

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

*Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil*



## RIESGO SÍSMICO DEL EDIFICIO “2J” DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

JOSEPH DANIEL ORRILLO ROJAS

\*\*\*

*Cajamarca – Perú*

2017

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

*Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil*



## RIESGO SÍSMICO DEL EDIFICIO “2J” DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. JOSEPH DANIEL ORRILLO ROJAS

ASESOR:

Dr. Ing. MIGUEL ÁNGEL MOSQUEIRA MORENO

\*\*\*

*Cajamarca – Perú*

2017

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

Por su apoyo incondicional y motivación para alcanzar mis metas.

### **A MIS HERMANOS**

Por cada momento, por cada recuerdo y por el tiempo compartido.

### **A TI**

Por regalarme la sonrisa que llevo puesta.

Porque contigo quiero abismos y oscuridad; contigo quiero suspiros, amaneceres y silencios. Contigo lo quiero todo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimiento a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil por las enseñanzas y conocimientos impartidos.

A mi asesor, el Dr. Ing. Miguel Mosqueira Moreno, por su orientación en la elaboración de la presente tesis de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii

### CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.2	PROBLEMA .....	2
1.3	HIPÓTESIS.....	2
1.4	DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	2
1.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	3
1.6	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	4
1.7	JUSTIFICACIÓN .....	5
1.8	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.9	LIMITACIONES.....	6
1.10	ALCANCES.....	6
1.11	OBJETIVOS.....	7
	1.11.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
	1.11.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.12	ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	7

### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES .....	9
2.2	BASES TEÓRICAS .....	12
	2.2.1 SISMICIDAD EN PERÚ.....	12
	2.2.2 SISMICIDAD EN CAJAMARCA.....	13
	2.2.3 RIESGO SÍSMICO.....	17
	2.2.4 VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	17
	2.2.4.1 CLASES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA .....	17
	2.2.4.1.1 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.....	17
	2.2.4.1.2 VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL.....	18
	2.2.5 PELIGRO SÍSMICO.....	19
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	19
	Espectro.....	19
	Sismo leve .....	19
	Sismo moderado .....	20
	Sismo severo .....	20
	Columna .....	20
	Tabique.....	20

Confinamiento.....	20
Espesor efectivo.....	20
Colapso.....	20
Falla.....	20
Fisura.....	20
Grieta.....	21
Eflorescencia.....	21
Eflorescencia primaria.....	21
Eflorescencia secundaria.....	21

### CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	22
3.2 ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.3 PROCEDIMIENTO.....	22
3.3.1 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	22
3.3.2 RIESGO SÍSMICO.....	22
3.3.3 VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	24
3.3.3.1 VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL.....	26
3.3.3.1.1 COMPORTAMIENTO SÍSMICO.....	26
A. ANÁLISIS SÍSMICO ESPECTRAL.....	27
B. DERIVAS DE ENTREPISO.....	33
C. JUNTA SÍSMICA.....	35
D. COMPORTAMIENTO DE VIGAS.....	36
E. COMPORTAMIENTO DE COLUMNAS.....	39
F. TIPO DE FALLA.....	41
G. FALLA POR COLUMNA CORTA.....	45
3.3.3.1.2 ESTADO ACTUAL DE LA EDIFICACIÓN.....	46
3.3.3.2 VULNERABILIDAD SÍSMICA NO ESTRUCTURAL.....	46
3.3.3.2.1 ESTABILIDAD DE TABIQUES.....	46
3.3.4 PELIGRO SÍSMICO.....	50
3.3.4.1 SISMICIDAD.....	53
3.3.4.2 TIPO DE SUELO.....	54
3.3.4.3 TOPOGRAFÍA.....	55
3.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	55
3.5 TIPO DE ANÁLISIS.....	55
3.6 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
3.7 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	56
3.8 ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	56

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1	DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	57
4.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES .....	58
	4.2.1 Propiedades y Especificaciones Técnicas del Concreto.....	58
	4.2.2 Propiedades y Especificaciones Técnicas del Acero.....	59
4.3	METRADO DE CARGAS.....	59
4.4	MODELO ESTRUCTURAL.....	59
4.5	NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA .....	60
	4.5.1 VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL.....	60
	4.5.1.1 COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL EDIFICIO .....	60
	a. Derivas de Entrepiso .....	60
	b. Junta Sísmica .....	63
	c. Comportamiento de Vigas .....	64
	d. Comportamiento de Columnas .....	71
	e. Tipo de Falla .....	75
	f. Falla por Columna Corta.....	78
	4.5.1.2 ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO .....	79
	4.5.2 VULNERABILIDAD SÍSMICA NO ESTRUCTURAL.....	83
	4.5.2.1 ESTABILIDAD DE TABIQUES .....	83
	4.5.3 NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	92
4.6	NIVEL DE PELIGRO SÍSMICO.....	93
4.7	NIVEL DE RIESGO SÍSMICO .....	94

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	95
	5.1.1 NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA .....	95
	5.1.1.1 VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL.....	95
	5.1.1.1.1 COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL EDIFICIO .....	95
	a. Derivas de Entrepiso.....	95
	b. Junta Sísmica.....	95
	c. Comportamiento de Vigas .....	95
	d. Comportamiento de Columnas.....	100
	e. Tipo de Falla.....	100
	f. Falla por Columna Corta .....	100
	5.1.1.1.2 ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO.....	101
	5.1.1.2 VULNERABILIDAD SÍSMICA NO ESTRUCTURAL .....	101
	a. Estabilidad de Tabiques.....	101
	5.1.1.3 NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA .....	101
5.1.2	NIVEL DE PELIGRO SÍSMICO .....	101
5.1.3	NIVEL DE RIESGO SÍSMICO .....	102

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	CONCLUSIONES.....	103
6.2	RECOMENDACIONES.....	104

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....	105
-------------------------------	-----

### ANEXOS

<b>Anexo N° 01:</b> ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....	107
<b>Anexo N° 02:</b> DISEÑO DE MEZCLAS .....	119
<b>Anexo N° 03:</b> METRADO DE CARGAS .....	132
<b>Anexo N° 04:</b> EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL EDIFICIO “2J” .....	150
<b>Anexo N° 05:</b> PLANOS.....	160

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

<b>Tabla 1.1</b>	Operacionalización de Variables.....	3
<b>Tabla 1.2</b>	Matriz de Consistencia .....	4

### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

<b>Tabla 2.1</b>	Zonas Sísmicas de la Ciudad de Cajamarca.....	14
------------------	---	----

### CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODO

<b>Tabla 3.1</b>	Calificación y Nivel de Riesgo Sísmico .....	23
<b>Tabla 3.2</b>	Parámetros para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica.....	24
<b>Tabla 3.3</b>	Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica .....	25
<b>Tabla 3.4</b>	Nivel de Vulnerabilidad Sísmica .....	26
<b>Tabla 3.5</b>	Factores de Zona (Z) .....	28
<b>Tabla 3.6</b>	Factores de Uso (U).....	28
<b>Tabla 3.7</b>	Factores de Suelo (S) .....	30
<b>Tabla 3.8</b>	Períodos "T <sub>P</sub> " y "T <sub>L</sub> " .....	30
<b>Tabla 3.9</b>	Coficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas (R <sub>0</sub> ).....	32
<b>Tabla 3.10</b>	Parámetros para la Obtención de la Pseudo Aceleración Sísmica .....	32
<b>Tabla 3.11</b>	Límites para la Distorsión De Entrepiso.....	35
<b>Tabla 3.12</b>	Área de barras de acero de refuerzo .....	41
<b>Tabla 3.13</b>	Valores de C <sub>1</sub> .....	49
<b>Tabla 3.14</b>	Valores del Coeficiente de momentos "m" y dimensión crítica "a".....	49
<b>Tabla 3.15</b>	Valores de las Variables para Cuantificar el Peligro Sísmico .....	51
<b>Tabla 3.16</b>	Rango de Valores de las Variables para Cuantificar el Peligro Sísmico .....	51
<b>Tabla 3.17</b>	Calificación del Peligro Sísmico.....	53
<b>Tabla 3.18</b>	Clasificación de Zonas Sísmicas .....	53

### CAPÍTULO IV: RESULTADOS

<b>Tabla 4.1</b>	Derivas de Entrepiso en la dirección X – Izquierda.....	61
<b>Tabla 4.2</b>	Derivas de Entrepiso en la dirección X – Derecha .....	61
<b>Tabla 4.3</b>	Derivas de Entrepiso en la dirección Y – Izquierda.....	61
<b>Tabla 4.4</b>	Derivas de Entrepiso en la dirección Y – Derecha .....	62
<b>Tabla 4.5</b>	Espesor de Junta Sísmica.....	63
<b>Tabla 4.6</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-1, eje A-A .....	66

<b>Tabla 4.7</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-1, eje G-G.....	66
<b>Tabla 4.8</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-2, eje 2-2 .....	67
<b>Tabla 4.9</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-2, eje 2-2 .....	67
<b>Tabla 4.10</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-2, eje A-A .....	68
<b>Tabla 4.11</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-2, eje K-K .....	68
<b>Tabla 4.12</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-3, eje 3-3 .....	69
<b>Tabla 4.13</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-3, eje 3-3 .....	69
<b>Tabla 4.14</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-3, eje B-B .....	70
<b>Tabla 4.15</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-3, eje G-G.....	70
<b>Tabla 4.16</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-2, eje 2-2 .....	71
<b>Tabla 4.17</b>	Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-3, eje 3-3 .....	71
<b>Tabla 4.18</b>	Acero Existente y Acero Necesario en Columnas – Primer Nivel .....	72
<b>Tabla 4.19</b>	Acero Existente y Acero Necesario en Columnas – Segundo Nivel.....	73
<b>Tabla 4.20</b>	Acero Existente y Acero Necesario en Columnas – Tercer Nivel .....	74
<b>Tabla 4.21</b>	Momento de Inercia y Módulo de Sección de Columnas.....	77
<b>Tabla 4.22</b>	Relación de Rigidez de Columna Corta y Columna Total – Primer Nivel.....	78
<b>Tabla 4.23</b>	Relación de Rigidez de Columna Corta y Columna Total – Segundo Nivel ...	78
<b>Tabla 4.24</b>	Relación de Rigidez de Columna Corta y Columna Total – Tercer Nivel .....	79
<b>Tabla 4.25</b>	Fuerzas Cortantes en Cada Nivel – Izquierda – Dirección X.....	84
<b>Tabla 4.26</b>	Fuerzas Cortantes en Cada Nivel – Izquierda – Dirección Y .....	84
<b>Tabla 4.27</b>	Fuerzas Cortantes en Cada Nivel – Derecha – Dirección X.....	84
<b>Tabla 4.28</b>	Fuerzas Cortantes en Cada Nivel – Derecha – Dirección Y .....	85
<b>Tabla 4.29</b>	Parámetros para diseño Sismorresistente .....	86
<b>Tabla 4.30</b>	Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Izquierda – Primer Nivel.....	87
<b>Tabla 4.31</b>	Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Derecha – Primer Nivel.....	88
<b>Tabla 4.32</b>	Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Izquierda – Segundo Nivel.....	89
<b>Tabla 4.33</b>	Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Derecha – Segundo Nivel .....	90
<b>Tabla 4.34</b>	Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Izquierda – Tercer Nivel.....	91
<b>Tabla 4.35</b>	Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Derecha – Tercer Nivel .....	91
<b>Tabla 4.36</b>	Asignación de Valores para la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica.....	92
<b>Tabla 4.37</b>	Nivel de Vulnerabilidad Sísmica del Edificio 2J.....	92
<b>Tabla 4.38</b>	Asignación de Valores para la evaluación del Peligro Sísmico.....	93
<b>Tabla 4.39</b>	Nivel de Peligro Sísmico del Edificio 2J .....	93
<b>Tabla 4.40</b>	Valores de las Variables para evaluar el Riesgo Sísmico.....	94
<b>Tabla 4.41</b>	Nivel de Riesgo Sísmico del Edificio 2J.....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

<b>Figura 1.1</b>	Número de Alumnos Matriculados por Año – Facultad de Ciencias Pecuarias	5
-------------------	---	---

### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

<b>Figura 2.1</b>	Zonas Sísmicas del Perú .....	12
<b>Figura 2.2</b>	Mapa de Sísmico de la Región Cajamarca .....	13
<b>Figura 2.3</b>	Mapa Geomorfológico de la Ciudad de Cajamarca.....	16

### CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

<b>Figura 3.1</b>	Espectro de Respuesta .....	33
<b>Figura 3.2</b>	Fuerzas y Deformaciones Unitarias Internas para una Viga Rectangular Doblemente Reforzada .....	37
<b>Figura 3.3</b>	Sección Rectangular de Concreto Armado sometida a Flexo Compresión ....	40
<b>Figura 3.4</b>	Mecanismo de rótulas plásticas.....	42
<b>Figura 3.5</b>	Resistencia a flexión de las columnas en las caras de los nudos.....	43
<b>Figura 3.6</b>	Esquema de columna típica .....	44
<b>Figura 3.7</b>	Alturas de Columna Total y Columna Corta.....	45

### CAPÍTULO IV: RESULTADOS

<b>Figura 4.1</b>	Derivas de Entrepiso – Izquierda.....	62
<b>Figura 4.2</b>	Derivas de Entrepiso – Derecha.....	63
<b>Figura 4.3</b>	Ejemplo de Corte Longitudinal de Vigas .....	64
<b>Figura 4.4</b>	Ejemplo de Cortes Transversales de Vigas .....	65
<b>Figura 4.5</b>	Secciones Transversales de Columnas.....	72
<b>Figura 4.6</b>	Mecanismo de Falla del edificio - Izquierda .....	76
<b>Figura 4.7</b>	Mecanismo de Falla del edificio - Derecha .....	77
<b>Figura 4.8</b>	Vista de la Fachada Principal .....	80
<b>Figura 4.9</b>	Vista de Junta Sísmica.....	80
<b>Figura 4.10</b>	Vista de Deflexiones en Ventanas .....	81
<b>Figura 4.11</b>	Vista de Escalera.....	81
<b>Figura 4.12</b>	Vista de Junta de Aislamiento de Tabiques .....	82
<b>Figura 4.13</b>	Vista de Eflorescencia en Tabiques.....	82

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

<b>Figura 5.1</b>	Porcentaje de Resistencia de Vigas Principales – Primer Nivel.....	97
<b>Figura 5.2</b>	Porcentaje de Resistencia de Vigas Principales – Segundo Nivel.....	98
<b>Figura 5.3</b>	Porcentaje de Resistencia de Vigas Principales – Tercer Nivel.....	98
<b>Figura 5.4</b>	Porcentaje de Resistencia de Vigas Secundarias – Primer Nivel .....	99
<b>Figura 5.5</b>	Porcentaje de Resistencia de Vigas Secundarias – Segundo Nivel.....	100
<b>Figura 5.6</b>	Porcentaje de Resistencia de Vigas Secundarias – Tercer Nivel .....	100

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo “Evaluar y determinar el Nivel de Riesgo Sísmico del Edificio ‘2J’ de la Universidad Nacional de Cajamarca”, aplicando la metodología propuesta por el Dr. Ing. Miguel Mosqueira Moreno en su tesis doctoral “Riesgo Sísmico en las Edificaciones de la Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Cajamarca” (2012). Se realizó una evaluación preliminar del edificio, un análisis de la documentación existente y se evaluó el comportamiento estructural del edificio utilizando las Normas Técnicas correspondientes en su más reciente actualización. Para la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica se utilizó softwares como SAP2000 v14 y ETABS 2016 y para la valuación del Peligro Sísmico se utilizó un Estudio de Mecánica de Suelos otorgado por un laboratorio local. Se determinó que el Nivel de Riesgo Sísmico del Edificio “2J” es ALTO, debido a su Nivel de Vulnerabilidad Sísmica Alto y Nivel de Peligro Sísmico Alto.

**Palabras Clave:** Riesgo Sísmico, Vulnerabilidad Sísmica, Peligro Sísmico, Comportamiento Estructural.

## ABSTRACT

The present investigation has as an objective “Evaluate and determine the Seismic Risk Level of the building “2J” of the National University of Cajamarca”, applying the proposed methodology by Dr. Eng. Miguel Mosqueira Moreno in his doctoral thesis “Seismic Risk in the Buildings of the Faculty of Engineering – National University of Cajamarca” (2012). It has been made a preliminary evaluation of the building, an analysis of the existing documentation and the structural behavior of the building was evaluate using the corresponding Technical Standards in its most recent updated. For the evaluation of the Seismic Vulnerability was used softwares like SAP2000 v14 and ETABS 2016, and for the evaluation of the Seismic Danger, was used a Soil Mechanics Study, granted by a local laboratory. It was determined that the Seismic Risk Level of the Building “2J” is HIGH, due to its High Level of Seismic Vulnerability and its High Level of Seismic Danger.

**Keywords:** Seismic Risk, Seismic Vulnerability, Seismic Danger, Structural Behavior.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Los grandes asentamientos urbanos, en los cuales se concentra una buena parte de la población mundial, se ubican en zonas que representan cierta comodidad para el desarrollo económico de un país sin considerar la injerencia que pudiese tener los eventos naturales en dichas zonas. De tal manera que no se hablara de catástrofes o desastres ocasionados por eventos naturales si no hubiese zonas altamente vulnerables y amenazas latentes que generen afectación tanto de forma directa como indirecta a la vida humana y animal o espacio físico del cual estos dependan (Quintero y Rojas, 2011).

El territorio peruano está situado sobre el Cinturón de Fuego Circumpacífico, que es donde ocurre más del 80% de los sismos que afectan al planeta. Casi todos los movimientos sísmicos en nuestro país están relacionados a la subducción de la placa Oceánica de Nazca, que se introduce bajo la placa Continental Sudamericana, a razón de 9 cm/año. (INDECI – PNUD, 2002).

La ciudad de Cajamarca se encuentra situada en la Zona Sísmica III (NTE 030, 2016) y aunque aún no se ha producido una liberación de energía de gran intensidad, existe la probabilidad de que se produzca un sismo de magnitud considerable y con intensidades que varían de severo a destructor.

Los efectos sísmicos sobre las estructuras siempre han sido y serán materia de investigación debido a las pérdidas humanas y económicas que generan (Mosqueira, 2014).

En tal sentido, la determinación del nivel de riesgo sísmico de una determinada edificación se ha vuelto de mucha importancia. Con lo anterior, se puede reducir en gran medida los efectos sísmicos sobre una estructura, previniendo pérdidas humanas y económicas.

Finalmente, el edificio “2J” está al servicio de los alumnos de la Escuela Académico Profesional de Zootecnia y está ubicado en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Cajamarca, en la ciudad de Cajamarca. Se hace necesaria la determinación del nivel de riesgo sísmico por su locación geográfica.

## **1.2. PROBLEMA**

***¿Cuál es el nivel de Riesgo Sísmico del Edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca?***

## **1.3. HIPÓTESIS**

El Nivel de Riesgo Sísmico del edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca es alto.

## **1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES**

- Nivel de Riesgo Sísmico del Edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Nivel de Vulnerabilidad Sísmica del Edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Nivel de Peligro Sísmico del Edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

## 1.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1.1: Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Vulnerabilidad Sísmica (V)	Vulnerabilidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Comportamiento de la estructura.</li><li>• Estado actual de la edificación.</li><li>• Comportamiento de tabiquería y parapetos.</li></ul>
Peligro Sísmico (P)	Peligro	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sismicidad.</li><li>• Tipo de Suelo.</li><li>• Topografía y Pendiente.</li></ul>
Riesgo Sísmico (R)	Riesgo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alto.</li><li>• Medio.</li><li>• Bajo.</li></ul>

## 1.6. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 1.2: Matriz de Consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Sub Variables	Indicadores	Índices	Fuente	Técnica	Instrumentos			
¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico del edificio "2J" de la Universidad Nacional de Cajamarca?	<b>General:</b> Determinar el nivel de riesgo sísmico del edificio "2J" de la Universidad Nacional de Cajamarca.	El nivel de riesgo sísmico del edificio "2J" de la Universidad Nacional de Cajamarca es alto, debido a su nivel de vulnerabilidad y peligro sísmicos altos.	Riesgo Sísmico (R)	Vulnerabilidad Sísmica (V)	Comportamiento Estructural	Adecuado Aceptable Inadecuado	Edificio 2J	Modelamiento estructural de la edificación	SAP 2000			
					Estado Actual de la Edificación	Bueno Regular Malo	Edificio 2J	Observación	Cámara Fotográfica			
					Estabilidad de Tabiques	Todos Estables Algunos Estables Todos Inestables	Edificio 2J	Modelamiento estructural de la edificación	SAP 2000			
	<b>Específicos:</b> ▪ Determinar la vulnerabilidad sísmica del edificio "2J" de la Universidad Nacional de Cajamarca. ▪ Determinar el peligro sísmico del edificio "2J" de la Universidad Nacional de Cajamarca.						Peligro Sísmico (P)	Sismicidad	Baja Media Alta	Reglamento Nacional de Edificaciones (E.030, 2016)	Asignación de valores por zonificación sísmica	Reglamento Nacional de Edificaciones (E.030, 2016)
								Tipo de Suelo	Blandos Intermedios Rígidos	Estudio de Mecánica de Suelos (EMS)	Asignación de valores de acuerdo al EMS	Estudio de Mecánica de Suelos (EMS)
								Topografía	Plana Media Pronunciada	Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor	Observación	Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor

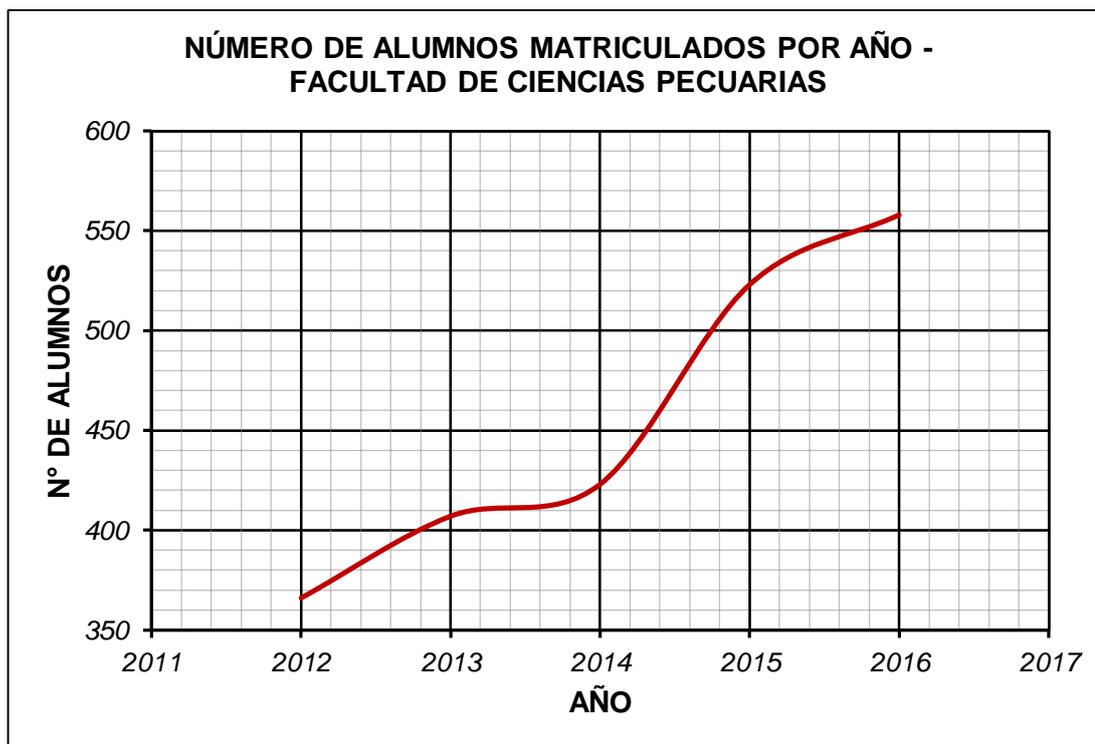
## 1.7. JUSTIFICACIÓN

La investigación se justifica teniendo en cuenta la ubicación geográfica y la categoría de la edificación escogida para el análisis.

El peligro sísmico, las características geológicas y de suelos, y la importancia de la ocupación del edificio hicieron que sea de interés prioritario la determinación del nivel de riesgo sísmico del edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

El edificio “2J” está siendo usado por la Escuela Académico Profesional de Zootecnia (Facultad de Ciencias Pecuarias); en los últimos años la cantidad de alumnos matriculados en la mencionada Escuela ha aumentado un 52% en los últimos cinco años.

**Figura 1.1:** Número de Alumnos Matriculados por Año – Facultad de Ciencias Pecuarias.



Fuente: Oficina General de Registro y Matrícula – Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.

## **1.8. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se desarrolló en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Cajamarca, específicamente en el edificio “2J” – Escuela Académico Profesional de Zootecnia.

El tiempo en que se realizó la investigación fue desde el mes de agosto al mes de octubre (03 meses) del año 2017.

## **1.9. LIMITACIONES**

- Se supuso un empotramiento perfecto en la base en todos los casos, ya que no se realizó un modelamiento detallado de la cimentación.
- La resistencia a compresión del concreto que se usó en el modelamiento de la estructura fue el 90% del valor más desfavorable que se registra en el Certificado de Ensayo a Compresión para cada elemento estructural (Ver Anexo N° 04: “Evaluación Preliminar del Edificio 2J”). Esto debido a que el edificio tiene menos de cinco años de construido.
- Las características físicas del suelo se tomaron de los resultados de un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) otorgado por un laboratorio local, realizado durante los estudios para la elaboración del proyecto (Ver Anexo N° 04: “Evaluación Preliminar del Edificio 2J”).

## **1.10. ALCANCES**

El edificio 2J de la Universidad Nacional de Cajamarca fue proyectado el año 2007 por la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental. No existe una memoria de cálculo estructural del edificio en los archivos de la oficina mencionada, por lo que se supuso que el edificio fue calculado con la Norma Técnica E.030 del año 2003. Esto permitió poner especial atención en el

comportamiento estructural del edificio, específicamente el análisis sísmico espectral, ya que esta investigación se realizó usando la Norma Técnica E.030 del año 2016.

## **1.11. OBJETIVOS**

### **1.11.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el Nivel de Riesgo Sísmico del edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

### **1.11.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el Nivel de Vulnerabilidad Sísmica del edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Determinar el Nivel de Peligro Sísmico del edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

## **1.12. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO**

- ***CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.*** Contiene el Contexto y el Problema (Pregunta Principal e Hipótesis), la definición de Variables, la Justificación, la Delimitación de la Investigación, las Limitaciones, los Alcances de la Investigación y sus Objetivos.
- ***CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.*** Contiene Antecedentes Teóricos de la Investigación, Bases Teóricas y Definición de Términos Básicos.
- ***CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.*** Describe el Procedimiento, el Tratamiento y Análisis de Datos.

- ***CAPÍTULO IV: RESULTADOS.*** Presenta en forma detallada los Resultados obtenidos de la investigación.
- ***CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.*** Describe y explica los resultados de la investigación.
- ***CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.***
- ***REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.***
- ***ANEXOS.***

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

El diseño sismorresistente busca evitar el colapso de las estructuras durante movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio y que además éstas no presenten daños fuera de los límites aceptables, durante sismos moderados, es decir frecuentes, durante la mencionada vida útil (RNE 2006, Viera 2004).

Sin embargo, los resultados de los sismos ocurridos desde 1970 en diversas partes del mundo, sugiere que estos objetivos no se han alcanzado. Sismos moderados han llevado al colapso de estructuras o dañaron a los elementos estructurales tanto que fue necesario reforzar la estructura.

Estos resultados han enfatizado la necesidad de evaluar las edificaciones construidas con las normas respectivas con el fin de determinar su nivel de riesgo sísmico. Es así que, la filosofía de evaluación del nivel de riesgo sísmico para edificaciones aporticadas propuesta por Mosqueira (2012) se convierte en una herramienta vital en el afán de evitar pérdidas humanas y materiales durante movimientos sísmicos.

Numerosas investigaciones han empleado ésta y otras metodologías:

- **EVALUACIÓN SÍSMICA DE ESCUELAS: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA (2003).** Estudio presentado por Llanos y Vidal. Tuvo como objetivo evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica de una muestra representativa de escuelas de la ciudad de Santiago de Cali. Se desarrolló un procedimiento cualitativo detallado de evaluación, a partir de la adaptación de métodos existentes a las características particulares observadas en las escuelas visitadas, con base a este procedimiento y el análisis de los aspectos más incidentes en la

vulnerabilidad de 20 escuelas, se diseñó un procedimiento y el análisis de los aspectos más incidentes en la vulnerabilidad. Se llegó al resultado que el 56% de las escuelas de la población estudiada son altamente vulnerables y que 16 de ellas pueden representar un riesgo para las personas, incluso antes que ocurra un sismo fuerte, debido a la inestabilidad de elementos estructurales y no estructurales con fallas graves, que afecten el comportamiento y la funcionalidad de las edificaciones escolares. Además, este estudio reveló que las escuelas de Cali están subdimensionadas.

- **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO (2013).** Laucata concluye que: los materiales utilizados en la construcción de las viviendas encuestadas son de regular a deficiente calidad; la calidad de la mano de obra es regular a mala. Los problemas constructivos en su mayoría son las juntas de construcción mal ubicadas, los malos encofrados y los aceros de refuerzo expuestos. Se encontró una mala distribución de los elementos estructurales en la vivienda. La construcción informal en Trujillo ante un sismo severo podría colapsar la mayoría de sus viviendas.
- **DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DEL EDIFICIO “4J” DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA (2013).** Tesis presentada por el Ing. Luís Emilio Merino Zelada. El estudio determinó el desempeño sismorresistente de la edificación frente a sismos de diseño (frecuente, ocasional, raro y muy raro), de acuerdo a los criterios del Comité VISION 2000 – SEAOC. Se modeló la estructura usando el programa SAP2000 con la información existente de la estructura (planos y ensayos no destructivos). La conclusión de la investigación fue que el nivel de desempeño del Edificio para la dirección X es correcto e incluso alcanza niveles de desempeño aún mejores que los considerados como óptimos; para la dirección Y, el Edificio alcanza un nivel de desempeño excelente ya que alcanza un

nivel operacional para todos los sismos con los que se realizó el análisis.

- **DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DEL EDIFICIO “2H” DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA (2014).** Tesis presentada por el Ing. Jonathan David Orrillo Rojas. El estudio determinó el desempeño sismorresistente de la edificación frente a sismos de diseño (frecuente, ocasional, raro y muy raro), de acuerdo a los criterios del Comité VISION 2000 – SEAOC. Se modeló la estructura usando el programa SAP2000 con la información existente de la estructura (planos y ensayos no destructivos). La conclusión de la investigación fue que el nivel de desempeño del Edificio para Sismos Ocasionales no satisface las recomendaciones de la SEAOC para una edificación esencial; sin embargo, para Sismos Raros y Muy Raros el desempeño sí satisface estas consideraciones.
  
- **RIESGO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DEL BARRIO EL ESTANCO, CAJAMARCA (2014).** Tesis presentada por el Ing. William Vera Alcántara. El estudio empleó la metodología propuesta por Mosqueira y Tarque (2005) para determinar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del Barrio El Estanco de la ciudad de Cajamarca. La conclusión de la investigación fue que el 53.33% de las viviendas evaluadas tienen un nivel de riesgo sísmico alto.
  
- **NIVEL DE RIESGO SÍSMICO DE LA I. E. “SAN MARCOS” – PROVINCIA DE SAN MARCOS – 2014 (2015).** Tesis presentada por el Ing. Janiel Paredes Morales. El estudio empleó la metodología propuesta por Mosqueira (2012) para determinar el nivel de riesgo sísmico de una estructura aporricada (I. E. “San Marcos”). Se concluyó que la edificación evaluada tiene un nivel de riesgo sísmico alto, debido a la alta sismicidad de la zona y las características de suelo de fundación.

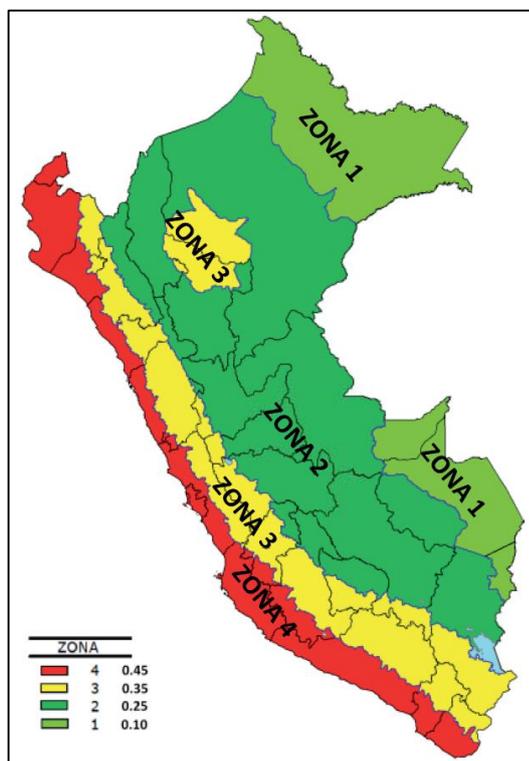
## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. SISMICIDAD EN EL PERÚ

El borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo. El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la placa oceánica bajo la placa continental, generando terremotos de magnitud elevada con relativa frecuencia. Un segundo tipo de actividad sísmica está producida por las deformaciones corticales presentes a lo largo de la Cordillera Andina, con terremotos menores en magnitud y frecuencia (Tavera y Buforn, 1998).

Es así que, en base a la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica, el Perú está dividido en cuatro zonas sísmicas (Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, 2016).

Figura 2.1: Zonas Sísmicas del Perú.

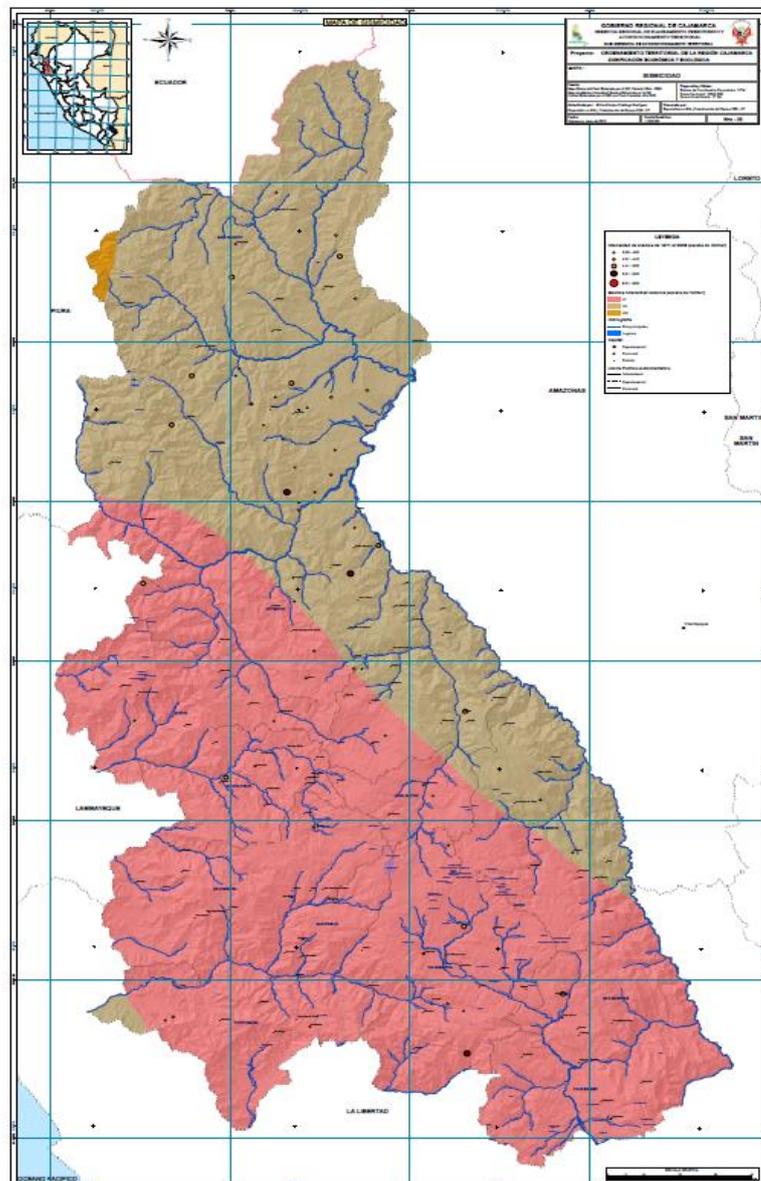


Fuente: Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, 2016.

## 2.2.2. SISMICIDAD EN CAJAMARCA

En la región Cajamarca, en las últimas décadas, no ha ocurrido sismos de regular y gran intensidad; sin embargo, debe considerarse a la misma como zona de silencio sísmico debido a su formación geológica, naturaleza de suelos y presencia volcánica. Esto quiere decir que existe una gran probabilidad de ocurrencia de sismos de regular y gran intensidad (Mosqueira, 2012).

**Figura 2.2:** Mapa de Sísmico de la Región Cajamarca.



Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca, 2013.

Por lo antes expuesto, entre otras variables, la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” (2016) ubica a la ciudad de Cajamarca en la Zona de Sismicidad III.

El Instituto Nacional de Defensa Civil, en el marco del convenio INDECI – PNUD – PER/02/051 (2005), ha elaborado el Estudio Mapa de Peligros de la ciudad de Cajamarca, llegando a identificar cuatro zonas sísmicas en función al análisis de las variables de aceleración, amplificación de ondas, factor de sitio y tiempo de recurrencia. Con esto, se determinó la variación de intensidades sísmicas en el área urbana de la ciudad (INDECI – PNUD – PER/02/051, 2005).

**Tabla 2.1:** Zonas Sísmicas de la Ciudad de Cajamarca.

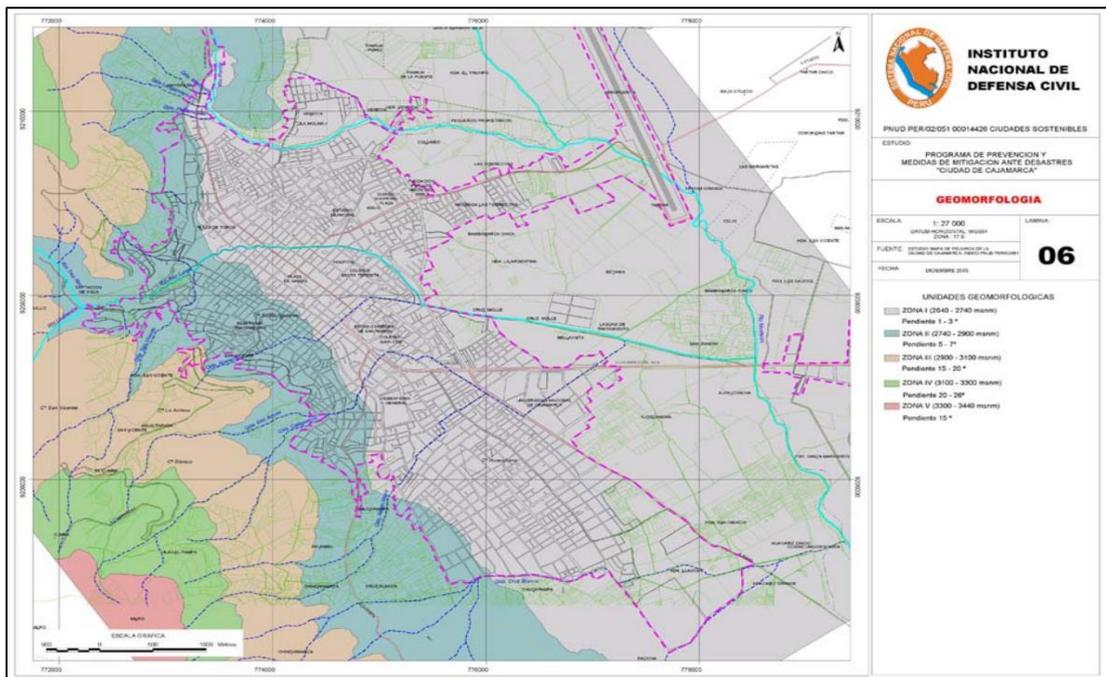
ZONA SÍSMICA	CARACTERÍSTICAS	COMPRENSIÓN
SEVERA	<p>Suelos lagunares, compuestos principalmente por arcillas plásticas y arcillas limosas, con contenidos de humedad relativamente altos, debido a la proximidad con un nivel freático alto.</p> <p>Son en su mayoría suelos expansibles en grandes proporciones, con altas aceleraciones sísmicas.</p>	<p><i>Asentamientos Humanos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ José Gálvez.</li> <li>▪ FONAVI II.</li> <li>▪ Horacio Zevallos.</li> <li>▪ Hoyos Rubio.</li> <li>▪ San Luís.</li> <li>▪ La Argentina.</li> <li>▪ El Tayo.</li> <li>▪ Villa Universitaria.</li> <li>▪ Alan Perú.</li> <li>▪ Santa Elena.</li> <li>▪ El Junco.</li> <li>▪ La Alameda.</li> <li>▪ 22 de octubre.</li> <li>▪ Mollepampa.</li> <li>▪ San Martín.</li> <li>▪ <b>Ciudad Universitaria: Universidad Nacional de Cajamarca</b></li> </ul>

<p>MODERADA</p>	<p>Suelos aluviales con aceleraciones sísmicas altas. Otro fenómeno que se puede presentar en este sector, es la probabilidad de asentamientos diferenciales parciales por la presencia de suelos expansivos, ante la presencia de un sismo de gran magnitud.</p>	<p><i>Asentamientos Humanos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ María Parado de Bellido.</li> <li>▪ San José.</li> <li>▪ San Pedro.</li> <li>▪ La Merced.</li> <li>▪ Santa Apolonia.</li> <li>▪ San Sebastián.</li> <li>▪ La Colmena.</li> <li>▪ 02 de mayo.</li> <li>▪ Pueblo Nuevo.</li> <li>▪ Amauta.</li> <li>▪ San Antonio.</li> <li>▪ Acomarca.</li> <li>▪ Ramón Castilla.</li> <li>▪ Cajamarca.</li> <li>▪ Pueblo Libre.</li> <li>▪ José Olaya.</li> <li>▪ Magna Vallejo.</li> <li>▪ Pilar Nores de García.</li> <li>▪ Víctor Raúl Haya de la Torre.</li> <li>▪ La Florida.</li> <li>▪ Miraflores.</li> <li>▪ Aranjuez.</li> <li>▪ San Martín de Porres.</li> <li>▪ Mollepampa.</li> <li>▪ Los Eucaliptos.</li> </ul>
<p>MENOR</p>	<p>Suelos compuestos predominantemente por depósitos de roca, con bajas aceleraciones sísmicas y capacidad portante media.</p>	<p><i>Asentamientos Humanos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ María Parado de Bellido.</li> <li>▪ Zamana Cruz.</li> <li>▪ Chontapaccha.</li> <li>▪ San José.</li> <li>▪ Moyopata.</li> <li>▪ Moyopata Chica.</li> <li>▪ Santa Rosa.</li> <li>▪ Las Orquídeas.</li> <li>▪ Los Jardines.</li> <li>▪ Alan Perú.</li> <li>▪ José Sabogal.</li> <li>▪ Las Margaritas.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cahuide.</li> <li>▪ Túpac Amaru.</li> <li>▪ José Carlos Mariátegui.</li> <li>▪ El Imperio.</li> <li>▪ La Perlita.</li> <li>▪ El Bosque.</li> <li>▪ Acomarca.</li> </ul>
LEVE	Suelos compuestos predominantemente por materiales de origen volcánico, con depósitos de roca y gravas muy densas; presenta bajas aceleraciones sísmicas y alta capacidad portante.	<p><i>Asentamientos Humanos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Urubamba.</li> <li>▪ San Vicente.</li> <li>▪ Cumbe Mayo.</li> <li>▪ Delta.</li> <li>▪ La Esperanza Alta.</li> <li>▪ Pachacutec.</li> <li>▪ El Estanco.</li> <li>▪ Vista Bella.</li> <li>▪ Bellavista.</li> <li>▪ Santa Elena.</li> <li>▪ Calispuquio.</li> </ul>

Fuente: INDECI – PNUD – PER/02/051, 2005.

**Figura 2.3: Mapa Geomorfológico de la Ciudad de Cajamarca.**



Fuente: INDECI – PNUD – PER/02/051, 2005.

### **2.2.3. RIESGO SÍSMICO (R)**

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 es el daño que podría presentar una obra determinada como consecuencia del peligro que la amenaza y de su propia vulnerabilidad. Simbólicamente se puede expresar en función del peligro y la vulnerabilidad (Muñoz, Quiun, & Tinman, 1999).

$$\text{Riesgo Sísmico (R)} = f[\text{Vulnerabilidad Sísmica (V)}, \text{Peligro Sísmico (P)}]$$

### **2.2.4. 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, Pacheco, & Pando, 2010).

#### **2.2.4.1. CLASES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA**

##### **A. VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL**

Se refiere a qué tan susceptibles a ser afectados o dañados son los elementos estructurales de una edificación o estructura frente a las fuerzas sísmicas inducidas en ella.

A causa de sismos fuertes es común que se presenten daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexocompresión. En vigas, se presentan grietas diagonales y rotura de estribos a causa de cortante y/o torsión, grietas verticales, rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión que

impone el sismo arriba y abajo de la sección como resultado de las cargas alternadas (OPS, 2004).

Las conexiones o uniones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos. En las uniones viga-columna (nudos) el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas a causa del poco desarrollo del mismo y/o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión (OPS, 2004).

En las losas se pueden presentar grietas por punzonamiento alrededor de las columnas y grietas longitudinales a lo largo de la placa debido a la excesiva demanda por flexión que en ciertas circunstancias puede imponer el sismo (OPS, 2004).

## **B. VULNERABILIDAD SÍSMICA NO ESTRUCTURAL**

Un edificio puede quedar en pie luego de un desastre y quedar inhabilitado debido a daños no estructurales. A esto se le denomina Vulnerabilidad No Estructural.

Los elementos no estructurales se pueden clasificar en las siguientes tres categorías: elementos arquitectónicos, equipos y mobiliarios, e instalaciones básicas (OPS, 2004).

**Elementos Arquitectónicos:** incluyen componentes como muros exteriores no portantes, paredes divisorias, sistemas de tabiques interiores, ventanas, cielos rasos, sistema de alumbrado, etc. (OPS, 2004).

**Equipos y Mobiliarios:** incluyen elementos como equipo médico, equipo industrial mecánico, muebles de oficina, recipientes de medicamentos, etc. (OPS, 2004).

**Instalaciones Básicas:** incluyen los sistemas de abastecimiento de servicio tales como electricidad, agua, gases médicos, vapor, vacío, comunicaciones internas y externas, etc. (Vizconde, 2004).

Se considera que los elementos no estructurales son sensibles a las deformaciones si se ven afectados por la deformación de la estructura principal, determinada por la deriva, entendiéndose en general como deriva al desplazamiento lateral relativo entre los pisos. Dentro de esta categoría, por ejemplo, se encuentran las divisiones u otros elementos no estructurales conectados de piso a piso o entre muros estructurales o columnas. Cuando no hay interacción directa por deformación entre el elemento no estructural y la estructura, el elemento no estructural es considerado como sensible a la aceleración, como es el caso de un equipo mecánico en algún piso del edificio, ya que a medida que se ubique en pisos más altos, debido al comportamiento y el desplazamiento estructural, mayor será la aceleración y, por lo tanto, mayor será la fuerza a la que se verá sometido ante la vibración sísmica (OPS, 2004).

#### **2.2.5. PELIGRO SÍSMICO (P)**

Es la probabilidad de ocurrencia de un sismo, dentro de un período específico, en una determinada localidad o zona (Kuroiwa, Pacheco, & Pando, 2010).

### **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

- **ESPECTRO:** Son los valores máximos o picos de la respuesta estructural, fuerza restitutiva, el desplazamiento o la aceleración para todo un grupo de estructuras de igual periodo y amortiguamiento (Muñoz, 2004).
- **SISMO LEVE:** Es un sismo con la aceleración máxima del terreno de 0,15g con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años (Mosqueira & Tarque, 2005).

- **SISMO MODERADO:** Es un sismo con la aceleración máxima del terreno de 0,3g con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años (Mosqueira & Tarque, 2005).
- **SISMO SEVERO:** Es un sismo con la aceleración máxima del terreno de 0,4g con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años (Mosqueira & Tarque, 2005).
- **COLUMNA:** Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.
- **TABIQUE:** Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.
- **CONFINAMIENTO:** Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.
- **ESPESOR EFECTIVO:** Es igual al espesor del muro sin el tarrajeo u otros revestimientos, descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. (Norma E.070)
- **COLAPSO:** Cuando la estructura ha perdido toda o casi toda su rigidez y resistencia original (Muñoz, 2004).
- **FALLA:** Es la finalización de la capacidad de un elemento o de la estructura proyectada para desempeñar una función requerida (Calavera, 2005).
- **FISURA:** Son aberturas que solo afectan a la superficie o acabado superficial superpuesto de un elemento constructivo (Broto, 2009).

- **GRIETA:** Son aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento (Brito, 2009).
- **EFLORESCENCIA:** Se denominan eflorescencias a los cristales de sales, generalmente de color blanco, que se depositan en la superficie de ladrillos, tejas y pisos cerámicos o de hormigón. Algunas sales solubles en agua pueden ser transportadas por capilaridad a través de los materiales porosos y ser depositadas en su superficie cuando se evapora el agua por efecto de los rayos solares y/o del aire.
- **EFLORESCENCIA PRIMARIA:** Se forma debido a la humedad de la obra recién terminada. Comúnmente este tipo de eflorescencia es inevitable, pero desaparece en pocos meses.
- **EFLORESCENCIA SECUNDARIA:** Aparecen en obras de más de un año de antigüedad debido a condiciones desfavorables propias de la estructura o del medio (alta porosidad, elevada humedad permanente, defectos constructivos, etc.).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODO

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La presente investigación determinó el Nivel de Riesgo Sísmico del Edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado dentro de la Ciudad Universitaria del Distrito, Provincia y Departamento de Cajamarca, Perú.

#### 3.2. ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se realizó en el año 2017. Ya han pasado varios años desde la fecha en que se propuso una metodología para la evaluación del Nivel de Riesgo Sísmico para edificaciones aporticadas (2012), pero su uso aún no es aplicado de la manera en que se debería para evitar pérdidas de vidas humanas y económicas como resultado de la acción sísmica.

#### 3.3. PROCEDIMIENTO

##### 3.3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

La **población** está constituida por los edificios construidos dentro de la Ciudad Universitaria de Cajamarca.

La **muestra** es el Edificio 2J: Escuela Académico Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de Cajamarca. El **tipo de muestreo** es no probabilístico por conveniencia o intencional.

##### 3.3.2. RIESGO SÍSMICO

Para la determinación del Nivel de Riesgo Sísmico se aplicó la metodología propuesta por el Ing. Miguel Mosqueira Moreno en su Tesis Doctoral. Ésta metodología nos permite predecir cuál será el comportamiento de la edificación ante un sismo severo; se basa en la Ecuación de Kuroiwa

(2002) que fue fundamentada y aplicada para edificaciones de albañilería confinada por Mosqueira y Tarque (2005) y permite calcular de manera numérica la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmicos para luego asignarle una calificación al comportamiento de la edificación. Mosqueira (2012) adaptó dicha metodología para ser aplicada en la evaluación de edificaciones aporricadas, principalmente en lo referente al comportamiento estructural.

$$\text{Riesgo Sísmico (R)} = (0.50 \cdot \text{Vulnerabilidad Sísmica}) + (0.50 \cdot \text{Peligro Sísmico})$$

Fuente: Kuroiwa, 2002.

Para la calificación numérica del Riesgo Sísmico, se reemplazan los valores numéricos de Vulnerabilidad y Peligro Sísmicos en la ecuación anterior. El valor obtenido se compara con la calificación del Riesgo Sísmico mostrado en la *Tabla 3.1*. lo que nos permite asignar el Nivel de Riesgo Sísmico de la edificación evaluada.

**Tabla 3.1:** Calificación y Nivel de Riesgo Sísmico.

CALIFICACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO			
VULNERABILIDAD \ PELIGRO	3	2	1
3	3	2.50	2
2	2.50	2	1.50
1	2	1.50	1

NIVEL DE RIESGO SÍSMICO			
VULNERABILIDAD \ PELIGRO	Baja	Media	Alta
Bajo	BAJO	MEDIO	MEDIO
Medio	MEDIO	MEDIO	ALTO
Alto	MEDIO	ALTO	ALTO

Fuente: "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Mosqueira y Tarque, 2005.

Un Nivel de Riesgo Sísmico Alto significa que la edificación sufrirá daños importantes ante un sismo severo y existe gran probabilidad que la edificación colapse ya que no tiene un adecuado comportamiento sísmico y se encuentra sobre suelo blando.

Un Nivel de 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 tabiques podrían colapsar parcial o totalmente.

Un Nivel de 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.

### 3.3.3. VULNERABILIDAD SÍSMICA

La Vulnerabilidad Sísmica se determina evaluando la Vulnerabilidad Sísmica Estructural y la Vulnerabilidad Sísmica No Estructural (Kuroiwa, 2002).

Se asigna valores cuantitativos a cada tipo de Vulnerabilidad Sísmica teniendo en cuenta la siguiente tabla:

**Tabla 3.2:** *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: *Mosqueira, 2012.*

Se califica la Vulnerabilidad Sísmica reemplazando los valores obtenidos de la evaluación de la edificación en la siguiente fórmula o utilizando la *Tabla 3.3*:

$$Vulnerabilidad\ Sísmica = (0.60 \cdot Comportamiento\ Sísmico) + (0.30 \cdot Estado\ Actual) + (0.10 \cdot Estabilidad\ de\ Tabiques)$$

Fuente: Mosqueira, 2012.

**Tabla 3.3:** Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

VULNERABILIDAD SÍSMICA	Estructural						No Estructural			Valor numérico
	Comportamiento sísmico (60%)			Estado actual (30%)			Tabiquería y parapetos (10%)			
	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Bueno	Regular	Malo	Estables	Algunos estables	Inestables	
BAJA	X			X			X			1.0
	X			X				X		1.1
	X			X					X	1.2
	X				X		X			1.3
	X				X			X		1.4
MEDIA	X				X				X	1.5
	X					X	X			1.6
	X					X		X		1.7
	X					X			X	1.8
		X		X			X			1.6
		X		X				X		1.7
		X		X					X	1.8
		X			X		X			1.9
		X			X			X		2.0
		X			X				X	2.1

ALTA		X				X	X			2.2	
		X				X		X		2.3	
		X				X			X	2.4	
			X	X				X		2.2	
			X	X					X	2.3	
			X	X						X	2.4
			X		X		X				2.5
			X		X				X		2.6
			X		X					X	2.7
			X			X	X				2.8
			X			X		X			2.9
			X			X			X		3.0

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

Se obtiene el Nivel de Vulnerabilidad Sísmica Comparando el valor obtenido con la siguiente tabla:

**Tabla 3.4:** Nivel de Vulnerabilidad Sísmica.

Vulnerabilidad Sísmica	Rango
Baja	1.00 a 1.40
Media	1.50 a 2.10
Alta	2.20 a 3.00

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

### 3.3.3.1. VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL

La Vulnerabilidad Sísmica Estructural se determina en función del Comportamiento Sísmico y el Estado Actual de la Edificación.

#### 3.3.3.1.1. COMPORTAMIENTO SÍSMICO

El análisis del Comportamiento Sísmico de la edificación se basa en lo normado en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE),

específicamente en las Normas Técnicas E.020, E.030, E.060 y E.070 en su más reciente actualización.

## **A. ANÁLISIS SÍSMICO ESPECTRAL**

### **a. ACELERACIÓN ESPECTRAL**

La Norma de Diseño Sismorresistente E.030 (2016) nos permite simular un sismo a través de un espectro de pseudo aceleración mediante la ecuación siguiente, calculando la pseudo aceleración sísmica:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Donde:

*S<sub>a</sub>*: *Aceleración Espectral.*

*Z*: *Factor de Zona.*

*U*: *Factor de Uso.*

*C*: *Factor de Amplificación Sísmica.*

*S*: *Factor de Suelo.*

*R*: *Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica.*

*g*: *Aceleración de la Gravedad.*

### **b. FACTOR DE ZONA (Z)**

Se asigna de acuerdo a la Zonificación Sísmica expuesta en la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”.

**Tabla 3.5:** Factores de Zona (Z).

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: NTE 030 “Diseño Sismorresistente”, 2016.

**c. CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR DE USO (U)**

Cada estructura pertenece a una Categoría determinada y el Factor de Uso o Importancia depende de ésta.

**Tabla 3.6:** Factores de Uso (U).

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR <i>U</i>
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>▪ Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>▪ Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> </ul>	1.5

	<p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como colegios, institutos superiores tecnológicos y universidades.</p> <p>Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</p> <p>Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	
<p><b>B</b> Edificaciones Importantes.</p>	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.</p> <p>También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.</p>	1.3
<p><b>C</b> Edificaciones Comunes</p>	<p>Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.</p>	1.0
<p><b>D</b> Edificaciones Temporales</p>	<p>Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.</p>	<p>En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.</p>

Fuente: NTE 030 "Diseño Sismorresistente", 2016.

**d. FACTOR DE SUELO (S)**

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. (Mosqueira 2012)

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y los periodos  $T_P$  y  $T_L$  dados en las *Tablas 3.7 y 3.8*.

**Tabla 3.7: Factores de Suelo (S).**

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.05	1.10
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: NTE 030 "Diseño Sismorresistente", 2016.

**Tabla 3.8: Períodos "T<sub>P</sub>" y "T<sub>L</sub>".**

PERÍODOS "T <sub>P</sub> " Y "T <sub>L</sub> "				
	PERFIL DE SUELO			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (seg.)	0.30	0.40	0.60	1.00
T <sub>L</sub> (seg.)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: NTE 030 "Diseño Sismorresistente", 2016.

**e. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C)**

De acuerdo a las características de sitio, se define el Factor de Amplificación Sísmica (C) por las siguientes expresiones (NTE 030 "Diseño Sismorresistente", 2016):

$$T < T_P \quad C = 2.50$$

$$T_P > T > T_L \quad C = 2.50 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.50 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Donde:

*T*: Período fundamental de vibración de la estructura.

*T<sub>P</sub>*: Período que define la plataforma del factor C.

*T<sub>L</sub>*: Período que define el inicio de la zona del factor C.

**f. COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS (R<sub>0</sub>)**

Se define de acuerdo al sistema estructural y los materiales usados en la edificación.

**Tabla 3.9:** Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas ( $R_0$ ).

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
SISTEMA ESTRUCTURAL	COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN $R_0$
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Fuente: NTE 030 "Diseño Sismorresistente", 2016.

Una vez definidos todos los parámetros (Tabla 3.10), se procede a calcular la pseudo aceleración sísmica usando la ecuación correspondiente. El resultado se muestra en la Figura 3.1.

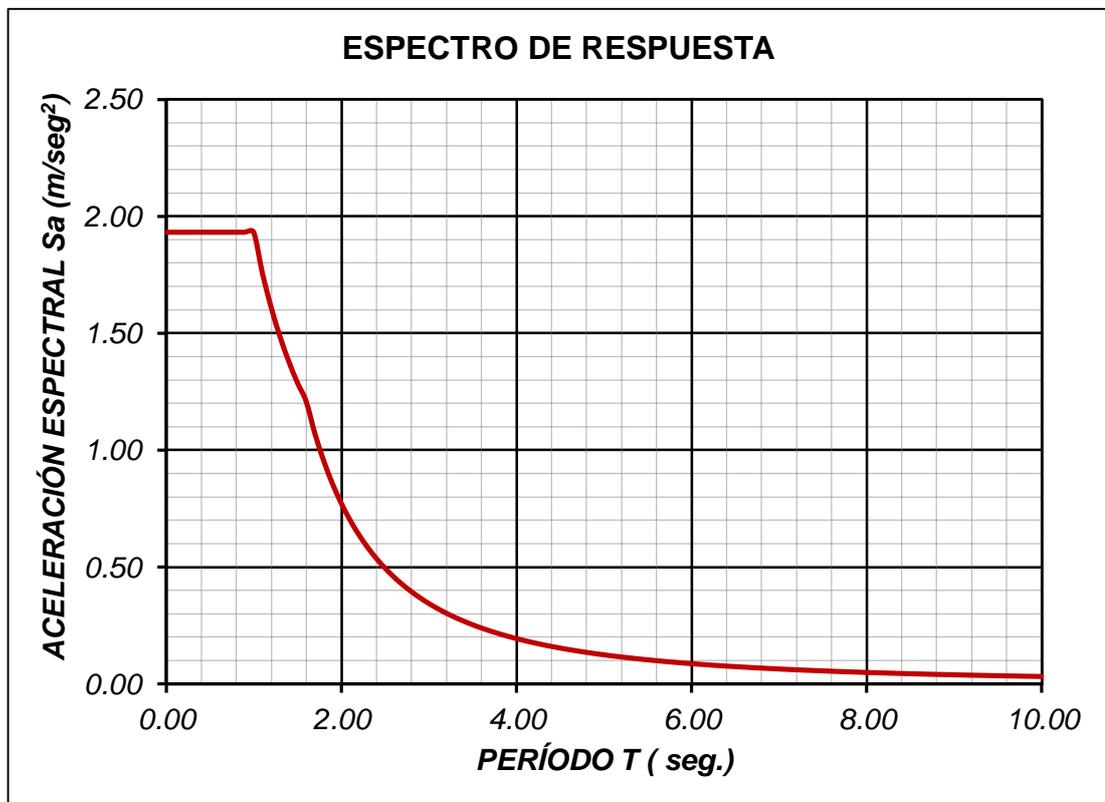
**Tabla 3.10:** Parámetros para la Obtención de la Pseudo Aceleración Sísmica.

PARÁMETRO		VALOR	DESCRIPCIÓN
Factor de zona.	Z	0.35	Para la provincia de Cajamarca.
Factor de uso.	U	1.50	Para la categoría A2 (edificaciones esenciales).
Factor de suelo.	S	1.20	Para suelos del tipo flexible (Tipo $S_3$ )

Factor de amplificación sísmica.	C	$2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$	Factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo.
Periodo que define la plataforma del espectro.	T <sub>P</sub>	1	Depende del factor S.
Coficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas.	R	8	Para el sistema estructural de Pórticos de Concreto Armado.
Aceleración de la gravedad.	g	9.81	Aceleración de la gravedad en m/seg <sup>2</sup>
Aceleración espectral.	S <sub>a</sub>	$\frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$	Define el espectro de pseudo – aceleración.

Fuente: *Elaboración Propia.*

**Figura 3.1: Espectro de Respuesta.**



Fuente: *Elaboración Propia.*

## B. DERIVAS DE ENTREPISO

Con el fin de controlar el daño, los códigos de diseño sismo resistente han considerado necesario contar con límites máximos para los desplazamientos laterales y con procedimientos adecuados para estimar dichas deflexiones. Un parámetro muy utilizado es la llamada deriva de entrepiso, cuyo valor máximo depende de muchos factores como el material estructural, el tipo de sistema estructural para cargas laterales, el nivel de carga axial presente en el entrepiso, el nivel de detallado de los elementos estructurales, y el nivel de daño que se esté dispuesto a aceptar en la estructura (Andrade, 2004).

### a. CÁLCULO DE LA DERIVA

El desplazamiento lateral relativo es la diferencia de los desplazamientos laterales entre dos niveles consecutivos, producidos por la aplicación sobre la estructura de las solicitaciones sísmicas y se determina como (Andrade, 2004):

$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1}$$

Donde:

$\Delta_i$ : Desplazamiento lateral relativo del nivel  $i$ .

$\delta_i, \delta_{i-1}$ : Desplazamientos laterales en los niveles  $i$  e  $i - 1$ .

Para calcular la distorsión o deriva de entrepiso se usa la siguiente expresión:

$$\Delta = \frac{\Delta_i}{h_{ei}}$$

Donde:

$h_{ei}$ : Altura del entrepiso  $i$ .

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 3.11: Límites para la Distorsión De Entrepiso.**

<b>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
<b>MATERIAL PREDOMINANTE</b>	$(\Delta_i/h_{ei})$
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: NTE 030 "Diseño Sismorresistente", 2016.

### **C. JUNTA SÍSMICA**

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

Esta distancia no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que:

$$s = 0.006 \cdot h \geq 0.03m$$

Donde 'h' es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar 's'.

## D. COMPORTAMIENTO DE VIGAS

### a. CÁLCULO DE CARGAS

Las cargas a las que estarán sometidas las vigas se calculan de acuerdo a las combinaciones expuestas en la norma E.060 “Cargas” (2009) con las cuales se genera una envolvente con valores máximos positivos y negativos de las fuerzas internas producidas (Mosqueira, 2012).

$$M_u = 1.4 \cdot M_{CM} + 1.7 \cdot M_{CV}$$

$$M_u = 1.25 \cdot (M_{CM} + M_{CV}) \pm M_{CS}$$

$$M_u = 0.90 \cdot M_{CM} \pm M_{CS}$$

Donde:

$M_u$ : Momento último actuante.

$M_{CM}$ : Momento actuante por carga muerta.

$M_{CV}$ : Momento actuante por carga viva.

$M_{CS}$ : Momento actuante por carga de sismo.

Fuente: NTE 060 “Cargas”, (2009).

### b. CÁLCULO DEL MOMENTO NOMINAL RESISTENTE

Inicialmente se supone que el esfuerzo en el acero de compresión corresponde a la fluencia ( $f'_s = f_y$ ). De la *Figura 3.2*, sumando las fuerzas horizontalmente en el diagrama de fuerzas y sustituyendo  $\beta_1 \cdot c$  en lugar de  $a$  conduce a (McCormac y Brown, 2011):

$$A_s \cdot f_y = 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c + A'_s \cdot f_y$$

$$c = \frac{(A_s - A'_s) \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}$$

$$a = 0.85 \cdot c$$

Donde:

$f'_c$ : Resistencia a compresión del concreto.

$f_y$ : Esfuerzo de fluencia del acero.

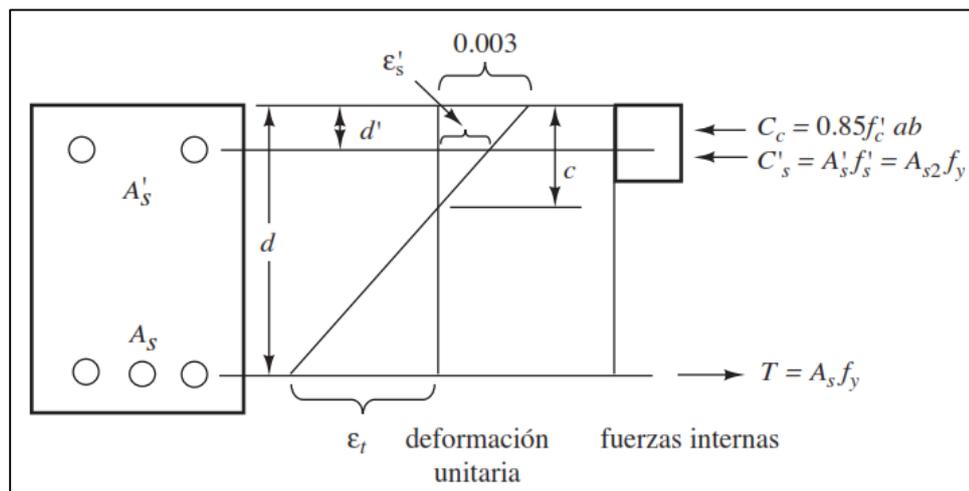
$A_s$ : Acero en tracción.

$A'_s$ : Acero en compresión.

$b$ : Ancho de la sección.

$a$ : Altura del bloque a compresión.

**Figura 3.2:** Fuerzas y Deformaciones Unitarias Internas para una Viga Rectangular Doblemente Reforzada.



Fuente: "Diseño de Concreto Reforzado". McCormac y Brown, 2011

$$A_{s1} = A_s - A_{s2}$$

$$A_{s2} = \frac{A'_s \cdot f'_s}{f_y}$$

Haciendo una semejanza de triángulos, de la *Figura 3.2* se obtiene:

$$\varepsilon'_s = \frac{c - d'}{c} \cdot 0.003$$

Si la deformación unitaria en el acero en compresión,  $\varepsilon'_s > \varepsilon_y = f_y/E_s$ , la hipótesis es válida y  $f'_s$  corresponde a la fluencia,  $f_y$ . Si  $\varepsilon'_s < \varepsilon_y$ , el acero en compresión no está fluyendo y el valor de  $c$  calculado arriba no es correcto. Debe escribirse una nueva ecuación de equilibrio que suponga que  $f'_s < f_y$  (McCormac y Brown, 2011).

$$A_s \cdot f_y = 0.85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + A'_s \cdot \left( \frac{c - d'}{c} \right) \cdot (0.003) \cdot E_s$$

Finalmente, la resistencia por momento de diseño queda expresada como (McCormac y Brown, 2011):

$$\phi \cdot M_n = \phi \cdot \left[ A_{s1} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) + A'_s \cdot f'_s \cdot (d - d') \right]$$

Donde:

$M_n$ : Momento nominal resistente.

$f'_s$ : Esfuerzo del acero en compresión.

$A_s$ : Acero en tracción.

$A'_s$ : Acero en compresión.

$d$ : Peralte efectivo.

$d'$ : Peralte efectivo del acero en compresión.

### c. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA

Se utiliza la fórmula expuesta en la Norma Técnica E.060 “Cargas” (MTC, 2009):

$$M_n \geq \frac{M_u}{0.90}$$

Donde:

$M_n$ : Momento nominal resistente.

$M_u$ : Momento último actuante.

$0.90 \cdot M_n$ : Momento último resistente.

Finalmente, se concluyen las siguientes relaciones:

- Si  $0.90 \cdot M_n \geq M_u$ , la sección de la viga es adecuada.
- Si  $0.90 \cdot M_n < M_u$ , la sección de la viga es inadecuada.

### E. COMPORTAMIENTO DE COLUMNAS

#### a. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ACERO NECESARIO

Para calcular la cantidad de acero necesario sin considerar cargas de sismo se utiliza la ecuación expuesta en el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.060 “Cargas”, 2009) siguiente, de la cual se despeja  $A_{st}$  (Mosqueira, 2012):

$$\phi \cdot P_n = 0.80 \cdot \phi \cdot [0.85 \cdot f'_c \cdot c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y]$$

Donde:

$\phi \cdot P_n$ : Resistencia de diseño.

$f'_c$ : Resistencia a compresión del concreto.

$f_y$ : Esfuerzo de fluencia del acero.

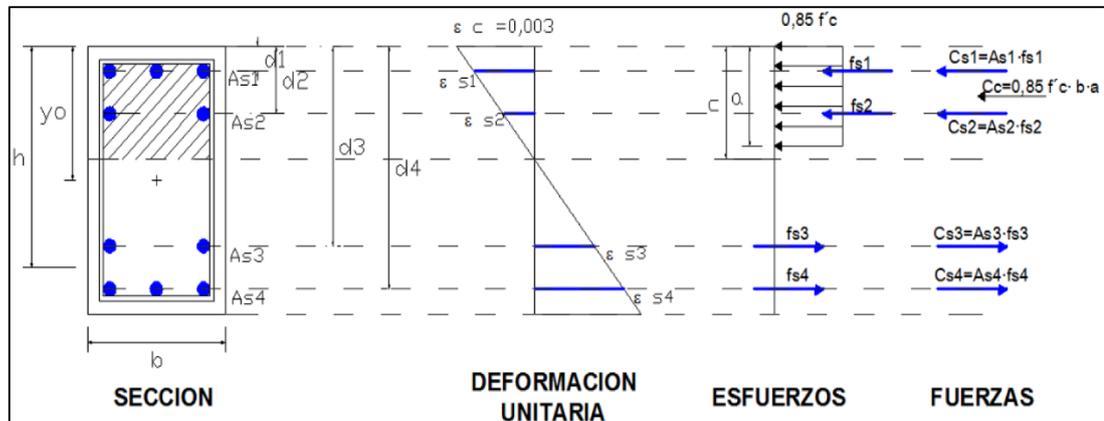
$A_g$ : Área bruta de la sección.

$A_{st}$ : Área de acero de refuerzo necesario en la sección.

Para calcular la cantidad de acero necesario considerando cargas de sismo se utiliza lo expuesto en el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.060 "Cargas", 2009) para elementos sometidos a flexo compresión (Figura 3.3) y flexión biaxial. El acero se determina usando diagramas de iteración y ábacos (Mosqueira, 2012).

Para esta investigación se usó el programa SAP2000, el cual facilitó el uso de diagramas de iteración permitiendo el cálculo más preciso de los efectos sísmicos.

**Figura 3.3:** Sección Rectangular de Concreto Armado sometida a Flexo Compresión.



Fuente: "Diseño en Concreto Armado". ICG, 2006.

## b. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ACERO EXISTENTE

Se determina teniendo en cuenta el número y diámetro de las barras de acero de refuerzo que contiene la sección. Se usa la siguiente tabla:

**Tabla 3.12:** Área de barras de acero de refuerzo.

N°	Diámetro $\phi$	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
8	1"	5.10

Fuente: "Barras de Construcción". SIDERPERÚ.

### c. VERIFICACIÓN DE LA CANTIDAD DE ACERO

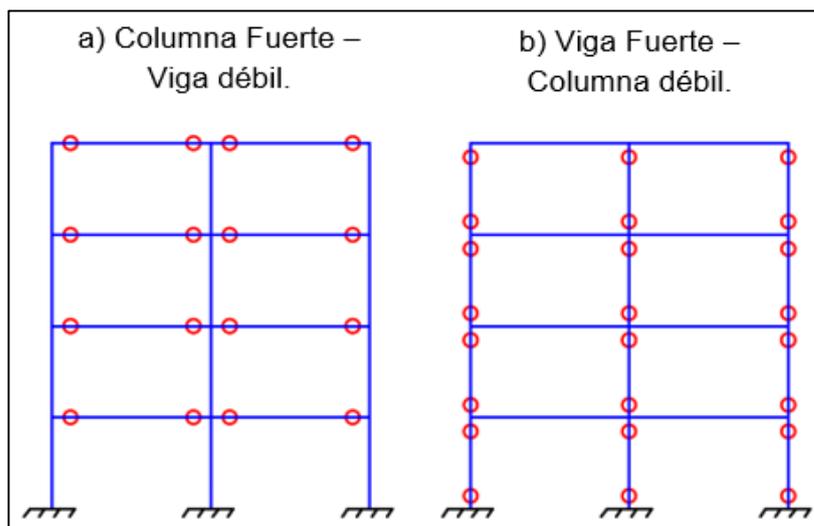
Luego de haber analizado las cantidades de acero existente y necesario, se puede concluir:

- Si *Acero Necesario*  $\leq$  *Acero Existente*, la sección de concreto armado es adecuada.
- Si *Acero Necesario*  $>$  *Acero Existente*, la sección de concreto armado es inadecuada.

### F. TIPO DE FALLA

Se determina en qué elementos se produce la falla inicial. Si se produce en las columnas, generará una falla frágil del sistema estructural; si se produce en las vigas, generará una falla dúctil del sistema estructural (Mosqueira, 2012).

**Figura 3.4:** Mecanismo de rótulas plásticas.



Fuente: *González, 2017*.

De lo anterior, se consideran 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 (Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, 2016).
- 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 (Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, 2016).
- 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 (Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, 2016).

**a. RESISTENCIA MÍNIMA A FLEXIÓN DE COLUMNAS**

Las resistencias a flexión de las columnas en las caras de los nudos deben satisfacer la siguiente ecuación (RNE E.060, 2009):

$$\sum M_{nc} \geq 1.20 \cdot \sum M_{nv}$$

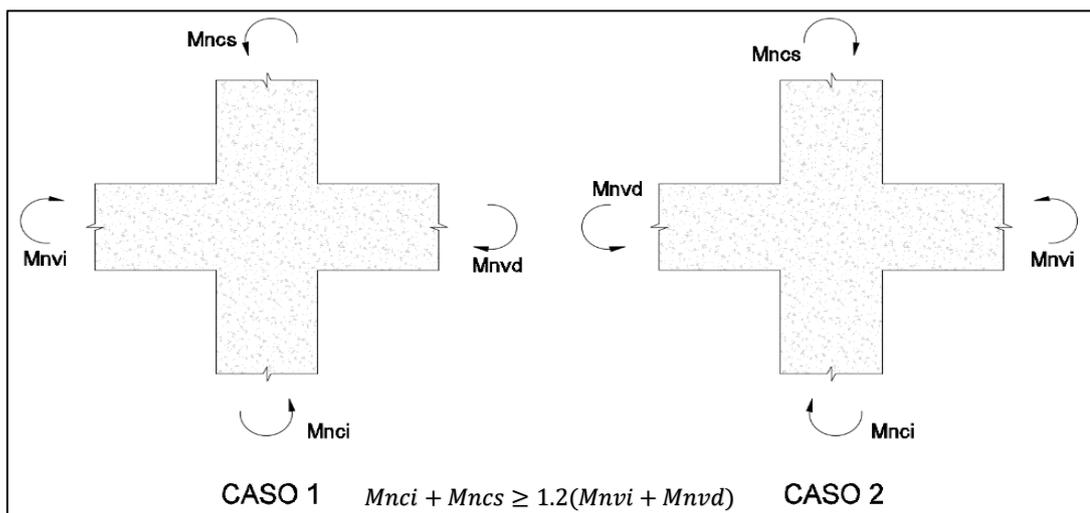
Donde:

$\sum M_{nc}$ : Suma de momentos nominales de flexión de las columnas que llegan al nudo, evaluadas en las caras del nudo.

$\sum M_{nv}$ : Suma de momentos nominales de flexión de las vigas que llegan al nudo, evaluadas en las caras del nudo.

Las resistencias a la flexión deben sumarse de tal manera que los momentos de las columnas se opongan a los momentos de las vigas. Debe satisfacerse la ecuación anterior para momentos en las vigas actuando en ambas direcciones en el plano vertical del pórtico que se considera.

**Figura 3.5:** Resistencia a flexión de las columnas en las caras de los nudos.

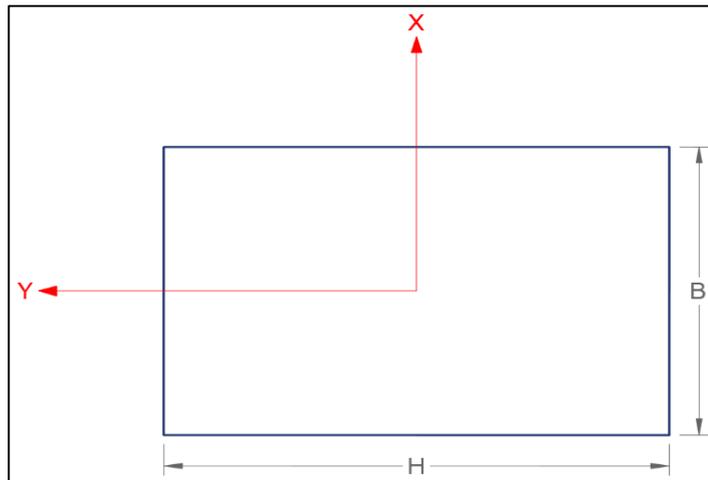


Fuente: NTE 060 "Concreto Armado", 2009.

## b. MOMENTOS DE INERCIA EN COLUMNAS

La dirección en la cual la columna es más resistente a momento flexionante causado por sismo, se puede determinar con el momento de inercia, pues a mayor momento de inercia o módulo de sección, menor esfuerzo flexionante actuante y menor deformación (Mosqueira, 2012).

Figura 3.6: Esquema de columna típica.



Fuente: Elaboración Propia.

$$I_{xx} = \frac{B \cdot H^3}{12}$$

$$Z_x = \frac{B \cdot H^2}{6}$$

$$I_{yy} = \frac{H \cdot B^3}{12}$$

$$Z_y = \frac{H \cdot B^2}{6}$$

Donde:

$I_{xx}$ : Momento de inercia en la dirección  $x$ .

$I_{yy}$ : Momento de inercia en la dirección  $y$ .

$Z_x$ : Módulo de sección en la dirección  $x$ .

$Z_y$ : Módulo de sección en la dirección  $y$ .

$B$ : Base de la columna.

$H$ : Altura de la columna.

## G. FALLA POR COLUMNA CORTA

### a. EFECTO EN LA RIGIDEZ PRODUCIDO POR COLUMNA CORTA

Para evaluar el efecto que produce la ubicación de los tabiques, se puede determinar la rigidez de la columna total y la rigidez de la columna corta con las siguientes ecuaciones (San Bartolomé, 1998).

$$K_{x_{CT}} = \frac{12 \cdot E \cdot I_{xx}}{L_{CT}^3}$$

$$K_{y_{CT}} = \frac{12 \cdot E \cdot I_{yy}}{L_{CT}^3}$$

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

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

Donde:

$K_{x_{CT}}$ : 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  $y$ .

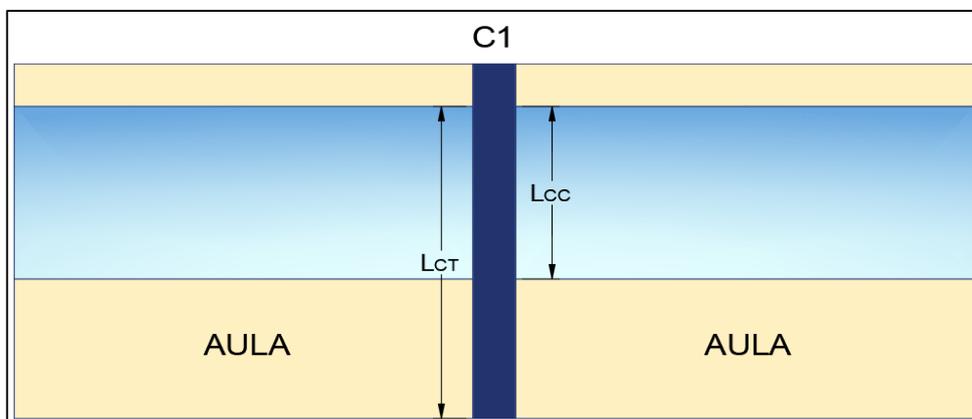
$I_{xx}$ : Momento de inercia en la dirección  $x$ .

$I_{yy}$ : Momento de inercia en la dirección  $y$ .

$L_{CT}$ : Longitud de la columna total.

$L_{CC}$ : Longitud de la columna corta.

Figura 3.7: Alturas de Columna Total y Columna Corta.



Fuente: *Elaboración Propia.*

### 3.3.3.1.2. ESTADO ACTUAL DE LA EDIFICACIÓN

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

### 3.3.3.2. VULNERABILIDAD SÍSMICA NO ESTRUCTURAL

#### 3.3.3.2.1. ESTABILIDAD DE TABIQUES

La evaluación de la estabilidad de 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 calcular el momento actuante se empleó la metodología propuesta en el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma Técnica E.070 "Albañilería", 2006).

#### A. CÁLCULO DEL MOMENTO ACTUANTE

El momento flector distribuido por unidad de longitud ( $M_a$  en  $kg \cdot m/m$ ) producido por la carga sísmica " $\omega$ " se calculará mediante la siguiente fórmula (Norma Técnica E.070 "Albañilería", 2006):

$$M_a = m \cdot \omega \cdot a^2$$

Donde:

$M_a$ : *Momento actuante.*

$m$ : *Coeficiente de momento.*

$a$ : *Dimensión crítica del paño de albañilería en metros.*

$\omega$ : *Carga sísmica por metro cuadrado de muro.*

El cálculo de la magnitud de carga " $\omega$ " se hará con la siguiente expresión:

$$\omega = \frac{F}{L \cdot h}$$

Donde:

*F*: Fuerza de diseño de tabique.

*L*: Longitud del tabique.

*h*: Altura del tabique.

Los elementos no estructurales, sus anclajes, y sus conexiones deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica horizontal en cualquier dirección (*F*) asociada a su peso (*P<sub>e</sub>*):

$$F = \frac{F_i}{P_i} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde:

*F*: Fuerza sísmica horizontal de diseño.

*F<sub>i</sub>*: Fuerza sísmica en el nivel "*i*".

*C<sub>1</sub>*: Coeficiente sísmico.

*P<sub>e</sub>*: Peso del tabique.

Los elementos no estructurales localizados a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella (sótanos) y los cercos deberán diseñarse con una fuerza horizontal calculada con (Norma Técnica E.030, 2016):

$$F = 0.50 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

Donde:

$Z$ : Factor de zona.

$U$ : Factor de uso.

$S$ : Factor de suelo.

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel " $i$ ", correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante (Norma Técnica E.030, 2016):

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i \cdot (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j \cdot (h_j)^k}$$

Donde:

$\alpha_i$ : Factor de distribución de fuerza sísmica horizontal para cada nivel.

$V$ : Cortante sísmico en la base de la estructura.

$k$ : Exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura  $T$ , en la dirección considerada.

Para el cálculo del exponente " $k$ ", se consideran las siguientes ecuaciones (Norma Técnica E.030, 2016):

▪ Para  $T \leq 0.50$  segundos:

$$k = 1$$

▪ Para  $T > 0.50$  segundos:

$$k = 0.75 + 0.50 \cdot T \leq 2.00$$

El peso volumétrico de la albañilería ( $\gamma$ ) puede adoptarse como 1800 kg/m<sup>3</sup> para la albañilería confinada de arcilla o sílico - calcárea y 2000 kg/m<sup>3</sup> para la albañilería hecha con ladrillos de concreto vibrado. Mientras que para la albañilería armada hecha con bloques de concreto vibrado puede emplearse 2300 kg/m<sup>3</sup> cuando el muro está completamente relleno y 2000 kg/m<sup>3</sup> cuando el muro está parcialmente relleno (San Bartolomé, 2008).

**Tabla 3.13:** Valores de  $C_1$ .

Valores de $C_1$	
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3.0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2.0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3.0
- Equipos rígidos conectados rígidamente al piso.	1.5

Fuente: NTE 030 "Diseño Sismorresistente", 2016

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 siguiente tabla:

**Tabla 3.14:** Valores del Coeficiente de momentos " $m$ " y dimensión crítica " $a$ ".

VALORES DEL COEFICIENTE DE MOMENTOS " $m$ " Y DIMENSIÓN CRÍTICA " $a$ "									
<b>CASO 1: MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS</b>									
<b>a</b>	Menor dimensión								
<b>b/a</b>	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	3.00	∞	
<b>m</b>	0.0479	0.0627	0.0755	0.0862	0.0948	0.1017	0.1180	0.1250	
<b>CASO 2: MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS</b>									
<b>a</b>	Longitud del borde libre								
<b>b/a</b>	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.50	2.00	∞
<b>m</b>	0.060	0.074	0.087	0.097	0.106	0.112	0.128	0.132	0.133

CASO 3: MURO ARRIOSTRADO SÓLO EN SUS BORDES HORIZONTABLES	
<b>a</b>	Altura de muro
<b>m</b>	0.125
CASO 4: MURO EN VOLADIZO	
<b>a</b>	Altura de muro
<b>m</b>	0.500

Fuente: NTE 070 "Albañilería", 2006.

## B. CÁLCULO DEL MOMENTO RESISTENTE

Para determinar el momento resistente a tracción por flexión del muro ( $M_r$ ) se utiliza la siguiente fórmula (Mosqueira y Tarque, 2005):

$$M_r = 1.703 \cdot t^2$$

Donde:

$M_r$ : Momento resistente a tracción por flexión en  $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$ .

$t$ : Espesor bruto del muro en metros.

## C. VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD DE TABIQUES

Se verifica la estabilidad de los tabiques comparando el Momento Actuante ( $M_a$ ) con el Momento Resistente ( $M_r$ ) mediante las siguientes relaciones:

- Si  $M_a \leq M_r$ , el tabique es estable.
- Si  $M_a > M_r$ , el tabique es inestable.

### 3.3.4. PELIGRO SÍSMICO

En la evaluación del peligro sísmico se considera la evaluación de tres variables: la Sismicidad, el Tipo de Suelo y la Topografía de la zona donde se encuentra cimentada la edificación en evaluación.

El Peligro Sísmico se calcula mediante la siguiente ecuación (Mosqueira y Tarque, 2005):

$$Peligro\ Sísmico = (0.40 \cdot Sismicidad) + (0.40 \cdot Suelo) + (0.20 \cdot Topografía)$$

Se asignan los valores a cada variable para calificar numéricamente al Peligro Sísmico teniendo en cuenta las siguientes tablas:

**Tabla 3.15:** Valores de las Variables para Cuantificar el Peligro Sísmico.

SISMICIDAD (40%)		SUELO (40%)		TOPOGRAFÍA (20%)	
Baja	1	Rígido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

**Tabla 3.16:** Rango de Valores de las Variables para Cuantificar el Peligro Sísmico.

Sismicidad (40%)	Estructural						Pesos (%)			Peligro Sísmico	Valor Numérico
	Suelo (40%)			Topografía (20%)							
	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Media	Pronunciada	40	40	20		
ALTA	X			X			3	1	1	Bajo	1.80
	X				X		3	1	2	Medio	2.00
	X					X	3	1	3		2.20

		X		X			3	2	1	Alto	2.20
		X			X		3	2	2		2.40
		X				X	3	2	3		2.60
			X	X			3	3	1		2.60
			X		X		3	3	2		2.80
			X			X	3	3	3		3.00
MEDIA	X			X			2	1	1	Bajo	1.40
	X				X		2	1	2	1.60	
	X					X	2	1	3	Medio	1.80
		X		X			2	2	1		1.80
		X			X		2	2	2		2.00
		X				X	2	2	3		2.20
			X	X			2	3	1		2.20
			X		X		2	3	2		2.40
			X			X	2	3	3	Alto	2.60
ALTA	X			X			1	1	1	Bajo	1.00
	X				X		1	1	2		1.20
	X					X	1	1	3		1.40
		X		X			1	2	1		1.40
		X			X		1	2	2		1.60
		X				X	1	2	3	1.80	
			X	X			1	3	1	Medio	1.80
			X		X		1	3	2		2.00
			X			X	1	3	3		Alto

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

Para la calificación numérica del Peligro Sísmico, se reemplazan los valores numéricos de Sismicidad, Tipo de Suelo y Topografía en ecuación anterior. El valor obtenido se compara con la calificación del Peligro Sísmico mostrado en la *Tabla 3.17* lo que nos permite asignar el Nivel de Peligro Sísmico de la edificación evaluada.

**Tabla 3.17:** Calificación del Peligro Sísmico.

SISMICIDAD	PELIGRO SÍSMICO	RANGO
ALTA	Bajo	1.80
	Medio	De 2.00 a 2.40
	Alto	De 2.60 a 3.00
MEDIA	Bajo	De 1.40 a 1.60
	Medio	De 1.80 a 2.40
	Alto	2.60
BAJO	Bajo	De 1.00 a 1.60
	Medio	De 1.80 a 2.00
	Alto	2.20

Fuente: Mosqueira y Tarque, 2005.

#### 3.3.4.1. SISMICIDAD

Se evalúa teniendo en cuenta lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, específicamente en la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” (2016), donde se divide al territorio peruano en cuatro zonas sísmicas como se muestra en la *Figura 2.1*.

**Tabla 3.18:** Calificación de Zonas Sísmicas.

SISMICIDAD	ZONA
BAJA	<b>ZONA Z1:</b> Zona de Baja Sismicidad, en la cual puede darse una aceleración máxima del terreno del 10% de la aceleración de la gravedad, con una probabilidad del 10% de ser excedida.
MEDIA	<b>ZONA Z2:</b> Zona de Moderada Sismicidad, en la cual puede darse una aceleración máxima del terreno del 25% de la aceleración de la gravedad, con una probabilidad del 10% de ser excedida.
	<b>ZONA Z3:</b> Zona de Moderada Sismicidad, en la cual puede darse una aceleración máxima del terreno del 35% de la aceleración de la gravedad, con una probabilidad del 10% de ser excedida.

ALTA	<b>ZONA Z4:</b> Zona de Alta Sismicidad, en la cual puede darse una aceleración máxima del terreno del 45% de la aceleración de la gravedad, con una probabilidad del 10% de ser excedida.
------	--

Fuente: *Elaboración Propia.*

### 3.3.4.2. TIPO DE SUELO

Se evalúa teniendo en cuenta lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, específicamente en la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” (2016), donde se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.

- **PERFIL TIPO S<sub>0</sub>:** Roca Dura. A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte mayor que 1500 m/s.
- **PERFIL TIPO S<sub>1</sub>:** 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 S<sub>2</sub>:** Suelos Intermedios. Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S1 y S3.
- **PERFIL TIPO S<sub>3</sub>:** 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 S<sub>4</sub>:** Condiciones Excepcionales. A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables.

### 3.3.4.3. TOPOGRAFÍA

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) 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 %.

### 3.3.5. TIPO DE INVESTIGACIÓN

**Investigación Descriptiva.** Tiene como objeto determinar, analizar y explicar el nivel de riesgo sísmico de la estructura ante sollicitaciones laterales externas.

### 3.3.6. TIPO DE ANÁLISIS

**Análisis Cuantitativo.** Recolectamos y resumimos de manera cuidadosa los datos sobre la base de la hipótesis. Luego analizamos minuciosamente los resultados, con el fin de dar respuesta a la hipótesis formulada.

### 3.3.7. RECOLECCIÓN DE DATOS

La información necesaria para elaborar la presente investigación corresponde al Expediente Técnico de Construcción de la edificación, al cual se tuvo acceso gracias a la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental. Esta información facilitó la determinación de las características estructurales

del Edificio como: dimensiones de elementos estructurales, áreas de acero, estudio de mecánica de suelos (EMS), certificado de ensayo a compresión del concreto, otras.

### **3.3.8. PROCESAMIENTO DE DATOS**

El procesamiento de datos se realizó en forma computarizada utilizando softwares como el SAP2000 y ETABS, principalmente, y otros como Autodesk AutoCAD, Microsoft Word, Microsoft Excel, Documento de Texto.

### **3.3.9. ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

La **simulación y análisis** de la estructura se realizó de forma computacional utilizando el software SAP2000 versión 14.

El **procesamiento y recolección** de los datos se hizo utilizando Microsoft Excel, Microsoft Word, Documento de Texto y Autodesk AutoCAD.

La **presentación** de los resultados es a través de Gráficos y Tablas.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN**

El edificio a analizar corresponde a la Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Académico Profesional de Zootecnia.

El sistema estructural al que corresponde la edificación es de tipo aporticado de concreto armado de tres niveles. La construcción del edificio concluyó en el año 2015.

Los muros y tabiques de albañilería son de ladrillo King Kong de 18 huecos de arcilla cocida en todo el edificio, los entresijos están constituidos por losas aligeradas armadas en una dirección y ladrillo hueco de arcilla de 0,30m X 0,30m X 0,20m.

El techo de este edificio está formado por una cubierta de teja andina sobre una estructura metálica. La conexión entre niveles es mediante escaleras de concreto armado de un solo tramo.

El primer nivel está conformado por 01 oficina para Decanato, 02 oficinas para Dirección de Escuela, 02 oficinas para secretarías, 01 oficina para sala de profesores, 01 oficina para comisiones académicas, 01 oficina para sesiones de consejo, 01 auditorio, 01 tienda pasadizos, servicios higiénicos para hombres y mujeres.

En el segundo nivel hay 01 archivo de facultad, 06 aulas pedagógicas, pasadizos y servicios higiénicos para hombres y mujeres.

El tercer nivel está conformado por 01 centro de cómputo (internet), 01 almacén, 01 biblioteca (sección bibliográfica), 03 laboratorios, 01 gabinetes de investigación 01 biblioteca virtual, pasadizos y servicios higiénicos de hombres y mujeres.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Las características de los materiales utilizados en la construcción del edificio se los obtuvo de las Especificaciones Técnicas de los planos del mismo y de los ensayos a la compresión del concreto (Ver Anexo N° 04). Los datos obtenidos se utilizaron el modelamiento de la estructura en el programa SAP2000 v14.

### 4.2.1 Propiedades y Especificaciones Técnicas del Concreto

#### a. Resistencia a la Compresión de Columnas y Vigas

Se obtuvo de la Evaluación Preliminar del Edificio (Ver Anexo N° 04) y los datos para el mismo se obtuvieron del Certificado de Ensayo a Compresión (Ver Anexo N° 02).

$$\text{Columnas: } f'c = 233 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Vigas: } f'c = 266 \text{ kg/cm}^2$$

#### b. Módulo de Elasticidad

$$E = 15000 \cdot \sqrt{f'c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Columnas: } f'c = 228965.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Vigas: } f'c = 244642.60 \text{ kg/cm}^2$$

#### c. Peso Específico

$$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$$

#### d. Recubrimiento de Columnas y Vigas

$$\text{Recubrimiento} = 3.00 \text{ cm}$$

#### 4.2.2 Propiedades y especificaciones técnicas del acero

- a. Esfuerzo de fluencia

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

- b. Peso específico

$$\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$$

- c. Módulo de elasticidad

$$E = 2 \times 10^7 \text{ Tn/m}^2$$

#### 4.3 METRADO DE CARGAS

El metrado de cargas se presenta en el Anexo N° 03. Las cargas muertas, cargas vivas y cargas vivas de techo a las que la estructura está sometida se obtuvieron de la NTP E.020 "Cargas", 2006.

#### 4.4 MODELO ESTRUCTURAL

Se idealizó la estructura en el programa SAP2000 v14 teniendo en cuenta las características de los materiales, el metrado de cargas y los planos del edificio.

Para tal efecto, se tuvo en cuenta los criterios de modelamiento y otros requerimientos establecidos en la NTP E.030 (RNE, 2016). Estas recomendaciones ayudaron a establecer un modelo matemático adecuado para el análisis y son las siguientes:

- a. Para determinar las cargas sísmicas, se permite considerar que la estructura está fija en la base.

- b. El peso de la edificación se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación, un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que depende de la categoría de la edificación; en nuestro caso, el 50% de la carga viva y el 25% de la carga viva de techo (E.030, 2016).

$$P = PP + CM + 0.50 CV + 0.25 CVT$$

Donde:

*P = Peso de la edificación.*

*PP = Peso propio de la edificación.*

*CM = Carga muerta.*

*CV = Carga viva.*

*CVT = Carga viva de techo.*

- c. Cuando se emplea un modelo 3-D, un mínimo de tres grados de libertad dinámicos consistentes en dos traslaciones ortogonales en planta y una rotación alrededor del eje vertical deberán incluirse en cada nivel de la estructura.

## **4.5 NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA**

### **4.5.1 VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL**

#### **4.5.1.1 COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL EDIFICIO**

##### **a. Derivas de Entrepiso**

Se muestran las derivas de entrepiso obtenidas del modelo estructural para ambas direcciones:

**Tabla 4.1:** Derivas de Entrepiso en la dirección X – Izquierda.

NIVEL	ALTURA (m)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DERIVA	E.030	VERIFICACIÓN
BASE	0.00	0.00	0.0000	-	-
1	5.33	249.91	0.0469	0.007	<b>NO CUMPLE</b>
2	8.58	307.04	0.0067	0.007	<b>CUMPLE</b>
3	12.20	328.11	0.0017	0.007	<b>CUMPLE</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.2:** Derivas de Entrepiso en la dirección X – Derecha.

NIVEL	ALTURA (m)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DERIVA	E.030	VERIFICACIÓN
BASE	0.00	0.00	0.0000	-	-
1	5.33	222.59	0.0418	0.007	<b>NO CUMPLE</b>
2	8.58	273.66	0.0060	0.007	<b>CUMPLE</b>
3	12.20	293.16	0.0016	0.007	<b>CUMPLE</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.3:** Derivas de Entrepiso en la dirección Y – Izquierda.

NIVEL	ALTURA (m)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DERIVA	E.030	VERIFICACIÓN
BASE	0.00	0.00	0.0000	-	-
1	5.33	69.85	0.0131	0.007	<b>NO CUMPLE</b>
2	8.58	90.50	0.0024	0.007	<b>CUMPLE</b>
3	12.20	100.43	0.0008	0.007	<b>CUMPLE</b>

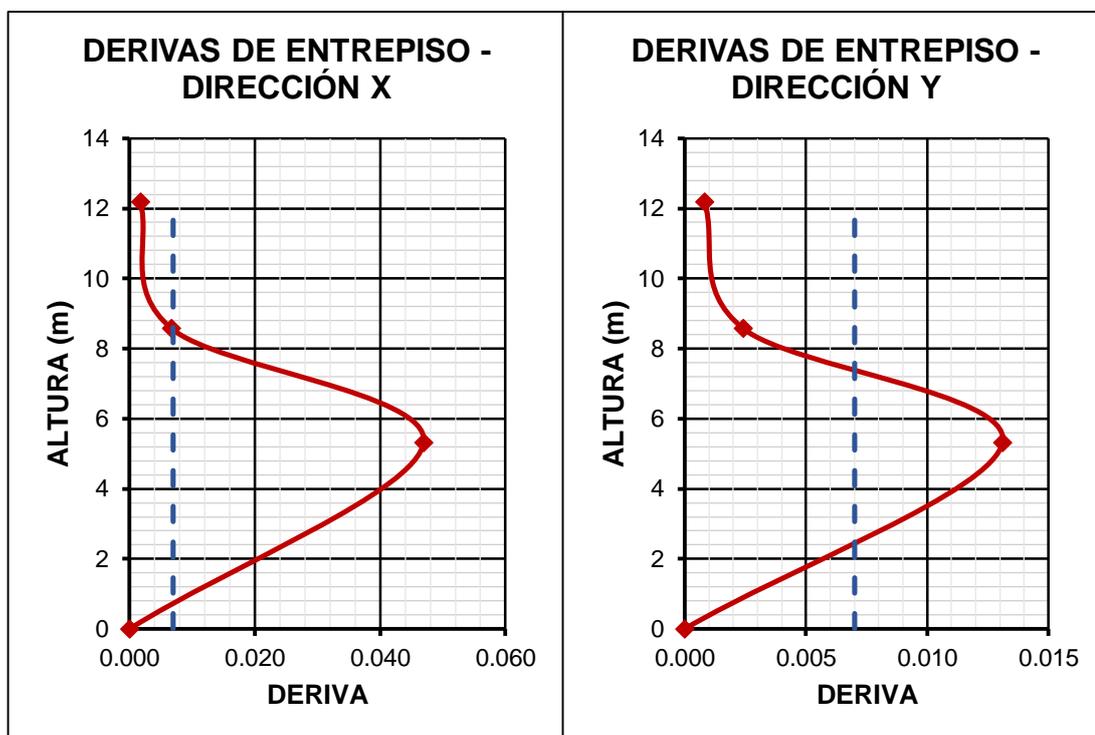
Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.4:** Derivas de Entrepiso en la dirección Y – Derecha.

NIVEL	ALTURA (m)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DERIVA	E.030	VERIFICACIÓN
BASE	0.00	0.00	0.0000	-	-
1	5.33	62.24	0.0117	0.007	<b>NO CUMPLE</b>
2	8.58	80.93	0.0022	0.007	<b>CUMPLE</b>
3	12.20	89.86	0.0007	0.007	<b>CUMPLE</b>

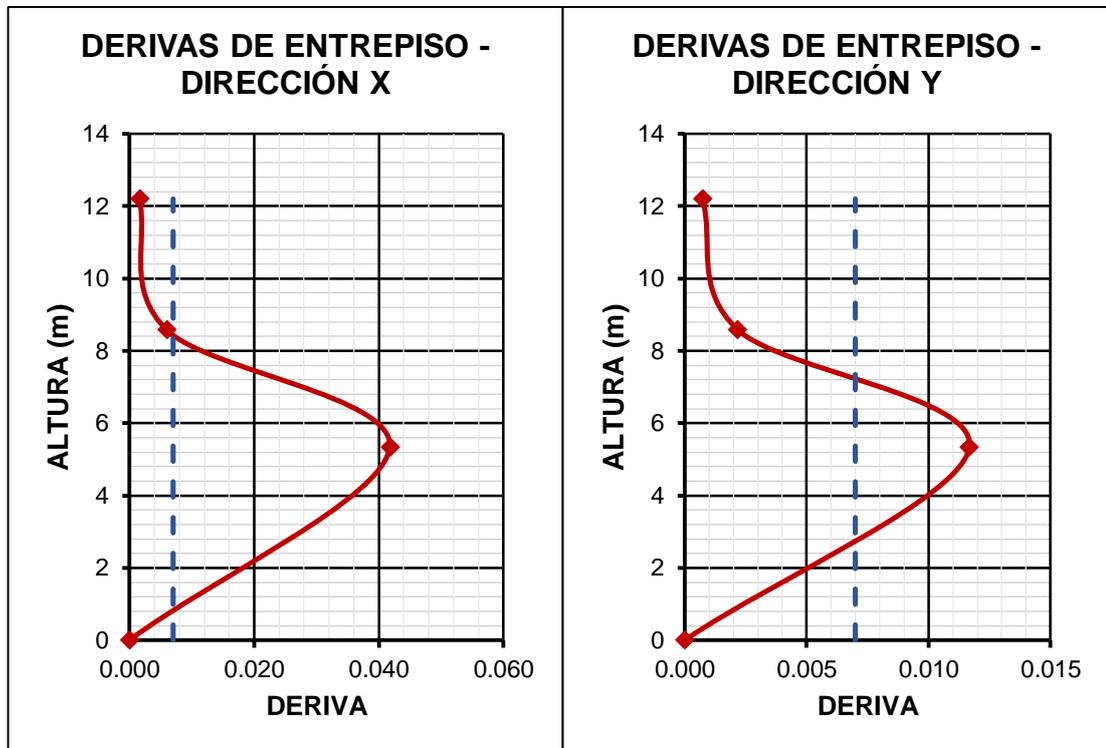
Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 4.1:** Derivas de Entrepiso - Izquierda.



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 4.2: Derivas de Entrepiso - Derecha.



Fuente: *Elaboración Propia.*

### b. Junta Sísmica

Se determinó el espesor de la junta sísmica la cual debe ser comparada con lo normado en la E.030 “Diseño Sismorresistente”, 2016. El resultado es:

Tabla 4.5: *Espesor de Junta Sísmica.*

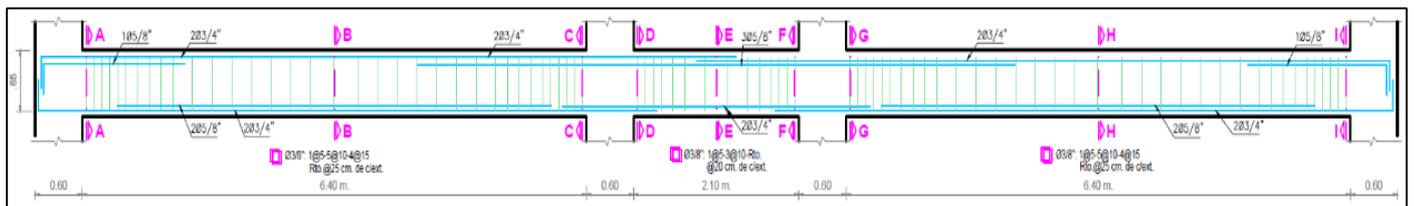
Junta Existente (cm)	Mínimo (cm)	Evaluación
5.00	6.70	<b>NO CUMPLE</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

### c. Comportamiento de Vigas

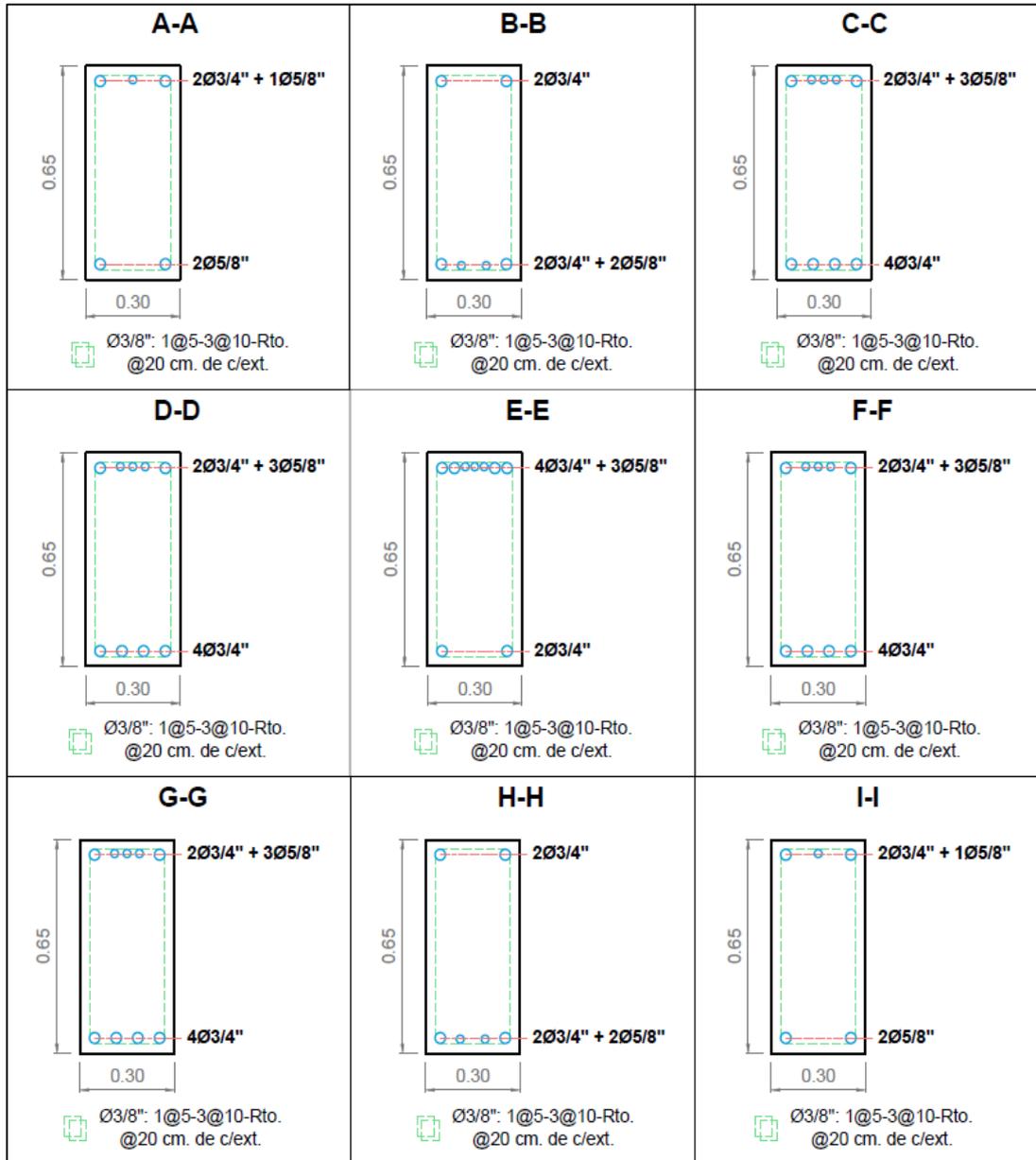
Para determinar el comportamiento de vigas se evaluaron los Momentos Resistentes y Momentos Actuantes. Para los Momentos Resistentes se utilizaron las ecuaciones correspondientes descritas en el capítulo anterior, mientras que para los Momentos Actuantes se utilizó el análisis estructural realizado en el programa SAP2000 v14.

Figura 4.3: Ejemplo de Corte Longitudinal de Vigas.



Fuente: Oficina General de Servicio y Gestión Ambiental, UNC, 2017.

Figura 4.4: Ejemplo de Cortes Transversales de Vigas.



Fuente: Oficina General de Servicio y Gestión Ambiental, UNC, 2017.

**i. Primer Nivel**

▪ **Vigas Principales – Izquierda**

**Tabla 4.6:** *Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-1, eje A-A.*

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
M <sub>n</sub> (Resistente, Tn-m)	-16.85	20.97	-25.12	-25.12	-36.72	-25.12	-25.12	20.97	-16.85
M <sub>n</sub> (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-18.78	11.47	-19.46	-6.21	-4.50	-12.78	-28.29	16.52	-24.04
M <sub>n</sub> (Actuante con Sismo, Tn-m)	-34.60	12.15	-31.86	-28.13	-7.54	-33.18	-38.39	16.52	-38.39

Fuente: *Elaboración propia.*

▪ **Vigas Principales – Derecha**

**Tabla 4.7:** *Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-1, eje G-G.*

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
M <sub>n</sub> (Resistente, Tn-m)	-26.06	30.15	-42.90	-42.90	-61.81	-42.90	-42.90	30.15	-26.06
M <sub>n</sub> (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-34.66	22.83	-39.04	-16.26	-7.03	-15.84	-39.97	22.80	-34.80
M <sub>n</sub> (Actuante con Sismo, Tn-m)	-45.39	22.83	-45.80	-34.28	-9.30	-33.97	-45.75	22.80	-45.48

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Vigas Secundarias – Izquierda**

**Tabla 4.8:** Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-2, eje 2-2.

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$M_n$ (Resistente, Tn-m)	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77
$M_n$ (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-0.99	0.54	-0.55	-0.80	0.46	-0.91	-0.92	0.46	-0.78	-0.47	0.54	-1.08
$M_n$ (Actuante con Sismo, Tn-m)	-23.90	2.49	-19.58	-16.72	0.74	-17.48	-17.48	0.74	-16.70	-19.56	2.48	-24.01

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Vigas Secundarias – Derecha**

**Tabla 4.9:** Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-2, eje 2-2.

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
$M_n$ (Resistente, Tn-m)	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-12.83
$M_n$ (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-1.23	0.54	-0.32	-0.72	0.47	-0.97	-1.02	0.51	-0.57	-0.31	0.43	-1.46	-0.99	0.48	-0.69
$M_n$ (Actuante con Sismo, Tn-m)	-21.63	2.27	-17.40	-14.90	0.71	-15.70	-15.71	1.75	-14.14	-15.62	0.68	-15.49	-17.85	2.21	-21.17

Fuente: *Elaboración propia.*

## ii. Segundo Nivel

### ▪ Vigas Principales – Izquierda

**Tabla 4.10:** Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-2, eje A-A.

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
M <sub>n</sub> (Resistente, Tn-m)	-18.72	23.3	-27.91	-27.91	-40.8	-27.91	-27.91	23.3	-18.72
M <sub>n</sub> (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-26.38	16.72	-28.93	-10.62	-3.86	-4.02	-15.34	8.84	-16.35
M <sub>n</sub> (Actuante con Sismo, Tn-m)	-33.21	16.72	-34.68	-22.44	-5.44	-17.29	-23.78	8.86	-25.08

Fuente: *Elaboración propia.*

### ▪ Vigas Principales – Derecha

**Tabla 4.11:** Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-2, eje K-K.

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
M <sub>n</sub> (Resistente, Tn-m)	-18.72	23.3	-27.91	-27.91	-40.8	-27.91	-27.91	23.3	-18.72
M <sub>n</sub> (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-20.06	12.62	-21.49	-7.77	-3.1	-5.36	-14.09	8.21	-13.86
M <sub>n</sub> (Actuante con Sismo, Tn-m)	-28.48	12.62	-29.15	-20.41	-4.87	-18.26	-22.55	8.21	-22.95

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Vigas Secundarias – Izquierda**

**Tabla 4.12:** *Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-3, eje 3-3.*

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
M <sub>n</sub> (Resistente, Tn-m)	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77
M <sub>n</sub> (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-1.38	0.48	-0.28	-0.72	0.49	-0.93	-0.84	0.47	-0.86	-0.42	0.52	-1.17
M <sub>n</sub> (Actuante con Sismo, Tn-m)	-8.93	0.78	-7.39	-7.28	0.49	-7.37	-7.23	0.47	-7.30	-7.37	0.81	-8.66

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Vigas Secundarias – Derecha**

**Tabla 4.13:** *Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-3, eje 3-3.*

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
M <sub>n</sub> (Resistente, Tn-m)	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-9.77	-9.77	9.77	-12.83
M <sub>n</sub> (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-1.48	0.53	-0.10	-0.68	0.49	-0.98	-1.05	0.51	-0.54	-0.20	0.45	-1.54	-0.79	0.43	-0.99
M <sub>n</sub> (Actuante con Sismo, Tn-m)	-8.14	0.75	-6.60	-6.65	0.49	-6.89	-6.69	0.96	-5.81	-6.50	0.45	-7.35	-7.06	0.70	-7.87

Fuente: *Elaboración propia.*

### iii. Tercer Nivel

- **Vigas Principales – Izquierda**

**Tabla 4.14:** Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-3, eje B-B.

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
M <sub>n</sub> (Resistente, Tn-m)	-8.27	8.27	-15.95	-15.95	15.96	-15.95	-15.95	8.27	-8.27
M <sub>n</sub> (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-3.74	0.86	-1.80	0.38	0.86	0.34	-1.72	0.85	-3.79
M <sub>n</sub> (Actuante con Sismo, Tn-m)	-5.87	0.95	-4.05	-0.31	0.86	-0.31	-4.01	0.95	-5.89

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Vigas Principales – Derecha**

**Tabla 4.15:** Momento Nominal Resistente y Actuante en VP-3, eje G-G.

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I
M <sub>n</sub> (Resistente, Tn-m)	-8.27	12.02	-15.96	-15.96	15.96	-15.96	-15.96	12.02	-8.27
M <sub>n</sub> (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-3.84	1.08	-1.42	-0.77	0.37	-0.49	-1.36	1.07	-3.94
M <sub>n</sub> (Actuante con Sismo, Tn-m)	-5.43	1.38	-2.55	-2.55	0.41	-2.35	-2.51	1.37	-5.50

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Vigas Secundarias – Izquierda**

**Tabla 4.16:** *Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-2, eje 2-2.*

SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$M_n$ (Resistente, Tn-m)	-6.68	6.68	-12.83	-12.83	6.70	-6.70	-12.83	6.68	-6.70	-6.70	6.68	-6.68
$M_n$ (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-0.77	0.63	-0.65	-0.75	0.43	0.92	-0.95	0.48	-0.73	-0.13	0.41	-1.69
$M_n$ (Actuante con Sismo, Tn-m)	-2.64	0.90	-1.91	-1.63	0.51	-1.58	-1.59	0.48	-1.46	-0.60	0.48	-1.69

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Vigas Secundarias – Derecha**

**Tabla 4.17:** *Momento Nominal Resistente y Actuante en VS-3, eje 3-3.*

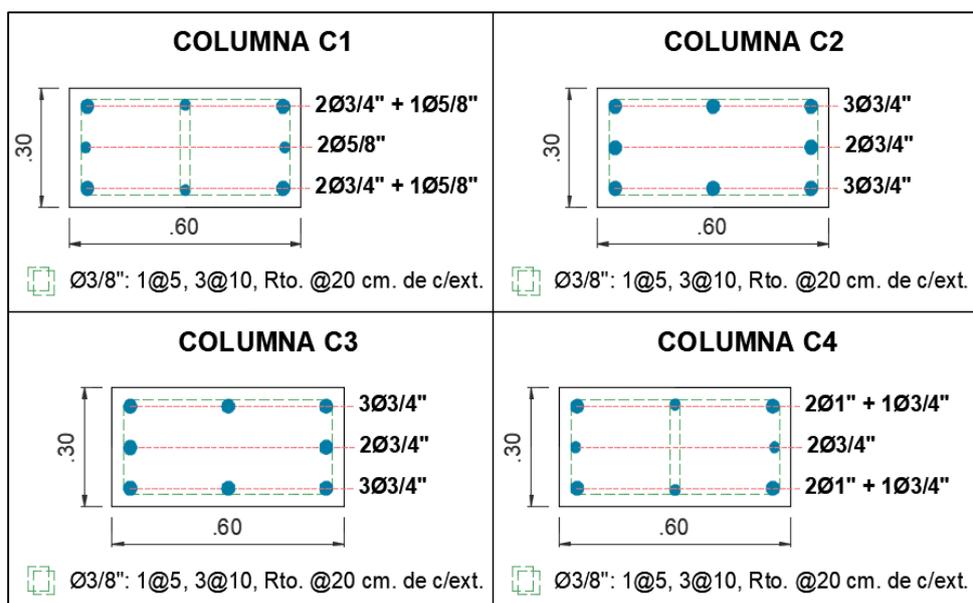
SECCIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
$M_n$ (Resistente, Tn-m)	-6.68	6.68	-6.70	-6.70	6.70	-6.68	-6.68	6.68	-12.83	-6.70	6.70	-6.70	-6.70	6.68	-6.68
$M_n$ (Actuante sin Sismo, Tn-m)	-1.90	0.46	0.20	-0.79	0.46	-0.91	-0.98	0.49	-0.66	0.05	0.39	-1.37	-0.99	0.53	-0.62
$M_n$ (Actuante con Sismo, Tn-m)	-1.90	0.46	-0.32	-1.16	0.46	-1.25	-1.26	0.49	-0.94	-1.01	0.55	-1.95	-2.11	0.80	-2.41

Fuente: *Elaboración propia.*

**d. Comportamiento de Columnas**

Para evaluar el comportamiento de las columnas del edificio se determinó la cantidad de acero existente en la sección y la cantidad de acero necesario en la misma.

Figura 4.5: Secciones Transversales de Columnas.



Fuente: Oficina General de Servicio y Gestión Ambiental, UNC, 2017.

i. Primer Nivel

Tabla 4.18: Acero Existente y Acero Necesario en Columnas – Primer Nivel.

TIPO	C - 1								
	EJE	1 - A	4 - A	1 - E	4 - E	1 - F	4 - F	1 - K	4 - K
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )		19.32	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )		18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )		133.70	140.06	134.30	139.30	115.80	120.32	113.88	116.52

TIPO	C - 2								
	EJE	2 - A	3 - A	2 - E	3 - E	2 - F	3 - F	2 - K	3 - K
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )		22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )		18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )		143.70	139.45	144.75	139.98	126.80	123.45	122.60	119.94

TIPO	C - 3													
EJE	1 - B	4 - B	1 - C	4 - C	1 - D	4 - D	1 - G	4 - G	1 - H	4 - H	1 - I	4 - I	1 - J	4 - J
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )	151.94	161.94	148.51	159.39	151.96	162.41	129.94	138.78	133.19	134.84	131.86	134.05	124.65	129.18

TIPO	C - 4													
EJE	2 - B	3 - B	2 - C	3 - C	2 - D	3 - D	2 - G	3 - G	2 - H	3 - H	2 - I	3 - I	2 - J	3 - J
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )	164.92	157.57	162.93	155.29	165.72	158.26	142.48	135.77	138.41	131.69	137.56	130.98	133.42	129.82

Fuente: *Elaboración propia.*

## ii. Segundo Nivel

**Tabla 4.19: Acero Existente y Acero Necesario en Columnas – Segundo Nivel.**

TIPO	C - 1							
EJE	1 - A	4 - A	1 - E	4 - E	1 - F	4 - F	1 - K	4 - K
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )	30.44	26.17	27.15	27.97	20.17	20.52	20.06	18.00

TIPO	C - 2							
EJE	2 - A	3 - A	2 - E	3 - E	2 - F	3 - F	2 - K	3 - K
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00

Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )	32.85	30.77	31.63	32.58	27.16	27.49	25.46	23.07
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

TIPO	C - 3													
EJE	1 - B	4 - B	1 - C	4 - C	1 - D	4 - D	1 - G	4 - G	1 - H	4 - H	1 - I	4 - I	1 - J	4 - J
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )	50.54	50.33	48.56	48.33	49.97	48.19	44.08	44.73	41.56	41.86	42.61	42.41	32.66	32.63

TIPO	C - 4													
EJE	2 - B	3 - B	2 - C	3 - C	2 - D	3 - D	2 - G	3 - G	2 - H	3 - H	2 - I	3 - I	2 - J	3 - J
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )	53.92	54.56	52.67	53.23	54.83	53.48	46.77	47.40	43.49	43.82	44.56	44.52	38.49	38.56

Fuente: *Elaboración propia.*

### iii. Tercer Nivel

**Tabla 4.20:** *Acero Existente y Acero Necesario en Columnas – Tercer Nivel.*

TIPO	C - 1							
EJE	1 - A	4 - A	1 - E	4 - E	1 - F	4 - F	1 - K	4 - K
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32	19.32
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00

TIPO	C - 2							
EJE	2 - A	3 - A	2 - E	3 - E	2 - F	3 - F	2 - K	3 - K
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00

TIPO	C - 3													
EJE	1 - B	4 - B	1 - C	4 - B	1 - D	4 - D	1 - G	4 - G	1 - H	4 - H	1 - I	4 - I	1 - J	4 - J
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72	22.72
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00

TIPO	C - 4													
EJE	2 - B	3 - B	2 - C	3 - C	2 - D	3 - D	2 - G	3 - G	2 - H	3 - H	2 - I	3 - I	2 - J	3 - J
Acero Existente (cm <sup>2</sup> )	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76
Acero Necesario sin sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Acero Necesario con sismo (cm <sup>2</sup> )	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00

Fuente: *Elaboración propia.*

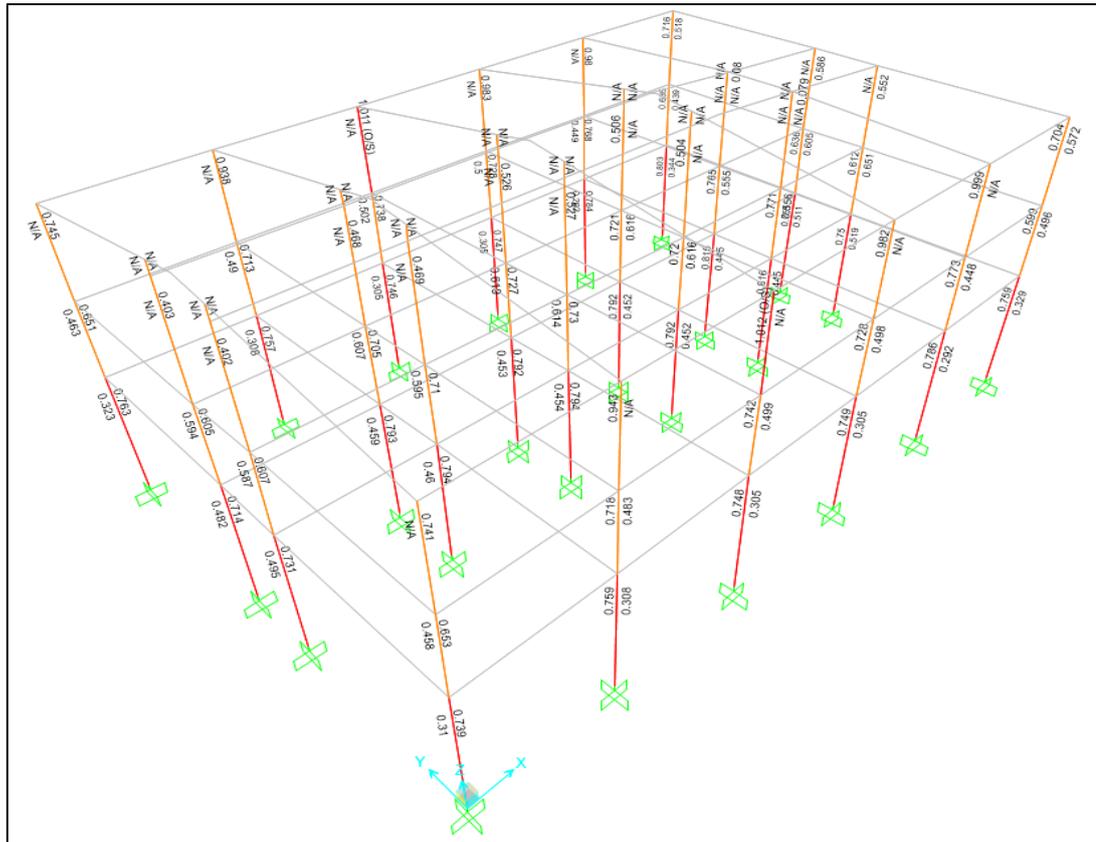
### e. Tipo de Falla

Para determinar si el tipo de falla de la edificación es frágil o dúctil, se debe evaluar qué elementos estructurales son los que fallan primero (Gonzales, 2017).

El análisis del tipo de falla se ha realizado con el uso del programa SAP 2000 v14, el cual hace la verificación de la resistencia mínima de las columnas.



Figura 4.7: Mecanismo de Falla del edificio – Derecha.



Fuente: *Elaboración propia.*

La dirección en que se produce el mayor daño en las columnas debido a momento flexionante causado por sismo se puede evaluar determinando el Momento de Inercia y el Módulo de Sección de las mismas.

Tabla 4.21: Momento de Inercia y Módulo de Sección de Columnas.

Tipo	B (cm)	H (cm)	$I_{xx}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_{yy}$ (cm <sup>4</sup> )	$Z_x$ (cm <sup>4</sup> )	$Z_y$ (cm <sup>4</sup> )
C-1	30.00	60.00	540000.00	135000.00	18000.00	9000.00
C-2	30.00	60.00	540000.00	135000.00	18000.00	9000.00
C-3	30.00	60.00	540000.00	135000.00	18000.00	9000.00
C-4	30.00	60.00	540000.00	135000.00	18000.00	9000.00

Fuente: *Elaboración propia.*

## f. Falla por Columna Corta

Para la evaluación del efecto de columna corta en el edificio se determinó la relación de rigidez entre la columna total y la columna corta.

### i. Primer Nivel

**Tabla 4.22:** Relación de Rigidez de Columna Corta y Columna Total – Primer Nivel.

Eje	Tramo	L <sub>CT</sub> (m)	L <sub>CC</sub> (m)	I <sub>xx</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>yy</sub> (m <sup>4</sup> )	Longitud Total		Longitud Corta		Relación de K	
						K <sub>XLT</sub> (Tn/m)	K <sub>YLT</sub> (Tn/m)	K <sub>XLC</sub> (Tn/m)	K <sub>YLC</sub> (Tn/m)	K <sub>XLC</sub> /K <sub>XLT</sub>	K <sub>YLC</sub> /K <sub>YLT</sub>
1-1	A-K	2.75	1.10	0.0054	0.00135	7521.74	1880.43	117527.12	29381.78	15.63	15.63
2-2	A-K	2.75	2.20	0.0054	0.00135	7521.74	1880.43	14690.89	3672.72	1.95	1.95
3-3	A-K	2.75	2.20	0.0054	0.00135	7521.74	1880.43	14690.89	3672.72	1.95	1.95
4-4	A-K	2.75	1.10	0.0054	0.00135	7521.74	1880.43	117527.12	29381.78	15.63	15.63
A-A	2-3	2.60	1.10	0.0054	0.00135	8900.12	2225.03	117527.12	29381.78	13.21	13.21

Fuente: *Elaboración propia.*

### ii. Segundo Nivel

### iii.

**Tabla 4.23:** Relación de Rigidez de Columna Corta y Columna Total – Segundo Nivel.

Eje	Tramo	L <sub>CT</sub> (m)	L <sub>CC</sub> (m)	I <sub>xx</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>yy</sub> (m <sup>4</sup> )	Longitud Total		Longitud Corta		Relación de K	
						K <sub>XLT</sub> (Tn/m)	K <sub>YLT</sub> (Tn/m)	K <sub>XLC</sub> (Tn/m)	K <sub>YLC</sub> (Tn/m)	K <sub>XLC</sub> /K <sub>XLT</sub>	K <sub>YLC</sub> /K <sub>YLT</sub>
1-1	A-K	2.75	1.10	0.0054	0.00135	7521.74	1880.43	117527.12	29381.78	15.63	15.63
2-2	A-K	2.75	2.20	0.0054	0.00135	7521.74	1880.43	14690.89	3672.72	1.95	1.95
3-3	A-K	2.75	2.20	0.0054	0.00135	7521.74	1880.43	14690.89	3672.72	1.95	1.95
4-4	A-K	2.75	1.10	0.0054	0.00135	7521.74	1880.43	117527.12	29381.78	15.63	15.63
A-A	2-3	2.60	1.10	0.0054	0.00135	8900.12	2225.03	117527.12	29381.78	13.21	13.21

K-K	2-3	2.60	1.10	0.0054	0.00135	8900.12	2225.03	117527.12	29381.78	13.21	13.21
-----	-----	------	------	--------	---------	---------	---------	-----------	----------	-------	-------

Fuente: *Elaboración propia.*

#### iv. Tercer Nivel

**Tabla 4.24:** *Relación de Rigidez de Columna Corta y Columna Total – Tercer Nivel.*

Eje	Tramo	L <sub>CT</sub> (m)	L <sub>CC</sub> (m)	I <sub>xx</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>yy</sub> (m <sup>4</sup> )	Longitud Total		Longitud Corta		Relación de K	
						K <sub>XLT</sub>	K <sub>YLT</sub>	K <sub>XLC</sub>	K <sub>YLC</sub>	K <sub>XLC</sub> /K <sub>XLT</sub>	K <sub>YLC</sub> /K <sub>YLT</sub>
						(Tn/m)	(Tn/m)	(Tn/m)	(Tn/m)		
1-1	A-K	3.00	1.10	0.0054	0.00135	5793.65	1448.41	117527.12	29381.78	20.29	20.29
2-2	A-K	2.75	2.20	0.0054	0.00135	7521.74	1880.43	14690.89	3672.72	1.95	1.95
3-3	A-K	2.75	2.20	0.0054	0.00135	7521.74	1880.43	14690.89	3672.72	1.95	1.95
4-4	A-K	3.00	1.10	0.0054	0.00135	5793.65	1448.41	117527.12	29381.78	20.29	20.29
A-A	2-3	3.00	1.10	0.0054	0.00135	5793.65	1448.41	117527.12	29381.78	20.29	20.29
K-K	2-3	3.00	1.10	0.0054	0.00135	5793.65	1448.41	117527.12	29381.78	20.29	20.29

Fuente: *Elaboración propia.*

#### 4.5.1.2 ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO

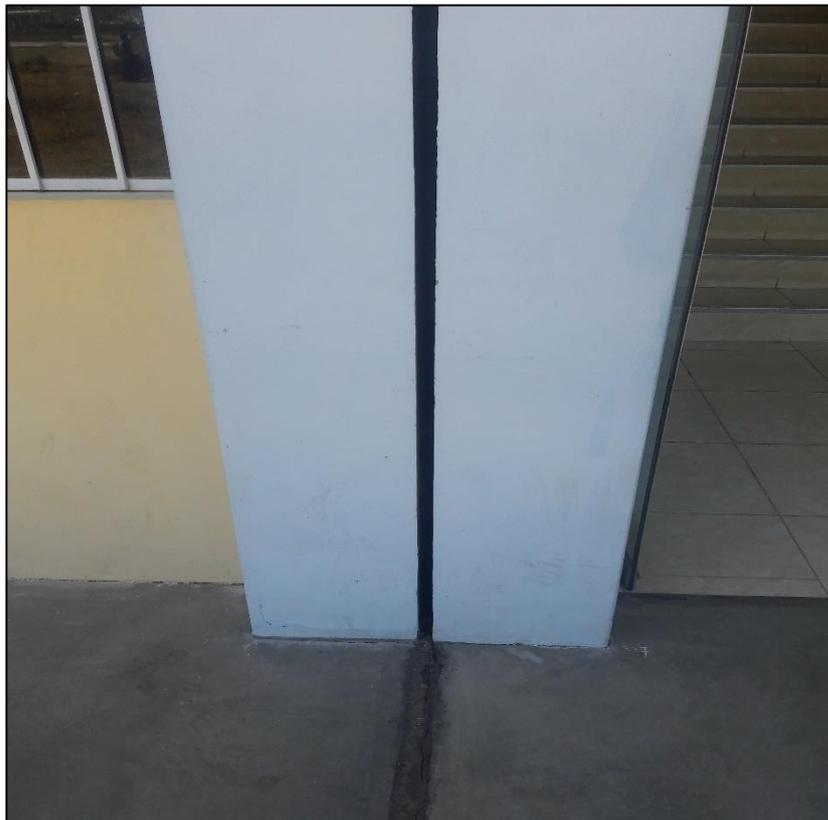
Mediante la observación del edificio se evaluó el estado actual del edificio. Se observó que el edificio se encuentra en buenas condiciones, no presenta fisuras, grietas ni asentamientos; esto debido a que tiene menos de 05 años de funcionamiento.

A continuación, se muestran algunas fotografías tomadas en el mes de septiembre de 2017, las cuales corroboran lo dicho anteriormente:

**Figura 4.8:** *Vista de la Fachada Principal.*



**Figura 4.9:** *Vista de la Junta Sísmica.*



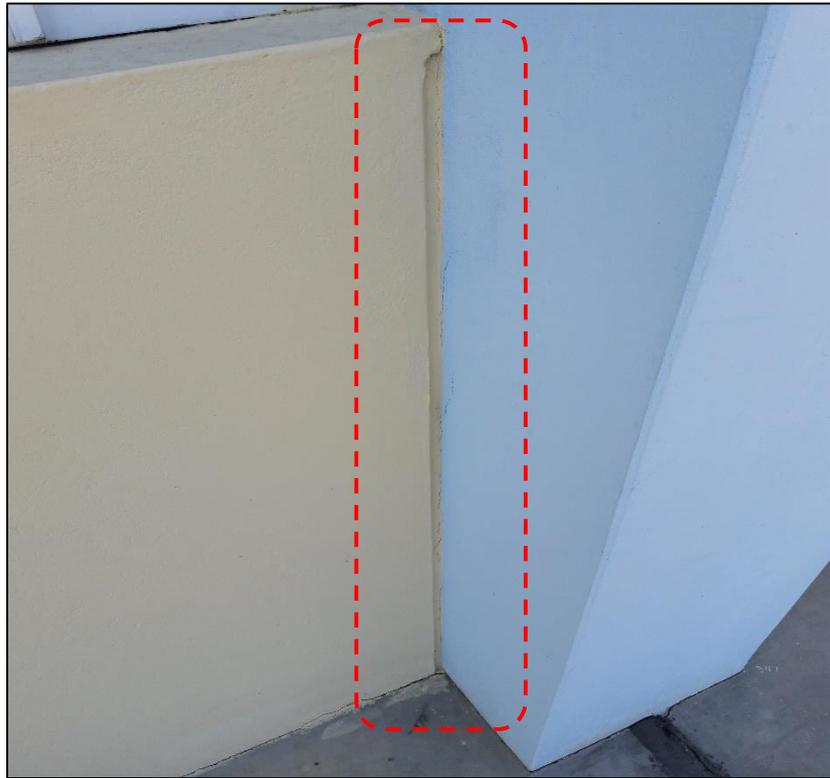
**Figura 4.10:** *Vista de Deflexiones en Ventanas.*



**Figura 4.11:** *Vista de Escalera.*



**Figura 4.12:** *Vista de Junta de Aislamiento de Tabiques.*



**Figura 4.13:** *Vista de Eflorescencia Secundaria en Tabiques.*



## 4.5.2 VULNERABILIDAD SÍSMICA NO ESTRUCTURAL

### 4.5.2.1 ESTABILIDAD DE TABIQUES

Se determinó la estabilidad de los tabiques comparando el Momento Actuante con el Momento Resistente del mismo.

#### a. Periodo de Vibración de la Estructura

Del modelo estructural en el programa SAP2000 v14 se determinan los tres primeros modos de vibración de la estructura, dos de los cuales son de traslación y el otro de rotación.

#### MÓDULO IZQUIERDO

- **Modo 1:** Traslacional en la dirección X.

$$T = 0.99 \text{ seg.}$$

- **Modo 2:** Rotacional en la dirección Z.

$$T = 0.58 \text{ seg.}$$

- **Modo 3:** Traslacional en la dirección Y.

$$T = 0.53 \text{ seg.}$$

#### MÓDULO DERECHO

- **Modo 1:** Traslacional en la dirección X.

$$T = 0.93 \text{ seg.}$$

- **Modo 2:** Rotacional en la dirección Z.

$$T = 0.52 \text{ seg.}$$

- **Modo 3:** Traslacional en la dirección Y.

$$T = 0.50 \text{ seg.}$$

**b. Fuerza Cortante**

**Fuerzas Sísmicas Horizontales**

Se extrajeron del modelamiento realizado en el programa SAP2000 v14.

**Tabla 4.25:** Fuerzas Cortantes en Cada Nivel – Izquierda – Dirección X.

Nivel	Caso de Carga	V <sub>x</sub> (Tn)
Segundo	Sismo X	106.38
Tercero	Sismo X	19.53

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.26:** Fuerzas Cortantes en Cada Nivel – Izquierda – Dirección Y.

Nivel	Caso de Carga	V <sub>Y</sub> (Tn)
Segundo	Sismo Y	108.25
Tercero	Sismo Y	20.71

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.27:** Fuerzas Cortantes en Cada Nivel – Derecha – Dirección X.

Nivel	Caso de Carga	V <sub>x</sub> (Tn)
Segundo	Sismo X	117.61
Tercero	Sismo X	23.78

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.28:** Fuerzas Cortantes en Cada Nivel – Derecha – Dirección Y.

Nivel	Caso de Carga	V <sub>Y</sub> (Tn)
Segundo	Sismo Y	113.04
Tercero	Sismo Y	23.75

Fuente: *Elaboración propia.*

**c. Fuerza Sísmica Horizontal de Diseño**

**i. Dirección X**

**MÓDULO IZQUIERDO**

- *Primer Nivel*

$$F = 0.315 \cdot P_e$$

- *Segundo Nivel*

$$F = 0.187 \cdot C1 \cdot P_e$$

- *Tercer Nivel*

$$F = 0.030 \cdot C1 \cdot P_e$$

**MÓDULO DERECHO**

- *Primer Nivel*

$$F = 0.315 \cdot P_e$$

- *Segundo Nivel*

$$F = 0.189 \cdot C1 \cdot P_e$$

- *Tercer Nivel*

$$F = 0.032 \cdot C1 \cdot P_e$$

ii. **Dirección Y**

**MÓDULO IZQUIERDO**

- *Primer Nivel*

$$F = 0.315 \cdot P_e$$

- *Segundo Nivel*

$$F = 0.191 \cdot C1 \cdot P_e$$

- *Tercer Nivel*

$$F = 0.032 \cdot C1 \cdot P_e$$

**MÓDULO DERECHO**

- *Primer Nivel*

$$F = 0.315 \cdot P_e$$

- *Segundo Nivel*

$$F = 0.181 \cdot C1 \cdot P_e$$

- *Tercer Nivel*

$$F = 0.032 \cdot C1 \cdot P_e$$

d. **Verificación de la Estabilidad de Tabiques**

**Tabla 4.29:** *Parámetros para diseño Sismorresistente.*

<b>Z</b>	0.35
<b>U</b>	1.5
<b>S</b>	1.2
<b>γ</b>	1.80 Tn/m <sup>2</sup>

Fuente: NTE 030 "Diseño Sismorresistente", 2016.

**Tabla 4.30:** Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Izquierda – Primer Nivel.

Tabique	m	Dimensiones			F (Tn)	Fuerza	M <sub>a</sub>	M <sub>r</sub>	Conclusión
		h (m)	L (m)	t (m)		w (Tn/m <sup>2</sup> )			
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN X</b>									
M1	0.11	2.60	6.40	0.25	2.36	0.14	0.63	0.11	Inestable
M2	0.11	3.05	1.25	0.15	0.32	0.09	0.01	0.04	Estable
M3	0.10	1.10	2.10	0.15	0.20	0.09	0.04	0.04	Estable
M4	0.10	3.05	5.65	0.15	1.47	0.09	0.26	0.04	Inestable
M5	0.10	3.05	6.70	0.25	2.90	0.14	0.67	0.11	Inestable
M6	0.10	3.05	6.00	0.15	1.56	0.09	0.31	0.04	Inestable
M7	0.13	0.30	6.40	0.25	0.27	0.14	0.73	0.11	Inestable
M8	0.08	2.30	1.60	0.25	0.52	0.14	0.03	0.11	Estable
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN Y</b>									
M1	0.13	1.10	4.80	0.25	0.75	0.14	0.41	0.11	Inestable
M2	0.13	0.75	2.80	0.25	0.30	0.14	0.14	0.11	Inestable
M3	0.09	2.20	3.80	0.25	1.19	0.14	0.19	0.11	Inestable
M4	0.10	2.20	4.80	0.25	1.50	0.14	0.34	0.11	Inestable
M5	0.05	2.20	2.40	0.25	0.75	0.14	0.04	0.11	Estable
M6	0.05	0.55	0.60	0.25	0.05	0.14	0.00	0.11	Estable
M7	0.11	3.05	1.20	0.15	0.31	0.09	0.01	0.04	Estable
M8	0.11	3.05	1.35	0.15	0.35	0.09	0.02	0.04	Estable
M9	0.05	3.05	2.80	0.15	0.73	0.09	0.04	0.04	Estable
M10	0.13	3.05	0.85	0.15	0.22	0.09	0.01	0.04	Estable
M11	0.07	2.20	2.80	0.25	0.87	0.14	0.07	0.11	Estable

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.31:** Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Derecha – Primer Nivel.

Tabique	m	Dimensiones			F (Tn)	Fuerza	M <sub>a</sub>	M <sub>r</sub>	Conclusión
		h (m)	L (m)	t (m)		w (Tn/m <sup>2</sup> )			
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN X</b>									
M1	0.11	2.60	6.40	0.25	2.36	0.14	0.63	0.11	Inestable
M2	0.11	3.05	1.25	0.15	0.32	0.09	0.01	0.04	Estable
M3	0.10	1.10	2.10	0.15	0.20	0.09	0.04	0.04	Estable
M4	0.10	3.05	5.65	0.15	1.47	0.09	0.26	0.04	Inestable
M5	0.10	3.05	6.70	0.25	2.90	0.14	0.67	0.11	Inestable
M6	0.10	3.05	6.00	0.15	1.56	0.09	0.31	0.04	Inestable
M7	0.13	0.30	6.40	0.25	0.27	0.14	0.73	0.11	Inestable
M8	0.08	2.30	1.60	0.25	0.52	0.14	0.03	0.11	Estable
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN Y</b>									
M1	0.13	1.10	4.80	0.25	0.75	0.14	0.41	0.11	Inestable
M2	0.13	0.75	2.80	0.25	0.30	0.14	0.14	0.11	Inestable
M3	0.09	2.20	3.80	0.25	1.19	0.14	0.19	0.11	Inestable
M4	0.10	2.20	4.80	0.25	1.50	0.14	0.34	0.11	Inestable
M5	0.05	2.20	2.40	0.25	0.75	0.14	0.04	0.11	Estable
M6	0.05	0.55	0.60	0.25	0.05	0.14	0.00	0.11	Estable
M7	0.11	3.05	1.20	0.15	0.31	0.09	0.01	0.04	Estable
M8	0.11	3.05	1.35	0.15	0.35	0.09	0.02	0.04	Estable
M9	0.05	3.05	2.80	0.15	0.73	0.09	0.04	0.04	Estable
M10	0.13	3.05	0.85	0.15	0.22	0.09	0.01	0.04	Estable
M11	0.07	2.20	2.80	0.25	0.87	0.14	0.07	0.11	Estable

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.32:** Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Izquierda –Segundo Nivel.

Tabique	Factores		Dimensiones			F (Tn)	Fuerza	M <sub>a</sub>	M <sub>r</sub>	Conclusión
	C1	m	h (m)	L (m)	t (m)		w (Tn/m <sup>2</sup> )			
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN X-X</b>										
M1	3.00	0.11	2.60	6.40	0.25	4.21	0.25	1.13	0.11	Inestable
M2	2.00	0.10	3.05	5.65	0.15	1.74	0.10	0.31	0.04	Inestable
M3	3.00	0.10	1.10	2.10	0.15	0.35	0.15	0.07	0.04	Inestable
M4	2.00	0.11	3.05	6.95	0.15	2.14	0.10	0.52	0.04	Inestable
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN Y-Y</b>										
M1	2.00	0.13	1.10	4.80	0.25	0.91	0.17	0.49	0.11	Inestable
M2	2.00	0.13	0.75	2.80	0.25	0.36	0.17	0.17	0.11	Inestable
M3	2.00	0.09	2.20	3.60	0.25	1.36	0.17	0.20	0.11	Inestable
M4	2.00	0.09	2.20	3.80	0.25	1.43	0.17	0.23	0.11	Inestable
M5	2.00	0.06	3.05	2.55	0.15	0.80	0.10	0.04	0.04	Inestable
M6	2.00	0.10	2.20	4.80	0.25	1.81	0.17	0.41	0.11	Inestable
M7	2.00	0.10	2.20	1.10	0.25	0.42	0.17	0.02	0.11	Estable
M8	2.00	0.10	2.20	1.15	0.25	0.43	0.17	0.02	0.11	Estable
M9	2.00	0.05	2.20	2.40	0.25	0.91	0.17	0.05	0.11	Estable
M10	2.00	0.05	0.55	0.60	0.25	0.06	0.17	0.00	0.11	Estable

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.33:** Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Derecha –Segundo Nivel.

Tabique	Factores		Dimensiones			F (Tn)	Fuerza	M <sub>a</sub>	M <sub>r</sub>	Conclusión
	C1	m	h (m)	L (m)	t (m)		w (Tn/m <sup>2</sup> )			
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN X-X</b>										
M1	3.00	0.11	2.60	6.40	0.25	4.24	0.25	1.14	0.11	Inestable
M2	2.00	0.10	3.05	5.65	0.15	1.76	0.10	0.31	0.04	Inestable
M3	3.00	0.10	1.10	2.10	0.15	0.35	0.15	0.07	0.04	Inestable

M4	2.00	0.11	3.05	6.95	0.15	2.16	0.10	0.52	0.04	Inestable
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN Y-Y</b>										
M1	2.00	0.13	1.10	4.80	0.25	0.86	0.16	0.47	0.11	Inestable
M2	2.00	0.13	0.75	2.80	0.25	0.34	0.16	0.16	0.11	Inestable
M3	2.00	0.09	2.20	3.60	0.25	1.29	0.16	0.19	0.11	Inestable
M4	2.00	0.09	2.20	3.80	0.25	1.36	0.16	0.22	0.11	Inestable
M5	2.00	0.06	3.05	2.55	0.15	0.76	0.10	0.04	0.04	Inestable
M6	2.00	0.10	2.20	4.80	0.25	1.72	0.16	0.39	0.11	Inestable
M7	2.00	0.10	2.20	1.10	0.25	0.40	0.16	0.02	0.11	Estable
M8	2.00	0.10	2.20	1.15	0.25	0.41	0.16	0.02	0.11	Estable
M9	2.00	0.05	2.20	2.40	0.25	0.86	0.16	0.05	0.11	Estable
M10	2.00	0.05	0.55	0.60	0.25	0.05	0.16	0.00	0.11	Estable

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.34:** Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Izquierda –Tercer Nivel.

Tabique	Factores		Dimensiones			F (Tn)	Fuerza	M <sub>a</sub>	M <sub>r</sub>	Conclusión
	C1	m	h (m)	L (m)	t (m)		w (Tn/m <sup>2</sup> )			
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN X-X</b>										
M1	3.00	0.10	3.00	6.40	0.25	0.79	0.04	0.17	0.11	Inestable
M2	2.00	0.10	3.00	5.65	0.15	0.28	0.02	0.05	0.04	Inestable
M3	3.00	0.10	1.10	2.10	0.15	0.06	0.02	0.01	0.04	Estable
M4	2.00	0.07	3.00	2.33	0.25	0.19	0.03	0.01	0.11	Estable
M5	2.00	0.05	3.00	3.28	0.15	0.16	0.02	0.01	0.04	Estable
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN Y-Y</b>										
M1	2.00	0.13	1.10	4.80	0.25	0.15	0.03	0.08	0.11	Estable
M2	2.00	0.13	0.75	2.80	0.25	0.06	0.03	0.03	0.11	Estable
M3	2.00	0.09	2.20	3.60	0.25	0.23	0.03	0.03	0.11	Estable
M4	2.00	0.06	3.00	2.55	0.15	0.13	0.02	0.01	0.04	Estable

M5	2.00	0.10	2.20	4.80	0.25	0.31	0.03	0.07	0.11	Estable
M6	2.00	0.10	3.00	1.40	0.30	0.15	0.03	0.01	0.15	Estable
M7	2.00	0.07	3.00	2.20	0.15	0.11	0.02	0.01	0.04	Estable
M8	2.00	0.05	2.20	2.40	0.30	0.18	0.03	0.01	0.15	Estable
M9	2.00	0.07	0.80	0.60	0.30	0.02	0.03	0.00	0.15	Estable

Fuente: *Elaboración propia.*

**Tabla 4.35:** Verificación de la Estabilidad de Tabiques – Derecha – Tercer Nivel.

Tabique	Factores		Dimensiones			F (Tn)	Fuerza	M <sub>a</sub>	M <sub>r</sub>	Conclusión
	C1	m	h (m)	L (m)	t (m)		w (Tn/m <sup>2</sup> )			
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN X-X</b>										
M1	3.00	0.10	3.00	6.40	0.25	0.84	0.04	0.19	0.11	Inestable
M2	2.00	0.10	3.00	5.65	0.15	0.30	0.02	0.05	0.04	Inestable
M3	3.00	0.10	1.10	2.10	0.15	0.06	0.03	0.01	0.04	Estable
M4	2.00	0.07	3.00	2.33	0.25	0.20	0.03	0.01	0.11	Estable
M5	2.00	0.05	3.00	3.28	0.15	0.17	0.02	0.01	0.04	Estable
<b>FUERZA EN DIRECCIÓN Y-Y</b>										
M1	2.00	0.13	1.10	4.80	0.25	0.15	0.03	0.08	0.11	Estable
M2	2.00	0.13	0.75	2.80	0.25	0.06	0.03	0.03	0.11	Estable
M3	2.00	0.09	2.20	3.60	0.25	0.23	0.03	0.03	0.11	Estable
M4	2.00	0.06	3.00	2.55	0.15	0.13	0.02	0.01	0.04	Estable
M5	2.00	0.10	2.20	4.80	0.25	0.31	0.03	0.07	0.11	Estable
M6	2.00	0.10	3.00	1.40	0.30	0.15	0.03	0.01	0.15	Estable
M7	2.00	0.07	3.00	2.20	0.15	0.12	0.02	0.01	0.04	Estable
M8	2.00	0.05	2.20	2.40	0.30	0.18	0.03	0.01	0.15	Estable
M9	2.00	0.07	0.80	0.60	0.30	0.02	0.03	0.00	0.15	Estable

Fuente: *Elaboración propia.*

### 4.5.3 NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Se determina haciendo uso de las Tablas 3.2, 3.3 y 3.4; también se puede determinar con la ecuación descrita en el numeral 3.3.3. del capítulo anterior.

**Tabla 4.36:** Asignación de Valores para la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica.

Parámetro	Calificación	Valor Asignado
Comportamiento Sísmico	Inadecuado	3
Estado Actual	Buena Calidad	1
Tabiquería y Parapetos	Algunos Estables	2

Fuente: *Elaboración propia.*

$$Vulnerabilidad\ Sísmica = (0.60 \cdot 3) + (0.30 \cdot 1) + (0.10 \cdot 2)$$

$$Vulnerabilidad\ Sísmica = 2.30$$

De acuerdo a la Tabla 3.4, el edificio 2J de la Universidad Nacional de Cajamarca tiene un Nivel de Vulnerabilidad Sísmica **ALTO**.

**Tabla 4.37:** Nivel de Vulnerabilidad Sísmica del Edificio 2J.

Estructural				No estructural		Nivel de Vulnerabilidad Sísmica
Comportamiento Sísmico		Estado Actual		Tabiquería y Parapetos		
Adecuada		Buena calidad	<b>X</b>	Todos estables		<b>ALTO</b>
Aceptable		Regular calidad		Algunos estables	<b>X</b>	
Inadecuada	<b>X</b>	Mala calidad		Todos inestables		

Fuente: *Elaboración propia.*

#### 4.6 NIVEL DE PELIGRO SÍSMICO

Se determina haciendo uso de las Tablas 3.15, 3.16 y 3.17; también se puede determinar con la ecuación descrita en el numeral 3.3.4. del capítulo anterior.

**Tabla 4.38:** *Asignación de Valores para la evaluación del Peligro Sísmico.*

Parámetro	Calificación	Observación	Valor Asignado
Sismicidad	Z <sub>4</sub>	Zona de Alta Sismicidad	3
Suelo	S <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad Portante de 0.82 kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>▪ Suelo Flexible.</li> </ul>	3
Topografía y Pendiente	Plana	Pendiente menor a 15%	1

Fuente: *Elaboración propia.*

$$\text{Peligro Sísmico} = (0.40 \cdot 3) + (0.40 \cdot 3) + (0.20 \cdot 1)$$

$$\text{Peligro Sísmico} = 2.60$$

De acuerdo a la Tabla 3.17, el edificio 2J de la Universidad Nacional de Cajamarca tiene un Nivel de Peligro Sísmico **ALTO**.

**Tabla 4.39:** *Nivel de Peligro Sísmico del Edificio 2J.*

Sismicidad		Suelo		Topografía y Pendiente		Nivel de Peligro Sísmico
Baja		Rígido		Plana	X	<b>ALTO</b>
Media		Intermedio		Media		
Alta	X	Flexible	X	Pronunciada		

Fuente: *Elaboración propia.*

#### 4.7 NIVEL DE RIESGO SÍSMICO

Se determina haciendo uso de la Tabla 3.1 del capítulo anterior; también puede determinarse mediante la ecuación expuesta en el numeral 3.3.2. del mismo capítulo.

**Tabla 4.40:** Valores de las Variables para evaluar el Riesgo Sísmico.

Variable	Valor
Vulnerabilidad Sísmica	2.30
Peligro Sísmico	2.60

Fuente: *Elaboración propia.*

$$\text{Riesgo Sísmico} = (0.50 \cdot 2.30) + (0.50 \cdot 2.60)$$

$$\text{Riesgo Sísmico} = 2.45$$

De acuerdo a la Tabla 3.1, el edificio 2J de la Universidad Nacional de Cajamarca tiene un Nivel de Riesgo Sísmico **ALTO**.

**Tabla 4.41:** Nivel de Riesgo Sísmico del Edificio 2J.

Vulnerabilidad Sísmica		Peligro Sísmico		Nivel de Riesgo Sísmico
Baja		Bajo		<b>ALTO</b>
Media		Medio		
Alta	<b>X</b>	Alto	<b>X</b>	

Fuente: *Elaboración propia.*

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

##### **5.1.1 NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA**

##### **5.1.1.1 VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL**

##### **5.1.1.1.1 COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL EDIFICIO**

###### **a. Derivas de Entrepiso**

En las Tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4, se muestran los resultados del análisis de las derivas de entrepiso, observándose que éstas exceden los límites para estructuras de concreto armado de acuerdo a la norma peruana E.030 de Diseño Sismorresistente.

Se observa que las derivas de entrepiso en la dirección “X” son mayores que en la dirección “Y”, dando a entender que la dirección en la que el edificio es más vulnerable a un sismo es la dirección X.

###### **b. Junta Sísmica**

En la Tabla 4.5 se observa que la junta existente es insuficiente para que el edificio se comporte adecuadamente ante un sismo severo. Esto se debe a que el período de vibración fundamental de la estructura es alto.

###### **c. Comportamiento de Vigas**

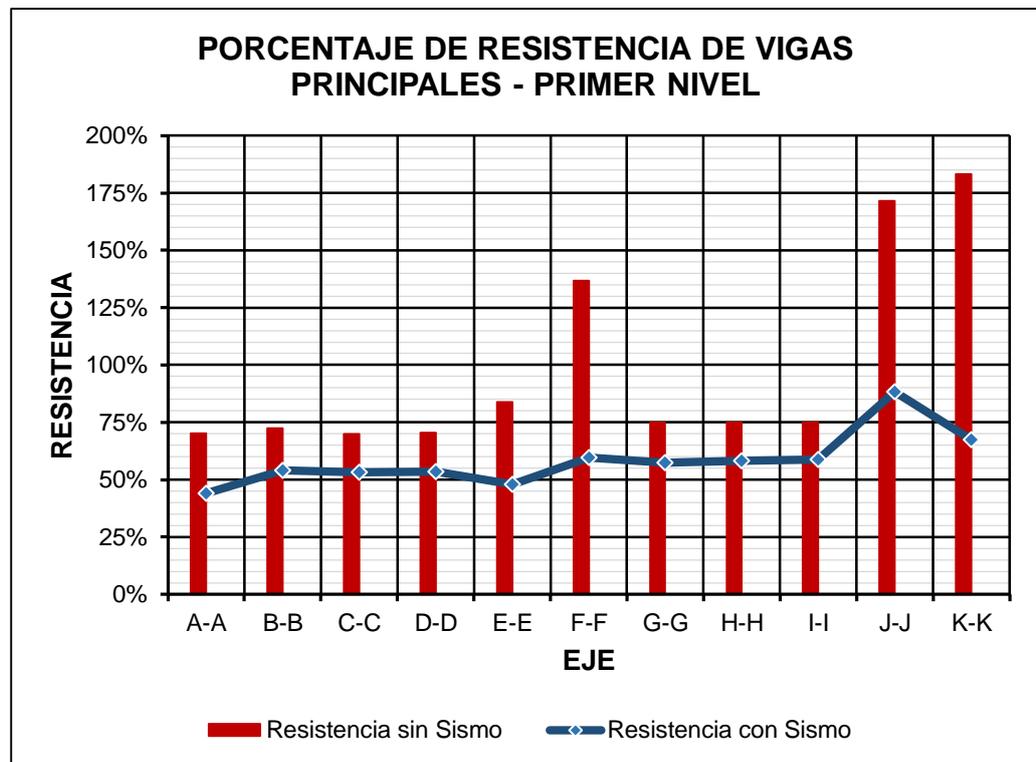
En las Tablas 4.6 a la 4.17 y en las Figuras 5.1 a la 5.6 se puede observar que las secciones de vigas principales no son las adecuadas para resistir los momentos actuantes por cargas muertas y vivas, menos aún ante la acción de la carga sísmica. En las vigas secundarias, la sección existente

es la adecuada para resistir los momentos generados por cargas muertas y vivas; no ocurre lo mismo si las vigas secundarias están expuestas a momentos generados por cargas sísmicas.

- **Vigas principales**

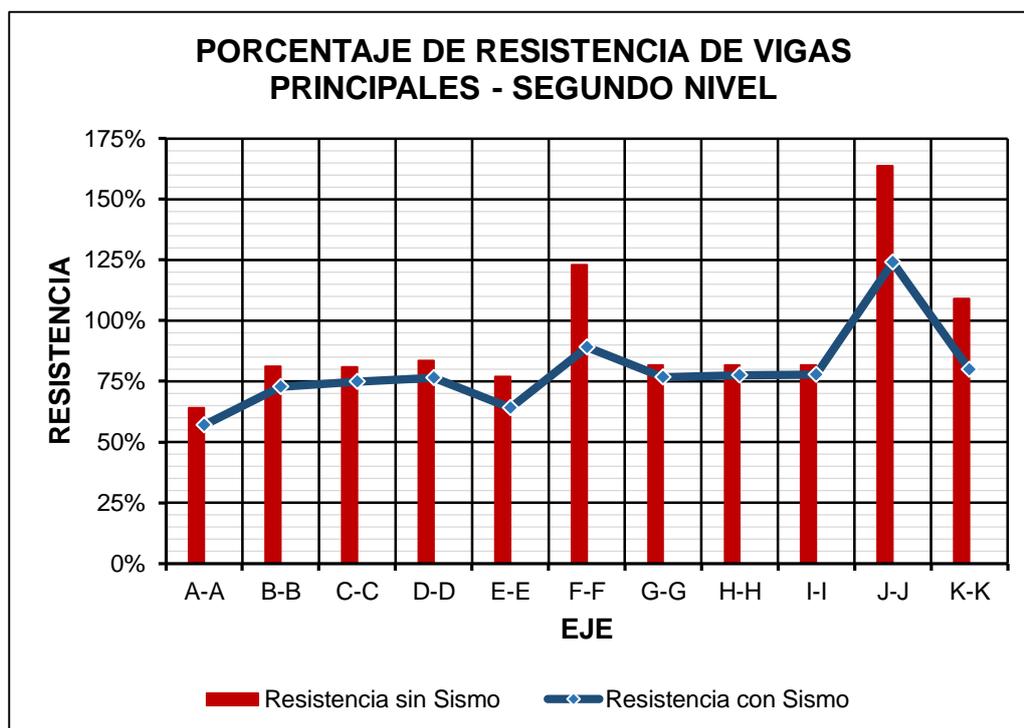
A continuación, se muestran los porcentajes de resistencia que alcanza la sección de viga principal existente ante la acción de cargas últimas y cargas sísmicas:

**Figura 5.1:** Porcentaje de Resistencia de Vigas Principales – Primer Nivel.



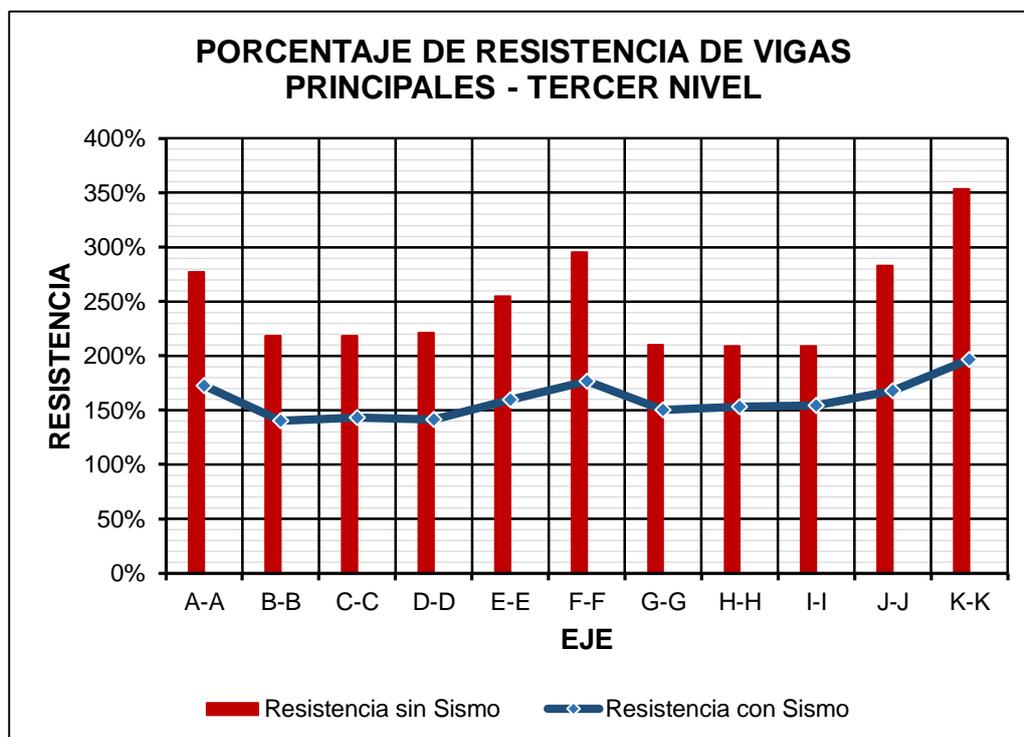
Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 5.2: Porcentaje de Resistencia de Vigas Principales – Segundo Nivel.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 5.3: Porcentaje de Resistencia de Vigas Principales – Tercer Nivel.

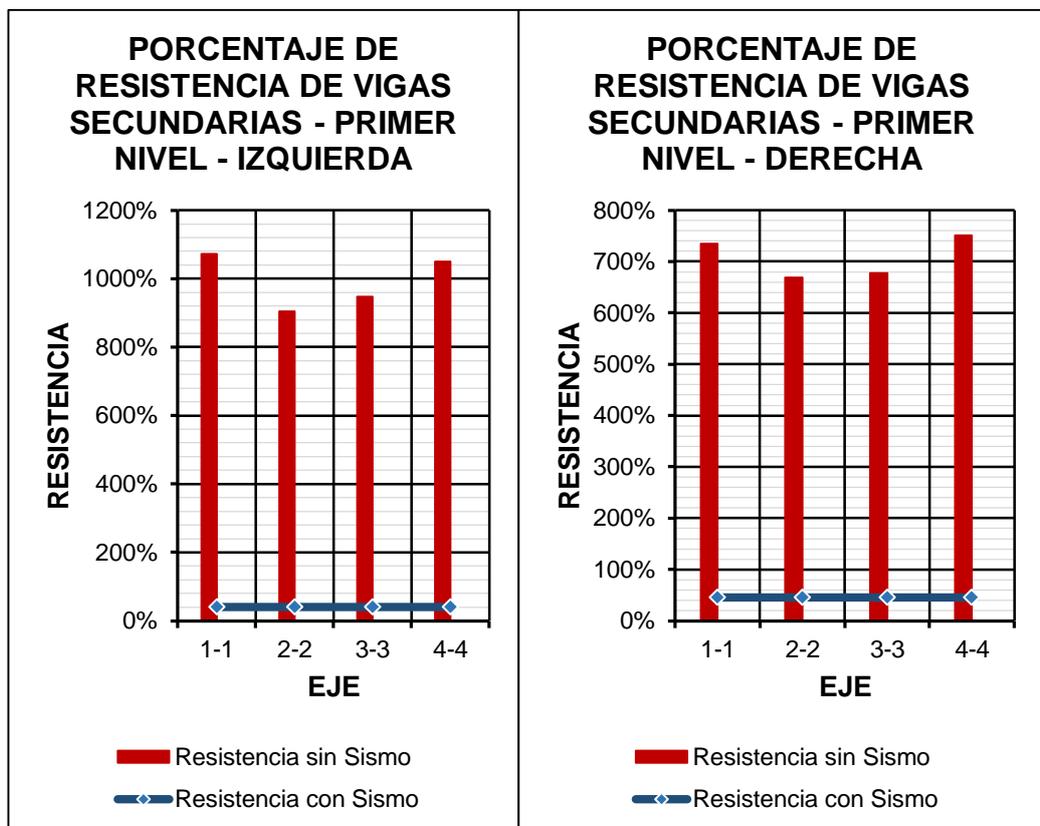


Fuente: *Elaboración Propia.*

- **Vigas secundarias**

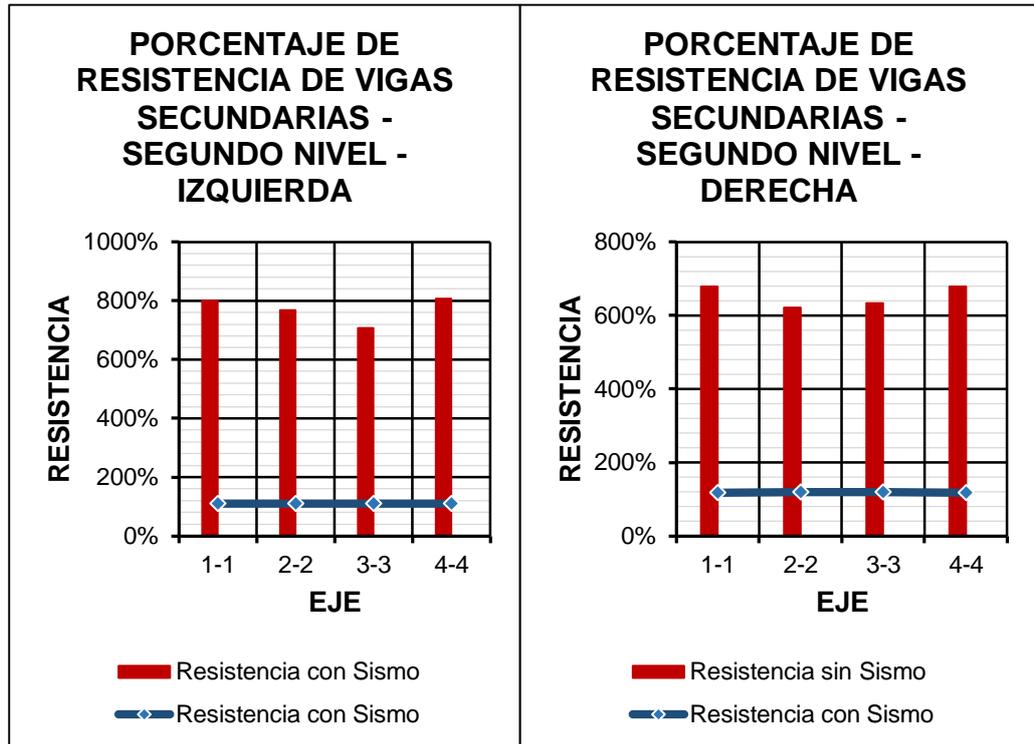
A continuación, se muestran los porcentajes de resistencia que alcanza la sección de viga secundaria existente ante la acción de cargas últimas y cargas sísmicas:

**Figura 5.4:** Porcentaje de Resistencia de Vigas Secundarias – Primer Nivel.



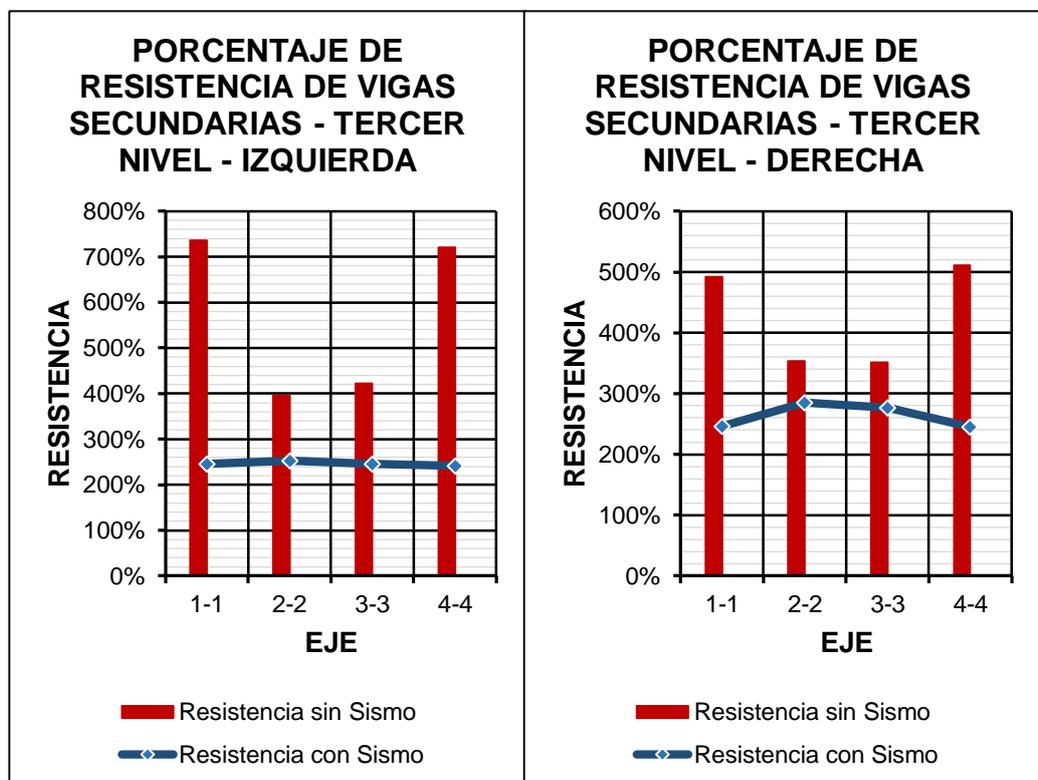
Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 5.5: Porcentaje de Resistencia de Vigas Secundarias – Segundo Nivel.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 5.6: Porcentaje de Resistencia de Vigas Secundarias – Tercer Nivel.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Las vigas principales del edificio generarían una falla dúctil ante la acción de un evento sísmico severo.

**d. Comportamiento de Columnas**

De los resultados mostrados en las Tablas 4.18, 4.19 y 4.20, se puede observar que el acero existente en las columnas es suficiente para soportar cargas vivas y muertas; sin embargo, antes cargas sísmicas el área de acero existente es insuficiente, generando que las columnas fallen ante un evento sísmico severo.

**e. Tipo de Falla**

En las Figuras 4.6 y 4.7 se puede observar que los primeros elementos en fallar son las columnas del primer nivel y algunas del segundo y tercer nivel, por lo que en la estructura se produce una falla frágil.

**f. Falla por Columnas Corta**

La evaluación de la falla por columna corta realizada en las Tablas 4.22, 4.23 y 4.24, indica que la rigidez de la columna corta es mayor que la columna con longitud total, ocasionando que éstas fallen por fuerza cortante.

A pesar que el edificio cuenta con juntas de aislamiento sísmico entre columnas y tabiques, se realizó la evaluación de falla por columna corta ya que los desplazamientos del edificio son altos y la junta de aislamiento es insuficiente para garantizar la inexistencia de este tipo de falla.

Dada la condición de columna corta, en un evento sísmico se producirán fallas importantes en la estructura, inclusive puede darse el colapso total de la edificación.

#### **5.1.1.1.2 ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO**

Luego de la evaluación visual al edificio 2J de la Universidad Nacional de Cajamarca (Ver Anexo N° 03), se concluye que el estado actual de la edificación es BUENO, ya que no presenta fallas en los elementos estructurales ni en los elementos no estructurales.

#### **5.1.1.2 VULNERABILIDAD SÍSMICA NO ESTRUCTURAL**

##### **a. Estabilidad de Tabiques**

En las Tablas 4.30 a la 4.35 se muestran los resultados de la evaluación de la estabilidad de tabiques, de donde se concluye que la mayoría de los tabiques de los niveles primero y segundo son inestables, mientras que los tabiques del tercer nivel son en su mayoría estables; todo esto ante la acción de una fuerza sísmica severa.

#### **5.1.1.3 NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA**

El valor calculado para la vulnerabilidad sísmica del edificio 2J de la Universidad Nacional de Cajamarca es de 2.30 indicando que el nivel de vulnerabilidad es **ALTO**.

Esto es la consecuencia de la evaluación estructural y no estructural del edificio.

#### **5.1.1.4 NIVEL DE PELIGRO SÍSMICO**

El valor calculado para el peligro sísmico del edificio 2J de la Universidad Nacional de Cajamarca es de 2.60 indicando el Nivel de Peligro Sísmico es **ALTO**.

Esto es la consecuencia de la evaluación de la sismicidad, suelo y topografía del lugar en donde se ubica el edificio.

#### **5.1.1.5 NIVEL DE RIESGO SÍSMICO**

El valor calculado para el riesgo sísmico del edificio 2J de la Universidad Nacional de Cajamarca es de 2.45 indicando el Nivel de Riesgo Sísmico es **ALTO**.

Esto es la consecuencia de la evaluación de la Vulnerabilidad y Peligro Sísmicos del edificio.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- a. El edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca tiene Nivel de Riesgo Sísmico **ALTO**, debido a su Nivel de Vulnerabilidad Sísmica y Peligro Sísmico ALTOS.
- b. Ante la acción de cargas sísmicas en el edificio “2J” de la Universidad Nacional de Cajamarca, se producirán derivas de entrepiso que superan el límite establecido por la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente” (2016).
- c. Las vigas de la edificación soportan las cargas últimas, pero para cargas sísmicas, las secciones son insuficientes.
- d. Las columnas soportan cargas últimas, pero no cargas sísmicas.
- e. El tipo de falla que se presenta en la edificación es la falla frágil, ya que no se cumple con la condición de Columna Fuerte – Viga Débil establecida por la Norma E.060 (2009).
- f. En el caso de un sismo se dará la falla por columna corta, ya que existe una junta de separación insuficiente entre tabique y pórtico.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- a.** Se recomienda a las autoridades de la Universidad Nacional de Cajamarca reforzar el edificio “2J” con la inclusión de muros estructurales de concreto armado en ambas direcciones, debidamente dimensionados.
  
- b.** Se recomienda a las autoridades de la Universidad Nacional de Cajamarca reforzar las columnas y vigas con el aumento de su sección y refuerzo requerido, haciendo uso de un aditivo epóxico para la unión de concretos de diferentes edades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

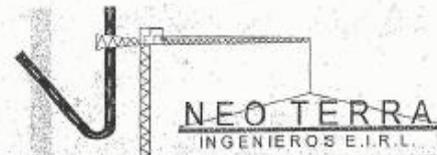
1. Bonett, R. (2003). “Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada”. Universidad politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
2. Chunque Pajares, Juan (2013). Tesis: “Nivel de Desempeño Sísmico del Edificio ‘A’ de la Universidad Privada del Norte – Sede Cajamarca”. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
3. Garzón Casares, Pablo Antonio (2011). “Evaluación de la Amenaza Sísmica de Colombia mediante análisis de valores extremos históricos”. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
4. Merino Zelada, Emilio (2013). Tesis “Desempeño Sismorresistente del Edificio 4J de la Universidad Nacional de Cajamarca”. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
5. Orrillo Rojas, Jonathan David (2014). Tesis “Desempeño Sismorresistente del Edificio 2H de la Universidad Nacional de Cajamarca”. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
6. Gonzáles Vásquez, Frank Junior (2017). Tesis “Vulnerabilidad Sísmica del Edificio 1I de la Universidad Nacional de Cajamarca”. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
7. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Decreto Supremo N° 011–2006–Vivienda (2006). RNE–“Reglamento Nacional de Edificaciones”. Lima, Perú.

8. Moreno González, Rosangel (2006). "Estudio de la Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de los Edificios de la Ciudad de Barcelona". Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
9. Mosqueira Moreno, Miguel Ángel (2013). "Riesgo sísmico en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú". Revista "Ciencia y Tecnología", Escuela de Postgrado – Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
10. Muñoz Peláez, Juan Alejandro (1999). "Ingeniería Antisísmica". Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
11. Palomino Encinas, Alex Henry (2014). Apuntes de Clase: "Diseño de Edificios de Concreto Armado con ETABS 2013". Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
12. Park Robert, Paulay Thomas y Priestley M. J. Nigel (1992). "Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings". United State.
13. Safina Melone, Salvador (2003). Tesis Doctoral: "Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico". Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

# ANEXOS

## ANEXO N° 01

### ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
Resolución de INDECOPI N° 022951-2007/OSD-INDECOPI  
Registro INDECOPI N° 00048905

### ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO:

EDIFICIO 2 J - FACULTAD DE ZOOTECNIA -  
U.N.C.

SOLICITA:

**ECONGSA.**

UBICACIÓN:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

PROVINCIA : CAJAMARCA.

DPTO. : CAJAMARCA.

ELABORADO POR:

ING. ALFREDO SIFUENTES ORTIZ.

CAJAMARCA, FEBRERO DEL 2007

## MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1.0.0 GENERALIDADES:

El estudio y proyecto de cualquier cimentación exige el conocimiento previo de las características del terreno de apoyo, la tipología de la construcción a proyectar, y el entorno donde se ubica la construcción. Para poder encontrar las características del terreno de apoyo se ha determinado mediante una serie de actividades que en su conjunto se denomina reconocimiento del terreno y cuyos resultados quedarán reflejados en el presente Informe Técnico.

El programa de estudios considera exploraciones de campo y ensayos de laboratorio, cuya cantidad a sido determinada en base a la envergadura del proyecto en término de su longitud y las condiciones del suelo.

### 1.0.1 INTRODUCCION

El presente informe Técnico, está referido a los estudios de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación para el desarrollo del proyecto: **"Edificio 2 J - Facultad de Zootecnia - U.N.C."**.

La zona del proyecto, se encuentra ubicada en la Facultad de Zootecnia (al costado de la Facultad de Medicina veterinaria) en la Universidad Nacional de Cajamarca, sito en la Av. Atahulpa S/N, Carretera Cajamarca Baños del Inca, se accede directamente por la vía indicada; se ubica a una altura promedio de 2742 m.s.n.m., presentando un clima templado con periodo de lluvias de Octubre - Abril; llegando a una precipitación promedio anual de 120 mm.; tiene una temperatura mínima de 5° C y máxima de 23°C.

El Proyecto contempla las siguientes características: La construcción de un edificio de tres niveles para aulas de; veredas perimétricas y zona de estacionamiento; todo en un espacio aproximado de 800m<sup>2</sup>; La infraestructura propone utilizar materiales modernos, contando con una estructura aporticada y muros de ladrillo cocido asentados y enlucidos con cemento.

Por lo que la obra transmitirá sus cargas al terreno mediante elementos de concreto armado y los elementos estructurales lo compone pórticos y muros de concreto armado, con distancia libre entre apoyos menor a 10.00 m. Por lo que las estructuras se clasifican desde el punto de vista de la investigación del suelo como Estructura del Tipo C.

Al momento de realizar las investigaciones de campo, se tuvo referencia de que existen estudios similares realizados con anterioridad en la zona. Para plantear las Investigaciones de Campo se tomo como referencia la Norma Peruana E050-Suelos y Cimentaciones.

La técnica o investigación de campo adoptada fue la excavación con herramientas manuales de dos calicatas o pozos a cielo abierto, según lo Estipulado en la Norma ASTM D420, empleando las técnicas de muestreo

NEO TERRA INGENIEROS E.I.R.L.  
 Alfredo Sifuentes Ortiz  
 Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz  
 C.I.P. N° 74682

señaladas en la misma; la profundidad promedio de investigación alcanzada se encuentra a 3.00 m. por debajo del nivel natural del suelo.

Los resultados, se muestran en las hojas denominadas Record de Excavación y cuadro de resultados de parámetros físicos y mecánicos deducidos para el diseño de la cimentación.

### 1.0.2 OBJETIVO.

El estudio tiene como objetivo determinar las características geotécnicas, es decir la estratigrafía, la identificación y propiedades físicas – mecánicas de los suelos para el diseño de cimentaciones estables.

El estudio en mención, en virtud de las investigaciones de Mecánica de Suelos, tiene por finalidad determinar la capacidad portante del terreno de fundación, donde se proyecta construir un conjunto de aulas pedagógicas y ambientes administrativos para la facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional de Cajamarca

El programa de trabajo realizado con este propósito ha consistido en:

- Ubicación y Excavación de Calicatas.
- Toma de Muestras Alteradas.
- Toma de muestras inalteradas.
- Ejecución de Ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los Trabajos de Campo y Laboratorio.
- Determinación de la Capacidad Portante del Terreno.
- Conclusiones y Recomendaciones.

### 2.0.0 INVESTIGACIONES REALIZADAS

La programación de estas investigaciones se hicieron teniendo en cuenta, la ubicación de las posibles obras a realizarse, de tal manera, que permita obtener una mayor información del subsuelo mediante las exploraciones de campo y ensayos de laboratorio, a fin de determinar principalmente las propiedades físico-mecánicas de los materiales que conforman el terreno de fundación

Para determinar la cantidad y profundidad de sondajes se tomó en cuenta la magnitud y complejidad del proyecto. La profundidad de los sondajes estuvo definida considerando un predimensionamiento de la cimentación y de las condiciones locales del sub suelo

#### 2.0.1 INVESTIGACIONES DE CAMPO

Estas investigaciones fueron realizadas por personal especializado bajo la supervisión del Ingeniero responsable del presente estudio y que consistió en la excavación de dos (02) pozos a cielo abierto denominadas calicatas, con profundidad promedio de 3.00 m. de forma rectangular con dimensiones de 1.50m. x 1.50m. (Según el Reglamento Nacional de Edificaciones).

Las investigaciones de campo fueron realizadas con la finalidad de obtener los parámetros de resistencia de los suelos de fundación así como el

perfil estratigráfico y para determinar el tipo de suelo del terreno de fundación, donde se proyectarán las obras.

Una vez concluida la excavación de las calicatas, se procedió a recoger muestras de cada uno de los estratos encontrados, las mismas que fueron alteradas e inalteradas.

**Muestras Alteradas:** Se tomaron muestras alteradas (disturbadas) de cada uno de los estratos encontrados, en cantidad suficiente como para su traslado al laboratorio y realizar los ensayos de clasificación, humedad y relaciones volumétricas del suelo.

**Registro de Excavaciones:** Paralelamente al muestreo, se realizó el registro de cada una de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelo encontrados tales como espesor, color, textura, humedad, plasticidad, etc.

### 2.0.2. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Las muestras extraídas son inalteradas y alteradas; representativas del lugar de los sondeos. Los métodos usados en los ensayos de laboratorio están referidos a Normas Técnicas especializadas relacionadas con los ensayos respectivos, siendo los siguientes:

#### a.- Ensayos Estándar.

- |   |             |
|---|-------------|
| - Ensayos de Contenido Natural de Humedad   | ASTM D 4643 |
| - Ensayos de Análisis Granulométrico  | ASTM D 422  |
| - Ensayos de Límites de Consistencia  | ASTM D 4318 |
| - Ensayos de Peso Específico  | ASTM D 854  |
| - Ensayos de Peso Volumétrico   | ASTM D 4253 |
| - Análisis de Capacidad Portante  | ASTM D 4254 |
| - La clasificación de suelos se realizó utilizando el método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos ( S.U.C.S ) | ASTM D 4318 |

### 3.0.0. GABINETE

El estudio de Gabinete consistió en:

- Clasificación del tipo de suelo de las calicatas.
- Elaboración de los Registros de Excavación.
- Interpretación de los resultados de los ensayos.
- Hoja de resumen.
- Determinación de la Capacidad Portante del Suelo (Por medio de Tablas y fórmulas extraídas de bibliografía especializada), dado que inicialmente se pretendió calcular la capacidad portante en base al ensayo triaxial, pero debido a que los resultados son completamente erróneos comprado con el tipo de suelo existente se descartaron y no se lo utilizó, no obstante haberse realizado este ensayo.

#### 3.01. Perfil Estratigráfico

El Perfil estratigráfico de la zona de estudio, es relativamente homogéneo y lo componen suelos finos poco consolidados compuestos por limos y arcillas inorgánicas de alta y mediana plasticidad.

NEOTERRA-INGENIEROS E.I.R.L.  
 Alfredo Sifuentes Ortiz  
 G.E.R. ENTE  
 C.I.P. N° 74682

A nivel superficial el terreno presenta una capa de aproximadamente 0.90 m. de espesor color gris, conformado por suelo orgánico con presencia de arena y grava; abundante cantidad de raicillas y materia orgánica en descomposición; por ser suelo no apto para la construcción, de este estrato no se extrajeron muestras. Estos materiales inadecuados deben ser removidos, hasta llegar al suelo natural, antes de iniciar las obras de cimentación tal como lo indica la Norma Técnica de Edificaciones E-050, Suelos y cimentaciones.

El primer estrato natural, lo conforma un depósito color crema, de arcillas inorgánicas de mediana plasticidad; suelos arcillosos con presencia de limo y arena, con moderada a alta resistencia en estado seco, a determinados contenidos de humedad se tornan fácilmente moldeables, alta tenacidad; dilatación o sacudimiento lento; clase textural franco arcilloso. Arcillas pre consolidadas, estables y resistentes en estado seco, inestables al entrar en contacto con la humedad.

Luego aparece un horizonte color marrón a crema, conformado por arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH); suelos finos con pequeñas cantidades de material granular. En estado seco es un depósito extremadamente duro y resistente, con estructura prismática; fácilmente moldeables al absorber humedad; alta tenacidad; dilatación nula; al ser frotados con la navaja presenta una superficie brillante.

El suelo analizado tiende a absorber y almacenar cantidades significativas de agua tornándose blandos y deformables, con tendencia a sufrir asentamientos.

En forma intermedia se encontró estratos color amarillo, conformado por limos inorgánicos de baja plasticidad con elevadas cantidades de arena fina y gravas, combinado con limo y arcilla de baja plasticidad; suelos impermeables con moderada a baja resistencia en estado seco, ligera compresibilidad, mediana a baja tenacidad, escaso abultamiento, dilatación rápida, clase textural franco limoso.

Los suelos encontrados al momento de realizar el estudio presentan moderados a bajos grados de saturación.

NEOTERRA INGENIEROS E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz  
GERENTE  
C.I.P. N° 74682

#### 4.0.0 INTERPRETACION DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO A EFECTO DE DETERMINAR LA CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO

Se ha confeccionado para este efecto el cuadro de resúmenes:  
**CUADRO DE RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS DEDUCIDOS PARA EL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN**, en base a la cuál se desarrollará los siguientes análisis:

#### 4.0.1. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS DEL SUB SUELO. Límite Líquido:(LL)

De los resultados del ensayo del Límite Líquido, se puede establecer que dentro de los niveles de cimentación en el Subsuelo, este varía entre 64 % y 68 %, sobre el nivel de cimentación presenta un valor promedio de 30%. Del límite líquido y peso unitario a nivel de cimentación; de acuerdo con el ábaco mostrado en la sección 6.1 de la Norma E.050 – Suelos y Cimentaciones (ver

anexos) se tiene que el estrato estudiado el suelo no es propenso a ubicarse en la categoría de suelos colapsables, los cuales se ven afectados por incrementos y decrementos de carga y por estados de saturación.

**Indice Plástico: (IP)**

El subsuelo de la zona a nivel de cimentación, presenta un valor máximo de 39 % y un valor mínimo de 21%, por lo que se considera que el nivel de cimentación está compuesto por suelos de alta a mediana plasticidad; asimismo el contenido de humedad en los estratos se aproximan al limite plástico, por lo que a la zona de estudio lo compone suelos preconsolidados.

**Indice de Compresión: (Cc)**

Desde hace muchísimos años, se sabe que zapatas, o estructuras de cimentación superficiales, apoyadas en terrenos blandos (generalmente arcillas blandas), sufren grandes asentamientos e incluso se hundan.

Con el objeto de tener una idea de las características de compresibilidad del subsuelo de la zona, se ha determinado en base al Limite Liquido, el índice de Compresión del suelo (Cc), presenta un valor de 0.15 a 0.35 (compresibilidad media) por lo que es factible que se presenten asentamientos de consideración, por lo que hay que tener en cuenta las recomendaciones dadas en el presente informe.

**Grado de Saturación (ST)**

El subsuelo de la zona en estudio presenta moderados a elevados grados de saturación lo que significa que el suelo se encuentra parcialmente saturado, estando ocupado gran parte de los vacíos del suelo por agua.

NEOTERRA INGENIEROS E.I.R.L.  
ALFREDO SIFUENTES ORTIZ  
GERENTE  
C.I.P. N° 74682

**5.0.0. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NAPA FREATICA**

Se debe señalar que durante la excavación de la calicata y hasta la profundidad alcanzada, no se encontró el nivel freático.

**6.0.0. SISMICIDAD**

Según análisis tectónicos, existen en el mundo dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocida como: El círculo Alpino Himalayo y el Círculo Circum Pacífico. En esta última zona han ocurrido el 80% de los eventos sísmicos, quedando el 15% para círculo Alpino Himalayo y el 5% restante se reparten en todo el mundo. La fuente básica de datos de intensidades sísmicas es el trabajo de Silgado (1978), que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú. Un mapa de distribución de máximas intensidades Sísmicas observadas en el Perú fue presentada por el Dr. Jorge Alva Hurtado (1984), el cual se basó en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales se sismos históricos y sismos recientes.

El Territorio nacional se encuentra dividido en tres zona, conocidas como zona 1, zona 2 y zona 3, dentro de las cuales el Departamento de Cajamarca y por ende el área de estudio, se encuentra en la franja peruana comprendida en la zona 3 de la zonificación sísmica del territorio peruano de zonas sísmicas según el Reglamento Nacional de Edificaciones y acorde a la Norma Técnica Peruana E-030 de Diseño Sismo Resistente.

**Parámetros de Sitio:** Al ser dividido el territorio Nacional en tres zonas, y el área de estudio estar comprendida en la zona 3, las fuerzas sísmicas horizontales pueden calcularse de acuerdo a las normas de Diseño Sismo Resistente según la relación siguiente:

$$H = \frac{ZxUxSxCxf}{R}$$

Donde:

Z = Factor de Zona (Z = 0.40g) Aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

S = Factor de Suelo (S = 1.4) : Suelos flexibles o con estratos de gran espesor.

Ts = Período (Ts = 0.90 seg.).

U = Factor de Uso, categoría A (U = 1.5)

C = Factor de ampliación sísmica de acuerdo a las características del sitio, por consiguiente se expresa:

$$C = 2.5 * T_p/T)^{1.25}$$

$$C < 2.5$$

Interpretándose como el factor de ampliación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo.

#### 7.0.0. ANALISIS DE LICUACION DE SUELOS

En suelos granulares finos ubicados bajo la Napa Freática y algunos suelos cohesivos, las sollicitaciones sísmicas pueden originar el fenómeno denominado licuación, el cual consiste en la pérdida momentánea de la resistencia al corte del suelo, como consecuencia de la presión de poros que se genera en el agua contenida en sus vacíos originada por la vibración que produce el sismo. Esta pérdida de resistencia al corte genera la ocurrencia de grandes asentamientos en las obras sobreyacentes. Para que un suelo granular sea susceptible de licuar durante un sismo, debe presentar simultáneamente las características siguientes:

- Debe estar constituido por arena fina, arena limosa, arena arcillosa, limo arenoso no plástico o grava empacada en una matriz constituida por alguno de los materiales anteriores.

- Debe encontrarse sumergido.

En estos casos deben justificarse mediante el Análisis del Potencial de Licuación la ocurrencia o no del fenómeno de licuación.

El fenómeno de licuación de suelo es, en síntesis, el cambio físico que experimenta una masa de suelo al pasar de un estado sólido a un estado fluido semejante al de un líquido viscoso. Para que se produzca licuación debe conjugarse ciertos factores que involucren las características propias del depósito de suelo y las características regionales de sismicidad. Es decir, debe estar constituido en forma

general por una arena uniforme, suelta y saturada y además debe producirse un terremoto severo y duradero.

Los factores más importantes que influyen en el fenómeno de licuación de suelos: La granulometría, densidad relativa, nivel freático, presión de poros, presión inicial de confinamiento, magnitud del sismo y duración. La licuación no se presenta en suelos cohesivos, solo en suelos arenosos. Para nuestro caso, al tener suelos cohesivos, no es probable que se presente dicho fenómeno.

### 8.0.0. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO

#### 8.0.1. INTRODUCCION.

Luego de haber expuesto las principales características del suelo de fundación, en base al estudio y a la interpretación de los resultados de laboratorio, procederemos a desarrollar el cálculo de la capacidad portante del terreno, considerando la muestra única.

#### A. Parámetros de Resistencia

Evaluación del Terreno de Fundación :

Clasificación	:	CH
Angulo de Fricción Interna	:	18°
Cohesión	:	0.24 Kg/cm2
N <sub>c</sub>	:	10.90
N <sub>q</sub>	:	3.36
N <sub>γ</sub>	:	0.88
γ	:	1.58 Kg/cm3.
B	:	2.00 m.
D <sub>f</sub>	:	2.00 m.

#### B. Coefficiente de Seguridad :

- Se adoptará un coeficiente de seguridad de 3 con el objeto de:
- Prevenir las variaciones naturales en la resistencia al corte del suelo.
- Prever asentamientos diferenciales perjudiciales de la cimentación.
- Las incertidumbres implicadas en los métodos o fórmulas a utilizarse para la determinación de la carga última de la falla.

#### C. Cálculo de Capacidad de Carga Admisible :

Para la obtención de los parámetros de resistencia, se pretendía utilizar los datos proporcionados por el Ensayo de Triaxial, realizado con muestras inalteradas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de SENCICO - Lima, que forma parte del presente Informe Técnico, pero los valores obtenidos con este ensayo, no concuerdan con el tipo de suelo encontrado, por lo que no es posible emplear estos datos; luego los valores de la cohesión (C) y el Angulo de Fricción Interna (φ), que sirven para el cálculo de la Capacidad de Carga Admisible han sido determinados mediante tablas (previa clasificación del tipo de suelos), extraídos de bibliografía especializada, como del libro Ensayos de Mecánica de Suelos del Autor Ing° Diplomático Peter Wilhelm Wicken, Principios de Ingeniería de Cimentaciones de

Braja M. Das, el libre de Bjerrum & Simons, entre otros y luego se empleó el valor de resistencia a la rotura con la fórmula por rotura general según Terzaghi para el caso de corte local y considerando un coeficiente de seguridad igual a 3.

$$q_c = 1.3 c' N_c + D_f \gamma N_q + 0.4 B \gamma N'_\gamma$$

$$q_{ad} = 4.12 / 5$$

$$q_{ad} = 0.82 \text{ Kg/cm}^2.$$

#### D. Cálculo de Asentamiento:

Aplicando el Método Elástico:

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

Donde:

Si = Asentamiento probable (cm)	
$\nu$ = Relación de Poisson	= 0.29
$E_s$ = Módulo de elasticidad (Tn/m <sup>2</sup> )	= 1900
$I_f$ = Factor de Forma (cm/cm)	= 0.88
$q$ = Presión de Trabajo (Tn/m <sup>2</sup> )	= 0.82*
$B$ = Ancho de la cimentación (m)	= 2.00

Reemplazando valores, se tiene:

Si centro = 1.22 cm
Si esquina = 0.61 cm
Si medio = 1.03 cm

#### 9.0.0. CONCLUSIONES

Correlacionando la investigación de campo realizada con los resultados de los ensayos de Laboratorio y según el análisis efectuado en el transcurso del informe, establecemos las siguientes Conclusiones:

1. La zona de Estudio se ubica en la Universidad Nacional de Cajamarca, sito en la Av. Atahualpa S/N – Cajamarca, donde las principales construcciones que se ubican alrededor de esta son edificios de aulas de hasta 3 pisos, la distancia mínima entre estos edificios y el terreno destinado al proyecto es de 20 m. aproximadamente, por lo que durante la ejecución del proyecto no habría problemas con la transmisión de cargas de las construcciones vecinas
2. En las muestras obtenidas se realizaron las determinaciones necesarias para poder proceder a su clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), a saber: límite líquido, límite plástico, y porcentaje de partículas menores que las mallas de los tamices número 40 y 200, mediante lavado, así como también humedad natural y otros ensayos indicados.

3. Durante y luego del proceso de excavación de calcatas no se encontró el nivel freático.
4. Luego de realizar los correspondientes ensayos de laboratorio, se tiene que el lugar del proyecto en los niveles de cimentación, está conformado por arcillas inorgánicas de alta plasticidad y en otros puntos se encuentra arcillas inorgánicas de mediana plasticidad, las que descansan en un estrato confinado de arcillas inorgánicas de alta plasticidad. Por esta razón se ha tomado como el suelo representativo para los niveles de cimentación a las arcillas de alta plasticidad.

5. El nivel de cimentación representativo estudiado, está compuesto por suelos finos, arcillas del tipo CH (Clasificación SUCS), con escasa cantidad de materiales granulares, con elevada resistencia en estado seco, pero blandos e inestables al entrar en contacto con la humedad.

6. En base a las propiedades físicas obtenidas se concluye que el suelo El Perfil estratigráfico de la zona de estudio, es relativamente homogéneo y lo componen suelos finos poco consolidados compuestos por limos y arcillas inorgánicas de alta y mediana plasticidad. A nivel superficial el terreno presenta una capa de aproximadamente 0.90 m. de espesor color gris, conformado por suelo orgánico con presencia de arena y grava; abundante cantidad de raicillas y materia orgánica en descomposición; por ser suelo no apto para la construcción, de este estrato no se extrajeron muestras. Estos materiales inadecuados deben ser removidos, hasta llegar al suelo natural, antes de iniciar las obras de cimentación tal como lo indica la Norma Técnica de Edificaciones E-050, Suelos y cimentaciones.

NEOTERRA INGENIEROS E.I.R.L.  
Alfredo Sifuentes Ortiz  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 74682

- a. El primer estrato natural, lo conforma un depósito color crema, de arcillas inorgánicas de mediana plasticidad; suelos arcillosos con presencia de limo y arena, con moderada a alta resistencia en estado seco, a determinados contenidos de humedad se toman fácilmente moldeables, alta tenacidad; dilatación o sacudimiento lento; clase textural franco arcilloso. Arcillas pre consolidadas, estables y resistentes en estado seco, inestables al entrar en contacto con la humedad.
- b. Luego aparece un horizonte color marrón a crema, conformado por arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH); suelos finos con pequeñas cantidades de material granular. En estado seco es un depósito extremadamente duro y resistente, con estructura prismática; fácilmente moldeables al absorber humedad; alta tenacidad; dilatación nula; al ser frotados con la navaja presenta una superficie brillante.
- c. El suelo analizado tiende a absorber y almacenar cantidades significativas de agua tornándose blandos y deformables, con tendencia a sufrir asentamientos.
- d. En forma intermedia se encontró estratos color amarillo, conformado por limos inorgánicos de baja plasticidad con elevadas cantidades de arena fina y gravas, combinado con limo y arcilla de baja plasticidad; suelos impermeables con moderada a baja resistencia en estado seco, ligera compresibilidad, mediana a

baja tenacidad, escaso abultamiento, dilatancia rápida, clase textural franco limoso.

7. Teniendo en cuenta el suelo sobre el que va a ir cimentada la estructura, se procedió a determinar el peso unitario y peso específico, para que con la ayuda de Abacos y Tablas extraídos de bibliografía especializada, se proceda a calcular la capacidad Portante del suelo de fundación; para dicho cálculo se empleó la Fórmula de Terzaghy.
8. La capacidad de carga de diseño para el nivel de cimentación es de 0.82 Kg/cm<sup>2</sup>. Para el cálculo de la capacidad de carga, se empleó la ecuación de Terzaghi, asimismo se adoptó un coeficiente de seguridad de 3, con el objeto de:
  - a. Prevenir las variaciones naturales en la resistencia al corte del suelo.
  - b. Prever asentamientos diferenciales perjudiciales de la cimentación.
  - c. Las incertidumbres implicadas en los métodos ó fórmulas a utilizarse para la determinación de la carga última de falla.

**10.0.0. RECOMENDACIONES**

Como antecedentes de las conclusiones anteriores y según lo expresado a través del informe, se emiten las siguientes recomendaciones:

1. La profundidad de cimentación más adecuada es aquella que garantice que la estructura se cimiente sobre un terreno natural y estable.
2. Antes de realizar los trabajos de cimentación; se deberá eliminar todo resto de material de relleno y materia orgánica, ya que la presencia de estos, ocasionará asentamientos y fallas en las estructuras, debido a la descomposición de la materia orgánica.
3. Debido al tipo de suelo que conforma el nivel de desplante, se recomienda que antes de construir las zapatas, se proyecten obras de mejoramiento en la base de estas, los cuales consistirán en la colocación de una capa de solado compuesto por una mezcla de cemento-hormigón en proporción 1:10, en un espesor mínimo de 15 cm; además, antes de colocar el solado deberá ir una capa de material de afirmado de tipo A-1 (a) o A-1 (b) en un espesor mínimo de 15 cm., debidamente compactado al 95% de la máxima densidad seca obtenida con la prueba del Proctor Estandar, cuya compactación de preferencia se lo realizará del lado húmedo de la curva y no deberá exceder en más de dos puntos porcentuales del Optimo Contenido de Humedad.
4. Se recomienda que el concreto utilizado en la cimentación sea diseñado para una resistencia de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , a los 28 días, compatible con las cargas transmitidas, y el concreto para las elevaciones, tenga una resistencia de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , a los 28 días.
5. La profundidad mínima de cimentación recomendada se ubica a 2.00 m. por debajo del nivel de suelo natural, a esta profundidad, el terreno, presenta

NEOTERRA INGENIEROS E.I.R.L.  
ALFREDO SIFUENTES ORTIZ  
GERENTE  
C.I.F. N° 74682

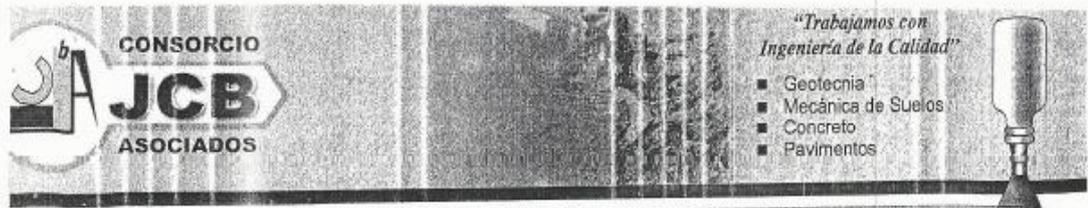
una capacidad de carga admisible 0.82 Kg/cm<sup>2</sup>, estará apoyado en estratos de arcilla de mediana a alta plasticidad.

6. El tipo de cimentación sugerido para el presente proyecto, es una cimentación directa, compuesta por zapatas aisladas, cargadas concéntricamente y con columnas de sección rectangular. Si los condicionantes geométricos lo permiten, las zapatas de medianería serán de planta rectangular y las de esquina de planta cuadrada.
7. Es conveniente unir zapatas las aisladas, en especial de medianería y esquina, a otras zapatas contiguas mediante vigas de cimentación para redistribuir cargas y presiones sobre el terreno.
8. Para la aplicación de la Norma E0.30 de Diseño Sismo Resistente del R. N. E. El estudio de un limo inorgánico de baja plasticidad (suelo flexibles, medianamente consolidada) terminará en base al diseño estructural, debe considerarse:  $S = 1.4$  y  $T_s = 0.9$  seg.
9. Los agregados utilizados en la elaboración del concreto deben cumplir con la norma ASTM C 33 así como el agua con la norma E-060, el aglomerante cemento MS (M-95 MS) a fin de prevenir la acción agresiva de sales nocivas que puedan contener sulfatos.
10. Si se diera el caso de que el proyecto plante zonas de relleno, se recomienda utilizar material granular con sus respectivos finos para facilitar y lograr el proceso de compactación, el cual deberá ser compactado siguiendo los siguientes criterios:
  - i. Cuando el 30% o menos del material es retenido en la malla 3/4" Si tiene más del 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la Máxima Densidad Seca del ensayo de compactación tipo Proctor Modificado (ASTM D 1557), en todo su espesor.
  - ii. Si tiene menos del 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la Máxima Densidad Seca del ensayo de compactación tipo Proctor Modificado (ASTM D 1557), en todo su espesor.
  - iii. Cuando más del 30% del material es retenido en la malla 3/4". Si el porcentaje de finos es menor o igual que 15% deberá compactarse a una densidad relativa (ASTM D 4254), no menor del 70%.
  - iv. No será recomendable la utilización de materiales con más de 15% de finos, salvo que se sustenten los métodos de compactación y control.

NEOTERRA INGENIEROS E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz  
C.I.P. N° 74682

Cajamarca, Febrero del 2007

ANEXO N° 02  
DISEÑO DE MEZCLAS



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO 2J - FACULTAD DE ZOOTECNIA -  
UNC"

SOLICITANTE : OFICINA GENERAL DE SERVICIOS Y GESTIÓN AMBIENTAL

UBICACION : LUGAR : CIUDAD UNIVERSITARIA  
DISTRITO : CAJAMARCA  
PROVINCIA : CAJAMARCA  
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

  
Wilmar Rudy Huasinda Aguirre  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros No. 30527

FECHA : CAJAMARCA, NOVIEMBRE DEL 2013



## INFORME TECNICO : DISEÑO DE MEZCLAS

SOLICITANTE : OFICINA GENERAL DE SERVICIOS Y GESTIÓN AMBIENTAL – UNC  
 OBRA : CONSTRUCCIÓN EDIFICIO 2J – FACULTAD DE ZOOTECNIA – UNC  
 UBICACION : CIUDAD UNIVERSITARIA – CAJAMARCA.  
 CANTERA : AGREGADO FINO : RIO  
 AGREGADO GRUESO: RÍO (PIEDRA CHANCADA)

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

#### 1. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.

##### 1.1 AGREGADO FINO : ARENA DE RÍO

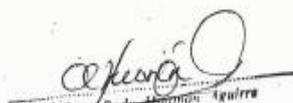
PESO ESPECIFICO DE MASA : 2.60 gr/cm<sup>3</sup>  
 PESO UNITARIO SUELTO SECO : 1590 Kg./m<sup>3</sup>  
 PESO UNITARIO SECO COMPACTADO : 1.650 Kg/m<sup>3</sup>  
 HUMEDAD NATURAL : 4.75 %  
 ABSORCION : 1.55 %  
 MODULO DE FINURA : 3.03  
 PARTICULAS MENORES TAMIZ N° 200 : 3.46 %

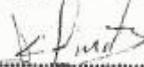
##### 1.2. AGREGADÓ GRUESO : PIEDRA CHANCADA DE RÍO

PERFIL : ANGULAR  
 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1/2  
 PESO ESPECIFICO DE MASA : 2.59  
 PESO UNITARIO SUELTO SECO : 1,492 Kg./m<sup>3</sup>  
 PESO UNITARIO SECO COMPACTADO : 1,650 Kg/m<sup>3</sup>  
 HUMEDAD NATURAL : 1.20 %  
 ABSORCION : 0.85 %  
 PARTICULAS MENORES TAMIZ N° 200 : 0.85 %  
 ABRASION : 24.10

##### 1.3 CEMENTO

- CEMENTO A.S.T.M. C-150 TIPO I
- PESO ESPECIFICO : 3.12 gr / cm<sup>3</sup>

  
 Wilmar Rudy  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros No 30627

  
  
 Javier M. Colina Bernal  
 Ing. Civil Reg. CIP N° 56967  
 Jefe de Laboratorio

## 2. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

ELEMENTO ESTRUCTURAL	: ZAPATAS, VIGAS DE CIMENTACIÓN, COLUMNAS, LOSA ALIGERADA, VIGUETAS.
RESISTENCIA A LA COMPRESION	: f'c: 210 Kg./cm <sup>2</sup> (28 días)
REVENIMIENTO	: 3" - 4"

## 3.0 CANTIDAD DE MATERIAL POR M<sup>3</sup> DE CONCRETO

### 3.1 MATERIALES DE DISEÑO POR M<sup>3</sup>

▪ CEMENTO	: 408 Kg.
▪ AGUA DE MEZCLA	: 216 lts.
▪ AGREGADO FINO SECO	: 784 Kg.
▪ AGREGADO GRUESO SECO	: 846 Kg.

### 3.2. MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD POR M<sup>3</sup>

▪ CEMENTO	: 408 Kg.
▪ AGUA EFECTIVA	: 188 Lts.
▪ AGREGADO FINO HUMEDO	: 821 Kg.
▪ AGREGADO GRUESO HUMEDO	: 856 Kg.

## 4.0 PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

PROPORCIONAMIENTO EN PESO	PROPORCIONAMIENTO EN VOLUMEN
1: 2.01 : 2.10 / 19.60 Lts / bolsa	1: 1.95 : 1.98 / 19.58 Lts / bolsa

## 5.0 OBSERVACIONES

En el presente diseño se ha considerado el contenido de humedad del agregado fino 4.75 % y del agregado grueso 1.20 %.

El agregado grueso, antes de ser utilizado deberá tamizarse por el tamiz de 1" y el agregado fino antes de utilizarse deberá lavarse y tamizarse por el tamiz 3/8".

El agregado fino cumple en parte con el huso granulométrico de la Norma A.S.T.M.C. - 33-93.

Al preparar la tanda de concreto en obra, se deberá corregir periódicamente el contenido de agua efectiva, en el proporcionamiento de los materiales, debido a la variación permanente en el contenido de humedad de los agregados.

El agua a utilizarse en la mezcla de concreto debe cumplir con los requisitos exigidos por Norma E-060.



Javier M. Colina Berni  
Ing. Civil Reg. CIP Nº 55887



Wilner Rudy Huamán Aguirre  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros No. 1000

Urb. La Alameda Mz. H-15  
Cañamarca - Perú  
Tel: 011 63997171 / 6314249  
laboratorio:suelos@jcbasociados.com



El curado de los especímenes de concreto elaborados en obra, deberá realizarse de acuerdo a la Norma A.S.T.M.C 192M-95.

Se recomienda ajustar periódicamente el proporcionamiento en volumen de obra, por variación de granulometría del agregado que suele darse en la cantera, a fin de mantener la homogeneidad del concreto.

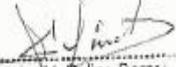
Así mismo, se recomienda que cada vez que se prepare las tandas de concreto en obra, se deberá realizar en forma regular pruebas de revenimiento, a fin de mantener uniforme la consistencia del concreto y por ende la resistencia mecánica.

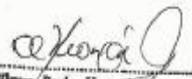
Los agregados en lo que respecta a granulometría cumplen en parte con el huso granulométrico de la Norma A.S.T.M. C-33-83.

El curado de los especímenes de concreto deberá realizarse con la Norma A.S.T.M C-192-81 (Temperatura del agua de curado: 13° a 21° C.

Cajamarca, Noviembre del 2013



  
Javier Y. Colina Berni  
Ing. Civil Reg. CIP Nº 56067  
Jefe de Laboratorio

  
Wilmer Rudy Huamán Aguirre  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros No 33577



## INFORME TÉCNICO : DISEÑO DE MEZCLAS

SOLICITANTE : OFICINA GENERAL DE SERVICIOS Y GESTIÓN AMBIENTAL - UNC  
 OBRA : CONSTRUCCIÓN EDIFICIO 2J - FACULTAD DE ZOOTECNIA - UNC  
 UBICACION : CIUDAD UNIVERSITARIA - CAJAMARCA.  
 CANTERA : AGREGADO FINO : RIO  
 AGREGADO GRUESO: RÍO (PIEDRA CHANCADA)

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

#### 1. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.

##### 1.1 AGREGADO FINO : ARENA DE RÍO

PESO ESPECIFICO DE MASA : 2.60 gr/cm<sup>3</sup>  
 PESO UNITARIO SUELTO SECO : 1590 Kg./m<sup>3</sup>  
 PESO UNITARIO SECO COMPACTADO : 1.650 Kg/m<sup>3</sup>  
 HUMEDAD NATURAL : 4.75 %  
 ABSORCION : 1.55 %  
 MODULO DE FINURA : 3.03  
 PARTICULAS MENORES TAMIZ Nº 200 : 3.46 %

##### 1.2. AGREGADO GRUESO : PIEDRA CHANCADA DE RÍO

PERFIL : ANGULAR  
 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1/2  
 PESO ESPECIFICO DE MASA : 2.59  
 PESO UNITARIO SUELTO SECO : 1,492 Kg./m<sup>3</sup>  
 PESO UNITARIO SECO COMPACTADO : 1,650 Kg/m<sup>3</sup>  
 HUMEDAD NATURAL : 1.20 %  
 ABSORCION : 0.85 %  
 PARTICULAS MENORES TAMIZ Nº 200 : 0.85 %  
 ABRASION : 24.10

##### 1.3 CEMENTO

- CEMENTO A.S.T.M. C-150 TIPO I
- PESO ESPECIFICO : 3.12 gr / cm<sup>3</sup>



*Javier M. Collina Bernal*  
 Javier M. Collina Bernal  
 Ing. Civil Reg. CIP Nº 56967  
 Oficina de Ingeniería

*Wilmer Rudy Huánuco Aguirre*  
 Wilmer Rudy Huánuco Aguirre  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros No 30627

Urb. La Alameda Mz. 4-15°  
 Cajamarca, Perú

Tel's: 076 690878 / 076 614239

laboratorio.suelos@jcbasociados.com

## 2. CARACTERERISTICAS ESTRUCTURALES

ELEMENTO ESTRUCTURAL	: SOBRECIMENTOS
RESISTENCIA A LA COMPRESION	: f'c: 175 Kg. /cm <sup>2</sup> (28 días)
REVENIMIENTO	: 3" - 4"

## 3. CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO

### 3.1 MATERIALES DE DISEÑO POR M3

- CEMENTO	: 379 Kg /M3
- AGUA DE MEZCLA	: 216 Lts /M3
- AGREGADO FINO SECO	: 796 Kg /M3
- AGREGADO GRUESO SECO	: 859 Kg /M3

### 3.2 MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD POR M3

- CEMENTO	: 379 Kg /M3
- AGUA EFECTIVA	: 188 Lts /M3
- AGREGADO FINO HUMEDO	: 834 Kg /M3
- AGREGADO GRUESO HUMEDO	: 869 Kg /M3

## 4. PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

<u>PROPORCIONAMIENTO EN PESO</u>	<u>PROPORCIONAMIENTO EN VOLUMEN</u>
1: 2.48 : 2.46 / 22.60 Lts./bolsa	1: 2.48 : 2.49 / 22.60 Lts / bolsa

## 5. OBSERVACIONES

En el presente diseño se ha considerado el contenido de humedad del agregado fino 4.75 % y del agregado grueso 1.20 %.

El agregado grueso, antes de ser utilizado deberá tamizarse por el tamiz de 1" y el agregado fino antes de utilizarse deberá lavarse y tamizarse por el tamiz de 3/8".

El agregado grueso a sido previamente lavado antes de ser traído a este Laboratorio

Al preparar la tanda de concreto en obra, se deberá corregir periódicamente el contenido de agua efectiva, en el proporcionamiento de los materiales, debido a la variación permanente en el contenido de humedad de los agregados.

El agua a utilizarse en la mezcla de concreto debe cumplir con los requisitos exigidos por la Norma E-060.



Jayer M. Collina Fernat  
Ing. Civil Reg. CIP Nº 56967  
Jefe de Laboratorio

*Wilmar Rudy Huamán Aguirre*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros No. 311

Urb. La Nereida, Vz. H-16  
Cajamarca - Peru  
Tels. 376 898875 / 87584239  
laboratorio.suelos@jcbasociados.com

El curado de los especímenes de concreto elaborados en obra, deberá realizarse de acuerdo a las Normas A.S.T.M. C 192M-95

Se recomienda ajustar periódicamente el proporcionamiento en volumen de obra, por variación de granulometría del agregado que suele darse en la cantera, a fin de mantener la homogeneidad del concreto

Asimismo, se recomienda que cada vez que se prepare las tandas de concreto en obra, se deberá realizar en forma regular pruebas de revenimiento, a fin de mantener uniforme la consistencia del concreto y por ende la resistencia mecánica.

Los agregados en lo que respecta a granulometría cumplen en parte con el huso granulométrico de la Norma A.S.T.M. C 33-83.

El curado de los especímenes de concreto deberá realizarse acorde con la Norma A.S.T.M. C-192-81. (Temperatura del agua de curado: 13° a 21° C.

Las muestras de los agregados han sido alcanzadas al Laboratorio por el interesado.

Cajamarca, Noviembre del 2013



*J. Colina Bernal*  
 Javier M. Colina Bernal  
 Ing. Civil Reg. CIP N° 5696  
 Jefe de Laboratorio

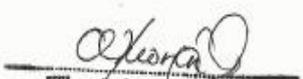
*W. Torres*  
 W. Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros No 20627

- Geotecnia
- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Pavimentos

**CERTIFICADO DE ENSAYO A COMPRESIÓN**

<b>MATERIAL</b>	CONCRETO SIMPLE
<b>OBRA</b>	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO 2J - FACULTAD DE ZOOTECNIA - UNC
<b>UBICACIÓN</b>	CIUDAD UNIVERSITARIA - CAJAMARCA
<b>SOLICITANTE</b>	OFICINA GENERAL DE SERVICIOS Y GESTIÓN AMBIENTAL
<b>RESIDENTE</b>	ING. MERCEDES GERARDO TRIGOSO TORRES
<b>FECHA</b>	CAJAMARCA, 29 DE ABRIL DEL 2014

PROBETA Nº	Fecha Fabric.	Fecha Rotura	Piso	IDENTIFICACION	DESCRIPCIÓN	Resistencia Requerida Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia kN	Carga Rotura Kg.	Diámetro cm.	Resistencia Máxima Kg./cm <sup>2</sup>	Porcentaje (%)
2	29-11-13	28-04-14	150	Zapatas	Z-5 (EJE 2,3 Y EJE 1)	210	512,34	52218	15,50	276,74	131,78
3	13-12-13	28-04-14	136	Vigas de Cementación	EJE 1 / EJE A-B	210	505,30	51500	15,50	272,93	129,97
4	13-12-13	28-04-14	136	Vigas de Cementación	EJE 1 / EJE A-B	210	490,10	49951	15,50	264,72	126,06
5	09-01-14	28-04-14	109	Sobrecimiento	EJE A / EJE 1-4	175	585,79	59500	15,50	315,33	180,19
6	09-01-14	28-04-14	109	Sobrecimiento	EJE A / EJE 1-5	175	572,14	58313	15,50	309,04	176,59
7	24-12-13	28-04-14	125	Columnas	Primer Piso	210	480,77	49000	15,50	259,68	125,66
8	24-12-13	28-04-14	125	Columnas	Primer Piso	210	490,58	50000	15,50	264,98	126,18
9	27-03-14	28-04-14	32	Losas Aligeradas	Segundo Piso	210	473,86	48500	15,50	257,03	124,80
10	27-03-14	28-04-14	32	Losas Aligeradas	Segundo Piso	210	472,18	48125	15,50	255,04	121,45
11	26-03-14	28-04-14	33	Vigas y Viguetas	Segundo Piso	210	647,57	66000	15,50	349,78	166,56
12	26-03-14	28-04-14	33	Vigas y Viguetas	Segundo Piso	210	652,47	66500	15,50	352,43	167,32
13	28-03-14	28-04-14	31	Escalera	Segundo Piso	210	473,41	48250	15,50	255,71	121,77
14	28-03-14	28-04-14	31	Escalera	Segundo Piso	210	467,33	47500	15,50	249,08	118,61

  
**Wilmer Andy Huamán Aguirre**  
 INGENIERO CIVIL  
 No. de Colección de Ingeniería No. 00177

**OBSERVACIONES**  
 Las muestras han sido proporcionadas por los interesados, por lo que el Laboratorio solo se responsabiliza por los resultados obtenidos.

Ing. Civil Reg. C.I.S. N° 40859  
 Ing. M. Colina Benítez  
 Jefe de Laboratorio  
 LABORATORIO SUELOS @ JCB ASOCIADOS  
 Calle 3058 65B 81010332  
 La Molina - Perú  
 laboratorio.suelos@jcbasociados.com

## CERTIFICADO DE ENSAYO A COMPRESIÓN

MATERIAL	CONCRETO SIMPLE
OBRA	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO 2J - FACULTAD DE ZOOTECNIA - UNC
UBICACIÓN	CIUDAD UNIVERSITARIA - CAJAMARCA
SOLICITANTE	OFICINA GENERAL DE SERVICIOS Y GESTIÓN AMBIENTAL
RESIDENTE	ING. MERCEDES GERARDO TRIGOSO TORRES
FECHA	CAJAMARCA, 30 DE ABRIL DEL 2014

PROBETA Nº	Fecha Fabric.	Fecha Rotura	Días	IDENTIFICACION	DESCRIPCIÓN	Resistencia Requerida Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia K/N	Carga Rotura kg.	Diámetro cm	Resistencia Máxima Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje (%)
1	27-11-13	30-04-14	154	Zapatas	Z-2 (EJE 4 Y EJE J)	210	522,15	52218	15,50	282,03	134,30
2	27-11-13	30-04-14	154	Zapatas	Z-2 (EJE 4 Y EJE J)	210	516,50	52240	15,50	276,85	131,83
3	28-11-13	30-04-14	153	Zapatas	Z-5 (EJE 2,3 Y EJE G)	210	494,23	50372	15,50	266,95	127,12
4	28-11-13	30-04-14	153	Zapatas	Z-5 (EJE 2,3 Y EJE G)	210	498,65	50822	15,50	269,34	128,26
5	02-12-13	30-04-14	149	Zapatas	Z-2 (EJE 1 Y EJE O)	210	508,12	51788	15,50	274,46	130,70
6	02-12-13	30-04-14	149	Zapatas	Z-6 (EJE 2,3 Y EJE F,F)	210	516,45	51617	15,50	275,55	130,26
7	03-12-13	30-04-14	148	Zapatas	Z-1 (EJE K Y EJE 4)	210	524,12	53418	15,50	283,10	134,81
8	03-12-13	30-04-14	148	Zapatas	Z-2 (EJE B Y EJE I)	210	523,83	53287	15,50	282,40	134,48
9	04-12-13	30-04-14	147	Zapatas	Z-2 (EJE C Y EJE I)	210	495,95	50547	15,50	267,88	127,56
10	04-12-13	30-04-14	147	Zapatas	Z-2 (EJE C Y EJE I)	210	489,58	49898	15,50	264,44	125,92

**OBSERVACIONES**  
Las muestras han sido proporcionadas por los interesados, por lo que el Laboratorio solo se reponsabiliza por los resultados obtenidos.

  
Wilmer Rudy Huamán Aguilera  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros No 30577

  
Ing. Colina Bernal  
Ing. Civil Reg. CIP N° 59567  
Jefe de Laboratorio

## CERTIFICADO DE ENSAYO A COMPRESIÓN

MATERIAL	CONCRETO SIMPLE
OBRA	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO 2J - FACULTAD DE ZOOTECNIA - UNC
UBICACIÓN	CIUDAD UNIVERSITARIA - CAJAMARCA
SOLICITANTE	OFICINA GENERAL DE SERVICIOS Y GESTIÓN AMBIENTAL
RESIDENTE	ING. MERCEDES GERARDO TRIGOSO TORRES
FECHA	CAJAMARCA, 30 DE ABRIL DEL 2014

PROBETA Nº	Fecha		Días	IDENTIFICACION	DESCRIPCIÓN	Resistencia Requerida Kg/cm²	Resistencia K/N	Carga Rotura K-g.	Diámetro cm	Resistencia Máxima Kg/cm2	Porcentaje (%)
	Fabric.	Rotura									
1	12-12-13	30-04-14	139	Vigas de Cimentación	EJE 3 / EJE E-K	210	510,15	51994	15,50	275,55	131,21
2	12-12-13	30-04-14	139	Vigas de Cimentación	EJE 3 / EJE E-K	210	516,12	52603	15,50	278,78	132,75
3	18-12-13	30-04-14	133	Vigas de Cimentación	EJE 3 / EJE 1-4	210	502,29	51193	15,50	271,31	129,20
4	18-12-13	30-04-14	133	Vigas de Cimentación	EJE 3 / EJE 1-4	210	505,45	51617	15,50	273,55	130,26

**OBSERVACIONES**  
Las muestras han sido proporcionadas por los interesados, por lo que el Laboratorio solo se responsabiliza por los resultados obtenidos.

*Wilson Rudy Huamán Aguirre*  
**Wilson Rudy Huamán Aguirre**  
 INGENIERO CIVIL  
 Bos. del Colegio de Ingenieros No 3017

**CONSORCIO JCB ASOCIADOS**  
*JCB*  
 Javier M. Colina Bernal  
 Ing. Civil Reg. CIP N° 56987  
 Jefe de Laboratorio

**CERTIFICADO DE ENSAYO A COMPRESIÓN**

<b>MATERIAL</b>	CONCRETO SIMPLE
<b>OBRA</b>	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO 2J - FACULTAD DE ZOOTECNIA - UNC
<b>UBICACIÓN</b>	CIUDAD UNIVERSITARIA - CAJAMARCA
<b>SOLICITANTE</b>	OFICINA GENERAL DE SERVICIOS Y GESTIÓN AMBIENTAL
<b>RESIDENTE</b>	ING. MERCEDES GERARDO TRIGOSO TORRES
<b>FECHA</b>	CAJAMARCA, 30 DE ABRIL DEL 2014

PROBETA Nº	Fecha Fabric.	Fecha		Días	IDENTIFICACION	DESCRIPCIÓN	Resistencia Requerida Kg/cm²	Resistencia K/N	Carga Rotura Kg	Diámetro cm	Resistencia Máxima Kg/cm²	Porcentaje (%)
		Rotura										
1	20-12-13	30-04-14		131	Columnas	Primer Piso	210	532.13	54235	15,50	287,42	136,87
2	20-12-13	30-04-14		131	Columnas	Primer Piso	210	532.13	54654	15,50	289,64	137,92
3	21-02-14	30-04-14		68	Columnas	Segundo Piso	210	533.12	53316	15,50	282,56	134,55
4	21-02-14	30-04-14		68	Columnas	Segundo Piso	210	531.26	53127	15,50	281,55	134,07
5	26-02-14	30-04-14		63	Columnas	Segundo Piso	210	538.14	52809	15,50	279,87	133,27
6	26-02-14	30-04-14		63	Columnas	Segundo Piso	210	533.95	52386	15,50	278,69	133,71

**OBSERVACIONES**  
Las muestras han sido proporcionadas por los interesados, por lo que el Laboratorio solo se responsabiliza por los resultados obtenidos.

*Wilder Rudy Huamán*  
**Wilder Rudy Huamán**  
**INGENIERO CIVIL**  
Reg. del Colegio de Ingenieros No 51677

**CONSORCIO**  
**JCB**  
**ASOCIADOS**  
*Javier M. Colina Bernal*  
**Javier M. Colina Bernal**  
Ing. Civil Reg. CIP Nº 569567  
Jefe de Laboratorio

**CERTIFICADO DE ENSAYO A COMPRESION**

<b>MATERIAL</b>	CONCRETO SIMPLE
<b>OBRA</b>	CONSTRUCCION DE EDIFICIO 2J- FACULTAD DE ZOOTECNIA - UNC
<b>UBICACION</b>	CIUDAD UNIVERSITARIA - CAJAMARCA
<b>SOLICITANTE</b>	OFICINA GENERAL DE SERVICIOS Y GESTIÓN AMBIENTAL
<b>RESIDENTE</b>	ING. MERCEDES GERARDO TRIGOSO TORRES
<b>FECHA</b>	CAJAMARCA, 30 DE ABRIL DEL 2014

PROBETA N°	Fecha Fabric.	Fecha Recibida	Página	IDENTIFICACION	DESCRIPCION	Resistencia Propuesta Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia F'c N	Carga Rotura Kg.	Diámetro cm	Resistencia Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje (%)
1	13-02-14	30-04-14	76	Los Aligerada	Primer Piso	210	493,12	50259	15,50	266,35	126,83
2	13-02-14	30-04-14	76	Los Aligerada	Primer Piso	210	495,52	50503	15,50	267,63	127,45

**OBSERVACIONES**

Las muestras han sido proporcionadas por los interesados, por lo que el Laboratorio solo se responsabiliza por los resultados obtenidos.

*Wilder Rudy Huanda Aguilar*  
INGENIERO CIVIL  
Bsc. del Colegio de Ingenieros No 30837

**CONSORCIO CAJCB ASOCIADOS**  
*Javier M. Corra Bernal*  
Ingeniero Civil Reg. Cip N° 50367  
Jefe de Laboratorio

- Geotecnia
- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Pavimentos

**CERTIFICADO DE ENSAYO A COMPRESIÓN**

MATERIAL	CONCRETO SIMPLE
OBRA	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO 2J - FACULTAD DE ZOOTECNIA - UNC
UBICACIÓN	CIUDAD UNIVERSITARIA - CAJAMARCA
SOLICITANTE	OFICINA GENERAL DE SERVICIOS Y GESTIÓN AMBIENTAL
RESIDENTE	ING. MERCEDES GERARDO TRIGOSO TORRES
FECHA	CAJAMARCA, 30 DE ABRIL DEL 2014

PROBETA N°	Fecha Fabric.	Fecha Rotura	Diam.	IDENTIFICACION	DESCRIPCIÓN	Resistencia		Resistencia Máxima Kg./cm <sup>2</sup>	Porcentaje (%)
						KCN	Rotura Kg.		
1	14-02-14	30-04-14	75	Vigas y Viguetas	Primer Piso	549,00	59954	296,54	141,21
2	14-02-14	30-04-14	75	Vigas y Viguetas	Primer Piso	552,64	56325	298,50	142,14

**OBSERVACIONES**  
Las muestras han sido proporcionadas por los interesados, por lo que el Laboratorio solo se responsabiliza por los resultados obtenidos.

*Wilder Rudy Huamán Aguirre*  
**Wilder Rudy Huamán Aguirre**  
**INGENIERO CIVIL**  
Reg. del Colegio de Ingenieros No 10649



**ANEXO N° 03**  
**METRADO DE CARGAS**

**1. PRIMER NIVEL**

**1.1. VIGAS PRINCIPALES**

**1.1.1. CARGA MUERTA**

**1.1.1.1. Losa Aligerada**

▪ **Izquierda**

<b>Eje</b>	<b>W (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ancho de Influencia (m)</b>	<b>Carga (kg/m)</b>	<b>Carga (Tn/m)</b>
A	350.00	2.40	840.00	0.84
B	350.00	4.80	1680.00	1.68
C	350.00	4.80	1680.00	1.68
D	350.00	4.80	1680.00	1.68
E	350.00	2.40	840.00	0.84

▪ **Derecha**

<b>Eje</b>	<b>W (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ancho de Influencia (m)</b>	<b>Carga (kg/m)</b>	<b>Carga (Tn/m)</b>
F	350.00	2.40	840.00	0.84
G	350.00	4.80	1680.00	1.68
H	350.00	4.80	1680.00	1.68
I	350.00	4.80	1680.00	1.68
J	350.00	4.80	1680.00	1.68
K	350.00	2.40	840.00	0.84

### 1.1.1.2. Vigas de Borde y Vigas Centrales

#### ▪ Izquierda

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Peralte (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
A	2400.00	0.10	0.25	240.00	0.24
B	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
C	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
D	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
E	2400.00	0.10	0.25	240.00	0.24

#### ▪ Derecha

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Peralte (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
F	2400.00	0.10	0.25	240.00	0.24
G	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
H	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
I	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
J	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
K	2400.00	0.10	0.25	240.00	0.24

### 1.1.1.3. Piso Terminado

#### ▪ Izquierda

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
A	100.00	2.40	240.00	0.24
B	100.00	4.80	480.00	0.48
C	100.00	4.80	480.00	0.48
D	100.00	4.80	480.00	0.48
E	100.00	2.40	240.00	0.24

- **Derecha**

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
F	100.00	2.40	240.00	0.24
G	100.00	4.80	480.00	0.48
H	100.00	4.80	480.00	0.48
I	100.00	4.80	480.00	0.48
J	100.00	4.80	480.00	0.48
K	100.00	2.40	240.00	0.24

#### 1.1.1.4. Muros

- **Izquierda**

Eje	W (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Altura de Muro (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
A entre 1 y 2	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
A entre 2 y 3	1800.00	0.15	1.10	297.00	0.30
B entre 1 y 2	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
B entre 3 y 4	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
C entre 1 y 2	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
D entre 1 y 2	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
D entre 3 y 4	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
E entre 1 y 2	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
E entre 3 y 4	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17

- **Derecha**

Eje	W (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Altura de Muro (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
G entre 1 y 2	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
H entre 1 y 2	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
I entre 3 y 4	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
K entre 1 y 2	1800.00	0.25	2.60	1170.00	1.17
K entre 2 y 3	1800.00	0.15	1.10	297.00	0.30

## 1.1.2. CARGA VIVA

### ▪ Izquierda

Eje	Ambiente	Descripción (E.020)	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)	Total (Tn/m)
A entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	2.40	600.00	0.60	0.60
A entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	0.96
A entre 3 y 4	Archivo	Salas de almacenaje	750.00	2.40	1800.00	1.80	1.80
B entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
B entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	3.84
	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	
B entre 3 y 4	SS. HH.	Baños	300.00	4.80	1440.00	1.44	2.64
	Archivo	Oficina	250.00	4.80	1200.00	1.20	
C entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
C entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	3.84
	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	
C entre 3 y 4	SS. HH.	Baños	300.00	4.80	1440.00	1.44	2.88
	SS. HH.	Baños	300.00	4.80	1440.00	1.44	
D entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
D entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	3.84
	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	
D entre 3 y 4	Pasadizo	Corredores	300.00	4.80	1440.00	1.44	2.88
	SS. HH.	Baños	301.00	4.80	1444.80	1.44	
E entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	2.40	600.00	0.60	0.60
E entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	0.96
E entre 3 y 4	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	0.96

▪ Derecha

Eje	Ambiente	Descripción (E.020)	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)	Total (Tn/m)
F entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	2.40	600.00	0.60	0.60
F entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	0.96
F entre 3 y 4	Aula	Aula	250.00	2.40	600.00	0.60	0.60
G entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
G entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	3.84
	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	
G entre 3 y 4	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
H entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
H entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	3.84
	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	
H entre 3 y 4	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
I entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
I entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	3.84
	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	
I entre 3 y 4	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
J entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
J entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	3.84
	Pasadizo	Corredores	400.00	4.80	1920.00	1.92	
J entre 3 y 4	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	2.40
	Aula	Aula	250.00	4.80	1200.00	1.20	
K entre 1 y 2	Aula	Aula	250.00	2.40	600.00	0.60	0.60
K entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	0.96
K entre 3 y 4	Aula	Aula	250.00	2.40	600.00	0.60	0.60

## 1.2. VIGAS SECUNDARIAS

### 1.2.1. CARGA MUERTA

#### 1.2.1.1. Losa Aligerada

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
1	350.00	1.00	350.00	0.35
2	350.00	1.00	350.00	0.35
3	350.00	1.00	350.00	0.35
4	350.00	1.00	350.00	0.35

#### 1.2.1.2. Piso Terminado

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
1	100.00	1.00	100.00	0.10
2	100.00	1.00	100.00	0.10
3	100.00	1.00	100.00	0.10
4	100.00	1.00	100.00	0.10

#### 1.2.1.3. Muros

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Altura de Muro (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
1	1800.00	0.25	1.85	832.50	0.83
2	1800.00	0.25	2.20	990.00	0.99
3	1800.00	0.25	2.20	990.00	0.99
4	1800.00	0.25	1.85	832.50	0.83

## 1.2.2. CARGA VIVA

### ▪ Izquierda

Eje	Ambiente	Descripción (E.020)	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)	Total (Tn/m)
1 entre A y B	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
1 entre B y C	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
1 entre C y D	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
1 entre D y E	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
2 entre A y B	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre B y C	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre C y D	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre D y E	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
3 entre A y B	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.78
	Archivo	Salas de almacenaje	750.00	0.50	375.00	0.38	
3 entre B y C	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.55
	SS. HH	Baños	300.00	0.50	150.00	0.15	
3 entre C y D	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.55
	SS. HH	Baños	300.00	0.50	150.00	0.15	
3 entre D y E	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.40
4 entre A y B	Archivo	Salas de almacenaje	750.00	0.50	375.00	0.38	0.38
4 entre B y C	SS. HH	Baños	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
4 entre C y D	SS. HH	Baños	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
4 entre D y E	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.40

### ▪ Derecha

Eje	Ambiente	Descripción (E.020)	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)	Total (Tn/m)
1 entre F y G	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
1 entre G y H	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
1 entre H y I	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
1 entre I y J	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
1 entre J y K	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13

2 entre F y G	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre G y H	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre H y I	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre I y J	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre J y K	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
3 entre F y G	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.53
	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	
3 entre G y H	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.53
	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	
3 entre H y I	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.53
	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	
3 entre I y J	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.53
	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	
3 entre J y K	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.53
	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	
4 entre F y G	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
4 entre G y H	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
4 entre H y I	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
4 entre I y J	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
4 entre J y K	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13

## 2. SEGUNDO NIVEL

### 2.1. VIGAS PRINCIPALES

#### 2.1.1. CARGA MUERTA

##### 2.1.1.1. Losa Aligerada

###### ▪ Izquierda

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
A	350.00	2.40	840.00	0.84
B	350.00	4.80	1680.00	1.68
C	350.00	4.80	1680.00	1.68
D	350.00	4.80	1680.00	1.68
E	350.00	2.40	840.00	0.84

###### ▪ Derecha

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
F	350.00	2.40	840.00	0.84
G	350.00	4.80	1680.00	1.68
H	350.00	4.80	1680.00	1.68
I	350.00	4.80	1680.00	1.68
J	350.00	4.80	1680.00	1.68
K	350.00	2.40	840.00	0.84

##### 2.1.1.2. Vigas de Borde y Vigas Centrales

###### ▪ Izquierda

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Peralte (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
A	2400.00	0.10	0.25	240.00	0.24
B	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48

C	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
D	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
E	2400.00	0.10	0.25	240.00	0.24

▪ Derecha

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Peralte (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
F	2400.00	0.10	0.25	240.00	0.24
G	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
H	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
I	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
J	2400.00	0.20	0.25	480.00	0.48
K	2400.00	0.10	0.25	240.00	0.24

### 2.1.1.3. Piso Terminado

▪ Izquierda

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
A	100.00	2.40	240.00	0.24
B	100.00	4.80	480.00	0.48
C	100.00	4.80	480.00	0.48
D	100.00	4.80	480.00	0.48
E	100.00	2.40	240.00	0.24

▪ Derecha

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
F	100.00	2.40	240.00	0.24
G	100.00	4.80	480.00	0.48
H	100.00	4.80	480.00	0.48
I	100.00	4.80	480.00	0.48
J	100.00	4.80	480.00	0.48
K	100.00	2.40	240.00	0.24

### 2.1.1.4. Muros

#### ▪ Izquierda

Eje	W (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Altura de Muro (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
A entre 1 y 2	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
A entre 2 y 3	1800.00	0.15	1.10	297.00	0.30
B entre 1 y 2	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
B entre 3 y 4	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
C entre 1 y 2	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
D entre 1 y 2	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
D entre 3 y 4	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
E entre 1 y 2	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
E entre 3 y 4	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35

#### ▪ Derecha

Eje	W (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Altura de Muro (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
G entre 1 y 2	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
H entre 1 y 2	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
I entre 3 y 4	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
K entre 1 y 2	1800.00	0.25	3.00	1350.00	1.35
K entre 2 y 3	1800.00	0.15	1.10	297.00	0.30

### 2.1.2. CARGA VIVA

#### ▪ Izquierda

Eje	Ambiente	Descripción (E.020)	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)	Total (Tn/m)
A entre 1 y 2	Almacén	Sala de almacenaje	750.00	2.43	1818.75	1.82	1.82
A entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.45	980.00	0.98	0.98
A entre 3 y 4	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.43	727.50	0.73	0.73
B entre 1 y 2	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.43	727.50	0.73	1.45
	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.40	720.00	0.72	
B entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.45	980.00	0.98	1.94

	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	
B entre 3 y 4	SS. HH.	Baños	300.00	2.43	727.50	0.73	1.45
	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.40	720.00	0.72	
C entre 1 y 2	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.40	720.00	0.72	1.44
	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.40	720.00	0.72	
C entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.43	970.00	0.97	1.93
	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	
C entre 3 y 4	SS. HH.	Baños	300.00	2.40	720.00	0.72	1.44
	SS. HH.	Baños	300.00	2.40	720.00	0.72	
D entre 1 y 2	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.40	720.00	0.72	1.32
	Aula	Aulas	250.00	2.40	600.00	0.60	
D entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	1.92
	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	
D entre 3 y 4	SS. HH.	Baños	300.00	2.40	720.00	0.72	0.72
E entre 1 y 2	Aula	Aulas	250.00	2.45	612.50	0.61	0.61
E entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	0.96
E entre 3 y 4	Pasadizo	Corredores	400.00	2.45	980.00	0.98	0.98

▪ Derecha

Eje	Ambiente	Descripción (E.020)	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)	Total (Tn/m)
F entre 1 y 2	Aula	Aulas	250.00	2.45	612.50	0.61	0.61
F entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	0.96
F entre 3 y 4	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.45	735.00	0.74	0.74
G entre 1 y 2	Aula	Aulas	250.00	2.45	612.50	0.61	1.21
	Aula	Aulas	250.00	2.40	600.00	0.60	
G entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.45	980.00	0.98	1.94
	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	
G entre 3 y 4	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.45	735.00	0.74	1.46
	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.40	720.00	0.72	
H entre 1 y 2	Aula	Aulas	250.00	2.45	612.50	0.61	1.33
	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.40	720.00	0.72	
H entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	1.92
	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	
H entre 3 y 4	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.45	735.00	0.74	1.46
	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.40	720.00	0.72	
I entre 1 y 2	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.40	720.00	0.72	1.44

	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.40	720.00	0.72	
I entre 2 y 3	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	1.92
	Pasadizo	Corredores	400.00	2.40	960.00	0.96	
I entre 3 y 4	Laboratorio	Laboratorio	300.00	2.40	720.00	0.72	1.44
	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.40	720.00	0.72	
J entre 1 y 2	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.40	720.00	0.72	1.44
	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.40	720.00	0.72	
J entre 2 y 3	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.40	720.00	0.72	1.44
	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.40	720.00	0.72	
J entre 3 y 4	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.40	720.00	0.72	1.44
	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.40	720.00	0.72	
K entre 1 y 2	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.43	727.50	0.73	0.73
K entre 2 y 3	Pasadizo	Salas de lectura	300.00	2.45	735.00	0.74	0.74
K entre 3 y 4	Biblioteca	Salas de lectura	300.00	2.43	727.50	0.73	0.73

## 2.2. VIGAS SECUNDARIAS

### 2.2.1. CARGA MUERTA

#### 2.2.1.1. Losa Aligerada

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
1	350.00	1.00	350.00	0.35
2	350.00	1.00	350.00	0.35
3	350.00	1.00	350.00	0.35
4	350.00	1.00	350.00	0.35

#### 2.2.1.2. Piso Terminado

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
1	100.00	1.00	100.00	0.10
2	100.00	1.00	100.00	0.10
3	100.00	1.00	100.00	0.10
4	100.00	1.00	100.00	0.10

### 2.2.1.3. Muros

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Altura de Muro (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
1	1800.00	0.25	1.85	832.50	0.83
2	1800.00	0.25	2.20	990.00	0.99
3	1800.00	0.25	2.20	990.00	0.99
4	1800.00	0.25	1.85	832.50	0.83

### 2.2.2. CARGA VIVA

#### ▪ Izquierda

Eje	Ambiente	Descripción (E.020)	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)	Total (Tn/m)
1 entre A y B	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
1 entre B y C	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
1 entre C y D	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
1 entre D y E	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
2 entre A y B	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	0.35
	Pasadizo	Corredores	400.00	0.50	200.00	0.20	
2 entre B y C	Laboratorio	Laboratorio	400.00	0.50	200.00	0.20	0.60
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre C y D	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	0.55
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre D y E	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
3 entre A y B	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.55
	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	
3 entre B y C	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.55
	SS. HH	Baños	300.00	0.50	150.00	0.15	
3 entre C y D	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.55
	SS. HH	Baños	300.00	0.50	150.00	0.15	
3 entre D y E	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.40
4 entre A y B	Laboratorio	Laboratorio	750.00	0.50	375.00	0.38	0.38
4 entre B y C	SS. HH	Baños	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
4 entre C y D	SS. HH	Baños	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
4 entre D y E	Pasadizo	Corredores	301.00	1.00	301.00	0.30	0.30

▪ Derecha

Eje	Ambiente	Descripción (E.020)	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)	Total (Tn/m)
1 entre F y G	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.13
1 entre G y H	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
1 entre H y I	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
1 entre I y J	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
1 entre J y K	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
2 entre F y G	Aula	Aulas	250.00	0.50	125.00	0.13	0.53
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre G y H	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	0.55
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre H y I	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	0.55
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre I y J	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	0.55
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
2 entre J y K	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	0.55
	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	
3 entre F y G	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.55
	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	
3 entre G y H	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.55
	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	
3 entre H y I	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.55
	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	
3 entre I y J	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.55
	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	
3 entre J y K	Pasadizo	Corredores	400.00	1.00	400.00	0.40	0.55
	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	
4 entre F y G	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
4 entre G y H	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
4 entre H y I	Laboratorio	Laboratorio	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15
4 entre I y J	Biblioteca	Salas de Lectura	300.00	0.50	150.00	0.15	0.15

### 3. TERCER NIVEL

#### 3.1. VIGAS PRINCIPALES

##### 3.1.1. CARGA MUERTA

###### 3.1.1.1. Cobertura de Teja Andina

###### ▪ Izquierda

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Longitud (m)	Carga (kg)	Carga (Tn)
A	10.24	1.00	3.90	39.94	0.0399
B	10.24	1.00	5.10	52.22	0.0522
C	10.24	1.00	5.10	52.22	0.0522
D	10.24	1.00	5.10	52.22	0.0522
E	10.24	1.00	5.10	52.22	0.0522

###### ▪ Derecha

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Longitud (m)	Carga (kg)	Carga (Tn)
F	10.24	1.00	5.10	52.22	0.0522
G	10.24	1.00	5.10	52.22	0.0522
H	10.24	1.00	5.10	52.22	0.0522
I	10.24	1.00	5.10	52.22	0.0522
J	10.24	1.00	5.10	52.22	0.0522
K	10.24	1.00	3.90	39.94	0.0399

###### 3.1.1.2. Carga e Correas

###### ▪ Izquierda

Eje	W (kg/m)	Longitud (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
A	2.77	3.60	9.97	0.0100
B	2.77	4.80	13.30	0.0133

C	2.77	4.80	13.30	0.0133
D	2.77	4.80	13.30	0.0133
E	2.77	4.80	13.30	0.0133

▪ Derecha

Eje	W (kg/m)	Longitud (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
F	2.77	4.80	13.30	0.0133
G	2.77	4.80	13.30	0.0133
H	2.77	4.80	13.30	0.0133
I	2.77	4.80	13.30	0.0133
J	2.77	4.80	13.30	0.0133
K	2.77	3.60	9.97	0.0100

### 3.1.2. CARGA VIVA DE TECHO

▪ Izquierda

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Longitud (m)	Carga (kg)	Carga (Tn)
A	50.00	1.00	3.90	195.00	0.1950
B	50.00	1.00	5.10	255.00	0.2550
C	50.00	1.00	5.10	255.00	0.2550
D	50.00	1.00	5.10	255.00	0.2550
E	50.00	1.00	5.10	255.00	0.2550

▪ Derecha

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Longitud (m)	Carga (kg)	Carga (Tn)
F	50.00	1.00	5.10	255.00	0.2550
G	50.00	1.00	5.10	255.00	0.2550
H	50.00	1.00	5.10	255.00	0.2550
I	50.00	1.00	5.10	255.00	0.2550
J	50.00	1.00	5.10	255.00	0.2550
K	50.00	1.00	3.90	195.00	0.1950

## 3.2. VIGAS SECUNDARIAS

### 3.2.1. CARGA MUERTA

#### 3.2.1.1. Cobertura de Teja Andina

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
1	350.00	1.00	350.00	0.3500
2	350.00	1.00	350.00	0.3500
3	350.00	1.00	350.00	0.3500
4	350.00	1.00	350.00	0.3500

#### 3.2.2. CARGA VIVA DE TECHO

Eje	W (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de Influencia (m)	Carga (kg/m)	Carga (Tn/m)
1	50.00	1.00	50.00	0.0500
2	50.00	1.00	50.00	0.0500
3	50.00	1.00	50.00	0.0500
4	50.00	1.00	50.00	0.0500

## ANEXO N° 04

### EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL EDIFICIO 2J

#### 1. GENERALIDADES

El edificio 2J de la Universidad Nacional de Cajamarca se terminó de construir en el año 2015. Es un edificio de tres niveles; dos módulos separados por una junta sísmica (5.00 cm) con un sistema estructural de pórticos de concreto armado en ambas direcciones, con tabiques aislados de los elementos estructurales mediante junta (3/4") y con cobertura de teja andina.

El módulo del lado izquierdo cuenta con cinco pórticos principales de concreto armado de tres tramos cada uno y cuatro pórticos secundarios de cuatro tramos cada uno. Los pórticos principales y secundarios de los dos primeros niveles son horizontales, mientras que los del tercer nivel cuentan con la inclinación correspondiente para garantizar la correcta evacuación de las aguas de lluvia.

El módulo del lado derecho cuenta con seis pórticos principales de concreto armado de tres tramos cada uno y cuatro pórticos secundarios de cinco tramos cada uno. Los pórticos principales y secundarios de los dos primeros niveles son horizontales, mientras que los del tercer nivel cuentan con la inclinación correspondiente para garantizar la correcta evacuación de las aguas de lluvia.

Cada nivel del edificio se comunica mediante una escalera de concreto armado de un solo tramo.

En los tres niveles del edificio se cuenta con la debida señalización y equipamiento necesario en caso de desastres naturales y producidos por el hombre (incendios).

El edificio cuenta con tuberías que garanticen la correcta evacuación de aguas de lluvia.

Actualmente el edificio pertenece a la Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Académico Profesional de Zootécnica.

## **2. ANÁLISIS DE LA DOCUMENTACIÓN EXISTENTE**

### **2.1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Para la correcta proyección del edificio se elaboró el Estudio de Mecánica de Suelos en el mes de febrero del año 2007 en un laboratorio local.

El estudio precisa que al momento de elaborar los trabajos de investigación de campo se tomaron como referencia estudios similares realizados con anterioridad en la zona.

Se realizó la excavación de dos calicatas o pozos a cielo abierto según lo estipulado en la Norma ASTM D420; la profundidad promedio de investigación alcanzada se encuentra a 3.00 metros por debajo del nivel natural del suelo y de forma rectangular con dimensiones de 1.50 m X 1.50 m.

Luego de realizar los correspondientes ensayos de laboratorio, se tiene que los niveles de cimentación del edificio están conformados por arcillas inorgánicas de alta plasticidad. Éstas arcillas son del tipo CH (clasificación SUCS), con escasa cantidad de materiales granulares y con elevada resistencia en estado seco pero blandas e inestables al entrar en contacto con la humedad.

La capacidad de carga de diseño para el nivel de cimentación fue calculada usando un Factor de Seguridad igual a cinco (5.00) dando como resultado  $0.82 \text{ kg/cm}^2$ ; este valor se obtuvo empleando la ecuación de Terzaghi.

La norma peruana E.050 (Suelos y Cimentaciones) especifica que los factores de seguridad mínimos que deberán tener las cimentaciones son los siguientes:

- a. Para cargas estáticas: 3.00.
- b. Para sollicitación máxima de sismo o viento (la que sea más desfavorable): 2.50.

Se concluye que el Factor de Seguridad empleado (5.00) en el cálculo de la capacidad de carga es aceptable ya que es mayor al mínimo solicitado por la Norma E.050.

El objetivo esperado al utilizar un factor de seguridad igual a cinco (5.00) fue:

- a. Prevenir las variaciones naturales en la resistencia al corte del suelo.
- b. Prever asentamientos diferenciales perjudiciales de la cimentación.
- c. Las incertidumbres implicadas en los métodos o fórmulas utilizadas para el cálculo de la capacidad de carga última de falla.

Teniendo en cuenta estudios similares realizados con anterioridad, los resultados presentados en el Estudio de Mecánica de Suelos son consistentes. Específicamente, el Estudio de Mecánica de Suelos realizado para la tesis doctoral del Ing. Miguel Mosqueira Moreno (2012) "Riesgo sísmico en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – UNC", da como capacidad de carga última de falla un valor igual a  $0.83 \text{ kg/cm}^2$ , hallado a una profundidad de 3.00 metros desde el nivel natural del terreno. También, el suelo encontrado a dicha profundidad son arcillas tipo CL (SUCS). Todos los estudios realizados fueron hechos con fecha del mes de julio de 2011.

## **2.2. DISEÑO DE MEZCLAS**

Por solicitud de la Oficina General de Servicios y Gestión Ambiental de la Universidad Nacional de Cajamarca, en el mes de noviembre de año 2013 se solicitó un diseño de mezclas a un laboratorio local con resistencias a compresión de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$  para zapatas, vigas de cimentación, columnas, losa aligerada, viguetas y vigas, y  $175 \text{ kg/cm}^2$  para sobrecimientos.

Dicho estudio dio como resultados proporcionamientos tanto en peso como en volumen para cada resistencia de diseño, calculados usando el mismo tipo de cemento y agregados.

Durante la construcción de edificio, el mismo laboratorio se encargó de la evaluación del concreto usado, por lo cual se emitió un certificado de

Ensayo a Compresión con fecha del mes de abril del año 2014. Los resultados que interesaron en ésta investigación, son los siguientes:

**Tabla A.1:** Resultados de Ensayo a Compresión del Concreto en Columnas.

Probeta N°	Días	Descripción	Resistencia Requerida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
1	125	Primer Piso	210.00	259.68	123.66%
2	125	Primer Piso	210.00	264.98	126.18%
3	131	Primer Piso	210.00	287.42	136.87%
4	132	Primer Piso	210.00	289.64	137.92%
5	68	Segundo Piso	210.00	282.56	134.55%
6	68	Segundo Piso	210.00	281.55	134.07%
7	63	Segundo Piso	210.00	279.87	133.27%
8	63	Segundo Piso	210.00	278.69	132.71%

Fuente: Certificado de Ensayo a Compresión, 2014.

**Tabla A.2:** Resultados de Ensayo a Compresión del Concreto en Vigas.

Probeta N°	Días	Descripción	Resistencia Requerida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
1	75	Primer Piso	210.00	296.54	141.21%
2	75	Primer Piso	210.00	298.50	142.14%
3	33	Segundo Piso	210.00	349.78	166.56%
4	33	Segundo Piso	210.00	352.43	167.82%

Fuente: Certificado de Ensayo a Compresión, 2014.

En el Certificado de Ensayo a Compresión se indica que las muestras han sido proporcionadas por los interesados (Oficina General de Servicios y

Gestión Ambiental de la Universidad Nacional de Cajamarca), por lo que el Laboratorio solo se responsabiliza por los resultados obtenidos.

Teniendo en cuenta la Norma ASTM C31, las probetas requeridas para la evaluación de calidad del concreto deben ser tratadas con determinados procedimientos para garantizar la validez de resultados. Con referencia al curado estándar de cilindros se menciona lo siguiente:

- Al terminar el curado inicial y antes de que transcurran 30 minutos después de haber removido los moldes, almacene los especímenes en condiciones de humedad adecuada, siempre cubiertos con agua a una temperatura de  $23 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ . Se permiten temperaturas de entre  $20^{\circ}$  y  $30^{\circ}\text{C}$  durante un período que no exceda de 3 horas inmediatamente antes de hacer la prueba, si siempre se mantiene húmeda la superficie del espécimen.
- Almacenar los cilindros lo más cercano posible a la estructura de concreto que representen. Mantenga los cilindros en las mismas condiciones que el concreto de la estructura (protección, humedad, temperatura, curado, etc.).

En la documentación existente del proyecto no se indica el método de curado de las probetas ni el tiempo de curado de las mismas. Por lo tanto, no se puede garantizar la validez de los resultados obtenido a través de un laboratorio local.

Debido a lo anterior, para esta investigación, se ha considerado usar solamente el 90% del valor más desfavorable de la resistencia a la compresión para cada elemento estructural.

**Tabla A.3:** Resistencia a la Compresión del Concreto a Usar.

Elemento Estructural	f'c más Desfavorable (kg/cm <sup>2</sup> )	90 % f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Columnas	259.00	233.00
Vigas	296.00	266.00

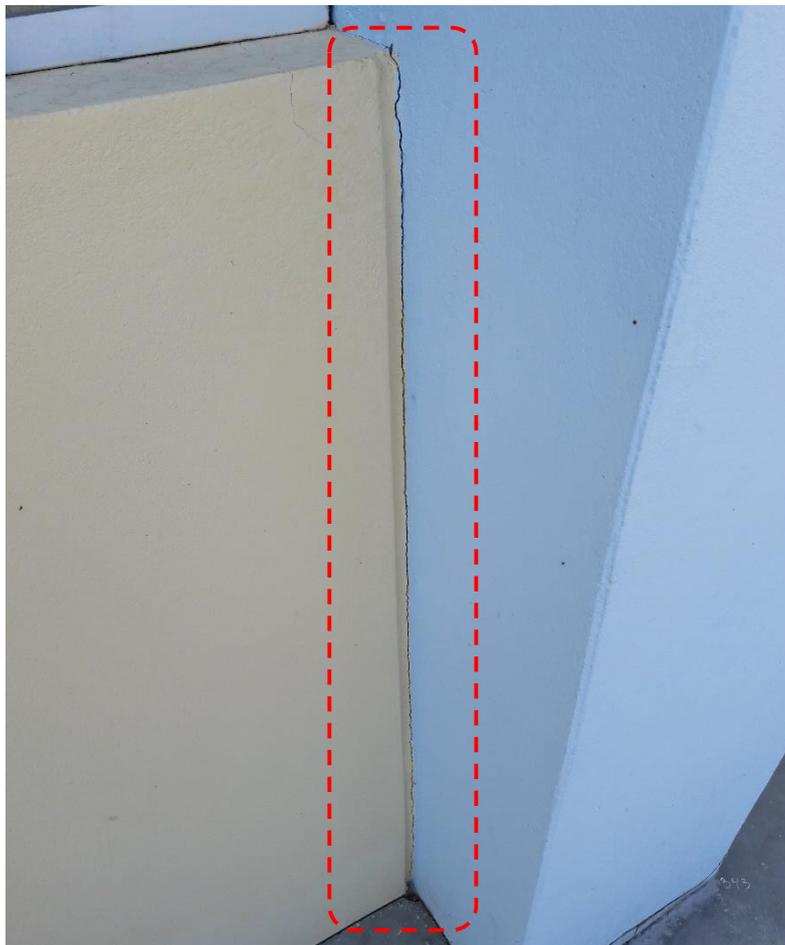
Fuente: *Elaboración Propia.*

### 3. ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO

Mediante una inspección visual del edificio se pudo determinar lo siguiente:

- Presenta asentamientos perceptibles en columnas.
- 

**Figura A.1:** Asentamientos en Columnas.



- No hay presencia de deflexiones visibles en vigas.
- No hay presencia de deflexiones visibles en losas.
- No hay presencia de deflexiones visibles en escaleras.
- No hay presencia de deflexiones visibles en tabiques.
- Presenta asentamientos perceptibles en veredas.

**Figura A.2:** *Asentamientos en Veredas.*



- Presenta eflorescencia secundaria en tabiques del primer nivel

**Figura A.3:** *Eflorescencia Secundaria en Tabiques.*



#### **4. CRITERIOS ESTRUCTURALES**

El edificio 2J fue proyectado con un sistema estructural aporticado de concreto armado en ambos sentidos, con tabiques aislados de los elementos estructurales y losas aligeradas en una sola dirección.

El edificio fue proyectado en el año 2007, usando para su cálculo estructural la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 del año 2003.

De lo anterior, se concluye que el análisis sísmico espectral del edificio tendrá variaciones con respecto a la Norma de Diseño Sismorresistente más actual (2016).

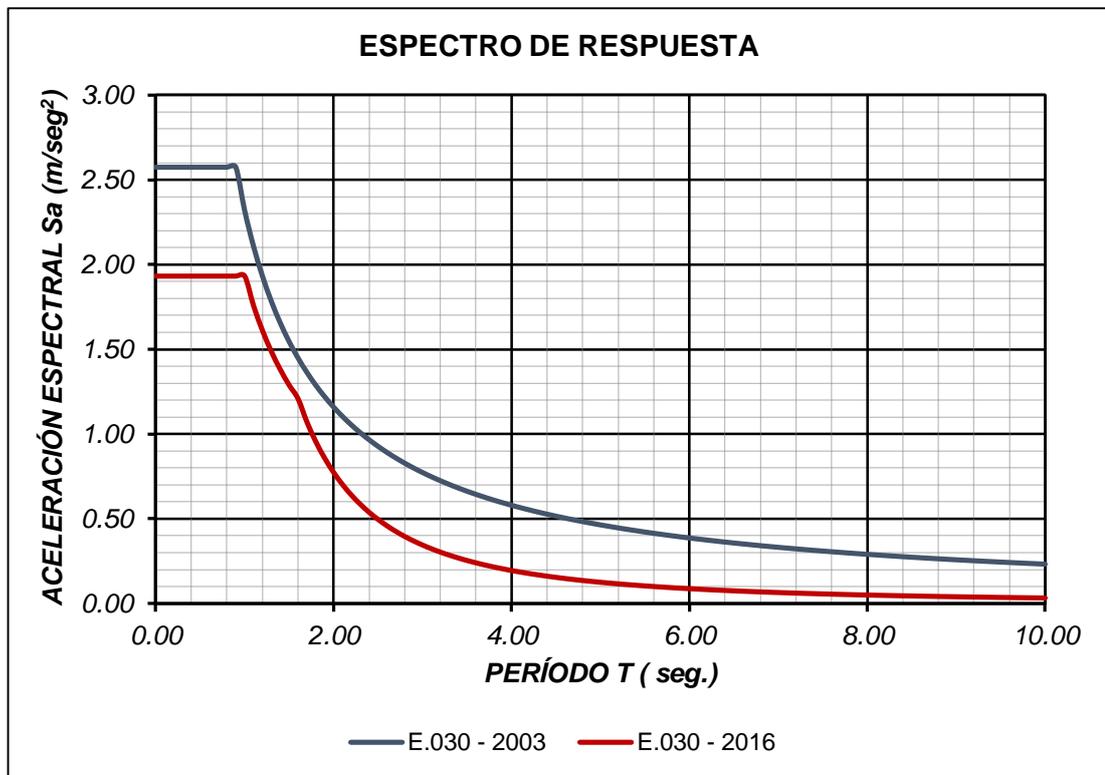
A continuación, se presentan las variaciones en el espectro de respuesta considerando ambas normas de diseño sismorresistente (E.030 – 2003 y E.030 – 2016):

**Tabla A.4:** Comparación de las Normas de Diseño Sismorresistente del año 2003 y 2016.

Parámetro		E.030 2003	E.030 2016	Descripción
Factor de zona.	Z	0.40	0.35	Para la provincia de Cajamarca.
Factor de uso.	U	1.5	1.5	Para la categoría A2 (edificaciones esenciales).
Factor de suelo.	S	1.4	1.2	Para suelos del tipo flexible (Tipo S <sub>3</sub> )
Factor de amplificación sísmica.	C	$2.5 \left( \frac{T_P}{T} \right)$	$2.5 \left( \frac{T_P}{T} \right)$	Factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo.
Periodo que define la plataforma del espectro.	T <sub>P</sub>	0.9	1	Depende del factor S.
Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas.	R	8	8	Para el sistema estructural de Pórticos de Concreto Armado.
Aceleración de la gravedad.	g	9.81	9.81	m/seg <sup>2</sup>
Aceleración espectral.	S <sub>a</sub>	$\frac{ZUCS}{R} g$	$\frac{ZUCS}{R} g$	Define el espectro de pseudo – aceleración.

Fuente: Normas de Diseño Sismorresistente de 2003 y 2016.

**Figura A.4:** Espectros de Respuesta de las Normas de Diseño Sismorresistente del año 2003 y 2016.



Fuente: *Elaboración Propia.*

En esta investigación, el comportamiento sísmico del edificio se verá afectado por la modificación de la Norma presentada anteriormente. Se prestó atención a las variables donde se puede presentar una variación sustancial por la modificación de la Norma, como son:

- Derivas de entrepiso.
- Junta sísmica.
- Tipo de falla.
- Estabilidad de tabiques.
- Peligro sísmico.

**ANEXO N° 05**  
**PLANOS**

- A-01** : DISTRIBUCIÓN PRIMERA PLANTA
- A-02** : DISTRIBUCIÓN SEGUNDA PLANTA
- A-03** : DISTRIBUCIÓN TERCERA PLANTA
- A-04** : ELEVACIONES
- A-05** : ELEVACIONES
- A-06** : CORTES
- A-07** : COBERTURA
- E-01** : CIMENTACIÓN
- E-02** : COLUMNAS
- E-03** : COLUMNAS
- E-04** : VIGAS PÓRTICOS PRINCIPALES
- E-05** : VIGAS PÓRTICOS SECUNDARIOS
- E-06** : ALIGERADOS PRIMERA PLANTA
- E-07** : ALIGERADOS SEGUNDA PLANTA
- E-08** : VIGAS TERCERA PLANTA
- E-09** : MAMPOSTERÍA PRIMERA PLANTA
- E-10** : MAMPOSTERÍA SEGUNDA PLANTA
- E-11** : MAMPOSTERÍA TERCERA PLANTA
- E-12** : ENTRAMADO DE TECHO