

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
**PROGRAMA DOCTORAL DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**RIESGO SÍSMICO EN LAS EDIFICACIONES DE LA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD**  
**NACIONAL DE CAJAMARCA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS E**  
**INGENIERÍA**

**AUTOR : Mg. MIGUEL ÁNGEL MOSQUEIRA MORENO**

**ASESOR : Dr. SEGUNDO SEIJAS VELÁSQUEZ**

**TRUJILLO - PERÚ**  
**2012**

No. de Registro: \_\_\_\_\_

**JURADO EVALUADOR**

.....

**PRESIDENTE**

.....

**SECRETARIO**

.....

**MIEMBRO**

DATOS PERSONALES:

Nombre y Apellidos : MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Grado Académico : Magister en Ingeniería Civil.

Título : Ingeniero Civil.

Dirección : Jr. Misión Japonesa N° 333 - Cajamarca.

## AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Dr. Segundo Seijas Velásquez por el constante apoyo y dedicación al desarrollo de esta tesis.

A los docentes de la escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Trujillo, quienes con su experiencia y dedicación volcaron sus conocimientos para el desarrollo de esta tesis.

A los profesionales de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en especial al Dr. Marcial Blondet y al Dr. Nicola Tarque que colaboraron con sus conocimientos para el desarrollo de esta tesis.

A los profesionales de la Universidad Nacional de Cajamarca, en especial al Dr. Roberto Mosqueira Ramírez, al Ing. José Lezama Leiva, al Ing. Javier Colina que colaboraron con sus conocimientos y permitieron el uso de sus laboratorios y equipos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) por el apoyo económico brindado para realizar los estudios de maestría y para la realización de la tesis.

## DEDICATORIA

### A DIOS Y A LA VIRGEN MARÍA

Gracias a Dios por haberme regalado la vida y permitirme ser parte de una familia sólida y unida.

A Santa María por guiarme cada instante en el camino del Señor Jesús.

### A MI ESPOSA

Por su apoyo brindado durante todo este tiempo en que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo. Por ser una compañera en los sueños y objetivos trazados, buscando siempre ser cada vez mejores.

### A MIS PADRES

Quienes sabiamente me supieron guiar en la vida, siendo parte de mis planes, éxitos, alegrías y tristezas.

### A MIS HERMANOS

Por las enseñanzas que cada día recibo de ellos y por el ímpetu de seguir luchando en el arduo camino de la vida.

### A MIS ABUELITOS Y TIOS

Quienes me brindaron su apoyo en cada instante de mi vida.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
I. INTRODUCCIÓN	16
Realidad Problemática	17
Estado del arte	29
Justificación	33
Misión y Visión	39
Hipótesis	40
Objetivos	40
II. MATERIAL Y MÉTODOS	44
2.1. Material	45
2.1.1. Población	45
2.1.2. Muestra	46
2.1.3. Unidad de Análisis	47
2.2. Método	47
2.2.1. Tipo de Estudio	48
2.2.2. Diseño de la Investigación	48
2.2.3. Variables y Operativización de variables	69
2.2.4. Instrumentos de recolección de datos	71
III. RESULTADOS	73
3.1. Comportamiento sísmico de las edificaciones	74
3.1.1. Evaluación de los desplazamientos relativos de entrepiso y junta sísmica	74
3.1.2. Evaluación del comportamiento de las vigas	75
3.1.3. Evaluación del comportamiento de las columnas	83

3.1.4.	Evaluación del tipo de falla	85
3.1.5.	Evaluación de la falla de columna corta.	87
3.2.	Estado actual de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC	89
3.3.	Estabilidad de tabiques	89
3.4.	Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones	90
3.5	Peligro sísmico de las edificaciones	90
IV.	DISCUSIÓN	93
4.1.	Comportamiento sísmico de las edificaciones.	93
4.1.1.	Evaluación de los desplazamientos relativos de entepiso y junta sísmica	94
4.1.2.	Evaluación del comportamiento de las vigas	95
4.1.3.	Evaluación del comportamiento de las columnas	97
4.1.4.	Evaluación del tipo de falla.	98
4.2.	Estabilidad de tabiques.	100
4.3.	Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones	102
4.4.	Peligro sísmico de las edificaciones	102
4.5.	Riesgo sísmico de las edificaciones	102
V.	PROPUESTA	104
5.1.	Propuesta Metodológica	105
5.2.	Propuesta de reforzamiento.	110
VI.	CONCLUSIONES	115
6.1.	Conclusiones Parciales	116
6.2.	Conclusión General	117
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	118
VIII.	ANEXOS	127

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.1	Tipos de Daños de los edificios reparados.	21
Tabla 1.2	Movimiento sísmico de diseño	37
Tabla 1.3	Estado de posibles daños y niveles de desempeño	38
Tabla 1.4.	Matriz de consistencia	42
Tabla 2.1	Factores de zona (Z).	50
Tabla 2.2	Factores de importancia (U).	51
Tabla 2.3	Parámetros del Suelo.	52
Tabla 2.4	Sistemas Estructurales.	52
Tabla 2.5	Área de las barras de acero	58
Tabla 2.6	Coficiente Sísmico C1.	63
Tabla 2.7	Valores del coeficiente de momentos "m" y dimensión crítica "a".	64
Tabla 2.8	Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica	65
Tabla 2.9	Rango numérico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.	65
Tabla 2.10	Valores de los parámetros del peligro sísmico.	67
Tabla 2.11	Rango de valores para el cálculo del peligro	68
Tabla 2.12	Calificación del riesgo sísmico. Blondet M, (2005)	68
Tabla 2.13	Operativización de Variables	70
Tabla 3.1	Desplazamientos laterales y Desplazamientos relativos de entrepiso de las edificaciones.	75
Tabla 3.2	Espesor de la junta sísmica	75
Tabla 3.3	Momento nominal resistente y momento nominal actuante de la viga principal Pabellón 1A-Izquierda	77
Tabla 3.4	Momento nominal resistente y momento nominal actuante de la viga principal Pabellón 1A-Derecha	77
Tabla 3.5	Momento nominal resistente y momento nominal actuante de la viga principal Pabellón 1B	78
Tabla 3.6	Momento nominal resistente y momento nominal actuante de la viga principal Pabellón 1C	78
Tabla 3.7	Momento nominal resistente y momento nominal	79

	actuante de la viga principal Pabellón 4J	
Tabla 3.8	Momento nominal resistente y momento nominal actuante de las vigas secundarias, Edificio 1A-Izquierda	80
Tabla 3.9	Momento nominal resistente y momento nominal actuante de las vigas secundarias, Edificio 1A-Derecha	80
Tabla 3.10	Momento nominal resistente y momento nominal actuante de las vigas secundarias, pabellón 1B	81
Tabla 3.11	Momento nominal resistente y momento nominal actuante de la viga secundaria, pabellón 1C.	82
Tabla 3.12	Momento nominal resistente y momento nominal actuante de las vigas secundarias, pabellón 4J	82
Tabla 3.13	Acero existente y acero necesario de la columnas, Pabellón 1A	84
Tabla 3.14	Acero existente y acero necesario de la columnas, Pabellón 1B	84
Tabla 3.15	Acero existente y acero necesario de las columnas, Pabellón 1C	85
Tabla 3.16	Acero Existente y Acero necesario de la columnas, Pabellón 4J	85
Tabla 3.17	Momento de inercia y el módulo de sección de la columnas	87
Tabla 3.18	Rigidez de la columna total y la columna corta N° 1 y N° 2	88
Tabla 3.19	Inestabilidad de tabiques	89
Tabla 3.20	Vulnerabilidad de la estructura, Pabellones 1A, 1B, 1C.	90
Tabla 3.21	Vulnerabilidad de la estructura, Pabellón 4J.	90
Tabla 3.22	Peligro de la estructura	91
Tabla 3.23	Riesgo sísmico de los pabellones de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca.	92

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Fig. 1-1	Anillo de fuego	17
Fig. 1-2	(a) Distribución actual de las placas tectónicas. (b) Tipos de Sismos.	18
Fig. 1-3	(a) Zonas Sísmicas, MTC (2003). (b) Mapa Sísmico de Cajamarca, Instituto Geofísico del Perú.	19
Fig. 1-4	Micro zonificación sísmica de Cajamarca.	20
Fig. 1-5	(a) Edificio escolar típico con fallas, terremoto de Nazca 1996 (b) Falla de columna corta cautiva, costa central del Perú, terremoto de Nazca 1996. (c) Falla generalizada de columna corta con pérdida de altura, terremoto de Atico 2001.	22
Fig. 1-6	(a) Edificio 4F (Derecho y Ciencia Políticas, culminado en el 2003), (b) Edificio 1Q (Escuela de Postgrado, culminado en 1997) (c) Edificio 2D (Agronomía, culminado en 1982)	23
Fig. 1-7	(a) Excavaciones para la construcción del Edificio 1A 1966, Sarmiento J, (2004), (b) Edificio culminado en 1968, Sarmiento J, (2004) (c) Edificio 1A, 2012	24
Fig. 1-8	(a) (b) ventanas pandeadas, (c) (d) grietas (e) (f) grietas (g) (h) deflexiones excesivas controladas con puntales.	25
Fig. 1-9	(a) (b) Fisuras en juntas de construcción, (c) (d) Humedad en losas y muros	27
Fig. 1-10	Matriculados por Escuela en la Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cajamarca.	28
Fig. 1-11	Matriculados por Facultad en los últimos cinco ciclos. Universidad Nacional de Cajamarca,	28
Fig. 1-12	Punto de desempeño de una edificación	37
Fig. 2-1	Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Cajamarca	45

Fig. 2-2	Edificaciones Típicas de la Universidad Nacional de Cajamarca	46
Fig. 2-3	Espectro de diseño de pseudo aceleración	53
Fig. 2-4	Sección rectangular de concreto simplemente reforzado	54
Fig. 2-5	Sección rectangular de concreto simplemente reforzado	55
Fig. 2-6	Sección rectangular de concreto armado sometida a flexo compresión.	57
Fig. 2-7	Esquema de una columna típica.	58
Fig. 2-8	Esquema de Alturas de la columna total y columna corta.	59
Fig. 2-9	Mecanismos de fallas de sistemas aporticados,	61
Fig. 2-10	Operativización de Variables.	70
Fig. 2-11	Reforzamiento del Edificio 1B con pilares de acero	71
Fig. 2-12	Verificación de dimensiones y usos de los ambientes	71
Fig. 2-13	Ensayos de esclerometría.	71
Fig. 3-1	Esquema de la viga principal Pabellón 1A.	76
Fig. 3-2	Esquema de la viga principal Pabellón 1B	77
Fig. 3-3	Esquema de la viga principal Pabellón 1C.	78
Fig. 3-4.	Esquema de la viga principal Pabellón 4J.	79
Fig. 3-5	Esquema de la viga secundaria del Pabellón 1A	80
Fig. 3-6	Esquema de vigas secundarias del Pabellón 1B	81
Fig. 3-7	Esquema de las vigas secundarias del Pabellón 1C	81
Fig. 3-8	Esquema de las vigas secundarias del Pabellón 4J	82
Fig. 3-9	Esquema de las columnas. Pabellón 1A	83
Fig. 3-10	(a) Esquema de columnas, Pabellón 1B. (b) Esquema de columnas, Pabellón 1C. (c) Esquema de columnas, Pabellón 4J.	84
Fig. 3-11	Verificación de la proporción de la capacidad resistente de las vigas y columnas, del Pabellón 1A	86
Fig. 3-12	Verificación de la proporción de la capacidad	86

	resistente de las vigas y columnas, del Pabellón 1B	
Fig. 3-13	Verificación de la proporción de la capacidad resistente de las vigas y columnas, del Pabellón 1C	86
Fig. 3-14	Verificación de la proporción de capacidad resistente de las vigas y columnas, del Pabellón 4J	87
Fig. 3-15	Longitudes de evaluación de la Rigidez.	88
Fig. 4-1	(a) Junta Sísmica entre el Edificio 1A Izquierda y 1A Derecha. (b) Junta Sísmica entre el Pabellón 1A y el 1B (c) y (d) Junta Sísmica entre esclareas y Pabellón 4J.	94
Fig. 4-2	Reforzamiento de los pórticos del pabellón 1B	96
Fig. 4-3	(a) (b) Ventanas del pabellón 1A deformadas por deflexión en vigas secundarias. (b) y (c) Ventanas del pabellón 1B deformadas por deflexión en vigas secundarias.	97
Fig. 4-4	(a) Vista 3D modelo estructural Edificio 1A-Izq, (b) Visto Frontal, (c) Vista posterior	99
Fig. 4-5	(a) Tracción diagonal en una columna corta. (b) Falla de columna corta en edificio de concreto armado de 2 pisos, Nicaragua. Muñoz A, et al (1997)	100
Fig. 4-6	(a) Tabiques sin confinamiento ni junta de construcción, Pabellón 1B. (b) Tabiques con confinamiento y junta de construcción, pabellón 4J. (c) Detalle de junta de construcción, pabellón 4J.	101
Fig. 5-1	Ficha de Reporte Página N° 01	106
Fig. 5-2	Ficha de Reporte Página N° 02	107
Fig. 5-3	Ficha de Reporte Página N° 03	108
Fig. 5-4	Ficha de Reporte Página N° 04	109
Fig. 5-5	(a) Modelo 3D del Pabellón 1A con columnas T y L. (b) Modelo en Planta del Pabellón 1A con columnas T y L	110
Fig. 5-6	Reforzamiento de las columnas del Pabellón 1A	112

Fig. 5-7	Reforzamiento de las columnas del Pabellón 1B.	112
Fig. 5-8	Reforzamiento de las columnas del Pabellón 1C	113
Fig. 5-9	Reforzamiento de las columnas del Pabellón 4J.	113

## RESUMEN

Título : Riesgo sísmico en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional De Cajamarca  
Autor : Mg. Miguel Ángel Mosqueira Moreno  
Asesor : Dr. Segundo Seijas Velásquez  
N° de registro :

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, se ubicada en una zona de alta sismicidad y sobre un suelo de baja resistencia, sus edificaciones son en su mayoría antiguas y deterioradas. Es por ello que es necesario evaluar y predecir cómo se comportaran las edificaciones ante un sismo severo, con el fin de prevenir y mitigar los daños, por eso se ha determinado el riesgo sísmico de la facultad. Para ello se ha realizado un levantamiento arquitectónico, estructural y se determinó la resistencia de elementos portantes usando el esclerómetro. La información recogida permitió realizar modelos para evaluar el comportamiento estructural de las edificaciones, los resultados de estos análisis fueron procesados en fichas donde se obtuvo la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de cada pabellón. Los resultados obtenidos nos determinaron que la Facultad de Ingeniería tiene un riesgo sísmico alto por lo que ante un sismo severo se producirá fallas de columna corta, sus tabiques colapsarán debido a la falta de elementos de arriostre, todo esto llevará al posible colapso de las edificaciones, efecto que podría suceder en todas las edificaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca debido a la similitud de los sistemas estructurales.

*Palabras claves: vulnerabilidad sísmica, peligro sísmico, riesgo sísmico.*

## ABSTRACT

Title : Seismic risk in the buildings of the Faculty of  
Engineering - National University of Cajamarca  
Author : Mg. Miguel Ángel Moreno Mosqueira  
Assessor : Dr. Segundo Seijas Velásquez  
Registration No. :

The Faculty of Engineering, National University of Cajamarca, is located in a zone of high seismicity and soils with low resistance, its buildings are predominantly oldest and deteriorated. That is why it is necessary to evaluate and predict how buildings behave before a severe earthquake, in order to prevent and mitigate damage; it has been determined by the seismic risk of the faculty. This survey has been carried out architectural, structural and resistance was determined using the sclerometer supporting elements. The information collected allowed for models to assess the structural behavior of buildings, the results of these analyzes were processed in chips which it was obtained the vulnerability, hazard and seismic risk of each block. The results we found that the Engineering Faculty has a high earthquake risk so severe in an earthquake will occur short column failures, its walls collapse due to lack of bracing elements, this may lead to collapse of buildings, an effect that could happen in all the buildings of the National University of Cajamarca because of the similarity of structural systems.

*Key words: seismic vulnerability, seismic hazard, seismic risk*

---

---

## **I. INTRODUCCION**

---

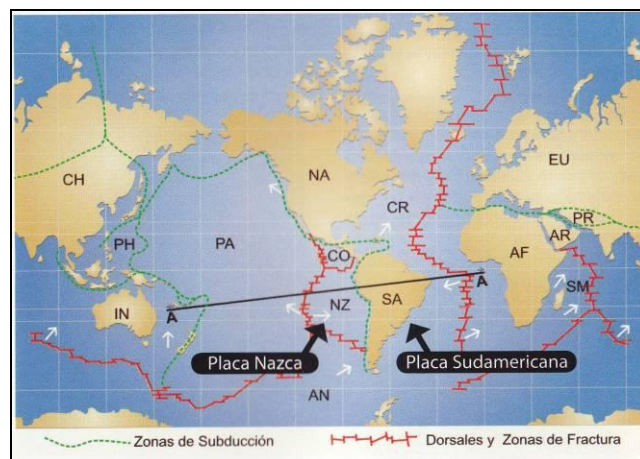
---



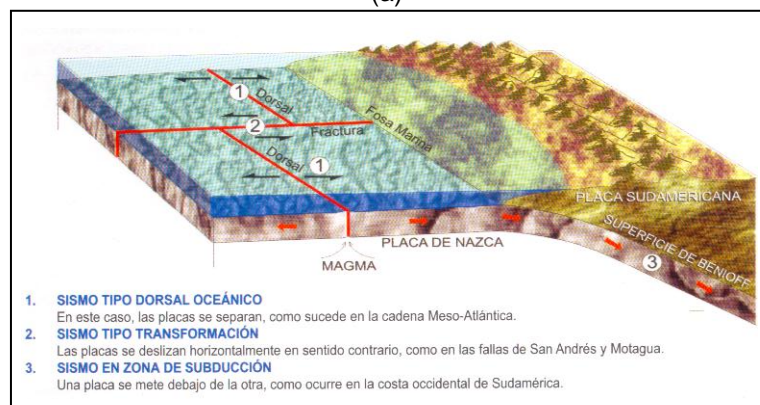
que coincide con círculo de fuego, y zonas de dorsales oceánicas. (Kuroiwa J. y col; 2010:82-87). Ver Fig. 1.02 (a).

Nuestro país se encuentra sobre una región de convergencia tectónica entre las placas Oceánica (Nazca) y Continental (Sudamericana). Esta interacción de placas ocurre en una zona de subducción: las placas se acercan y una se introduce por debajo de otra a razón aproximadamente 9 cm / año, (Kuroiwa J.; 2002:22), Ver Fig. 1-2.

**FIG. 1-2** (a) DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LAS PLACAS TECTÓNICAS  
(b) TIPOS DE SISMOS.



(a)



(b)

**FUENTE:** “Alto a los Desastres”. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Lima, Perú

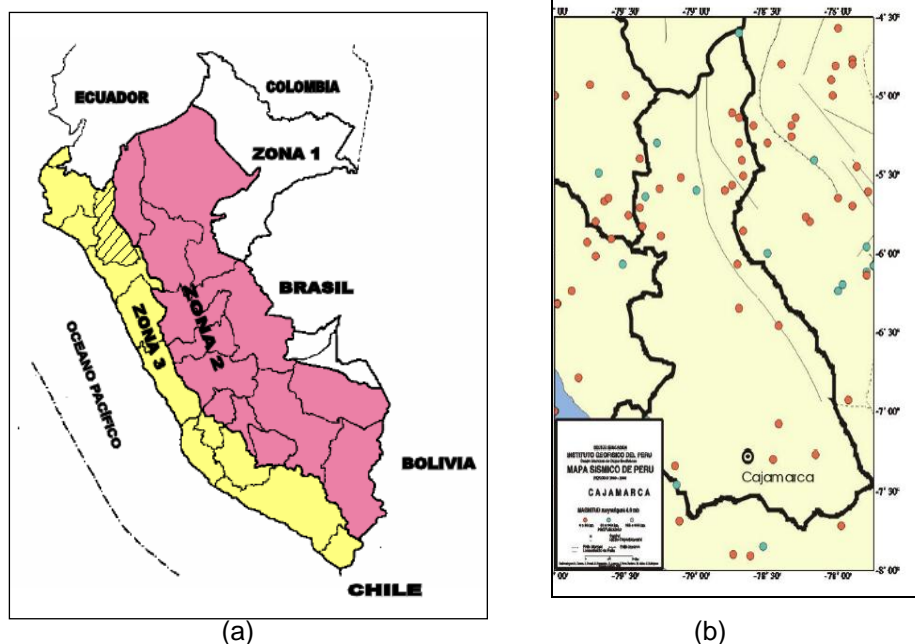
Cajamarca, departamento situado en la zona Nor-oeste del Perú, según el Reglamento Nacional de Construcción NTE- E030 se encuentra

en la zona sísmica 03 (MTC; 2003:6), zona de alta actividad sísmica como se observa en la Fig. 1-3 (a).

En la ciudad de Cajamarca en las últimas décadas no han ocurrido sismos de gran intensidad como se observa en la Fig. 1-3 (b), sin embargo, debido a su formación geológica, naturaleza de sus suelos y presencia volcánica, existe una gran probabilidad de ocurrencia de sismos, cuyos efectos se amplificarían por las características de sus suelos, es por esto que se la considera zona de silencio sísmico.

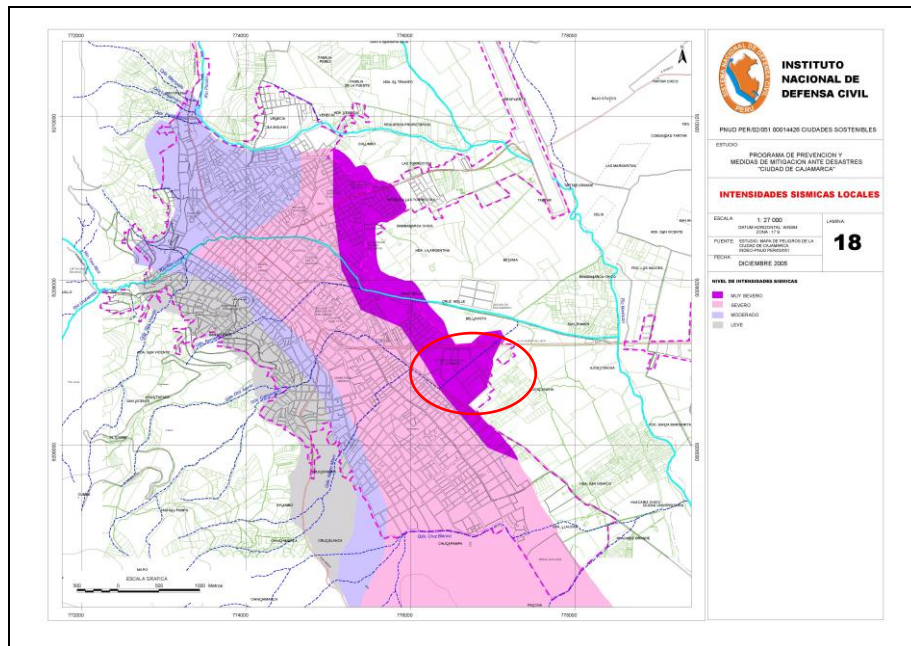
Según los estudios de microzonificación sísmica realizados por el Instituto de Defensa Civil, la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Cajamarca, se encuentra ubicada en una zona de intensidad sísmica muy severa, como se muestra en la Fig. 1-4.

**FIG. 1-3** (a) ZONAS SÍSMICAS, (b) MAPA SÍSMICO DE CAJAMARCA, INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ,



**FUENTE:** (a) Reglamento Nacional de Construcciones NTE-030 de Diseño Sismorresistente (MTC). Lima, Perú (2003)  
(b) Instituto geofísico del Perú. IGP. Mayo 2009  
[[http://www.igp.gob.pe/sismologia/sismo/IGPSIS/sismos\\_reportados.htm](http://www.igp.gob.pe/sismologia/sismo/IGPSIS/sismos_reportados.htm)].

**FIG. 1-4 MICRO ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE CAJAMARCA, INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**



**FUENTE:** PNUD ciudades sostenibles. Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca. INDECI, 2002

Ante la alta sismicidad del país se han generado normativas que intentan evitar daños severos en las edificaciones y pérdida de vidas humanas. En 1970, se publicó uno de los primeros Reglamentos Nacionales de Construcción pero solo hasta 1977 se difunde las normas de diseño sismorresistente, donde se muestra, por primera vez, un mapa de zonificación sísmica del Perú, mapa que ha servido de base para la actual NTE-E030, (MTC; 2003:6).

Pero a pesar de los avances tecnológicos y las nuevas normativas todavía se incurre en errores de diseño, construcción y otros que aumentan la vulnerabilidad de las edificaciones debido a que en muchos lugares no se aplica adecuadamente la normativa y más aún en edificaciones de gran afluencia de personas como colegios, universidades y hospitales.

Estos errores sean vistos reflejados en los daños que han sufrido este tipo de edificaciones pues en los últimos sismos ocurridos en el Perú entre 1971 y 1980, el 47 % de edificaciones que tuvieron que ser reparados y reforzados corresponden a centros educativos. (Kuroiwa J y col; 2010:239). Siendo la causa más importante del daño el efecto de columna corta, como es muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.1. Tipos de Daños de los edificios reparados.

TIPO DE DAÑO	Porcentaje
Columnas corta y otros defectos estructurales	69
Fallas de corte en muros	12,5
Fallas en las uniones de columnas y vigas	5,5
Flexión en muros	5
Baja calidad del concreto	3,5
Fallas en vigas por flexión o corte lateral	3
Impacto entre edificios contiguos	1,5

**FUENTE:** "Alto a los Desastres". Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Lima, Perú. 2010.

Estos daños durante los terremotos más importantes en las edificaciones escolares tradicionales se han originado fundamentalmente, por el pobre desempeño del sistema aporticado longitudinal (Muñoz A., et al 2001:2,3), Fig. 1-5 (a). La falta de rigidez en la dirección más larga desencadena el conocido problema de columna corta cautiva que puede conducir a un daño importante pero reparable o uno tan severo y extendido que no deja posibilidades de reparación, (Muñoz A., et al 2001:3), ver Fig. 1-5 (b), Fig. 1-5 (c).

**FIG. 1-5** (a) EDIFICIO ESCOLAR TÍPICO CON FALLAS, NAZCA 1996.  
(b) FALLA DE COLUMNA CORTA CAUTIVA, DE NAZCA 1996.  
(c) FALLA GENERALIZADA DE COLUMNA CORTA, ATICO 200.



(a)



(b)



(c)

**FUENTE:** “Desempeño Sismorresistente de los Colegios Peruanos Modernos”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima Perú. 2001.

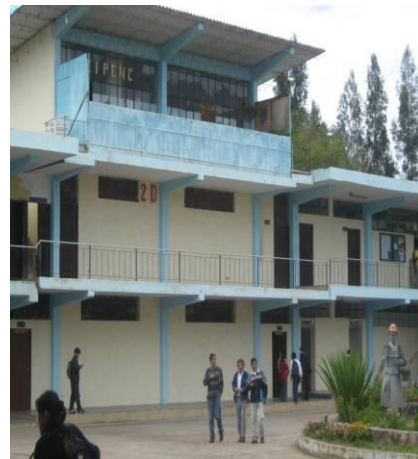
La Universidad Nacional de Cajamarca (en adelante UNC), fue creada el 13 de febrero del año 1963 por Ley N ° 14015, inicialmente se denominaba Universidad Técnica de Cajamarca e inicia su funcionamiento con cuatro facultades: Educación, Agronomía, Ingeniería y Medicina, (Sarmiento J.; 2004:19), en nuestros días cuenta con diez facultades. Sus edificaciones, son en su mayoría, edificios de dos a tres pisos construidos con el sistema tradicional aporricado, es decir un sistema de vigas y columnas con rigidez menor en la dirección más larga, sin o insuficiente espesor de la juntas de construcción entre tabique y sistema portante.

El 30% de las edificaciones que existen actualmente en la ciudad universitaria fueron construidas antes de 1977, por lo que no tienen ningún diseño sismorresistente y las demás edificaciones conservan el mismo sistema tradicional aporticado, incluso aquellas construidas en los últimos diez años, mantienen este sistema estructural con ciertas mejoras en las dimensiones de sus elementos y con la junta de construcción entre tabique y pórticos.

**FIG. 1-6** (a) (b) EDIFICIO 1Q (ESCUELA DE POSTGRADO, CULMINADO EN 1997) (c) EDIFICIO 2D (AGRONOMÍA, CULMINADO EN 1982)



(a)



(b)

La Facultad de Ingeniería es una de las facultades más antiguas de la UNC, fue creada inicialmente como Escuela de Ingeniería el 4 de julio de 1963 comprendía los departamentos de Construcciones y Topografía, Minería y Metalurgia, Sarmiento J. (2004;133-152).

Las edificaciones asignadas a la Facultad de Ingeniería son los edificios 1A, 1B, 1C y 4J. Es importante mencionar que la primera edificación que se construyó en la ciudad universitaria de la UNC fue el pabellón 1A, cuyo diseño y ejecución estuvo a cargo de los alumnos de la Escuela de Ingeniería, como se muestra en la Fig.1-7. (a) y (b).

**FIG. 1-7** (a) EXCAVACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO 1A 1966, ,  
(b) EDIFICIO CULMINADO EN 1968, SARMIENTO J, (2004;5) (b) EDIFICIO 1A, 2012



(a)



(b)



(c)

**FUENTE:** (a) y (b) "Atlas Histórico de la Universidad Nacional de Cajamarca".  
Oficina general de Investigación-UNC. 2004.

Las edificaciones 1A, 1B y 1C son las más antiguas de la UNC y se encuentran en mal estado, se puede observar: ventanas pandeadas, fisuras, grietas, asentamientos diferenciales, acero expuesto y corroído, entre otras fallas, como se observa en las figuras Fig. 1-8.

En el edificio 4J con una antigüedad menor a cuatro años a la fecha, se observa una junta de construcción insuficiente entre tabiques y pórticos, fisuras en la unión tabique pórtico y humedad en muros y losas, Fig. 1-9. Debido a que esta edificación tiene menos de 5 años de antigüedad, no se puede determinar las deflexiones, asentamientos, ni los efectos que éstas puedan producir.

**FIG. 1-8** (a) (b) VENTANAS PANDEADAS, (c) (d) GRIETAS (e) (f) GRIETAS (g) (h) DEFLEXIONES EXCESIVAS CONTROLADAS CON PUNTALES.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

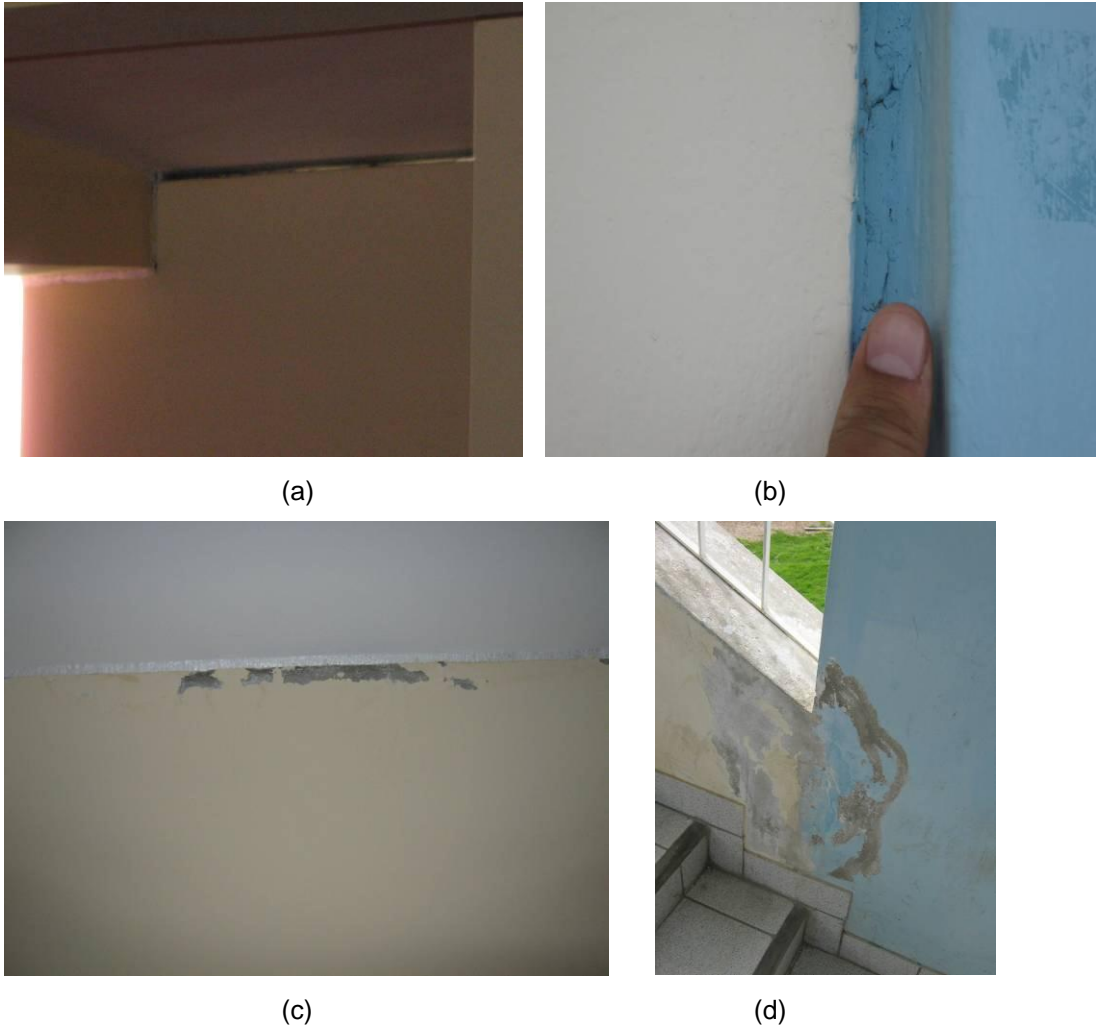


(g)



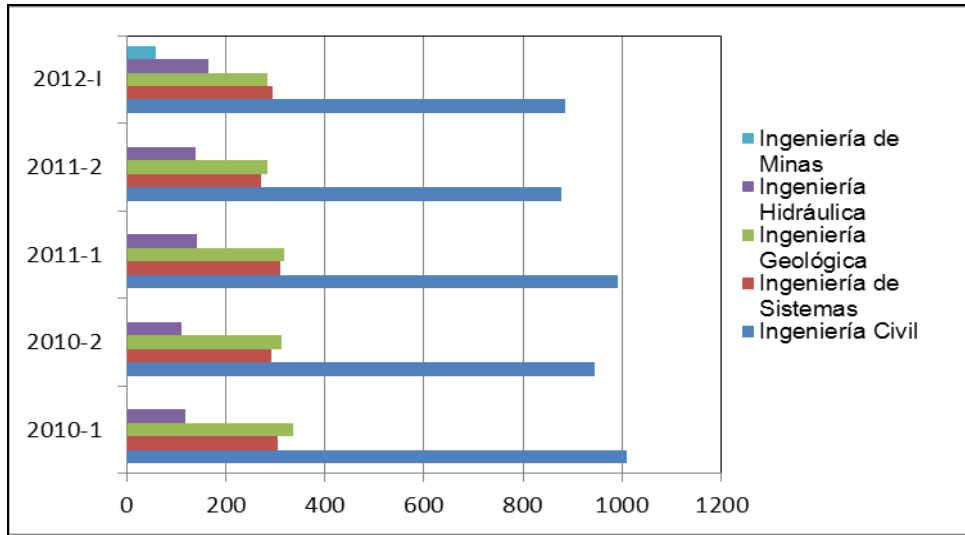
(h)

**FIG. 1-9** (a) (b) FISURAS EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN, (c) (d) HUMEDAD EN LOSAS Y MUROS



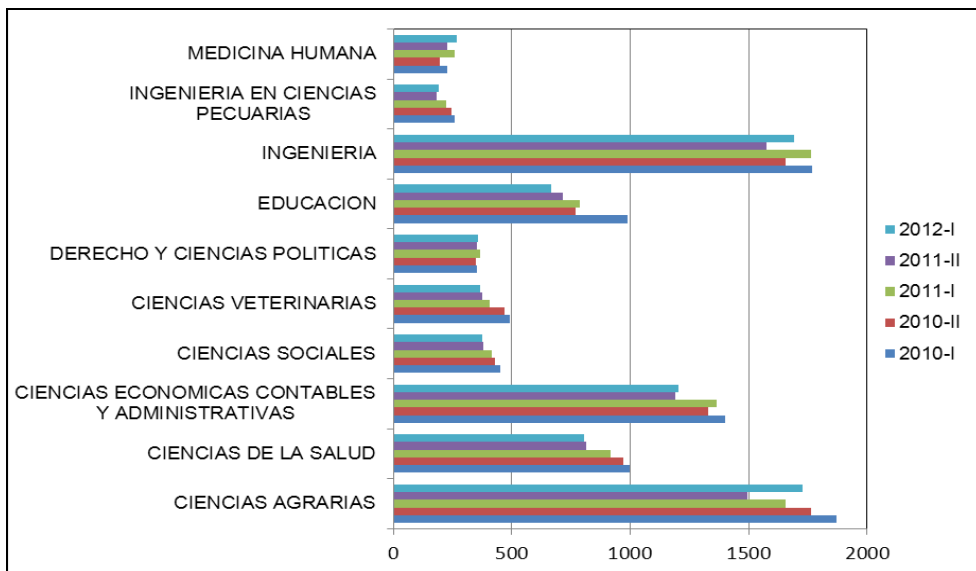
La Facultad de Ingeniería es una de las facultades más grandes de la UNC, alberga aproximadamente a más del 20 % de la población universitaria 1690 estudiantes (según la oficina de registros de la UNC, matrícula 2012-I), Fig. 1-11. La Facultad de ingeniería está conformada por las escuelas profesionales de Ingeniería Civil, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Geológica, Ingeniería Hidráulica y las creadas Ingeniería de Minas e Ingeniería Metalúrgica, ver Fig. 1-10.

**FIG. 1-10** MATRICULADOS POR ESCUELA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**FUENTE:** Universidad Nacional de Cajamarca, diciembre 2011  
 [http://www.unc.edu.pe].

**FIG. 1-11** MATRICULADOS POR FACULTAD EN LOS ÚLTIMOS CINCO CICLOS



**FUENTE:** Universidad Nacional de Cajamarca, diciembre 2011  
 [http://www.unc.edu.pe].

Ante los problemas existentes en las edificaciones que albergan a los estudiantes de Ingeniería, existe gran preocupación, pues esto constituye una situación de riesgo para los estudiantes la Facultad de Ingeniería. Es

por ello que es importante determinar y predecir cómo se comportarán estas edificaciones durante un sismo, con el fin de evitar pérdidas económicas y de vidas humanas que pueden darse durante un sismo.

Una forma de determinar los posibles daños que las edificaciones sufrirán durante un sismo, es determinar la vulnerabilidad, el peligro y el riesgo sísmico.

Pues la vulnerabilidad sísmica es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones realizadas por el hombre durante un sismo y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción, (Kuroiwa J; 2002:5).

El peligro sísmico es la probabilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo definido, (Bommer J. et al; 1998:5).

El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica, (Bonett R.; 2003:19), (Barbart A.; 1998:231). También, el riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como:  $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$ , (Kuroiwa J.; 2002:66).

### **Estado del arte**

Entre los estudios para determinar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico, así como investigaciones realizadas para disminuir los efectos sísmicos en las edificaciones, mencionaremos las de mayor relevancia.

- Bonett R. (2003: 411-426) en su tesis doctoral, realizó un estudio de Vulnerabilidad y riesgo sísmico. Aplicación a entornos urbanos en

zonas de amenaza alta y moderada. En la investigación se concluyó que no existe un método apropiado que proporcione resultados óptimos, por lo que es necesario analizar los métodos a la luz de la información sísmica y estructural disponible, así como a la luz de los objetivos del estudio de riesgo. Además afirmó que el método propuesto por el ATC-40 puede dar una idea del desempeño sísmico del comportamiento dinámico de estructuras de múltiples grados de libertad, sin embargo para estructuras cuyos modos de vibración son más significativos este método conocido como “pushover” no es adecuado usarlo.

- Safina S. (2002: 234-238) en su tesis doctoral realizó un estudio de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de las edificaciones esenciales, llegando a las siguientes conclusiones: Los daños que se observan en edificaciones esenciales ponen en manifiesto un balance negativo en su comportamiento sísmico ante las acciones de sismos moderados. Además existe una gran problemática pues no hay metodologías en los códigos sísmicos para proteger las edificaciones esenciales. Afirmó también que no existe una metodología específica para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones esenciales, pudiendo usar cualquier método de evaluación tradicional.
- Lantada N. (2007: 179-183) en su tesis doctoral, realizó una Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS aplicándolo a la ciudad de Barcelona, en dicha investigación llegó a las siguientes conclusiones: los edificios de mampostería altos son los que sufren mayor daño ante un sismo mientras que los bajos sufren menos daño que los edificios de hormigón armado de la misma clase. Finalmente afirma que la vulnerabilidad de los edificios de Barcelona es entre moderada y alta.
- Nena U. (2002: 180-184) en su tesis doctoral evaluó el riesgo sísmico en zonas urbanas, llegando a las siguientes conclusiones: La vulnerabilidad de los edificios de la ciudad de Barcelona se encuentra entre moderada y alta, debido a la falta de aplicación de normas

sísmicas, a la edad de los edificios y a una falta de cultura sísmica. Esto se debe a la moderada peligrosidad sísmica de Cataluña que lleva a la normatividad sísmica actual española a obviar sus aplicaciones a esta ciudad. En consecuencia el escenario de daño sísmico esperado en la ciudad de Barcelona para una intensidad VI es preocupante dándose un índice de daños superior al 15% para el 20% de los edificios de la ciudad.

- Pérez E. (2005: 65-69) en su tesis magistral, analizó la vulnerabilidad sísmica estructural del barrio San Antonio en la Zona 6 de Guatemala, llegó a los siguientes resultados que de cada 100 estructuras existentes en el barrio san Antonio de la ciudad de Guatemala evaluadas, 24 de ellas son susceptibles de sufrir daños en más del 66% de su área construida, lo que equivale a 234 estructuras con posibilidad de daños severos de un total de 971 estructuras evaluadas en el sector. De las 234 viviendas con daños severos, se estima que 594 personas deberán ser evacuadas, y se esperan 737 personas heridas.
- Astorga M. et al (2006: 70-72) en su tesis magistral evaluó el riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas, llegando a las siguientes conclusiones: existen actualmente alrededor de 41000 centros educativos en el país. El 48% de los edificios escolares son construcciones de tierra, el 37% son de concreto armado - albañilería, y el 8% de madera. Los resultados de este trabajo indican que las edificaciones de adobe quedarían con daño irreparable a partir de una intensidad VII+ MM, mientras que los edificios de concreto-albañilería construidos antes de 1997 serían irreparables a partir de IX- MM. Para los edificios de concreto-albañilería recientes, se obtuvo como umbral inferior de daño irreparable una intensidad X-MM.
- Tarque N. y Mosqueira M. (2005: 121-123), en su tesis magistral desarrollo una metodología para determinar el riesgo sísmico de viviendas informales de albañilería confinada. Esta metodología fue

aplicada a una muestra de 270 viviendas distribuidas en 5 ciudades de la costa peruana (Chiclayo, Trujillo, Lima, Ica y Mollendo). Se concluyó que el 72% de las viviendas informales analizadas tiene vulnerabilidad sísmica alta, el 18% vulnerabilidad sísmica media y el 10% vulnerabilidad sísmica baja. Esta metodología está siendo utilizada con el fin de obtener el Riesgo sísmico de edificaciones de albañilería en las ciudades de Huaraz, Arequipa y Cajamarca.

- Samaniego L y Ríos J. (2004: 85-96), en su tesis realizaron un estudio de vulnerabilidad sísmica del distrito del Rímac – Lima Perú. Con los siguientes resultados en el Sector Salud, el distrito presenta una alta vulnerabilidad sísmica, con notoria vulnerabilidad estructural (Puesto de Salud los Ángeles), vulnerabilidad no estructural (Centro de Salud Villacampa), y vulnerabilidad funcional (Centro de Salud Ciudad y Campo), el Ministerio de Salud, el Municipio y la Comunidad los responsables de tomar las medidas preventivas de manera inmediata. En el Sector Educativo, se encontraron diversos problemas constructivos, por ejemplo, la Institución Educativa N° 2063 ha sido construida sobre relleno, lo que significa un alto riesgo para sus alumnos y para la población, ya que no podría cumplir su función de zona de refugio temporal.
- Tafur E. y col. (2006: 63-69) en su tesis realizaron un estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca, llegando a los siguientes resultados: El 69% de las viviendas cajamarquinas tienen una vulnerabilidad sísmica alta, el 19% tienen una vulnerabilidad sísmica media y el 12% una vulnerabilidad sísmica baja. De las viviendas de adobe el 95.83% tienen vulnerabilidad sísmica alta y el 4.17% con bajo nivel de vulnerabilidad sísmica baja. Mientras que las viviendas de tapial el 16.67% tienen vulnerabilidad sísmica alta, el 66.67% tienen una vulnerabilidad sísmica media y el 16.67% vulnerabilidad sísmica baja. Las viviendas de albañilería de ladrillo de arcilla confinada tienen un 74.14 % de vulnerabilidad alta, el 12.07 % vulnerabilidad media y el 13.79 % vulnerabilidad Baja.

- El INDECI–PNUD en el Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca (2005:234-237), identificó los peligros que afectan a los centros educativos, Universidades e Institutos de la ciudad de Cajamarca, llegando a las siguientes resultados: el 9% están sometidos a un peligro sísmico muy severo, el 60% tienen un peligro sísmico severo, el 27% peligro sísmico moderado y 4 % peligro sísmico leve. En lo referente al peligro de inundaciones se concluyó que el 4% se encuentran ubicados en una zona de mayor inundación, el 24% en una zona de menor inundación y el 72% no tiene ningún peligro de inundación. En lo referente al peligro de deslizamiento se identificó que el 29 % está ubicado en estas zonas.
- Bardales W. (2010:101-110) en su tesis determinó el desempeño sismorresistente del edificio 2B de la Universidad Nacional de Cajamarca, obtuvo los siguientes resultados: ante un sismo severo el daño estructural en la edificación varía de moderado a elevado, sus elementos sufrirán grietas; pero ante un sismo muy raro, las columnas perderán su capacidad de carga y la edificación colapsará.

### **Justificación**

Observando que las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la UNC son antiguas, están ubicadas en una zona de alta peligrosidad sísmica y han sido construidas sin ningún criterio sísmico se plantea tres tipos de justificaciones para realizar este proyecto:

- **Justificación Práctica**  
La Facultad de Ingeniería de la UNC se encuentra ubicada en una zona de alta sismicidad, sus edificaciones en su mayoría tienen una antigüedad mayor a 30 años y se encuentran muy deterioradas. Esto significa que las edificaciones de la Facultad de Ingeniería son inseguras y es posible que durante un sismo severo (aceleración sísmica de 0,4g) estas colapsen, ocasionando daños materiales y

pérdida de vidas humanas. Es por ello que esta investigación intenta cumplir con las tres funciones de la ciencia describir el estado actual de los edificios de la facultad de ingeniería, explicar las fallas que se producen en ellos y predecir su comportamiento ante un sismo. Para cumplir ello es necesario determinar, el grado de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico al que están sometidos.

- Justificación Teórica

Con el fin de determinar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la UNC, se evaluará una serie de aspectos establecidos en la NTE-030. En esta norma se plantea lo siguiente:

*“La filosofía del diseño sismorresistente consiste en:*

- a. Evitar pérdidas de vidas*
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos*
- c. Minimizar los daños a la propiedad.”* (MTC; 2003: 4).

Y en concordancia con ésta filosofía se establecen los siguientes principios para el diseño:

*“Principios del diseño sismorresistente:*

- 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.”* (MTC; 2003: 4-5).

El comportamiento sísmico de las edificaciones mejora cuando se observan las siguientes condiciones (NTE-030)

- *“Simetría, tanto en la distribución de masas como en las rigideces.*
- *Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.*

- *Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.*
- *Resistencia adecuada.*
- *Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.*
- *Ductilidad.*
- *Deformación limitada.*
- *Consideración de las condiciones locales.*
- *Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.”*  
(MTC; 2003: 11-12).

Como parte de la evaluación a realizar, se considerará los siguientes paradigmas:

- *“Muchos errores en ingeniería se originan como fallas de configuración. Una adecuada configuración estructural y geometría permiten un adecuado comportamiento”,* (Christopher A; 1987: 62).
- *“Se debe proveer de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales sísmicas para que una edificación no colapse ante un sismo”,* (MTC; 2003: 12).

Es por ello que es importante realizar esta investigación con el fin de verificar el cumplimiento de los principios, teorías y paradigmas fundamentales en el buen comportamiento sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la UNC, para ello determinaremos el riesgo sísmico de dichas edificaciones, pues si su riesgo sísmico es alto esto significará que las edificaciones colapsarán ante un sismo severo, debido a que las edificaciones no cumplen con la filosofía, principios, teorías y paradigmas de la ingeniería sismorresistente.

- **Justificación Metodológica**  
Para la realización de estudios de análisis de vulnerabilidad sísmica de una Construcción, la literatura internacional presenta diversos

métodos, pero los más usados para edificaciones de tipo educacional en el Perú son:

**Método Japonés, o metodología Indicial de Hirosawa;** se basa en el análisis del comportamiento sísmico de cada piso del edificio en las direcciones principales de la planta. El método fue propuesto para ser utilizado en edificios de concreto armado de altura media existentes o dañados, del orden de seis a ocho pisos estructurados con muros o pórticos. Este método es usado por la Organización Panamericana de la Salud para determinar la vulnerabilidad estructural de los hospitales, la vulnerabilidad se establece considerando que:

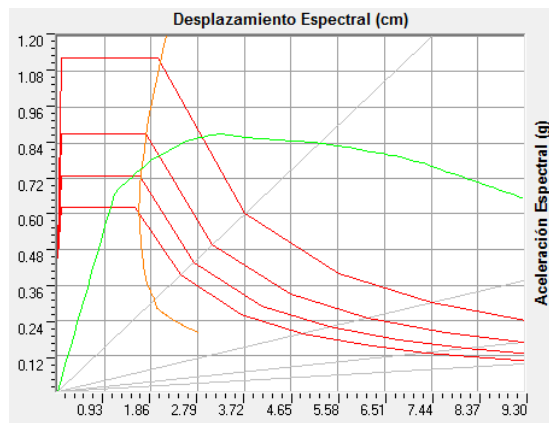
- Si  $I_s \geq I_{so}$  se puede considerar que el edificio tiene un comportamiento sísmico seguro frente a un evento sísmico.
- Si  $I_s < I_{so}$  se puede considerar que el edificio tiene un comportamiento incierto frente a un evento sísmico y, por lo tanto, se considera como inseguro.

Siendo  $I_s$  índice que esta en función del comportamiento estructural ( $E_o$ ), de la configuración estructural ( $SD$ ) y deterioro de la edificación ( $T$ ).  $I_{so}$  índice que esta en función de la resistencia básica requerida ( $E_{so}$ ), Factor de zona sísmica ( $0,5 \leq Z \leq 1$ ), factor de influencia de la zona topográfica ( $G$ ), factor de importancia por uso del edificio ( $U$ ).

El inconveniente de esta metodología es que utiliza la normativa japonesa, cuyos coeficientes difieren de nuestra norma peruana, tan solo por dar un ejemplo el factor de zona sísmica en el reglamento nacional de edificaciones, Norma Técnica de Edificaciones NTE-030, de diseño sismo resistente, el factor  $Z$  puede tomar los valores de 0,4; 0,3 o 0,15 dependiendo de la zona sísmica, en cambio en la normativa japonesa toma valores mayores a 0,5 pero menores a 1.

**Método basado en la comparación de la demanda sísmica versus la resistencia sísmica, también llamada nivel de desempeño.** Este método permite evaluar el desempeño sísmico de las edificaciones escolares según la propuesta del comité VISION 2000 o del Applied Technology Council (ATC-40). El método consiste en comparar el espectro de capacidad de la estructura con el espectro de la demanda sísmica para identificar el punto de desempeño, donde la capacidad y la demanda se igualan, permitiendo estimar la respuesta máxima de la edificación, la cual servirá de base para compararla con el nivel de desempeño esperado.

**FIG. 1-12 PUNTO DE DESEMPEÑO DE UNA EDIFICACIÓN**



**FUENTE:** "Desempeño sismorresistente del edificio 2B de la Universidad Nacional de Cajamarca" Cajamarca 2010.

Para determinar el espectro de la demanda sísmica, lo realiza para diferentes tipos de sismos, teniendo en cuenta su probabilidad de excedencia.

**TABLA 1.2 MOVIMIENTO SÍSMICO DE DISEÑO**

Movimiento sísmico de diseño	Intervalo de ocurrencia	Probabilidad de excedencia
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en un 50 años
Muy Raro	950 años	10% en 100 años

**FUENTE:** "Vision 2000 - A Framework for Performance Based Earthquake Engineering".

En este método se relaciona el nivel de daño y el desempeño a través del siguiente tabla.

**TABLA 1.3 ESTADO DE POSIBLES DAÑOS Y NIVELES DE DESEMPEÑO**

Estado de daño	Nivel de Desempeño	Características principales
Despreciable	Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
Ligero	Operacional	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
Moderado	Seguridad	Daños moderados. La estructura sufre daños pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse.
Severo	Pre-Colapso	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.
Completo	Colapso	Colapso estructural

**FUENTE:** "Vision 2000 - A Framework for Performance Based Earthquake Engineering".

El inconveniente de esta metodología es que utiliza la normativa Estadounidense, la cual no se logra ajustar al Reglamento Nacional de Edificaciones ni menos a la realidad peruana. Tan solo para dar un ejemplo, la normativa Norteamérica en el diseño de los elementos de concreto utiliza diferentes factores de amplificación de carga y factores de reducción de resistencia, además de tener diferentes zonificación sísmicas.

Como podemos observar las metodologías empleadas para determinar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de edificaciones educacionales, no se ajustan a lo exigido en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Por lo que en esta investigación se adaptará la metodología planteada por el Dr. Blondet en el año 2005 en la Pontificia Universidad Católica, la cual es usada para estimar el riesgo sísmico de edificaciones de albañilería confinada. Se eligió esta metodología debido a su difundido uso en el Perú, siendo incluso enseñado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci; 2006: 448-466) en su Programa de Capacitación para la Estimación del Riesgo – PCER.

Para adaptar esta metodología usaremos los criterios recomendados en el Reglamento Nacional de Construcciones peruano, para el análisis y diseño de edificaciones de tipo aporticadas.

El problema que se desea resolver es: ***¿Cuál es el riesgo sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca?***

### **Misión y Visión.**

La visión que se tiene con la realización de esta investigación es de determinar las posibles fallas que puedan ocurrir durante un sismo severo en las edificaciones de la facultad de ingeniería de la UNC, con el fin de proponer reforzamientos de las estructuras antiguas y plantear configuraciones estructurales adecuadas futuras edificaciones.

La misión que se tiene con esta investigación es de plantear una metodología basada en los Reglamentos vigentes en el Perú para determinar el riesgo sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la UNC. Para ello se sistematizará y analizará las variables

más importantes en el comportamiento de las estructuras de tipo aporticadas.

### **Hipótesis**

Las Hipótesis que se plantea como posibles soluciones al problema son:

#### **Hipótesis General:**

- El riesgo sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca es alto debido a su vulnerabilidad y peligros altos.

#### **Sub Hipótesis:**

- El Peligro sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca es alto debido a su alta sismicidad, tipo de suelo y la topografía existente.
- La vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca es alta debido a su inadecuado comportamiento sísmico, estado actual y estabilidad de tabiques.

### **Objetivos**

Los objetivos que se plantean para el desarrollo de la investigación son:

#### **Objetivo General:**

- Determinar el riesgo sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, determinando en función de la vulnerabilidad y el peligro sísmico.

#### **Objetivos Específicos:**

- Determinar el Peligro sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC.

- Determinar la sismicidad probable de la zona donde se ubican las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC.
- Determinar el tipo de suelo de la zona donde se ubican las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC.
- Determinar la topografía de la zona donde se ubican las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC.
- Determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC.
- Determinar el comportamiento sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC.
- Determinar estado actual de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC
- Determinar la estabilidad de los tabiques de la Facultad de Ingeniería – UNC.

**TABLA 1.4. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PROBLEMA	MATRIZ DE CONSISTENCIA		Variables
	OBJETIVOS GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	
¿Cuál es el riesgo sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca?	Determinar el riesgo sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca	El riesgo sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca es alto debido a su vulnerabilidad y peligros altos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vulnerabilidad Sísmica</li> <li>- Peligro Sísmico</li> </ul>
	ESPECIFICOS	SUB HIPOTESIS	
	Determinar el Peligro sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería - UNC		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sismicidad</li> <li>- Tipo de suelo</li> <li>- Topografía</li> </ul>
¿Cuál es el Peligro sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca?	Determinar la sismicidad probable de la zona donde se ubican las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC	El Peligro sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca es alto debido a su alta sismicidad, tipo de suelo y su topografía	- Zona sísmica
	Determinar el tipo de suelo de la zona donde se ubican las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC.		- Tipo de suelo
	Determinar la topografía de la zona donde se ubican las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC.		- Pendiente de la zona donde se ubica la edificación.

	<p>Determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería - UNC</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comportamiento sísmico de las edificaciones.</li> <li>- Estado Actual de las edificaciones.</li> <li>- Estabilidad de los tabiques de las edificaciones.</li> </ul>
<p>¿Cuál es la vulnerabilidad sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca?</p>	<p>Determinar el comportamiento sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC</p> <hr/> <p>Determinar estado actual de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC</p> <p>Determinar la estabilidad de los tabiques de la Facultad de Ingeniería – UNC.</p>	<p>La vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca es alta debido a su inadecuado comportamiento sísmico, estado actual y estabilidad de tabiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazamientos relativos de entepiso y espesor de la junta sísmica</li> <li>- Resistencia de las vigas</li> <li>- Resistencia de las columnas</li> <li>- Tipo de falla de la edificación</li> <li>- Falla por columna corta</li> <li>- Deflexiones excesivas.</li> <li>- Humedad en muros.</li> <li>- Grietas y fisuras.</li> <li>- Estabilidad de tabiquería</li> </ul>

**FUENTE:** Elaboración Propia

---

---

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

---

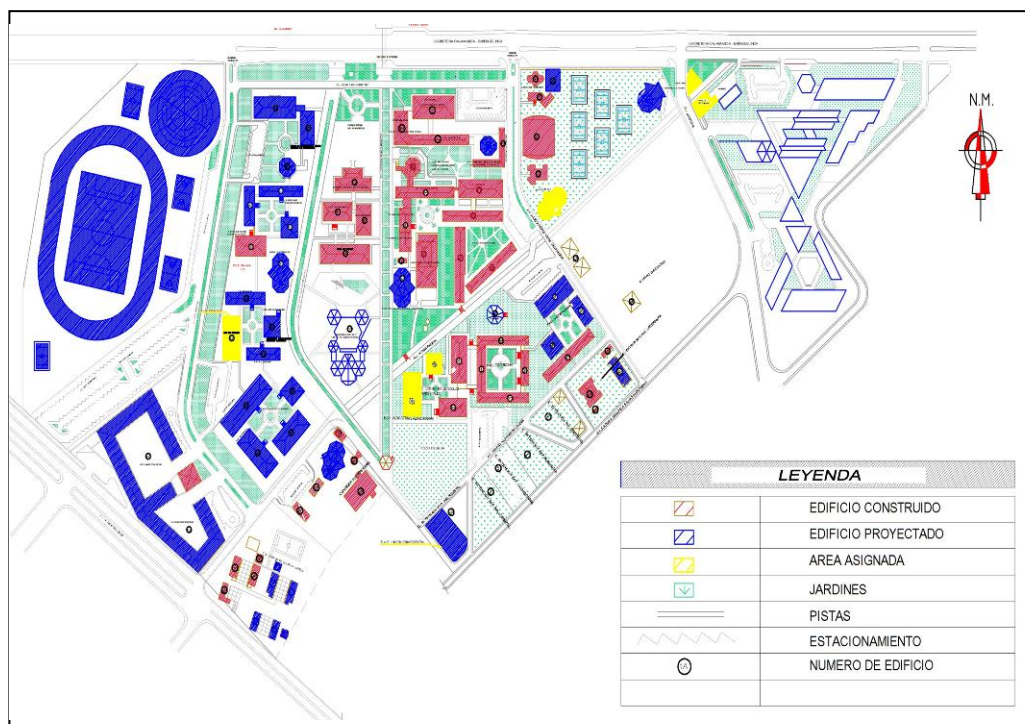
---

## 2.1. Material

### 2.1.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por los edificios que conforman los 50 pabellones de la Universidad Nacional de Cajamarca, Ver Fig. 2-1. Los edificios tienen características comunes, en su mayoría son edificaciones de 2 a 3 niveles con un sistema estructural aporticado, tradicional de edificios educacionales, con columnas y vigas rectangulares por lo que los pórticos tienen mayor rigidez en una dirección, usualmente en la dirección más corta de la edificación y en su mayoría los tabiques no están aislados del sistema estructural portante.

**FIG. 2-1** CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



**FUENTE:** Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

**FIG. 2-2** EDIFICACIONES TÍPICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



#### 2.1.2. Muestra:

La selección de la muestra se realizó empleando un muestreo no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia y está constituida por los edificios que conforman los pabellones 1A, 1B, 1C y 4J, edificaciones asignadas para desarrollar labores académicas y administrativas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

El pabellón 1A es el pabellón emblemático de la Universidad Nacional de Cajamarca pues fue la primera edificación que se construyó en su ciudad universitaria, está conformado por dos edificaciones de tres pisos, tiene un área construida total de 2008 m<sup>2</sup> y su construcción concluyó en 1967.

El pabellón 1B es el segundo edificio más antiguo de la Universidad Nacional de Cajamarca, está conformado por una edificación de dos pisos y tiene un área construida de 1070 m<sup>2</sup>, su construcción concluyó en 1969.

El pabellón 1C también es uno de los edificios más antiguos de la Universidad Nacional de Cajamarca, está conformado por una edificación de tres pisos y tiene un área construida de 600 m<sup>2</sup>, su construcción concluyó en 1974.

El Pabellón 4J es uno de los edificios de más reciente construcción de la Universidad Nacional de Cajamarca, está conformado por una edificación de tres pisos y tiene un área construida de 1920 m<sup>2</sup>, su construcción concluyó en el 2008.

Los diseños y la ejecución de los Pabellones 1A y 1B estuvieron a cargo de los alumnos de la Escuela de Ingeniería de la época. Mientras los diseños y la ejecución del Pabellón 1C y 4J estuvieron a cargo de empresas cajamarquinas.

Las edificaciones de los pabellones 1A, 1B y 1C, son edificios de tipo aporticados tradicionales de uso educativo cuyos pórticos están conformados por vigas y columnas con una sección transversal rectangular, con muros de albañilería sin junta de construcción entre albañilería y pórticos.

El pabellón 4J se diferencia de los otros pabellones en las dimensiones más robustas de sus elementos portantes columnas y vigas, además de tener muros de albañilería confinados y aislados del sistema portante con junta de construcción entre albañilería y pórticos

### 2.1.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis se consideró a las edificaciones que conforman cada pabellón de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, edificaciones aporticadas.

## 2.2. Método

Se empleó el método inductivo, pues a partir de la observación de los hechos particulares obtenemos proposiciones generales, pues este

método es aquél que establece un principio general una vez realizado el estudio y análisis de hechos y fenómenos en particular.

### 2.2.1. Tipo de estudio

La tesis es de tipo descriptiva, explicativa y predictiva, pues se evalúa las características generales que tienen las edificaciones, se interpreta y explica su comportamiento de las edificaciones ante un sismo severo y es predictiva pues revela el estado final ante un sismo severo de las edificaciones que conforman los pabellones de la Facultad de Ingeniería de la UNC.

### 2.2.2. Diseño de investigación

En este trabajo se aplicó una metodología basada en la ecuación propuesta por Kuroiwa J. (2002:5), dicha ecuación fue fundamentada y aplicada para edificaciones de albañilería confinada por Tarque N. y col (2005:31-45) y permite calcular de manera numérica la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico, para luego asignarle una calificación de buena, regular o mala. En esta investigación se adaptó dicha metodología a edificaciones de tipo aporticadas, principalmente en el aspecto referente al comportamiento estructural, pues las edificaciones aporticadas se comportan y tienen diferentes elementos estructurales resistentes que las edificaciones de albañilería confinada.

$$\text{Riesgo Sísmico} = 0,5 \times \text{Peligro Sísmico} + 0,5 \times \text{Vulnerabilidad Sísmica} \quad (1)$$

Para determinar la vulnerabilidad sísmica se ha analizado la vulnerabilidad estructural y la vulnerabilidad no estructural, según lo sugerido por Kuroiwa J. (2002:5). La vulnerabilidad estructural se estimó en función del comportamiento sísmico y el estado actual de la edificación. La vulnerabilidad no estructural se estimó en función de la

estabilidad de tabiques, estos parámetros han sido adaptados para edificaciones aporticadas de la propuesta realizada por Tarque N., y col (2005: 45) para edificaciones de albañilería confinada.

El comportamiento sísmico debido a la complejidad de los sistemas estructurales de tipo aporticado, se ha determinado usando programas computacionales para evaluar las distorsiones angulares y verificar si las secciones de las vigas y columnas existentes son las adecuadas, el programa computacional usado fue el Sap 2000 versión 15, programa creado por Computes and Structures, INC 1995, Univesity Ave. Berkeley CA.

El análisis del comportamiento se basa en lo especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, la norma técnica de edificaciones (NTE): NTE-020 de Cargas, la NTE-030 de diseño sismorresistente y NTE-060 de diseño de concreto; para ello se determina las cargas muertas, vivas y de sismo a la cual estará sometida la edificación y cuál es la capacidad resistente de sus elementos ante estas cargas. Se usa estas normativas pues son las que actualmente se encuentran vigentes en el Perú habiendo tenido su última modificación en el año 2009, además se ha observado que el inconveniente de otras metodologías es que no se ajustan a esta normatividad peruana.

El inconveniente del uso del Reglamento Nacional de Edificaciones para determinar el análisis de estructuras, es su poca difusión en su uso para el análisis de estructuras, siendo únicamente usado para el diseño de estructuras nuevas. Además para ser usado en el análisis de estructuras es necesario tener conocimientos profundos de temas a fines con el fin de interpretarlo y aplicarlo, es por ello que en esta investigación extraeremos los ítems más importantes para su aplicación en la evaluación del comportamiento estructural, que nos permita finalmente determinar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico.

En la que NTE-030 se establece la ecuación para calcular la pseudo aceleración sísmica, la cual nos permite simular un sismo a través de un espectro de pseudo aceleración, (MTC; 2003: 23)

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R} \cdot g \quad (2)$$

Dónde:

Z = Factor de zona (Tabla 2.01)

U = Factor de uso (Tabla 2.02)

S = Factor de suelo (Tabla 2.03)

C = Factor de amplificación sísmica

R = Factor de reducción por ductilidad (Tabla 2.04)

g = aceleración de gravedad

El factor de zona se asignó según la zona sísmica en la cual se ubica la edificación, este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.

**TABLA 2.1 FACTORES DE ZONA (Z)**

ZONA	(Z)
3	0,4
2	0,3
1	0,14

**FUENTE:** Tabla N° 01 “Reglamento Nacional de Construcciones NTE-030 de Diseño Sismorresistente”. Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Lima, Perú, 2003.

El factor de uso e importancia (U) está definido de acuerdo a la categoría de la edificación propuesta en la NTE-030.

**TABLA 2.2 FACTORES DE IMPORTANCIA (U)**

Categoría	Descripción	Factor U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	Se omite el análisis por fuerzas sísmicas

**FUENTE:** Tabla N° 03 “Reglamento Nacional de Construcciones NTE-030 de Diseño Sismorresistente”. Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Lima, Perú, 2003.

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los tipos de perfiles de suelos definidos en la NTE-030 son (MTC; 2003: 8-10):

**TABLA 2.3 PARÁMETROS DEL SUELO**

Tipo	Descripción	Periodo de Vibración del Suelo (Tp)	Factor de suelo
S1	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1,0
S2	Suelos intermedios	0,6	1,2
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4
S4	Condiciones excepcionales	serán establecidos por especialistas	

**FUENTE:** Tabla N° 02 “Reglamento Nacional de Construcciones NTE-030 de Diseño Sismorresistente”. Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Lima, Perú, 2003.

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R) se selecciona según el sistema estructural y los materiales usados en la edificación.

**TABLA 2.4 SISTEMAS ESTRUCTURALES**

Sistema Estructural	Coeficiente de Reducción, R Para estructuras regulares
Acero	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos	9,5
Otras estructuras de Acero	
Arriostres Excéntricos	6,5
Arriostres en Cruz	6
Concreto Armado	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera (por Esfuerzo Admisibles)	7

**FUENTE:** Tabla N° 06 “Reglamento Nacional de Construcciones NTE-030 de Diseño Sismorresistente”. Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Lima, Perú, 2003.

El Factor de Amplificación dinámica se determinó mediante la siguiente expresión (MTC; 2003: 10):

$$C = 2,5 \left( \frac{T_p}{T} \right); C \leq 2,5 \quad (3)$$

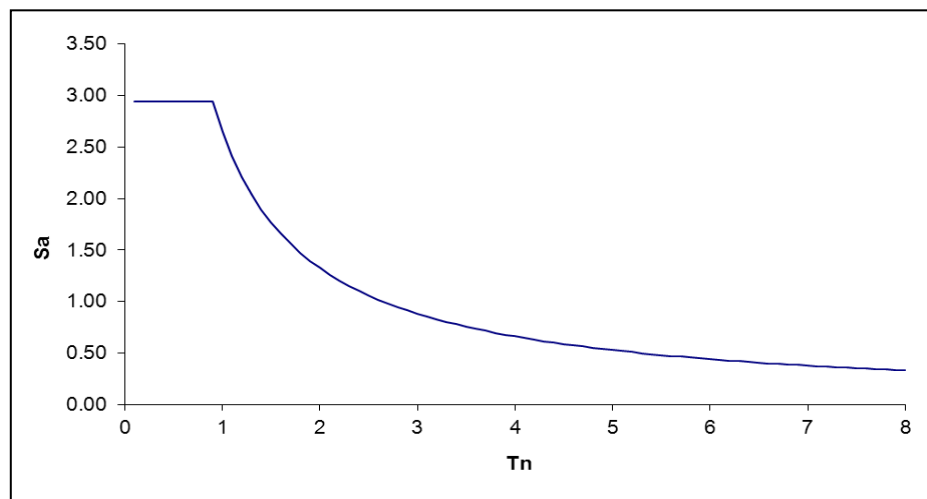
Dónde:

$T_p$  = Periodo de vibración del suelo.

$T$  = Periodo de la estructura.

Finalmente mediante los parámetros anteriormente definidos y usando la ecuación (2), se trazó el diagrama del espectro de diseño de pseudo aceleración para los edificios de la Facultad de Ingeniería, como se muestra en la figura 2-3.

**FIG. 2-3. ESPECTRO DE DISEÑO DE PSEUDO ACELERACIÓN**



**FUENTE:** Elaboración propia.

Para determinar la resistencia requerida por las vigas se usó la combinación de cargas propuestas por el Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-060, de Concreto Armado, generándose una envolvente con los valores máximos positivos y negativos de las fuerzas internas que se generan, esto se realizó usando programa computacional Sap 2000 versión 15.

$$M_u = 1,4 M_{CM} + 1,7 M_{CV}$$

$$M_u = 1,25 (M_{CM} + M_{CV}) \pm M_{CS} \quad (\text{MTC; 2009:65}) \quad (4)$$

$$M_u = 0,9 M_{CM} \pm M_{CS}$$

Dónde:

$M_{CM}$  = Momento actuante por carga muerta

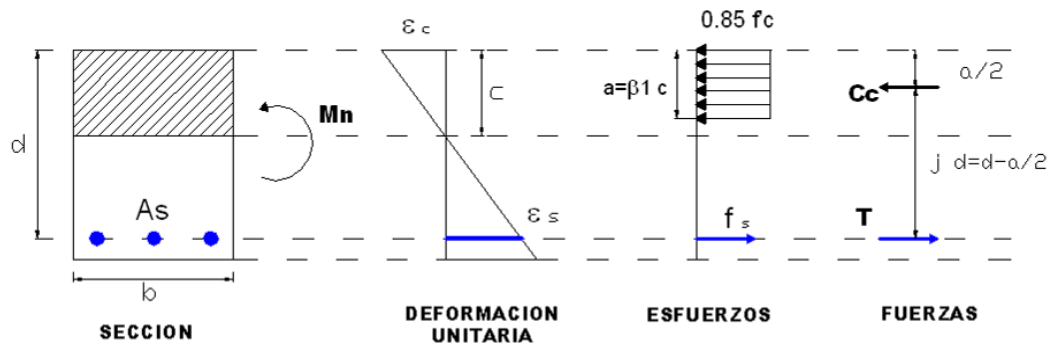
$M_{CV}$  = Momento actuante por carga viva

$M_{CS}$  = Momento actuante por carga de sismo

$M_U$  = Momento último actuante

Para determinar la resistencia existente en cada una de la sección de las vigas de concreto armado se usó las fórmulas propuestas en la NTE-060 para determinar el momento nominal resistente de las secciones simplemente y doblemente reforzadas. En la sección simplemente reforzada de la figura 2-4 se puede observar las deformaciones unitarias, esfuerzos y fuerzas que se generan en la sección, sometida a un momento flexionante positivo.

**FIG. 2-4.** SECCIÓN RECTANGULAR DE CONCRETO SIMPLEMENTE REFORZADO.



**FUENTE:** Figura 10-26. "Diseño en concreto armado". Asociación Capítulo Peruano del Instituto Americano del Concreto – ACI Perú, 2008

El Momento nominal resistente de esta sección se determina mediante la siguiente expresión. (Ottazzi G.; 2011:151)

$$M_n = 0,85 f'c \cdot b \cdot a \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (5)$$

Dónde:

$M_n$  = Momento nominal resistente

$f'c$  = Resistencia a compresión del concreto

$b = \text{ancho de la sección}$

$d = \text{Peralte efectivo}$

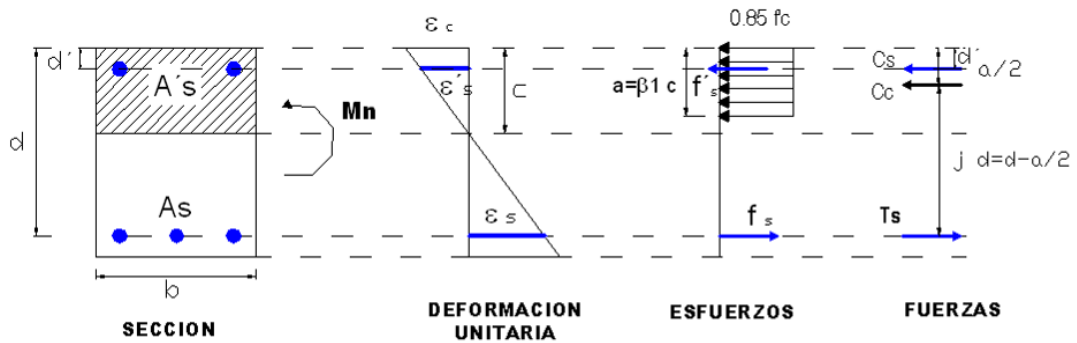
$a = \text{altura del bloque de compresión.}$

La altura del bloque de compresión para secciones simplemente reforzadas se determina con la siguiente fórmula. (Ottazzi G.; 2011:152)

$$a = \frac{A_s \cdot f_s}{0.85 f'_c \cdot b} \quad (6)$$

Para secciones doblemente reforzadas Fig. 2-5, donde se observan las deformaciones unitarias, esfuerzos y fuerzas que se generan en la sección con acero en compresión y en tracción, sometidas a momento flexionante positivo.

**FIG. 2-5. SECCIÓN RECTANGULAR DE CONCRETO SIMPLEMENTE REFORZADO.**



**FUENTE:** Figura 12-9. “Diseño en concreto armado”. Asociación Capítulo Peruano del Instituto Americano del Concreto – ACI Perú, 2008

El Momento nominal resistente de estas secciones se determina mediante la siguiente expresión. (Ottazzi G. 2011: 267)

$$M_n = A'_s \cdot f'_s (d - d') + 0.85 f'_c \cdot b \cdot a \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (7)$$

Dónde:

$M_n$  = Momento nominal resistente

$f'_s$  = Esfuerzo del acero en compresión

$f_s$  = Esfuerzo del acero en tracción

$f'_c$  = Resistencia a compresión del concreto

$A_s$  = Acero en tracción.

$A'_s$  = Acero en compresión

$b$  = ancho de la sección

$d$  = Peralte efectivo

$d'$  = Peralte efectivo del acero en compresión

$a$  = altura del bloque de compresión.

La altura del bloque de compresión para secciones doblemente reforzadas se determina con la siguiente fórmula. (Ottazzi G.; 2011: 267)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y - A'_s \cdot f'_s}{0.85 f'_c \cdot b} \quad (8)$$

Finalmente para determinar si las secciones de las vigas existentes son las adecuadas se utilizó la fórmula propuesta en la NTE-060, (MTC; 2009: 65).

$$M_n \geq \frac{M_u}{0,9} \quad (9)$$

Dónde:

$M_n$  = Momento nominal resistente.

$0,9 M_n$  = Momento último resistente.

$M_u$  = Momento último actuante.

Luego se concluye en las siguientes relaciones:

- Si  $0,9 M_n \geq M_u$ , la sección de la viga es la adecuada
- Si  $0,9 M_n < M_u$ , la sección de la viga es la inadecuada

Para determinar el acero requerido por las columnas, sin considerar el sismo, se usó lo propuesto por el reglamento nacional de construcción

NTE-060 para elementos sometidos a compresión con carga excéntrica, para lo cual de la ecuación (10) se despejó el Ast. (MTC; 2009:77)

Para elementos con estribos

$$\phi P_n = 0,8 \phi [0,85 f'c (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y] \quad (10)$$

Dónde:

$\phi P_n$  = resistencia de diseño

$f'c$  = Esfuerzo del concreto a compresión

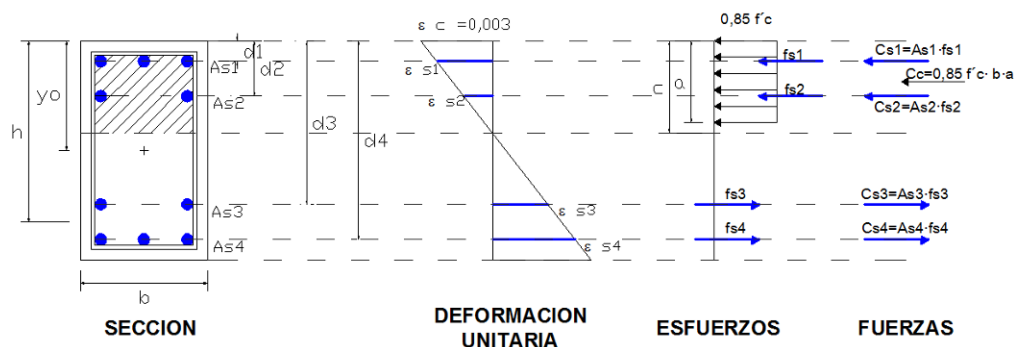
$f_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero

$A_g$  = Área total de la sección transversal

$A_{st}$  = Área total del refuerzo en una sección (Acero necesario)

Para determinar el acero requerido por las columnas, considerando los efectos del sismo, se usó lo propuesto por el reglamento nacional de construcción para elementos sometidos a flexo compresión (Fig. 2-6) y flexión biaxial, en la cual se determina el acero requerido mediante el uso de diagramas de iteración y ábacos. En nuestro caso se usó el programa Sap 2000 facilitó el uso de diagramas de iteración permitiendo un cálculo más detallado de los efectos sísmicos.

**Fig. 2-6. SECCIÓN RECTANGULAR DE CONCRETO ARMADO SOMETIDA A FLEXO COMPRESIÓN.**



**FUENTE:** "Diseño en Concreto Armado". Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú, 2006

Para determinar el acero existente en las columnas se determinó teniendo en cuenta el número de barras y el diámetro de las barras de acero que tiene la sección, ver Tabla 2.5. Es importante mencionar que actualmente ya no se fabrica las barras de N° 7.

**TABLA 2.5** ÁREA DE LAS BARRAS DE ACERO

Designación	Diámetro ( $\phi$ ) pulg.	Área (cm <sup>2</sup> )
2	1/4	0.32
3	3/8	0.71
4	1/2	1.29
5	5/8	1.99
6	3/4	2.84
7	7/8	3.88
8	1	5.1
11	1 3/8	10.06

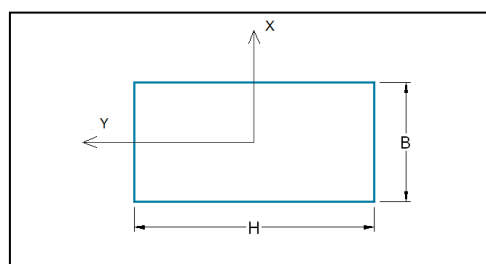
**FUENTE:** Elaboración Propia

Luego se concluye en las siguientes relaciones:

- Si *Acero necesario*  $\leq$  *Acero existente*, la sección de concreto armado de la columna es adecuada.
- Si *Acero necesario*  $>$  *Acero existente*, la sección de concreto armado de la columna es inadecuada.

En el caso del análisis de las columnas también se evaluó el momento de inercia y el módulo de sección en cada dirección pues esto nos permitió determinar en qué dirección la sección es más resistente a momento flexionante causado por sismo, pues a mayor momento de inercia o modulo de sección, menor esfuerzo flexionante actuante y menor deformación.

**FIG. 2-7** ESQUEMA DE UNA COLUMNA TÍPICA.



**FUENTE:** Elaboración Propia

$$\sigma_M = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{M}{Z}$$

$$\Delta = \int \frac{M \cdot m}{E \cdot I} \delta x \text{ (según método de carga unitaria)}$$

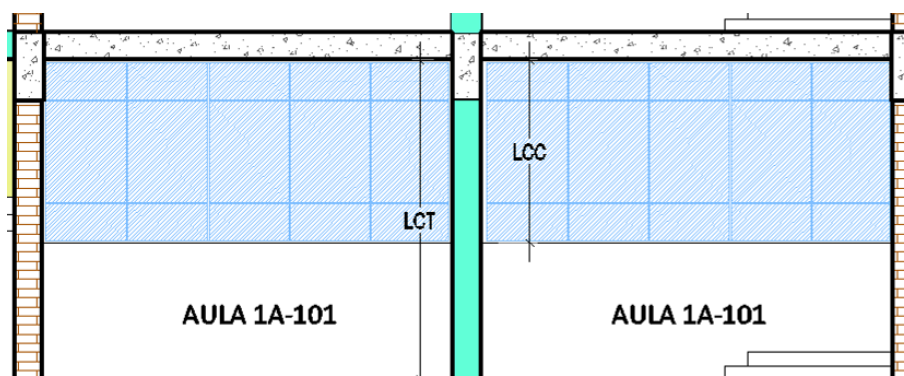
$$I_{xx} = \frac{B \cdot H^3}{12} \quad Z_x = \frac{B \cdot H^2}{6}$$

$$I_{yy} = \frac{H \cdot B^3}{12} \quad Z_y = \frac{H \cdot B^2}{16}$$
(11)

Dónde:  $\sigma_M$  = Esfuerzo por flexión actuante  
 $M$  = Momento flexionante actuante  
 $m$  = Momento debido a una carga unitaria.  
 $E$  = *Módulo de elasticidad del concreto.*  
 $\Delta$  = Deflexión por momento flexionante  
 $I_{xx}$  = Momento de Inercia en la dirección x  
 $I_{yy}$  = Momento de Inercia en la dirección y  
 $Z_x$  = Modulo de sección en la dirección x  
 $Z_y$  = Modulo de sección en la dirección y  
 $B$  = Base de la columna  
 $H$  = Altura de la columna

Con el fin de evaluar el efecto que produce la ubicación de los vanos en las ventanas se determinó la rigidez de la columna total ( $K_{CT}$ ) y la rigidez de las columnas cortas ( $K_{CC}$ ) para ello se usó la ecuación (12). Ver Fig. 2.8.

**FIG. 2-8** ESQUEMA DE ALTURAS DE LA COLUMNA TOTAL Y COLUMNA CORTA.



FUENTE: Elaboración Propia.

$$K_{x_{CT}} = \frac{12E \cdot I_{xx}}{L_{CT}^3} \quad K_{y_{CT}} = \frac{12E \cdot I_{yy}}{L_{CT}^3} \quad (\text{San Bartolomé A.; 1998: 219}) \quad (12)$$

$$K_{x_{CC}} = \frac{12E \cdot I_{xx}}{L_{CC}^3} \quad K_{y_{CC}} = \frac{12E \cdot I_{yy}}{L_{CC}^3}$$

Dónde:

$K_{x_{CT}}$  = Rigidez de la columna total en la dirección x

$K_{y_{CT}}$  = Rigidez de la columna total en la dirección y

$K_{x_{CC}}$  = Rigidez de la columna corta en la dirección x

$K_{y_{CC}}$  = Rigidez de la columna corta en la dirección y

E = Módulo de elasticidad del concreto

$I_{xx}$  = Momento de Inercia en la dirección x

$I_{yy}$  = Momento de Inercia en la dirección y

$L_{CT}$  = Longitud de la columna total

$L_{CC}$  = Longitud de la columna corta

Adicional a lo anterior, se usó el programa Sap 2000 V15 para determinar qué elementos del pórtico son los primeros en fallar, las columnas o las vigas. Es por ello que para garantizar que las fallas de los pórticos se den en las vigas, la NTE-060 propone que la resistencia a la flexión de las columnas deberá satisfacer la ecuación 13, este parámetro fue evaluado mediante el uso de programas computacionales:

$$\sum Mn_C > 1,2 \cdot \sum Mn_V \quad (\text{MTC 2009: 173}) \quad (13)$$

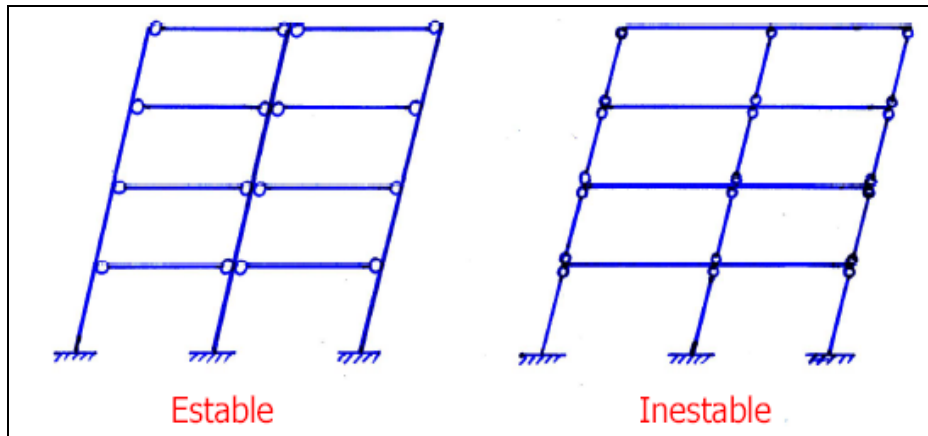
Dónde:

$\sum (Mn_C)$  = suma de momentos, al centro del nudo, correspondiente a la resistencia nominal en flexión de las columnas que forman dicho nudo.

$\sum (Mn_V)$  = suma de momentos, al centro del nudo, correspondiente a las resistencias nominales en flexión de las vigas que forman el nudo.

Es importante determinar en qué elementos se produce la falla inicial, pues si las fallas se dan en las columnas esto generará una falla frágil del sistema estructural generando inestabilidad que conlleva al colapso; si las fallas se dan en las vigas, el sistema estructural tiene una falla de tipo dúctil y la estructura se mantiene estable pudiendo repararse, ver Fig. 2-9.

**FIG. 2-9 MECANISMOS DE FALLAS DE SISTEMAS APORTICADOS,**



**FUENTE:** “Diseño en Concreto Armado”. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú, 2006

Finalmente analizando los parámetros anteriormente mencionados se consideró tres tipos de comportamiento:

- La edificación tendrá un comportamiento adecuado si las secciones de las vigas y columnas existentes son suficientes para soportar las cargas a las cuales están sometidos, además los desplazamientos relativos de entrepiso son menores a 0,007 según MTC (2003:16).
- La edificación tendrá un comportamiento aceptable si las secciones de las columnas existentes son suficientes para soportar las cargas a las cuales están sometidos, las vigas soportan cargas muertas y vivas pero ante cargas sísmicas

pueden fallar y los desplazamientos relativos de entrepiso son menores a 0,007 según MTC (2003:16).

- La edificación tendrá un comportamiento inadecuado si las secciones de las columnas y vigas son insuficientes para soportar las cargas a las cuales están sometidos y los desplazamientos relativos de entrepiso son mayores a 0,007 según MTC (2003: 16).

El estado actual de la edificación (buena, regular, o mala calidad) fue evaluado teniendo en cuenta las fisuras y/o grietas, las deflexiones y asentamientos en: tabiques, vigas y columnas.

La evaluación de la estabilidad de muros (tabiques), se basa en la comparación del momento actuante debido a cargas perpendiculares al plano del muro, San Bartolomé (1998) y el momento resistente paralelo al plano del muro. Para dicho cálculo se empleó la metodología propuesta en el Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-070, (MTC; 2006:50)

El momento flector distribuido por unidad de longitud (M, en kg-m/m), producido por la carga sísmica "w", se calculará mediante la siguiente fórmula, (MTC; 2006: 51).

$$Ma = m \cdot w \cdot a^2 \quad (14)$$

Dónde:

m = coeficiente de momento, ver Tabla 2.01.

a = dimensión crítica del paño de albañilería en metros.

w = la carga por metro cuadrado de muro

La magnitud de la carga (w, en kg/m<sup>2</sup>) para un metro cuadrado de muro se calculará mediante la siguiente expresión, (MTC; 2006:50):

$$\omega = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot \gamma \cdot t \quad (15)$$

Dónde:

Z = factor de zona

U = factor de importancia

C<sub>1</sub> = coeficiente sísmico

t = espesor bruto del muro en metros

γ = peso volumétrico de la albañilería.

El coeficiente sísmico C1 se determina según lo propuesto en la NTE-030, como se muestra en la tabla 2.6.

**TABLA 2.6** COEFICIENTE SÍSMICO C1

Condición	C1
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación en la cual la dirección de la fuerza es perpendicular su plano.	1,3
- Elementos cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	
- Muros dentro de una edificación (dirección de la fuerza perpendicular a su plano)	0,9
- Cercos.	0,6
- Tanques, torres, letreros y chimeneas conectados a una parte del edificio considerando la fuerza en cualquier dirección.	0,9
- Pisos y techos que actúan como diafragmas con la dirección de la fuerza en su plano.	0,6

**Fuente:** Tabla N° 9 “Reglamento Nacional de Construcciones NTE-030 de Diseño Sismorresistente”. Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Lima, Perú, 2003

El coeficiente de momento y la dimensión crítica del paño de albañilería en metros se determina en función del número de bordes arriostrados como se muestra en la tabla 2.7.

**TABLA 2.7 VALORES DEL COEFICIENTE DE MOMENTOS "M" Y DIMENSIÓN CRITICA "a"**

<b>CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADO</b>									
a = Menor Dimensión									
b/a =	1	1,2	1,6	1,8	2	3	∞		
m =	0,0479	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118	0,125		
<b>CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS</b>									
a = Longitud del borde libre									
b/a =	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2	∞
m =	0,06	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133
<b>CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES</b>									
a = Altura del muro									
m =	0,125								
<b>CASO 4. MURO EN VOLADIZO</b>									
a = Altura del muro									
m =	0,5								

**FUENTE:** Tabla N° 12 "Reglamento Nacional de Construcciones NTE-070 de Albañilería". Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Lima, Perú. 2006.

Para determinar el momento resistente a tracción por flexión del muro (Mr) se utilizó la siguiente formula, (Tarque N. y col; 2005:38)

$$Mr = 1,703 \cdot t^2 \quad (16)$$

Dónde:

Mr = Momento resistente a tracción por flexión

t = espesor bruto del muro en metros

Finalmente se compara el valor de las ecuaciones 14 y 16, luego se concluye en las siguientes relaciones:

- Si  $Ma \leq Mr$ , el muro es estable.
- Si  $Ma > Mr$ , el muro es inestable

En la evaluación de la vulnerabilidad (alta, media o baja) se ha considerado el comportamiento sísmico, el estado actual de la edificación

y la estabilidad de tabiques, en los porcentajes que se observan en la tabla 2.8.

**TABLA 2.8** PARÁMETROS PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

		Estructural		No estructural	
Comportamiento Sísmico (60%)		Estado Actual (30%)		Tabiquería y parapetos (10%)	
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

**FUENTE:** Adaptado de la Tabla N° 4.03 “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana”. Lima. 2005.

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la ecuación 17 para calificar numéricamente la vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

$$\text{Vulnerabilidad Sísmica} = 0,6 \times \text{Comportamiento Sísmico} + 0,3 \times \text{Estado Actual} + 0,1 \times \text{Estabilidad de Muros} \quad (17)$$

En la Tabla 2.9 se pueden apreciar los rangos numéricos para determinar la vulnerabilidad sísmica siendo esta baja, media o alta.

**TABLA 2.9** RANGO NUMÉRICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

Vulnerabilidad sísmica	Rango		
Baja	1	a	1,4
Media	1,5	a	2,1
Alta	2,2	a	3

**FUENTE:** Tabla N° 4.04 “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana”. Lima. 2005.

En la evaluación del peligro sísmico (alto, medio o bajo) se está considerando: la sismicidad, el tipo de suelo y la topografía de la zona sobre la que está construida la edificación. La sismicidad y tipo de suelo se clasifica de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma NTE-030, (MTC; 2003:7), en la cual estipula tres zonas sísmicas, ver Fig. 1-2 (a)

- Z3 zona de alta sismicidad. En la cual puede darse una aceleración máxima del terreno de 0,4 con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años
- Z2 zona de moderada sismicidad En la cual puede darse una aceleración máxima del terreno de 0,3 con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años
- Z1 zona de baja sismicidad. En la cual puede darse una aceleración máxima del terreno de 0,15 con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años

En la Norma NTE-030 se consideran cuatro tipos de suelos, no consideramos el tipo 4, para efectos de este estudio pues se refiere a condiciones excepcionales en las que se sugiere hacer estudios especiales de geotecnia. (MTC; 2003: 8-9)

- Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos. A este tipo corresponden las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 s.
- Perfil tipo S3: Suelos flexibles o con estratos de gran espesor. Corresponden a este tipo los suelos flexibles o estratos de gran espesor en los que el período fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0,6 s.

- Perfil tipo S2: Suelos intermedios. Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S1 y S3.
- Perfil Tipo S4: Condiciones excepcionales. A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables.

La evaluación de la topografía se hace de acuerdo con el reglamento de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor (D.S. N° 017/09-AG; Anexo IV) y se evalúa mediante un eclímetro durante el trabajo de campo, considerándose:

- Topografía Plana. Aquella cuya pendiente es menor a 15 %.
- Topografía Media. Aquella cuya pendiente es mayor a 15 %, pero menos a 50 %.
- Topografía Pronunciada. Aquella cuya pendiente es mayor a 50 %.

**TABLA 2.10** VALORES DE LOS PARÁMETROS DEL PELIGRO SÍSMICO

	Sismicidad (40%)	Suelo (40%)	Topografía (20%)
Baja	1	Rígido	1
Media	2	Intermedio	2
Alta	3	Flexible	3

**FUENTE:** Tabla N° 4.07 “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana”. Lima. 2005.

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la ecuación 17 para calificar numéricamente el peligro sísmico, el valor obtenido es comparado con los rangos numéricos evaluados en la tabla 2.11, asignándole una calificación de Peligro sísmico Alto, Medio o Bajo.

$$\text{Peligro Sísmico} = 0,4 \times \text{Sismicidad} + 0,4 \times \text{Suelo} + 0,2 \times \text{Topografía} \quad (18)$$

**TABLA 2.11** RANGO DE VALORES PARA EL CÁLCULO DEL PELIGRO SÍSMICO

Sismicidad	Peligro sísmico	Rango
Alta	Bajo	1,8
	Medio	2 a 2,4
	Alto	2,6 a 3
Media	Bajo	1,4 a 1,6
	Medio	1,8 a 2,4
	Alto	2,6
Bajo	Bajo	1 a 1,6
	Medio	1,8 a 2
	Alto	2,2

**FUENTE:** Tabla N° 4.08 “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana”. Lima. 2005.

Para calificar numéricamente el riesgo sísmico, los valores asignados a la vulnerabilidad y peligro se reemplazan en la ecuación 2.01. Luego el valor obtenido se compara con la calificación del riesgo mostrado en la tabla 2.12, esto nos permite asignarle una calificación de Riesgo Sísmico Alto, Medio y Bajo.

**TABLA 2.12** CALIFICACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO

RIESGO SISMICO			
Vulnerabilidad Peligro	3	2	1
3	3	2.5	2
2	2.5	2	1.5
1	2	1.5	1

RIESGO SISMICO			
Vulnerabilidad Peligro	Baja	Media	Alta
Bajo	BAJO	MEDIO	MEDIO
Medio	MEDIO	MEDIO	ALTO
Alto	MEDIO	ALTO	ALTO

**FUENTE:** Tabla N° 4.11 “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana”. Lima. 2005.

Un riesgo sísmico alto significa que la edificación sufrirá daños importantes ante un sismo severo (aceleración sísmica de 0,4 de la aceleración de la gravedad), existe gran probabilidad que la edificación colapse ya que no tiene un adecuado comportamiento sísmico y se encuentra sobre suelo blando.

Un riesgo sísmico medio significa que la edificación tiene aceptable comportamiento sísmico y se encuentra sobre un suelo rígido o intermedio. Los pórticos y muros de la edificación podrían sufrir daños menores y algunos parapetos podrían colapsar parcial o totalmente.

Un riesgo sísmico bajo significa que la edificación tiene adecuado comportamiento sísmico y el estado actual de la edificación es de regular a buena. La edificación se encuentra sobre suelo rígido sin pendiente y solo podría sufrir el colapso parcial o total de sus tabiques.

### 2.2.3. Variables y operativización de variables.

Las variables usadas en la tesis se han dividido en variables dependientes e independientes como se observa en la tabla 2.13.

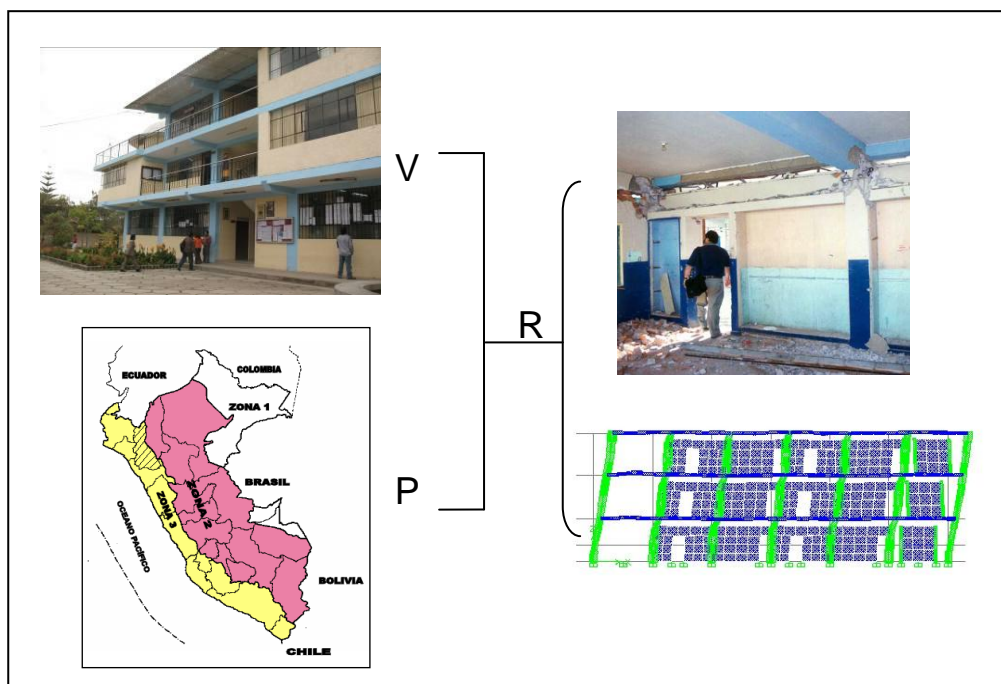
La operativización de variables puede resumirse a la ecuación (1): “Riesgo = (0,5 x Vulnerabilidad)+(0,5 x Peligro)”, mostrada anteriormente, se puede esquematizar esta ecuación mediante la Fig.2-10.

**TABLA 2.13 OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES**

Tipo de Variable	Variable	Concepto	Indicador
Independiente	Vulnerabilidad Sísmica (V)	Es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones durante un sismo y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción, (Kuroiwa J. y col; 2010:64).	Alta
			Media
	Peligro Sísmico (P)	Es la probabilidad de ocurrencia de un sismo, dentro de un período específico, en una determinada localidad o zona. (Kuroiwa J. y col; 2010: 57-59).	Baja
			Alto
Dependiente	Riesgo (R)	Es la estimación o evaluación del costo de pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y económica, durante un periodo específico y en un área determinada que puede causar un sismo. (Kuroiwa J. y col; 2010;64).	Medio
			Bajo

FUENTE: Elaboración Propia.

**FIG. 2-10 OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES.**



FUENTE: Elaboración Propia.

#### 2.2.4. Instrumentos de recolección de datos

Dentro de los instrumentos de recolección de datos usados en la tesis mencionaremos.

- Observación: Se evaluó las características estructurales, el estado actual de las edificaciones y se determinó algunas fallas en la estructura, esto permitió realizar un diagnóstico situacional de las edificaciones, ver Fig. 2-11. Además se verificó las dimensiones y los usos de los ambientes de cada pabellón, con el fin de rectificar los planos de arquitectura y estructuras, esto nos permitió determinar adecuadamente las cargas a las que está sometida la edificación, ver Fig. 2-12.

**FIG. 2-11** REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO 1B CON PILARES DE ACERO.



**FIG. 2-12** VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES Y USOS DE LOS AMBIENTES.



- Ensayos: Se evaluó la resistencia a compresión del concreto de los elementos estructurales (vigas y columnas), para lo cual se utilizó ensayos in situ de esclerometría; estos ensayos fueron realizados en los pabellones 1A, 1B y 1C, los resultados de estos análisis se muestran en el Anexo N° 01. En el pabellón 4J no se realizaron estos ensayos, puesto que es una edificación culminada el año 2008, en la cual existe en los archivos de recepción y liquidación de obra los ensayos de compresión de testigos de concreto, realizados durante la construcción de la edificación.

**FIG. 2-13 ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA.**



- Ensayos: se realizó ensayos de laboratorio de mecánica de suelos con el fin de determinar las propiedades mecánicas del tipo de suelo de cimentación de las edificaciones. Esta información recabada se puede observar en Anexos.
- Entrevistas a los ingenieros de la oficina de Servicios y Gestión Ambiental, para obtención de datos importantes sobre la antigüedad y procedimientos constructivos de las edificaciones.

---

---

### **III. RESULTADOS**

---

---

### 3.1. Comportamiento sísmico de las edificaciones.

Para determinar la vulnerabilidad sísmica, se ha realizado un análisis sísmico de los pabellones que conforman la Facultad de Ingeniería de la UNC, evaluando su comportamiento frente a cargas de servicio (cargas muertas y vivas) y frente a un sismo severo (aceleración máxima del terreno de 0,4g y con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años).

Se consideró como indicadores importantes: el desplazamiento relativo de entrepiso (distorsión angular de la edificación), la comparación del Momento nominal resistente ( $M_{nr}$ , en TN-m) con el momento actuante ( $M_{na}$ , en TN-m) de las vigas. Para evaluar las columnas se ha comparado el área de acero existente ( $cm^2$ ) y área de acero necesario ( $cm^2$ ). Los dos últimos aspectos fueron evaluados bajo dos consideraciones, una con cargas muertas y vivas; la segunda considerando además de las cargas ya mencionadas, el efecto del sismo.

#### 3.1.1. Evaluación de los desplazamientos relativos de entrepiso y junta sísmica.

La evaluación de los desplazamientos laterales de entrepiso se lo realizó mediante un análisis sísmico espectral, para ello se usó el programa Sap 2000 Versión 15.

Se ha determinado que las edificaciones durante un sismo severo sufrirán los desplazamientos laterales y desplazamientos relativos de entrepiso que se muestran en la tabla 3.1.

**TABLA 3.1 DESPLAZAMIENTOS LATERALES Y DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS DE ENTREPISO DE LAS EDIFICACIONES.**

EDIFICACIÓN	Entrepiso	DX (m)	DY (m)	Dx/He	Dy/He
1A-IZQUIERDA	1	0,0071	0,0253	0,0020	0,0069
	2	0,0156	0,0643	0,0023	0,0104
	3	0,0207	0,0921	0,0033	0,0143
1A-DERECHA	1	0,0120	0,0320	0,0033	0,0088
	2	0,0278	0,0749	0,0042	0,0114
	3	0,0371	0,0999	0,0057	0,0154
1 B	1	0,0046	0,0189	0,0014	0,0056
	2	0,0108	0,0444	0,0017	0,0073
1C	1	0,0108	0,0241	0,0034	0,0075
	2	0,0224	0,0417	0,0039	0,0059
	3	0,0249	0,0557	0,0048	0,0136
4J	1	0,0111	0,0273	0,0034	0,0084
	2	0,0248	0,0517	0,0042	0,0075
	3	0,0313	0,0586	0,0055	0,0107

**FUENTE:** Elaboración Propia, con datos obtenidos del modelamiento estructural realizado en el Sap 2000

Se determinó además la junta sísmica que debe ser mayor a lo estipulado en el Reglamento Nacional de Construcciones NTE E-030 MTC(2003;17) que se muestra en la tabla 3-2.

**TABLA 3.2 ESPESOR DE LA JUNTA SÍSMICA**

PABELLON	2/3 Desplazamientos	3 + 0,004 (h - 500)
1A	5,44	3,37
1 B	3,74	2,52
1C	4,6	3,21
4J	5,5	3,64

**FUENTE:** Elaboración Propia.

### 3.1.2. Evaluación del comportamiento de las vigas

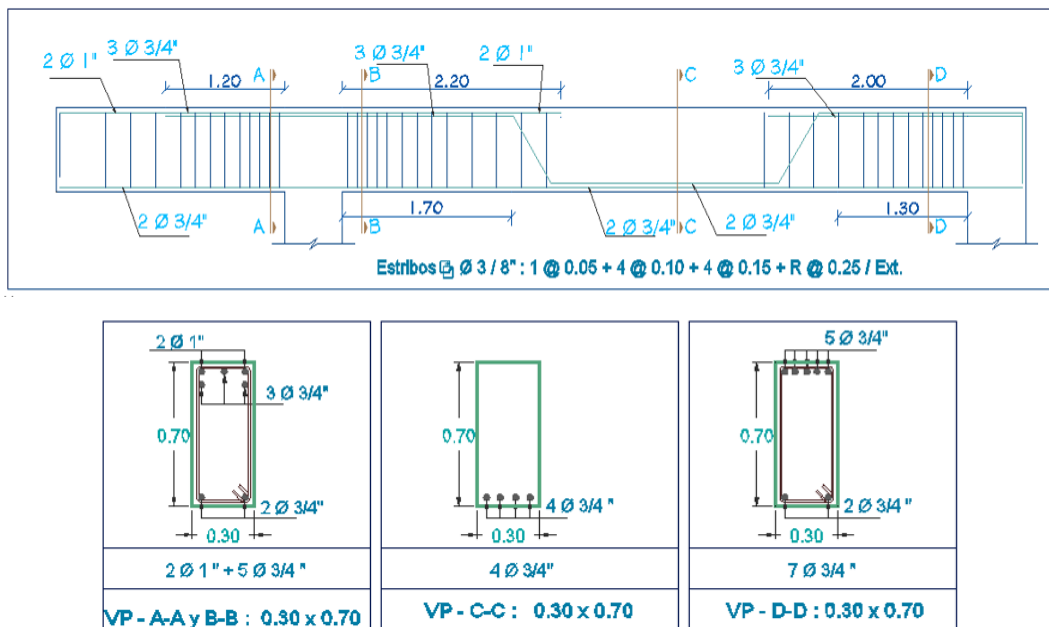
Para determinar el adecuado comportamiento de las vigas se evaluó los momentos resistentes y momentos actuantes de las vigas para ello se usó lo descrito en el capítulo anterior. Se determinó los momentos actuantes del análisis estructural realizado a las

edificaciones con el programa Sap 2000 y se calculó el momento resistente de la sección usando las ecuaciones (5) y (7).

Al evaluar los momentos resistentes y momentos actuantes en TN-m, de la viga principal del pabellón 1A, 1B Y 4J se ha considerado cuatro secciones de análisis correspondientes a los momentos máximos positivos y negativos como se observa en la Figuras. 3-1, 3-2, y 3-4, los resultados de esta comparación se muestran en las tablas 3.3, 3.4, 3.5 y 3.7.

En el caso del pabellón 1C debido a la simetría en la colocación del acero, se ha considerado dos secciones de análisis uno correspondiente al momento máximo positivo y otro de momento máximo negativo. Figuras 3-3 y 3-4, los resultados de esta comparación se muestran en la tabla 3.5.

**FIG. 3-1 ESQUEMA DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 1A.**



**FUENTE:** Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

**TABLA 3.3** MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 1A-IZQUIERDA

SECCION	A	B	C	D
Mn resistente	-44,46	-44,46	28,83	-35,98
Mn actuante (sin sismo)	-29,9	-40,58	20,44	-22,25
Mn actuante (con sismo)	-30,02	-41,5	20,48	-26,00

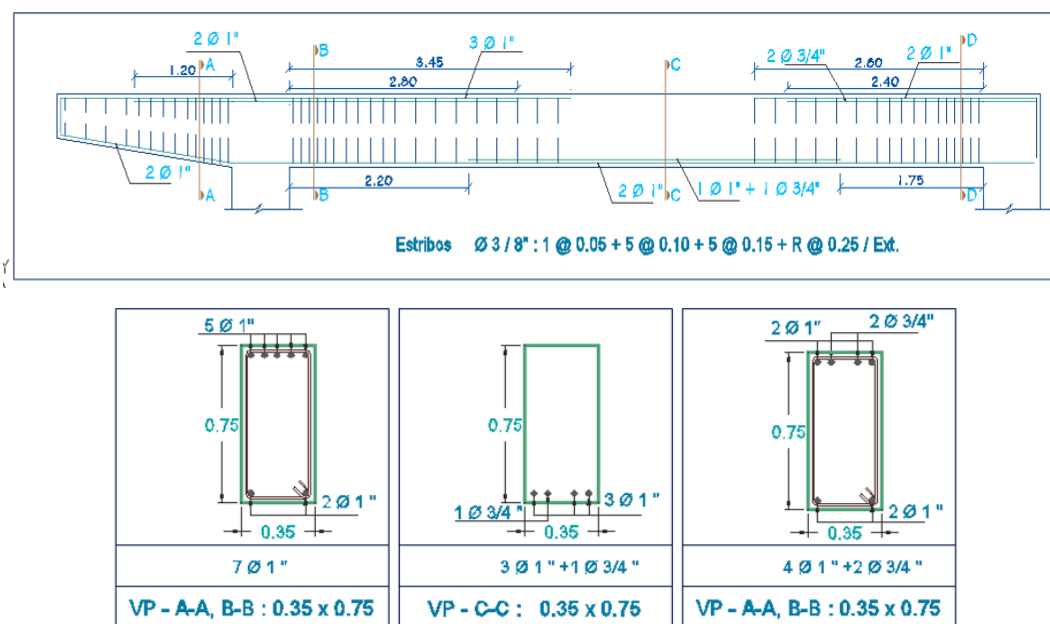
FUENTE: Elaboración Propia.

**TABLA 3.4** MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 1A-DERECHA

SECCION	A	B	C	D
Mn resistente	-44,46	-44,46	28,83	-35,98
Mn actuante (sin sismo)	-42,16	-44,28	20,27	-16,24
Mn actuante (con sismo)	-42,16	-50,67	20,27	-24,03

FUENTE: Elaboración Propia.

**FIG. 3-2** ESQUEMA DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 1B.



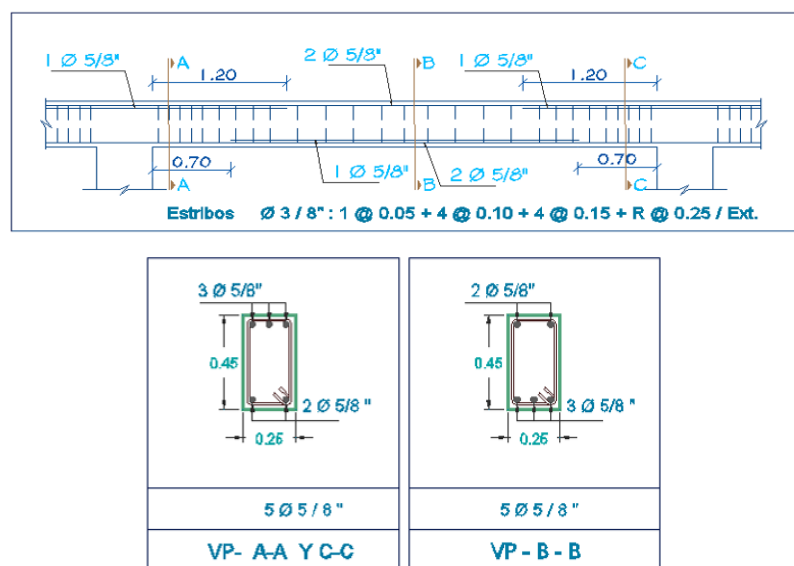
FUENTE: Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

**TABLA 3.5** MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 1B

SECCION	A	B	C	D
Mn resistente	-67,63	-67,63	47,44	-42,07
Mn actuante (sin sismo)	-41,45	-72,70	35,80	-45,05
Mn actuante (con sismo)	-41,57	-72,75	35,86	-45,66

Fuente: Elaboración Propia.

**FIG. 3-3** ESQUEMA DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 1C



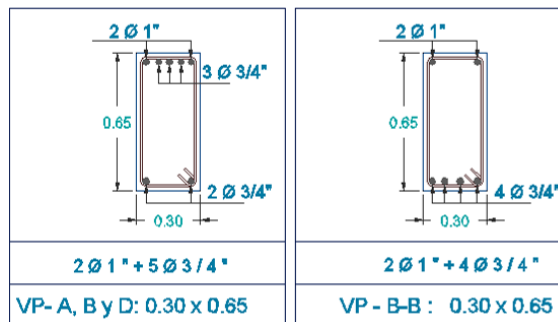
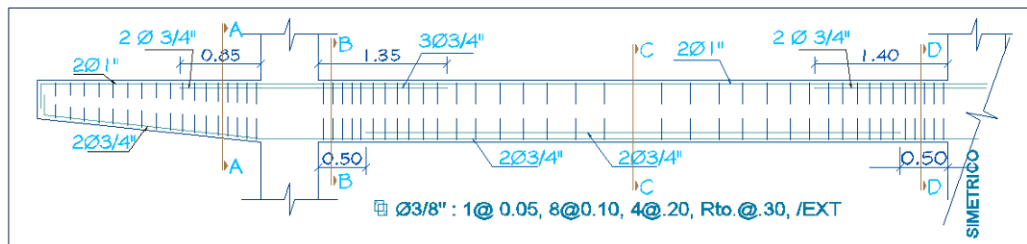
FUENTE: Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

**TABLA 3.6** MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 1C

SECCION	A	B	C
Mn resistente	-9,21	9,21	-9,21
Mn actuante (sin sismo)	-9,20	4,99	-9,20
Mn actuante (con sismo)	-11,15	4,99	-11,15

FUENTE: Elaboración Propia.

**FIG. 3-4. ESQUEMA DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 4J.**



**FUENTE:** Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

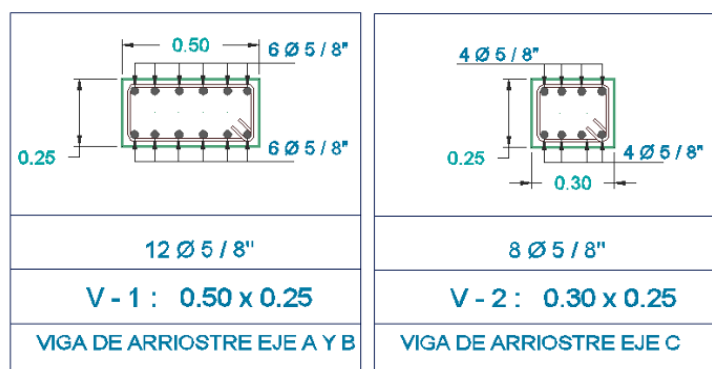
**TABLA 3.7 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 4J**

SECCION	A	B	C	D
Mn resistente	-41,48	-41,48	26,63	-41,48
Mn actuante (sin sismo)	-39,01	-38,28	18,85	-33,58
Mn actuante (con sismo)	-39,11	-43,14	18,85	-36,38

**FUENTE:** Elaboración Propia.

Al evaluar los momentos resistentes y momentos actuantes de las vigas secundarias de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería que se muestran en las figuras: 3-5, 3-6, 3-7 y Fig. 3-8, se ha considerado dos secciones: uno referido a momento máximo negativo y el otro al momento máximo positivo. Los resultados se observan en las tablas: 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12.

**FIG. 3-5** ESQUEMA DE LA VIGA SECUNDARIA DEL PABELLÓN 1A



**FUENTE:** Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

**TABLA 3.8** MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LAS VIGAS SECUNDARIAS, EDIFICIO 1A-IZQUIERDA

SECCION	V1		V2	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mn resistente	8,45	8,45	5,67	5,67
Mn actuante (sin sismo)	7,35	4,22	1,67	1,10
Mn actuante (con sismo)	10,65	4,31	3,66	1,15

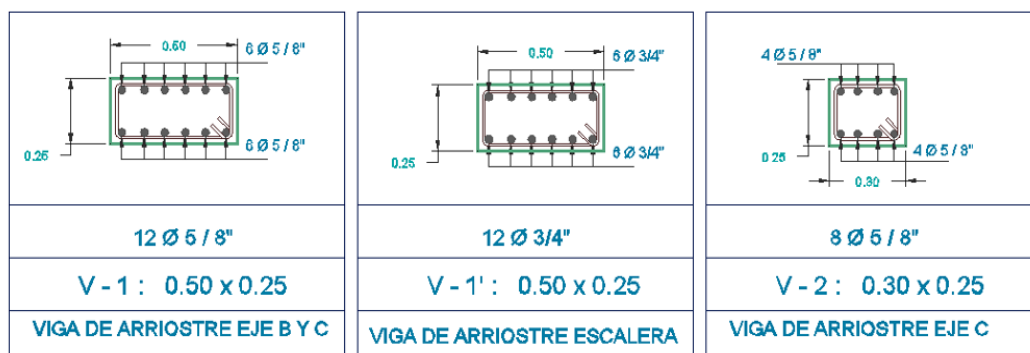
**FUENTE:** Elaboración Propia.

**TABLA 3.9** MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LAS VIGAS SECUNDARIAS, EDIFICIO 1A-DERECHA

SECCION	V1		V2	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mn resistente	8,45	8,45	5,67	5,67
Mn actuante (sin sismo)	6,04	2,73	4,22	1,88
Mn actuante (con sismo)	9,58	3,24	4,71	1,99

**FUENTE:** Elaboración Propia.

**FIG. 3-6** ESQUEMA DE VIGAS SECUNDARIAS DEL PABELLÓN 1B



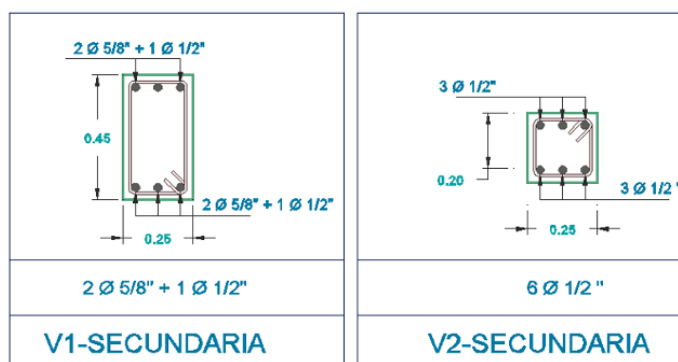
**FUENTE:** Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

**TABLA 3.10** MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LAS VIGAS SECUNDARIAS, PABELLÓN 1B.

SECCION	V1		V1'		V2	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mn resistente	8,45	8,45	11,49	11,49	5,67	5,67
Mn actuante (sin sismo)	4,50	2,80	10,82	8,20	4,22	0,25
Mn actuante (con sismo)	6,05	3,00	10,98	8,25	4,30	0,25

**FUENTE:** Elaboración Propia.

**FIG. 3-7** ESQUEMA DE LAS VIGAS SECUNDARIAS DEL PABELLÓN 1C



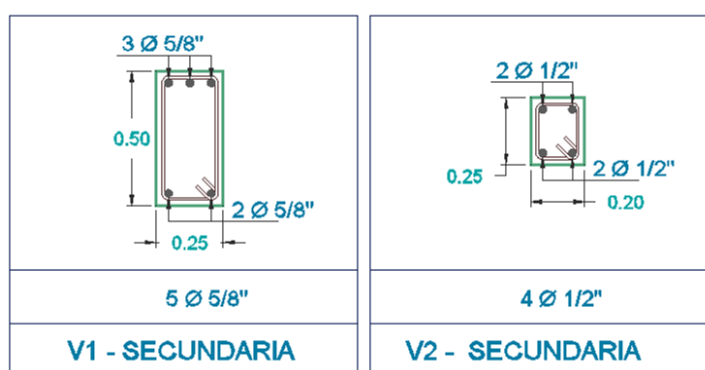
**FUENTE:** Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

**TABLA 3.11** MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA SECUNDARIA, PABELLÓN 1C.

SECCION	V1		V2	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mn resistente	7,05	7,05	2,19	2,19
Mn actuante (sin sismo)	6,81	4,24	1,51	0,70
Mn actuante (con sismo)	9,61	1,25	1,51	0,70

**FUENTE:** Elaboración Propia.

**FIG. 3-8** ESQUEMA DE LAS VIGAS SECUNDARIAS DEL PABELLÓN 4J



**FUENTE:** Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

**TABLA 3.12** MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LAS VIGAS SECUNDARIAS, PABELLÓN 4J

SECCION	V1		V2	
	M (-)	M (+)	M (-)	M (+)
Mn resistente	10,46	10,46	2,9	2,9
Mn actuante (sin sismo)	5,84	2,84	1,63	0,79
Mn actuante (con sismo)	11,39	3,80	1,64	0,80

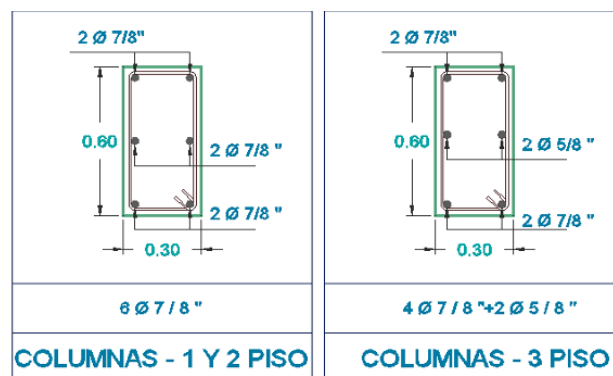
**FUENTE:** Elaboración Propia.

### 3.1.3. Evaluación del comportamiento de las columnas

Para evaluar el comportamiento de las columnas se tomó en cuenta el acero que requiere la sección y se comparó con el acero existente en la misma. Para determinar el acero que requiere la sección se usó el programa Sap 2000 el cual utiliza las ecuaciones 10 y para determinar el acero existente en la sección se usó la tabla 2.5, según los diámetros y la cantidad de barras que contiene cada sección.

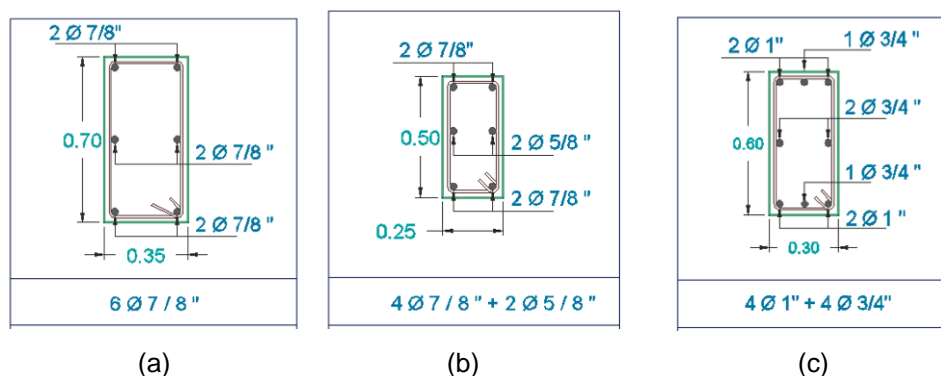
Al analizar el acero existente en las columnas de las figuras: 3-9 y 3-10 y compararlo con el acero necesario de las columnas bajo dos condiciones: acero necesario con sismo y acero necesario sin sismo en  $\text{cm}^2$ , los resultados de esta comparación se muestran en las tablas: 3.13, 3.14, 3.15, 3.16.

**FIG. 3-9** ESQUEMA DE LAS COLUMNAS. PABELLÓN 1A.



**FUENTE:** Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

**FIG. 3-10** (a) ESQUEMA DE COLUMNAS, PABELLÓN 1B. (b) ESQUEMA DE COLUMNAS, PABELLÓN 1C. (c) ESQUEMA DE COLUMNAS, PABELLÓN 4J



**FUENTE:** Archivos de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

**TABLA 3.13** ACERO EXISTENTE Y ACERO NECESARIO DE LA COLUMNAS, PABELLÓN 1A

	1A-IZQUIERDA			1A- DERECHA		
	1er. PISO	2do. PISO	3er. PISO	1er. PISO	2do. PISO	3er. PISO
Acero Existente	23,28	23,28	19,50	23,28	23,28	19,50
Acero Necesario (sin sismo)	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Acero Necesario (con sismo)	40,72	27,84	20,41	67,47	28,04	18,00

**FUENTE:** Elaboración Propia.

**Tabla 3.14** Acero existente y acero necesario de la columnas, Pabellón 1B

	1er. PISO	2do. PISO
Acero Existente	23,28	23,28
Acero Necesario (sin sismo)	22,50	22,50
Acero Necesario (con sismo)	97,50	69,44

**FUENTE:** Elaboración Propia.

**TABLA 3.15** ACERO EXISTENTE Y ACERO NECESARIO DE LAS COLUMNAS, PABELLÓN 1C

	1er. PISO	2do. PISO	3er. PISO
Acero Existente	19,50	19,50	19,50
Acero Necesario (sin sismo)	11,25	11,25	11,25
Acero Necesario (con sismo)	40.17	26.56	13.84

**FUENTE:** Elaboración Propia

**TABLA 3.16** ACERO EXISTENTE Y ACERO NECESARIO DE LA COLUMNAS, PABELLÓN 4J

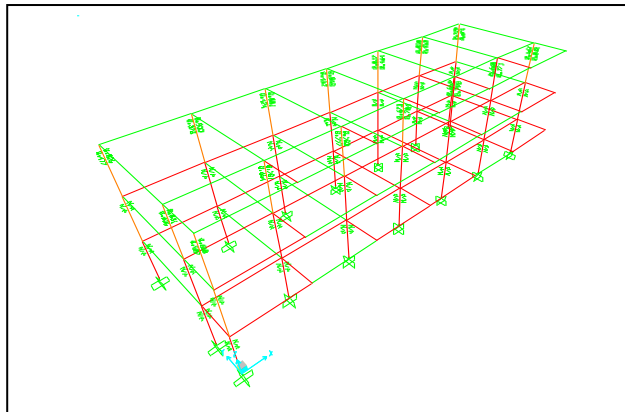
	1er. PISO	2do. PISO	3er. PISO
Acero Existente	31,76	31,76	31,76
Acero Necesario (sin sismo)	18,00	18,00	18,00
Acero Necesario (con sismo)	83,34	34,80	18,00

**FUENTE:** Elaboración Propia

#### 3.1.4. Evaluación del tipo de falla.

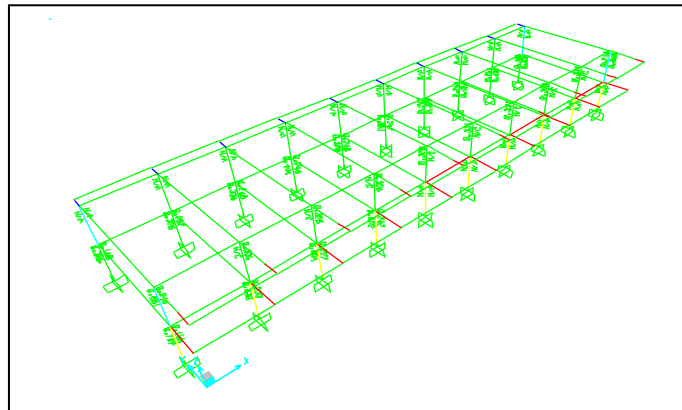
Un aspecto importante para determinar el tipo de falla de la edificación, si tiene falla frágil o falla dúctil, es saber que elementos son los primeros en fallar, ya sea las columnas o las vigas, pues si fallan inicialmente las columnas la edificación tendrá una falla repentina pero si fallan inicialmente las vigas la edificación sufrirá daños sin llegar al colapso. Se ha evaluado la ecuación (13) la cual exige que las columnas sean más resistentes que las vigas. Este análisis sea realizando mediante programas computacionales, los resultados se observan en los las siguientes figuras de los modelos estructurales.

**FIG. 3-11** VERIFICACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE LAS VIGAS Y COLUMNAS, DEL PABELLÓN 1A



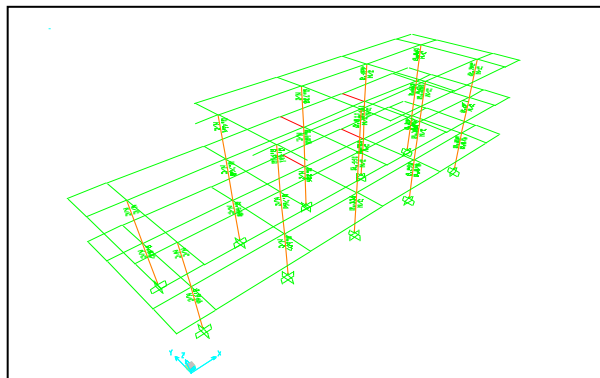
**FUENTE:** Obtenida mediante el programa Sap 2000 versión 15.

**FIG. 3-12** VERIFICACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE LAS VIGAS Y COLUMNAS, DEL PABELLÓN 1B



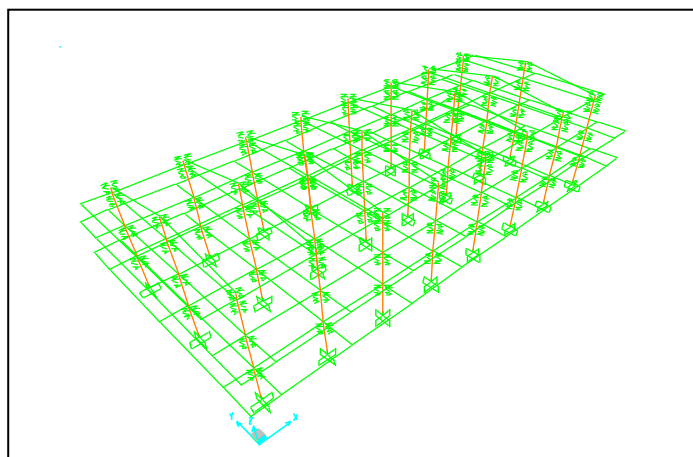
**FUENTE:** Obtenida mediante el programa Sap 2000 versión 15

**FIG. 3-13** VERIFICACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE LAS VIGAS Y COLUMNAS, DEL PABELLÓN 1C



**FUENTE:** Obtenida mediante el programa Sap 2000 versión 15

**FIG. 3-14** VERIFICACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE CAPACIDAD RESISTENTE DE LAS VIGAS Y COLUMNAS, DEL PABELLÓN 4J



**FUENTE:** Obtenida mediante el programa Sap 2000 versión 15

Con el fin de evaluar en qué dirección, se produce el mayor daño en las columnas debido a momento flexionante causado por sismo, se determinó el momento de inercia y el módulo de sección para ello se utilizó la ecuación 11.

**Tabla 3.17** Momento de inercia y el módulo de sección de la columnas

Pabellón	B (cm)	H (cm)	$I_{xx}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_{yy}$ (cm <sup>4</sup> )	$Z_x = I_{xx} / c$ (cm <sup>3</sup> )	$Z_y = I_{yy} / c$ (cm <sup>3</sup> )
1A	30	60	540000	135000	18000	9000
1B	35	70	1000417	250104	28583	14292
1C	25	50	260417	65104	10417	5208
4J	30	60	540000	135000	18000	9000

**FUENTE:** Elaboración propia

### 3.1.5. Evaluación de la falla de columna corta.

Para evaluar el efecto de los vanos en las columnas se determinó la rigidez de la columna con su longitud total y la rigidez de las columnas acortadas por los vanos, llamadas las columnas cortas. Para ello se utilizó la ecuación 12.

**FIG. 3-15 LONGITUDES DE EVALUACIÓN DE LA RIGIDEZ.**



**TABLA 3.18 (A) RIGIDEZ DE LA COLUMNA TOTAL Y LA COLUMNA CORTA N° 1.**

PABELLON	LT (m)	Lc1 (m)	Longitud Total		Longitud Corta 1		Relación de K	
			$12EI_x/L^3$ (KXLT) (TNf/m)	$12EI_y/L^3$ (KYLT) (TNf/m)	$12EI_x/L^3$ (KXLC1) (TNf/m)	$12EI_y/L^3$ (KYLC1) (TNf/m)	$\frac{KXLT}{KXLC1}$	$\frac{KYLT}{KYLC1}$
1A	3,5	1,95	3285,28	821,32	18996,43	4749,11	5,78	5,78
1B	3,2	2,10	7963,67	1990,92	28177,68	7044,42	3,54	3,54
1C	3,2	2,13	2073,01	518,25	7029,30	1757,33	3,39	3,39
4J	3,0	1,85	5216,90	1304,22	22246,45	5561,61	4,26	4,26

**FUENTE:** Elaboración propia

**TABLA 3.18 (B) RIGIDEZ DE LA COLUMNA TOTAL Y LA COLUMNA CORTA N° 2.**

PABELLON	LT (m)	Lc2 (m)	Longitud Total		Longitud Corta 2		Relación de K	
			$12EI_x/L^3$ (KXLT) (TNf/m)	$12EI_y/L^3$ (KYLT) (TNf/m)	$12EI_x/L^3$ (KXLC2) (TNf/m)	$12EI_y/L^3$ (KYLC2) (TNf/m)	$\frac{KXLT}{KXLC2}$	$\frac{KYLT}{KYLC2}$
1A	3,5	0,4	3285,28	821,32	550219,46	550219,46	167,48	669,92
1B	3,2	1,05	7963,67	1990,92	56355,35	56355,35	7,08	28,31
1C	3,2	1,40	2073,01	518,25	6188,81	6188,81	2,99	11,94
4J	3,0	0,85	5216,90	1304,22	57340,19	57340,19	10,99	43,96

**FUENTE:** Elaboración propia

### 3.2. Estado actual de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC

Como se ha podido observar en las figuras 1-8 y 1-9 el estado actual de los pabellones 1A, 1 B y 1 C es malo, pudiendo observarse ventanas pandeadas, rotura continua de vidrios, fisuras, grietas, asentamientos diferenciales, acero expuesto y corroído, entre otras fallas. Mientras que el pabellón 4 J tiene un estado actual regular, se observa juntas de construcción insuficiente entre tabiques y pórticos, fisuras en la unión tabique pórtico y humedad en muros y losas,

### 3.3. Estabilidad de tabiques.

La vulnerabilidad no estructural, se determinó teniendo en cuenta la estabilidad de los tabiques ante carga perpendicular al plano, ya que ante este tipo de cargas se producen la mayoría de fallas frágiles ante sismo, para eso se han evaluado dos tabiques típicos de cada pabellón, se comparó el momento actuante  $M_a$  en KN-m/m (ecuación 14) y el momento resistente  $M_r$  en KN-m/m (ecuación 16), los resultados se muestran en la Tabla 3.19.

**TABLA 3.19 ESTABILIDAD DE TABIQUES**

	Muro	Factores					$M_a$	$M_r$	Resultado $M_a : M_r$
		C1 adim.	m adim.	P TNf/m <sup>2</sup>	a m	t m			
1A	M1	0,9	0,50	0,255	3,0	0,25	0,41	0,11	Inestable
	M2	0,9	0,50	0,255	1,4	0,15	0,09	0,04	Inestable
1B	M1	0,9	0,50	0,255	3,2	0,25	0,47	0,11	Inestable
	M2	0,9	0,50	0,255	1,1	0,15	0,06	0,04	Inestable
1C	M1	0,9	0,50	0,255	3,2	0,25	0,47	0,11	Inestable
	M2	0,9	0,50	0,255	1,2	0,15	0,07	0,04	Inestable
4J	M1	0,9	0,08	0,255	3,9	0,25	0,10	0,11	Estable
	M2	0,9	0,13	0,255	1,1	0,15	0,01	0,04	Estable

**FUENTE:** Elaboración propia

### 3.4. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones

Con los datos obtenidos en las tablas anteriores y usando la metodología explicada en el capítulo anterior se determinó la vulnerabilidad sísmica. Los pabellones 1A, 1B, 1C tienen las mismas características y calificación de sus parámetros estructurales y no estructurales, los cuales se observan en la tabla 3.17; la vulnerabilidad del pabellón 4J se ha calculado de manera separada puesto que la calificación de sus parámetros estructurales y no son diferentes a los de los demás pabellones ver tabla 3.20.

**TABLA 3.20** VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA, PABELLONES 1A, 1B, 1C.

Estructural		No estructural		Vulnerabilidad
Comportamiento	Estado actual	Tabiquería y parapetos		
Adecuada:	Bueno	Todos estables		<b>ALTA</b>
Aceptable:	Regular	Algunos estables		
Inadecuada:	<b>X</b> Malo	<b>X</b> Todos inestables	<b>X</b>	

**FUENTE:** Elaboración propia

**TABLA 3.21** VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA, PABELLÓN 4J.

Estructural		No estructural		Vulnerabilidad
Comportamiento	Estado actual	Tabiquería y parapetos		
Adecuada:	Bueno	Todos estables	<b>X</b>	<b>ALTA</b>
Aceptable:	Regular	<b>X</b> Algunos estables		
Inadecuada:	<b>X</b> Malo	Todos inestables		

**FUENTE:** Elaboración propia

### 3.5. Peligro sísmico de las edificaciones

Para determinar el peligro sísmico se determinó la sismicidad, para ello se ha tenido en cuenta la zonificación sísmica establecida en la NTE -

030, MTC (2003) en la cual Cajamarca se encuentra ubicado en la zona de más alta sismicidad (Z3).

Las características del suelo han sido extraídas de la base de datos del Laboratorio de Ensayos de Suelos que se muestran en los anexos, determinándose que el suelo predominante en la Facultad de Ingeniería es una arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) de una resistencia a compresión de 0,83 kg/cm<sup>2</sup>, considerado dentro de la clasificación del NTE E-030 como un suelos tipo III - flexible.

La topografía del valle de Cajamarca en donde se encuentra ubicada la ciudad universitaria es plana, teniendo una pendiente menor a 15%.

El peligro sísmico al ser un factor que depende de las características del lugar de ubicación de las edificaciones, es el mismo para los cuatro pabellones. (Ver tabla 3.22)

**TABLA 3.22 PELIGRO DE LA ESTRUCTURA**

<b>Sismicidad</b>	<b>Suelo</b>	<b>Topografía y pendiente</b>	<b>Peligro</b>
Baja	Rígido	Plana	<b>ALTO</b>
Media	Intermedios	Media	
Alta	<b>X</b> Flexibles	<b>X</b> Pronunciada	

**FUENTE:** Elaboración propia

### 3.6. Riesgo sísmico de las edificaciones

Con los datos obtenidos en las tablas: 3.20, 3.21 y 3.22 y usando la metodología explicada en el capítulo anterior se determinó la riesgo sísmico de las edificaciones, obteniéndose similares resultados para los cuatro pabellones. Ver tabla 3.23

**TABLA 3.23 RIESGO SÍSMICO DE LOS PABELLONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.**

Pabellón	Calificación	Resultado		
1A	Vulnerabilidad : Peligro :	Alta Alto	Riesgo Sísmico:	<b>Alto</b>
1B	Vulnerabilidad : Peligro :	Alta Alto	Riesgo Sísmico:	<b>Alto</b>
1C	Vulnerabilidad : Peligro :	Alta Alto	Riesgo Sísmico:	<b>Alto</b>
4J	Vulnerabilidad : Peligro :	Alta Alto	Riesgo Sísmico:	<b>Alto</b>

**FUENTE:** Elaboración propia

---

---

## **IV. DISCUSIÓN**

---

---

#### 4.1. Comportamiento sísmico de las edificaciones.

##### 4.1.1. Evaluación de los desplazamientos relativos de entrepiso y junta sísmica.

En la tabla 3.1 se puede observar los desplazamientos relativos (D/H) de entrepiso ocasionados durante un sismo en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería. Se puede percibir que en todas las edificaciones el desplazamiento relativo de entrepiso es mayor en la dirección “Y” que en la “X”, siendo este desplazamiento relativo mayor al máximo permitido por el Reglamento Nacional de Construcciones NTE-030 de diseño sismorresistente, en la cual se estipula que para edificaciones de concreto armado el desplazamiento relativo de entrepiso debe ser menor a 0.007, MTC (2003).

En la tabla 3.1 también se observa los desplazamientos laterales máximos calculados siendo mayor en la dirección “Y”, estos desplazamientos son mayores a la junta sísmica existente. Además la junta entre edificaciones que varía entre 2.5 a 3 cm es menor a la junta sísmica calculada en la tabla 3.2, ver Fig. 4-1.

**FIG. 4-1** (a) JUNTA SÍSMICA ENTRE EL EDIFICIO 1A IZQUIERDA Y 1A DERECHA. (b) JUNTA SÍSMICA ENTRE EL PABELLÓN 1A Y EL 1B (c) Y (d) JUNTA SÍSMICA ENTRE ESCLAREAS Y PABELLÓN 4J.



(a)



(b)



(c)



(d)

#### 4.1.2. Evaluación del comportamiento de las vigas

Al evaluar las vigas principales de los pabellones 1A, 1C y 4J (tablas 3.3, 3.4, 3.6, 3.7), se observa en todas las secciones de concreto armado que ante cargas muertas y vivas debido a su monolitismo y a su momento resistente tienen un comportamiento adecuado; sin embargo se aprecia que ante cargas de sismo las secciones no son adecuadas debido a que el momento resistente es menor al momento actuante, por lo que las vigas en dichas secciones fallaran causando rótulas plásticas que podrían llevar al colapso parcial o total de la edificación.

Al evaluar las vigas secundarias de los pabellones 1A, 1C y 4J (tablas 3.8, 3.9, 3.11, 3.12), en todas las secciones se puede observar que su comportamiento es muy similar al de las vigas principales, un adecuado comportamiento ante cargas muertas y vivas, pero inadecuado ante cargas de sismo.

Al evaluar las vigas principales y secundarias del pabellón 1B (tablas 3.5, 3.10), se aprecia que algunas de las secciones tienen comportamiento inadecuado ante cargas muertas y vivas, pues las

secciones de concreto armado tienen menor momento nominal resistente en comparación con el momento nominal actuante. Este problema se acrecienta bajo efectos de cargas sísmicas, es por ello que los pórticos de dicho pabellón han sido reforzados con columnas de acero, esto se ha realizado con el fin de evitar las deflexiones excesivas y su posible colapso, pero no se ha considerado el efecto del punzonamiento de la columna de acero en el pórtico de concreto armado, observándose fisuras en dicha unión. Ver Fig. 4-2.

**FIG. 4-2** REFORZAMIENTO DE LOS PÓRTICOS DEL PABELLÓN 1B



En las figuras 3-5 y 3-6, se aprecia que las vigas secundarias de los pabellones 1A y 1B, son vigas chatas de luz de 4.8 m y de 25 cm de peralte, del mismo peralte que el de la losa, siendo este menor al mínimo permitido para no controlar deformaciones propuesto en Reglamento Nacional de Construcciones NTE-060 de Concreto Armado: L/16, MTC (2009), pues aplicando lo propuesto la viga debería tener un peralte mayor a  $480/16 \geq 30$  cm, por lo que dichas vigas sufren deflexiones que se pueden observar en las ventanas pandeadas producto de la deflexión de las vigas. Ver Fig. 4-3.

**FIG. 4-3** (a) (b) VENTANAS DEL PABELLÓN 1A DEFORMADAS POR DEFLEXIÓN EN VIGAS SECUNDARIAS. (c) Y (d) VENTANAS DEL PABELLÓN 1B DEFORMADAS POR DEFLEXIÓN EN VIGAS SECUNDARIAS.



(a)



(b)



(c)



(d)

#### 4.1.3. Evaluación del comportamiento de las columnas

Al evaluar las columnas de los pabellones 1A, 1B, 1C y 4J (tablas: 3.13, 3.14, 3.15, 3.16), se parecía que todas las secciones de las columnas tienen comportamiento adecuado ante cargas muertas y vivas, pero ante cargas sísmicas la sección y la cantidad de acero que contienen es inadecuado, por lo que en las columnas se generarán rótulas plásticas y fallarán ante un sismo.

#### 4.1.4. Evaluación del tipo de falla.

Se observa en la figura 3-11 del Pabellón 1A, los elementos que inicialmente fallan son las columnas, las vigas del voladizo y las vigas secundarias, mientras que las vigas principales soportan los efectos de las cargas, por lo que el sistema no cumple con la condición de tener columnas más resistentes que las vigas.

En la figura 3-12 se observa que en el Pabellón 1B, que los elementos que inicialmente fallan son las vigas del voladizo, posteriormente las columnas del primer piso, posteriormente las vigas principales, por lo que el sistema no cumple con la condición de tener columnas más resistentes que las vigas.

Se ha observado en la figura 3-13 del Pabellón 1C, que los elementos que inicialmente fallan son las vigas del voladizo, posteriormente las columnas, mientras que las vigas principales y secundarias soportan los efectos de las cargas, por lo que el sistema no cumple con la condición propuesta en la ecuación (13).

Se ha observado que en el Pabellón 4J, que los elementos que inicialmente fallan son las columnas, por lo que el sistema no cumple con la condición propuesta en la ecuación (13)

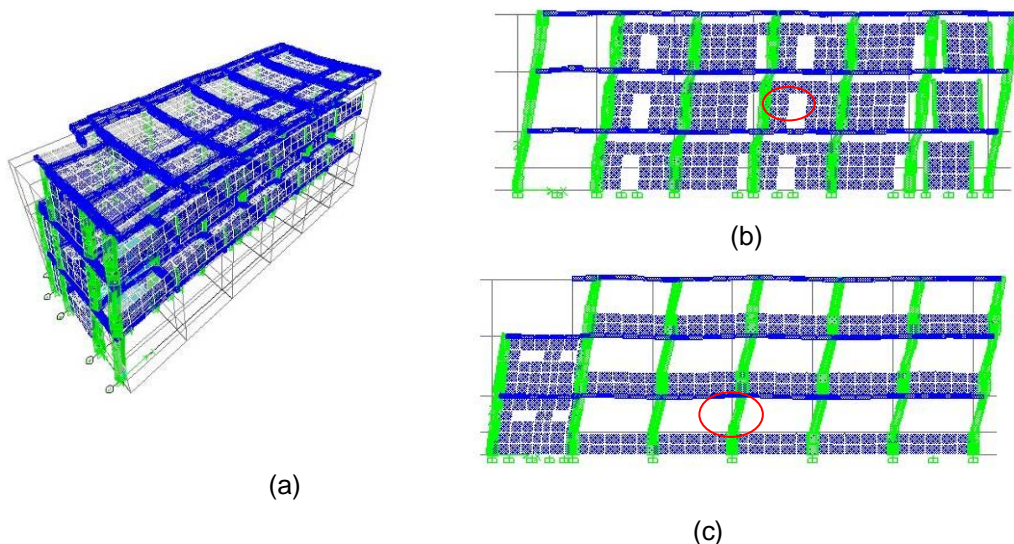
#### 3.1.6. Evaluación de la falla de columna corta.

Se observa que en las edificaciones, el desplazamiento en la dirección "X" es mayor debido a que la sección transversal de las columnas en esta dirección tienen menor dimensión ocasionando que tengan menor momento de inercia y menor módulo de sección (ver tabla 3.17). Recordemos que según la ecuación (11) a mayor

momento de inercia menor esfuerzo de flexión y por ende menor deformación. Además al ser la junta sísmica menor a lo estipulado por la NTE-030 tabla 3.2, esto aumentará el daño por colisión entre los edificios adyacentes, durante un sismo.

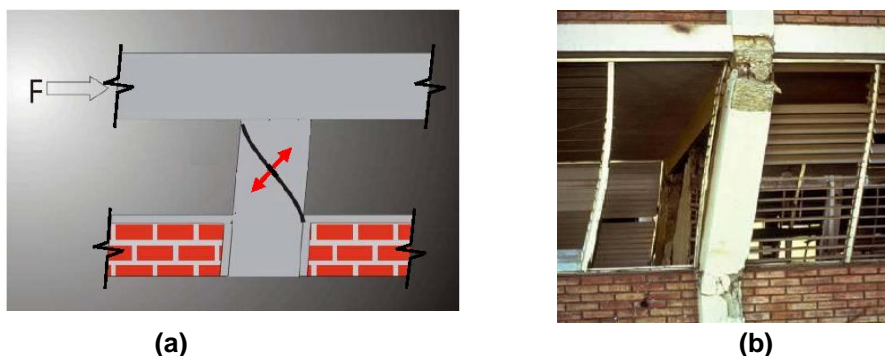
Los daños por colisión serán mayores debido a que la edificaciones no cuentan con juntas de construcción entre pódico y tabique (pabellones 1A, 1B, 1C) o esta es muy pequeña (pabellón 4J), que generará un choque entre tabiques y pórticos ocasionado la falla típica de columna corta (ver Fig. 4-4), generando así una falla por corte en las columnas a la altura de los vanos, esta falla se da en la dirección en la que existe menor rigidez de la edificación y mayor desplazamiento lateral. Este tipo de falla se puede observar en el modelo estructural del pabellón 1A, ver Fig. 4-8.

**FIG. 4-4** VISTA 3D MODELO ESTRUCTURAL EDIFICIO 1A-IZQ, (B) VISTO FRONTAL, (C) VISTA POSTERIOR



**FUENTE:** Extraído de modelos estructurales con el Programa Sap 2000 del Pabellón 1A.

**FIG. 4-5** (a) TRACCIÓN DIAGONAL EN UNA COLUMNA CORTA. (b) FALLA DE COLUMNA CORTA EN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DE 2 PISOS, NICARAGUA.



**FUENTE:** “Daños en Estructuras de Concreto Armado ocasionados por el sismo de Nazca en noviembre de 1996”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. 1997

La falla de columna corta se presenta se presenta debido a que hasta cierta altura la columna está atrapada entre muros, dejando ventanas en su parte superior. Los muros restringen su movimiento y estas columnas cortas tienen que absorber mayor rigidez que una columna larga. Se puede observar en la tabla 3.18 (a) que la columna corta tiene que absorber hasta un 5.78 veces más fuerza sísmica que soportaría la columna larga. Mientras que en la tabla 3.18 (b) la columna corta tiene que absorber hasta 670 veces más fuerza sísmica que soportaría la columna larga.

#### 4.2. Estabilidad de tabiques.

Al evaluar la estabilidad de los tabiques (tabla 3.19) se puede observar que en los pabellones 1A, 1B y 1C, en los cuales no existe junta de construcción entre pódico y tabique, el momento actuante es mayor al momento resistente, es por ello que los tabiques ante cargas perpendiculares al plano son inestables, esto se debe a la falta de confinamientos de los tabiques, por lo que el muro trabaja como muro en voladizo lo cual causará su colapso ante sismo.

En el caso del pabellón 4J, en el cual existe junta de construcción entre tabique y pórtico, además de contar con viguetas y columnetas de confinamiento, el momento actuante es menor al momento resistente, es por ello que los tabiques ante cargas perpendiculares al plano son estables. Por lo que se puede concluir que en edificaciones de tipo aporticado, los tabiques confinados y aislados del sistema estructural resistente son estables y tienen un comportamiento adecuado ante un sismo.

**FIG. 4-6** (a) TABIQUES SIN CONFINAMIENTO NI JUNTA DE CONSTRUCCIÓN, PABELLÓN 1B. (b) TABIQUES CON CONFINAMIENTO Y JUNTA DE CONSTRUCCIÓN, PABELLÓN 4J. (c) DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN, PABELLÓN 4J.



(a)



(a)



#### 4.3. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones

De las tablas 3.20 y 3.21 se aprecia que los pabellones 1A, 1B y 1C de la Facultad de Ingeniería debido a su comportamiento sísmico inadecuado, conservación regular e inestabilidad de tabiques, tienen una vulnerabilidad Sísmica Alta. El Pabellón 4J a pesar de ser una edificación de tan solo 4 años de antigüedad, debido a su inadecuado comportamiento sísmico en el cual se contempla una falla frágil en las columnas también tienen vulnerabilidad Sísmica Alta.

De las tablas 3.20 y 3.21 se aprecia que el pabellón 4J se diferencia de los pabellones 1A, 1B y 1C por su estado de conservación (regular) a pesar de su comportamiento inadecuado, esto se debe a que la edificación tiene una antigüedad menor a 5 años, tiempo mínimo en el que se deben evaluar las deformaciones por deflexión de larga duración, según el Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-060.

#### 4.4. Peligro sísmico de las edificaciones

Las edificaciones al estar ubicado en una zona de alta sismicidad (Z3) y al tener un suelo flexible tipo III, suelo arcilloso, de baja plasticidad CL, de resistencia menor a  $0,83 \text{ kg/cm}^2$  (ver anexos) conlleva a que tenga un peligro sísmico alto (tabla 3.22).

#### 4.5. Riesgo sísmico de las edificaciones

Al combinar los factores antes mencionados podemos afirmar que las edificaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca tiene un riesgo sísmico alto (tabla 3.23), por lo que ante un sismo severo ( $0,4g$ ) sufrirán falla inicial en las columnas, produciéndose una falla frágil de columna corta; sus tabiques colapsarán, quedando las edificaciones cercanas al colapso.

Los pabellones de la Facultad de Ingeniería, al tener un riesgo sísmico alto, no cumplen ni con la filosofía ni los principios de diseño sismorresistente propuestos en el Reglamento Nacional de Construcciones NTE E-030, por consiguiente sus edificaciones colapsarán provocando pérdidas de vidas humanas, no habrá continuidad de los servicios y los daños a la propiedad serán elevados.

Los pabellones de la Facultad de Ingeniería tienen un comportamiento sísmico inadecuado al no respetar las teorías propuestas en el Reglamento Nacional de Construcciones NTE-030, Ya que las edificaciones tienen mayor peso en los pisos más altos, su resistencia y rigidez es inadecuada además de sufrir deformaciones laterales excesivas durante un sismo.

Luego de haber analizado las edificaciones de la Facultad de Ingeniería podemos comparar nuestros resultados con otras investigaciones similares que emplean otras metodologías como la usada por Muñoz (1997), quien evaluó el desempeño sismorresistente de los colegios antiguos o tradicionales y los modernos, con resultados semejantes: las edificaciones tradicionales de uso educativo colapsaron durante el sismo de Nazca 1996, debido a su falta de rigidez en una dirección que desencadena en un problema conocido como falla de columna corta.

En la Universidad Nacional de Cajamarca, a la fecha no se ha realizado nada para evitar que se sigan construyendo edificaciones de tipo tradicional, pues se siguen planteando, diseñando y construyendo edificaciones de este tipo. Esto conlleva a que las nuevas edificaciones sigan teniendo los mismos errores y sufran el mismo tipo de fallas ante un evento sísmico que las edificaciones antiguas.

---

---

## **V. PROPUESTA**

---

---

## 5.1. Propuesta Metodológica.

La metodología planteada es una propuesta para el análisis del riesgo sísmico de edificaciones aporricadas, pudiéndose aplicar a edificaciones ya construidas o por construir. Esta metodología nos permite predecir cuál será el comportamiento de la edificación ante un sismo severo.

A fin de tener una propuesta metodológica simple y que otras personas puedan acceder a utilizarla se la ha resumido en hojas de Excel (fichas de reporte).

En la primera página de esta ficha se recaban toda la información observada y extraída del análisis del comportamiento sísmico de la edificación tales como desplazamientos de entrepiso, fallas de los elementos, diagramas de Fuerzas internas. Además se anotan algunas características importantes del sistema estructural, proceso constructivo y antigüedad.

En la segunda página de la ficha de reporte se realiza un análisis de estabilidad de tabiques, así como se determina la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de la edificación y se realizan esquemas de la arquitectura en planta y en corte.

En la tercera página de la ficha de reporte se recaba información del sistema estructural realizando esquemas de los elementos estructurales resistente como son las vigas y columnas además de indicar el sentido de techado de la estructura.

En la cuarta página de la ficha de reporte se muestra un registro fotográfico de las características más importantes de la edificación, también se registra algunas de las fallas de la estructura.

## FIG. 5-1 FICHA DE REPORTE PÁGINA N° 01

### DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES FICHA DE REPORTE

Edificio N°: 1 A - der.

**Antecedentes:**

Ubicación: CIUDAD UNIVERSITARIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
 Facultad: Ingeniería  
 Escuela académico Profesional: Ingeniería Civil  
 Pisos construidos: 3 Pisos proyectados: 3 Antigüedad de la edificación: 44  
 Topografía y geología: Sin pendiente, suelo arcilloso, con nivel freático a 1.5 m de profundidad.  
 Estado de la edificación: Existen rajaduras que han sido resanadas.  
 Existen rajaduras en muros que atraviesan todo el muro.  
 Secuencia de construcción de la edificación: TODO A LA VEZ

**Aspectos técnicos:**

**Elementos de la edificación:**

Elemento	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclópeo de 0.50x0.9m, zapatas 1.2 x 1.2 y sobrecimiento armado.
Muros	Ladrillo macizo artesanal 9x13x24, juntas de 2 a 3cm.
Techo	Losa aligerada de 25cm
Columnas	0.30 x 0.60 m
Vigas	Principal 0.30x0.70m Secundarias 0.50 x 0.25 Amarre 30x25

**Deficiencias de la estructura:**

Problemas de ubicación:	Otros Problemas:	
Se encuentra ubicado en suelo arcillo de tipo expansivo con resistencia a compresión del suelo de 0.86 Kg./cm <sup>2</sup>	Armaduras expuestas y corroídas	
	Fisuras y grietas en tabiques	
Problemas estructurales:		
Asentamientos diferenciales		
Tabiques no aislados de la estructura	Estado actual	Mal
Fisuras en Columnas y Vigas	Inauguró	1967 Antigüedad 44 años
Possible falla de Columna Corta	Otros:	
Resistencia del Concreto	Humedad en muros	
Columnas 210	Vigas 210	Kg./cm <sup>2</sup>

**Análisis por sismo**

Z= 0.4      U = 1.5      S= 1.4      Tp      0.9      R= 8

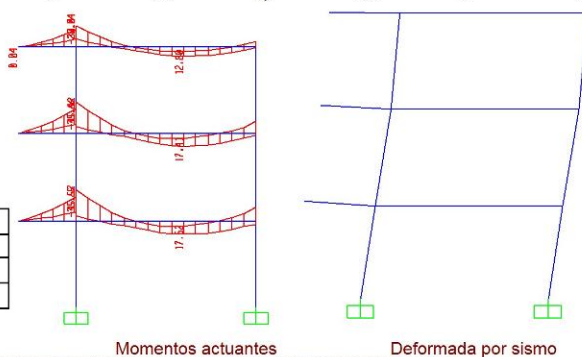
**Elementos que fallan**

	$M_{act} > M_r$	$M_{act} < M_r$
Vigas		
Columnas	X	

Nota: Fallan Columnas

Distorsión  $Dy/He$  (máx.) = 0.007

Entrepiso	Dx/He	Dy/He	Verificación
1	0.0088	0.0033	No Cumple X
2	0.0114	0.0042	No Cumple X
3	0.0154	0.0057	No Cumple X



**FUENTE:** Elaboración propia.

**FIG. 5-2 FICHA DE REPORTE PÁGINA N° 02**

**Estabilidad de muros al volteo**

Muro	Factores					Mom. Act.	Mom. rest.	Resultado	Muro	Factores					Mom. Act.	Mom. rest.	Resultado
	C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 t <sup>2</sup>	Ma : Mr		C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 t <sup>2</sup>	Ma : Mr
	adim.	adim.	kN/m <sup>2</sup>	m	m	kN-m/m	kN-m/m			adim.	adim.	kN/m <sup>2</sup>	m	m	kN-m/m	kN-m/m	
M1	0.9	0.50	2.5	3.00	0.25	4.1	1.0	Inestable	M2	0.9	0.50	2.50	1.4	0.15	0.9	0.4	Inestable

FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = Función (Vulnerabilidad; Peligro)											
Vulnerabilidad				Peligro							
Estructural		No estructural		Sismicidad		Topografía y pendiente					
Comportamiento		Estado actual		Tabiquería y parapetos							
Adecuada:		Bueno		Todos estables	Baja	Rígido	Plana	X			
Aceptable:		Regular	X	Algunos estables	Media	Intermedios	Media				
Inadecuada:	X	Malo		Todos inestables	X	Alta	X	Flexibles	X	Pronunciada	

Calificación	
Vulnerabilidad :	Alta
Peligro :	Alto

Resultado	
Riesgo Sísmico:	Alto

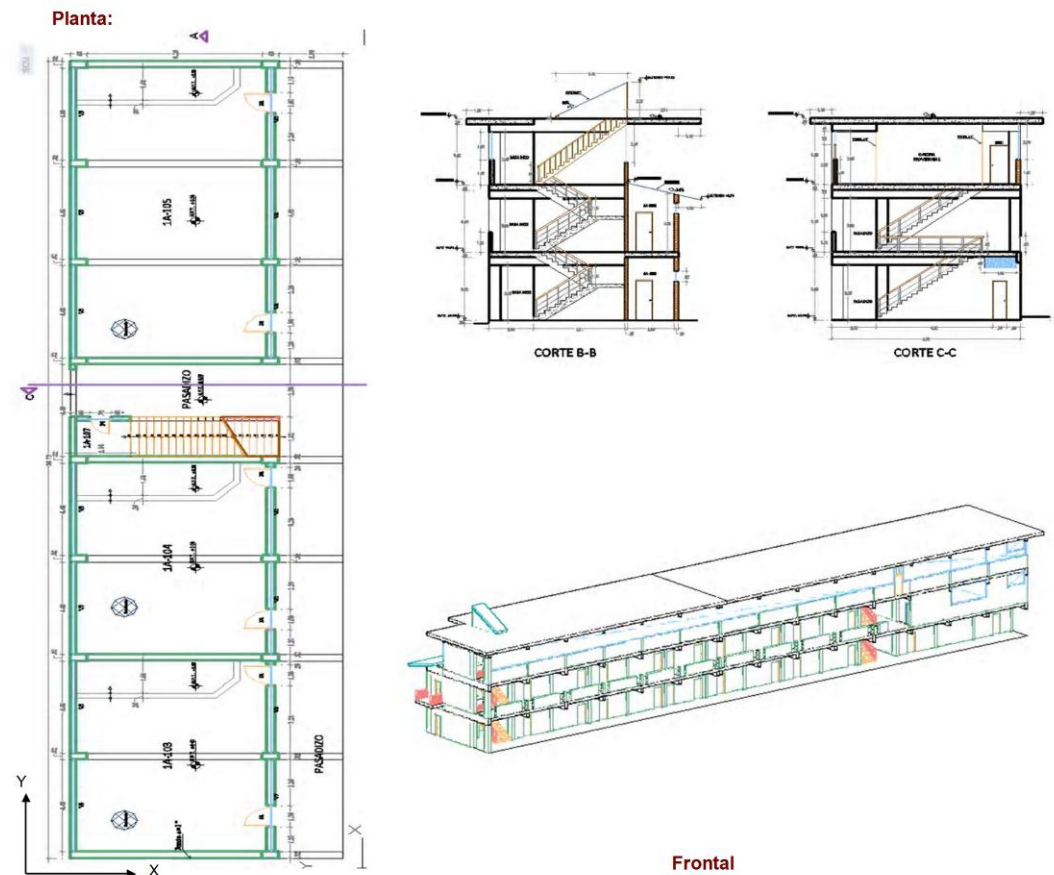
**Diagnóstico:**

El sistema aporticado es inadecuada en la dirección "X"

Todos los tabiques no arriostrados son inestables al volteo.

La edificación presenta un riesgo sísmico alto

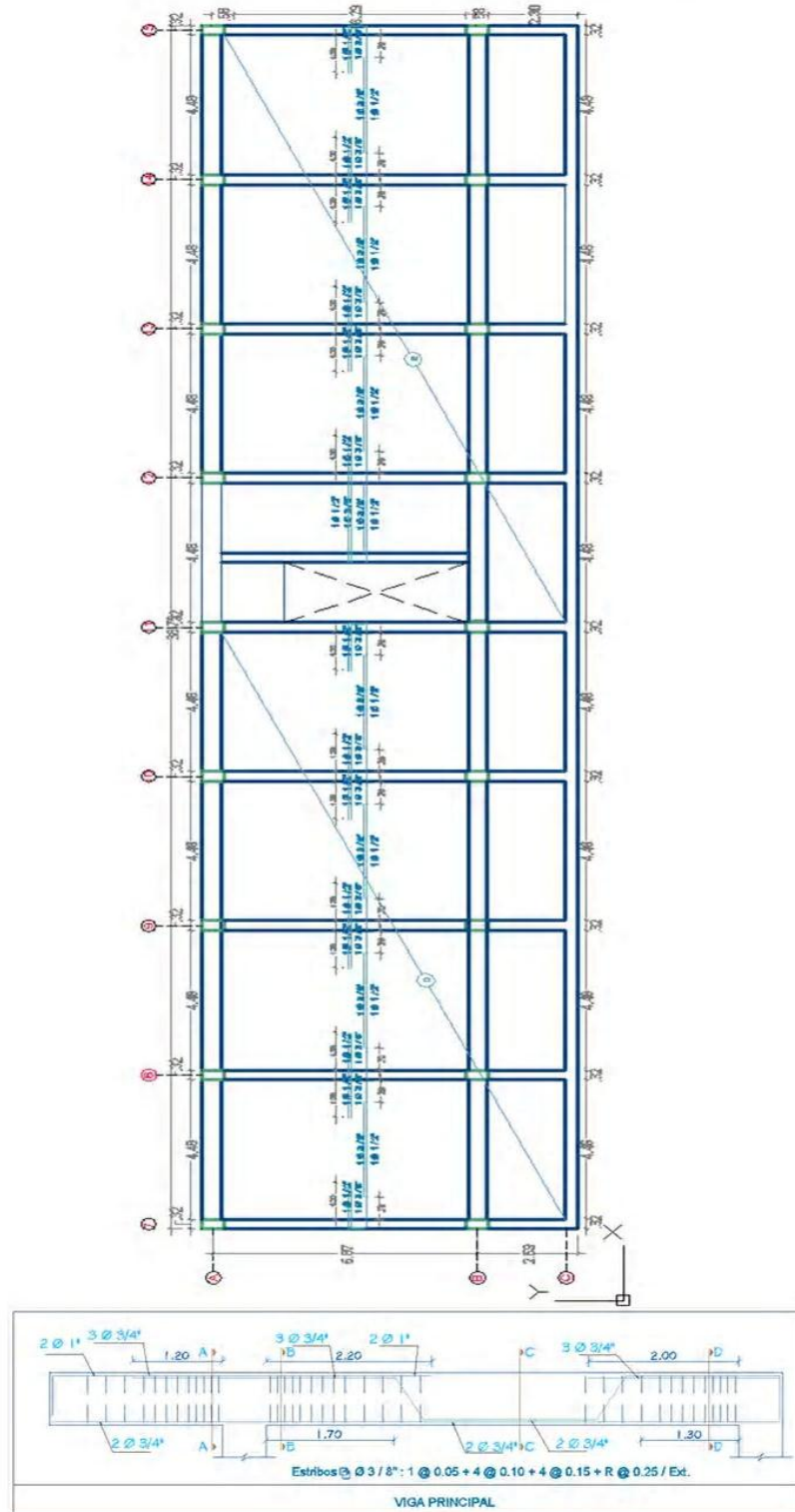
**Gráficos**



**FUENTE:** Elaboración propia.

FIG. 5-3 FICHA DE REPORTE PÁGINA N° 03

DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES



ESTRUCTURAS

FUENTE: Elaboración propia.

**FIG. 5-4 FICHA DE REPORTE PÁGINA N° 04**

**DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES**



**Deflexiones y pandeo de ventanas**



**Grietas en Tabiques**



**Humedad en paredes**



**Fisuras en unión tabique muro**



**Fisuras en unión tabique muro**



**Fisuras en unión tabique muro**

**FUENTE:** Elaboración propia.

## 5.2. Propuesta de reforzamiento.

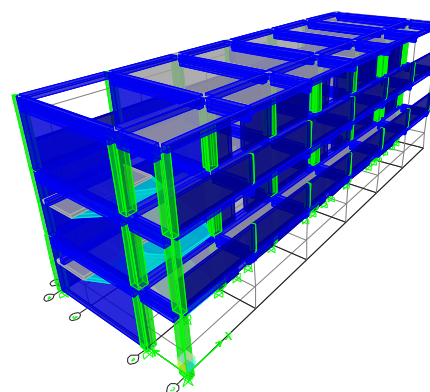
Se propone, como solución a los posibles daños que pueden sufrir las nuevas edificaciones proyectadas, anular la construcción de edificaciones educativas tradicionales con columnas rectangulares y promover la construcción con un nuevo sistema estructural usando columnas de sección "T" y "L" o edificaciones de placas rígidas con el fin de disminuir el efecto de la fuerza sísmica.

Además se debe aislar los tabiques del sistema estructural resistente con juntas de construcción que cumplan con el Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-030.

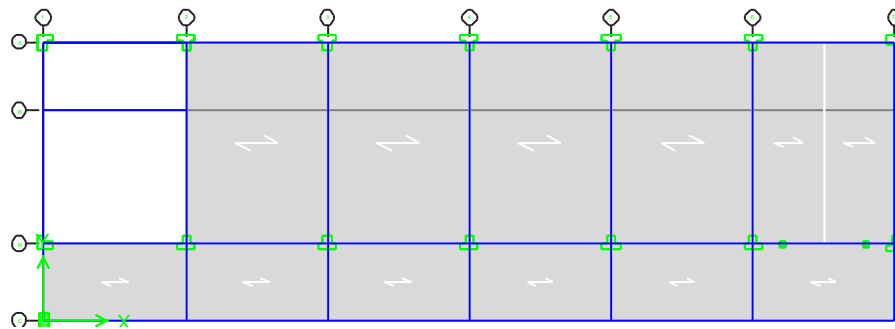
Lo antes mencionado permitirá que la edificación tenga más rigidez en ambas direcciones y disminuya los desplazamientos laterales de entrepiso evitando la falla típica de columna corta y haciendo más resistente y rígido al sistema estructural.

Para edificaciones educativas tradicionales ya construidas se propone reforzar sus columnas, convirtiendo las columnas rectangulares a columnas T y L, columnas T en el interior de la edificación y columnas L en las esquinas de la edificación, como se observa en el modelo estructural reforzado del pabellón 1A de la Fig. 5-5.

**FIG. 5-5** (a) MODELO 3D DEL PABELLÓN 1A CON COLUMNAS T Y L.  
(b) MODELO EN PLANTA DEL PABELLÓN 1A CON COLUMNAS T Y L



(a)



(b)

**FUENTE:** Extraído de modelo estructural del Pabellón 1<sup>a</sup> – reforzado, realizado en el Sap 2000.

El reforzamiento debe ser diseñado y calculado exclusivamente para cada edificación, para colocar los nuevos estribos se perforará la columna antigua con taladros especiales para no deteriorarla; antes de vaciar el nuevo concreto, se debe embeber superficie antigua con aditivos adhesivo especiales que unan el concreto viejo con el concreto nuevo; el mismo aditivo puede usarse para embeber las barras de acero en el concreto antiguo; para resanar grietas o fisuras se puede usar resinas epóxicas y morteros epóxicos.

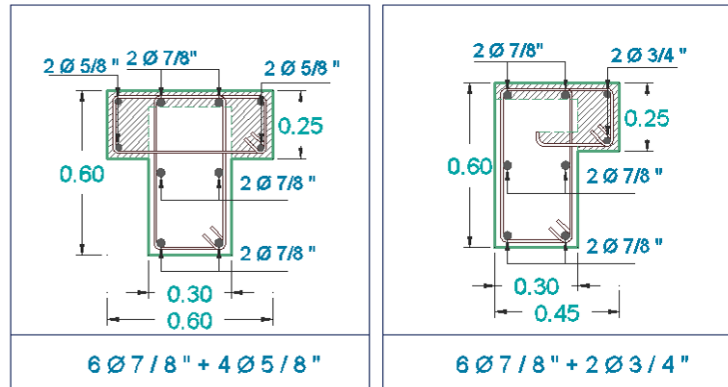
El nuevo concreto a colocar debe ser diseñado adecuadamente para alcanzar una resistencia igual o mayor al concreto existente, además debe contener aditivos como auto compactante, acelerante de fragua y expansivo.

En el caso del pabellón 1A, 1B y 1C, se sugiere la reconstrucción debido a los altos daños que tienen y a que estas edificaciones han alcanzado su periodo de vida útil. Como solución alternativa se propone su reforzamiento como se indica a continuación.

Las columnas interiores del pabellón 1A será reforzado convirtiéndolas en columna de sección “T”, con 4 aceros adicionales de 5/8” y una sección mayor de concreto de 15 cm por 25 cm a cada lado de

la sección original, en el caso de las columnas de las esquinas serán reforzadas convirtiéndolas en columna de sección "L" el reforzamiento será con 2 aceros adicionales de 5/8" y una sección mayor de concreto de 15 cm por 25 cm a un lado, los estribos serán de 3/8". Fig. 5-6.

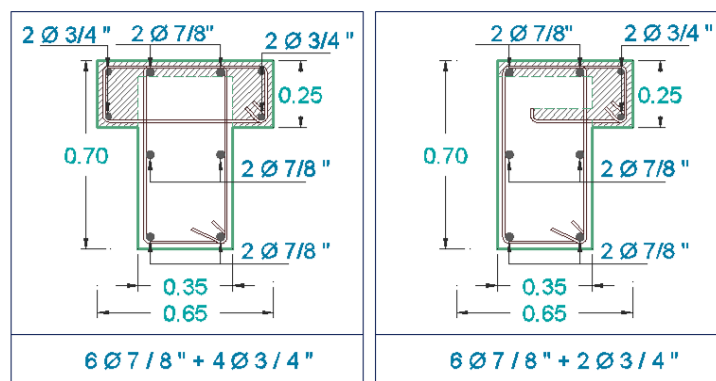
**FIG. 5-6 REFORZAMIENTO DE LAS COLUMNAS DEL PABELLÓN 1A.**



**FUENTE:** Elaboración Propia.

Las columnas interiores del pabellón 1B, será reforzado convirtiéndolas en columna de sección "T" con 4 aceros adicionales de 3/4" y una sección mayor de concreto de 15 cm por 25 cm a cada lado; en el caso de las columnas en esquinas serán reforzadas convirtiéndolas en columna de sección "L" con 2 aceros adicionales de 3/4" y una sección mayor de concreto de 15 cm por 25 cm a un lado, los estribos serán de 3/8". Fig. 5-7.

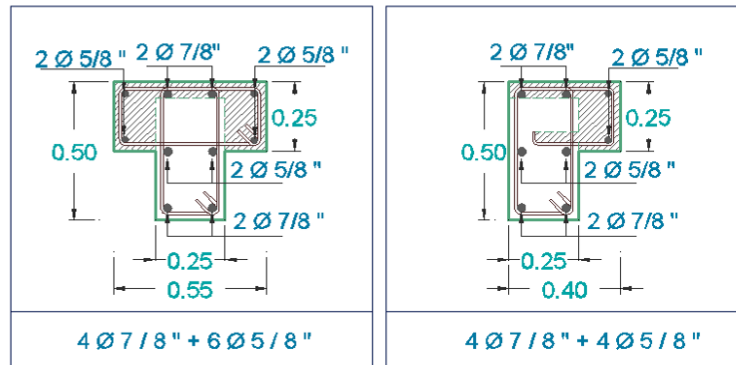
**FIG. 5-7 REFORZAMIENTO DE LAS COLUMNAS DEL PABELLÓN 1B.**



**FUENTE:** Elaboración Propia.

Las columnas interiores del pabellón del pabellón 1C, será reforzado convirtiéndolas en columna de sección "T" con 4 aceros adicionales de 5/8" y una sección mayor de concreto de 15 cm por 25 cm a cada lado; en el caso de las columnas en esquinas serán reforzadas convirtiéndolas en columna de sección "L" con 2 aceros adicionales de 5/8" y una sección mayor de concreto de 15 cm por 25 cm a un lado, los estribos serán de 3/8".

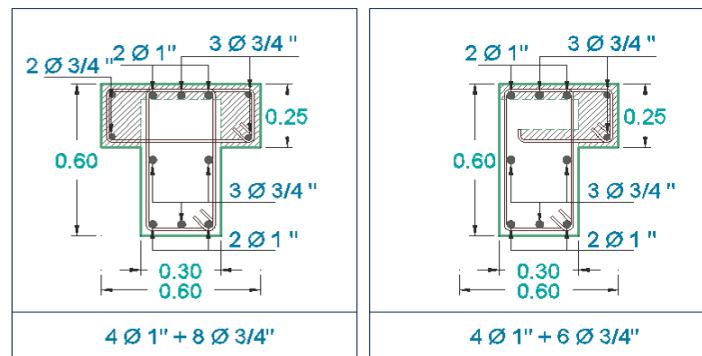
**FIG. 5-8 REFORZAMIENTO DE LAS COLUMNAS DEL PABELLÓN 1C.**



**FUENTE:** Elaboración Propia.

Las columnas interiores del pabellón del pabellón 4J, será reforzado convirtiéndolas en columna de sección "T" con 4 aceros adicionales de 3/4" y una sección mayor de concreto de 15 cm por 25 cm a cada lado; en el caso de las columnas en esquinas serán reforzadas convirtiéndolas en columna de sección "L" con 2 aceros adicionales de 5/8" y una sección mayor de concreto de 15 cm por 25 cm a un lado, los estribos serán de 3/8".

**FIG. 5-9 REFORZAMIENTO DE LAS COLUMNAS DEL PABELLÓN 4J.**



**FUENTE:** Elaboración Propia.

Las secciones propuestas para el caso de las columnas “T” permiten un aumento del momento de inercia entre 20 a 30 % en la dirección “X” y entre 200 a 300 % en la dirección “Y”. Para el caso de las columna “L” permite un aumento del momento de inercia entre 15 a 20 % en la dirección “X” y entre 100 a 200 % en la dirección Y.

El aumento de las secciones y del acero de las columnas permite mejorar el comportamiento sísmico, reduciendo los desplazamientos relativos de entrepiso, en especial en la dirección “Y” permitiendo que cumpla con la NTE-030 y reduciendo la falla típica de columna corta que se daba en la estructura inicial.

---

---

## **VI. CONCLUSIONES**

---

---

## 6.1. Conclusiones Parciales

- La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene vulnerabilidad sísmica alta, a causa de su comportamiento sísmico inadecuado, la inestabilidad de sus tabiques y su regular a mal estado de conservación.
- La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene peligro sísmico alto, a causa de su alta sismicidad de la zona y las características de su suelo de fundación.
- Las edificaciones de la Facultad de ingeniería ante sismo severo, sufrirán desplazamiento relativo de entrepiso mayor en la dirección “Y” que en la “X”, siendo este mayor al máximo permitido 0.007, MTC (2003).
- Los desplazamientos laterales que se producirán en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería, ante un sismo severo son mayores a la junta sísmica existente.
- Las vigas y las columnas tienen un comportamiento aceptable ante cargas muertas y vivas (cargas de servicio), pero inadecuado ante cargas sísmicas, pudiendo llevarlas al colapso.
- La falla típica que se podría producir ante un sismo severo, en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería es, la falla de columna corta, debido a la falta o inadecuada junta de construcción entre tabique – pórtico, ubicación de vanos y a la elevada rigidez que tendrían que soportar frente al sismo, pues en algunos casos tendría que soportar hasta 670 veces más fuerza sísmica que soportaría la columna larga.

- Los tabiques de los pabellones 1A, 1B y 1C, ante cargas perpendiculares al plano son inestables, esto se debe a la falta de confinamientos de los tabiques. Mientras que los tabiques del pabellón 4j ante cargas perpendiculares al plano son estables, esto se debe a que los tabiques se encuentran confinados por columnetas y viguetas.
- La falla típica se podría producir ante un sismo severo en los sistemas estructurales de la Facultad de ingeniería, es una falla frágil e inestable, puesto que los elementos que inicialmente fallan son las columnas.
- Las edificaciones educativas tradicionales y antiguas tienen vulnerabilidad sísmica alta, debido a su configuración estructural típica, falta de junta sísmica y poca rigidez en una dirección.
- Las edificaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca, al tener un sistema estructural propio de una institución educativa tradicional podrían sufrir grandes daños ante sismo severo.

## 6.2. Conclusión General.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene riesgo sísmico alto, debido a la vulnerabilidad sísmica y peligro sísmico altos.

---

---

## **VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

---

---

ASTORGA María y AGUILAR Rafael (2006). Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas (Tesis Magistral). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

ATC. (2002), *Development of Performance-based Earthquake Design Guidelines, ATC-40*, Redwood City: Structural Engineers Association of California.

BARBAT Alex H. (1998). *El riesgo sísmico en el diseño de edificios*, (3°. ed). Madrid, España: Calidad Siderúrgica

BARDALES CHUQUILÍN, William H. (2010). Desempeño sismorresistente del edificio 2B de la universidad Nacional de Cajamarca. (Tesis).Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

BLONDET Marcial, TARQUE Nicola, MOSQUEIRA Miguel, (2005). Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana. (Tesis Magistral) Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

BOMMER, Julian; SALAZAR Walter y SAMAYOA Ricardo. (1998). *Riesgo sísmico en la región metropolitana de San Salvador*. San Salvador, El Salvador: Prisma.

BONETT DÍAZ, Ricardo L., (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. (Tesis Doctoral). Barcelona España: Universidad politécnica de Cataluña.

BONETT, Ricardo L. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y*

*moderada*. (Tesis Doctoral). España, Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

BROTO, Carles. (2009). *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción*. (16°.ed). España, Barcelona: Editorial Links Internacional.

CALAVERA, José. (2005). *Patología de estructuras de Hormigón armado y pretensado*. (1°.ed). Madrid: Instituto técnico de materiales y construcciones (INTEMAC).

CHRISTOPHER, Arnold y REITHERMAN Robert (1987). *Configuración y diseño sísmico de edificios*. (1°.ed.). México, D. F.: Limusa.

COMPUTERS AND STRUCTURES, INC, CSI (2005). *Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS, and SAFE*. California, USA: University of Berkeley.

DO LAGO, Paulo. (1997). *Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto*. México, D. F.: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

GUARDIA, Claudia y SOTELO, César. 2002. Estado del arte en protección sísmica, (Tesis). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

IBC, (2011) *International Building Code*, (4° ed.). Estados Unidos: International Code Council.

INDECI 2006. *Vulnerabilidad Natural social y económica. Programa de Capacitación para la Estimación del Riesgo – PCER*. Cajamarca: INDECI.

INDECI (2002). *Ciudades sostenibles. Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca*. (1°. ed.) Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Perú: INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI).

INDECI (2005). *Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la Ciudad de Cajamarca*. Cajamarca, Perú: INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL. (INDECI).

KUROIWA HORIUCHI, Julio. (2002). *Reducción de desastres – Viviendo en armonía con la naturaleza*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Lima, Perú: CAPECO.

KUROIWA, Julio; PACHECO Edgardo y PANDO Edgardo. (2010). *Alto a los Desastres*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Lima, Perú: Umbral ediciones

LANTADA ZARZOSA, Nieves. (2007) Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona. (Tesis Doctoral). Barcelona España: Universidad Politécnica de Cataluña.

MORALES MORALES, Roberto. (2006), *Diseño en Concreto Armado*. (3°. ed.) Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.

MTC. (1985). *Reglamento Nacional de Construcciones NTE-020 de Cargas*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC).

MTC. (1997). *Reglamento Nacional de Construcciones NTE-050. Suelos y Cimentaciones*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC).

MTC. (2003). *Reglamento Nacional de Construcciones NTE-030 de Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC).

MTC. (2006). *Reglamento Nacional de Construcciones NTE-070 de Albañilería*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC).

MTC. (2009). *Reglamento Nacional de Construcciones NTE-060 de Concreto Armado*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC).

MUÑOZ Alejandro, QUIUN Daniel y TINMAN Marcos. 1999. *Riesgo sísmico de edificios peruanos*. Departamento de Ingeniería PUCP. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.

MUÑOZ PELÁEZ, Alejandro. (1997). *Fuerzas de Diseño y Control de Desplazamientos en la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. Lima. Perú: Fondo Editorial PUCP.

MUÑOZ PELÁEZ, Alejandro. (2004). *Ingeniería sismorresistente*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. Lima. Perú: Fondo Editorial PUCP.

MUÑOZ PELÁEZ, Alejandro. (2007). *Técnicas de reforzamiento para edificaciones educativas de bajo costo*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. Lima. Perú: Fondo Editorial PUCP.

MUÑOZ, Alejandro; LEÓN Henry; QUINTANA, Ursula y BLONDET, Marcial. (2001), *Desempeño Sismorresistente de los Colegios*

*Peruanos Modernos*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. Lima. Perú: Fondo Editorial PUCP.

MUÑOZ, Alejandro; MONTALBETTI, Alejandro y TINMAN, Marcos. (1997). *Daños en Estructuras de Concreto Armado ocasionados por el sismo de Nazca en noviembre de 1996*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. Lima Perú: Fondo Editorial PUCP.

NENA HERNÁNDEZ, Ulises (2002). Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas. (Tesis doctoral). Barcelona. España: Universidad Politécnica de Cataluña.

OSHIRO HIGA, Fernando. (1998). *Edificios de Concreto Armado- Cálculo Estructural Antisísmico*. (1° ed.). Lima Perú: Gráfica Horizonte.

OTTAZZI PASINO Gianfranco (2008). *Diseño en concreto armado*. (1° ed.) Lima Perú: Asociación capitulo peruano del Instituto Americano del Concreto – ACI.

PÉREZ PÉREZ, Edwin (2005). Análisis de la vulnerabilidad sísmica estructural del barrio San Antonio en la zona 6 de la ciudad de Guatemala. (Tesis Magistral). Guatemala: Universidad de San Carlos Guatemala.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA (2009). *Decreto Supremo N° 017-2009-AG. Reglamento de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor*. Lima: El peruano.

ROJAS MERCEDES José (2005). Consideración de las columnas cortas en la vulnerabilidad sísmica de las estructuras (Tesis Magistral)

Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez.

SAFINA MELONE, Salvador. (2002). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. (Tesis Doctoral). Barcelona España: Universidad politécnica de Cataluña.

SAMANIEGO, Luis y RÍOS, José. (2004), Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica del distrito del Rímac en la ciudad de Lima, (Tesis) Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

SAN BARTOLOMÉ, Ángel. (1998). *Construcciones de Albañilería – Comportamiento sísmico y diseño estructural.* (2°.ed.). Lima Perú: Fondo Editorial PUCP.

SAN BARTOLOMÉ, Ángel. (1998) *Análisis de Edificios.* (2°. ed.). Lima-Perú: Fondo editorial PUCP.

SÁNCHEZ, Roberto (1990). Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones en el distrito de San Juan de Lurigancho. (Tesis) Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

SARMIENTO GUTIÉRREZ, Julio. (2004). *Atlas Histórico de La Universidad Nacional De Cajamarca.* (1°.ed.). Cajamarca. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca

SARRIA MOLINA, Alberto. (1995). *Ingeniería Sísmica.* (2°.ed.). Santa Fe de Bogotá, Colombia: Ediciones Uniandes.

SEAO (1995). *Vision 2000 - A Framework for Performance Based Earthquake Engineering*. California: Structural Engineers Association of California.

STRATTA, J. BERG, G. ENKEBOLL, W. MEEHAN, J. y MCCLURE F. (1970). *Reporte preliminar del 31 de mayo de 1970*: Earthquake Engineering Research Institute.

TAFUR SARMIENTO, Enrique y NARRO DE LOS RÍOS, Víctor (2006), Estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca. (Tesis). Cajamarca. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.

UNC. (2010). Archivos de la Oficina general de Servicios y Gestión Ambiental, de las obras ejecutadas en la Universidad Nacional de Cajamarca.

ZEGARRA, Luis y REPETTO, Pedro. (1980). *Evaluación de edificaciones dañadas en Lima Metropolitana en el sismo de octubre de 1974*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. Lima Perú: Fondo Editorial PUCP.

Asociación Internacional de Fomento (AIF) - Banco Mundial, julio 2008  
[<http://www.bancomundial.org/aif>]. Marzo 2011.

Instituto geofísico del Perú. IGP. Mayo 2009.  
[[http://www.igp.gob.pe/sismologia/sismo/IGPSIS/sismos\\_reportados.htm](http://www.igp.gob.pe/sismologia/sismo/IGPSIS/sismos_reportados.htm)]. Diciembre 2011.

Ministerio de educación de Colombia, marzo 1999  
[[www.mineducacion.gov.co](http://www.mineducacion.gov.co)] Julio 2011

Ministerio de educación del Perú,

Cifras de la educación 1998-2003. Lima, Perú, Mayo 2004.  
[[http://www.oei.es/quipu/peru/cifras1998\\_2003.pdf](http://www.oei.es/quipu/peru/cifras1998_2003.pdf)] enero 2012

USGS U.S. Geological Survey Earthquakes FAQ  
[<http://earthquake.usgs.gov>]. Noviembre 2011

Universidad Nacional de Cajamarca, diciembre 2011  
[<http://www.unc.edu.pe>]. Enero 2012

Wikipedia, enciclopedia libre.  
[<http://es.wikipedia.org>]. Octubre 2011

---

---

## **IX. ANEXOS**

---

---

### 9.1. Glosario de Términos

- Colapso. La estructura ha perdido casi toda o toda su rigidez y resistencia original. (Muñoz A.; 2004:42)
- Defecto. Una situación en la que uno o más elementos de una construcción no cumplen la función para la que han sido previstos. (Calavera J.; 2005:16).
- Ensayo de esclerometría. Ensayo no destructivo que permite estimar la resistencia a compresión de concretos endurecidos. (Calavera J.; 2005: 293-295).
- Espectro. Son los valores máximos o picos de la respuesta estructural, fuerza restituitiva, el desplazamiento o la aceleración para todo un grupo de estructuras de igual periodo y amortiguamiento. (Muñoz A.; 2004:69)
- Fallo/a. Es la finalización de la capacidad de un elemento o de la estructuras para desempeñas la función requerida. (Calavera J.; 2005:16).
- Fisura. Son aberturas que solo afectan a la superficie o acabado superficial superpuesto de un elemento constructivo. (Broto C.; 2009:34).
- Grieta. Son aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento. (Broto C.; 2009:62).
- Intensidad sísmica. Es la medida de la energía liberada, se mide por el efecto del sismo sobre las personas, las edificaciones y la naturaleza a medida que las ondas se desplazan por la superficie terrestre. Se mide con la escala de Mercalli. (Kuroiwa J. y col; 2010: 98-101).
- Magnitud sísmica. Es la cantidad total de energía que libera el volumen de roca que rodea al foco o hipocentro del sismo. Se mide con la escala de Richter. (Kuroiwa J. y col; 2010: 96-98).

- Patología. Es la parte de la ingeniería que estudia los síntomas, los mecanismos, las causas y los orígenes de los defectos de las obras civiles así como su posible terapia. (Do Lago P. ;1997:5)
- Peligro Sísmico. Es la probabilidad de ocurrencia de un sismo, dentro de un período específico, en una determinada localidad o zona. (Kuroiwa J. y col; 2010:57-59).
- Reforzamiento. Es un conjunto de actuaciones, como demoliciones, saneamientos y aplicaciones de nuevos materiales, destinado a aumentar la capacidad portante y mejorar su comportamiento. (Broto C. 2009:37).
- Reparación. Es un conjunto de actuaciones, como demoliciones, saneamientos y aplicaciones de nuevos materiales, destinado a recuperar el estado constructivo y devolver a la unidad lesionada su funcionalidad arquitectónica original. (Broto C.; 2009; 36).
- Restauración. Cuando la reparación se centra en un elemento concreto o en un objeto de decoración o histórico. (Broto C.; 2009: 36).
- Riesgo Sísmico. Es la estimación o evaluación del costo de pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y económica, durante un periodo específico y en un área determinada que puede causar un sismo. (Kuroiwa J. y col; 2010:64).
- Sismo Leve. Es un sismo con la aceleración máxima del terreno de 0,15 g con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. (Tarque, N. y col;. 2005:1).
- Sismo Moderado. Es un sismo con la aceleración máxima del terreno de 0,3 g con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. (Tarque, N. y col;. 2005:1).
- Sismo Severo. Es un sismo con la aceleración máxima del terreno de 0,4 g con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. (Tarque, N. y col;. 2005:1).

- Sismo: Es todo movimiento, vibración o sacudida brusca de la superficie terrestre causando por el desplazamiento relativo de las placas geológicas. (Kuroiwa J. y col; 2010:77).
- Vulnerabilidad sísmica. Es el grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un sismo. (Kuroiwa J. y col; 2010:64).

## 9.2. Resultados de Análisis de Laboratorio.

## Registro de la Propiedad Industrial Oficina de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00036204

La Oficina de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 010794-2004/OSD - INDECOPI de fecha 06 de Setiembre de 2004, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : Las siglas J.L.L. escritas en letras características dentro de una figura rectangular, sobre la cual se aprecia una semicircunferencia y junto a ella un rectángulo, sobre el cual se observan dos cuadrados pequeños, y un cuadrado a cuyo lado derecho se aprecia otro de menor tamaño y una línea en forma de letra L; sin reivindicar colores; conforme al modelo adjunto

Distingue : Servicios de construcción de obras, tales como: estudios de mecánica de suelos, geológicos, hidrológicos, e impacto ambiental, en edificaciones, obras viales y afines; estudio de las características físico-mecánicas de los materiales de construcción; control de compactación en rellenos de suelos y pavimentos; diseño y control de mezclas de concreto y mezclas asfálticas a utilizarse en obra, y supervisión de obras civiles

Clase : 37 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0206358-2004

Titular : LEZAMA LEIVA JOSE LAZARO

País : PERU

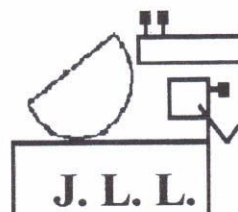
Vigencia : 06 de Setiembre de 2014

Tomo : 182

Folio : 004



Dra. TERESA MERA GOMEZ  
Jefa de la Oficina de  
Signos Distintivos  
INDECOPI





**JOSE LEZAMA LEIVA**  
INGENIERO CIVIL  
**CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA**  
REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711  
REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

**EL QUE SUSCRIBE ING. JOSE LAZARO LEZAMA LEIVA, CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERÍA, EXPIDE LA PRESENTE**

## CONSTANCIA DE LABORATORIO

Al Mg. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, con Registro del Colegio de Ingenieros 67092, docente de la Universidad Nacional de Cajamarca, quien ha realizado ensayos de auscultación no destructivos en concreto endurecido (esclerometría), de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C 805, de los edificios 1A, 1B y 1C de la Universidad Nacional de Cajamarca, con el fin de determinar la resistencia del concreto ( $f'c$ ) de los elementos portantes, vigas, columnas.

Estos ensayos fueron realizados por el laboratorio de mi representada, como parte del apoyo al desarrollo de la tesis doctoral titulada "Riesgo Sísmico de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Cajamarca".

Los resultados promedio de estos ensayos, se detallan a continuación:

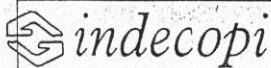
Edificio	$f'c$ Columnas	$f'c$ Vigas
1A	220 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>
1B	215 kg/cm <sup>2</sup>	225 kg/cm <sup>2</sup>
1C	215 kg/cm <sup>2</sup>	205 kg/cm <sup>2</sup>

Por consiguiente, se recomienda modelar las estructuras con una resistencia a compresión de diseño  $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>.

Se otorga la presente constancia a solicitud del interesado para fines que crea conveniente.

Cajamarca, 07 de febrero del 2011

Jose Lezama Leiva  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.I.P. 14061



Nro. Partida Registral: **00649-2007**  
 Asiento: **01**  
 Fecha Presentación: **2007-10-11**  
 Fecha de Inscripción: **2007-10-12**  
 No. de Expediente: **001169-2007**



**OFICINA DE DERECHOS DE AUTOR**  
**CERTIFICADO DE REGISTRO DE OBRAS LITERARIAS**

**DATOS DE LA OBRA**

Título: **FORMATOS DE MECANICA DE SUELOS**  
 INEDITA  
 Tipo: **ORIGINARIA,**  
 Páginas: **01 volúmen**

**DATOS DEL AUTOR O AUTORES**

Apellidos y Nombres: **JAVIER MOTHIMER COLINA BERNAL** Doc.de Identidad: **26675528** Pais de Nacimiento: **PERU**  
 Domicilio: **AV. 13 DE JULIO 252 - 7, CAJAMARCA, CAJAMARCA, CAJAMARCA** Fecha de Nacimiento: **1953-01-19**  
 Apellidos y Nombres: Doc.de Identidad: Pais de Nacimiento:  
 Domicilio: Fecha de Nacimiento:

**DATOS DEL EDITOR**

Apellidos y Nombres: **JAVIER MOTHIMER COLINA BERNAL**  
 Domicilio: **AV. 13 DE JULIO 252 - 7, CAJAMARCA, CAJAMARCA, CAJAMARCA**

**DATOS DEL TITULAR O TITULARES**

Apellidos y Nombres: **JAVIER MOTHIMER COLINA BERNAL** Doc.de Identidad: **26675528** Pais de Nacimiento: **PERU**  
 Domicilio: **AV. 13 DE JULIO 252 - 7, CAJAMARCA, CAJAMARCA, CAJAMARCA**  
 Apellidos y Nombres: Doc.de Identidad: Pais de Nacimiento:  
 Domicilio:

**OBSERVACIONES GENERALES :**

NINGUNA.

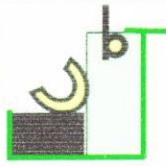
RUBEN TRAJMAN KIZNER  
 Jefe de la Oficina de  
 Derechos de Autor  
 INDECOPI

MARIA ROSA CASTILLA CARRASCO  
 Oficina de Derechos de Autor  
 INDECOPI

El derecho de autor protege exclusivamente la forma original y creativa, mediante la cual las ideas del autor son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras. No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias y artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su aprovechamiento industrial o comercial (artículos 8º y 9º del Decreto Legislativo Nro. 822.)



Certificado de Aprobación ISO 9001:2000 N° SQA 705028  
 Livid's Register Quality Assurance



# JCB JAVIER COLINA BERNAL

ING. CIVIL CIP N° 56967

GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS

INDECOPI N° 00649-2007

RUC N° 10266755282

jacobel9@hotmail.com

Av. 13 de Julio N° 252 - INT. 7 - CAJAMARCA

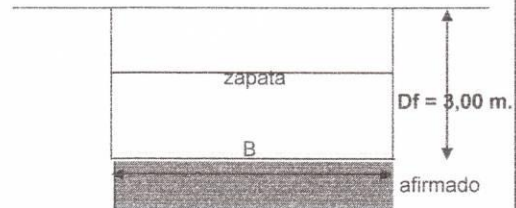
Celular: 976-699778 - RPM: #766777

## Capacidad Portante y Asentamientos

TESIS	RIESGO SISMICO EN LAS EDIFICACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA - UNC		
DOCTORANTE	Mg. Ing. MIGUEL ALNCEL MOSQUEIRA MORENO		
UBICACIÓN	CAJAMARCA		
REGISTRO N°	JCB-78-11		
NORMA AFIN		Metodo	Corte Local
ING° RESP	ING JAVIER COLINA BERNAL	Calicata	C1
		Muestra	E1
FECHA	:09/06/11	Profund.	0.70 a 2.20 m

DATOS GENERALES		
Angulo de Fricción	18	°
Ancho de Zapata	200	cm.
Profundidad de Cimentación	180	cm.
Cohesión	0.25	ton/m <sup>2</sup>
Ancho de Zapata	2.00	m.
Densidad aparente del Suelo por debajo del N.C.	1.82	ton/m <sup>3</sup>
Densidad aparente del Suelo por debajo del N.C.	0.00182	Kg/cm <sup>3</sup>
Relación	0.175	
Ancho Largo (B/L)		
Factor de Seguridad	3	
Carga Total	30.00	ton.

### DETERMINACIÓN POR CORTE LOCAL



FORMA	FACTORES DE CARGA			FACTORES DE FORMA			Poisson (u)
	N'c	N'γ	N'q	Sc	Sγ	Sq	
Continua	8.70	2.90	1.60	1.03	0.93	1.06	Módulo de Elast (ton/m <sup>2</sup> ) 2500
Cuadrada				1.18	0.6	1.32	Si max para estructuras 1.5pulg.

#### FORMULA DE CAPACIDAD PORTANTE

$$q_{adm} = \frac{2}{3} CN_c + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + \gamma D_f N_q$$

$$q_0 = 2.50 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 0.83 \text{ Kg/cm}^2$$

#### FORMULA DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

$$S_{i \text{ centro}} = 4.59 \text{ cm} \quad S_{i \text{ medio}} = 4.00 \text{ cm}$$

$$S_{i \text{ esquina}} = 2.29 \text{ cm}$$

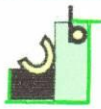
#### Notas Generales :

La capacidad Portante es de 0.83 Kg/cm<sup>2</sup> y sus respectivos Asentamientos Inmediatos son como máximo de 4.59 cm; focalizados en el centro, que es mayor a 3.75 cm. que es lo máximo.

$S_i = 1.5 \text{ pulg max}$  Estructuras de muros de mampostería y aporticadas

*Javier Colina Bernal*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 56967





# JCB JAVIER COLINA BERNAL

ING. CIVIL (IP N° 56967)

GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS

INDECOPIN 09849-2897

jacober19@hotmail.com

Celular: 976-698778 - FPM: 8766777

FUCAM 0266795282  
AV 13 DE JULIO N° 252 - INT 7 - CAJAMARCA

TESIS	RIESGO SISMICO EN LAS EDIFICACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
UBICACION	CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA			
DOCTORANTE	Mg. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO	UBICACION CALICATA		
Calicata N°	C - 1	Estrato N°	E - 1	
Profundidad	-0.79 a -2.20 m.		Fecha	Cajamarca, 09 de Julio del 2011
			Parte posterior edificio "A"	

### ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D 422/C136 / AASHTO T 88 - 70

MUESTRA: 605.00		PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA
TAMIZ	ABER (mm)				
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	80.50	5.92	21.47	89.92
N 10	2.00	32.80	5.47	15.55	84.45
N 20	0.85	35.50	5.92	21.47	78.53
N 30	0.60	39.70	6.62	28.08	71.92
N 40	0.43	39.40	6.07	34.15	65.85
N 60	0.25	28.60	4.77	38.92	61.08
N 100	0.15	15.80	2.63	41.55	58.45
N 200	0.08	17.80	2.97	44.52	55.48
CAZOLETA	--	0.00	0.00	44.52	55.48
TOTAL		287.10			

### LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D 4318 - 93 / AASHTO T 89-88/ T 90-70

	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
Wt (gr)	26.10	28.20	25.90	24.70
Wmh + 1 (gr)	42.00	38.20	38.40	36.80
Wms + 1 (gr)	38.30	34.10	35.90	35.20
Wms (gr)	12.20	7.90	10.00	10.50
Ww (gr)	3.70	2.10	2.50	1.60
W(%)	30.33	29.58	25.00	15.24
N.GOLPES	14	29	40	
LL - LP	27.50		15.31	

### PESO ESPECIFICO

ASTM D 854-58IC 127 / AASHTO T 100-70  
PESO ESPECIFICO MATERIAL < N° 4

Muestra	C 1	
P. Pms (g)	100.00	100.00
P. P (g)	163.70	163.70
P. Pw (g)	661.40	661.40
P. Pms (g)	723.00	722.70
P. e (g/cm3)	2.80	2.58
P. e prom.	2.59	
% Ret. N° 4	10.08	

### CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA: ASTM D 2216/D 4643

MUESTRA	C 1	
Wt (gr)	26.10	28.00
Wmh + 1 (gr)	154.10	190.10
Wms + 1 (gr)	147.60	181.60
Wms (gr)	121.50	155.60
Ww	6.50	8.50
W(%)	5.35	5.46
W % Prom.	5.39	

### CLASIFICACION DEL SUELO POR EL SISTEMA UNIFICADO DE SUELOS (SUCS) Y AASHTO

ASTM D2487-94 AASHTO M 145-66

N°4	89.92	Cu	0.00
N°10	84.45	Cc	0.00
N°40	68.85	LL	27.50
N°200	55.48	LP	15.31
% GRAVA	0.00	IP	12.19
% ARENA	44.52	W(%)	5.39
% FINOS	55.48	P.e.	2.59

SUCS	CL
AASHTO	A-6 (S)

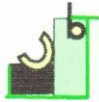
### CURVA GRANULOMETRICA

D10 =      D30 =      D60 =

Cu =      Cc =

### CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

**Javier Colina Bernal**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 56967



# JCB JAVIER COLINA BERNAL

ING. CIVIL CIP N° 56967  
 GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 INDECOPIN 00849-2007  
 javber@jcbcm.com  
 Celular: 976-899778 - FPM: 8766777

FUC N° 0266755282  
 AV 13 DE JULIO N° 252 - INT 7 - CAJAMARCA

TESIS	RIESGO SISMICO EN LAS EDIFICACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
UBICACION	CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA		
DOCTORANTE	Mg. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO		UBICACION CALICATA
Calicata N°	C - 2	Estrato N° E - 1	Profundidad: -0.50 a -2.50 m.
Fecha	Cajamarca, 09 de Julio del 2011		Parte delantera edificio "B"

ANALISIS GRANULOMETRICO				
ASTM D 422/C136 / AASHTO T 88 - 70				
MUESTRA: 1350.00				
N°	TAMIZ (mm)	FRP (gr)	%RP	%RA
3"	75.00	0.00	0.00	0.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00
N°4	4.75	36.90	2.73	97.27
N°10	2.00	33.10	2.45	94.81
N°20	0.85	59.40	4.40	90.41
N°30	0.60	66.70	4.94	85.47
N°40	0.43	65.30	4.84	80.64
N°60	0.25	60.20	4.46	76.18
N°100	0.15	59.90	4.44	71.74
N°200	0.08	31.50	2.33	69.41
CAZOLETA	--	0.00	0.00	69.41
TOTAL		413.00		

LIMITES DE CONSISTENCIA			
ASTM D 4318 - 93 / AASHTO T 89-68/ T 90-70			
WT (gr)	25.50	26.40	25.10
W <sub>mh</sub> +1 (gr)	34.80	35.80	35.20
W <sub>ms</sub> +1 (gr)	32.20	33.30	32.60
W <sub>w</sub> (gr)	6.70	6.90	7.50
W (%)	2.60	2.60	0.40
N GOLPES	18	27	34
LL - LP	37.00		18.47

PESO ESPECIFICO	
ASTM D 854-38/C 127 / AASHTO T 100-70	
Muestra	C 2, E-1
P <sub>ms</sub> (g)	100.00
P <sub>f</sub> (g)	163.70
P <sub>hw</sub> (g)	661.40
P <sub>hw</sub> (g)	722.80
P <sub>a</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	2.60
P <sub>a</sub> prom.	2.59
% Ret. N°4	2.73

PESO ESPECIFICO DE PIEDRA	
Muestra	
P <sub>aire</sub> (g)	
P <sub>sum</sub> (g)	
P <sub>e</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	
P <sub>e</sub> prom.	
% Pesar N°4	
P <sub>e</sub> Total =	2.59 g/cm <sup>3</sup>

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD	
NORMA : ASTM D 2216/D 4643	
MUESTRA	C 2 - E1
WT (gr)	25.10
W <sub>mh</sub> +1 (gr)	181.60
W <sub>ms</sub> +1 (gr)	166.20
W <sub>w</sub>	13.40
W (%)	9.36
W % Prom.	9.36

CLASIFICACION DEL SUELO POR EL SISTEMA UNIFICADO DE SUELOS (SUCS) Y AASHTO			
ASTM D2487-94 AASHTO M 145-66			
N <sub>p</sub>	97.27	Cu	0.00
N <sub>10</sub>	94.81	Cc	0.00
N <sub>40</sub>	80.64	LL	37.00
N <sub>200</sub>	69.41	LP	18.47
% GRAVA	0.00	IP	18.53
% ARENA	30.59	W (%)	9.36
% FINOS	69.41	P <sub>e</sub>	2.59

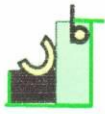
  

SUCS	CL
AASHTO	A-8 (12)

CURVA GRANULOMETRICA		
D10 =	D30 =	D60 =
Cu =	Cc =	

*J. Colina Bernal*  
 Javier Colina Bernal  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 56967



# JCB JAVIER COLINA BERNAL

ING. CIVIL CIP N° 56967

GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y PAVIMENTOS

INDECOPIN 00649-2007

jacobe73@hotmail.com

Celular: 976-639778 - PPM #766777

RUC N° 10266755282  
AV. 13 DE JULIO N° 252 - INT. 7 - CAJAMARCA

TESIS	RIESGO SISMICO EN LAS EDIFICACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
UBICACIÓN	CIUDAD UNIVERSITARIA DE CAJAMARCA		
DOCTORANTE	Mg. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO		UBICACIÓN CALICATA
Calicata N°	C - 3	Estrato N° E - 1	Profundidad -0.35 a -2.50 m.
Fecha	Cajamarca, 09 de Julio del 2011		Parte posterior edificio "C"

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ASTM D 422/C136 / AASHTO T 88 - 70

MUESTRA: 1200.00		PRP	%RP	%RA	% QUE PASA
N°	ABER (mm)	(gr)			
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	35.20	2.93	2.93	97.07
N 10	2.00	30.60	2.55	5.48	94.52
N 20	0.85	51.50	4.29	9.78	90.23
N 30	0.60	58.70	4.89	14.67	85.33
N 40	0.43	58.20	4.85	19.52	80.48
N 60	0.25	62.80	5.23	24.75	75.25
N 100	0.15	60.40	5.03	29.78	70.22
N 200	0.08	34.10	2.84	32.63	67.38
CAZOLETA	--	0.00	0.00	32.63	67.38
TOTAL		391.50			

### LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D 4318 - 93 / AASHTO T 89-68/ T 90-70

	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
Wt (gr)	26.40	27.00
Wmh + t (gr)	35.20	36.10
Wms + t (gr)	32.60	33.50
Wms (gr)	6.20	6.50
Ww (gr)	2.60	2.60
W (%)	41.94	40.00
N GOLPES	19	29
LL - LP	40.90	20.71

### PESO ESPECÍFICO

ASTM D 854-88/C 127 / AASHTO T 100-70

PESO ESPECÍFICO MATERIAL < N° 4

Muestra	C 2, E-1
Pms (g)	100.00
Pf (g)	163.70
Pfw (g)	661.40
Pfms (g)	722.80
P.e (g/cm3)	2.59
P.e prom.	2.59
% Ret. N° 4	2.93

### CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

NORMA : ASTM D 2216/D 4643

MUESTRA	C 2 - E1		
Wt (gr)	24.90	25.50	26.00
Wmh + t (gr)	134.40	155.20	161.40
Wms + t (gr)	124.50	143.50	148.80
Wms	99.60	118.00	122.80
Ww	9.90	11.70	12.60
W (%)	9.94	9.92	10.26
W % Prom.	10.04		

### CLASIFICACION DEL SUELO POR EL SISTEMA UNIFICADO DE SUELOS (SUCS) Y AASHTO

ASTM D2487-94 AASHTO M 145-66

N°4	97.07	Cu	0.00
N°10	94.52	Cc	0.00
N°40	80.48	LL	40.90
N°200	67.38	LP	20.71
% GRAVA	0.00	IP	20.19
% ARENA	32.63	W (%)	10.04
% FINOS	67.38	P.e.	2.59

SUCS	CL
AASHTO	A-6 (12)

### CURVA GRANULOMETRICA

Javier Colina Bernal  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 56967

### 9.3. Programa computacional usado.

Programa: Sap 2000 Ultimate. Versión 15.0.0. un producto de COMPUTERS AND STRUCTURES, INC, CSI. California, USA: University of Berkeley.



## 9.4. Reportes de los Edificios de la Facultad de Ingeniería

### DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES FICHA DE REPORTE

Edificio N° : 1 A - der.

#### Antecedentes:

Ubicación: CIUDAD UNIVERSITARIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
 Facultad : Ingeniería  
 Escuela académico Profesional: Ingeniería Civil  
 Pisos construidos: 3 Pisos proyectados: 3 Antigüedad de la edificación: 44  
 Topografía y geología: Sin pendiente , suelo arcilloso, con nivel freático a 1.5 m de profundidad.  
 Estado de la edificación: Existen rajaduras que han sido resanadas.  
 Existen rajaduras en muros que atraviesan todo el muro.  
 Secuencia de construcción de la edificación: TODO A LA VEZ

#### Aspectos técnicos:

##### Elementos de la edificación:

Elemento	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclópeo de 0.50x0.9m, zapatas 1.2 x 1.2 y sobrecimiento armado.
Muros	Ladrillo macizo artesanal 9x13x24, juntas de 2 a 3cm.
Techo	Losa aligerada de 25cm
Columnas	0.30 x 0.60 m
Vigas	Principal 0.30x0.70m Secundarias 0.50 x 0.25 Amarre 30x25

##### Deficiencias de la estructura:

Problemas de ubicación:		Otros Problemas:	
Se encuentra ubicado en suelo arcillo de tipo expansivo con resistencia a compresión del suelo de 0.86 Kg./cm <sup>2</sup>		Armaduras expuestas y corroidas	
Problemas estructurales:		Fisuras y grietas en tabiques	
Asentamientos diferenciales			
Tabiques no aislados de la estructura		Estado actual	Mal
Fisuras en Columnas y Vigas		Inauguró	1967 Antigüedad 44 años
Posible falla de Columna Corta		Otros:	
Resistencia del Concreto		Humedad en muros	
Columnas	210 Vigas	210 Kg./cm <sup>2</sup>	

##### Análisis por sismo

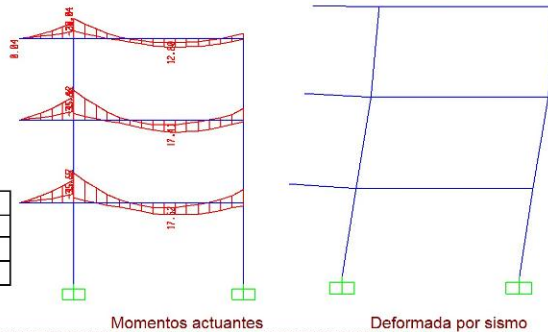
Z= 0.4 U = 1.5 S= 1.4 Tp 0.9 R= 8

##### Elementos que fallan

	$M_{act} > M_r$	$M_{act} < M_r$
Vigas		
Columnas	X	

Nota: Fallan Columnas

Distorsión		$Dy/He$ (máx.) = 0.007	
Entrepiso	Dy/He	Dx/He	Verificación
1	0.0088	0.0033	No Cumple X
2	0.0114	0.0042	No Cumple X
3	0.0154	0.0057	No Cumple X



Reporte edificio 1A-Derecha Pág. N° 1

**Estabilidad de muros al volteo**

Muro	Factores					Mom. Act.	Mom. rest.	Resultado	Muro	Factores					Mom. Act.	Mom. rest.	Resultado
	C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 f <sup>2</sup>	Ma : Mr		C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 f <sup>2</sup>	Ma : Mr
	adim.	adim.	KN/m <sup>2</sup>	m	m	KN-m/m	KN-m/m			adim.	adim.	KN/m <sup>2</sup>	m	m	KN-m/m	KN-m/m	
M1	0.9	0.50	2.5	3.00	0.25	4.1	1.0	Inestable	M2	0.9	0.50	2.50	1.4	0.15	0.9	0.4	Inestable

FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = Función (Vulnerabilidad; Peligro)						
Vulnerabilidad				Peligro		
Estructural		No estructural		Sismicidad	Suelo	Topografía y pendiente
Comportamiento	Estado actual	Tabiquería y parapetos				
Adecuada:	Bueno	Todos estables		Baja	Rígido	Plana
Aceptable:	Regular	X Algunos estables		Media	Intermedios	Media
Inadecuada:	X Malo	Todos inestables		X Alta	X Flexibles	X Pronunciada

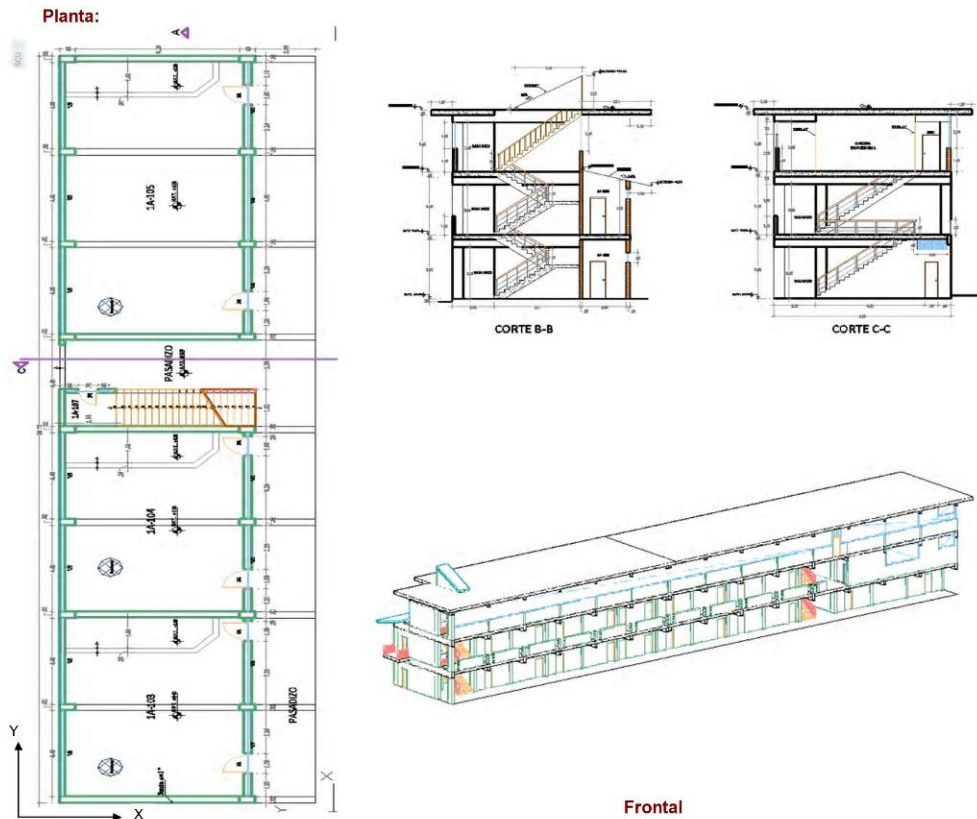
Calificación	
Vulnerabilidad :	Alta
Peligro :	Alto

Resultado	
Riesgo Sísmico:	Alto

**Diagnóstico:**

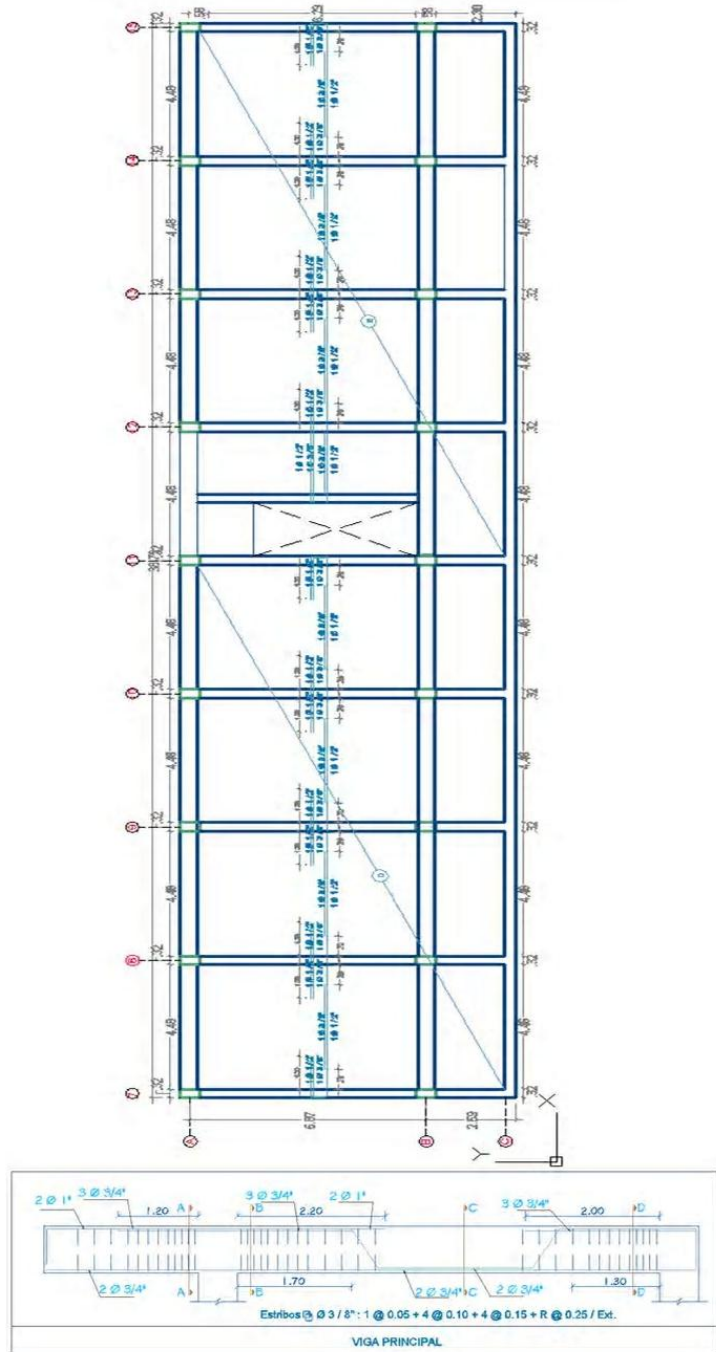
El sistema aporticado es inadecuada en la dirección "X"  
 Todos los tabiques no arriostrados son inestables al volteo.  
 La edificación presenta un riesgo sísmico alto

**Gráficos**



Reporte edificio 1A-Derecha Pág. N° 2

**DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES**



**ESTRUCTURAS**

Reporte edificio 1A-Derecha Pág. N° 3

**DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES**



**Deflexiones y pandeo de ventanas**



**Grietas en Tabiques**



**Humedad en paredes**



**Fisuras en unión tabique muro**



**Fisuras en unión tabique muro**



**Fisuras en unión tabique muro**

*Reporte edificio 1A-Derecha Pág. N° 4*



Muro	Factores					Mom. Act.	Mom. rest.	Resultado Ma : Mr	Muro	Factores					Mom. Act.	Mom. rest.	Resultado Ma : Mr
	C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 t <sup>2</sup>			C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 t <sup>2</sup>	
	adim.	adim.	kN/m <sup>2</sup>	m	m	kN-m/m	kN-m/m			adim.	adim.	kN/m <sup>2</sup>	m	m	kN-m/m	kN-m/m	
M1	0.9	0.50	2.5	3.00	0.25	4.1	1.0	Inestable	M2	0.9	0.50	2.50	1.4	0.15	0.9	0.4	Inestable

FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = Función (Vulnerabilidad; Peligro)						
Vulnerabilidad				Peligro		
Estructural		No estructural		Sismicidad	Suelo	Topografía y pendiente
Comportamiento	Estado actual	Tabiquería y parapetos				
Adecuada:	Bueno	Todos estables		Baja	Rígido	Plana
Aceptable:	Regular	X Algunos estables		Media	Intermedios	Media
Inadecuada:	X Malo	Todos inestables		X Alta	X Flexibles	X Pronunciada

Calificación	
Vulnerabilidad :	Alta
Peligro :	Alto

Resultado	
Riesgo Sísmico:	Alto

**Diagnóstico:**

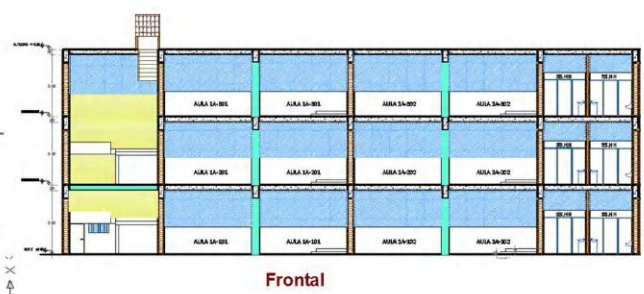
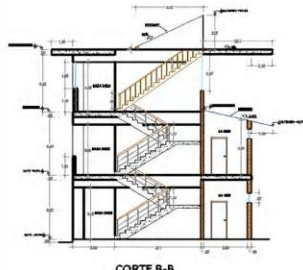
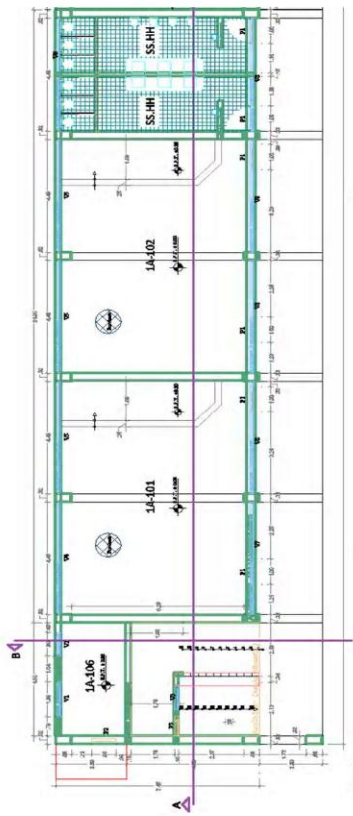
El sistema aporticado es inadecuada en la dirección "X"

Todos los tabiques no arriostrados son inestables al volteo.

La edificación presenta un riesgo sísmico alto

**Gráficos**

**Planta:**



## DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES FICHA DE REPORTE

Edificio N° : 1 B - izq.

**Antecedentes:**

Ubicación: CIUDAD UNIVERSITARIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
 Facultad : Ingeniería  
 Escuela académico Profesional: Ingeniería Civil  
 Pisos construidos: 2 Pisos proyectados: 3 Antigüedad de la edificación: 42  
 Topografía y geología: Sin pendiente, suelo arcilloso, con nivel freático a 1.5 m de profundidad.  
 Estado de la edificación: Existen rajaduras que han sido resanadas.  
 Existen rajaduras en muros que atraviesan todo el muro.  
 Secuencia de construcción de la edificación: TODO A LA VEZ

**Aspectos técnicos:**

**Elementos de la edificación:**

Elemento	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclópeo de 0.50x0.9m, zapatas 1.2 x 1.2 y sobrecimiento armado.
Muros	Ladrillo macizo artesanal 9x13x24, juntas de 2 a 3cm.
Techo	Losa aligerada de 25cm
Columnas	0.35 x 0.70 m
Vigas	Principal 0.35x0.75m Secundarias 0.50 x 0.25 Amarre 30x25

**Deficiencias de la estructura:**

Problemas de ubicación:		Otros Problemas:	
Se encuentra ubicado en suelo arcillo de tipo expansivo con resistencia a compresión del suelo de 0.86 Kg./cm <sup>2</sup>		Armaduras expuestas y corroídas	
Problemas estructurales:		Fisuras y grietas en tabiques	
Asentamientos diferenciales		Fallas por corte producto del apuntalamiento de los porticos.	
Tabiques no aislados de la estructura		Estado actual	Regular
Fisuras en Columnas y Vigas	Inauguró	1969	Antigüedad 42 años
Posible falla de Columna Corta		Otros:	
Resistencia del Concreto		Humedad en muros	
Columnas	210 Kg./cm <sup>2</sup>	Vigas	210 Kg./cm <sup>2</sup>

**Análisis por sismo**

Z= 0.4 U = 1.5 S= 1.4 Tp 0.9 R= 8

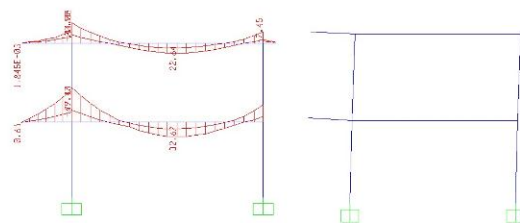
**Elementos que fallan**

	M <sub>act</sub> > M <sub>r</sub>	M <sub>act</sub> < M <sub>r</sub>
Vigas	X	
Columnas	X	

Nota: Fallan vigas y columnas

Distorsión Dy/He (máx.) = 0.007

Entrepiso	Dx/He	Dy/He	Verificación
1	0.0056	0.0014	Cumple en x,y
2	0.0073	0.0017	No cumple en x



Momentos actuantes

Deformada por sismo

Reporte edificio 1B Pág. N° 1

**Estabilidad de muros al volteo**

Muro	Factores					Mom. Act	Mom. rest.	Resultado Ma : Mr	Muro	Factores					Mom. Act.	Mom. rest.	Resultado Ma : Mr
	C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 t <sup>2</sup>			C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 t <sup>2</sup>	
	adim.	adim.	kN/m <sup>2</sup>	m	m	kN-m/m	kN-m/m			adim.	adim.	kN/m <sup>2</sup>	m	m	kN-m/m	kN-m/m	
M1	0.9	0.50	2.5	3.20	0.25	4.6	1.0	Inestable	M2	0.9	0.50	2.50	1.1	0.15	0.5	0.4	Inestable

FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = Función (Vulnerabilidad; Peligro)							
Vulnerabilidad				Peligro			
Estructural		No estructural		Sismicidad	Suelo	Topografía y pendiente	
Comportamiento	Estado actual	Tabiquería y parapetos					
Adecuada:	Bueno	Todos estables		Baja	Rígido	Plana	X
Aceptable:	Regular	X Algunos estables		Media	Intermedios	Media	
Inadecuada:	X Malo	Todos inestables		X Alta	X Flexibles	X Pronunciada	

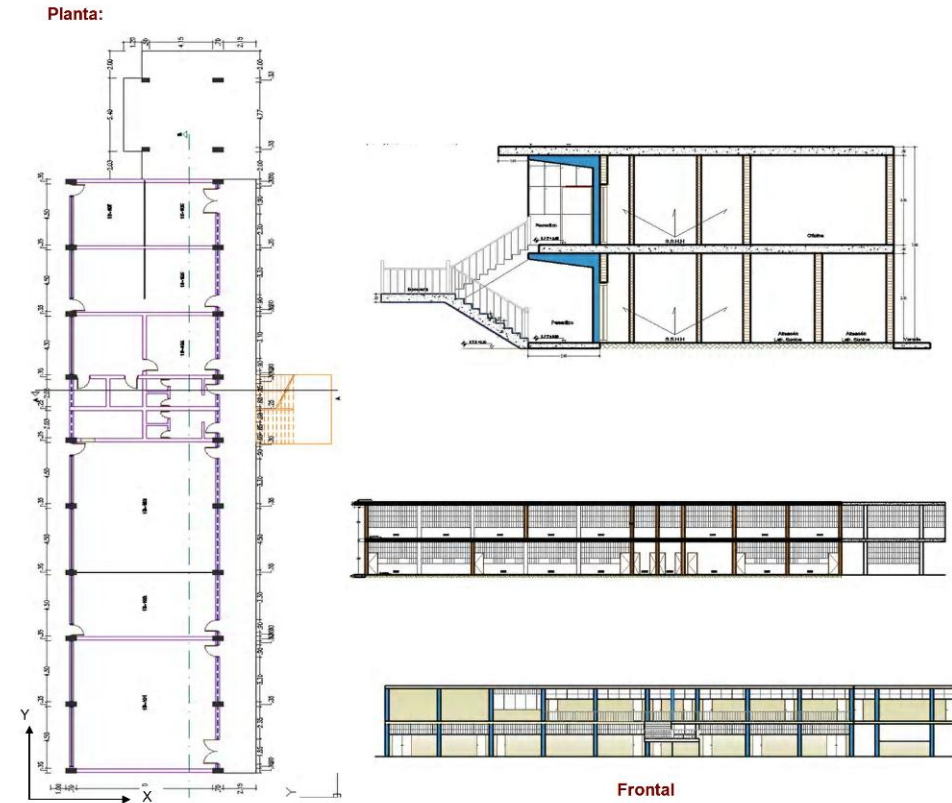
Calificación	
Vulnerabilidad :	Alta
Peligro :	Alto

Resultado	
Riesgo Sísmico:	Alto

**Diagnóstico:**

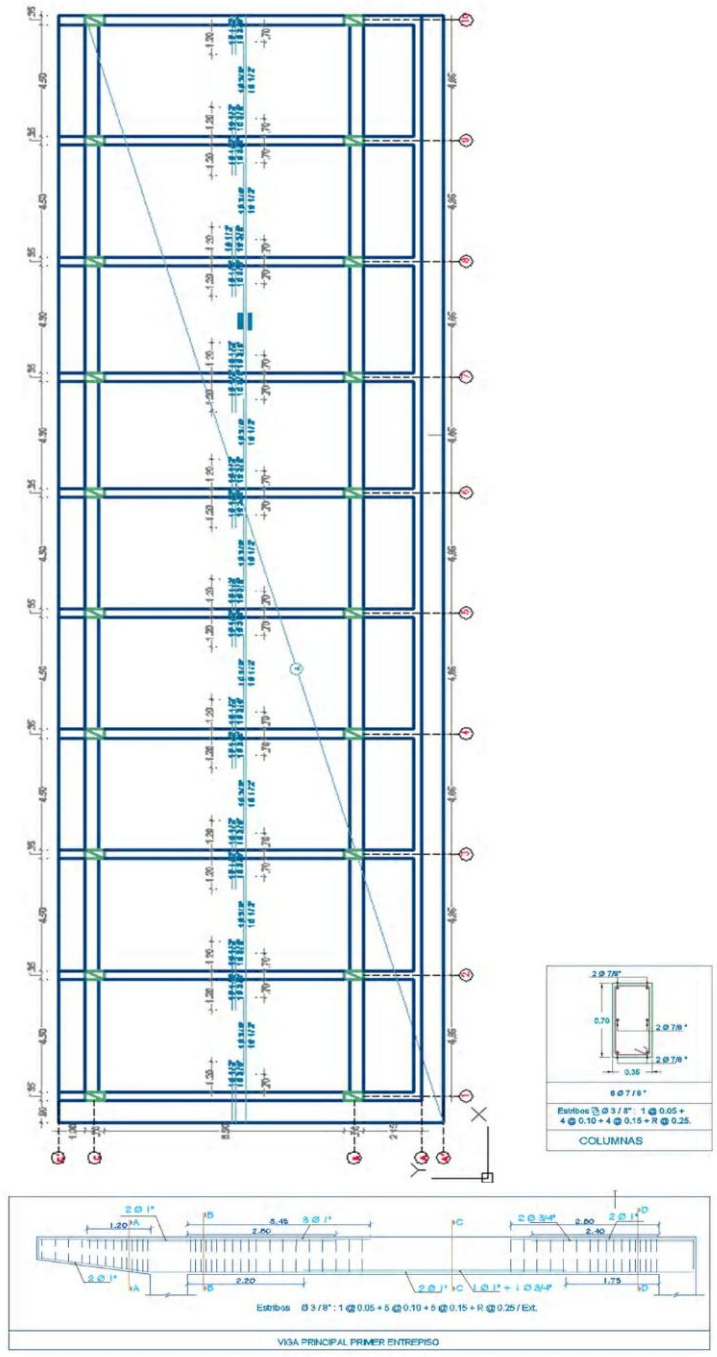
El sistema aporticado es inadecuada en la dirección "X" .....  
 Todos los tabiques no arristrados son inestables al volteo. ....  
 La edificación presenta un riesgo sísmico alto .....

**Gráficos**



Reporte edificio 1B Pág. N° 2

## DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES



ESTRUCTURAS

Reporte edificio 1B Pág. N° 3

**DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES**



**Deflexiones**



**Grietas en Tabiques**



**Fisuras en Vigas Apuntaladas**



**Fisuras en Vigas en Voladizo**



**Fisuras en Columnas**



**Fisuras en Columnas**

*Reporte edificio 1B Pág. N° 4*

**DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES  
FICHA DE REPORTE**

Edificio N° : 1 C

**Antecedentes:**

Ubicación: CIUDAD UNIVERSITARIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
 Facultad : Ingeniería  
 Escuela académico Profesional: Ingeniería Civil  
 Pisos construidos: 3 Pisos proyectados: 3 Antigüedad de la edificación: 37  
 Topografía y geología: Sin pendiente , suelo arcilloso, con nivel freático a 1.5 m de profundidad.  
 Estado de la edificación: Existen rajaduras que han sido resanadas.  
 Existen rajaduras en muros que atraviesan todo el muro.  
 Secuencia de construcción de la edificación: TODO A LA VEZ

**Aspectos técnicos:**

**Elementos de la edificación:**

Elemento	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclópeo de 0.50x0.9m, zapatas 1.2 x 1.2 y sobrecimiento armado.
Muros	Ladrillo macizo artesanal 9x13x24, juntas de 2 a 3cm.
Techo	Losa aligerada de 25cm
Columnas	0.25 x 0.50 m
Vigas	Principal 0.25x0.40m Secundarias 0.25 x 0.40m Amarre 0.25x0.20 m

**Deficiencias de la estructura:**

Problemas de ubicación:		Otros Problemas:	
Se encuentra ubicado en suelo arcillo de tipo expansivo con resistencia a compresión del suelo de 0.86 Kg./cm <sup>2</sup>		Armaduras expuestas y corroídas	
Problemas estructurales:		Fisuras y grietas en tabiques	
Asentamientos diferenciales		Fallas por corte producto del apuntalamiento de los porticos.	
Tabiques no aislados de la estructura		Estado actual	Regular
Fisuras en Columnas y Vigas		Inauguró	1974 Antigüedad 37 años
Posible falla de Columna Corta		Otros:	
Resistencia del Concreto		Humedad en muros	
Columnas	210 Kg./cm <sup>2</sup>	Vigas	210 Kg./cm <sup>2</sup>

**Análisis por sismo**

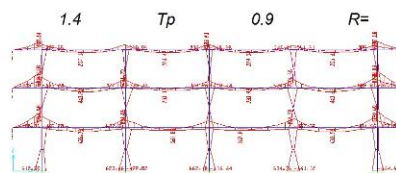
Z= 0.4 U= 1.5 S= 1.4 Tp 0.9 R= 8

**Elementos que fallan**

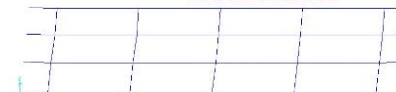
	$M_{act} > M_r$	$M_{act} < M_r$
Vigas	X	
Columnas	X	

Nota: Fallan vigas y columnas

Distorsión Dy/He (máx.) = 0.007			
Entrepiso	Dx/He	Dy/He	Verificación
1	0.0034	0.0075	Cumple en x,y
2	0.0039	0.0059	Cumple en x,y
3	0.0048	0.0136	Cumple en x,y



Momentos actuantes



Deformada por sismo

Reporte edificio 1C Pág. N° 1

**Estabilidad de muros al volteo**

Muro	Factores					Mom. Act	Mom. rest.	Resultado Ma : Mr	Muro	Factores					Mom. Act	Mom. rest.	Resultado Ma : Mr
	C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 t <sup>2</sup>			C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 t <sup>2</sup>	
	adim.	adim.	kN/m <sup>2</sup>	m	m	kN-m/m	kN-m/m			adim.	adim.	kN/m <sup>2</sup>	m	m	kN-m/m	kN-m/m	
M1	0.9	0.50	2.5	3.20	0.25	4.6	1.0	Inestable	M2	0.9	0.50	2.50	1.2	0.15	0.6	0.4	Inestable

FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = Función (Vulnerabilidad; Peligro))						
Vulnerabilidad				Peligro		
Estructural		No estructural		Sismicidad	Suelo	Topografía y pendiente
Comportamiento	Estado actual	Tabiquería y parapetos				
Adecuada:	Bueno	Todos estables		Baja	Rígido	Plana
Aceptable:	Regular	X Algunos estables		Media	Intermedios	Media
Inadecuada:	X Malo	Todos inestables		X Alta	X Flexibles	X Pronunciada

Calificación	
Vulnerabilidad :	Alta
Peligro :	Alto

Resultado	
Riesgo Sísmico:	Alto

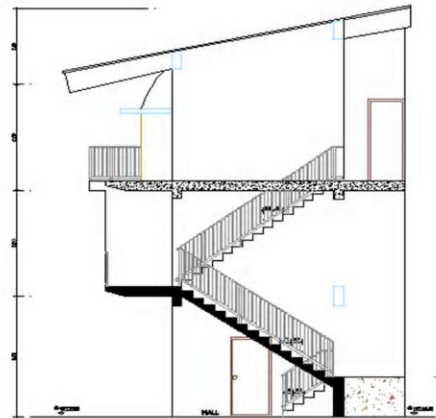
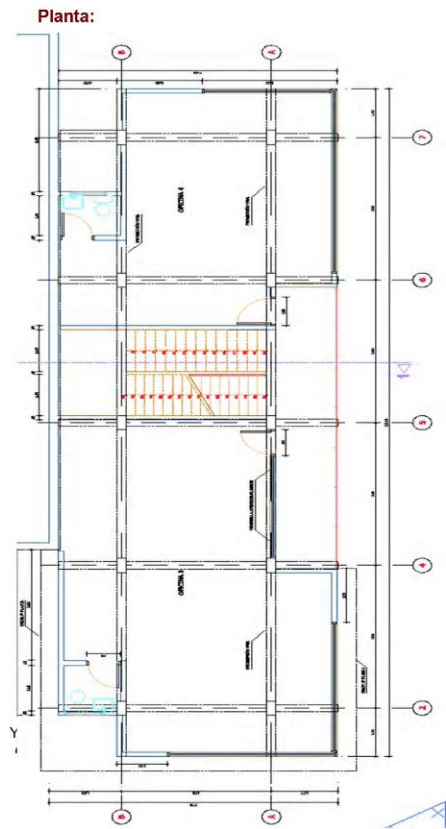
**Diagnóstico:**

El sistema aporticado es inadecuada en la dirección "X"

Todos los tabiques no arriostrados son inestables al volteo.

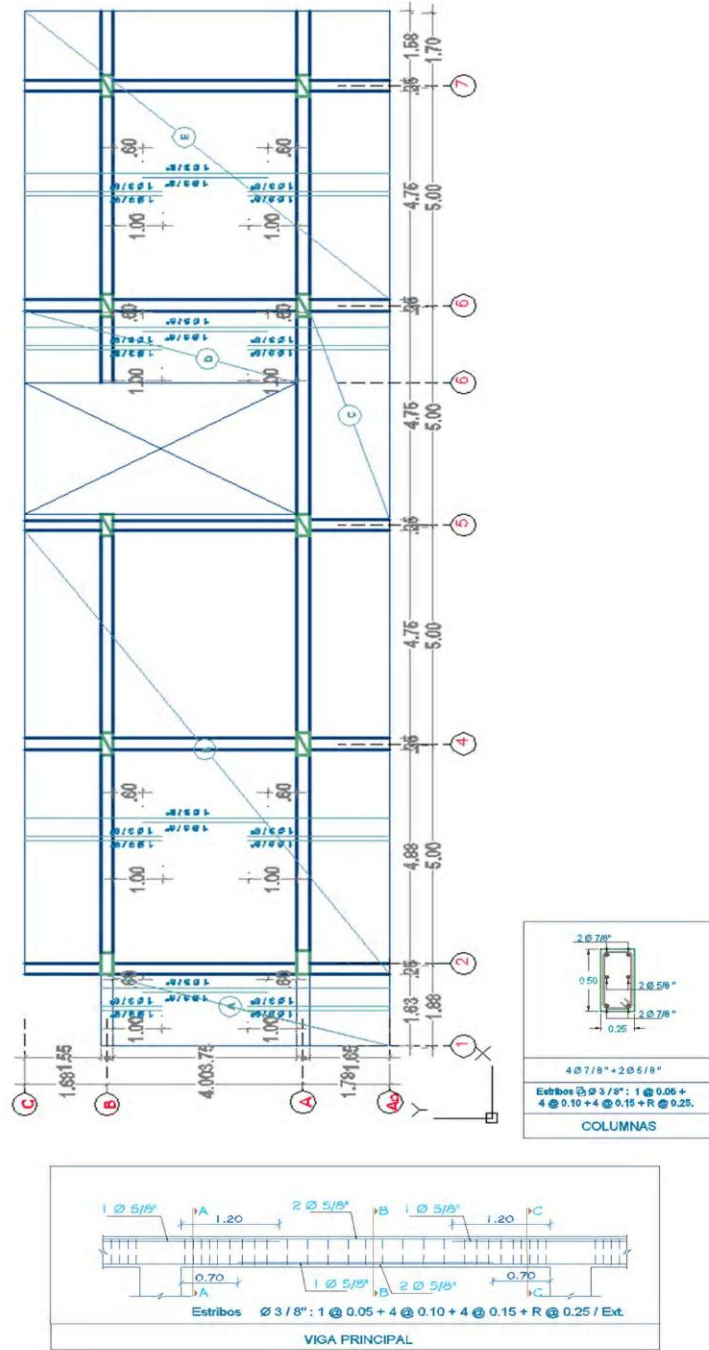
La edificación presenta un riesgo sísmico alto

**Gráficos**



**Frontal**

DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES



ESTRUCTURAS

Reporte edificio 1C Pág. N° 3

## DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES



**Deflexiones**



**Grietas en Tabiques**



**Grietas en unión tabique columna**



**Grietas en unión tabique columna**



**Humedad y deterioro de la albañilería**



**Humedad y deterioro del concreto**

*Reporte edificio 1C Pág. N° 4*

**DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES  
FICHA DE REPORTE**

Edificio N° : 4J

**Antecedentes:**

Ubicación: CIUDAD UNIVERSITARIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
 Facultad : Ingeniería  
 Escuela académico Profesional: Ingeniería Geológica  
 Pisos construidos: 3 Pisos proyectados: 3 Antigüedad de la edificación: 4  
 Topografía y geología: Sin pendiente , suelo arcilloso, con nivel freático a 1.5 m de profundidad.  
 Estado de la edificación: Existen peñas fisuras en las juntas de construcción

Secuencia de construcción de la edificación: EN DOS ETAPAS

**Aspectos técnicos:**

**Elementos de la edificación:**

Elemento	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclópeo de 0.50x0.9m, zapatas 3.4 x 3 h = 0.4m y Viga de cimentación 0.3 x 0.8
Muros	Ladrillo macizo artesanal 9x13x24, juntas de 2 a 3cm.
Techo	Losa aligerada de 25cm
Columnas	0.30 x 0.60 m
Vigas	Principal 0.30x0.65m Secundarias 0.50m x 0.25m Amarre 0.20x25 m

**Deficiencias de la estructura:**

Problemas de ubicación:		Otros Problemas:	
Se encuentra ubicado en suelo arcillo de tipo expansivo con resistencia a compresión del suelo de 0.86 Kg./cm <sup>2</sup>			
Problemas estructurales:			
Asentamientos diferenciales			
Possible falla de Columna Corta	Estado actual : Bueno	Inauguró	2008
		Antigüedad	4 años
Resistencia del Concreto		Otros:	
Columnas	210	Vigas	210 Kg./cm <sup>2</sup>
		Humedad en muros y losas	

**Análisis por sismo**

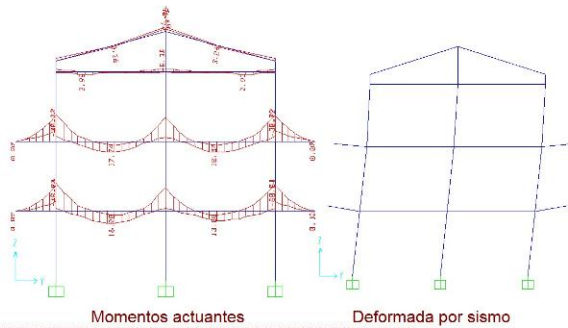
Z= 0.4 U = 1.5 S= 1.4 Tp 0.9 R= 8

**Elementos que fallan**

	$M_{act} > M_r$	$M_{act} < M_r$
Vigas		
Columnas	X	

Nota: Fallan Columnas

Distorsión $Dy/He (máx.) = 0.007$			
Entrepiso	Dx/He	Dy/He	Verificación
1	0.0034	0.0084	No Cumple Y
2	0.0042	0.0075	No Cumple Y
3	0.0055	0.0107	No Cumple Y



Reporte edificio 4J Pág. N° 1

**Estabilidad de muros al volteo**

Muro	Factores					Mom. Act	Mom. rest.	Resultado	Muro	Factores					Mom. Act.	Mom. rest.	Resultado
	C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 f <sup>2</sup>	Ma : Mr		C1	m	P	a	t	0.4C1mPa <sup>2</sup>	16.7 f <sup>2</sup>	Ma : Mr
	adim.	adim.	kN/m <sup>2</sup>	m	m	kN-m/m	kN-m/m			adim.	adim.	KN/m <sup>2</sup>	m	m	kN-m/m	kN-m/m	
M1	0.9	0.08	2.5	3.85	0.25	1.0	1.0	Estable	M2	0.9	0.13	2.50	1.1	0.15	0.1	0.4	Estable

FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = Función (Vulnerabilidad; Peligro)									
Vulnerabilidad				Peligro					
Estructural		No estructural		Sismicidad	Suelo	Topografía y pendiente			
Comportamiento	Estado actual	Tabiquería y parapetos							
Adecuada:	Bueno	X	Todos estables	X	Baja	Rígido	Plana	X	
Aceptable:	Regular		Algunos estables		Media	Intermedios	Media		
Inadecuada:	X	Malo	Todos inestables		Alta	X	Flexibles	X	Pronunciada

Calificación	
Vulnerabilidad :	Alta
Peligro :	Alto

Resultado	
Riesgo Sísmico:	Alto

**Diagnóstico:**

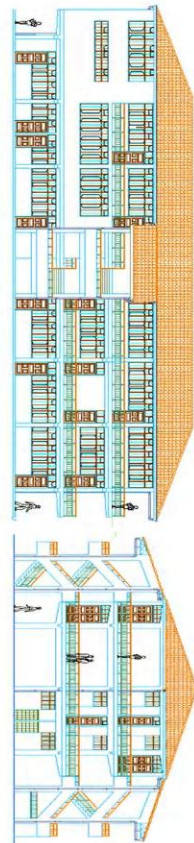
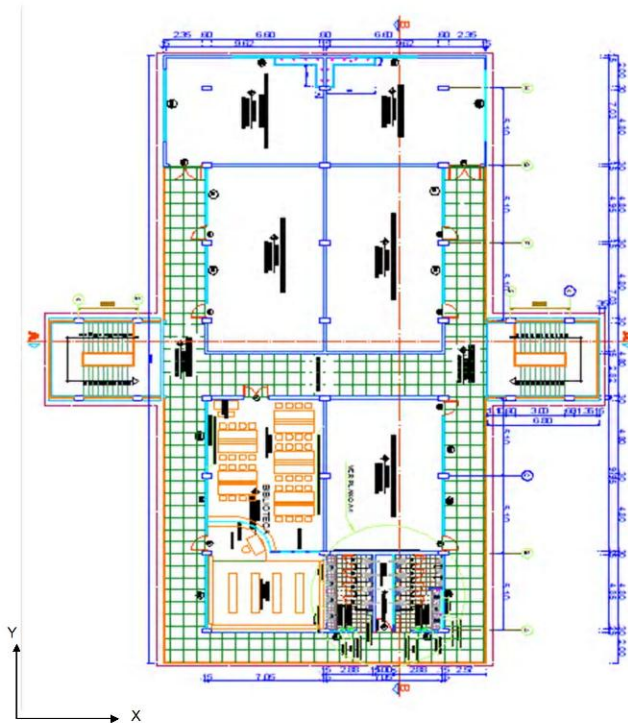
El sistema aporticado es inadecuada en la dirección "X"

Los Tabiques al estar arriostrados en su cuatro bordes son todos estables.

La edificación presenta un riesgo sísmico alto

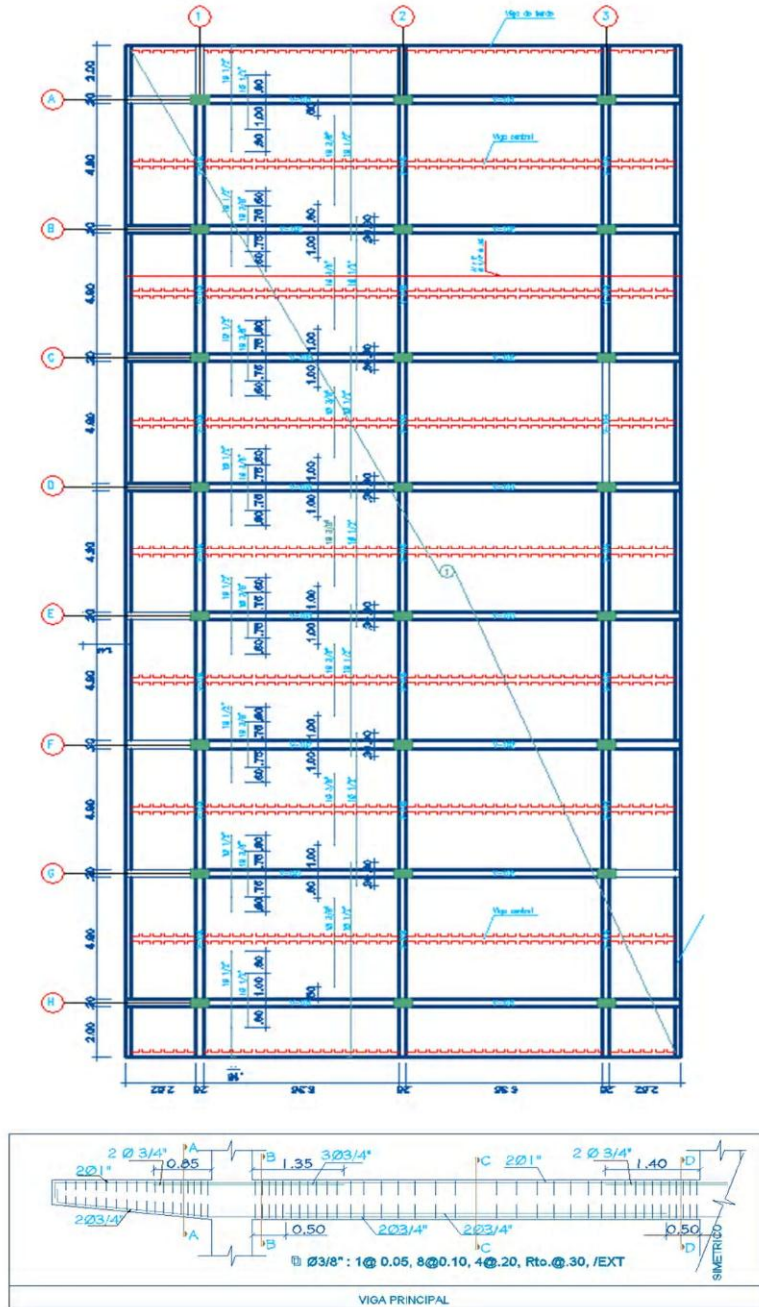
**Gráficos**

Planta:



Fachada y Elevación

DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES



ESTRUCTURAS

Reporte edificio 4J Pág. N° 3

**DIAGNOSTICO DE EDIFICIOS EDUCACIONALES**



**Fisuras en unión Tabique - Portico**



**Junta de construcción en unión Tabique - Portico**



**Humedad en paredes y losa**



**Humedad en unión viga - columna**



**Unión Pórticos - Vanos**



**Unión Pórticos - Vanos**

*Reporte edificio 4J Pág. N° 4*