmicos.” y Acciones directas, estas a su vez se clasifican en permanentes, variables y extraordinarias; “Las acciones extraordinarias son aquellas para las cuales es pequeña la probabilidad de que intervengan con un valor significativo, sobre una estructura dada, durante el período de referencia (generalmente la vida prevista de la estructura), pero cuya magnitud puede ser importante para ciertas estructuras.

Como ejemplos de acciones extraordinarias pueden citarse las fuerzas resultantes de choques, explosiones, hundimientos de terreno, avalanchas de piedras o nieve, tornados o SISMOS en las regiones normalmente no expuestas a ellos, etc.”

Asimismo en el punto 6.2.2 referido a lo Valores característicos de las acciones directas la norma señala: “Para las acciones sísmicas, en los casos en que deben considerarse, se adoptarán como valores característicos los que resulten de las prescripciones establecidas por las normas correspondientes.”

En el punto 9) de la norma referido a los ELEMENTOS ESTRUCTURALES respecto al Diseño y dimensionamiento determina “El diseño de las uniones y apoyos deben considerar los efectos de todas las fuerzas que deban

transmitirse incluyendo la retracción, fluencia, temperatura, deformación elástica, viento y finalmente sismos. (184)

La norma clasifica las obras de hormigón armado en:

GRUPO	DESCRIPCIÓN
1	<p>Construcciones de albañilería en las que los elementos de hormigón armado son partes aisladas, independientes y no contribuyen o afectan a la estabilidad del conjunto, tales como:</p> <p>a) Losas (macizas o aligeradas) de hasta 3,0 m de luz, apoyadas en todo su perímetro, sobrecarga máxima de 2 kN/m².</p> <p>b) Losas (macizas o aligeradas) en voladizo, balcones, con luz de hasta 0,60 m, carga viva máxima repartida de 2 kN/m² y/o carga en borde de 1 kN/m.</p> <p>c) Vigas o dinteles de hasta 3,0 m de luz. carga máxima de 1 kN.</p> <p>d) Vigas en voladizo, luz máxima de 1,0 m</p> <p>e) Pilares de sección mínima de 0,20 m por 0,20 m carga máxima 10kN, altura máxima 3,0 m.</p>
2	<p>Construcciones en las que los elementos e hormigón armado son partes aisladas independientes y contribuyen parcialmente a la estabilidad de la obra, o cuando las luces o cargas sobrepasen hasta un máximo del doble de las mencionadas en el grupo anterior.</p> <p>Muros de contención de hasta 2,0m de altura, rampas, escañeras de un solo tramo de hasta 6,0m de longitud.</p>
3	<p>Estructuras de sustentación tales como:</p> <p>a) Estructuras de hasta cuatro (4) niveles de utilización</p> <p>b) Estructuras de altura máxima 12,0 m sometidas a solicitaciones horizontales inferiores al 3% de la carga vertical.</p> <p>c) Estructuras de Edificios de vivienda, o de uso comercial, de una planta de superficie máxima de 200 m².</p> <p>d) Muros de contención de hasta 4,0 m de altura.</p> <p>e) Puentes de hasta 6,0 m de luz.</p> <p>f) Bóvedas, cáscaras, estructuras laminares con superficie cubierta de hasta 100m², o luz libre máxima de 10,0 m.</p>

4	Todas las demás obras de hormigón armado, cuyas características superen a las mencionadas en los grupos precedentes, o estén solicitadas por cargas importantes y principalmente cuando estén solicitadas por cargas importantes y Principalmente cuando estén destinadas a uso público, se encuentren sometidas a <u>acciones sísmicas</u> , de viento, empuje de suelos, o condiciones ambientales severas.
---	---

3.2. LEGISLACIÓN COMPARADA

De las legislaciones escogidas para la presente investigación, se analizará lo siguiente: el Tipo de Instrumento, en cuanto a si es una Ley, Reglamento, etc.; el campo de aplicación, características comunes de los requerimientos de construcción, responsabilidades.

ARGENTINA:

Desde el año de 1991 la República Argentina utiliza el Reglamento Inpres - CIRSOC 103 Denominado “Normas Argentinas Para Construcciones Sismorresistentes” - Construcciones en General, aprobado por Resolución S.S.O Y S.P N° 18/91

Este Reglamento establece los requerimientos y previsiones mínimas para el diseño, construcción, reparación y refuerzo de construcciones que puedan estar sometidas a excitaciones sísmicas.

Las acciones sísmicas de diseño, procedimientos de análisis, requerimientos de resistencia y estabilidad, limitaciones de deformaciones, disposiciones

constructivas y previsiones generales se establecen con los siguientes objetivos:

- Evitar pérdidas de vidas humanas y accidentes que pudieran originarse por la ocurrencia de cualquier evento sísmico, protegiendo los servicios y bienes de la población.
- Evitar daños en la estructura y en las componentes de la construcción durante los sismos de frecuente ocurrencia.
- Reducir al mínimo los daños en las componentes no-estructurales y evitar perjuicios en la estructura durante los sismos de mediana intensidad.
- Evitar que se originen colapsos y daños que puedan poner en peligro a las personas o que inutilicen totalmente las estructuras durante sismos muy severos de ocurrencia extraordinaria.
- Lograr que las construcciones esenciales destinadas a los servicios de emergencia continúen funcionando, aún ante sismos destructivos.

Este Reglamento se aplica a todas las construcciones nuevas que se realicen dentro del territorio de la República Argentina, al refuerzo de las construcciones existentes ejecutadas sin previsiones sismorresistentes y a la reparación de las construcciones que resultaran dañadas por la acción de los sismos.

El Capítulo 3 de la norma se refiere a la ZONIFICACIÓN SÍSMICA del territorio argentino, el mismo que se divide en cinco zonas de acuerdo con el grado de peligrosidad sísmica en: Muy reducida (0), Reducida (1), Moderada (2),

Elevada (3), Muy elevada (4), siendo las Provincias más cercanas al Oeste, las consideradas de mayor peligrosidad.

La norma determina la que *APLICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS SISMORRESISTENTES son obligatoria para las zonas 1 a 4, así como para construcciones cuya falla produciría efectos catastróficos sobre vastos sectores de población (por ejemplo: depósitos de gases o líquidos tóxicos, depósitos de materias radiactivas, etc.) o construcciones de vital interés para la seguridad nacional.*

En el Capítulo 5 habla sobre la *AGRUPAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES SEGÚN SU DESTINO Y FUNCIONES*, con el objeto de establecer los requerimientos de previsiones sismorresistentes, las construcciones se agrupan de acuerdo con sus funciones y con la trascendencia que puedan tener eventuales daños o colapsos de las mismas en caso de ocurrencia de sismos.

Dentro el grupo A están las construcciones o instalaciones que presentan alguna de las características siguientes:

- a) Cumplen funciones esenciales en caso de ocurrencia de sismos destructivos.
- b) Su falla produciría efectos catastróficos sobre vastos sectores de población.

Estas construcciones y sus correspondientes instalaciones deben seguir operando luego de sismos destructivos, por lo que sus accesos deben ser especialmente diseñados.

A continuación se dan ejemplos de posibles construcciones o instalaciones que corresponden a este grupo:

- Centros militares y policiales vinculados directamente con operaciones y medidas de emergencia.
- Hospitales y edificios de servicios médicos.
- Centrales de bomberos e instalaciones para combatir el fuego.
- Centros de operación y coordinación para situaciones de catástrofes.
- Construcciones e instalaciones de servicios sanitarios imprescindibles y vitales para la población (abastecimiento de agua potable).
- Centrales de comunicaciones. Radioemisoras.
- Depósitos y protecciones de ambulancias y vehículos operacionales.
- Centrales de energía de emergencia para permitir el funcionamiento de las construcciones de este grupo.
- Áreas esenciales para el funcionamiento de aeropuertos (torres de control, central de iluminación, pista, comunicaciones, etc.).
- Depósitos de gases y líquidos tóxicos.
- Depósitos de combustibles o líquidos inflamables de más de 100m de capacidad.
- Depósitos de materias radiactivas.

Dentro las construcciones o instalaciones que presentan alguna de las características siguientes:

- a) Su falla causa graves consecuencias, ocasionando pérdidas directas o indirectas excepcionalmente elevadas con relación al costo que implica el incremento de su seguridad (gran densidad de ocupación, contenido de gran valor, funciones importantes para la comunidad).
- b) Resultan de interés para la producción y seguridad nacional.

A continuación se dan ejemplos de posibles construcciones o instalaciones correspondientes a este grupo:

- Sedes y dependencias gubernativas nacionales, provinciales o municipales; edificios públicos.
- Edificios militares y policiales no incluidos en el grupo Ao.
- Edificios para asistencia médica no incluidos en el grupo Ao.
- Servicios públicos no incluidos en el grupo Ao (centrales eléctricas convencionales, sub-estaciones, gas, cloacas).
- Edificios educacionales (escuelas, colegios, universidades).
- Templos.
- Cines, teatros, estadios, salas de espectáculos para más de 100 personas.
- Estaciones de transporte.
- Edificios con contenidos de gran valor (museos, registros y archivos de datos fundamentales para la producción y defensa nacional).
- Edificios de uso público de más de 300 m² de superficie o que permitan la presencia de más de 100 personas.
- Depósitos de combustibles con capacidad de hasta 100 m³.
- Hoteles de gran capacidad.
- Edificios comerciales e industriales con elevada densidad de ocupación.
- Construcciones en vías de comunicación esenciales.
- Altos hornos.
- Construcciones cuya falla pueda afectar a otra perteneciente al grupo A

En el Grupo B se consideran las construcciones e instalaciones cuyo colapso produciría pérdidas de magnitud intermedia (normal densidad de ocupación, contenido de valor normal).

A continuación se dan ejemplos de posibles construcciones o instalaciones correspondientes a este grupo:

- Edificios privados de habitación.
- Viviendas.
- Edificios de uso público no incluidos en el grupo A.
- Edificios e instalaciones comerciales e industriales no incluidos en el grupo A.
- Construcciones cuya falla pueda afectar a otras construcciones de este grupo o del A o del Ao.

En el Grupo C se consideran las construcciones o instalaciones cuya falla produciría pérdidas de muy escasa magnitud y no causaría daños a construcciones de los grupos anteriores (construcciones aisladas o provisionales no destinadas a habitación).

A continuación se dan ejemplos de posibles construcciones o instalaciones correspondientes a este grupo:

- Casillas.
- Establos
- Graneros pequeños.

La norma también hace referencia a las condiciones locales del suelo, acciones sísmicas y espectros de diseño, influencia de la capacidad de disipación de energía de la estructura mediante deformaciones anelásticas, cargas gravitatorias a considerar para la determinación de las acciones sísmicas, estados de carga, directivas y criterios generales para análisis y diseño, determinación de las características dinámicas de las estructuras, deformaciones, métodos de análisis, componentes de la construcción, procedimientos aproximados para la determinación de acciones sísmicas y de análisis estructural, suelos y fundaciones

CHILE:

La normativa antisísmica chilena es una de las más exigentes en Latinoamérica, es de aplicación nacional. La norma que controla el “Diseño Sísmico De Edificios” en Chile, es la NCh 433, que ha tenido versiones oficiales en 1972, 1993 y 1996. Cada una de estas versiones ha reflejado el avance mundial que se ha logrado respecto al comportamiento sísmico de los edificios. En esta norma se establecen los requisitos mínimos para el diseño sísmico de edificios, también se refiere a las exigencias sísmicas que deben cumplir los equipos y otros elementos secundarios, también incluye recomendaciones sobre la evaluación del daño sísmico y su reparación.

Sin embargo el uso de la norma NCh 433 no es suficiente para completar el diseño sísmico de las estructuras siendo imprescindible recurrir a las normas de diseño para el material específico de la estructura. En el caso del acero y el hormigón armado la norma NCh 430 establece que deben usarse las disposiciones de las normas estadounidenses redactadas por el Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC) y por el Instituto Americano del Hormigón (ACI), respectivamente. En el caso de las construcciones de albañilería, el dimensionamiento debe regirse por las normas chilenas NCh 1928, para el caso de la albañilería armada, y NCh 2123 para el caso de la albañilería confinada por pilares y cadenas de hormigón armado. Por último, en el caso de las construcciones de madera, deben usarse las disposiciones de la norma chilena NCh 1198 y recientemente ha entrado en vigencia la norma NCh 2369 que regula el diseño sísmico de las estructuras e instalaciones industriales, materia que no está cubierta en la norma de edificios.

El punto 5,3 de la NCH 433 determina que las disposiciones de la presente norma deben aplicarse en conjunto con lo dispuesto en otras normas de análisis

y en las normas específicas de diseño para cada materia; entre estas se puede mencionar:

- NCh 1174 Construcción - Alambre de acero, liso o con entalladuras, de grado AT56-50H, en forma de barras rectas - Condiciones de uso en el hormigón armado
- NCh 1198 Madera - Construcciones en madera - Cálculo
- NCh 1515 Mecánica de suelos - Determinación de la humedad
- NCh 1516 Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en el terreno - Método del cono de arena
- NCh 1517/1 Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 1: Determinación del límite líquido
- NCh 1517/2 Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 2: Determinación del límite plástico
- NCh 1517/3 Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 3: Determinación del límite de contracción
- NCh 1532 Mecánica de suelos - Determinación de la densidad de partículas sólidas
- NCh 1534/1 Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad - Parte 1: Métodos de compactación con pisón de 2,5 kg y 305 mm de caída
- NCh 1534/2 Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad - Parte 2: Métodos de compactación con pisón de 4,5 kg y 460 mm de caída
- NCh 1537 Diseño estructural de edificios - Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
- NCh 1726 Mecánica de suelos - Determinación de las densidades máxima y mínima y cálculo de la densidad relativa en suelos no cohesivos
- NCh 179 Mecánica de suelos - Símbolos, unidades y definiciones

- NCh 1852 Mecánica de suelos - Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio
- NCh 1928 Albañilería armada - Requisitos para el diseño y cálculo
- NCh 1970/1 Maderas - Parte 1: Especies latifoliadas - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad
- NCh 1970/2 Maderas - Parte 2: Especies coníferas - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad
- NCh 1990 Madera - Tensiones admisibles para madera estructural
- NCh 2123 Albañilería confinada - Requisitos de diseño y cálculo
- NCh 2148 Madera laminada encolada estructural - Requisitos e inspección
- NCh 2151 Madera laminada encolada estructural – Vocabulario
- NCh 2165 Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata
- NCh 219 Construcción - Mallas de acero de alta resistencia - Condiciones de uso en el hormigón armado
- NCh 2369 Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- NCh 2745 Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica
- NCh 3 Escala de intensidad de los fenómenos sísmicos
- NCh 3085 Mecánica de suelos - Métodos de ensayo - Corte directo de suelos bajo condición consolidada drenada
- NCh 427 Especificaciones para el cálculo de estructuras de acero para edificios
- NCh 428 Ejecución de construcciones de acero
- NCh 430.Of2008 Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo
- NCh 431 Construcción - Sobrecargas de nieve
- NCh 432 Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones
- NCh 433 Diseño sísmico de edificios

Entre las características más relevantes de la NCh 433 “Diseño sísmico de edificios” están: la zonificación sísmica del país, estableciendo que diferentes zonas del país presentan un peligro sísmico diferente, establece que los movimientos son más intensos en la costa y van decreciendo hacia el interior, también se estableció la diferenciación de estructuras según el comportamiento de sus materiales (acero, hormigón, albañilería, madera) y la diferente importancia que pueden tener los edificios desde el punto de vista sísmico en atención al grado en que es prescindible en la emergencia que sucede a un sismo severo y a la cantidad de personas que se podrían ver afectadas por los daños que se produzcan en el edificio.

Otro aspecto fundamental de la Norma es detallada en el punto 5 de la norma referida a las Disposiciones generales sobre diseño y métodos de análisis, establece que la norma está orientada a lograr estructuras que:

- a) Resistan sin daños movimientos sísmicos de intensidad moderada.
- b) Limiten los daños en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad;
- c) Aunque presenten daños, eviten el colapso durante sismos de intensidad excepcionalmente severa.

La norma también hace referencia a los sistemas y modelos estructurales, las acciones sísmicas sobre la estructura, deformaciones sísmicas, diseño y construcción de fundaciones “se debe comprobar que las fundaciones tengan una comportamiento satisfactorio tanto ante la acción de cargas estáticas como ante la acción de casrgas sísmicas, verificando que la presión de contacto entre el suelo y la fundación sea tal que las deformaciones inducidas sean aceptables para la estructura.” (NCH 433, 1996: 31)

La norma también exige especificar la calidad de los materiales a utilizar, la zona sísmica donde se construirá la obra, además deberá contener una descripción del sistema sismo-resistente, etc.

La norma clasifica a los edificios y estructuras de acuerdo a su importancia, uso y riesgo de falla en:

- **Categoría A:** edificios gubernamentales, municipales, de servicio públicos o de utilidad pública (como cuarteles de policía, centrales eléctricas y telefónicas, correos y telégrafos, radioemisoras, canales de televisión, plantas de agua potable, etc.), y aquellos cuyo uso es de especial importancia en caso de catástrofe (como hospitales, postas de primeros auxilios, cuarteles de bomberos, garajes para vehículos de emergencia, estaciones terminales, etc.).

- **Categoría B:** edificios cuyo contenido es de gran valor (como bibliotecas, museos, etc.) y aquellos donde existe frecuentemente aglomeración de personas. Entre estos últimos se incluyen los siguientes edificios.
 - salas destinadas a asambleas para 100 o más personas.
 - Estadios y graderías al aire libre para 2000 o más personas.
 - Escuelas, parvularios y recintos universitarios.
 - Cárceles y lugares de detención.
 - Locales comerciales de altura superior a 12 m.
 - Centros comerciales con pasillos cubiertos con área de 3000 m².

- **Categoría C:** edificios destinados a la habitación privada o al uso público que no pertenece a ninguna de las categorías A o B, y construcciones de cualquier tipo cuya falla puede poner en peligro otras construcciones de las categorías A, B o C.

- **Categoría D:** construcciones aisladas o provisionales no destinadas a habitación, no clasificadas en ninguna de las categorías anteriores.

En el anexo A de la norma, se delega a la “Dirección de Obra Municipales, que con el informe de al menos un profesional especialista, puede ordenar la demolición de edificios con daños sísmicos severos que presenten la posibilidad de colapso, que ponga en peligro vidas humanas o bienes ubicados en la vecindad del edificio.” (NCh 433, 1996: 40) asimismo la norma señala que, “los edificios de la categoría A, deben someterse cada 10 años a una revisión con el fin de establecer su conformidad con los requisitos de esta norma” (NCh 433, 1996: 42)

Respecto a los vacíos jurídicos en materia de construcción sismo resistente reconocido por Chile, refiere expresamente la obligación de usar la normativa Estadounidense sobre el tema. (NCh 433; 1996: 43)

PERÚ:

Actualmente Perú aplica a sus construcciones la Norma E.030 promulgada el 09 de junio de 2006 denominada “Diseño Sismorresistente”.

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico. Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaren dañadas por la acción de los sismos.

El artículo 3 párrafo I, define la filosofía del diseño sismorresistente en:

- a) Evitar pérdidas de vidas.

- b) Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- c) Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en esta Norma los siguientes principios para el diseño:

- a) La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.
- b) La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

La norma exige que el proyecto debe llevar la firma de un ingeniero civil colegiado (E.30; 1997: 1)

- **Zonificación Sísmica Del Perú**

Según la Norma Peruana E.030-97 de Diseño Sismorresistente, el territorio nacional se considera dividido en tres zonas.

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información geotectónica.

A cada zona se asigna un factor "Z" según se indica en la tabla. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El valor del factor "Z" está expresado en gals (g).

ZONA	FACTOR DE ZONA (Z)
3	0.4
2	0.3
1	0.15

Las descripciones de las zonas son: en la Zona 1 están comprendidos los Departamentos más alejados de la costa, en la Zona 2 se encuentran la segunda línea de Departamentos justo detrás de los que encabezan la Zona 3 donde se encuentran los Departamentos costeros entre estos se encuentran Lima, Arequipa, Moquegua, Tacna, etc.

En el Capítulo 7 (Evaluación, Reparación Y Reforzamiento De Estructuras) Artículo 24 señala: “Las estructuras dañadas por efectos del sismo deben ser evaluadas y reparadas de tal manera que se corrijan los posibles defectos estructurales que provocaron la falla y recuperen la capacidad de resistir un nuevo evento sísmico, acorde con los objetivos del diseño sismo resistente

- Ocurrido el evento sísmico la estructura deberá ser evaluada por un ingeniero civil, quien deberá determinar si el estado de la edificación hace necesario el reforzamiento, reparación o demolición de la misma. El estudio deberá necesariamente considerar las características geotécnicas del sitio.
- La reparación deberá ser capaz de dotar a la estructura de una combinación adecuada de rigidez, resistencia y ductilidad que garantice su buen comportamiento en eventos futuros.
- El proyecto de reparación o reforzamiento incluirá los detalles, procedimientos y sistemas constructivos a seguirse.

- Para la reparación y el reforzamiento sísmico de edificaciones existentes se podrá emplear otros criterios y procedimientos diferentes a los indicados en esta Norma, con la debida justificación y aprobación de la autoridad competente.

MÉXICO:

Una de las primeras acciones a raíz del sismo de 1985 en la Ciudad de México fue la expedición de unas Normas de Emergencia, publicadas el 18 de octubre de 1985. Posteriormente, el 6 de julio de 1987 se expidió el nuevo Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y el 5 de noviembre del mismo año se publicaron las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo.

Debido a la dificultad legal para su actualización, el actual reglamento de construcciones para la Ciudad de México contiene solamente los principios básicos del diseño por sismo, como son: la clasificación de las estructuras; los criterios de análisis y de revisión de los estados límite; una zonificación sísmica básica y los correspondientes coeficientes sísmicos. Asimismo, se definen con bastante detalle las responsabilidades del proyecto y la construcción, sin que esto aclare el problema en función de los códigos civil y penal. Los demás detalles para el diseño sismo-resistente de estructuras se especifican en las normas complementarias.

La nueva zonificación sísmica de la Ciudad de México identifica dos zonas de alta sismicidad ubicadas en su mayor parte dentro de la zona de suelo blando. El uso de materiales de buena calidad y una construcción cuidadosa constituyen los factores más importantes en el diseño sismo resistente. Todas las construcciones clasificadas como importantes (Hospitales, infraestructura

gubernamental, aeropuertos, etc.), aun cuando no hubiesen sufrido daños por el sismo de 1985, están obligadas a efectuar las obras de refuerzo necesarias para cumplir los requisitos del nuevo reglamento.

Responsabilidades. El nuevo reglamento volvió a anular la figura de perito autorizado y creó una nueva organización para el manejo de la responsabilidad técnica en las construcciones. Actualmente, una construcción debe tener un Director Responsable, quien comparte la responsabilidad general con Corresponsables en Seguridad Estructural, Diseño Urbano y Arquitectónico y en Instalaciones. La licencia de Director Responsable, o de Corresponsable en alguna especialidad, se obtiene mediante un proceso de calificación efectuado por comités que son integrados por las autoridades y por profesionistas reconocidos propuestos por los colegios de profesionales.

ESPAÑA:

La última Normativa de Construcción Sismorresistente (NCSR), que entró en vigor en España el 2002 en lugar de la de 1994, marca las pautas de construcción en áreas especialmente sensibles.

La NCSR intenta prevenir estas situaciones e incide en tres aspectos: elabora un mapa de riesgo por zonas, dónde el norte de la península queda prácticamente excluido del peligro, recoge el uso que se le vaya a dar al futuro edificio, y en función de estos parámetros establece las técnicas adecuadas para levantarlo.

La normativa no prohíbe ninguna forma de construcción pero es muy estricta en la aplicación de las técnicas. Unos criterios férreos que analizan, entre otros, el cálculo de estructuras, el tipo de fuerzas por planta y su disposición geométrica,

la distribución de los muros de carga, la resistencia de materiales como el acero, y la calidad de los cerramientos.

El objetivo: salvaguardar ante todo la estabilidad de la estructura y que esta permanezca en pie en caso de catástrofe.

JAPON:

Desde 1919 Japón emitió códigos de construcción, mismos que fueron mejorando a raíz de las experiencias sísmicas, hoy en día la norma que establece los requerimientos mínimos con respecto al sitio, la estructura, las instalaciones y el uso de las edificaciones en Japón, se denomina “Ley de Estandar de Construcción” revisada en 1995.

La norma reconoce que “es extremadamente difícil estimar teóricamente el comportamiento sísmico plásticos de una estructura con precisión, por lo tanto, en los reglamentos de diseño sísmico actuales se adopta un método aproximado de estimación, tomando en cuenta datos experimentales obtenidos de investigaciones” (MOROTA; 1984: 465).

Los requerimientos de la norma suponen dos niveles de terremoto:

Frente a los movimientos terrestres de un sismo nivel 1:

- a) El armazón estructural de los edificios debe resistir elásticamente.
- b) Los elementos estructurales no deben desprenderse.

Frente a los movimientos terrestres de un sismo nivel 2:

- a) Las construcciones no deben colapsar o poner en peligro vidas humanas

Los puntos principales del diseño sísmico bajo sus normas son:

El Diseño Preliminar.- los factores que deben tomar en cuenta son el modo de la falla de la armazón estructural, la ductilidad de los miembros estructurales y el coeficiente estructural, la asimetría, el desplazamiento.

Se debe considerar la irregularidad; cuando la distribución del peso y de la rigidez lateral de los pisos no sea homogénea.

Asimismo la Resistencia final al cortante lateral, el Coeficiente estructural (se calcula por nivel o por la dirección de la acción de la carga sísmica (MOROTA; 1984: 467).

De la misma forma la norma Japonesa considera las especificaciones para estructuras de concreto reforzado y para estructuras de Acero, considerando la ductilidad de las columnas, vigas, muros, marcos, etc.)

ESTADOS UNIDOS:

La norma denominada “Requisitos De Reglamento Para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)” fue elaborada por el Comité (American Concrete Institute) ACI 318 en enero de 2005 vigente en la actualidad, consta de 22 capítulos. En el capítulo 21 establece las **DISPOSICIONES ESPECIALES PARA EL DISEÑO SÍSMICO en el que** contiene disposiciones especiales para el diseño y la construcción de los elementos de concreto reforzado de una estructura para la que se han determinado las fuerzas de diseño, relacionadas con los movimientos sísmicos, con base en la disipación de energía en el rango no lineal de respuesta. Para resistencias del concreto especificadas aplicables.

Los niveles de riesgo sísmico se han clasificado tradicionalmente en bajo, moderado y alto. El nivel de riesgo sísmico de una región o el comportamiento

sísmico o la categoría de diseño de una estructura se encuentra regulada por el reglamento general de construcción legalmente adoptado o determinado por la autoridad competente

A medida que una estructura de concreto prefabricado o construido en obra adecuadamente detallada responde a movimientos fuertes del terreno, su rigidez efectiva disminuye y su disipación de energía aumenta. Estos cambios tienden a reducir las aceleraciones de respuesta y las fuerzas laterales de inercia respecto a los valores que se producirían si la estructura permaneciera linealmente elástica y con bajo amortiguamiento.

El procedimiento de diseño debe identificar la trayectoria de las cargas o el mecanismo por el que el pórtico resiste los efectos sísmicos y de la gravedad. Los ensayos deben configurarse para ensayar el comportamiento crítico y, las mediciones deben establecer valores aceptables del límite superior para los componentes de la trayectoria de carga, que puede ser en términos de esfuerzos, fuerzas, deformaciones unitarias u otras cantidades límite. El procedimiento de diseño para la estructura no debe desviarse del utilizado para diseñar los especímenes de ensayo, y los valores aceptables no deben exceder los valores probados como aceptables por los ensayos. Los materiales y componentes usados en la estructura deben ser similares a los utilizados en los ensayos. Las diferencias pueden ser aceptables si el ingeniero puede demostrar que esas desviaciones no afectan de manera adversa el comportamiento del sistema estructural.

Los diferentes capítulos definen las responsabilidades tanto del ingeniero como de quien dobla y figura el acero de refuerzo.

El capítulo 1, numeral 1.3.2 establece que: El inspector debe exigir el cumplimiento de los planos y especificaciones de diseño. A menos que se especifique otra cosa en el reglamento general de construcción legalmente adoptado, los registros de inspección deben incluir:

- a. Calidad y dosificación de los materiales del concreto y la resistencia del concreto;
- b. Colocación y remoción de cimbras y apuntalamientos;
- c. Colocación del refuerzo y anclajes;
- d. Mezclado, colocación y curado del concreto;
- e. Secuencia de montaje y conexión de elementos prefabricados;
- f. Tensionamiento de los tendones de preesforzado;
- g. Cualquier carga de construcción significativa aplicada sobre pisos, elementos o muros terminados;
- h. Avance general de la obra.

En general, pudo advertirse que las normas antisísmicas, son de aplicación nacional. Además, en su mayoría se limitan a las edificaciones de tipo urbano, aunque en muchas de ellas se incluyen recomendaciones específicas para cierto tipo de estructuras específicas (industrias, vivienda rural, fábricas, etc.)

Una característica en las normas antisísmicas es la zonificación, esta delimitación espacial permite cierto tipo de construcciones en lugares determinados guardando mayor rigor en aquellas zonas denominadas de mayor peligrosidad. Cabe mencionar que los países con normativa antisísmica cuentan con mapas de microzonificación sísmica, que regulan tanto la calidad de las construcciones, como los lugares donde pueden y no pueden levantarse.

Asimismo, en la mayoría de las normas se incluyen recomendaciones generales para modelar las estructuras suponiendo un comportamiento elástico de los materiales.

Las normas analizadas cuentan con estudios instrumentales de suelo puesto que una de las características más importante para realizar los cálculos estructurales es la carga y la aceleración sísmica.

Las especificaciones de construcción dentro de las normas de diseño antisísmico suelen limitarse a llamar la atención sobre la necesidad de garantizar la seguridad en las diversas etapas del proceso constructivo y a recomendar que se realice una supervisión detallada durante el mismo. A pesar de la importancia que reviste deslindar las responsabilidades, tanto administrativa, civil o penal, en el caso de una construcción, es bastante superficial el tratamiento de este problema en las normas antisísmicas. Normalmente se especifica la necesidad de contar con un responsable del proyecto, ingeniero o arquitecto, a fin de obtener la licencia de construcción por parte de las autoridades. Sin embargo no queda claro, el límite jurídico de esta responsabilidad, ni su relación con la responsabilidad del propietario o de la misma autoridad.

Las normas de diseño sísmico analizadas buscan como objetivo común el evitar el desplome de las estructuras con la finalidad de resguardar las vidas humanas.

CAPITULO IV

DEMOSTRACION DE LA HIPOTESIS

4.1. PRESENTACIÓN Y PROCESAMIENTO DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

A través de los métodos y técnicas utilizados en la investigación, la recopilación de datos estadísticos, fuentes documentales, el análisis de la normativa internacional; se pudo determinar la ventaja y el impacto que tendría la implementación de una normativa antisísmica en nuestra ciudad, tomando como base las normativas internacionales y proyectos de norma para Bolivia las cuales podrán ser adaptadas a nuestro entorno.

4.1.1.DATOS DE LA ENTREVISTA

El aporte obtenido de las entrevistas realizadas a profesionales entendidos en el área del diseño y la construcción así como al personal del Observatorio San Calixto sirvió para reforzar y sustentar la presente investigación.

Muchos de los entrevistados autorizaron gentilmente ser nombrados en la presente Tesis a quienes se nombra a continuación:

Ing. Oscar Pérez	<ul style="list-style-type: none">• Docente de Ingeniería U.M.S.A.• Especialista en armado sísmico de estructuras• Miembro del Instituto de Ensayo de Materiales
Ing. Fernando Cerruto	<ul style="list-style-type: none">• Docente de Ingeniería U.M.S.A.

	<ul style="list-style-type: none"> • Miembro del Instituto de Ensayo de Materiales
Dr. en Ing. Mario Galindo	<ul style="list-style-type: none"> • Sociedad de Ingenieros de Bolivia • (Especialista en análisis sísmico de estructuras) • (Visador de Planos – La Paz)
Msc. Ing. Rolando Grandi	<ul style="list-style-type: none"> • Sociedad de Ingenieros Estructurales • Miembro del comité IBNORCA
Ing. Teddy Griffiths	<ul style="list-style-type: none"> • Analista del Observatorio San Calixto
Arq. Sofía del Castillo	<ul style="list-style-type: none"> • Vice Presidenta Del Colegio De Arquitectos De Bolivia • Docente UMSA
Arq. Naldy Campanini	<ul style="list-style-type: none"> • Docente UDABOL • Magister en Diseño Urbano

En objetivo fue extraer el aporte intelectual y el criterio personal de cada entrevistado para que de esta forma se pueda validar el tema investigado; a continuación se extrae de forma resumida los aspectos más importantes encuadrados en las preguntas realizadas.

1) ¿En base a qué normas se realizan los proyectos de ingeniería y/o arquitectura en la Ciudad de La Paz en materia de construcción?

Dr. en Ing. Mario Galindo

Cada ingeniero usa una normativa diferente, yo soy el encargado del visado de planos de la sociedad de Ingenieros, no hay una estructura en la Ciudad de La Paz que se pueda construir sin que la firme yo, si no la firmo no la aprueba la Alcaldía.

En La Paz se calcula en base a la Norma Boliviana del Hormigo Armado al menos el 90% de los edificios. Esta es una norma muy buena, esta norma dice cómo se coloca el acero en el hormigón. Muchas normativas nos faltan pero el decir que seguimos utilizando la CBH-87 no quiere decir que esté desactualizada, habría que modificar 2 o 3 puntos que están de lado de la seguridad y que en costo significa menos del 1% en un edificio, en algunos lugares esta norma es un poco más segura de lo que hoy la tendencia de las normativas hace el resto el una norma muy buena

Otra cosa es la norma sismo resistente que básicamente dice que vamos a colocar en la estructura para que además sea sismo resistente y que sismos van a actuar y esto no se tiene, tampoco tenemos norma de metal, de madera de adobe, de viento de cargar etc.

Msc. Ing. Rolando Grandi

Básicamente lo que se llaman los proyectos de estructuras con lo que se diseñan la norma oficial se llama “Código Boliviano del Hormigón Armado” CBH-87 es su designación, pero este código para empezar es muy antiguo data del año 1987 y, no cubre temas tan importantes como por ejemplo el análisis sísmico lo que son los terremotos y todo aquello, simplemente cubre el diseño del esqueleto, del armazón de hormigón, las columnas, las vigas, las losas, los cimientos de acero y de hormigón de concreto de hormigón armado que llamamos pero no cubre la parte sísmica, entonces oficialmente la norma que rige para el diseño de edificios, casas, industrias es el CBH-87.

Hoy en día muchos ingenieros utilizan la normativa que yo he preparado la “Norma Boliviana Para el Diseño Sísmico” ahí está toda la teoría, metodología, ejemplos, etc. Y muchos están utilizando esta normativa porque, ha habido amplia difusión sin embargo no es oficial, recién estamos analizando en el IBNORCA para volverla oficial, pero aparte los ingenieros siempre hemos

considerado válido cuando una normativa no existe en un país, usamos normativas reconocidas ampliamente como son los códigos norte americanos, europeos y de países vecinos. Entonces están usando lo que a su buen criterio les pueda servir, claro que eso no es bueno porque no hay uniformidad, pero por lo menos así están salvando la situación.

La Alcaldía está exigiendo un diseño sísmico aquí en La Paz y cuando vamos a la Alcaldía preguntamos ¿Qué norma usamos? y ellos dicen por lo pronto “usen la que vean conveniente”, no hay estrictamente una obligación y una normativa, pero, si va a salir una disposición legal que va a ser de uso obligatorio.

Ing. Oscar Pérez:

Hay diferentes normas, se tenía una norma la CBH-87 aprobada el 1987 y esta norma estaba basada en la norma europea, específicamente en la norma Española

Hay varias normas en tratamiento en este momento una es de la construcción que se la está estudiando en el instituto, otra es del Hormigón Armado que se relaciona con la construcción en edificios, esta norma la han realizado los ingenieros de Santa Cruz y actualmente está en consulta ya ha pasado el periodo de consulta y tenía que aprobarse, pero hay algunas observaciones de la gente que está utilizando la norma en base a la española y se quiere cambiar totalmente en base a la norma americana.

La otra norma en tratamiento es la norma sismo resistente, de la cual soy parte dentro del IBNORCA juntamente con otra personas.

Ing. Fernando Cerruto

En la parte de diseño básicamente se está empleando el CBH-87 que es un norma nacional, pero también se utiliza la norma ACI que es una norma Norte Americana de los EEUU para agregados se usa normas bolivianas y normas

americanas la CPM, para ladrillos hay otro tipo de normativas, para tejas son normativas específicas, para fierros hay normas bolivianas y también extranjeras, depende del área y la temática que se quiera utilizar.

Ing. Teddy Griffiths (OSC)

Por el momento el Observatorio está trabajando en un código sismo resistente, se están planteando varias propuestas en las que se debería avanzar, también se han presentado propuestas de otras personas pero habría que revisar si hay errores que corregir, esto está tomando mucho tiempo pero se está trabajando y solo habría que esperar, si existe la idea, se tiene datos, ya una gran parte del proceso está avanzado.

Arq. Sofía del Castillo

Nosotros usamos generalmente la Norma Boliviana del Hormigón Armado que es del año 1987, esta normativa la usamos solamente hasta los 5 pisos, nosotros como arquitectos estamos en la posibilidad de hacer edificaciones no mayores a los 5 pisos toda vez que la alcaldía para su aprobación si excede de los 5 pisos tuviéramos que contratar a un ingeniero estructuralista que presente toda la documentación a partir de esta altura.

Arq. Naldy Campanini

La primera norma que utilizamos es el USPA, este nos da el uso de suelos, eso nos norma las alturas, los retiros, cuantos metro construidos puede tener un lote; en ningún momento esta norma toca aspectos constructivos además de que, como arquitectos tenemos la libertad de diseñar hasta cuatro pisos sin ningún cálculo estructural más que el hecho por nosotros. Recién a partir de los cinco pisos, la Alcaldía pide el plano perfilado por el ingeniero.

2) ¿Cuáles considera que son las características más importantes de un diseño para que este sea considerado sismo-resistente?

Dr. en Ing. Mario Galindo

Análisis sísmico es en la parte de análisis de estructura lo más complicado, cuando analizamos una estructura contra carga sísmica lo único que sabemos son los esfuerzos que producen; después de eso cómo se diseña una estructura para que soporte más se llama diseño sismo resistente como es un tema muy complicado, pocas personas lo conocen a fondo.

Msc. Ing. Rolando Grandi

Para que una edificación se pueda considerar sismo resistente son conceptos sencillos, 1ro) debe ser lo más regular y uniforme posible, sea rectangular, cuadrada o redonda pero no figuras complejas no una mezcla de triángulos, rectángulos, círculos, arcos, sino, una forma regular, puede ser curva no necesariamente un cuadrado pero debe ser lo más regular y uniforme posible y la estructura debe estar compuesta internamente con una estructuración sencilla, simple, regular, uniforme es decir los pilares las columnas no estar desordenadas, sino, siguiendo ejes patrones y medidas tratando que las columnas, las vigas no estén muy separadas, que los tamaños de las columnas, vigas sean amplios, grandes, muchas veces en la ciudad vemos columnas como palitos de fosforo en edificios, en una estructura sismo resistente las columnas son mucho mas gruesas pero sin que eso signifique un gran incremento de costo y evidentemente se debe contar con un diseño de ingeniería sismo resistente, como se ve no es del otro mundo, no estamos hablando de disipadores, amortiguadores, elementos mecánicos que se utilizan en algunos países donde la sismicidad es muy alta como Japón, Estado Unidos, aquí (Bolivia) con que la estructura sea bien concebida, organizada, diseñada y construida es suficientes, no hablamos de algo extraordinario simplemente hacer un buen trabajo de ingeniería. Un edificio por ejemplo que no ha sido concebido para resistir sismos pero que cumple requisitos de forma,

geometría, dimensión, cantidades mínimas de fierro, perfectamente puede resistir un sismo aunque no esté preparada, solo por estar bien analizada por el ingeniero

Ing. Oscar Pérez:

La carga, me refiero a los sismos que se producen y tenemos ese problema porque no tenemos un registro mediante equipos mediante acelerómetros que recién lo ha instalado hace un año el Observatorio San Calixto, por eso recién estamos desde el año pasado con datos, para tener resultados más confiables y podamos definir el comportamiento del sismo que va a servir para diseñar la estructura; esa es la parte más importante que estamos un poco empantanados, la parte más importante es la carga y no tenemos muchos datos, en si, medir la aceleración es lo que nos interesa a los ingenieros civiles para poder diseñar la estructura.

Ing. Fernando Cerruto

Considerar las acciones las solicitaciones que van a actuar sobre la estructura y para eso vamos a necesitar una categorización del tipo de sismos que se producen en la región en nuestro país, lo que pasa en Chile es de Chile o lo que pasa en Perú, entonces en nuestro país puede tener un comportamiento diferente por lo que debemos analizar este tipo de conducta, básicamente existen cargas horizontales y cargas verticales para las cuales debemos hacer el diseño y se refuerza la estructura para que soporten esas cargas.

Ing. Teddy Griffiths (OSC)

No se realizó esta pregunta, debido a que no tiene relación con su trabajo.

Arq. Sofía del Castillo

Nosotros hablando de estructura la separaremos primero en cimentación, estructura de pared, estructuras de piso y estructuras de cubierta que deberían manejarse si bien no de forma separada sino hacer un sistema constructivo integral para que las construcciones puedan llegar a ser sismo resistentes, entonces no solamente hablaríamos de cimentaciones, sino en realidad en la Ciudad de La Paz trabajamos a través de lo que es nuestra mano de obra con estructuras tradicionales zapatas infladas, zapatas arriostradas, loza radie que son los más comunes en su utilización, si bien ya está incorporándose en nuestros medios cimentaciones interesantes como lozas en abanico y tener otro tipo de estructuras son estructuras que se van implementando muy a largo plazo toda vez que la mano de obra no está preparada para recibir nuevos cálculos o nuevos procedimientos constructivos que eso preocupa un poco por la tardanza en poder tener tecnologías más apropiadas y además que cumplan con tecnología sismo resistente, luego para que sea sismo resistente no solamente deberíamos hablar en tema de cerramientos, por ejemplo, siempre que exista un sismo y un movimiento lo que mata a las personas son: la pesantez de los muros o la forma de entrada que tiene unos elementos con otros y obviamente eso también lo hace sismo resistente o sea ver empalmes o lo que nosotros en arquitectura llamamos el tejido y el nudo de la arquitectura, es decir cómo resolvemos nuestros encuentros entre paredes, pisos, techos y demás, esos encuentros deberíamos trabajarlos para que a la hora de un sismo estos no se conviertan en peligro para el sujeto que va a habitar esa obra.

Arq. Naldy Campanini

Es una reciprocidad que necesita el diseño, primero se debe conocer la mecánica del suelo y eso es algo que no hacemos en la ciudad de La Paz, se deben hacer pruebas geológicas, las muestras que son unos pequeños orificios en el terreno que nos dan a conocer la mecánica y la resistencia del suelo donde se va a construir y según esa mecánica se debe construir una estructura

acorde a ese suelo que es lo que generalmente no se hace, en muchos casos en la ciudad un gran porcentaje construye el albañil a su criterio en otros casos el ingeniero hace cálculos sin estudio de suelos, son pocos o tal vez el porcentaje a aumentado que hacen estudio de suelos y un calculo adecuado. La capacidad que tiene que tener la construcción es la de moverse de una manera adecuada ante un sismo, de resistirlo, la mayoría de las construcciones son monolíticas, son totalmente rígidas es por eso que actúan de tal o cual manera frente a un sismo.

3) ¿A que magnitud y/o intensidad sísmica deberían ser resistentes las edificaciones en La Paz?

Dr. en Ing. Mario Galindo

Para mi estructura depende de dónde se produce el sismo a que distancia está y por lo tanto no me sirve de nada, no puedo hacer una estructura resistent a un sismo de 8° porque no resistiría si el sismo se produce a 10 Metros. Entonces las estructuras no se diseñan para resistir a un sismo dada su magnitud, sino dada la intensidad o sea, lo que nosotros percibimos eso toma en cuenta la distancia en que se produce el sismo y la profundidad en la que se produce,

En Bolivia el año 1995 hubo un sismo muy fuerte de casi 9° pero profundo, los sismos que nos preocupan a los ingenieros son los que se producen a una profundidad de 20 Km esos son los sismos destructivos, lo que algunos llamamos sismos profundo, medio y superficial el OSC cambian ya que sus escalas son otras, para mí un sismo profundo es 90 Km pero para ello esa distancia es intermedio, ellos manejan una escala distinta porque son personas que miran en el sismo yo miro la estructura.

Los ingenieros que se dedican a los sismos en Bolivia y dicen que las estructuras deben soportar a magnitud 3° a 7° a 8°etc. entonces, ese ingeniero

no sabe lo que está hablando porque la causa no la entiende por lo que no sabe de estructuras sismo resistentes ya que depende a qué distancia y a que profundidad se produce el sismo

Msc. Ing. Rolando Grandi

En la Ciudad de La Paz, podemos hablar de una intensidad 7° y una magnitud en el orden de 6°, la magnitud es una medida de la energía del sismo por ejemplo en Aiquile el sismo fue de magnitud 6,3°, de magnitud 9° fue el de Concepción en Chile pero mas bien están preparados, en Haití ha sido de 8° y ha destruido Puerto Príncipe porque no estaba preparado, en México otro sismo feroz fue de 8,1°, la intensidad es cómo se siente por ejemplo en Aiquile el sismo se ha sentido con una intensidad de por lo menos 8° esto se calcula de 1 a 12,. Aquí en La Paz podríamos esperar sismos en el norte por Consata, Mapiri ahí se espera sismos de 6° +- otro que puede ser muy fuerte y nos daría un buen susto que está prácticamente cantado porque hace 130 años que no hay actividad es en la zona de Arica, Iquique, Ilo, en la Frontera entre Perú, Chile y Bolivia en la costa ahí se ha dado un sismo de magnitud 9° y de Arica estamos a 300 o 400 Km. Entonces ese sismo se sentiría con una intensidad muy fuerte en la Ciudad de La Paz, por eso digo que la magnitud podría ser en el orden de 6° y la intensidad en el orden de 6 o 7°, este sismo nos daría un buen susto a estructuras no preparadas o a zonas muy débiles, las ladera, villas con suelos blandos que se deslizan cada vez, sería peor con esto, entonces es preocupante para La Paz.

Ing. Oscar Pérez:

Eso es lo que no se sabe, ese es el problemas, no sabemos a que magnitud o intensidad deben ser resistentes las estructuras y eso es lo importante, la carga, es resto ya es diseñar las medidas, etc. Pero este es el punto conflictivo en este momento, no tenemos el dato, no solo este problema es en nuestro país, sino

este desarrollo también ocurre en otros países que han tenido sismos, este problema es un desarrollo que tiene que seguir, en Bolivia recién estamos empezando, esa es la polémica en este momento estamos definiendo las cargas.

Ing. Fernando Cerruto

No se trata de intensidad sino de la importancia de la estructura un hospital por ejemplo es una estructura vital para que en caso de sismos, la gente pueda acudir y tener asistencia médica es decir no puede colapsar, eso se diseña para estructuras más altas, pero de pronto un muro que está perimetral en un edificación y colapse no es muy trágico entonces es parte del diseño y del análisis que se debe realizar y la importancia de la magnitud indiferentemente de cuanto se equilibre, hay que hacer un análisis de costo a veces suele resultar más barato que de pronto una estructura colapse y luego se reconstruya pero hay estructuras en las que no podemos permitir eso tenemos que garantizar que soporte el sismo aunque después vaya a colapsar o finalmente haya una reparación o rehabilitación.

Ing. Teddy Griffiths (OSC)

No tenemos referencias de la magnitud con la que se hayan caído casas por lo que podemos decir ahorita que todas las edificaciones son sismo resistentes por las magnitudes que registramos, pero ante una magnitud que todavía no conocemos y que podría sentirse como es del Arica, es difícil calcular, lo que se hace para edificaciones principalmente es calcular un máximo evento y el cual nos da una aceleración, con esa aceleración se podría calcular la estructura en si que tendría que soportar un evento.

Definir la magnitud es difícil porque se tiene que trabajar con el tipo de suelo, el tipo de infraestructura que se va a construir y varios parámetros; lo que se busca es la resistencia de la edificación y lo que se está trabajando es más en

el sitio dependiendo el tipo de estructura para tener mejores datos y mejor información para diseñar una mejor estructura.

Arq. Sofía del Castillo

Yo creo que deberíamos hacer una indagación en los reportes de cómo se han incrementado las actividades sísmicas a nivel del mundo y particularmente a nivel de Sud América que es lo que nos interesa porque si bien hablamos de placas tectónicas, de movimientos tectónicos, de fallas que tenemos en nuestro continente, nosotros deberíamos ir trabajando los reportes porque cada vez los movimientos se están dando con mayores intensidades ya no se oye hablar de un sismo de 3° sino estamos hablando de sismos como el de hace poco en Costa Rica de 6,2° que están hablando de que nosotros viendo esas experiencia de las intensidades con los que acontece estos cataclismos, deberíamos pensar en que deberíamos aumentar la resistencia de nuestros edificios ante esta envergaduras.

Hablar de 6,5° para arriba yo creo porque eso es lo que se está dando en todo Sud América índices más altos de movimientos.

Arq. Naldy Campanini

Se deben hacer estudios de suelo y de eventos ocurridos para poder determinar la resistencia de las construcciones, como en La Paz no se dieron eventos sísmicos superiores a los 4 o 5 grados creo, entonces considero que deben ser resistentes a unos grados mayor a los registrados, sin embargo no podría determinar el grado exacto puesto que no existen los datos que mencionada y si existen deben ser muy reservados puesto que muy pocos o nadie los conocen

4) ¿Dentro su rama profesional, existe una especialidad en materia sísmica en Bolivia?

Dr. en Ing. Mario Galindo

No hay, para estudiar análisis sísmico primero hay que analizar cómo soporta una carga dinámica una carga dinámica es un golpe y luego viene la carga sísmica que es dinámica pero muy compleja.

Se han hecho maestrías para análisis de estructura, yo he dictado estos cursos, pero la maestría en Bolivia dura 6 meses y es muy difícil llegar a la complejidad que significa el diseño sismo resistente.

Nunca en Bolivia se ha hecho una maestría en diseño sismo resistente

Msc. Ing. Rolando Grandi

Si, ya hay, yo he sido uno de los precursores, fundadores; estos temas de ingeniería sísmica se tocan normalmente en maestrías de ingeniería estructural, en Bolivia no había hace unos ocho años hemos creado la primera maestría en ingeniería estructural y tenemos un colegio de especialistas llamada el Colegio de Ingenieros Estructurales de Bolivia en este colegio con un convenio con la Escuela Militar de Ingeniería (EMI) hemos creado la 1ra maestría en ingeniería estructural donde se imparten estos temas de ingeniería sísmica, yo he sido coordinados de esta maestría durante dos gestiones.

Ing. Oscar Pérez:

No, la UMSA por ejemplo no tiene ni siquiera la materia de armado sísmico de estructuras. Hay algunos como mi caso que hemos hecho posgrado afuera entonces entendemos el problema.

Ing. Fernando Cerruto

Que yo sepa no, ninguna carrera de la ingeniería civil ha asumido eso como especialidad, lo que si hay maestrías a nivel internacional que nos permiten

mejorar el conocimiento sobre el diseño sismo resistente y de forma que a medida que va introduciéndose en la temática se vuelve especialista pero como especialidad propia en la formación no existe en el medio

Ing. Teddy Griffiths (OSC)

Creo que no hay.

Arq. Sofía del Castillo

Especialmente en cuanto a sismo resistencia si bien hay materias que dentro de sus contenidos académicos tratan de los sismos, de la resistencia de materiales, específicamente como materia no hay una materia donde se trabaje como temática central las estructuras sismo resistentes, sino más bien como un capítulo de las materias

Arq. Naldy Campanini

Lamentablemente en arquitectura no existe el tema de antisísmicos o resistencia a los sismos porque nada evita totalmente el sismo. No hay ninguna materia que se dedique al tema, por lo menos en arquitectura no hay.

5) ¿Tiene referencias de edificaciones resistentes a sismos en la ciudad de La Paz?

Dr. en Ing. Mario Galindo

Yo calculé el edificio Gundlach el año 1994 sismo resistente y mi padre Mario Galindo hizo estructuras sismo resistentes muchos años antes es quien hizo el diseño sismo resistente de la piscina olímpica (Alto Obrajes), la Iglesia de San Miguel (Calacoto), Iglesia Corazón de María (Av. Busch) en 1965, aplicando criterios sismo resistentes; al final todas las estructuras resisten el sismo pero si les hacemos ciertas cosas resisten más.

Como observación, no se si el ingeniero que diseñó el edificio Alameda habrá tenido en cuenta alguna consideración de sismos porque el edificio Alameda tiene problemas serios. A partir de los últimos años 3 o 4 años el 50 o 60 % de las estructuras que llegan, han tenido un criterio para hacerlas sismo resistentes. Es una tecnicidad decir que en Bolivia no se han hecho, si se han hecho quizá no tanto como se pudo haber hecho si tuviéramos una norma.

Msc. Ing. Rolando Grandi

Las que nosotros hemos hecho y seguramente algunos otros ingenieros, aquí en la oficina ya tenemos 23 años diseñando edificios sismo resistentes, puedo citar por ejemplo:

Edificios: Alamo (6 de agosto), California (20 de octubre), Girasol 1, 2 y 3 (Miraflores), Yocapri 1, 2 y 3 (Miraflores, 20 de octubre/ Landaeta y en la Federico Suazo), Mónaco (Miraflores), Bélgica, y recientemente la Torre Girasol que es el edificio más grande de Bolivia de 40 pisos (6 de agosto lado seguro universitario), a nivel nacional estamos diseñando el estadio de Cobija encargado por el Presidente Morales, coliseo de Quillacollo, otro en El Alto, el Aeropuerto de Chuquisaca Alcantarí, el Hospital Materno Infantil de Tarija, todos estos son diseños nuevos y son sismo resistentes.

Evidentemente hay otros ingenieros que por suerte están con la tendencia moderna de que los edificios sean sismo resistentes, esta es una tendencia desde hace unos 5 a 7 años, los edificios anteriores lastimosamente no tienen esta cualidad pero los edificios modernos si se ve en el periódico hay anuncios de edificios antisísmicos, entonces da a entender que hay otros colegas que están diseñando edificios contra terremotos.

Ing. Oscar Pérez:

Son llamadas sismo resistentes y no es tal porque no tenemos la carga y no podemos decir que este es un edificio antisísmico, en este momento hay un

montón de edificios que dicen ser antisísmicos, hay varios ingenieros que tienen sus programitas pero al final no tenemos una carga definida como tal, entonces no podemos decir que son sismo resistentes. Pueden comportarse de mejor manera frente a un sismo que se ha previsto pero pueden comportarse de diferente manera frente a otro sismo que no se haya previsto, es complicado no es fácil esto es cierto eso de diseño antisísmico desde mi punto de vista, no hay tal, porque ni siquiera hay una norma, ahora sí hay normas extranjeras que podemos adoptarlas y adaptarlas pero no está todavía bien adaptadas y el problema es ese “la carga”, que para mí es importante, si no tenemos la carga no podemos hablar de diseño sismo resistente.

Ing. Fernando Cerruto

Si hay varias que se están realizando, los nombres específicos no los conozco pero sé que desde hace unos cinco años aproximadamente hay varios especialistas que han estudiado en el exterior que están introduciendo el diseño sismo resistente en sus edificaciones, lo que pasa es que muchos lo hacen en base a una normativa que es de su gusto personal.

Ing. Teddy Griffiths (OSC)

Hay muchos que dicen que su edificación es sismo resistente pero, no tenemos como comprobar eso, muchos dicen que por el tipo de construcción o que han añadido algo de material fierro o concreto, pero no hay claridad en decir que esta edificación sea sismo resistente porque no hay un código ni un parámetro en el cual apoyarnos y asegurar.

Arq. Sofía del Castillo

Es complicado porque ahora es solamente cuestión de creer lo que ofrece el mercado ya que todos los fines de semana leemos en la prensa que los edificios son sismo resistentes, pero cuál es la entidad que controla aquello es

obligatorio hacer un edificio sismo resistente, quien es el que decide si estos cálculos sino resistentes son los adecuados?, creo que todavía no existen estas instancias y por ende solo podríamos creer y tener dé en la gente que dice estar haciendo edificios sismo resistentes en la ciudad de La Paz. Tengo conocimiento que hay muchos que dicen que si son resistente a los sismos pero hasta que no acontezca uno de estos sismos que realmente muevan los cimientos de nuestra ciudad, no sabremos si realmente se han hecho los cálculos pertinentes a esto.

Arq. Naldy Campanini

Se dice que algunos edificios nuevos por Miraflores están hechos con el cálculo antisísmico, también la Embajada Americana se dice que es antisísmica, pero la resistencia antisísmica, pero la resistencia sísmica se da según el diseño de la ingeniería según el diseño estructural y cuando tu vas y te acercas a estos edificios que dicen ser antisísmicos, ves una ingeniería o una estructura totalmente tradicional, no se si es más propaganda que cierto.

6) ¿En caso de producirse hoy un sismo de intensidad considerable en nuestra ciudad, cree que las construcciones resistirían?

Dr. en Ing. Mario Galindo

Si, el sismo tiene dos variables una es la intensidad y otra es la frecuencia con la que se produce, son distintas las frecuencias de sonido, un sismo de baja intensidad pero con la misma frecuencia de la estructura (todas las estructuras tienen una frecuencia) y el tiempo que tarda en ir y volver esa es la frecuencia.

6° en la escala de Mercalli es una baja intensidad, entonces es razonable diseñar estructuras como yo he diseñado andan alrededor de 6°, 7° en la escala de Mercalli porque diseñar para más resulta muy caro, no hay motivo de que la gente pague por algo que posiblemente no va a pasar, entonces un 6 en la escala de Mercalli es razonable un grado 5 también pero un grado 4 (Mercalli)

ya es muy poco, esta escala es muy subjetiva, lo importante es la frecuencia con que se va a producir, por ejemplo un sismo de 4° en la escala de Mercalli pero con una frecuencia adecuada, va a destruir más que un sismo de 6° con frecuencia inadecuada.

Msc. Ing. Rolando Grandi

Los edificios altos pueden sufrir mucho, estamos hablando de 15 pisos para arriba y las zonas de laderas con suelos blandos, casas débiles, casa de adobe, casas en laderas en cerros sin buena cimentación ni estructura esas pueden sufrir mucho, pero de ahí los edificios comunes y corrientes casas de 1,2,3,4,5 pisos , edificios de hasta 15 pisos, no les va a afectar mucho porque tienen algo de resistencia, pero como dije las casas deficientes como lo ocurrido en Aiquile casitas viejas el sismo solo fue un detonante. Lastimosamente en muchas laderas muchas zonas y edificios altos son preocupantes.

Ing. Oscar Pérez:

Hay muchos ingenieros que dicen que no se necesita análisis sismo resistente, no hay datos en La Paz de sismos que hayan producido algún daño en alguna estructura peor aun no teniendo edificaciones en las que se hayan considerado diseño sismo-resistente, entonces se dice que son periodos largos de que la probabilidad de que exista un sismo de magnitud apreciable que pueda afectar las estructuras en la Ciudad de La Paz, la probabilidad es poca existe pero es poca, entonces hacer un edificio de diseño sísmico cuesta mucha plata y puede que en su periodo de vida de 100 o 50 años no parezca un terremoto o puede que mañana si, durante años que si bien hay datos de sismos que se han sentido en la altura, pero datos de daños específicos no hay que hayan por ejemplo cobrado vidas humanas, pero si hay la posibilidad que suceda según datos del OSC, son esos datos en funcion de los datos que tenemos la

probabilidad que ocurra un sismo es de: entre 50 años y 5000 años, puede que se produzca mañana o que ninguno conozca un sismo en toda su vida.

Ing. Fernando Cerruto

En La Paz hay zonas que por el comportamiento de suelo pueden tener algún efecto con los sismos; en general vale la pena un diseño sismo resistente aunque hay que considerar también que en los sismos ocurridos no han habidos colapsos estructurales, sobre todo porque aquí se está haciendo un diseño al viento y eso permite reforzar las estructuras que han comportado mejor frente a los sismos que se han sentido en La Paz que no han sido tan fuertes pero finalmente han dado un comportamiento adecuado, ha habido algunas reparaciones que se han tenido que hacer en muros sobre todo en elementos que son rígidos y no se deforman, pero vale la pena que se considere.

Ing. Teddy Griffiths (OSC)

La verdad es que La Paz es una de las ciudades más vulnerables por el tipo de construcciones que hay, los materiales que se usan y los que no se usan, la inclinación de la ciudad, las pendientes, la cantidad de ríos que son más de 400, entonces sobre eso una construcción con más de 10 pisos tendría que tomar en cuenta muchos parámetros o usar buen material, yo considero que en La Paz no tendríamos una buena respuesta ante un sismo porque en las construcciones no se están tomando en cuenta muchos parámetros por lo que muchas edificaciones sufrirían muchos daños frente a un posible escenario sísmico.

Arq. Sofía del Castillo

Hay un mito que podría darse un efecto dominó en la Ciudad de La Paz en construcciones que no han previsto los cálculos estructurales y que más bien

están contruidos sin acudir a un ingeniero estructuralista o un arquitecto, en este sentido estas construcciones que no han merecido por lo menos un calculo estructural, estas construcciones pueden empujar a otras que si lo tiene y darse este fenómeno de efecto dominó en caso de darse un sismo y que sí puede producir grandes daños en nuestra ciudad.

Arq. Naldy Campanini

Muchas se desplomarían debido a la mala calidad de la construcción o la antigüedad de las mismas o el lugar, puesto que una edificación que se encuentre en una ladera no va a resistir igual que una construida con las mismas características pero en un suelo más firme, dependerá como se sienta el movimiento en uno y otro lugar pero en general creo que ninguna edificación en La Paz está diseñada para soportar un sismo fuerte.

7) ¿Considera necesaria la implementación de una normativa antisísmica para la ciudad de La Paz, por qué?

Dr. en Ing. Mario Galindo

Hay que hacer una norma sismo resistente cuando tengamos datos y al no tenerlos la otra opción es hacer una norma sin datos “algo mejoraremos para hacer un sana, sana al problema”, además cuando haya la norma habrá que ver si la cumplen porque aquí los bolivianos no cumplen nada y obligarlos a que cumplan la norma es muy difícil y cuando el ingeniero diga que la norma se ha hecho sin datos entonces no sirve y el CBH es del 87 y no la cumplen y no tiene idea de lo que están hablando, por lo que para que escribir una norma que nadie la va a cumplir.

Se sabe que se va a producir un sismo en los próximos 10 años entre Perú y Chile, puede que se produzca 8 o 10 sismos porque hay una energía acumulada de la que se sabe a ciencia cierta de esta energía y en algún momento se tiene que liberar y el momento en que esta energía se libere puede

liberarse en pequeños sismos o puede liberarse en un gran sismo la esperanza es que se libere en pequeños sismos ya sea con intervalos de una hora o un día pero que sean pequeños y no pase nada, pero, si se libera toda esa energía en un solo sismo vamos a tener un problema Chile, Perú y Bolivia del tipo (terrible), el problema es que nadie sabe como se va a liberar esa energía, la gente que se dedica al estudio de los sismos apunta a que va a ser uno solo y los que nos dedicamos a proteger las estructuras decimos que no y rezamos, porque si se produjera esa barbaridad claro que va a desaparecer mucho de la Ciudad de La Paz y van a morir alrededor de 200.000 personas.

Si viene un sismo en los próximos 10 años, el 97% ya está construido solo el 3% de los que se van a construir van a estar con la norma vigente que va ser deficiente, defectuoso, porque no tenemos datos de los cuales además quienes no aplicaran la norma, entonces habremos hecho un paliativo nada más y las laderas, las casas deficientes de los pobres se van a venir abajo.

El problema de hacer una normativa sismo resistente es que al final uno tiene que saber qué sismo va a actuar porque los sismos son distintos en todas las partes del universo en la tierra en Marte etc. son todos distintos. Si no conocemos el sismo que va a venir en principio un camino sencillo de diseño no se puede hacer, no es factible hacer una norma que haga muy resistentes las estructuras a esos sismos, obviamente vamos a mejorarlos de no hacer nada, vamos a hacer que soporten un poco más.

Msc. Ing. Rolando Grandi

Claro, por supuesto, si, urgente por eso más bien años que estoy en esto y poco a poco la conciencia ha ido creciendo cosa que ahora no es raro escuchar a los vecinos, las señoras, todo el mundo habla de terremotos, de sismos, antes era palabra prohibida incluso la alcaldía no quería saber de estos temas pero ahora está muy interesada, el gobierno también a nivel oficial hay mucho interés

mucho énfasis, mucho apoyo para que la normativa salga y ayude a proteger a la gente.

Es importante ayudar a difundirla que la gente tome más conciencia y prevenga este tipo de acciones es como un enfermedad y frente a esta hay que prepararse.

Ing. Oscar Pérez:

Si es necesaria una norma antisísmica pero hay que considerar muchos aspectos, no es nomás construir una estructura porque también ronda en lo económico, construir una estructura con columnas de 20 * 20 y pasar a una columna de 30 *30 o 40*40 el costo es bastante deberíamos preguntarnos si vale la pena considerando si se va a presentar un terremoto con esas características.

Ing. Fernando Cerruto

Si, considerando que han habido algunos sismos en lo últimos años que la comunidad ha sentido especialmente en edificaciones altas, vale la pena que se haga un diseño sismo resistente, ahora, la normativa tiene que establecer regiones en la cuales se deba considerar más este tema y otras regiones no, entonces no es aplicar en forma general absolutamente a todos.

Arq. Sofía del Castillo

Yo creo que es importante la implementación de una norma pero ese va a tener serios problemas a la hora de que tengamos que demostrar su necesidad de que tenga que haber una normativa a través de la toma de conciencia de nuestra población y de todos los profesionales que estamos en el rubro de la construcción porque además eso va a involucrar una subida en la ejecución de la obra yo creo que más o menos más del 10% en los cálculos estructurales,

porque ya no es una estructura tradicional sino que va a tener que responder a la normativa y esta va a encarecer la construcción que ya está demasiado cara por el costo de los materiales pero creo que es necesaria para que nosotros tengamos una ciudad más segura, más vivible que es lo que siempre buscamos, en este sentido esta implementación no solo pasa por la aplicación de la normativa, también tiene su complejidad en términos de su sociabilización y su conocimiento de la norma que se deberían establecer quienes están encargados de la sociabilización de esto, habrá sanciones para los que no apliquen la normativa, quienes van a hacer las sanciones, entonces entraríamos en un campo muy complejo en los términos de la implementación de la normativa que yo creo que se hace mucho más necesaria toda vez que ya tenemos una ciudad a lo vertical y ya no podemos expandirla horizontalmente y tendríamos que pensar en una ciudad más segura para edificios en altura, estamos hablando de llegar al edificio del kilómetro en la Ciudad de La Paz en altura y creo que esos edificios deberían responder a normativas internacionales.

Arq. Naldy Campanini

Si, especialmente en edificios de gran altura por la cantidad de familias que pueden habitar, pero la norma debe ir más allá de la arquitectura, debe ser también urbana un sismo atañe tanto a la construcción como al espacio que lo rodea y en especial en edificios públicos, lamentablemente en nuestra sociedad los edificios públicos como Ministerios o como Cajas de Salud etc. son casas antiguas adecuadas para un uso y peor estarán listos para un sismo, los edificios públicos deberían tener un tratamiento y si no es antisísmico, por lo menos de emergencia ya que muy pocos edificios tienen salidas de emergencias puertas anti-fuego o toda la solución que puedes da ante una emergencia, la evacuación de personas porque tu sabes que es más la gente que muere o se ve herida por el pánico que por el mismo sismo, esas

implementaciones también son necesarias, normas de emergencia de evacuación de personas.

8) El USPA señala que se debe presentar diseño antisísmico en edificaciones superiores a 5 pisos, esto se cumple?

Dr. en Ing. Mario Galindo

No porque el USPA dice que se debe hacer el análisis sismo resistente en base a la norma, pero si no hay norma no se puede hacer un análisis, que no haya norma no significa que no hayan sismos entonces los ingenieros si calculan estructuras sismo resistentes es decir, mejoran la resistencia de las estructuras al sismo pero, cada ingeniero a su propio criterio algunos usan la norma chilena, muchos otro la norma española ya que nosotros estamos basados mucho en España de hecho la norma del Hormigo Armado es española.

9) ¿En que estudios sísmicos se basan los cálculos del proyecto de norma propuesto por su persona?

Msc. Ing. Rolando Grandi

Nuestra fuente de información, la base de información son los datos que recaban día a día el Observatorio San Calixto en base a esta información hemos podido estimar lo que se llama la amenaza sísmica, con esos datos se ha preparado esta versión de la norma, actualmente el observatorio pertenece también al comité y nos están proveyendo la información para la norma oficial. Pero aparte la normativa también se basa en recopilación de normas de otros países particularizando, adaptando a nuestra realidad, por ejemplo hemos adoptado la metodología americana cuya influencia es muy fuerte y en esta materia sísmica están muy avanzados pero particularizando a la realidad Boliviana y al nivel de amenaza que tenemos, no es lo mismo la amenaza sísmica de otros países que en Bolivia y dentro de Bolivia no es lo mismo en cada ciudad, entonces hay que particularizar a cada región estamos trabajando

basándonos en normas, en tecnología en software del exterior porque no podemos inventar cosas ya inventadas, mas bien tenemos que aprovecharlas, utilizarlas pero adaptarlas.

La entrevista realizada al Ing Griffiths fue orientada en base a la labor que desempeña en el Observatorio San Calixto

10) ¿Cuántas estaciones de medición sísmica (sismógrafos) existen actualmente en La Paz.?

Ing. Teddy Griffiths (OSC)

En La Paz contamos con cuatro estaciones Francesas y con el último proyecto contamos con una más en total son 5 (cinco) sismómetro en el Departamento de La Paz, a nivel Bolivia tenemos 25 sismómetros, 18 sismómetros son de una red USC y 6 sismómetros que es de una Red francesa y solo un red de EEUU.

11) ¿Con que frecuencia se registran sismos considerados relevantes, que incidan en la infraestructura de La Paz?

Ing. Teddy Griffiths (OSC)

No con mucha frecuencia, tenemos sismos que vienen que Chile y Perú, tenemos registros continuos de sismos de 3° o 3,5° que llegan a sentirse pero, sismo que pasan de 4° o 4,5° muchas veces son perceptibles por la zona en que se dan por Antofagasta otros que están cerca de la frontera dependiendo la magnitud se siente principalmente en los edificios de la ciudad de La Paz.

12) ¿Cuál es la magnitud sísmica más fuerte que podría ocurrir en la Ciudad de La Paz y cuando sucedería?

Ing. Teddy Griffiths (OSC)

No podemos predecir sismos ni cuando van a suceder, no tenemos sismos de gran magnitud en el Departamento de La Paz porque son sismos muchos de

estos intermedios, no llegan a sentirse por la profundidad que tiene estos y nosotros siempre hemos velado por la preparación ante un sismo, no podemos decir que no va a haber, pero es difícil predecir eso.

En Chile y en Perú son lugares donde tenemos una sismicidad muy frecuente con sismos que van alrededor de 3,5° o 4,5° y si hemos tenido sismos de mayor magnitud hasta 5° que son superficiales y estos que están cerca de la frontera si se han llegado a percibir en Bolivia. En Arica hay un sismo que se está esperando tras un estudio largo y tomando en cuenta varios datos y varios años de investigación, se está previendo que podamos tener un sismo en toda esta franja que es el codo de Arica que puede ser sentido en La Paz, Oruro hasta Cochabamba, por el tipo de suelo que tiene y que puede ser de una magnitud de 8 ° a 9° y podría causar daños en la Ciudad de La Paz y en otras Ciudades del País.

13) ¿Es suficiente la tecnología disponible actualmente en Bolivia para que en base a los datos recabados se considere la elaboración de una normativa antisísmica para la ciudad de La Paz, es pertinente según su criterio?

Ing. Teddy Griffiths (OSC)

Nosotros hemos logrado conseguir los equipos necesarios para hacer el monitoreo y poder conseguir los datos de aceleración, entonces si se tendría que avanzar en lo que es la norma y el OSC es una institución que está capacitada y tiene el equipamiento para dar este tipo de información, en el proceso para el código se está tardando mucho en definir de que forma se va a dar la información y de que forma se van a tratar estos puntos y yo creo que si o si los legisladores o las personas que están a cargo de hacer cumplir, de generar leyes que puedan generar seguridad, tuvieran que tomar muy en cuenta la información que se genera.

Y si es necesaria la implementación de una normativa no solo para La Paz, sino también para todas las ciudades de Bolivia.

4.1.2.DIFICULTADES EN EL MOMENTO DE LA INVESTIGACION

Existe escasa información en cuanto a norma antisísmica en Bolivia, y la bibliografía al respecto es extranjera, cabe mencionar que en las facultades de ingeniería y arquitectura de la UMSA, la bibliografía existente sobre el diseño sísmico es muy escasa y la obtención de las mismas fueron en su mayoría facilitadas por profesionales inmersos en el tema. Mucho de la información obtenida se encuentra en páginas especializadas de internet.

Se tuvo que esperar alrededor de un mes para realizar la entrevista en el Observatorio San Calixto.

Así mismo debido a que en el Colegio de Ingenieros de La Paz se encontraban con autoridades interinas, estas no quisieron dar una posición oficial sobre el tema investigado.

Para poder acceder a mayor información se asistió a las reuniones del IBNORCA donde hasta la fecha octubre de 2012 siguen en discusión el proyecto de norma para la actualización del Código Boliviano del Hormigón Armado (CBH-87) y el tratamiento de la norma de sismo resistencia; en muchas de esas reuniones no se trató el tema sobre la norma sísmica.

4.1.3.RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

Enmarcando el criterio de todos los entrevistados y de la información obtenida de los textos consultados, se puede advertir que para la elaboración de una normativa antisísmica es necesario contar con estudios de la actividad sísmica en nuestro país particularmente en el ciudad de La Paz, uno de los aspectos más importantes en que se hace énfasis para poder realizar los cálculos en base a los cuales se efectuará el diseño es la carga y la aceleración del suelo, estos datos deben ser obtenidos a través de estudios instrumentales con una datación de por lo menos 10 años de antigüedad, estos datos solo pueden ser

provistos en Bolivia por el Observatorio San Calixto, constituida en la única entidad cuyo esfuerzo privado es considerado insuficiente puesto que no cuenta con la cantidad necesaria de instrumentos (acelerómetros y otros) que puedan facilitar datos fiables para considerar la exactitud de los cálculos para un diseño sísmico de estructuras.

Así mismo pudo constatar que en Bolivia existen fallas potencialmente activas, así como la inactividad desde hace más de 100 años en la frontera entre Perú y Chile mismas que podrían producir sismos considerados fuertes cuya intensidad llegaría a la ciudad de La Paz afectando las estructuras y cuyo tiempo de ocurrencia es dentro de los 10 a 500 años.

También, pudo advertirse que Bolivia y particularmente La Paz, carece de una norma específica en materia sismo resistente, en la actualidad se utiliza en materia de construcción el CBH-87 y el U.S.P.A. mismas que no hacen hincapié en el tema sísmico estructural y solo es nombrado de forma esporádica.

De la investigación también resulta probado el criterio de la necesidad de una norma antisísmica, si bien no será perfecta, servirá para prevenir y hacer frente a eventualidades sísmicas consideradas de relevancia.

4.1.4. DEMOSTRACION DE LA HIPOTESIS

La hipótesis del trabajo señala:

La implementación de una normativa antisísmica que regule los requerimientos mínimos de construcción en la ciudad de La Paz, permitirá regular las construcciones considerando los riesgos de un sismo y de esa forma prevendrá posibles pérdidas tanto humanas como materiales causadas por el mismo.

De todos los antecedentes descritos en la presente tesis y en particular en este último capítulo, se demuestra la veracidad del planteamiento.

- Es necesario implementar una normativa antisísmica para la Ciudad de La Paz, considerando la inexistencia de la misma y considerando que la elaboración de una norma de esta característica en la que una comisión trabaja actualmente en el IBNORCA es de carácter nacional y no cuenta con un estudio de suelo particularizado por departamento y menos por ciudad además que demorará en ser aprobado puesto que sigue en discusión comprensible debido a la falta de datos.
- La norma a ser aplicada regulará de manera obligatoria a todas las construcciones nuevas, y la rehabilitación de las existentes en nuestra ciudad.
- En cumplimiento a la Constitución Política del Estado, el fin primordial de esta norma será la protección a la vida, la seguridad de las personas, e infraestructura básica a través de la prevención con la aplicación de esta norma.

CONCLUSIONES

De la investigación realizada podemos concluir lo siguiente:

La gran mayoría de las muertes tras un terremoto se produce por el derrumbamiento de los edificios y no por la sacudida sísmica.

- Las edificaciones existentes en la Ciudad de La Paz, se enmarcan dentro de la normativa legal denominada Código Boliviano del Hormigón Armado (CBH-87) y en el Reglamento de Uso de Suelos y Patrones de Asentamiento (USPA) misma que estipula la obligatoriedad de presentación de cálculo estructural antisísmico en las construcciones cuya altura en fachada, sea mayor a 5 plantas, sin embargo el cálculo de estructuras antisísmico, (a no ser que se trate de una exigencia de normativas internacionales) resulta contradictoria puesto que en la Ciudad de La Paz no existe una norma de construcción antisísmica que establezca los parámetros en la cual se pueda basar el cálculo solicitado y/o sobre la cual se deba exigir el cumplimiento de este requisito.
- Actualmente se aprobó en grande la Ley de Uso de Suelo Urbano, sin embargo esta solo elevaría a rango de Ley el Reglamento (USPA) de 19 de abril de 2010, manteniendo el espíritu de la misma.
- Se nombró una comisión el año 2010 para trabajar en la actualización de la norma CBH-87 y en la elaboración de una norma de diseño sismo resistente para Bolivia, sin embargo hasta octubre de 2012 todavía sigue en tratamiento.
- Si bien existe una propuesta de norma de diseño sísmico de estructuras planteada en año 2006, este no es aplicado o lo es a criterio personal de algunos ingenieros puesto que no se trata de una norma oficial; por lo

que el grado de conocimiento de esta propuesta o de otra por parte del ciudadano, es escaso, lo cual puede demostrarse con las construcciones ilegales, deficientes y sin diseño aprobado.

- La instancia encargada de regular las construcciones en la Ciudad de La Paz, es la Unidad de Fiscalización de las diferentes Subalcaldías en coordinación con la Unidad de Patrimonio Tangible y Natural u otra dependencia municipal análoga; los mecanismos que usan son efectuar inspecciones periódicas a las obras en ejecución, con el objeto de verificar que las intervenciones se llevan a cabo siguiendo las normas vigentes y de acuerdo a los planos aprobados. Así mismo todo diseño estructural realizado en la Ciudad de La Paz, debe pasar por la Sociedad de Ingenieros de Bolivia, que es donde se realiza la Validación de planos, sin cuya autorización, no puede realizarse ninguna edificación en nuestra ciudad.
- Como pudo advertirse en el desarrollo de la investigación, el objetivo principal que persiguen las normas antisísmicas internacionales para el diseño de estructuras, es sobre todo, “evitar el colapso”, en esta medida, la implementación de una normativa antisísmica en la Ciudad de La Paz, coadyuvará a evitar pérdidas humanas y materiales, el desafío sería asegurar y rehabilitar las construcciones existentes -incluso edificios históricos- recurriendo a las normas internacionales como referente y a los avances en materia antisísmica.
- La falta de una normativa con las características de diseño sismo-resistentes para La Paz, afecta la seguridad de la ciudadanía puesto que: las principales infraestructuras que deberían estar preparadas para un evento sísmico mayor a 5 grados en la escala de Richter, tales como

los hospitales, oficinas públicas, instalaciones policiales y militares, aeropuertos, universidades, escuelas, entre otros., no están preparadas incluso podría ser las primeras en desplomarse.

- La inexistencia de construcciones con características sismo-resistentes en la Ciudad de La Paz, no es debido a que los ingenieros o constructores no quisieran aplicarla, sino porque no existe regulación específica que exija construir en base a parámetros antisísmicos. A ello se suma la falta de control en construcciones que se realizan sin obtener permiso municipal ni con el criterio de algún ingeniero.

RECOMENDACIONES

1. Muchos de los países que tienen normas antisísmicas, fue a causa de eventos sísmicos que resultaron fatídicos. Es necesario dejar de creer que por estar en el centro de Suramérica y rodeado de cordilleras el país no es susceptible de padecer sismos de gran magnitud, lo ideal sería prever la situación para disminuir las consecuencias o en lo posible evitarlas.
2. Siendo que la elaboración de una norma antisísmica para a Ciudad de La Paz demoraría por la importancia y complejidad que representa, se deberían adoptar temporalmente normas internacionales como ser las de Chile (por la proximidad), la de España, (debido a que su territorio tiene una sismicidad similar al de Bolivia), el de Estados Unidos (considerada una de las normas mejor estructuradas en el mundo).
3. Se debería crear una comisión permanente conformada por profesionales entendidos en el área (ingenieros, arquitectos) ajenos a la municipalidad que tengan la labor de ejercer vigilancia permanente a las construcciones y planificación y de la ciudad de La Paz.
4. Debido a que la elaboración de una norma antisísmica apta para la Ciudad de La Paz con los estudios técnicos adecuados demoraría entre 9 a 10 años, puesto que no se tienen estudios de aceleración de suelos, sugiero que por el momento se adopte la propuesta elaborada por el Ing. Rolando Grandí Gómez en colaboración del Banco Interamericano de Desarrollo y la Sociedad de Ingenieros de Bolivia el año 2006, titulada “Norma Boliviana de Diseño Sísmico” introduciendo modificaciones necesarias que se adecúen a la realidad del suelo paceño.

5. Además, se deberá crear una oficina encargada exclusivamente de difundir la norma e implementar capacitaciones tanto en instituciones públicas y privadas establecidas en La Paz, como al público en general, sobre evacuaciones, concientizaciones para afrontar amenazas sísmicas de alta intensidad (durante el evento y posterior a este) además de ser la encargada de revisar políticas, proyectos y estrategias a seguir y formular propuestas.

6. El Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, deberá nombrar una comisión conformada por profesionales entendidos en el área para trabajar en la elaboración de una norma de diseño sísmico apta para la ciudad de La Paz con tiempo necesario para que se tengan estudios suficientes imprescindibles para tal efecto y se implemente en un solo cuerpo legal una normativa antisísmica para todo tipo de construcciones (viviendas, edificios, fábricas, depósitos de combustibles, puentes, caminos, etc.)

BIBLIOGRAFIA

- ALLÉGRE, Claude (1995); *“Las Iras De La tierra. Madrid”*, Editorial Alianza, (Madrid España).
- ARGAN, Giulio Carlo (1977); *“El Concepto Del Espacio Arquitectónico Desde El Barroco Hasta Nuestros Días”*, Editorial Nueva Visión, (Buenos Aires Argentina).
- ASIMOV, Isaac (1987); *“Cómo Descubrimos Los Terremotos”*, Editorial Molino, (Barcelona España) obra de divulgación sobre sismos.
- BBC Worldwide Americas, Inc./NBC News Archives *“Sismos en México”*
- BERTERO; 1994; TREMBLAY; 1996, citados por CRISAULLI, Francisco Javier (2010); *Diseño Sismorresistente De Construcciones De Acero”*, Editado por el Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero -ILFA, (Las Condes, Santiago Chile).
- CENAPRED - Centro Nacional de Prevención de Desastres (2010), *“Cronología de Sismos”*, (México D.F.)
- CISNEROS, Farías Germán (2000); *“Teoría del Derecho”*, 2da edición, Editorial Trillas, (México).
- CONVEN 1756-98, revisión (2001); *“Apuntes Para El Diseño De Estructuras Sismoresistentes. Normativa Sismorresistente”*, cátedra de sistemas estructurales, Dpto. de Tecnología de la Construcción, FADULA, (Venezuela).
- COVENIN-MINDUR-FUNVISIS 1756-82 (1982); *“Edificaciones Antisísmicas”*, Comisión Venezolana de Normas Industriales, (Caracas Venezuela).

- CRISAULLI, Francisco Javier (2010); *Diseño Sismorresistente De Construcciones De Acero*, Editado por el Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero -ILAFA, (Las Condes, Santiago Chile).
- DESCOTES y CABRÉ (1973); nombrado en artículo: “*Sismicidad de Bolivia – Historia*”, publicado por el Observatorio San Calixto, www.observatoriosancalixto.org, 24/08/2011, (La Paz Bolivia).
- DICCIONARIO (1986); “Pequeño Larousse Ilustrado” Editorial Larousse. (Buenos Aires Argentina).
- EL PAIS, (2005) “*Un Gran Sismo En El Pacífico Devastaría A La Paz*”, consultado en www.Bolivia.com 18/04/2012 09:06, (Bolivia).
- EL UNIVERSAL (2010); “*América Latina, Una Región Muy Expuesta Y Vulnerable A Los Terremotos*”, [El Universal.com](http://ElUniversal.com) 27/02/2010, 10:35 (Bogotá Colombia).
- ENCICLOPEDIA Microsoft Encarta (2008) “*Arquitectura Antisísmica*” Microsoft Corporation en español, (U.S.A.).
- Enciclopedia Microsoft Encarta (2009) “*historia de la sismología*” Microsoft Corporation en español, (U.S.A.).
- ENCICLOPEDIA Microsoft Encarta (2009) “*Método Cuantitativo*” Microsoft Corporation en español, (U.S.A.).
- ENCICLOPEDIA Microsoft Encarta (2009) “*Sismo*” Microsoft Corporation en español, (U.S.A.).
- Estado Plurinacional de Bolivia, “*Constitución Política Del Estado*”; (7 de febrero de 2009).
- Estado Plurinacional de Bolivia, “*Ley de Municipalidades*” N° 2028; (28 de octubre de 1999).

- Estado Plurinacional de Bolivia, “*Ley Marco de Autonomías y Descentralización Andrés Ibáñez*”; (19 de julio de 2010).
- Estado Plurinacional de Bolivia, “*Reglamento de Uso de Suelos y Patrón de Asentamiento (USPA)*”; (19 de abril de 2010).
- Estado Plurinacional de Bolivia, Ley N° 005/2010 “*Ley Municipal Autónoma de Gestión Integral de Riesgos y Desastres*”; (29 de diciembre de 2010).
- Estados Unidos Mexicanos, “*Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo*”; (5 noviembre 1987).
- *GACETA DE MADRID (1992)*; “*Noticias relativas a terremotos correspondientes a Europa, África del Norte y Asia occidental durante los años 1701 a 1750*”, (Madrid).
- GRANDI, Gómez Rolando (2006); Propuesta de “*Norma Boliviana de Diseño Sísmico*”, Proyecto auspiciado por el Ministerio de Obras Públicas Servicios y Vivienda, Banco Interamericano de Desarrollo y Sociedad de Ingenieros de Bolivia (La Paz Bolivia).
- GRANDI, Gómez Rolando (2007); Propuesta de “*Norma Boliviana Para Diseño Sísmico V.1.4*”, Ejemplos Títulos: A (Análisis y Diseño sismoresistente- Edificios) y E (Mamapostería Estructural – Casas), (La Paz Bolivia).
- GUERRERO, Teresa (2011) “*El Simulador Español en el que se Prueban Materiales Resistentes a los Terremotos*” en: El Mundo, <http://www.elmundo.es> 23/03/2011 (España).
- HERNANDEZ, Sampier Roberto; FERNANDEZ, Collado Carlos y BAPTISTA, Lucio Pilar, (1998), *Metodología de la Investigación*; 2da edición, Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A., 1998: (México DF), pags. 75,109 y110.

- <http://eju.tv/?p=191791> (2011); “*Sismos en Bolivia*” publicado en: <http://eju.tv/?p=191791> 23/03/2012, (Bolivia).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_sismolog%C3%ADa 05/07/2011: hrs. 22:20.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_sismolog%C3%ADa (20/08/2011 a hrs. 19:30).
- <http://www.angelfire.com/ri/chterymercalli/> (07/01/2012).
- <http://www.arqhys.com> (2012); “Arquitectura Antisísmica”.
- <http://www.arqhys.com> (30/11/2011).
- <http://www.latercera.com> (06/06/2011); (Chile).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/escalasismologica/> (11/06/2010).
- McGUIRE, R.K., (1993); “*Computations Of Seismic Hazard*”, Ann.D. Geofisica, (U.S.A.) traducción en español, pags.36, 181-200.
- MILLER: 2006, citado por CRISAULLI, Francisco Javier (2010); *Diseño Sismorresistente De Construcciones De Acero*, Editado por el Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero -ILAFA, (Las Condes, Santiago Chile).
- MUÑOZ, D., (1989); “*Conceptos Básicos En Riesgo Sísmico. Física de la Tierra*”, Editorial Univ. Madrid (Madrid España) N°1, 199-215.
- MURATA, Tatsuo (1985); “Concepto de la Regulación del Sistema Sísmico de Construcción - en referencia a la Ley de Standard de Construcción”, (Japón).
- O.N.U. Informe De Naciones Unidas (2010); “*Edición Especial Haití - sobre la Misión de Estabilización de las Naciones Unidas en Haití del 22 de febrero y del 1º de septiembre de 2010*” en “*Atlas Comparativo de la*

Defensa en América Latina y Caribe”, edición R.E.S.D.A.L. Red de Seguridad y Defensa de América Latina; (Página web de la Oficina del Enviado Especial de las Naciones Unidas en Haití), PAG.305 - 311).

- OBSERVATORIO SAN CALIXTO (2011); “Proyecto BID - Programa de Fortalecimiento para la Capacidad de Evaluación de la amenaza Sísmica y Sismo-Volcánica en Bolivia (BO-T1062)” www.observatoriosancalixto.org, 07/07/2011 19:50 (La Paz Bolivia).
- OBSERVATORIO SAN CALIXTO (2011); “Proyecto USAID” www.observatoriosancalixto.org, 07/07/2011 19:50 (La Paz Bolivia).
- OBSERVATORIO SAN CALIXTO (2012); “*Mapa de Amenaza Sísmica Volcánica*”, DVD Interactivo (La Paz Bolivia).
- OPINION (2011); “*Sismo Produjo Rajaduras En El Edificio De Los Juzgados De La Paz*”, opinion.com.bo 22/11/2011, 22:22 (La Paz Bolivia).
- OSC (2012); “*Tabla De Reporte De Sismos En Bolivia De 2010 A Junio De 2012*” registrados por el Observatorio San Calixto, www.observatoriosancalixto.org, 26/06/2012, (La Paz Bolivia).
- OSSORIO, Manuel (2003); “*Diccionario de Ciencias Jurídicas, Políticas y Sociales*”; Editorial Heliasta S.R.L., (Buenos Aires Argentina).
- PAULA y PRIESTLEY, 1992 citado por: CRISAULLI, Francisco Javier (2010); “*Diseño Sismorresistente De Construcciones De Acero*”, Editado por el Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero -ILAFA, (Las Condes, Santiago Chile).
- QUINTANA, Jose Luis (10/05/2011); “*Especialistas Polemizan Sobre Posible Terremoto en La Paz*” en: Página Siete (La Paz – Bolivia).
- Reino De España, “*Normativa de Construcción Sismorresistente -NCSR*”;

(2002).

- República de Argentina, “*Reglamento Inpres - CIRSOC 103, Normas Argentinas Para Construcciones Sismorresistentes - Construcciones en General*”, aprobado por Resolución S.S.O Y S.P N° 18/91; (1991).
- República de Bolivia, Decreto Supremo N° 17684 de 7 de octubre de 1980, “*Norma Boliviana del Hormigón Armado (CBH-87)*”, vigente el (22 de octubre de 1980).
- República de Chile, “*Diseño Sísmico De Edificios -NCh 433. Of96*”, (1996).
- República de Perú, “*Diseño Sismorresistente- E.030*”; (09 de junio de 2006).
- REYES, Roman (2005); “*Diccionario Crítico de Cs. Sociales*”, editorial Instituto Juan March, (Madrid España).
- RODRÍGUEZ y VEGA (1976).; nombrado en artículo: “*Sismicidad de Bolivia – Historia*”, publicado por el Observatorio San Calixto, www.observatoriosancalixto.org, 24/08/2011, (La Paz Bolivia)
- RODRÍGUEZ, de la Torre Fernando (1993); “*La Geografía y La Historia De Los Sismos*”, Editorial Geo Crítica, (Madrid España).
- SALINAS, Basualdo Rafael (2003); “*Ingeniería Antisísmica - Notas Introductorias*”, Universidad Nacional De Ingeniería, Facultad De Ingeniería Civil, (Perú).
- SIGNEY, Clark (1982); “*La Estructura de la Tierra*” Obra de divulgación sobre tectónica y sismología, 2ª edición, Editorial Omega, (Barcelona España).
- TORREZ Quintana, Carlos Fidel (2004) *Apuntes: Asignatura Técnicas de Investigación Social*, U.M.S.A., (La Paz Bolivia).

- VEGA (1996); nombrado en artículo: “*Sismicidad de Bolivia – Historia*”, publicado por el Observatorio San Calixto, www.observatoriosancalixto.org, 24/08/2011, (La Paz Bolivia).
- VEGA Y MINAYA (1998); nombrado en artículo: “*Sismicidad de Bolivia – Historia*”, publicado por el Observatorio San Calixto, www.observatoriosancalixto.org, 24/08/2011, (La Paz Bolivia).
- VEGA, (1990); nombrado en artículo: “*Sismicidad de Bolivia – Historia*”, publicado por el Observatorio San Calixto, www.observatoriosancalixto.org, 24/08/2011, (La Paz Bolivia).
- VEGA, (1994); nombrado en artículo: “*Sismicidad de Bolivia – Historia*”, publicado por el Observatorio San Calixto, www.observatoriosancalixto.org, 24/08/2011, (La Paz Bolivia).
- VEGA, (1997); nombrado en artículo: “*Sismicidad de Bolivia – Historia*”, publicado por el Observatorio San Calixto, www.observatoriosancalixto.org, 24/08/2011, (La Paz Bolivia).
- TORO, Lanza Edgar (2012); “Torre Multicine Tiene Cimientos Contra Sismos y Usa Gas Natural” en: LA RAZON 19/02/2012, (La Paz Bolivia).
- Estados Unidos de Norte América, “*Reglamento Estructural para Edificaciones REQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL (ACI 318S-05) Y COMENTARIO (ACI 318SR-05)*”, Versión en español y en sistema métrico, publicado por american concrete institute, (FARMINGTON HILLS, MICHIGAN U.S.A); (2005).

ANEXOS