

“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD  
SÍSMICA PARA EL DISEÑO DEL  
REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL QUE  
MEJORARA LA RESPUESTA  
SISMORRESISTENTE DE LA I.E 81751 DIOS ES  
AMOR APLICANDO LA NORMA E.030-2019,  
CIUDAD DE TRUJILLO”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniera Civil**

**Autoras:**

Diana Estela Garcia Vasquez

Lizeht Jhamaly Rodriguez Sanchez

**Asesor:**

Mg. Lic. Gonzalo Hugo Díaz García

<https://orcid.org/0000-0002-3441-8005>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	Nixon Peche Melo	70615775
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	Sheyla Yuliana Cornejo Rodríguez	41639360
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 3	Eduar Rodríguez Beltrán	18213588
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

## **DEDICATORIA**

A para dios por habernos dado la fortaleza y las fuerzas internas para poder llegar hasta este nivel científico de la ingeniería, por brindarnos la bendición y la buena salud armoniosa, con paz, amor y felicidad, a nuestros padres, hermanos y a nuestra familia por el apoyo inmenso y la motivación que nos brindan día a día.

## AGRADECIMIENTO

En primera instancia, agradecemos a nuestro Dios por darnos y cuidar siempre nuestras vidas, nuestra salud y nuestra familia, a él por guiarnos y darnos un sentido de vida en cada mañana del amanecer, por darnos fuerzas, sabidurías e inteligencias científicas para poder cumplir con los requerido de nuestra carrera profesional.

En estas líneas agradecemos a toda nuestra familia por el apoyo moral e incondicional, quienes estuvieron pie junto durante estos cinco años de labor académica.

En estas líneas agradezco a mis padres Gilberto García y Rosa Vásquez por ser los primordiales promotores de mis sueños, gracias por todos los días confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar preparada para acompañarme cada extendida y agotadora noche de estudio, agotadoras noches en las que ella con un café aliviaba mi cansancio ; gracias a mi padre por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por todas sus enseñanzas que me guiaron a lo largo de mi vida.

En estas estas líneas agradezco a mis padres Segundo Alvarado y Mariana Gutiérrez ,hermanos y sobrinos por ser los primordiales promotores de mis sueños, gracias por creer en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo, sin ustedes y sus consejos, su amor y su cariño yo no habría llegado hasta donde estoy .A todos ellos dedico esta tesis, porque han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida y a ser muy perseverante en el transcurso del camino, los quiero mucho familia.

Agradezco de igual manera a un ángel que está en el cielo, que siempre me cuida y esta conmigo en todo momento, el ser que me enseñó a luchar, a no rendirme con perseverancia mientras haya vida pase lo que pase, ella siempre vivirá en mi corazón.

Un eterno agradecimiento a nuestro asesor Díaz García Gonzalo Hugo, por el apoyo experimental y científico, por su confianza y generosidad al demostrar cada momento de su tiempo ante el desarrollo de nuestra tesis, infinitas gracias por aceptar este reto científico.

A mi compañero Kelvin Evani Saca Camacho, a quien agradezco por tenerme tanta paciencia y por su apoyo incondicional, a lo largo de la carrera y por estar en los buenos y malos momentos y por ser un gran soporte y por darme su amor todo el día y ser el pilar en los conocimientos y por motivarme a cumplir todo lo que me propongo.

Agradecer también a la Prestigiosa universidad Privada del Norte, especialmente a la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por depositar la confianza y abrirnos las puertas para poder desarrollar nuestra tesis, como parte del proyecto de titulación.

### Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Antecedentes de la investigación	15
1.3. Bases teóricas	18
1.3.1. Ondas sísmicas	18
1.3.2. Placas tectónicas	19
1.3.3. Riesgo sísmico	19
1.3.4. Amenaza sísmica	20
1.3.5. Norma E.030 Diseño Sismorresistente	20
1.3.6. Norma E.060 Concreto Armado	21
1.3.7. Configuración estructural	21
1.3.8. Reforzamiento estructural	22
1.3.9. Fallas estructurales más comunes	23
1.3.10. Fallas estructurales y sus causas principales	25
1.3.11. Reforzamiento de componentes estructurales	26
1.3.12. Técnicas de reforzamiento estructural	27
1.3.13. Técnicas de reforzamiento estructural	38
1.3.14. Desempeño sísmico	40
1.3.15. Niveles de desempeño	41
1.3.16. Análisis estático no lineal	42
1.3.17. Rotulas	43
1.3.18. Curva de capacidad	44
1.3.19. Análisis lineal	44
1.3.20. Capacidad estructural	44
1.3.21. Fallas estructurales	45
1.4. Formulación del problema	46
1.4.1. Problemas específicos	46
1.5. Objetivos	46
1.5.1. Objetivo general	46
1.5.2. Objetivos específicos	47
1.6. Hipótesis	47
1.6.1. Hipótesis general	47
1.6.2. Hipótesis específicas	47
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	<b>49</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación	49
2.1.1. Tipo de investigación	49
2.1.2. Diseño de investigación	49
2.2. Variables y operacionalización	50
2.2.1. Variable independiente:	50
2.2.2. Variable dependiente:	50

2.3.Población y muestra	51
2.3.1. Población	51
2.3.2. Muestra	51
2.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	51
2.4.1. Técnicas	51
2.4.2. Instrumentos	52
2.4.3. Validez	53
2.4.4. Confiabilidad	53
2.5.Procedimiento	53
2.6.Método de análisis de datos	54
2.7.Aspectos éticos	54
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>56</b>
3.1.Levantamiento de planos arquitectónicos	56
3.1.1. Presentación general de la I.E 81751 Dios es Amor	56
3.1.2. Planos arquitectónicos	57
3.1.3. Secciones existentes de elementos estructurales	61
3.2.Resistencia cilíndrica de elementos estructurales	65
3.2.1. Ensayo de esclerometria o índice de rebote	65
3.2.2. Area de ensayo	66
3.2.3. Metodo de calculo	66
3.2.4. Resistencia cilindria del concreto real	67
3.2.5. Cuantia de acero corrugado	68
3.3.Respuesta sismorresistente	69
3.3.1. Normas de estructuras	69
3.3.2. Elasticidad de los materiales	70
3.3.3. Propiedades del terreno	70
3.3.4. Modelo estructural	71
3.3.5. Análisis por sollicitaciones de cargas de gravedad	74
3.3.6. Análisis sísmico estático	77
3.3.7. Análisis sísmico dinámico	79
3.3.8. Análisis por desempeño sísmico	83
3.3.9. Análisis estático No lineal – Pushover	83
3.3.9.1.Comportamiento no lineal del material	84
3.3.9.2.No linealidad en columnas, vigas y muros de albañilería	86
3.3.9.3.Patron de carga lateral	91
3.3.9.4.Desempeño estructural	93
3.4.Reforzamiento estructural	95
3.4.1. Esfuerzo estructural	95
3.4.2. Análisis sísmico con elementos nuevos de reforzamiento	99
3.4.2.1.Análisis modal	102
3.4.2.2.Desplazamientos laterales	103
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>105</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>111</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	25
Tabla 2:.....	68
Tabla 3.....	68
Tabla 4.....	69
Tabla 5.....	69
Tabla 6.....	70
Tabla 7.....	71
Tabla 8.....	76
Tabla 9.....	76
Tabla 10.....	77
Tabla 11.....	77
Tabla 12.....	79
Tabla 13.....	79
Tabla 14.....	79
Tabla 15.....	81
Tabla 16.....	81
Tabla 17.....	81
Tabla 18.....	82
Tabla 19.....	82
Tabla 20.....	82
Tabla 21.....	83
Tabla 22.....	88
Tabla 23.....	89
Tabla 24.....	102
Tabla 25.....	102
Tabla 26.....	103
Tabla 27.....	103
Tabla 28.....	104
Tabla 29.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Ubicación del proyecto de estudio.....	58
<i>Figura 2:</i> Distirbucion general de modulos (A, B, C y D).....	58
<i>Figura 3:</i> Distribucion típica del modulo A .....	59
<i>Figura 4:</i> Distibucion típica del modulo B .....	60
<i>Figura 5:</i> Distribucion típica del modulo C.....	60
<i>Figura 6:</i> Distribucion típica del modulo C.....	61
<i>Figura 7:</i> Ficha de registro modulo A .....	62
<i>Figura 8:</i> Ficha de registro modulo B y C.....	63
<i>Figura 9:</i> Ficha de registro modulo D .....	64
<i>Figura 10:</i> Toma de medidas estructuras en campo .....	65
<i>Figura 11:</i> Area de ensayo efectuada en campo .....	66
<i>Figura 12:</i> Procedimiento del ensayo esclerometrio en campo .....	67
<i>Figura 13:</i> Modelo estructural, modulo A (geometría y condiciones de continuidad) .....	73
<i>Figura 14:</i> Modelo estructural, modulo B y C (geometría y condiciones de continuidad) ..	73
<i>Figura 15:</i> Modelo estructural, modulo D (geometría y condiciones de continuidad) .....	74
<i>Figura 16:</i> Espectro de diseño según Norma E.030 .....	80
<i>Figura 17:</i> Modelo matemático de columna ancha y liberación de momeno en vigas .....	84
<i>Figura 18:</i> factores no lineales del material (concreto) .....	85
<i>Figura 19:</i> factores no lineales del material (acero) .....	86
<i>Figura 20:</i> Definición automática de rotulas plásticas en columnas.....	87
<i>Figura 21:</i> Definición automática de rotulas plásticas en vigas .....	88
<i>Figura 22:</i> creación de rolutas de cortante en muros de albañilería.....	90
<i>Figura 23:</i> Punto de comparación de la curva de capacidad - calibración 1 .....	90
<i>Figura 24:</i> Punto de comparación de la curva de capacidad - calibración 1 .....	91
<i>Figura 25:</i> creación de carga gravitacional no lineal.....	92
<i>Figura 26:</i> creación de carga lateral .....	92
<i>Figura 27:</i> Respuesta no lineal de la estructural del modulo A (dirección xx).....	94
<i>Figura 28:</i> Respuesta no lineal de la estructura del modulo B y C (dieccion xx) .....	94
<i>Figura 29:</i> Respuesta no lineal de la estructura del modulo D (dieccion yy) .....	95
<i>Figura 30:</i> Rotulas plásticas creadas y generadas en el modulo A .....	96
<i>Figura 31:</i> Rotulas plásticas creadas y generadas en el modulo B y C.....	96
<i>Figura 32:</i> Rotulas plásticas creadas y generadas en el modulo D .....	97
<i>Figura 33:</i> Puntos débiles para el reforzamiento estructural del modulo A.....	98

Figura 34: Puntos débiles para el reforzamiento estructural del modulo B y C .....	98
Figura 35: Puntos débiles para el reforzamiento estructural del modulo D .....	99
Figura 36: Estructura con propuesta de reforzamiento estructural, modulo A .....	100
Figura 37: Estructura con propuesta de reforzamiento estructural, modulo B y C .....	101
Figura 38: Estructura con propuesta de reforzamiento estructural, modulo B y C .....	101

## RESUMEN

En la actualidad dado la circunstancia de no contar con buen nivel estadístico para las inversiones en reparación estructural de instituciones educativas, siendo la mayoría de ellas afectados por el fenómeno “El Niño” ocurrido en el año 2017 y en la realidad de las cosas, si no se reparan las estructuras afectadas estaríamos en un grave problema contra el comportamiento sismorresistente ante cualquier movimiento sísmico severo. Es por ello que surge esta investigación, con el propósito de determinar la vulnerabilidad sísmica para el diseño del reforzamiento estructural que mejorara la respuesta sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo. En esta investigación, para determinar la vulnerabilidad estructural se empleó la metodología sugerida por la norma ASCE 41-13, mediante el método del análisis no lineal (Pushover). A fin de encontrar los resultados en base a la respuesta sismorresistente, se planteó un diseño estructural con la incorporación de elementos nuevos de concreto armado para aumentar la capacidad y resistencia estructural, de tal forma que, en términos de rigidez, las estructuras presenten un buen comportamiento, suficiente para controlar los desplazamientos laterales provocados por la fuerza sísmica. De los módulos A, B, C y D (edificaciones en estudio) se identificó que todas las estructuras no cuentan con un buen comportamiento sismorresistente, consecuentemente en el módulo A, se ha reforzado con 6 placas de longitud  $L=1.20m$ , placas acopladas a los elementos estructurales existentes, en el módulo B y C se emplearon 6 placas con longitud  $L=1.30$ , mientras que en módulo D, solo se incorporaron 4 muros de corte con longitud  $L=1.20m$ , con estas geometrías las estructuras presentan un comportamiento aceptado por la norma E.030.

**PALABRAS CLAVES:** Vulnerabilidad, Diseño, Reforzamiento,

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Esta investigación se realiza tomando como referencia la inexistencia de información estadística sobre los estudios principales de vulnerabilidad sísmica de diversas Instituciones Educativas , principalmente de la región costa (INEI, 2013), ya que gran parte de ellas, han sido construidas sin proceso ni control de calidad de sus materiales, es más, no cumplen con el diseño estructural requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), a la vez, esto puede ser muy catastrófico ante la llegada de cualquier evento telúrico.

Además, Sísmicamente, nuestro territorio Peruano, al igual que México, Chile y Japón, están situados sobre el manto caliente de la zona con alta actividad sísmica, consecuentemente ambos países están expuestos a recibir grandes movimientos dinámicos del suelo, puesto que el constante movimiento de sismos ocurridos en nuestro país, es debido a nuestra geografía que se ubica sobre el cinturón del fuego del pacifico, es decir, los sismos en el Perú se producen por el constante movimiento convergente de las placas tectónicas, Nasca y Sudamericana, mediante el proceso de subducción. (PREDES, 2016)

Por otro lado, es importante saber sobre el ultimo terremoto más cercano de la historia que sucedió en pisco, suceso del 2007, donde se registraron distintas instituciones educativas, las que fueron construidas bajo los criterios técnicos de la Norma Sismorresistente de 1997, la falla más eminente, fue por columna corta (Kuroiwa, 2016). Asimismo, se informa que las estructuras educativas del Perú, construidas con la Norma Sismorresistente con tiempo antes de 1997, efectivamente tiene deficiencias en el diseño por rigidez lateral de pórticos principales, esto se debe a que tuvieron fallas graves en la dirección

principal de pórticos, en el tiempo de los sismos de Nazca 1996, Ático 2001 y Pisco 2007. (San Bartolomé, et, 2018).

En el Perú, existen aproximadamente 41000 centros educativos de categoría pública, construidos en diferentes tiempos, con distinta distribución arquitectónica y materia prima; puesto que, de esta numeración, en abundantes casos se desconoce el estudio del estado actual de vulnerabilidad estructural de distintas instituciones educativas. Lo cierto es que, a observación simple se puede diagnosticar que la mayoría de las edificaciones educativas, son efectivamente vulnerables ante el empuje de fuerzas externas generadas por los sismos de gran magnitud. Principalmente la vulnerabilidad estructural de los centros educativos aumenta cada vez con la informalidad de planificación en diseños profesionales, más aún en edificaciones escolares que han sido construidas en tiempos antiguos, cuando los códigos normativos no eran muy exigentes, es decir, tenían factores de seguridad estructural que no eran investigados muy a fondo, como las que se exige hoy en la actualidad. (Vargas, 2018 Pág. 20)

El constante movimiento de sismos raros ocurridos en el Perú, han ocasionado daños graves y severos a distintas estructuras educativas, principalmente en la región costa. Consecuentemente el estado tiene que tomar las medidas correspondientes en capitalizar el rescate total de las estructuras educativas, ya que en distintas ocasiones, muchos colegios se recuperan mediante un reforzamiento estructural, la cual se consigue la disminución de vulnerabilidad sísmica, es decir, la estructura reforzada no podrá ser afectada por ninguna ocurrencia sísmica, es más, estructuralmente, una institución educativa, no tiene que ser interrumpida por ningún susto dinámico de terremotos, ya que en ella existirá gran cantidad de personas. (MINEDU, 2014)

Actualmente se mantiene el Plan Nacional de Infraestructura Educativa, generada con el plan al 2025, la cual fue elaborada bajo el respaldo del censo de infraestructura Educativa del 2014 (CIE, 2014), el propósito de este programa, es invertir en la reducción de la brecha de las distintas infraestructuras educativas públicas del Perú, con una inversión aproximada de S/ 100,499 millones de soles. Generalmente la línea de inversión está dada para reducir la vulnerabilidad sísmica que afecta a los centros educativos. Es por ello que, a raíz de esto, se plantea esta investigación, a fin de realizar una evaluación de vulnerabilidad sísmica, que permitirá optar por un reforzamiento estructural, que puede ser mediante el acoplamiento de elementos nuevos de concreto armado, ya que es un sistema de bajo empleo y económico. Puesto que, para identificar el estado actual de vulnerabilidad estructural, en nuestra investigación, se realizarán ensayos de esclerometría, planos estructurales, identificación de factores sísmicos y el reconocimiento físico y mecánico del estrato de fundación, donde se apoya la cimentación existente.

Cabe acotar que los sismos raros de gran magnitud no afectan directamente a la población, sino de manera indirecta, contra la destrucción estructural de las edificaciones y más aún, a aquellas edificaciones de función escolar, donde se reúnen bastante población. Por ende, se puede deducir que, un suceso sísmico no se puede controlar, lo real es que se puede reducir la vulnerabilidad estructural, mediante el diseño en reforzamiento estructural de aquellas edificaciones escolares construidas con la Norma Sismorresistente anteriores a 1997, como es el caso de la I.E 81751 Dios es Amor, situada en el Distrito la Esperanza, ciudad de Trujillo. Plantear la evaluación de vulnerabilidad sísmica y proponer un reforzamiento estructural en las instituciones, se evitaría, en lo posible el colapso de la estructura y pérdidas humanas, es decir, estaríamos obligados a cumplir con los códigos

Normativas señaladas en el decreto del Reglamento Nacional de Edificaciones, mediante su Norma Sismorresistente E.030-2019.

El proyecto en estudio está constituido por varios módulos existentes construidos en diferente tiempo, las construcciones realizadas fueron de manera informal, es decir, no existió control de calidad en los materiales, supervisión técnica. El sistema estructural predominante que gobierna en cada módulo está formado por muros portantes de albañilería confinada y pórticos de concreto armado.

Con lo expuesto anteriormente, las investigaciones referentes a la evaluación de vulnerabilidad sísmica, permitirán tener un enfoque claro y conciso sobre la mitigación de poder reducir la vulnerabilidad estructural de la I.E 81751 Dios es Amor, en lo posible mediante un plan de diseño en reforzamiento estructural con elementos nuevos de concreto armado, e identificar la reducción de vulnerabilidad sísmica. Para ello, existen diferentes fuentes de origen internacional, nacional y local, como el de:

## **1.2. Antecedentes de la investigación**

Acevedo et al. (2019), realizaron una investigación, cuyo objetivo fue diagnosticar las estructuras que en lo posible necesitan un reforzamiento estructural, mediante la evaluación de vulnerabilidad sísmica de 82 centros educativos, de la zona metropolitana de Medellín. Los autores concluyen que la falla estructural, se debe al efecto de columna corta, con el 67% del total estructuras evaluadas, consecuentemente el reforzamiento estructural, consistió en incrementar la rigidez de pórticos y aislar el elemento no estructural del contexto portante.

Ortiz (2017), elaboró una investigación, con el objetivo de realizar el estudio de vulnerabilidad sísmica de la I.E San Rafael de Rozas Post Sismo 8.4 (MW). El investigador concluye que la principal falla de la estructura, se debe al efecto de columna corta y el no aislamiento de bloques irregulares que forman una figura en planta del tipo “L”, además fue muy evidente que este tipo de irregularidad, hace crecer cada vez más, la vulnerabilidad estructural de la I.E.

Loor (2017), desarrollo una investigación, cuyo fin fue, identificar los niveles de vulnerabilidad sísmica y diseñar el reforzamiento estructural bajo las exigencias de la Norma Sismorresistente. El autor concluye que, el incremento de vulnerabilidad se debe a la falta de rigidez lateral, la estructura presenta derivas superiores al máximo permisible, señalado por la NEC 2015; por otro lado, el autor manifiesta que el reforzamiento mediante acoplamiento de muros de corte, reduce significativamente los desplazamientos laterales, haciendo cumplir el reglamento vigente y tener un mejor comportamiento estructural, ante los sismos raros.

Pacori (2019), realizo una investigación, cuyo objetivo fue identificar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras educativas públicas de concreto armado, para la prueba de un sismo raro. El investigador realizo ensayos de esclerometría, seis puntos por edificación, con el propósito de encontrar las resistencias del concreto existente. En su conclusión, el autor señala, que empleo el análisis estático no lineal (Pushover), definido por el software ETABS; además manifiesta que el punto de desempeño sísmico de las estructuras existentes, superan los valores señalados en la Norma E.030, es decir, las edificaciones presentan baja rigidez lateral.

Cabezas (2016), abordó una investigación, con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad estructural de la Facultad de Comunicación Social, mediante el análisis lineal de fuerzas equivalentes y dinámico, bajo los controles de NEC 2015. Sísmicamente, el autor concluye que la estructura es vulnerable por la presencia de mayores derivas del máximo permisible; por otro lado, el autor da a conocer que el reforzamiento estructural mediante el sistema de enchapados, incrementa la rigidez lateral, haciendo que el costo beneficio de la estructura, sea proporcional.

Fuentes (2018), realizó una investigación, cuyo objetivo fue estudiar el desempeño sísmico de un edificio de cinco pisos de concreto armado empleando el método del análisis estático no lineal (pushover) según los criterios de la Normativa E.030 de Diseño Sismorresistente. El método pushover consiste en aplicar patrones predeterminados de fuerzas laterales de sismo a la estructura, hasta llegar al punto de falla. El autor concluye que, en la estructura estudiada, las articulaciones plásticas no se presentan en todas las vigas y columnas en un solo tiempo, es decir, el desempeño de la estructura se encuentra en el rango elástico, debido a que las propiedades mecánicas y físicas de los materiales, cumplen con las indicaciones mínimas señaladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Pilamunga (2016), realizó una investigación, cuyo objetivo fue modelar la estructura existente de la Facultad de Ciencias, a fin de conocer la vulnerabilidad sísmica de la edificación. El investigador, concluye que estructuralmente, la edificación presenta derivas superiores al máximo aceptado por la NEC 2015, también se evidenció la construcción de columnas cortas, casi en su totalidad de las estructuras evaluadas, lo cual es un problema muy grave, ya que los elementos con responsabilidad estructural, pueden fallar por corte, ante la llegada de cualquier suceso dinámico.

Pinto y Torres (2016), realizaron una investigación, con el objetivo de diseñar un reforzamiento sísmico, que permita reducir la vulnerabilidad estructural de una edificación escolar, quedando dentro de los criterios aceptados por la Norma Vigentes. El autor concluye que, la estructura fue reforzada con muros de concreto armado, con planteamiento simétrico, logrando reducir las derivas en casi un 80% de las distorsiones existentes, puesto que las distorsiones angulares con el reforzamiento propuesto, no superan al máximo permisible de la Norma Vigente.

Al remitirnos a los antecedentes, se puede identificar que las distintas estructuras escolares evaluadas sísmicamente, en diferentes partes del mundo, presentan el incremento de vulnerabilidad, debido únicamente al efecto de columna corta y la falta de rigidez lateral, es decir, la respuesta estructural, es superior a los valores máximos permisibles por la Norma Vigente Sismorresistente. En tal sentido el procede al planteamiento del diseño en reforzamiento estructural, a fin de incrementar la rigidez y menorar los desplazamientos laterales; siendo este un punto en el cual se enfocará la presente investigación de tesis.

### **1.3. Bases teóricas**

#### **1.3.1. Ondas sísmicas**

Son las diferentes oscilaciones que generan los sismos, se le denomina onda sísmica al resultado de la liberación de energía acumulada por las placas tectónicas, las que están en constante movimiento. Según las velocidades de liberación, se generan diferentes tipos de ondas. Las ondas de cuerpo, son las que desplazan gran cantidad de masa y se desplazan en el mismo sentido de la onda y en el mismo sitio de rotura, llamadas también como ondas tipo (P) (primarias). Las ondas de corte conocidas también como ondas secundarias (S), son

las que genera oscilación de masas en el sentido perpendicular al sentido de la misma propagación de las ondas S. Las ondas reflejadas desde el centro de la tierra, son denominadas ondas Rayleigh (R) y Love (L), la primera onda es gobernada por el movimiento horizontal y transversal; mientras que la segunda onda genera movimiento circular, idénticas a las ondas del mar. (Zafra, 2018, p. 2-3)

### **1.3.2. Placas tectónicas**

El manto terrestre está constituido por un conjunto de placas (rocas de gran magnitud), estas placas son las que están siempre en movimiento, que se genera por el inmenso calor interna de la tierra, calor energético que genera corrientes de convección, esta calor, a la vez logra separar o desplazar las placas unos centímetros al año, la cual no es notorio, sin embargo los resultados son catastróficos, ya que se crean las grandes montañas, volcanes y en millonada de años logra separar continentes enteros de la tierra. Las placas en el interior de la tierra, generan tres movimientos, de separación, de juntarse o desprenderse en sentidos contrarios. Cuando dos placas se juntan, nace un borde denominado como límite constructivo y se genera bajo el océano. Cuando dos placas se juntan, se crean las montañas, o se generan el efecto de subducción, misma que es provocada por una placa continental y una oceánica. Cuando las placas se deslizan, afortunadamente se genera un límite conservativo que no es capaz de destruir la superficie terrestre, sin embargo, en tiempo largo, se generan terremotos de gran magnitud. (López y Cabria, 2015, p. 12)

### **1.3.3. Riesgo sísmico**

En una estructura, el riesgo sísmico está relacionada con la resistencia que ofrece la estructura para soportar la fuerza de sismo, a la que fue diseñada o construida, mediante su

vida útil de servicio. (Barbat, 1998). Por otro lado, el riesgo sísmico depende de dos grandes factores, del peligro y de la vulnerabilidad estructural. El peligro es la probabilidad de que en cierta zona se produzca cualquier movimiento sísmico o diferente fenómeno natural; mientras que la vulnerabilidad, es la fragilidad que tiene la estructura para ser afectada por el sismo. (Sergio, 2001, p. 70-71)

#### **1.3.4. Amenaza sísmica**

Según (RNE, 2018), define a la amenaza sísmica, como la certeza del 10% de que pueda ocasionarse un sismo raro, en el tiempo de servicio no mayor a 50 años. Por otro lado (San Bartolomé 1998), señala que, durante un sismo raro, las estructuras no deben presentar ningún defecto estructural, sin engarbo, se acepta defectos en elementos no estructurales, pero la estructura, jamás debe colapsar, es decir, la estructura no sebera ser afectada, esto se garantiza con el diseño sísmico anticipado.

#### **1.3.5. Norma E.030 Diseño Sismorresistente**

En esta norma se establecen las condicione mínimas que toda estructura debe tener antes de ser construida, es decir, toda edificación tendrá un comportamiento estructural inferior a la respuesta máxima señalada por esta Norma. Esta norma regula la respuesta estructural en parámetros relacionados a la zona de peligro sísmico, importancia de la edificación, perfil del suelo, periodo natural del suelo y de la estructura, como también define el tipo de estructura que será capaz de soportar los efectos de cargas por gravedad y de sismo. Según esta Norma, los controles se realizan en función a las distorsiones angulares que presenta la estructura, la cual depende principalmente de la rigidez lateral de la edificación, además controla según los efectos de irregularidad tanto en planta como en altura.

Finalmente se consigue los resultados finales de los esfuerzos a momentos, cortantes, cargas axiales y de compresión.

### 1.3.6. Norma E.060 Concreto Armado

En esta Norma se fijan los criterios mínimos, que se deberán tener en cuenta al momento de realizar el diseño estructural en concreto armado y postensado, también especifica el diseño de materiales de construcción, supervisión, control y calidad de materiales, los cuales estarán señalados en los planos estructurales. En el capítulo 21 de la presente Norma, se señalan los distintos parámetros con los cuales se diseñarán todos los elementos estructurales que componen el esqueleto estructural de la edificación, así como el diseño de columnas, muros de corte, vigas, losas, escaleras, etc.

### 1.3.7. Configuración estructural

Hernández (2009, p.20), señala criterios importantes para el diseño en reforzamiento estructural, la cual están relacionados con la configuración en planta y altura de la estructura, los aspectos a tener en cuenta son los siguientes:

- **Rigidez:** La rigidez es la capacidad del elemento y el material que se opone a ser deformado de distintas formas. Cuando la sección es de mayor peralta, la rigidez aumenta, haciendo que el elemento tenga mayor resistencia y capacidad a la vez. La rigidez de una estructura, es controlada mediante criterios normativos y métodos matemáticos, que se resuelven con ayuda de cualquier software de estructuras.
- **Resistencia:** Es el conjunto de elementos estructurales que tienen un solo propósito para soportar distintas sollicitaciones de cargas, tanto de gravedad como de sismo, haciendo que la estructura no pueda colapsar.

- **Ductilidad:** Es la capacidad elástica de un elemento estructural que tiene antes de ser deformado, cuando sostiene cierta carga propia, viva o de sismo.
- **Diafragma rígido:** Son elementos del tipo área, es decir de comportamiento a flexión, como por ejemplo las losas, ya que su función es desplazar los nudos sísmicos en el mismo sentido, del desplazamiento estructural, cuando la estructura es atacada por eventos sísmicos.
- **Simetría:** Estructuralmente existe una simetría cuando los elementos estructurales son distribuidos en distintos puntos de la estructura en planta, con secciones iguales, con la finalidad de hacer coincidir el centro de masas y de rigidez.

### 1.3.8. Reforzamiento estructural

Consistente en la incorporación nueva de un elemento de concreto armado o perfil metálico, a fin de aumentar la capacidad de la edificación. Al reforzar una estructura, efectivamente se mejora la respuesta sismorresistente, es decir, se mejorarán las condiciones originales de la estructura. Inicialmente la estructura tendrá un desempeño inferior al desempeño con la incorporación del reforzamiento. (Soto, E., 2008)

(Rosero, L., 2013), realizo una investigación sobre el reforzamiento de elementos de concreto armado, claramente incorpora las siguientes necesidades de reforzar una estructura existente, estos casos inducen a tener más claro la realidad existente de la estructural y poder intervenirla de una manera profesional.

- Cambio de importancia estructural; esta necesidad depende de la distribución nueva que se le dará a la edificación existente, en ella existirán cambios de carga permanente y viva, en casos hasta la reubicación de elementos estructurales.
- Cambio de asentamientos; esto es un fenómeno que varía según la carga aplicada sobre la cimentación, es preferible que el asentamiento estructural no supere al asentamiento máximo indicado en el estudio de mecánica de suelos.
- Cambio de material; comúnmente cuando una estructura fue construida sin el control profesional, el reforzamiento requerirá un requisito principal, que son los ensayos de esclerometría o ensayos de diamantinas, a fin de identificar la resistencia actual del concreto.
- Errores constructivos; estos casos son provocados por patrones personales no calificados, una estructura mal ejecutada, presentara fallas por deterioro, cangrejeras, degradación, humedad, etc.
- Cambio total o parcial de elementos estructurales; se generan cuando se tiene que ampliar la edificación, aumentar cascos estructurales, demolición y reemplazo de elementos estructurales.

### 1.3.9. Fallas estructurales más comunes

En la construcción incorrecta se producen inmensos problemas que relacionan a la falla estructural. Si requerimos reforzar una edificación, se tiene que identificar la falla, estas se presentan a continuación. (Torrealva, D., 2007)

- **Falla por aplastamiento en columnas:** se produce por el incremento de carga, baja resistencia del material, acero insuficiente, condiciones insuficientes que no fueren consideradas en su diseño.

- **Falla por flexo-compresión en columnas:** se presenta por el incremento de carga de gravedad y carga horizontal de sismo, baja resistencia del concreto, armadura y anclaje insuficiente.
- **Falla por tracción en columnas:** generalmente se produce en la cimentación debido al espesor de la zapata, zapatas en ladera y rellenos excavados.
- **Falla por corte en columnas:** se produce por baja cuantía horizontal (acero de corte), incremento del empuje lateral (por sismo o relleno), deslizamiento de terrenos.
- **Falla por corrosión en la armadura de columnas y vigas:** se genera por el insuficiente recubrimiento y vibrado del concreto al momento de su construcción, concreto con presencia de poros y cangrejeras, expuesto a la humedad, incorporación de aditivos inadecuados.
- **Falla por desgarramiento del material en columnas:** generalmente se produce por la presencia de sales, humedad y baja resistencia del concreto.
- **Falla por columna corta:** ocurre cuando la rigidez de un muro parcial se desplaza por intermedio de la columna, debido a la falta del aislado estructural.
- **Falla por flexión en vigas:** usualmente se produce por el incremento de carga, insuficiente y errónea distribución de la armadura, anclaje insuficiente.
- **Falla por corte en vigas:** se genera por la mayor carga prevista, sección y armadura insuficiente.
- **Falla por torsión:** generalmente se presenta en vigas que soportan los volados, debido a la sección insuficiente, errónea armadura longitudinal y transversal.
- **Falla por aplastamiento en vigas:** insuficiente sección transversal, la cuantía a tracción es superior al máximo reglamentario y baja resistencia del concreto.

- **Falla de rotulas:** se generan en zonas críticas del efecto por flexión, se debe a la falta de sección transversal, aplastamiento del concreto en zonas de compresión.
- **Fallas comunes en la cimentación:** por lo general, la presencia de estas fallas se produce por el exceso de cargas de gravedad, que superan la capacidad del terreno, presencia de humedad, sección y espesor insuficiente de la cimentación, acero y recubrimiento inadecuado, material de baja resistencia, mezclado erróneo del material, rellenos sin control técnica

### **1.3.10. Fallas estructurales y sus causas principales**

La Tabla 1, muestra el elemento estructural, el daño y las causas principales que ocasionan las fallas estructurales, consecuentemente son las más importantes, ya que permiten identificar el tipo de reforzamiento.

#### **Tabla 1**

*Causas principales de los daños estructurales*

Elemento estructural	Tipo de daño	Causa del daño
Columnas	Inclinación de grietas	Corte
	Verticalidad de grietas	Flexo-compresión y adherencia
	Recubrimiento desprendible	Flexo-compresión
	Aplastamiento del material	Flexo-compresión
	Pandeo del refuerzo	Flexo-compresión
Vigas	Inclinación de grietas	corte o torsión
	Desprendimiento de estribos	corte o torsión
	Verticalidad de grietas	Flexión
	Aplastamiento del material	Flexión
Unión viga/columa	Desprendimiento de estribos	Flexión
	Inclinación de grietas	Corte
	Falta de adherencia	
Techo	Grietas alrededor de losas grietas longitudinales	
	Inclinación de grietas	Corte
Placas	grietas horizontales	Flexo-compresión
	Aplastamiento del material	Flexo-compresión
	Pandeo del refuerzo	Flexo-compresión
	Inclinación de grietas	Flexión
Muros de albañilería	Verticalidad de grietas	Volteo
	grietas horizontales	Deslizamiento

Nota. Se presenta los daños frecuentes que se generan en los elementos estructurales de concreto armado y albañilería.

### 1.3.11. Reforzamiento de componentes estructurales

Existen múltiples formas de realizar un reforzamiento de elementos estructurales, en cada una de ellas se aplica un criterio distinto, todos tienen el propósito de mejorar el comportamiento sismorresistente, debido al aumento de rigidez local o global. A continuación, se presenta la serie principal de reforzamiento. (ACI 369R-11,2014)

- **Reforzamiento global de la estructura:** este tipo generalmente se usa cuando la distribución original se modifica por completo. Consecuentemente conlleva a la implementación obligatoria de muros de concreto armado, el trato es aumentar

la rigidez en términos de resistencia global de la edificación. En ella se identifican los elementos vulnerables, de por medio se realizan una variedad de ensayos estructurales y un análisis sísmico basado en normas vigentes.

- **Reforzamiento parcial de la estructura:** es una intervención a nivel de elemento estructural, cuyo propósito es incrementar bien sea la sección, acero, ambas cosas a la misma vez. En el reforzamiento por elementos, usualmente se realizan mediante el método de encamisado formado de concreto armado, láminas de fibras (FRP), o con perfiles de acero.

### 1.3.12. Técnicas de reforzamiento estructural

En nuestro país actualmente existen diferentes formas de realizar un reforzamiento estructural, esto dependerá del resultado del diagnóstico estructural que es realizado por el estructuralista competente. El reforzamiento consiste en dotar nuevos elementos estructurales, con la finalidad de aumentar la rigidez global del edificio y contrarrestar los desplazamientos laterales de sismo. A continuación, se describen las distintas formas de reforzar una estructura, señaladas por diferentes autores nacionales e internacionales.

Según Gómeros (2015) tener un modelo estructural de columnas existentes unidas con elementos nuevos tipo aletas de concreto armado, se encuentra un buen comportamiento sismorresistente, debido a que las aletas toman el mayor porcentaje de cortante sísmica. Además, el autor manifiesta que este método es aceptado en el diseño y reparación estructural de colegios, su construcción es rápido y sencillo, no necesita personal calificado, resulta ser muy económico.

Según Belisario (2017) en su investigación de reforzamiento estructural para un edificio de siete niveles, señala que el reforzamiento que mejor se adapta a la forma estructural, estética y económica es mediante el encamisado de columnas y la inclusión de muros tipo placa (aletas a las columnas). Con el encamisado se incrementa la resistencia de columnas y vigas; mientras que con la inducción de muros se controlan los desplazamientos laterales y mejora del sistema estructural (desempeño sísmico).

Según Alca y Cerera (2021), en su investigación científica de reforzamiento estructural de un colegio situado en la ciudad de lima, confirman que el incremento de la sección transversal en columnas y vigas (encamisado), la transformación de columnas a muros mediante la inducción de aletas de concreto armado controlan las irregularidades por torsión y disminuyen los diferentes defectos que incrementan la vulnerabilidad estructural, decrecen los periodos, mantienen buen comportamiento en distribución de participación de masas. Además, los autores señalan que esta forma de reforzamiento es empleada en distintas estructuras escolares, por su forma estética, construcción y sobre todo es económico en temas de materiales y mano de obra.

Según Estrada y Yoplac (2019) en su investigación de reforzamiento estructural para una vivienda multifamiliar, manifiestan que el reforzamiento estructural esta manejado más por el tema normativo ACI 562 y manual de Sika, al poner en práctica estos códigos tendríamos un correcto reforzamiento, más aún, considerado las pautas primordiales de la evaluación estructural. Por otro lado, señalan que las formas de reforzamiento dependen de la incertidumbre requerida del elemento para aumentar su resistencia o rigidez, a fin de tener mejor respuesta sismorresistente, el reforzamiento puede ser mediante un sistema de encamisado, aletas de concreto armado o fibras de carbono.

Según Rodríguez (2020) en su investigación científica sobre el análisis comparativo de métodos de reforzamiento estructural, mediante fibras de carbono, encamisado, adición de muros de corte y aisladores sísmicos descarta y confirma que, el uso de fibras de carbono no es muy conveniente en lugares cálidos debido a que estos materiales son muy propensos a perder sus resistencia al exponerse a temperaturas altas; por otro lado reafirma que la implementación de aisladores sísmicos, es la técnica que se asocia a diferentes estructuras, sin embargo no se recomienda usar en edificaciones de baja altura. Además, el autor afirma que el método que mejor distribuye y reduce los esfuerzos axiales y de corte de los elementos estructurales, es la adición de muros de concreto armado, ya que la misma longitud transversal permite resistir mayores esfuerzos; así mismo otro de los métodos más viables, es del tipo encamisado mediante barras de acero corrugado, gracias a su trabajo simple de intervención y desempeño estructural.

Según Huanca y Terrones (2019) afirman que, para ampliar una estructura, ya sea por cantidad de niveles o tiempo de servicio, los métodos más comunes y de buen resultado es el encamisado de columnas y vigas, como de la inducción de muros de corte acoplado a las columnas existentes. Al emplear muros de corte se mejora el coeficiente de reducción de fuerza sísmica, la mayor cortante es absorbida por el mismo, los efectos por torsión son muy bajos, los desplazamientos son reducidos y en términos de resistencia presentan un desempeño estructural.

Según Gómez (2019) afirma que el método de reforzamiento estructural depende muchas veces del costo y mantenimiento; sin embargo, para aumentar la capacidad estructural por temas de resistencia y rigidez, el autor sugiere implementar elementos nuevos de concreto armado mediante el encamisado de columnas y vigas o la incorporación de aletas

laterales que transforman a las columnas en placas. Cual sea el tipo de reforzamiento, anticipadamente se tendrá que determinar la vulnerabilidad e identificar los puntos débiles o de fallas, con el propósito de tomar la decisión del método de reforzamiento; usualmente para temas de resistencia, el autor sugiere implementar encamisado, mientras que, para controlar los efectos por torsión, piso débil, desplazamientos, es preferible usar muros de concreto armado acoplado a las columnas existente.

Según Villafuerte y Arellano (2021) realizaron una investigación sobre los sistemas de reforzamiento estructural basado en concreto armado, mediante la adición de muros, encamisado en concreto armado, perfiles metálicos, fibra de carbono y postensado externo. Los autores afirman que la inclusión de placas incrementa la rigidez de la edificación, reduce las distorsiones angulares y distribuye mejor su comportamiento; la incorporación del encamisado de concreto aumenta la cuantía inicial, se tienen que evaluar el límite frágil; la colocación de estructura metálicas resulta ser un poco más costosa y de mayor precisión y cuidado en el proceso constructivo; la instalación del sistema de fibra de carbono suministra solo la resistencia a flexión, pues no genera gran incremento de resistencia.

Según Javier (2021) en su investigación sobre la evaluación y reforzamiento de estructuras educativas, iniciaron realizando el ensayo de esclerometría superficial, los resultados obtenidos fueron inferiores a la resistencia demandada de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ; además para la evaluación de vulnerabilidad utilizaron un método analítico lineal estático y dinámico descrito en la Norma E.030. El reforzamiento estructural que mejor se adecuo a los resultados anticipados, fue el adiconamiento de muros de concreto armado colocados en los puntos con mayor desplazamiento a fin de reducir los defectos por torsión e incrementar la capacidad de la misma.

Según Rojas y Tito (2018) en su proyecto de diseño del reforzamiento estructural para un colegio situado en la ciudad de Lima, confirman que anticipadamente encontraron resistencias superficiales inferiores a lo demandado de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  para columnas y vigas mediante el ensayo de esclerometría. En la evaluación sismorresistente los autores identificaron los puntos débiles de la estructura conseguidos con el análisis lineal estático y dinámico. Finalmente, los investigadores propusieron reforzar el colegio mediante el método de encamisado con muros de corte, acoplados a las columnas existentes, de tal forma que aumentan la rigidez y disminuyen los esfuerzos, presentando un buen comportamiento sismorresistente ante la llegada de un sismo severo.

Gaspar y Guerrero (2020) en su proyecto comparativo de reforzamiento estructural mediante encamisado y fibra de carbono, confirman que anticipadamente realizaron ensayos de diamantina encontrando un resultado máximo de resistencia  $f'c=102\text{kg/cm}^2$ , siendo esto un valor estructural ya que  $f'c$  no es menor que  $170\text{kg/cm}^2$  (artículo 9.4.1 Norma E.060). Los autores señalan que la fibra de carbono es buena para la implementación de reforzamiento estructural de vigas y muros de albañilería; mientras que para temas de control lateral y de mejor comportamiento es la incorporación de muros de corte, que se acoplan a los elementos existentes a fin de incrementar la resistencia de la misma.

Guillermo y Silva (2019) en su investigación de evaluación y diseño de reforzamiento estructural de un edificio destinado al uso de hotel, realizaron un análisis sísmico lineal estático y dinámico con el propósito de encontrar la demanda máxima en términos de esfuerzos para luego verificar la resistencia predominante (nominal o demanda). Por tratarse de un edificio importante de gran altura, los autores optaron por dos métodos de reforzamiento; el encamisado de concreto armado y la adición de muros de corte que se anclan directamente a los elementos estructurales existentes a fin de incrementar la

resistencia y rigidez del elemento, el encamisado principalmente fue usado en la intervención de columnas y vigas centrales, los muros se distribuyeron en las zonas laterales, con el propósito de reducir los defectos por torsión y deriva máxima.

Según Vásquez y Centeno (2019) realizaron un proyecto de reforzamiento estructural de una institución educativa situada en la ciudad de Huarochirí, mediante el método de encamisado de concreto armado, anticipadamente realizaron ensayos de testigos diamantinos hechos en dos pabellones (A y B), extraídos alternadamente tres muestras en columnas y vigas por cada módulo en estudio, dando como resultado máximo de resistencia cilíndrica  $f'_c=106.80 \text{ kg/cm}^2$ , siendo un valor inferior al mínimo de diseño  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Seguido de esto los autores realizaron un análisis sísmico lineal estático y dinámico, encontrando derivas máximas de 0.0073 en el último nivel; consecuentemente se procedió a modelar la estructura con la incorporación del encamisado, que consiste en ampliar la sección de las columnas existente más críticas.

Según Ospina y Castrillón (2021) ingenieros dedicados al trabajo de diseño y reforzamiento estructural, implementaron alternativas de reparación mediante el reforzamiento estructural con la metodología del encamisado, sistema metálico, incorporación de muros de corte, fibras de carbono, dispositivos de control, etc. Dando como resultado ventajoso para estructuras de baja altura, el encamisado, fibras de carbono y la incorporación de muros de corte; en el encamisado se tiene que incrementar la sección del elemento, en su instalación implica mayor tiempo de trabajo; las fibras de carbono son más sencillas de instalar, pero por su apariencia finalmente estas pasan desapercibidas. La incorporación de muros de corte dependerá de la intervención requerida para aumentar la resistencia y rigidez lateral del edificio, de lo contrario solo es necesario incorporar el encamisado.

Según Nayra (2017) realizó una reparación de edificación destinadas a entidades financieras, mediante un reforzamiento estructural, la alternativa de solución fue planteado según los resultados del análisis sísmico lineal estático y dinámico en términos de capacidad y resistencia que proporciona cada elemento. Debido a la demanda sísmica inducida en la edificación, se tomó como alternativa, incorporar muros de corte, encamisado en columnas y en vigas de concreto armado. Los muros de concreto armado absorben gran cantidad de fuerza cortante y aportan buena respuesta sismorresistente.

Según Panduro (2021) realizó una evaluación estructural mediante el análisis no lineal estático a fin de conocer el desempeño sísmico para proponer un reforzamiento estructural de un hotel situado en ciudad Tarapoto, anticipadamente se realizó los ensayos de esclerometría, donde se obtuvieron resultados inferiores a  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Con la aplicación del análisis no lineal estático se identificó los puntos más débiles de la estructura; posterior a ello se diseñó el reforzamiento estructural, se optó por el método de encamisado de columnas para tener una fuerza axial considerable, en vigas se agregó por temas de cortante.

Según Gálvez (2020) realizó un estudio a cerca de las técnicas de reforzamiento más empleadas en hospitales y centros educativos del Perú. El autor señala que, tanto en hospitales como en colegios, el método más usado es la incorporación de muros de corte y el encamisado de columnas y vigas para estructuras de baja altura, con el propósito de incrementar resistencia y rigidez lateral, no solo por el cumplimiento normativo, también para extender el tiempo de servicio de las estructuras. Los edificios de gran envergadura, el investigador manifiesta que es preferible usar dispositivos de control, y la implantación de placas. Todas estas técnicas descritas como reforzamiento, tienen distinta forma de

construirlas, pues anticipadamente se sugiere realizar un diagnóstico económico y ensayos de control del concreto endurecido.

Según Aguilar (2017) realizo un proyecto de reforzamiento estructural de un instituto, dicha estructura presenta daños moderados, el modelo se realizó mediante un análisis tridimensional estático y dinámico. La técnica de reforzamiento consistió en implementar un sistema de muros de concreto armado, como elemento tipo exo-estructura acoplado a los elementos existentes de concreto armado; anticipadamente se realizaron ensayos de esclerometría, se obtuvieron valores inferiores al mínimo del diseño  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Según Arana (2017) quien realizo un reforzamiento estructural de una institución educativa situada en la ciudad de Moquegua. El autor señala que la técnica más apropiada a la edificación y resultados de la vulnerabilidad sísmica presentada, es incorporar muros de concreto armado y ensanche de columnas existentes (encamisado), esto a fin de devolver la vida al pabellón estudiado e incrementar su resistencia y rigidez lateral para de esa manera reducir los desplazamientos y controlar la demanda requerida. Anticipadamente el investigador realizo ensayos de esclerometría, se obtuvo como valor máximo  $f'c=162\text{kg/cm}^2$ , siendo un valor inferior al mínimo de diseño  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Según Vilca y Collao (2018) realizaron un proyecto de reforzamiento estructural de un colegio situado en la ciudad de Tacna, cuyo proyecto inicio por los ensayos de testigos diamantina extraídos de columnas y vigas, la resistencia máxima encontrada fue  $f'c=49.31\text{kg/cm}^2$ , lo cual representa el 23.48% de resistencia cilíndrica que se requiere para un mínimo diseño de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Al ver que la resistencia es baja y analíticamente es vulnerable, se tomó en cuenta diseñar el reforzamiento estructural mediante el método de

encamisado para columnas y vigas de concreto armado, los muros de albañilería fueron reforzados con fibras de carbono.

Según Marcos Lincoln (2019) realizaron un proyecto de reforzamiento estructural de una universidad situada en la ciudad de Tacna, anticipadamente se realizaron estudios de esclerometría, levantamiento de fisuras, grietas y otros agentes externos. Analíticamente los resultados del análisis sísmico estático y dinámico incrementaron los resultados de la respuesta del edificio, debido a que la estructura resulto ser muy flexible; consecuentemente se propuso reforzar las zonas más vulnerables mediante la incorporación de elementos nuevos de muros de concreto armado. Al incorporar placas nuevas al modelo de análisis, los resultados fueron inferidos a los máximos permisibles por la norma de diseño sismorresistente, además la vida útil de servicio fue extendida.

Según Sucasaca (2016) realizo un proyecto de reforzamiento a partir del nivel de desempeño, evaluado a una estructura de cinco niveles situada en la ciudad de Juliaca. El autor realizo ensayos de testigo diamantina, en base a ello se procedió a realizar el análisis no lineal, consecuentemente se identificó los puntos más débiles de la estructura y se propuso un reforzamiento de muros estructurales, que se unen directamente a los elementos existentes de concreto armado. La propuesta hizo que la estructura tenga periodos menores y una buena distribución de masas concentrada por nivel, haciendo que la educación no presente el defecto por torsión.

Según Aranzábal y Arrollo (2015) realizaron un proyecto de reforzamiento estructural para el hospital Casimiro Ulloa situada en la ciudad de Lima. Los investigadores empezaron el trabajo realizando ensayos de testigos diamantina, los resultados fueron

sumamente inferiores al mínimo de diseño  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Con los resultados del ensayo y el análisis sísmico lineal, se propuso un reforzamiento estructural mediante el método del encamisado y la incorporación nueva de elementos de concreto armado. El encamisado se usó para las intervenciones del ensanche de columnas y vigas ubicadas el interior del edificio; mientras que las placas se ubicaron en las esquinas a fin de controlar los desplazamientos laterales y los defectos por torsión.

Según Vivanco (2018) realizó el proyecto de reforzamiento estructural del centro médico municipal de Huancayo. Anticipadamente se realizaron los ensayos de esclerometría en columnas y vigas, la resistencia máxima presentada fue  $f'c=160\text{kg/cm}^2$ , siendo inferior al mínimo de diseño  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Debido a que la estructura presenta una vulnerabilidad alta, se diseñó un reforzamiento mediante el método del encamisado de columnas y vigas, el encamisado fue sumamente robusto debido a que la estructura tenía que presentar una respuesta inferior al máximo permisibles de resistencia y rigidez señalada por la Norma E.030.

Según Barreto y Samayani (2017) realizaron un proyecto de reforzamiento estructural de la UNSA mediante una verificación por desempeño generado por un análisis inelástico, anticipadamente realizaron ensayos de esclerometría, lo cual encontraron un valor  $f'c=156.32\text{kg/cm}^2$ . De acuerdo a la evaluación se determinó que la estructura presenta una vulnerabilidad alta, presenta un inadecuado comportamiento ante la eventualidad sísmica severa. Posterior a ello se realizó el diseño de reforzamiento, optando por el método de encamisado y la incorporación de muros de concreto armado. Los muros de albañilería fueron reforzados con fibra de carbono. Con la propuesta planteada de reforzamiento la estructura logro pasar todos los controles normativos, brindando buena respuesta sismorresistente.

Según Suarez (2019) realizo un proyecto de reforzamiento para una edificación destinada a centro educativo situado en la ciudad de Lima, la institución educativa fue construida a mediados del año 1980, fue afectada por el fenómeno el Niño 2017; para proponer un reforzamiento el profesional encargado realizó ensayos superficiales de esclerometría, encontró un valor máximo  $f'_c=171.62\text{kg/cm}^2$ . La evaluación estructural fue realizada analíticamente con el método lineal sísmico estático y dinámico, la estructura presenta una vulnerabilidad alta, que sigo proponer un planteamiento de reforzamiento estructural a fin de seguir dando vida de servicio al edificio. El reforzamiento consistió en ensanchar las columnas (encamisado) y agregar núcleos de concreto a las columnas existentes, es decir se ha planteado en dos formas de reforzamiento estructural. Finalmente, el edificio se posiciono en diferentes escenarios sísmicos, presentando buena respuesta sismorresistente.

Según Meza (2018) realizo un proyecto de reforzamiento en base a la vulnerabilidad estructural que presentaba la estructura de una edificación escolar. El autor encontró resultados de respuesta sismorresistente inferiores a lo señalado por la Norma E.030, consecuentemente tuvo que incrementar secciones de columnas y agregar muros de concreto armado para aumentar la resistencia y rigidez global de todo el edificio. El autor señala que, al reforzar una estructura mediante el encamisado y la incorporación de placas, el proyecto resulta ser muy económico y beneficioso para la estructura, su construcción es muy sencilla y no requiere de mano calificada.

Según Almirón y Yndigoyen (2019) planteo un reforzamiento estructural de un edificio destinado a centro de salud de la ciudad de Tacna, anticipadamente realizaron ensayos de perforación diamantina, el resultado de resistencia máxima fue

$f'c=195.55\text{kg/cm}^2$ . Posteriormente se realizó un análisis no lineal “Pushover” ente los escenarios sísmicos severos, presentando un desempeño sísmico resguardo de vida, que significa que la estructura puede seguir en función mediante un requerimiento de reforzamiento estructural, a fin de aumentar la más mínima resistencia y rigidez lateral del edificio. Consecuentemente la plantea una solución con la incorporación de placas como elementos nuevos de concreto armado y el ensanche de columnas interiores. El estructuralista responsable señala que esta forma de reforzamiento resulto ser muy económico y valioso para la estructura.

Según Ruiz (2020) realizo un proyecto de reforzamiento estructural de dos pabellones de un centro educativo situado en la ciudad de Chiclayo. El trabajo partido desde los ensayos de esclerometría, encontraron valores inferiores a la resistencia cilíndrica mínima de diseño  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Del análisis sísmico lineal realizado se determinó que los edificios presentaban insuficiente resistente y baja rigidez, a consecuencia de ello los edificios tienen defectos por torsión y piso blando. Como solución óptima se diseñó un reforzamiento mediante el método de encamisado y la incorporación de muros estructurales de concreto armado, a fin de aumentar la rigidez global del edificio y disminuir los defectos presentados.

### **1.3.13. Técnicas de reforzamiento estructural**

Según Vega C. (2010, p. 11-22) señala que existen varias maneras de reforzar un elemento estructural, todas tienen el propósito de mejorar la respuesta sismorresistente. En estructuras de alta vulnerabilidad, generalmente se usa la incorporación de elementos nuevos o encamisado de concreto armado. Cual sea el tipo de reforzamiento, se tienen que tener muy en cuenta la vulnerabilidad estructural, es decir, tiene que ser identificada muy a fondo,

en ella incluyen distintos ensayos estructurales que ayudan a determinar la resistencia del material, capacidad de la sección, ductilidad del elemento, etc. Cuando la edificación presenta una vulnerabilidad irreparable, es preferible usar elementos nuevos de concreto armado, esto puede ser a nivel parcial (intervención por elemento) o intervención total de la estructura (conlleva a la demolición). Seguidamente, se describen los cambios que tendrá un elemento existente al ser reparado mediante elementos nuevos o encamisado de concreto armado.

- **Incremento de resistencia:** si se trata de columnas, pertenecientes al sistema de muros estructurales o dual, la forma apropiada de reforzarla, es mediante el encamisado de concreto armado. Si se trata de una construcción a porticada, con falta de rigidez lateral, el reforzamiento consistirá en la construcción de muros de corte, vaciados en el mismo campo o prefabricados, de concreto armado o de acero puro. La evaluación de resistencia incrementada estará ligada bajo los parámetros mínimos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
- **Incremento de ductilidad:** Para incrementar y asegurar la ductilidad al reforzamiento, el método consiste en realizar un encamisado al elemento estructural, con ayuda de mallas soldadas o encamisado con placas de acero; el siguiente método consiste en cambiar el peso de la estructura, agregar materiales pesados por livianos; el tercer método consiste en la construcción de muros laterales a las columnas, serán vaciados en el mismo campo; el ultimo método consiste en la construcción del encamisado de vigas peraltadas.
- **Usos de elementos nuevos:** para llegar a este nivel, se ha debido pasar por diferentes controles del análisis sísmico estructural, el uso nuevo de elementos puede ser a nivel local (solo elemento) o a nivel global de la estructura, las

intervenciones son desde la cimentación hasta el nivel requerido, puede ser de concreto armado, acero puro, u otro (según resultados del análisis). Con el uso la fibra de carbono, se incrementa la capacidad, resistencia a flexión y cortante de vigas, losas y muros de concreto armado.

- **Reforzamiento de columnas:** Para el reforzamiento de columnas, se tiene que verificar los efectos de falla frágil, para ello se amplifica la ductilidad de las secciones a fin de no llegar a la falla frágil por fuerza de corte. Este tipo de reforzamiento es aplicado en estructuras que no cuentan con la cantidad suficiente de placas o columnas. Para incrementar la ductilidad de las columnas, la única forma es incrementar la sección transversal y se añade una malla de acero longitudinal y estribos soldados alrededor del elemento existente.

- **Reforzamiento de vigas:** El proceso de reforzamiento en vigas se comienza por el apuntalamiento de dichos elementos, luego se realiza el picado de toda la envoltura de la viga, dejando descubierto los aceros transversales, a fin de conectar los elementos nuevos con el acero existente. En cuanto a los materiales, la resistencia existente deberá ser inferior al de los elementos nuevos, la envoltura deberá tener un mínimo de 8cm de espesor, para garantizar la adherencia, las barras de refuerzo deben cumplir con las especificaciones mínimas de cuantía, el espaciamiento de los estribos en zonas extremas no deberá ser mayor a  $\frac{1}{4}$  del peralte de la viga, fuera de la zona externa, el espaciamiento puede ser el doble.

#### 1.3.14. Desempeño sísmico

Los criterios de desempeño sísmico se encuentran estandarizados bajo la metodología FEMA 178, la cual regula los criterios para la evaluación estructural de

edificios, a fin de predecir los daños futuros que se presentarían en la edificación, en el FEMA 273, la cual fue reemplazado por el FEMA 356, fueron establecidos para la rehabilitación de edificios. los documentos descritos predicen el comportamiento estructural ante las diferentes magnitudes de sismo. (carrillo, 2008)

### 1.3.15. Niveles de desempeño

El grado de desempeño se caracteriza por tener un estado límite de daño. Identifica las condiciones límites o tolerables de los daños que pueden ocasionarse en la estructura, el riesgo y amenaza que pueden llegar a tener las personas que habitan en la edificación y las condiciones de funcionalidad de la edificación después de la ocurrencia sísmica. (ATC-40, 1996). En términos estructurales la edificación logra presentar deficiencias de baja resistencia en los materiales, presencia de fisuras, deterioro de materiales, degradación de elementos estructurales y no estructurales, y en algunos casos, la presencia de grietas. (SEAO, 2002). Según (FEMA, 273-356) en la propuesta VISION 2000 establece cuatro tipos de niveles de desempeño sísmico, los cuales se represente en los siguientes parámetros:

- **Totalmente operacional:** En este nivel de desempeño no se requiere de ninguna reparación. La estructura, por lo general permanece totalmente segura y estable, presenta un comportamiento funcional, los ocupantes están fuera de algún riesgo, las funciones de las distintas instalaciones de la edificación permanecen tal como se han construido.
- **Operacional:** En este nivel de desempeño se requieren reparaciones menores. Después del evento sísmico, existen daños moderados, usualmente en elementos

no estructurales y en algunos elementos estructurales se presentan daños leves, las cuales son aceptados por la normativa E.030, es decir, los daños son limitados.

- **Seguridad:** En este nivel de desempeño, después de la ocurrencia sísmica, se requiere de una rehabilitación justificada estructuralmente y económicamente. Se evidencian daños estructurales y no estructurales del tipo moderado, la cual pone en riesgo a los ocupantes e instalaciones que habitan en la edificación, consecuentemente la estructura presenta baja rigidez lateral, sin embargo, aun así, se tiene un margen de seguridad las cuales limita a la estructura del colapso.
- **Próximo al colapso:** En este nivel de desempeño la estructura está comprometida en rangos, muchas veces no reparables. Después de la ocurrencia sísmica los elementos estructurales sometidas a soportar las cargas sísmicas, tienden a presentar problemas de carácter estructural, se evidencian las fisuras y grietas, pérdida de resistencia y capacidad estructural de los elementos verticales, la estructura en todo su conjunto pierde la estabilidad y también pierda rigidez lateral.

### 1.3.16. Análisis estático no lineal

Es un análisis donde las propiedades de los elementos estructurales, en términos de rigidez, han variado con el tiempo, debido a la aplicación de las cargas. La respuesta estructural no es proporcional a la aplicación de las cargas, debido a que las propiedades de los materiales han cambiado, es decir, la geometría del elemento presenta un comportamiento no lineal. (Chávez, 2013)

Es un método también conocido como pushover, su análisis estructural está gobernada por cargas verticales más un patrón de fuerzas laterales controladas por

desplazamientos monolíticos que se incrementan en función al comportamiento elástico e inelástico hasta alcanzar una respuesta final. Las cargas laterales usualmente representan el rango de cortante basal, que es generada por la carga de sismo, según la simetría en planta o altura, la distribución de masas puede variar. Existen dos tipos de análisis pushover. Cuando la estructura presenta modos de vibración libre dentro del rango inelástico, se dice, que estaríamos con el método pushover adaptativo, sin embargo, cuando las fuerzas estáticas equivalentes se mantienen constantes en función al análisis, estaríamos con el método pushover convencional. (Marte, 2014)

El propósito del análisis no lineal (pushover) es determinar la curva de capacidad, la cual representa la respuesta máxima de la estructura que depende de la fuerza aplicada a la edificación. Este método brinda valores más reales del comportamiento estructural, la gráfica de capacidad representa la resistencia que tiene la estructura para soportar cierto sismo. (delgadillo, 2005)

### **1.3.17. Rotulas**

Se le conoce como rotula plástica, al punto de acción inelástica, es decir, en este punto el elemento estructural comienza a perder fuerza para volver a su estado original. Como se sabe, el comportamiento elástico permite que los elementos estructurales tienden a regresar a su comportamiento inicial; sin embargo, el comportamiento plástico inicia luego de cruzar el límite elástico. Estructuralmente, al modelo tridimensional se asigna rotulas con la finalidad de conocer el comportamiento secuencial con diferentes niveles de rendimiento estructural ante la fuerza externa de sismo. La rotula plástica, está conformada por propiedades no lineales, que son asignados en uno o varios puntos a lo largo del mismo

elemento del tipo pórtico, la ubicación de la rótula toma el 10% de la longitud total del elemento, medido desde el punto inicial.

### **1.3.18. Curva de capacidad**

Mediante la fuerza cortante basal y el desplazamiento generado en el piso inmediato de la edificación se conforma la curva de capacidad según su incremento. La función de esta curva es para representar al primer modo de vibración, ya que es el modo que gobierna el movimiento global de la estructura. El análisis no lineal (pushover) está sometido al juego de acciones incrementales de forma lateral. Las acciones laterales están constituidas por un sistema de desplazamientos basado por un sistema de fuerzas, las cuales se incrementan constantemente, a fin de llegar al desplazamiento máximo de la estructura. Por lo general se incrementa el primer modo de vibración libre de la edificación, según la dirección de análisis. (Allauca, 2006)

### **1.3.19. Análisis lineal**

Es un análisis donde las propiedades de los elementos estructurales, en términos de rigidez y amortiguamiento, son perseverantes, pues no cambia con el tiempo. La respuesta estructural, en términos de desplazamientos, esfuerzos, deformaciones y reacciones, son directamente proporcional a la magnitud de las fuerzas aplicadas a la edificación. (Chávez, 2013)

### **1.3.20. Capacidad estructural**

Está asociada a conjunto global de la estructura, es decir, la armazón estructural tiende a presentar cierta capacidad, para soportar la demanda sísmica. En términos generales

la capacidad de la edificación, depende de la resistencia que aporta cada elemento estructural, ante las deformaciones, generadas por las cargas de sismo. (Chávez, 2013)

### **1.3.21. Fallas estructurales**

Se producen por la exageración de falta de rigidez lateral, que presenta la estructura, existente pérdida de resistencia, en los materiales y elementos estructurales, presencia de baja capacidad, reducción de secciones transversales. Las fallas estructurales son muy evidentes, pues, los desplazamientos laterales, son sumamente excesivos, las fallas pueden producirse por fuerza cortante o flexión.

## **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el resultado de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y el diseño del reforzamiento estructural que mejorara la respuesta sismorresistente de la IE 81751 Dios es Amor?

### **1.4.1. Problemas específicos**

- ✓ ¿Por qué la estructura necesita un reforzamiento de elementos estructurales para su buen comportamiento sismorresistente?
- ✓ ¿Cuál es el sistema de la estructura al incorporar elementos nuevos de concreto armado para obtener mejor respuesta sismorresistente?
- ✓ ¿De qué forma el análisis estático no lineal (Pushover) permitirá conocer la capacidad estructural e identificar los puntos de reforzamiento?
- ✓ ¿Cómo influye el reforzamiento estructural con la implementación de muros de corte, a fin de mejorar la respuesta sismorresistente de la IE 81751 Dios es Amor?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar la vulnerabilidad sísmica para el diseño del reforzamiento estructural que mejorará la respuesta sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo.

### 1.5.2. Objetivos específicos

- ✓ Elaborar los planos arquitectónicos mediante un levantamiento topográfico de la I.E 81751 Dios es Amor.
- ✓ Determinar la resistencia superficial de los elementos estructurales de la I.E 81751 Dios es Amor, mediante los ensayos de esclerometría.
- ✓ Determinar la capacidad estructural mediante el análisis estático no lineal (Pushover), a fin de identificar los puntos de reforzamiento estructural.
- ✓ Elaborar el diseño de reforzamiento estructural a partir de los resultados de vulnerabilidad, con la implementación de elementos nuevos de concreto armado, a fin de mejorar la respuesta sismorresistente de la estructura.

## 1.6. Hipótesis

### 1.6.1. Hipótesis general

El diseño y la incorporación del reforzamiento estructural mediante la implementación de nuevos elementos de concreto armado mejoran la respuesta sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.30-2019, Ciudad de Trujillo.

### 1.6.2. Hipótesis específicas

- ✓ El análisis sísmico garantiza un buen reforzamiento estructural para la ampliación de servicio de la edificación, implementado muros de concreto armado.
- ✓ La implementación de elementos nuevos de concreto armado cambiara el sistema estructural, con esto se consigue un mejor coeficiente de reducción

de fuerza sísmica, a fin de diseñar correctamente los elementos de reforzamiento estructural.

- ✓ Con los coeficientes de la Norma E.030 y la Norma ASCE 41-13 se determinará la capacidad estructural y la identificación de los puntos a reforzar.
- ✓ La incorporación de elementos nuevos de concreto armado mejorara la respuesta sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **2.1.1. Tipo de investigación**

Según Hernández, Fernández y Batista (2014), señalan que esta investigación se distribuye en cuatro aspectos.

El primer aspecto; es que la investigación conlleva un enfoque CUANTITATIVO, ya que se ha reflejado en la realidad, sin alterar las variables de estudio, a fin de obtener resultados tal como se encuentra en campo.

El segundo aspecto; es que la investigación esta caracterizado por tener un nivel DESCRIPTIVA, ya que el estudio en campo busca implementar una alternativa de solución para mejorar la respuesta sismorresistente, y que pueda aplicarse en estructuras educativas diseñadas con las Normas antiguas.

El tercer aspecto; es que la investigación esta agenciada a una finalidad BASICA, ya que pretende conocer la situación actual de la problemática, a fin de plantear alternativas de solución.

El cuarto aspecto; es que esta investigación tiene una temporalidad TRANSVERSAL, porque se ha tenido una muestra y una medición en un lapso de tiempo determinado, primeros meses del 2022, del lugar en estudio, con el propósito de dar alternativas de solución.

#### **2.1.2. Diseño de investigación**

En el presente proyecto tienen un diseño identificado de la siguiente manera:

## NO Experimental – Descriptiva – Simple

Los autores Hernández, Fernández y Batista (2014), nos informan que nuestro diseño de investigación presentada, conllevara a estudios donde las variables no serán manipuladas, ya que solo se realizara la observación directa, a fin de encontrar resultados que permitan dar alternativas de solución al problema planteado. Para ellos se tendrá en cuenta el esquema siguiente:

M-----O

M: representa a los módulos que serán estudiados mediante el análisis no lineal

O: representa el diseño del reforzamiento estructural

### 2.2. Variables y operacionalización

En la investigación existen dos variables de estudio, ambas son de diferente categoría. Las definiciones de, conceptual operacional, indicadores y escala de medición, se adjuntan en el anexo 2. Se presentan las variables de estudio:

#### 2.2.1. Variable independiente:

- Evaluación de vulnerabilidad sísmica
- Tipo cualitativo – Ordinal

#### 2.2.2. Variable dependiente:

- Diseño de reforzamiento estructural
- Tipo cualitativo – Ordinal

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

La población está compuesta por todo el colegio Dios es Amor 81751, situada en el distrito la Esperanza, Ciudad de Trujillo

### 2.3.2. Muestra

La muestra es igual a la población, es decir, está compuesta por los cuatro (04) módulos (A, B, C y D) de la I.E 81751 Dios es Amor, situada en el distrito la Esperanza, Ciudad de Trujillo.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnicas

En esta investigación, la técnica viene a ser, el procedimientos o estrategia de recolectar información principal y requerida para la investigación. (Arias, 2012, p.67)

En la investigación presentada se emplearán las siguientes técnicas.

- **Observación directa:** según Arias (2012), señala que esta técnica nos ayuda a recoger información directamente de campo, sin interrumpir las unidades de estudio. En tal razón nos ayudaría a identificar la visión general del estado actual de la infraestructura de la I.E 81751 Dios es Amor, Ciudad de Trujillo.
- **Análisis documental:** según arias (2012), esta técnica nos ayudaría a conocer con mayor precisión la problemática de investigación en base las fuentes descritas

como en artículos, tesis, libros, y documentos complementarios al tema de estudio. Por otro lado, se recogerá la información generada por la directiva de la I.E 81751 Dios es Amor, Ciudad de Trujillo, a fin de tener una visión general, de las distribuciones arquitectónicas y dimensiones de los elementos estructurales.

- La técnica empleada en esta investigación hace referencia a levantamiento existente de la estructura principal tal como se indica en la figura 7. Posterior a ello se realizará un análisis analítico empleando el software ETABS.

#### **2.4.2. Instrumentos**

En la investigación presentada, los instrumentos de recolección de datos, llegan a ser los dispositivos, los formatos o recursos; estos son utilizados para recolectar y guardar información, de forma física o digital. (Arias, 2012, p.68)

En la siguiente investigación se usarán los instrumentos principales, así como:

- Ficha de observación: se utilizará para los registros propios del levantamiento estructural de las edificaciones existentes de la I.E 81751 Dios es Amor, Ciudad de Trujillo (figura 7).
- Herramientas manuales y digitales: servirán para los trabajos que se realizarán, tanto en campo como en gabinete, tales como: lapiceros, wincha, esclerómetro, cámara fotográfica, laptop y venir digital.
- Software ETABS v.19; es un instrumento primordial que se usara para el análisis no lineal y diseño sismorresistente del reforzamiento estructural.

### **2.4.3. Validez**

En la presente investigación, la validez se define como el nivel en que un instrumento mide valiosamente la variable que se pretende medir. Sampieri (2014, p.200)

Con la interpretación de validez, se deduce que los instrumentos a emplear en la presente investigación, se encuentran totalmente validados por tres ingenieros civiles, ( Anexo 20), ya que contienen validez de contenido, es decir el nivel de medición representa al concepto de variable; por otro lado se tiene una validez de criterio, porque se compararan los resultados del instrumento con algunos otros criterios que tienen la misma finalidad de medición; así mismo se cuenta con validez constructiva, es decir, el instrumento mide y representa los conceptos teóricos.

### **2.4.4. Confiabilidad**

Según Sampieri et al (2013) señala que la confiabilidad, es el grado de seguridad que tiene un instrumento de medición, que, medido al mismo objetivo o individuo, los resultados llegan a ser los mismos.

Al tener conocimiento de lo descrito, la confiabilidad de los instrumentos a utilizar en la presente investigación, son sumamente confiables, ya que al emplearse los instrumentos continuamente para medir el mismo objetivo o variable, se obtiene el mismo resultado (Anexo 03)

## **2.5. Procedimiento**

Para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto de investigación, la primera etapa consistirá en realizar el levantamiento estructural de los tres pabellones, sin alterar las dimensiones reales de campo, asimismo se aprovechará en levantar las diferentes patologías

que afectan a las edificaciones. Posteriormente se realizarán los trabajos de esclerometría en cada uno de los elementos estructurales, siguiendo los pasos de la normativa vigente. En seguida, con los datos ya obtenidos en campo, se realizará la evaluación del comportamiento sismorresistente del estado actual de cada estructura de la I.E 81751 Dios es Amor, a fin de conocer la respuesta máxima bajo el control de la Norma E.030-2019. Finalmente, con la evaluación de vulnerabilidad sísmica se identificará la necesidad del reforzamiento estructural con nuevos elementos estructurales de concreto armado, para ello se realizará el análisis sísmico mediante el método de fuerzas equivalentes y dinámico, además se realizará los respectivos planos de estructuras.

## **2.6. Método de análisis de datos**

Los datos recolectados en campo y de laboratorio serán procesados en programas matemáticos y de información, así como, Excel y Word. Para el cálculo y diseño sismorresistente del reforzamiento estructural se emplearán los Softwares, ETABS y MATHCAD. Para el tema de dibujo de planos, se usará la herramienta de líneas, Programa AutoCAD. Junto a lo mencionado se hará uso de información bibliográfica y del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

## **2.7. Aspectos éticos**

La investigación que se presenta es verdadera, ya que es amparada por la recolección de referencias bibliográficas de tesis, libros, artículos científicos y se encuentran debidamente citada a la norma APA.

El proyecto de investigación tiene como finalidad fortalecer el beneficio a la I.E. 81751 Dios es Amor, situada en la ciudad de Trujillo, con el propósito del Modelamiento Pushover se logró el diseño de reforzamiento estructural de acuerdo a la norma E030

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Levantamiento de planos arquitectónicos

#### 3.1.1. Presentación general de la I.E 81751 Dios es Amor

La I.E. N° 81751 Dios es Amor consta de un predio que tiene los límites y linderos definidos por cerco perimétrico de muros de albañilería.

Topográficamente el área en estudio está situada en el AA. HH Wichanzao Mz 33, Lote 3 del sector II, Distrito La Esperanza, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad, con referencia se tiene la comisaria Jerusalén y SENATI (Figura 1). Cuyas coordenadas geográficas centrales son (Latitud  $8^{\circ}03'23.65''S$  y Longitud  $79^{\circ}03'11.00''O$ ). La altura medida sobre el nivel medio del mar es de 117 m.

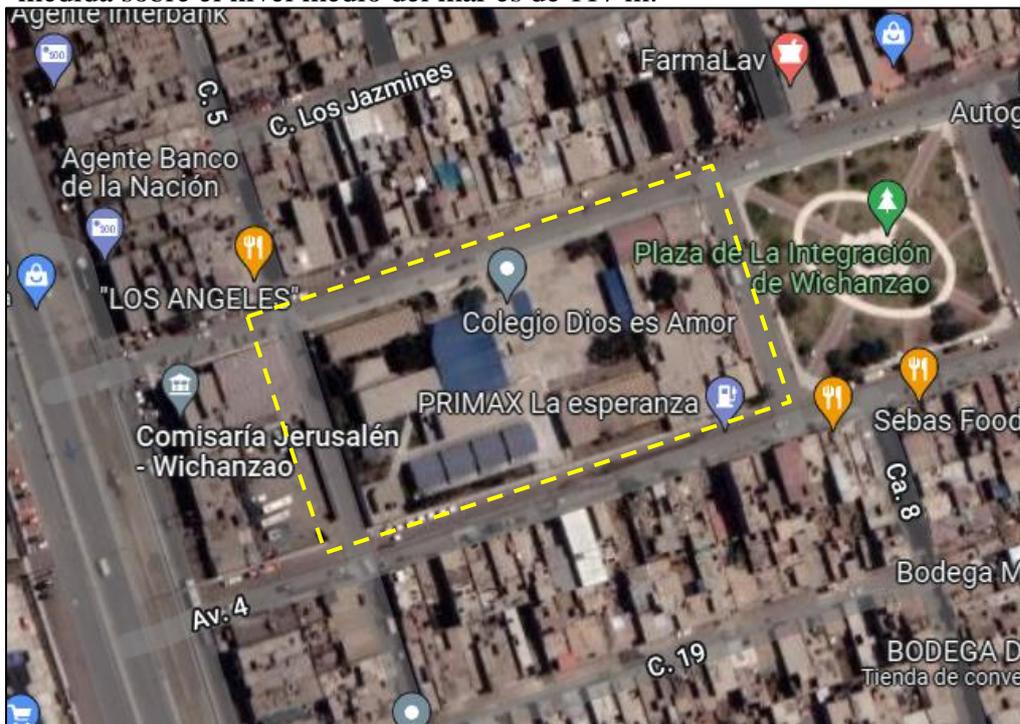


Figura 1: Ubicación del proyecto de estudio

Fuente: Google Maps

### 3.1.2. Área y sectores que comprende el proyecto

Para el levantamiento de los planos existentes de arquitectura, se ha presentado al nivel administrativo, una solicitud de apoyo para la entrega de planos topográficos, el cual se contempla el cerrado del cerco perimétrico y la ubicación de cada módulo, se cuenta con 295m de cerco perimétrico, material de albañilería confinada, columnas y vigas de concreto armado (sección 0.25x0.25m y 0.15x0.25), con altura de muros  $h = 3\text{m}$  (figura 2).

La I.E 81751 cuenta con cuatro módulos (A, B, C y D) para el servicio de estudios, cada uno con dos niveles en planta, según información administrativa, el módulo A fue construida en el año 1990, mientras que los otros tres fueron construidos en el año 2000 (proyecto de estudio). También se cuenta con un módulo de SS. HH de mujeres y varones, un módulo de biblioteca de un piso con material prefabricado, un kiosco de madera, ambiente de almacén prefabricado, un patio de formación de piso rígido, una losa deportiva, un tanque elevado, el resto es área verde. Topográficamente la IE esta ensamblada en un área aproximada de  $5170\text{ m}^2$  (figura 2).

Consecuentemente por tratarse de una investigación en base a la ingeniería básica estructural, en este proyecto se presentará el análisis y detalles de tan solo cuatro estructuras (modulo A, B, C y D). Los módulos se describen a continuación.

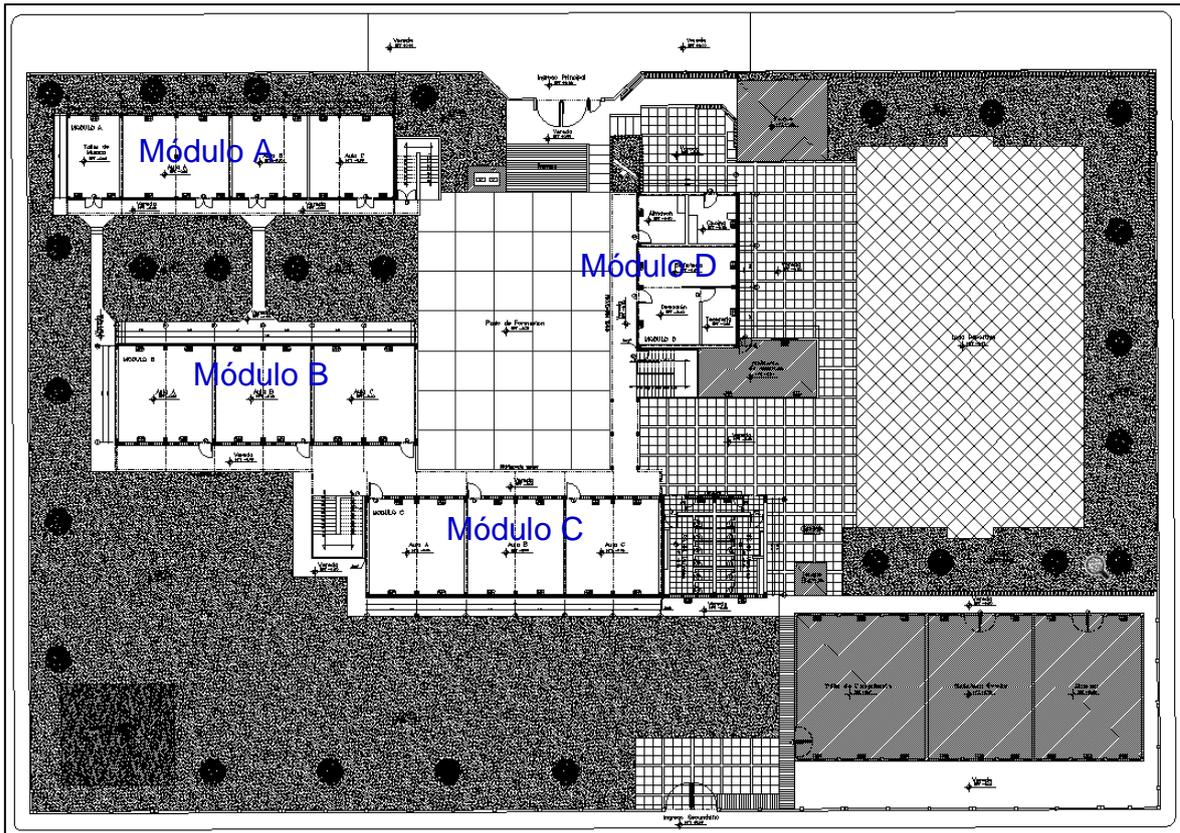


Figura 1: Distribución general de módulos existente (A, B, C y D)

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3. Información de levantamiento arquitectónico

- **Modulo A:** cuenta con dos niveles en planta, en el primer piso se ubica el taller de música y tres aulas, en el segundo se distribuyen tres aulas más, con altura de entrespiso  $h = 2.90\text{m}$ , espesor de techo  $e = 0.20\text{m}$ . La segunda planta cuenta con un volado de  $1.20\text{m}$ , a su vez, está conectada mediante una escalera independiente, situada a la parte derecha del ingreso principal (figura 3). Estructuralmente este módulo es el más antiguo, la dirección larga la constituye un sistema aporricado de concreto armado y un sisma de muros portantes de albañilería confinada para la dirección corta, fue autoconstruido a base de materiales artesanales, para su construcción no se contó con diseños

arquitectónicos ni estructuras, tampoco existió supervisión ni control de materiales.

- **Modulo B, C y D:** ambos cuentan con dos niveles en planta, con alturas de entrepiso  $h = 3\text{m}$ , espesor de losa  $e = 0.20\text{m}$ , el primer y segundo piso del módulo B y C se sitúan tres aulas por nivel, ambos edificios se conectan mediante una sola escalera aislada del contexto estructural, se cuenta con un volado de  $2.10\text{m}$  (figura 4 y 5). En el primer piso del módulo D, se cuenta con un ambiente de almacén, cocina, biblioteca, dirección y tesorería, el segundo piso se distribuyen dos aulas, tiene un volado de  $1.90\text{m}$ , la segunda planta está conectada con una escalera tipo “U”, aislado del sistema estructural (figura 6). El módulo C y D están conectados mediante un puente sostenido por columnas de concreto armado, aislado de los sistemas estructurales.

Estructuralmente estos tres módulos fueron construidos en base a un diseño arquitectónico y estructural, en la dirección larga la constituye un sistema aporticado de concreto armado y un sistema de muros portantes de albañilería confinada para la dirección corta, fue construido por el gobierno regional La Libertad.

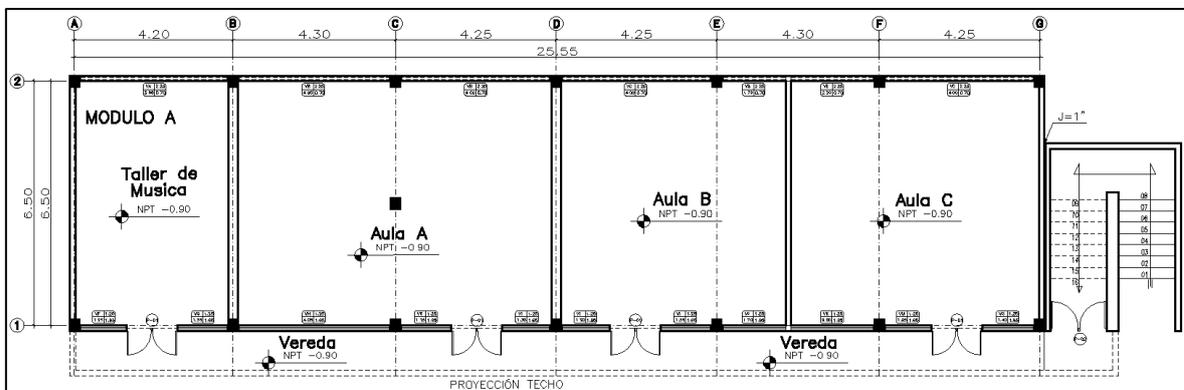


Figura 2: Distribución típica del módulo A

Fuente: Elaboración propia

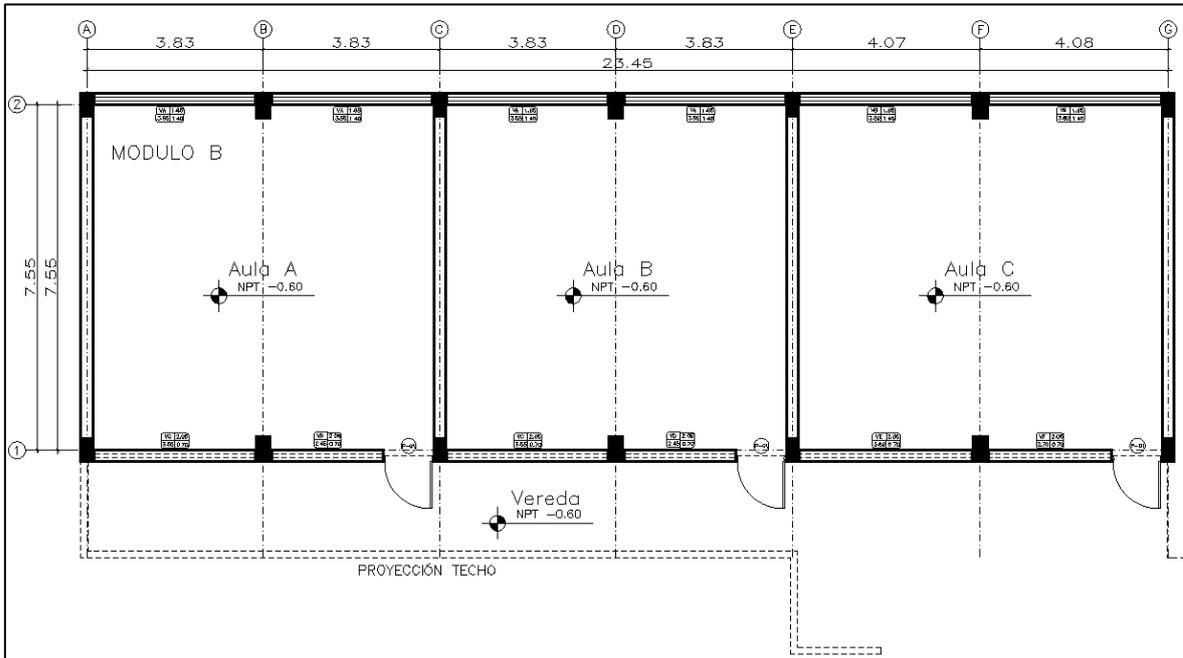


Figura 3: Distribución típica del módulo B

Fuente: Elaboración propia

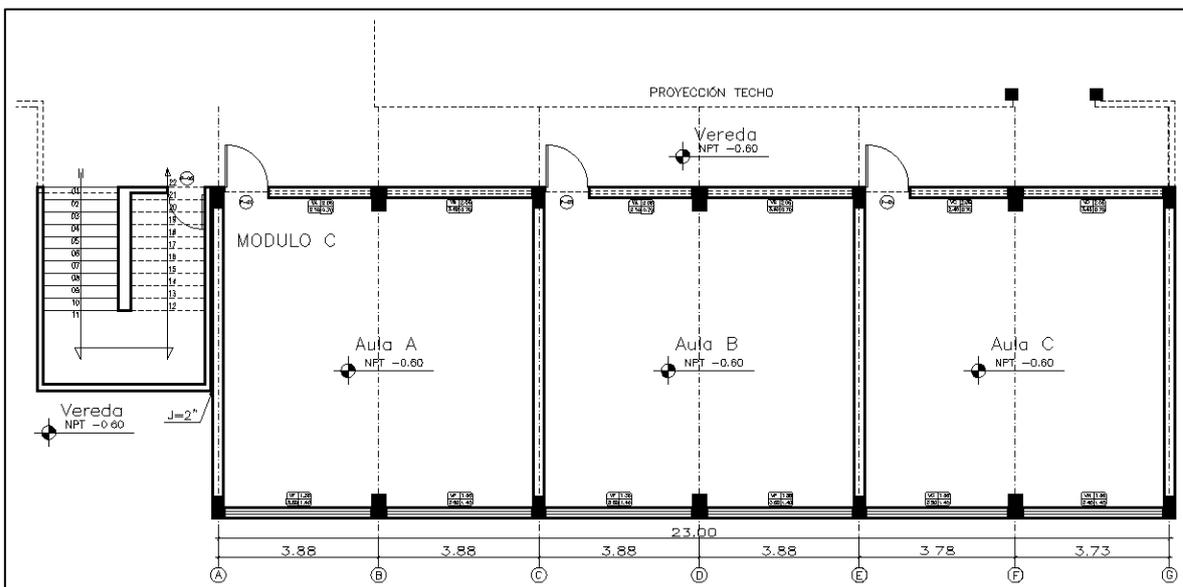


Figura 4: Distribución típica del módulo C

Fuente: Elaboración propia

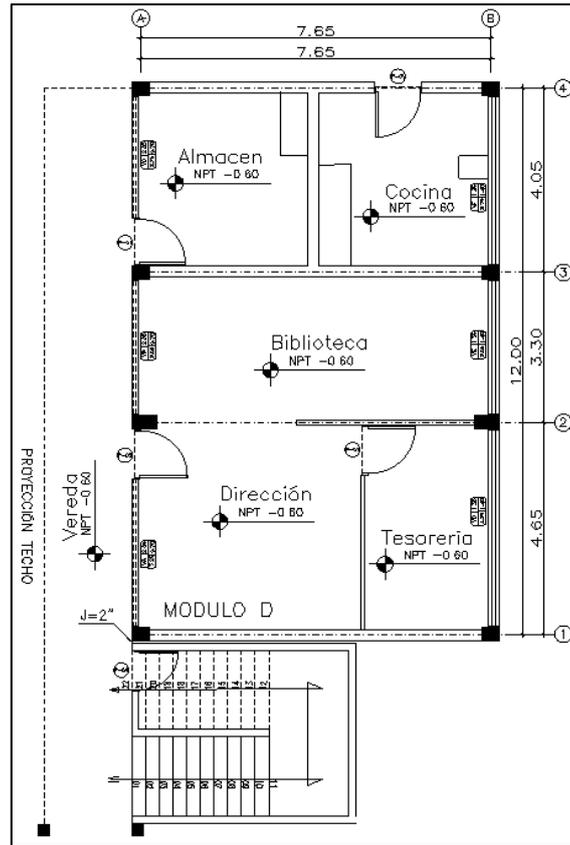


Figura 5: Distribución típica del módulo D

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.4. Secciones existentes de elementos estructurales

Con la visita a campo se corroboró los planos arquitectónicos en función a las medidas últimas de construcción (secciones estructurales), se aprovechó en reconocer el tipo de sistema estructural que gobierna en cada módulo de estudio, verificar que elementos corresponden a un sistema estructural y no estructural, identificación de juntas sísmicas y de construcción. La geometría de los elementos estructurales que se verificaron corresponde a vigas, columnas, losas de entrepiso, escaleras y muros portantes de albañilería confinada (figura 7 al 10). Se adjunta la ficha de registro empleada para el levantamiento de medidas estructurales (figura 8).

<b>FICHA DE REGISTRO MODULO A</b>				
Responsable:	Diana Estela García Vásquez			
	Lizeth Jamay Rodríguez Sánchez			
Nombre del proyecto	Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Para el Diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo			
Dirección	AA. HH Wichanza Mz 33, Lote 3 del sector II, Distrito La Esperanza, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad			
# Niveles	2			
Secciones Estructurales del Módulo A				
Columnas				
Elemento	Cantidad	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)
C-1	15	0.25	0.30	7.15
Muros portantes de albañilería				
Eje A	1	0.13	6.50	7.15
Eje B	1	0.23	6.50	7.15
Eje D	1	0.23	6.50	7.15
Eje G	1	0.23	6.50	7.15
Vigas				
Eje A	1	0.25	7.85	0.40
Eje B	1	0.25	7.85	0.40
Eje C	1	0.25	7.85	0.40
Eje D	1	0.25	7.85	0.40
Eje E	1	0.25	7.85	0.60
Eje F	1	0.25	7.85	0.60
Eje G	1	0.25	7.85	0.40
Eje 1	1	0.25	25.55	0.20
Eje 2	1	0.25	25.55	0.20
Volado	1	0.25	25.55	0.20
Losas aligeradas				
Primer techo	Área = 200.56 m <sup>2</sup>	-	-	0.20
Segundo techo	Área = 200.56 m <sup>2</sup>	-	-	0.20

Figura 6: Ficha de registro modulo A

Fuente: Elaboración propia

<b>FICHA DE REGISTRO MODULOS B y C</b>				
Responsable:	Diana Estela García Vásquez			
	Lizeth Jhamaly Rodríguez Sánchez			
Nombre del proyecto	Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Para el Diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo			
Dirección	AA. HH Wichanzao Mz 33, Lote 3 del sector II, Distrito La Esperanza, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad			
# Niveles	2			
Secciones Estructurales del Módulos B y C				
Columnas				
Elemento	Cantidad	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)
C-1	8	0.25	0.50	7.35
C-2	6	0.30	0.55	7.35
Muros portantes de albañilería				
Eje A	1	0.23	7.55	7.35
Eje C	1	0.23	7.55	7.35
Eje E	1	0.23	7.55	7.35
Eje G	1	0.23	7.55	7.15
Vigas				
Eje A	1	0.25	9.90	0.45
Eje B	1	0.30	9.90	0.70
Eje C	1	0.25	9.90	0.45
Eje D	1	0.30	9.90	0.70
Eje E	1	0.25	9.90	0.45
Eje F	1	0.30	9.90	0.70
Eje G	1	0.25	9.90	0.45
Eje 1	1	0.25	23.45	0.45
Eje 2	1	0.25	23.45	0.45
Volado	1	0.25	23.45	0.20
Losas aligeradas				
Primer techo	Área = 232.16 m <sup>2</sup>	-	-	0.20
Segundo techo	Área = 232.16 m <sup>2</sup>	-	-	0.20

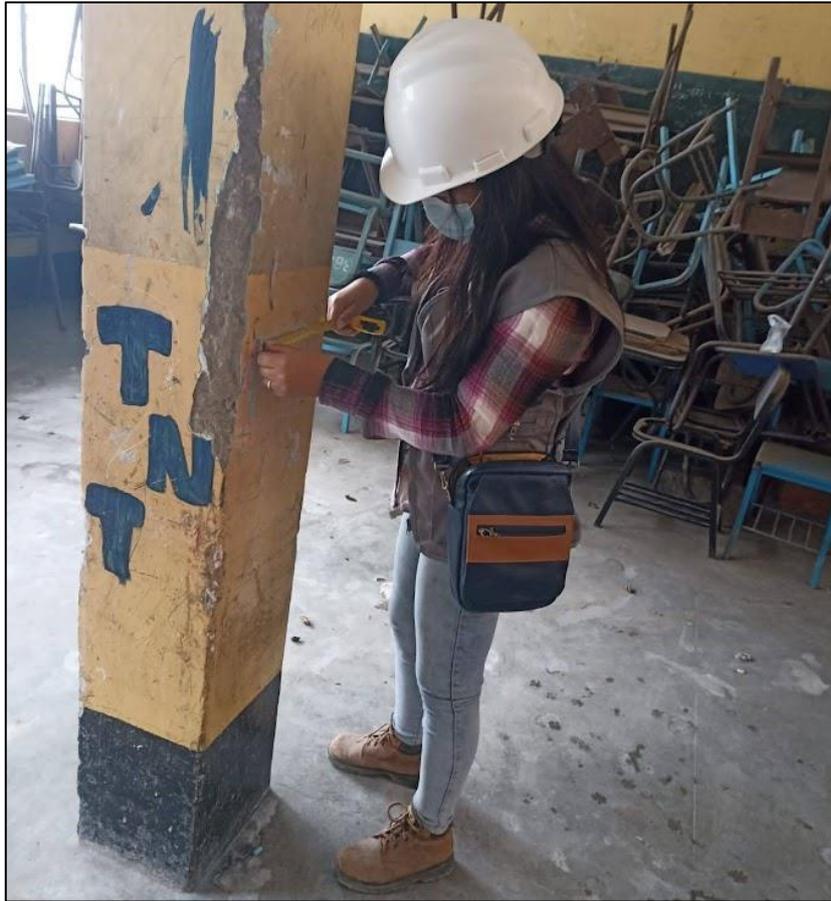
Figura 7: Ficha de registro modulo B y C

Fuente: Elaboración propia

FICHA DE REGISTRO MODULO D				
Responsable:	Diana Estela García Vásquez			
	Lizeth Jhamaly Rodríguez Sánchez			
Nombre del proyecto	Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Para el Diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo			
Dirección	AA. HH Wichanza Mz 33, Lote 3 del sector II, Distrito La Esperanza, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad			
# Niveles	2			
Secciones Estructurales del Módulos D				
Columnas				
Elemento	Cantidad	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)
C-1	2	0.30	40	7.35
C-2	2	0.30	0.55	7.35
Muros portantes de albañilería				
Eje 1	1	0.23	7.65	7.35
Eje 3	1	0.23	7.65	7.35
Eje 4	1	0.23	7.65	7.35
Vigas				
Eje 1	1	0.30	9.55	0.45
Eje 2	1	0.30	9.55	0.45
Eje 3	1	0.30	9.55	0.45
Eje 4	1	0.30	9.55	0.45
Eje A	1	0.30	12.00	0.45
Eje B	1	0.30	12.00	0.45
Volado	1	0.25	12.00	0.20
Losas aligeradas				
Primer techo	Área = 114.60 m <sup>2</sup>	-	-	0.20
Segundo techo	Área = 114.60 m <sup>2</sup>	-	-	0.20

Figura 8: Ficha de registro módulo D

Fuente: Elaboración propia



*Figura 9:* Toma de medidas del elemento estructural

Fuente: Elaboración propia

## **3.2. Resistencia superficial de elementos estructurales**

### **3.2.1. Ensayo de esclerometría o índice de rebote**

Es un método superficial que se trabajó bajo los lineamientos de la Norma ASTM-C-805-02. El trabajo en campo consistió en identificar los elementos a intervenir. En el módulo A se realizaron diez ensayos, cuatro y dos en columnas del primer y segundo nivel respectivamente, 2 en vigas, tanto del primer como del segundo techo. Debido a que los otros tres módulos (B, C y D) fueron construidos en el mismo tiempo, tan solo se realizaron ensayos en el módulo B (edificio más crítico), el procedimiento de selección fue la réplica del módulo B.

Para empezar con el trabajo del ensayo de esclerometría en campo, la Norma C-085-02 señala que la zona a trabajar debe estar limpia y lisa, para ello se tuvo que picar el espesor del tarrajeo, hasta encontrar la superficie del concreto armado. Los puntos de impacto del martillo esclerómetro se efectuaron a una separación mayor de 25mm, si la presión del impacto fractura la zona indicada, la lectura será anulada y reemplazada por otra lectura.

### 3.2.2. Área de ensayo

La Norma C-805-02, señala que en campo se deberán tomar 16 lecturas como mínimo, en cuadrado de 20cm de lado dividido por 16 cuadrados pequeños cada uno, además el punto de impacto debe estar separado a una distancia mayor de 25mm. En la figura 11 se indica el área de trabajo en campo.

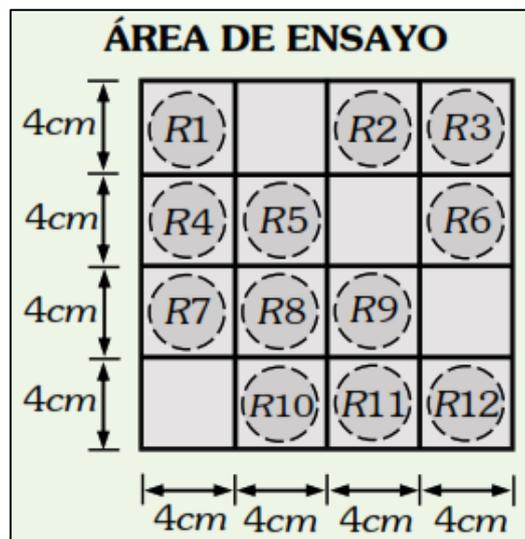


Figura 10: Área normativa de ensayo de esclerometría

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3. Método de cálculo

Después de haber tomado las lecturas de los puntos esclerómetros en campo, la Norma C-085-02 señala que se deberán escoger un promedio mínimo de 10 lecturas inducidas

en 6 unidades, puesto que el cálculo se determinara con las lecturas restantes, si las lecturas difieren en promedio de 6 unidades, el ensayo será descartado y se tomaran nuevas lecturas en otra área de trabajo. En la figura 12 se presenta un elemento que indica el área de trabajo en campo, que posterior a ello se determinó la resistencia superficial del concreto armado, tanto en columnas como de vigas.



*Figura 11:* Procedimiento del ensayo esclerometría en campo

Fuente. Elaboración propia

#### **3.2.4. Resistencia superficial del concreto real**

Para identificar los factores de corrección de los ensayos esclerómetros en campo, se implementó los parámetros y recomendaciones del INTEMAC y Cortes (1987), puesto que para dicha corrección se tomó un 30% mejor de la resistencia brindada del ensayo, es decir la resistencia cilíndrica real del concreto endurecido es presentado a un 70% de su resistencia máxima.

Por otro lado, en el procedimiento de cálculo y obtener un mejor resultado del ensayo esclerometría, también se emplearon factores de corrección que dependen básicamente del trabajo y posiciones del profesional en campo, estas correcciones dependen de la posición del instrumento, carbonatación del concreto en zona superficial, humedad superficial y capas de concreto armado. En la tabla 2 y 3 se presenta la resistencia superficial del concreto real de columnas y vigas, de las estructuras en estudio, (ver cálculo de laboratorio en anexos 06 al 16).

**Tabla 2:**

*Resistencia superficial real del concreto – modulo A*

<b>Elemento estructural</b>	<b>Resistencia de diseño <math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia superficial del concreto (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
Columnas	210.00	173.04
Vigas	210.00	177.93

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3**

*Resistencia superficial real del concreto – modulo B,C y D*

<b>Elemento estructural</b>	<b>Resistencia de diseño <math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia superficial del concreto (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
Columnas	210.00	193.28
Vigas	210.00	197.49

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.5. Cuantía de acero corrugado

Para determinar la cuantía del acero corrugado, propuestos en las secciones longitudinal y transversal de columnas y vigas, se tomó en cuenta las secciones y datos de los planos generados en el levantamiento. En la tabla 4, se muestra las cuantías de refuerzo de elementos estructurales resistentes a fuerzas laterales y cargas de gravedad, en todas las columnas y vigas se emplearon estribo de Ø3/8”.

**Tabla 4**

*Cuantías de refuerzo en vigas*

Sección	b (m)	hv (m)	Acero Corrugado	
			Superior	Inferior
V: 0.25x0.20	0.25	0.20	2Ø1/2"	2Ø1/2"
V: 0.25x0.40	0.25	0.40	4Ø5/8"	4Ø5/8"
V: 0.25x0.45	0.25	0.45	4Ø5/8"	4Ø5/8"
V: 0.30x0.45	0.30	0.45	4Ø5/8"	4Ø5/8"
V: 0.25x0.60	0.25	0.60	4Ø3/4"	4Ø3/4"
V: 0.30x0.70	0.30	0.70	4Ø3/4"	4Ø3/4"

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5**

*Cuantías de refuerzo en columnas*

Sección	b (m)	hv (m)	Acero Corrugado
C: 0.25x0.30	0.25	0.30	4Ø5/8"
C: 0.25x0.50	0.25	0.50	8Ø5/8"
C: 0.25x0.55	0.25	0.55	8Ø5/8"
C: 0.30x0.40	0.30	0.40	8Ø5/8"
C: 0.30x0.55	0.30	0.55	10Ø5/8"

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Respuesta sismorresistente

#### 3.3.1. Normas de estructuras

- E.020: Cargas
- E.030: Diseño sismorresistente
- E.050: Diseño de cimentación
- E.060: Diseño concreto armado
- E.070: Diseño albañilería confinada
- ASCE 41-13: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings

### 3.3.2. Elasticidad de los materiales

**Tabla 6**

*Características elásticas de los materiales*

Concreto armado	Concreto armado	Albañilería
Límite de cedencia $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	Peso volumétrico $\gamma = 2400 \text{ kgf/m}^3$	Peso volumétrico $\gamma = 1800 \text{ kgf/m}^3$
Cedencia máxima $f_y = 6300 \text{ kg/cm}^2$	Módulo de elasticidad $E = 15100\sqrt{f'_c}$	Módulo de elasticidad $E = 500 \times f'_m$
Módulo de elasticidad $E = 2 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$	Valor de poisson $\mu = 0.15$	Valor de poisson $\mu = 0.25$
Valor de poisson $\mu = 0.30$	Resistencia cilíndrica (ver tablas 2 y 3)	Resistencia a la compresión $f'_c = 35 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3. Propiedades del terreno

Para obtener las propiedades del terreno, se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos a la municipalidad Distrital La Esperanza, al relacionar los parámetros encontrados en dicho informe con la Normativa E.030, se ha identificado los parámetros sísmicos de la zona, capacidad portante del terreno, desplante mínimo de cimentaciones, tipo de suelo de apoyo, agresividad del suelo y otros valores de laboratorio como es el ensayalo de corte directo. En la tabla 7 se presentan las características del terreno, valores efectuados en el análisis sísmico, (ver ensayos y cálculos de laboratorio en anexos 17 al 19).

**Tabla 7**

*Características y parámetros del suelo*

<b>Características del terreno del proyecto en estudio</b>	
Tipo de terreno de apoyo	Grava Limosa mal Graduada (GM-GP)
Tipo de cimentación superficial	Cimiento cuadrado
Desplante mínimo de cimentación	Df = 1.20m
Nivel de agua freática	No se evidencio a la profundidad
Capacidad última del suelo	$\sigma_{adm} = 2.55 \text{ kg/cm}^2$
Agresividad del terreno y recomendaciones	Ataque leve por sulfatos y cloruros, se recomienda usar cemento tipo I tanto en la subestructura y superestructura.

Fuente: MAL&BEG Consultores y Supervisores S.A.C

### 3.3.4. Modelo estructural

El modelo estructural se llevó a cabo con el soporte del programa Etabs v19.00, versión profesional, con se calculó y diseño la superestructura, el número de licencia es 700328382. Todos los elementos que influyen sobre la respuesta de la estructura se representaron mediante elementos lineales o superficiales, estos elementos están unidos entre sí, las columnas se suponen empotradas en la cimentación, la continuidad de las vigas en columnas se consigue mediante brazos rígidos. Las propiedades geométricas de la sección transversal de cada uno de los elementos estructurales, son calculados por el programa considerando la sección bruta, se acepta que ambos techos actúan como diafragma rígido.

La acción de diafragma de los techos se modela mediante riostras dispuestas en cada uno de los paños de manera tal que se forma sistema triangulado (estable en plano de techo), a estas riostras y le ha proporcionado rigidez axial infinita y nula a la rigidez a la flexión; las riostras se articulan en sus extremos a fin de que no interactúen con los elementos estructurales.

El cálculo del peso sísmico de las edificaciones se asume que la carga permanente actúa de manera simultánea con la carga viva instantánea (cincuenta por ciento de la carga viva de piso), esto según categoría de la edificación (Norma de Estructuras E.030). para el primer techo se utiliza el modelo de masas concentradas, tres grados de libertad en vista 3D. Además, en los modelos (análisis sísmico estático y dinámico) se ha considerado la incertidumbre que se tiene con respecto a la ubicación del centro de masas y rigideces vía excentricidades indicadas en la E.030.

Los modelos estructurales se muestran en las figuras 13 al 15, el cual se ha incluido lo indicado en el anterior ítem. Se asume que el material tiene comportamiento elástico lineal infinito, supuesto que permite efectuar análisis lineal de segundo orden. En la formulación del modelo estructural de los techos se ha considerado que:

- La sección transversal de la losa se puede dividir en franjas perpendiculares a las vigas de apoyo.
- Las franjas son independientes, no interactúan unas con otras, por ende, a cada franja le corresponde la carga aferente a su ancho.
- Se desprecia el ancho de la franja, es decir, solo se consideran las deformaciones longitudinales, esto permite representar cada franja como un elemento unidireccional (barra).
- Se desprecia la rigidez torsional de las vigas de apoyo.
- Las franjas se empotran en los muros de concreto.
- Los extremos de las barras se han declarado como brazos rígidos (longitud que penetra la vigueta en la viga de apoyo).

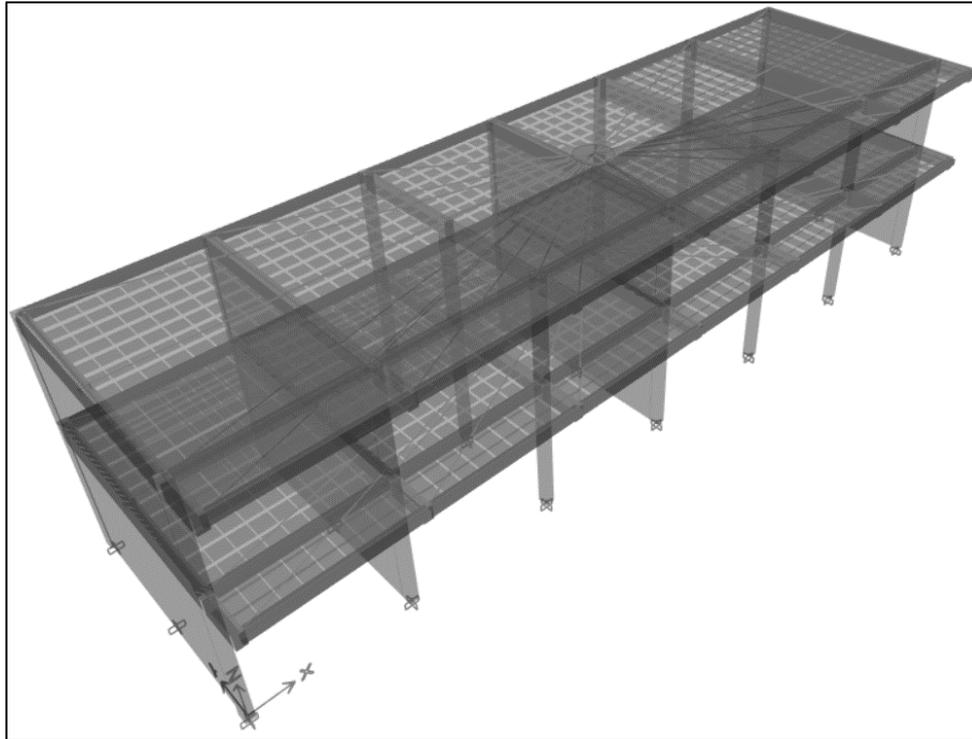


Figura 12: Modelo estructural, modulo A (geometría y condiciones de continuidad)

Fuente: Elaboración propia

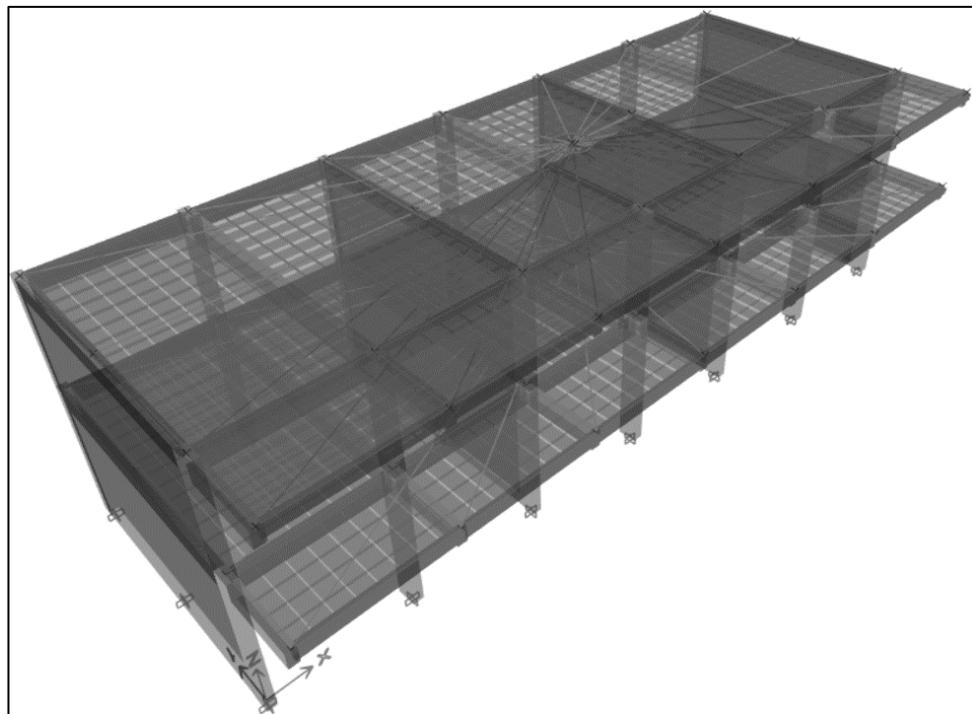


Figura 13: Modelo estructural, modulo B y C (geometría y condiciones de continuidad)

Fuente: Elaboración propia

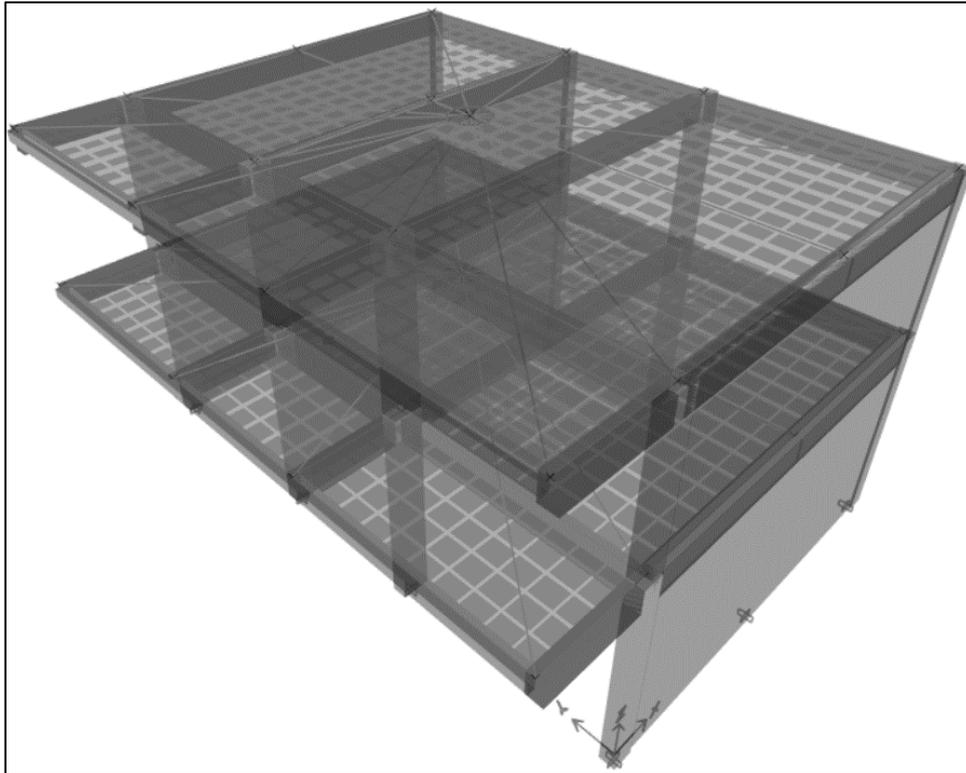


Figura 14: Modelo estructural, módulo D (geometría y condiciones de continuidad)

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.5. Análisis por solicitaciones de cargas de gravedad

Las cargas verticales se evaluaron conforme a la Norma de Estructuras E.020 (Cargas). Los pesos de los elementos no estructurales se estimaron a partir de sus dimensiones reales con su correspondiente peso específico. A continuación, se detallan las cargas típicas (muerta y viva) consideradas en el análisis.

#### a) Carga permanente:

Solo se considera la carga permanente sobre impuesta (losas y tabiquería), el programa tiene la capacidad de agregar el peso propio de los miembros estructurales y de distribuir las cargas por unidad de superficie entre las losas. El peso de los tabiques que recaen directamente sobre las vigas se representa como

cargas distribuidas por unidad de longitud y el peso de los tabiques que se apoyan sobre los paños como cargas uniformemente distribuidas por unidad de superficie, en este último caso, el peso de las losas y acabados se sumara el peso de los tabiques.

➤ **Carga muerta sobre impuesta en techos:**

- Peso de losa aligerada : 0.30 tonf/m<sup>2</sup> (h=20cm)
- Peso de acabados : 0.10 tonf/m<sup>2</sup> (h=20cm)
- Peso distribuido en vigas : 0.63 tonf/m (h<sub>v</sub>>40cm)
- Peso distribuido en vigas : 0.33 tonf/m (h<sub>v</sub><40cm)

**b) Carga viva:**

Son las cargas verticales gravitacionales de carácter movible que actúan esporádicamente y son producidas por el uso y ocupación de la estructura. La Norma E.020, señala lo siguiente:

➤ **Carga viva:**

- Sobrecargas primer techo : 0.25 tonf/m<sup>2</sup> (aulas)
- Sobrecarga segundo techo : 0.10 tonf/m (azotea)

**c) Carga sísmica:**

En este capítulo se define la acción sísmica generada sobre la estructura del edificio, la cual deberá ser soportada mediante la rigidez lateral otorgada por los elementos estructurales verticales. La estructura debe ser capaz de resistir al mismo tipo de acciones diferentes como es el caso del peso propio y sobrepeso de la ocupación, puesto que las particularidades de las acciones de un sismo hacen

difícil conjugar un cálculo con todas las acciones al mismo tiempo, por lo que el cálculo se suele utilizar como cargas sísmicas unas cargas convencionales que producirán sobre el edificio los mismos daños que el terremoto. Según E.030, estas cargas sísmicas se calculan generalmente empleando el método de fuerzas estáticas equivalentes, tal como se extiende a continuación.

Debido a que las estructuras del presente proyecto pertenecen a la categoría A2 (edificaciones importantes), el peso sísmico se calcula con el cien por ciento de la carga muerta, cincuenta por ciento de la carga viva de piso y el veinticinco por ciento de la carga viva de techo (Norma E.030). El peso sísmico y las excentricidades de la estructura es calculado por el mismo programa, tal como se explica en la tabla 8 al 10.

**Tabla 8**

*Centroide de masas y rigideces del módulo A*

Techo	Altura (m)	Masa (kgf)	Centro masa (m)		Centro rigidez (m)	
			x	y	x	y
2	3.10	4304.79	13.30	3.10	10.34	2.97
1	4.05	5736.00	13.13	3.31	10.19	3.11
Total	7.15	10040.77	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9**

*Centroide de masas y rigideces del módulo B y C*

Techo	Altura (m)	Masa (kgf)	Centro masa (m)		Centro rigidez (m)	
			x	y	x	y
2	3.20	6566.07	12.80	3.65	11.61	3.67
1	4.15	7684.61	12.83	3.61	11.61	3.71
Total	7.35	14250.68	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10**
*Centroide de masas y rigideces del módulo D*

Techo	Altura (m)	Masa (kgf)	Centro masa (m)		Centro rigidez (m)	
			x	y	x	y
2	3.20	4239.08	3.79	6.91	3.75	6.59
1	4.15	4368.63	3.64	6.96	3.79	6.59
Total	7.35	8607.71	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.6. Análisis sísmico estático

Este análisis estático consiste inicialmente en calcular la cortante basal real actuante en la base de la estructura, que la vez dicha fuerza se convierte en una carga equivalente concentrada en el centro de masas de cada techo (diafragma rígido). Para el cálculo de este análisis lineal, se efectuó considerando las secciones y características reales de los elementos estructurales, además las estructuras en estudio no presentan irregularidades en planta ni altura, cada módulo en estudio con dos predominantes sistemas resistentes a cargas laterales (pórticos de concreto armado y muros portantes de albañilería), según la Norma E.030, el factor de reducción de las fuerzas sísmicas equivalentes, los pórticos y albañilería tienen una ductilidad  $R=8$  y  $R=3$  respectivamente para evaluaciones de sismos raros. En la tabla 11, se registran los parámetros sísmicos considerados en este análisis, los mismos que son señalados por la Norma E.030.

**Tabla 11**
*Factores sísmicos de la estructura, señalado por E.030*

Parámetros sísmicos	Factores	
Factor de zona	Z =	0.45 g
Factor de importancia	U =	1.50 (A2)
Perfil de suelo	S2 =	1.05
Periodo corto del suelo	T <sub>P</sub> =	0.60 s
Periodo largo del suelo	T <sub>L</sub> =	2.00 s
Factor de plataforma máxima	C =	2.50
Reducción de fuerza (pórticos)	R =	8.00
Reducción de fuerza (albañilería)	R =	3.00

El periodo fundamental de cada estructura es inferior a  $T_P = 0.60s$ , según reporte de análisis para el módulo A  $T_X = 0.56s$   $T_Y = 0.22s$ , modulo B y C  $T_X = 0.64s$   $T_Y = 0.18s$ , módulo D  $T_X = 0.15s$   $T_Y = 0.55s$ ,  $C_{X,Y} = 2.5$ , considerando el peso sísmico total de la estructura, para el módulo A, modulo B y C, módulo D, resulta  $P_A = 345.06$  tonf,  $P_{B,C} = 450.82$ ,  $P_D = 261.00$  tonf. Finalmente, del cortante basal resulta:

➤ **Cortante basal del módulo A**

$$V_X = \frac{ZUSC}{R} P = \frac{0.45 \times 1.50 \times 1.05 \times 2.50}{8} \times 345.06 = 76.43 \text{tonf (dieccion xx)}$$

$$V_Y = \frac{ZUSC}{R} P = \frac{0.45 \times 1.50 \times 1.05 \times 2.50}{3} \times 345.06 = 203.80 \text{tonf (dieccion yy)}$$

➤ **Cortante basal del módulo B y C**

$$V_X = \frac{ZUSC}{R} P = \frac{0.45 \times 1.50 \times 1.05 \times 2.50}{8} \times 450.82 = 99.85 \text{tonf (dieccion xx)}$$

$$V_Y = \frac{ZUSC}{R} P = \frac{0.45 \times 1.50 \times 1.05 \times 2.50}{3} \times 450.82 = 266.27 \text{tonf (dieccion yy)}$$

➤ **Cortante basal del módulo D**

$$V_X = \frac{ZUSC}{R} P = \frac{0.45 \times 1.50 \times 1.05 \times 2.50}{3} \times 261.00 = 154.15 \text{tonf (dieccion xx)}$$

$$V_Y = \frac{ZUSC}{R} P = \frac{0.45 \times 1.50 \times 1.05 \times 2.50}{8} \times 261.00 = 57.81 \text{tonf (dieccion yy)}$$

En el inciso 28.3 de la Norma E.030, se indican los procedimientos para el cálculo de las fuerzas equivalentes actuantes en el centro de cada nivel (diafragma rígido), consecuentemente el programa de análisis Etabs tiene la opción de calcular dichas fuerzas, las tabla 12 al 14 se muestran los pesos y fuerzas cortantes en cada techo, según el módulo.

**Tabla 12**

*Fuerzas equivalentes distribuidas en cada techo del módulo A*

Techo	h (m)	Peso (tonf)	$\alpha$	Fx (tonf)	Fy (tonf)
2	7.15	141.00	0.55	42.00	11.99
1	4.05	204.06	0.45	34.43	91.81
Total	7.15	345.06	1.00	76.43	203.80

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13**

*Fuerzas equivalentes distribuidas en cada techo del módulo B y C*

Techo	h (m)	Peso (tonf)	$\alpha$	Fx (tonf)	Fy (tonf)
2	7.35	186.48	0.56	55.46	147.89
1	4.15	264.34	0.44	44.39	118.40
Total	7.35	450.82	1.00	99.85	266.27

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14**

*Fuerzas equivalentes distribuidas en cada techo del módulo D*

Techo	h (m)	Peso (tonf)	$\alpha$	Fx (tonf)	Fy (tonf)
2	7.35	109.45	0.56	86.51	32.44
1	4.15	151.55	0.44	67.64	25.36
Total	7.35	261.00	1.00	154.15	57.81

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.7. Análisis sísmico dinámico

Este método se desarrolla en función a los parámetros señalados por la Norma E.030, el cual manifiesta que los cálculos dependen de una combinación de superposición modal espectral, puesto que para ello se debe considerar como criterio de superposición el ponderado entre la suma de absolutos y la media cuadrática. Alternativamente este método se puede desarrollar utilizando como criterio de superposición la combinación cuadrática (CQC). En este proyecto se empleó el ultimo análisis.

El espectro inelástico de pseudo aceleraciones, se diseña en función a los parámetros establecidos por el estudio mecánica de suelos y la relación de la Norma E.030. Su diseño consiste en determinar el periodo máximo de la estructura, para luego realizar la evaluación grafico del periodo corto y largo de la zona, teniendo una plataforma máxima constante  $C = 2.50$ , que desciende desde el punto de inicio del periodo corto del suelo. En la figura 16 se adjunta el espectro de diseño, por ahora se ha asumido que existen dos sistemas estructurales predominantes (pórticos de concreto armado y muros portantes de albañilería confinada), el factor de reducción,  $R = 8$  y  $R = 3$ .

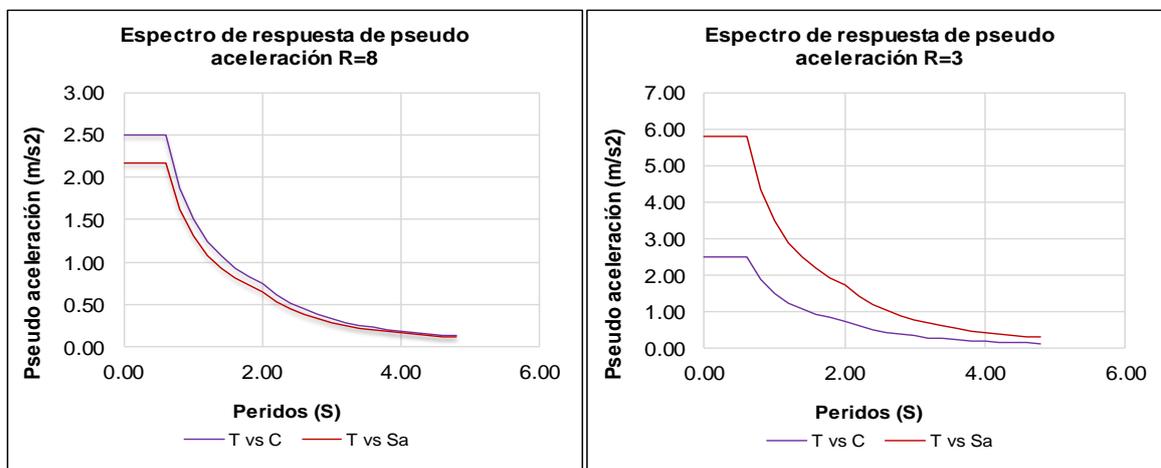


Figura 15: Espectro de diseño según Norma E.030

Fuente: Elaboración propia

Para determinar los desplazamientos laterales de la estructura, según la Norma E.030 manifiesta que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso calculado según el análisis lineal elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas por el coeficiente “R”, no deberá exceder de la fracción de la altura de entrepiso según el tipo de sistema predominante. La misma norma también señala que la distorsión máxima de entrepiso no será mayor de 0.007 radianes para estructuras de concreto armado, no 0.005 para sistemas de albañilería. En las tablas 15 al 20 se presentan los desplazamientos inelásticos de cada módulo.

➤ **Distorsión angular del módulo A**

**Tabla 15**

*Distorsión angular real en dirección xx del módulo A*

Techo	h (cm)	Desplazamientos (cm)		Deriva	Control (R=8)
		Absoluto	Relativo		
2	310	3.05	0.86	0.016	0.007
1	405	2.19	2.19	0.032	0.007

Nota: Del reporte se determina que las distorsiones máximas de entrepiso, dirección xx, superan el valor permisible de la Norma E.030, es decir que en esa dirección falta rigidez estructural, se tiene que diseñar un reforzamiento con la incorporación de nuevos elementos de concreto armado.

**Tabla 16**

*Distorsión angular real en dirección yy del módulo A*

Techo	h (cm)	Desplazamientos (cm)		Deriva	Control (R=3)
		Absoluto	Relativo		
2	310	1.25	0.54	0.0039	0.005
1	405	0.71	0.71	0.0040	0.005

Nota: Del reporte se determina que las distorsiones máximas de entrepiso, dirección yy, cumplen con el valor permisibles de la Norma E.030, es decir que en esa dirección la rigidez estructural es adecuada, no se necesita reforzamiento estructural.

➤ **Distorsión angular del módulo B y C**

**Tabla 17**

*Distorsión angular real en dirección xx del módulo B y C*

Techo	h (cm)	Desplazamientos (cm)		Deriva	Control (R=8)
		Absoluto	Relativo		
2	320	2.50	0.62	0.011	0.007
1	415	1.88	1.88	0.027	0.007

Nota: Del reporte se determina que las distorsiones máximas de entrepiso, dirección xx, superan el valor permisible de la Norma E.030, es decir que en esa dirección falta rigidez estructural, se tiene que diseñar un reforzamiento con la incorporación de nuevos elementos de concreto armado.

**Tabla 18**

*Distorsión angular real en dirección yy del módulo B y C*

Techo	h (cm)	Desplazamientos (cm)		Deriva	Control (R=3)
		Absoluto	Relativo		
2	320	0.72	0.31	0.0022	0.005
1	415	0.41	0.41	0.0023	0.005

Nota: Del reporte se determina que las distorsiones máximas de entrepiso, dirección yy, cumplen con el valor permisibles de la Norma E.030, es decir que en esa dirección la rigidez estructural es adecuada, no se necesita reforzamiento estructural.

➤ **Distorsión angular del módulo D**

**Tabla 19**

*Distorsión angular real en dirección xx del módulo D*

Techo	h (cm)	Desplazamientos (cm)		Deriva	Control (R=3)
		Absoluto	Relativo		
2	320	0.44	0.18	0.0013	0.005
1	415	0.26	0.26	0.014	0.005

Nota: Del reporte se determina que las distorsiones máximas de entrepiso, dirección xx, cumplen con el valor permisibles de la Norma E.030, es decir que en esa dirección la rigidez estructural es adecuada, no se necesita reforzamiento estructural.

**Tabla 20**

*Distorsión angular real en dirección yy del módulo D*

Techo	h (cm)	Desplazamientos (cm)		Deriva	Control (R=8)
		Absoluto	Relativo		
2	320	1.95	0.50	0.009	0.007
1	415	1.45	1.45	0.021	0.007

Nota: Del reporte se determina que las distorsiones máximas de entrepiso, dirección yy, superan el valor permisible de la Norma E.030, es decir que en esa dirección falta rigidez estructural, se tiene que diseñar un reforzamiento con la incorporación de nuevos elementos de concreto armado.

### 3.3.8. Análisis por desempeño sísmico

Las estructuras en estudio fueron diseñadas bajo los lineamientos de la Norma Peruana E.030, el cual indica que las estructuras esenciales permanecerán operativas después de la ocurrencia sísmica rara. Es por ello que para esta evaluación se empleó los criterios señalados por el comité de visión 2000 ya que tienen la misma relación con la Normativa E.030. La tabla 21 muestra el desempeño que deberán tener las estructuras esenciales de la categoría A2.

**Tabla 21**

*Desempeño deseado de la estructura*

Niveles de peligro sísmico	Periodo de retorno (años)	Operacional	Ocupación inmediata	Seguridad de vida	Límite de colapso
Frecuente	43	-	-	-	-
Ocasional	72	X	-	-	-
Raro	475	-	X	-	-
Muy raro	970	-	-	X	-

Fuente: ASCE 41-13

### 3.3.9. Análisis estático No lineal – Pushover

Este análisis es un método que consiste en determinar la capacidad, ductilidad y resistencia con la cual viene trabajando la estructura, en su evaluación se determina el verdadero coeficiente de reducción sísmica ( $R_o$ ), es decir se modelan los elementos en un estado inelástico a fin de conseguir las fuerzas máximas que perjudican a la estructura, posterior a se tiene que evaluar los controles que se derivan de la rigidez estructural que presenta la edificación. Por tratarse de edificaciones de baja altura, los efectos de P-Delta no fueron considerados, las vigas se evalúan con rotulas platicas concentradas y las columnas con rotulas tipo fibra, los elementos tipo Shell (muros de albañilería) fueron sustituidos por

elementos tipo frame (columna ancha), puesto que para ello se considera la característica plásticas de la albañilería. La figura 17 muestra el modelo típico de columna del módulo A, estas fueron replicadas en cada estructura analizada.

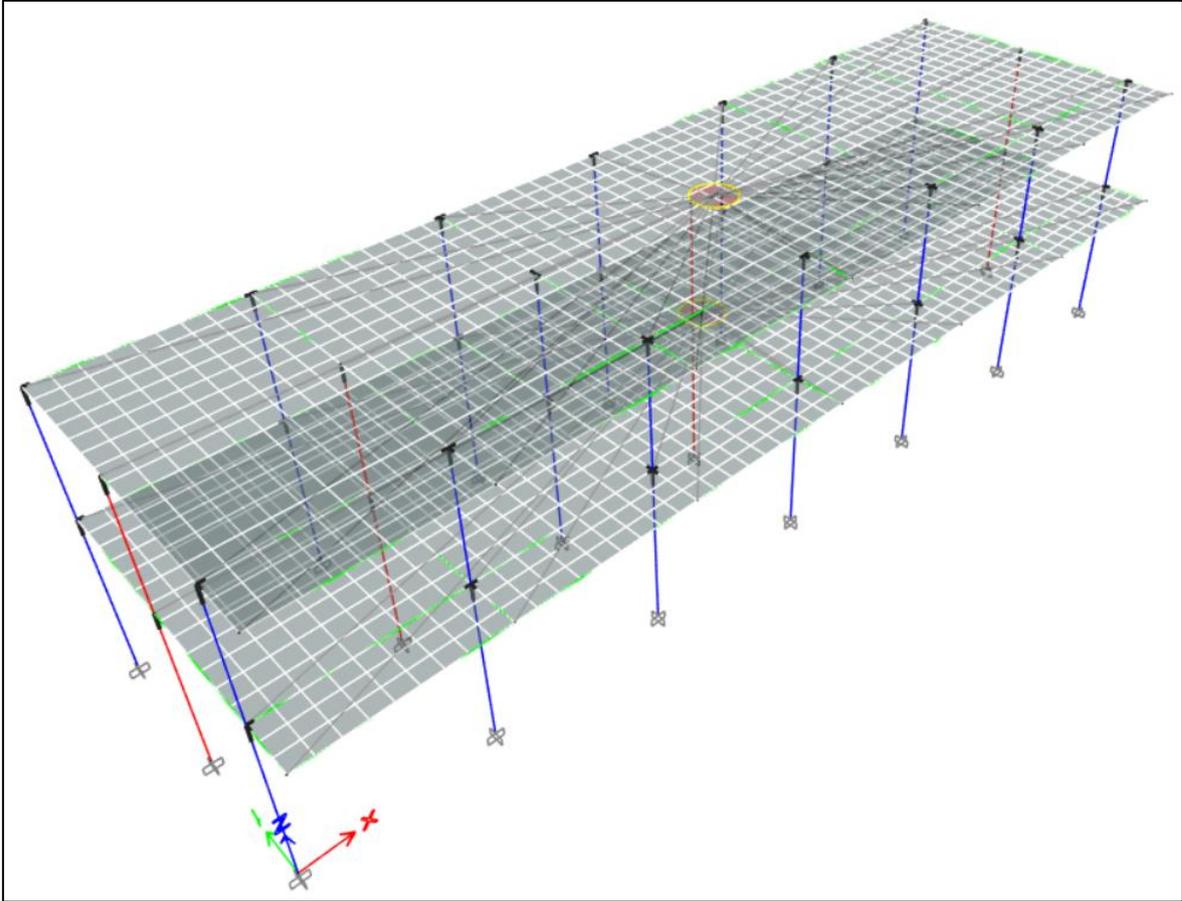


Figura 16: Modelo matemático de columna ancha y liberación de momento en vigas

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.9.1. Comportamiento no lineal del material

En el modelo del programa Etabs se ha definido la geometría estructural de cada módulo, sin alterar la sección transversal de los componentes, por otro lado se ingresó las propiedades reales de los materiales (concreto armado y acero corrugado), la resistencia cilíndrica del concreto real en columnas y vigas se presentan en la tabla 2 y 3. En la definición del concreto se tomó el siguiente criterio; para el nivel tipo operacional se asignó una

deformación unitaria de 0.003 el cual corresponde a la limitación antes del concreto no confinado; en el nivel de seguridad de vida se asignó un dato aproximado a la deformación correspondiente al esfuerzo máximo del material confinado; mientras que para el nivel de colapso se asignó al doble de la deformación de seguridad de vida, próximo a la rotura del núcleo fuerte del material confinado. La figura 18 muestra lo manifestado.

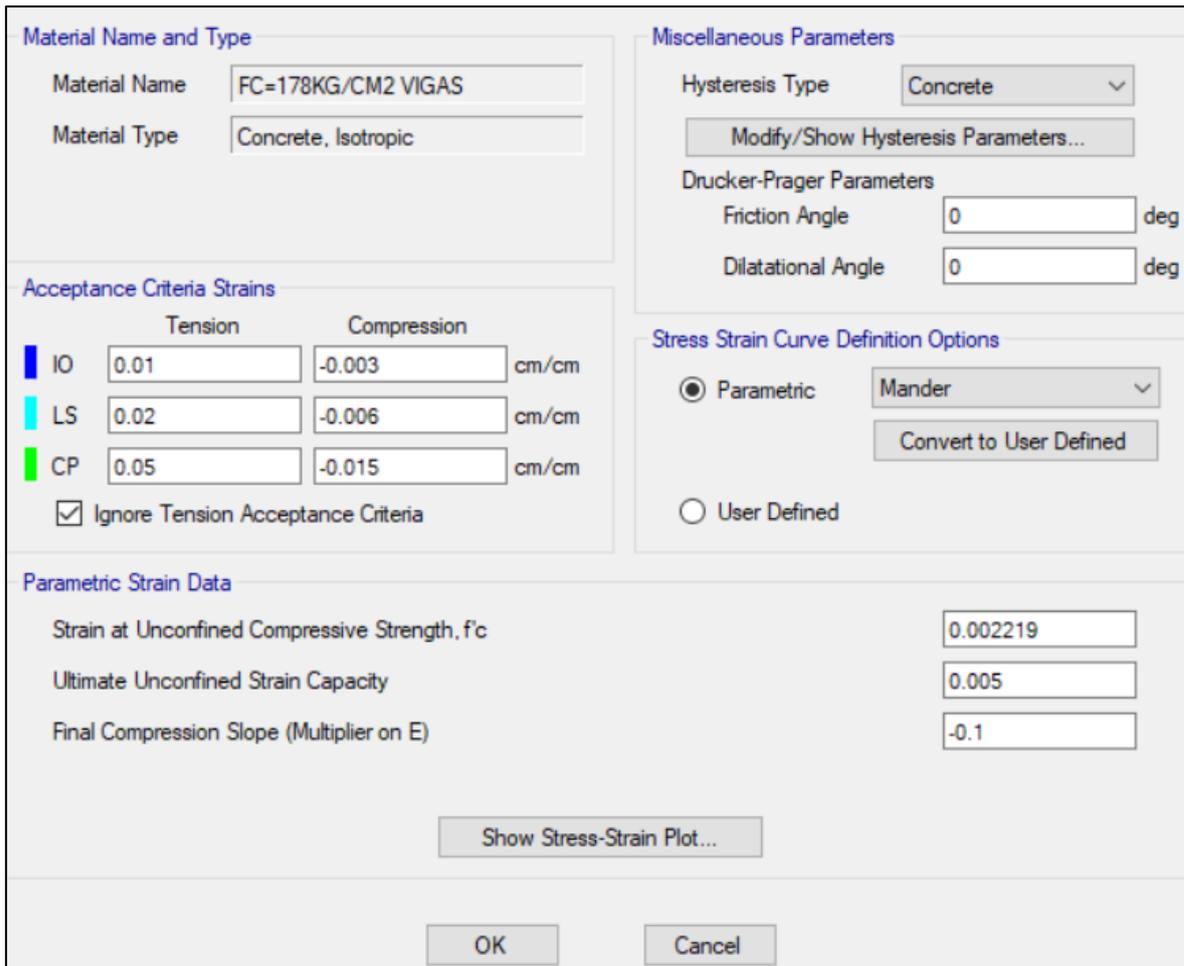
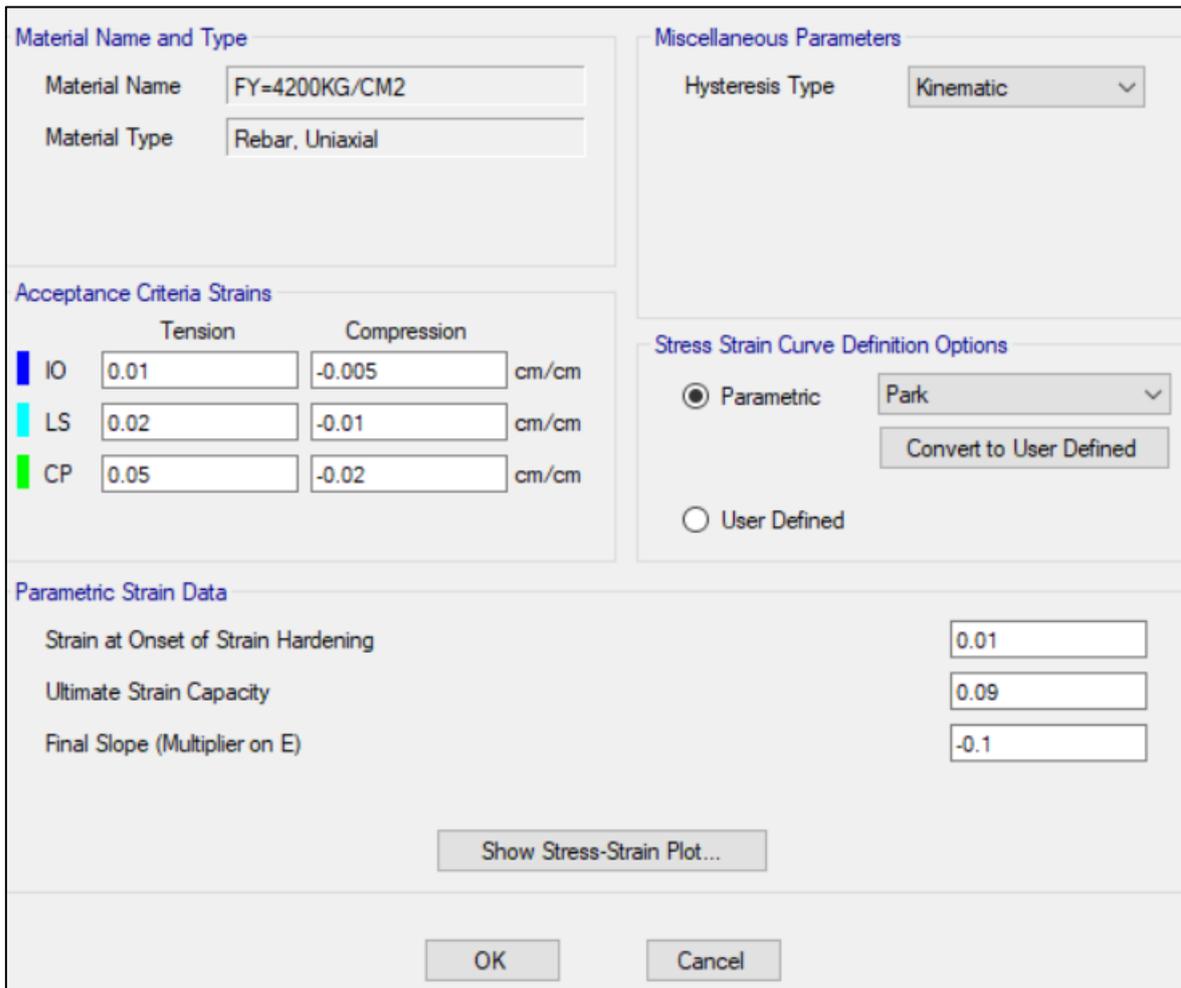


Figura 17: factores no lineales del material (concreto)

Fuente: Elaboración propia

Las propiedades no lineales del acero corrugado se presentan en la figura 19, el cual se asume que el límite de cedencia es igual a  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . Para eso usamos el modelo Park que define el comportamiento no lineal del acero longitudinal y transversal. La

deformación limite operacional es igual a 0.010 que representa el endurecimiento inicial del acero; para el nivel de seguridad de vida se trabajó a 0.020 que depende del inicio del pandeo de las barras longitudinales; mientras que para el colapso se trabajó con una deformación equivalente al 60% de la deformación de rotula del acero.



Material Name and Type	
Material Name	FY=4200KG/CM2
Material Type	Rebar, Uniaxial

Miscellaneous Parameters	
Hysteresis Type	Kinematic

Acceptance Criteria Strains		
	Tension	Compression
IO	0.01	-0.005
LS	0.02	-0.01
CP	0.05	-0.02

Stress Strain Curve Definition Options	
<input checked="" type="radio"/> Parametric	Park
<input type="radio"/> User Defined	

Parametric Strain Data	
Strain at Onset of Strain Hardening	0.01
Ultimate Strain Capacity	0.09
Final Slope (Multiplier on E)	-0.1

Figura 18: factores no lineales del material (acero)

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.9.2. No linealidad en columnas, vigas y muros de albañilería

Para definir la no linealidad de las columnas se trabajó con las normas vigentes de la categoría nacional e internacional. En estas definiciones, las rotulas plásticas fueron creadas en base a la Norma ASCE 41-17, junto a ello se ha creado una carga gravitacional no lineal

estática y la conjugación del modo predominante que sirve para determinar la carga máxima de rotura en las columnas. En la figura 20 se muestran los procedimientos descritos.

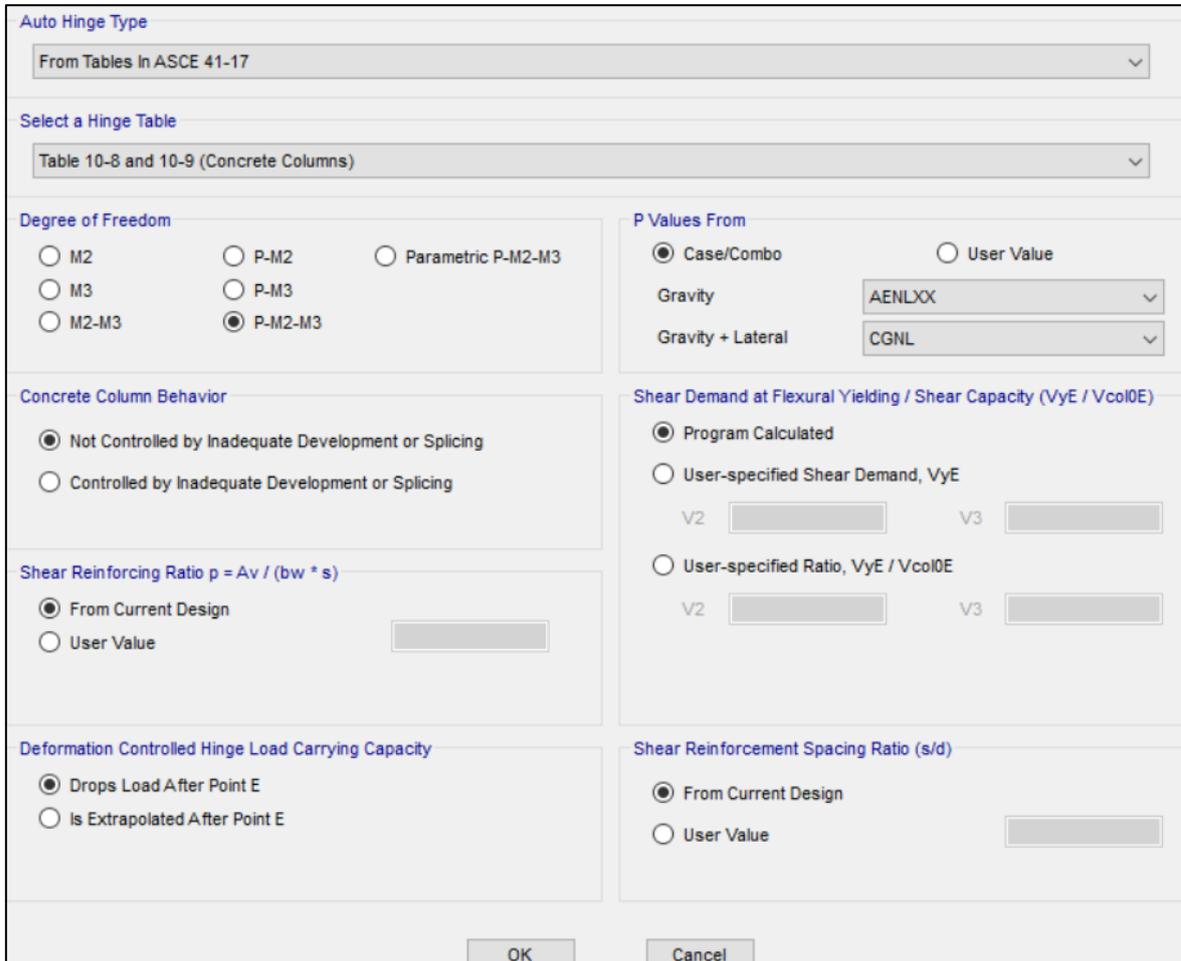


Figura 19: Definición automática de rotulas plásticas en columnas

Fuente: ASCE 41-17

La definición de rotulas plásticas en vigas se genera de forma automática, sin embargo, se deben aplicar los criterios descritos por el ASCE 41-17. Debido a que el material de concreto se agrieta ante esfuerzos mínimos, pues se consignó que las vigas tendrán una sección transversal agrietada, es decir se ha modificado el momento de inercia. La tabla 22 y la figura 21 muestran las condiciones y limitaciones de rigidez establecidas por el ASCE 41-17.

**Tabla 22**

*Coefficientes de rigidez efectiva en vigas*

Componente	Rigidez a la flexión	Rigidez al corte	Rigidez axial
Vigas no preesforzadas	$0,3E_{cE}I_g$	$0,4E_{cE}A_w$	-
Vigas preesforzadas	$E_{cE}I_g$	$0,4E_{cE}A_w$	-
Columnas con compresión causada por cargas gravitacionales de diseño $\geq 0,5A_g f'_{cE}$ <sup>b</sup>	$0,7E_{cE}I_g$	$0,4E_{cE}A_w$	$E_{cE}A_g$
Columnas con compresión causada por cargas gravitacionales de diseño $\leq 0,5A_g f'_{cE}$ o tracción	$0,3E_{cE}I_g$	$0,4E_{cE}A_w$	$E_{cE}A_g$ (compresión) $E_{sE}A_s$ (tracción)
Uniones viga-columna	-	-	$E_{cE}A_g$
Losas no preesforzadas	-	$0,4E_{cE}A_g$	-
Losas preesforzadas	-	$0,4E_{cE}A_g$	-
Muros agrietados	$0,35E_{cE}A_g$	$0,4E_{cE}A_w$	$E_{cE}A_g$ (compresión) $E_{sE}A_s$ (tracción)

Fuente: ASCE 41-17

Figura 20: Definición automática de rotulas plásticas en vigas

Fuente: ASCE 41-17

Los muros portantes de albañilería confinada se modelaron como elementos tipo frame (columna ancha). La figura 22 muestra la no linealidad que fue definido por las rotulas plásticas que trabajan a fuerza cortante, para ello se empleó la curva de fuerza – deriva, para definir esta curva se efectuaron calibraciones en base a la curva trilineal adjuntada por Coral Alva (2017).

Para el modelo de calibración de muros portantes de albañilería confinada, se empleó la investigación de tesis del autor Bernedo Acuña y Peña de la Cuba (2009) y Ángeles Pari (2008), quienes realizaron ensayos en los laboratorios de la Pontificia Universidad Católica del Perú. La tabla 23 muestra las propiedades mecánicas de la albañilería, las cuales fueron definidas en el programa Etabs, posterior a ello se ha creado la no linealidad de la curva trilineal de Carol Alva (2017)

En las figuras 23 y 24, muestran las curvas de capacidad, las cuales fueron comparadas con los resultados de laboratorio y la generación automáticas del programa Etabs. En el modelo número se observa que la curva representa bien las fuerzas y desplazamientos de la curva de capacidad generadas en el ensayo de laboratorio.

**Tabla 23**

*Características geométricas y mecánicas de los muros ensayos*

Muro	$f'_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$v_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	L (m)	H (m)	t (m)
Ensayo 01	102	10.10	2.40	2.40	0.13
Ensayo 02	141	11.87	2.40	2.40	0.13

Displacement Control Parameters

Point	Force/SF	Disp/SF
E-	-0.4	-13
D-	-1	-8.5
C-	-1.15	-5.5
B-	-0.77	0
A	0	0
B	0.77	0
C	1.15	5.5
D	1	8.5
E	0.4	13

Symmetric

Additional Backbone Curve Points

BC - Between Points B and C

CD - Between Points C and D

Scaling for Force and Disp

Use Yield Force      Force SF:  kgf

Use Yield Disp (Steel Objects Only)      Disp SF:  m

Acceptance Criteria (Plastic Disp/SF)

Immediate Occupancy      Positive:  Negative:

Life Safety      Positive:  Negative:

Collapse Prevention      Positive:  Negative:

Show Acceptance Criteria on Plot

Type

Force - Displacement

Stress - Strain

Hinge Length:

Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

Drops To Zero

Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis:

$\alpha_1$ :

$\alpha_2$ :

$\beta_1$ :

$\beta_2$ :

$\eta$ :

Figura 21: creación de rotulas de cortante en muros de albañilería

Fuente: ASCE 41-17

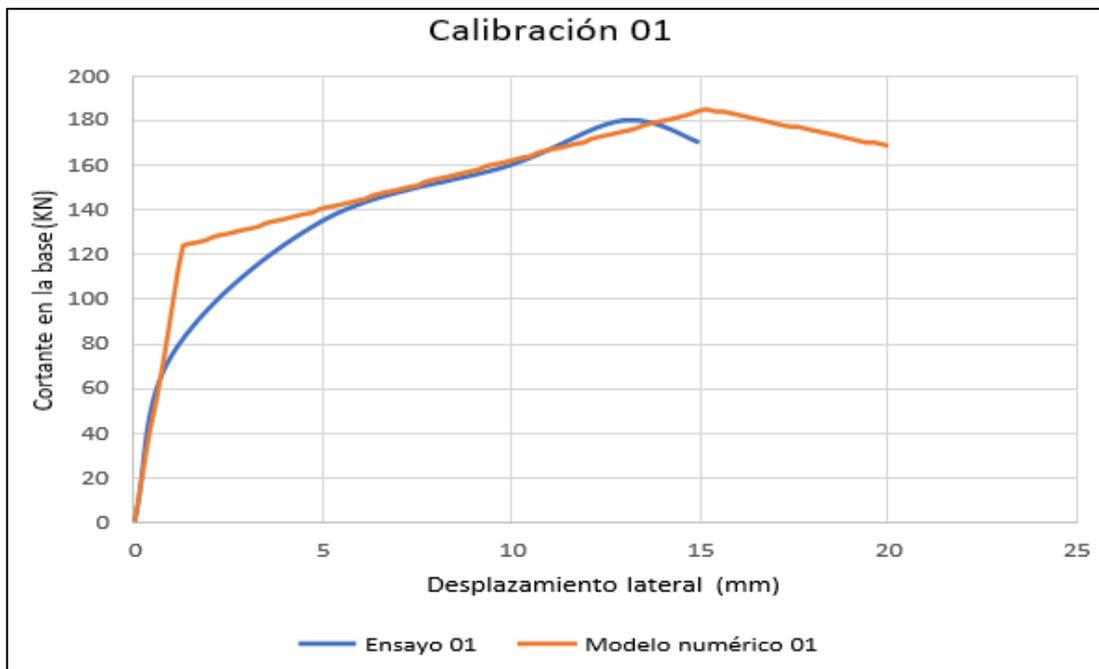


Figura 22: Punto de comparación de la curva de capacidad - calibración 1

Fuente: ASCE 41-17

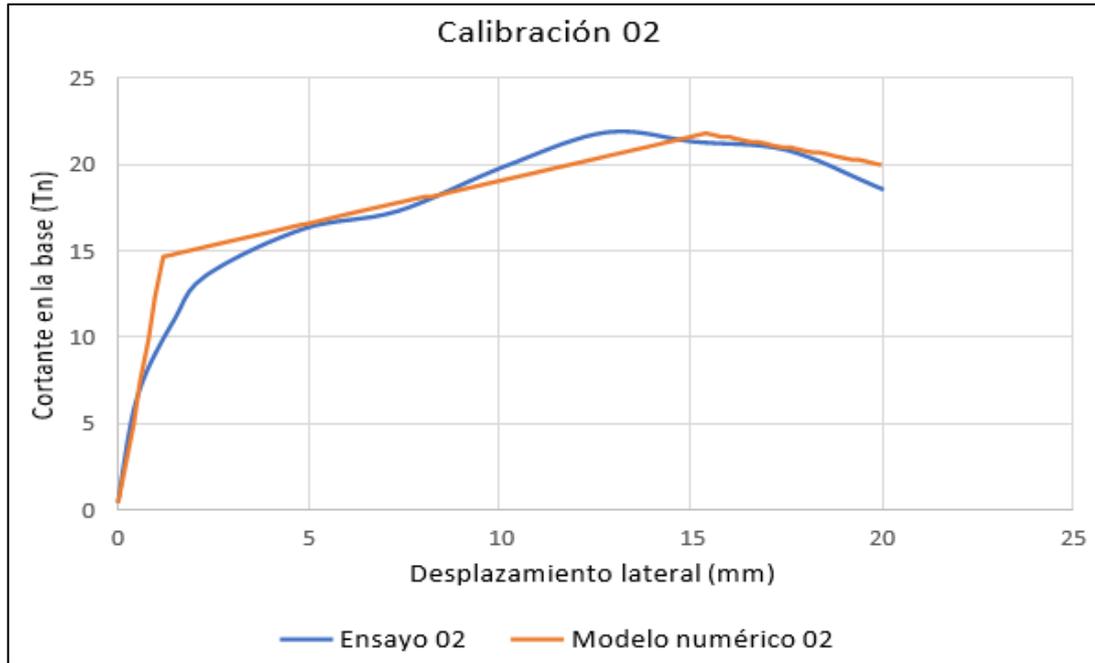


Figura 23: Punto de comparación de la curva de capacidad - calibración 1

Fuente: ASCE 41-17

### 3.3.9.3. Patrón de carga lateral

Este paso consiste en aplicar un punto referencial en el techo más alto, a fin de identificar los desplazamientos máximos reales de la estructura. Antes de aplicar el patrón de cargas, primero se tiene que realizar la creación de cargas gravitacionales no lineales, en este punto se toman los factores de reducción establecidos por la Norma E.030. Para el patrón de cargas máximas se ha creado en función al modo fundamental que gobierna al modelo estructural. Las figuras 25 y 26 muestran lo explicado.

**General**

Load Case Name: CGNL [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: M=100%CM + %CV

Analysis Model: Default

---

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: [ ]

---

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.5
Load Pattern	CVT	0.25

[Add] [Delete]

---

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

Figura 24: creación de carga gravitacional no lineal

Fuente: Elaboración propia

**General**

Load Case Name: AENLXX [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: M=100%CM + %CV

Analysis Model: Default

---

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CGNL

---

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	1	1

[Add] [Delete]

---

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control [Modify/Show...]

Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

Figura 25: creación de carga lateral

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.9.4. Desempeño estructural

Este capítulo consiste en determinar la curva de capacidad real del edificio, para determinar la capacidad, el coeficiente de reducción de la fuerza sísmica será igual a la unidad ( $R=1$ ), es decir conoceremos la verdadera redundancia en términos de ductilidad y sobre resistencia de la estructura, para determinar la ductilidad final se amplifica un 25% al resultado del desplazamiento último entre el entrepiso, posterior a ello se tiene que comparar con lo señalado en la Norma Peruana E.030. En las figuras 27 al 29 se presenta lo explicado, por otro lado, el cálculo del coeficiente verdadero de reducción de fuerza lateral se presenta a continuación.

➤ **Repuesta no lineal del módulo A**

$$R_o = \left( \frac{0.00945}{0.0028} \right) x 1.25 \rightarrow R_o = 3.38 x 1.25 = \mathbf{4.22}$$

➤ **Repuesta no lineal del módulo B y C**

$$R_o = \left( \frac{0.0106}{0.0030} \right) x 1.25 \rightarrow R_o = 3.53 x 1.25 = \mathbf{4.41}$$

➤ **Repuesta no lineal del módulo D**

$$R_o = \left( \frac{0.0091}{0.0020} \right) x 1.25 \rightarrow R_o = 4.55 x 1.25 = \mathbf{5.69}$$

de lo calculado se puede determinar que, en la dirección larga (xx) del módulo A, B, C y en la dirección (yy) del módulo D; el valor de ductilidad para pórticos de concreto armado es inferior a lo señalado por la Norma E.030 ( $R = 8$  mínimo). Consecuente se puede deducir que, en esas direcciones indicadas, se tiene que amplificar la resistencia, es decir se necesita de un reforzamiento estructural, a fin de disminuir los desplazamientos máximos y aumentar la rigidez lateral y global de la estructura.

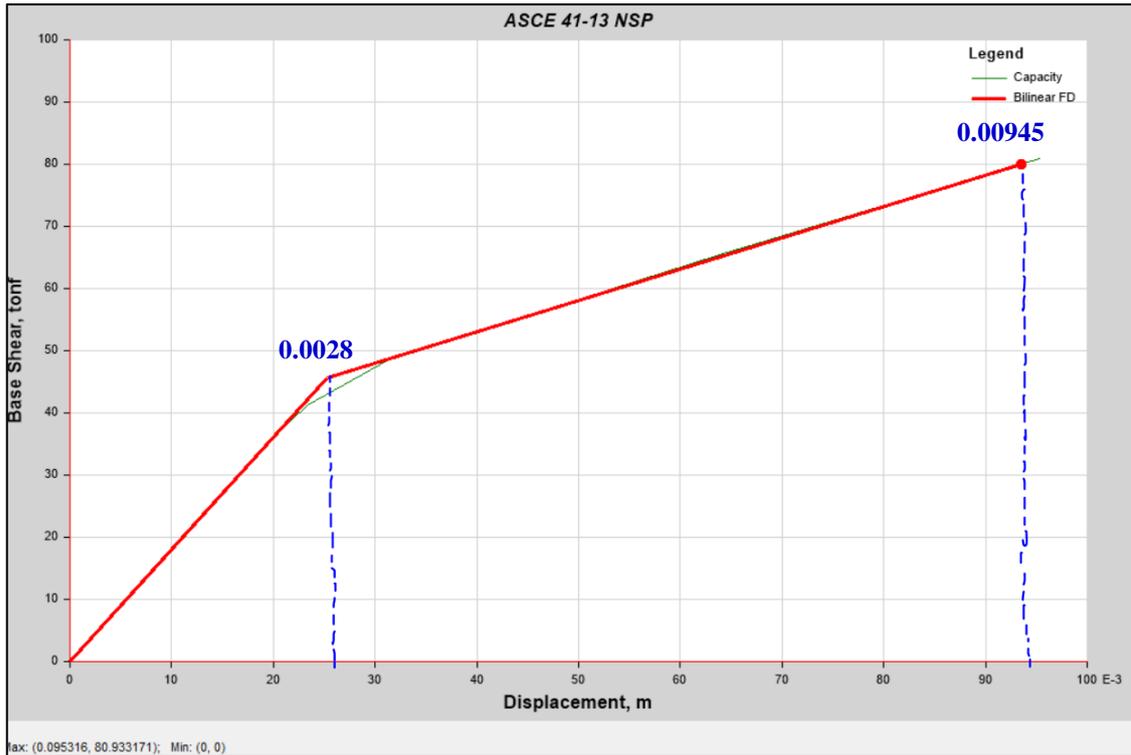


Figura 26: Respuesta no lineal de la estructural del módulo A (dirección xx)

Fuente: Elaboración propia

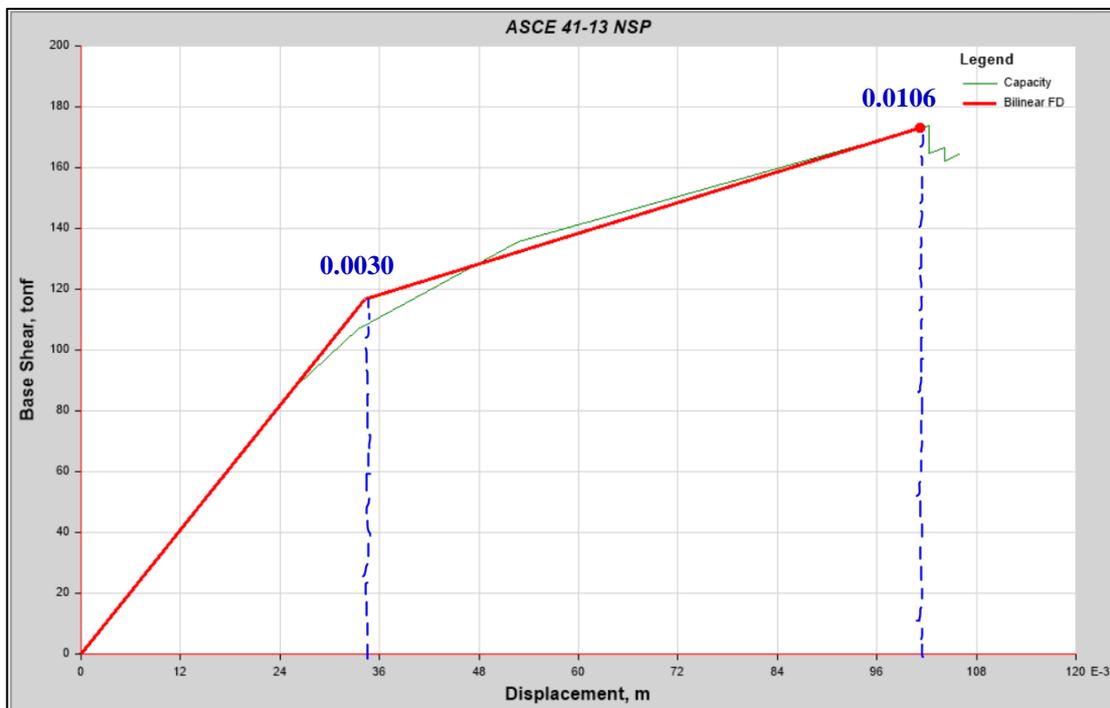


Figura 27: Respuesta no lineal de la estructura del módulo B y C (dirección xx)

Fuente: Elaboración propia

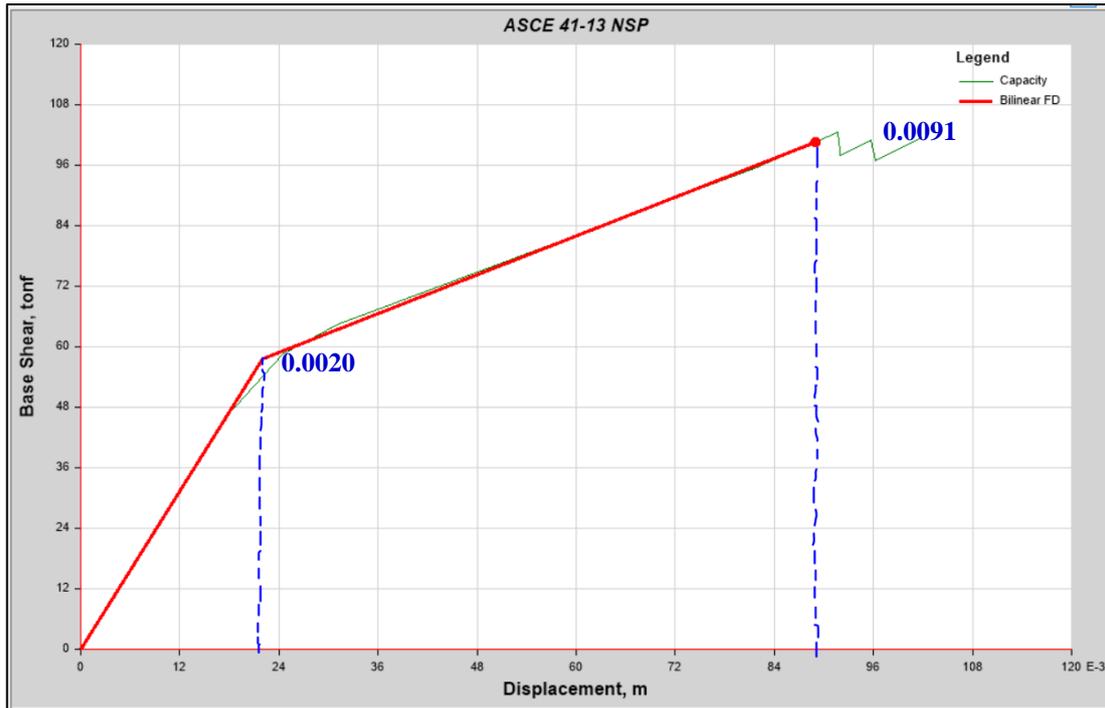


Figura 28: Respuesta no lineal de la estructura del módulo D (dirección yy)

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Reforzamiento estructural

#### 3.4.1. Esfuerzo estructural

Consiste en identificar las primeras rotulas platicas que se generan en los elementos estructurales resistentes a cagas laterales. Para el módulo A las primeras rotulas plásticas se encuentran en seguridad de vida, ocasionadas por un sismo raro, se presenta un desplazamiento máximo de 0.095m con una fuerza de corte de 80933.17 kgf. Para el módulo B y C las rotulas plásticas de mayor significancia se encuentran en seguridad de vida, ocasionadas por un sismo severo, se genera un desplazamiento máximo de 0.10m con una carga cortante de 173878.89 kgf. De igual forma para el módulo D las primeras rotulas plásticas se encuentran en seguridad de vida, ocasionadas por un sismo raro, se presenta un desplazamiento máximo de 0.091 con fuerza cortante de 102557.56 kgf. Las figuras 30 al 31 muestran lo descrito.

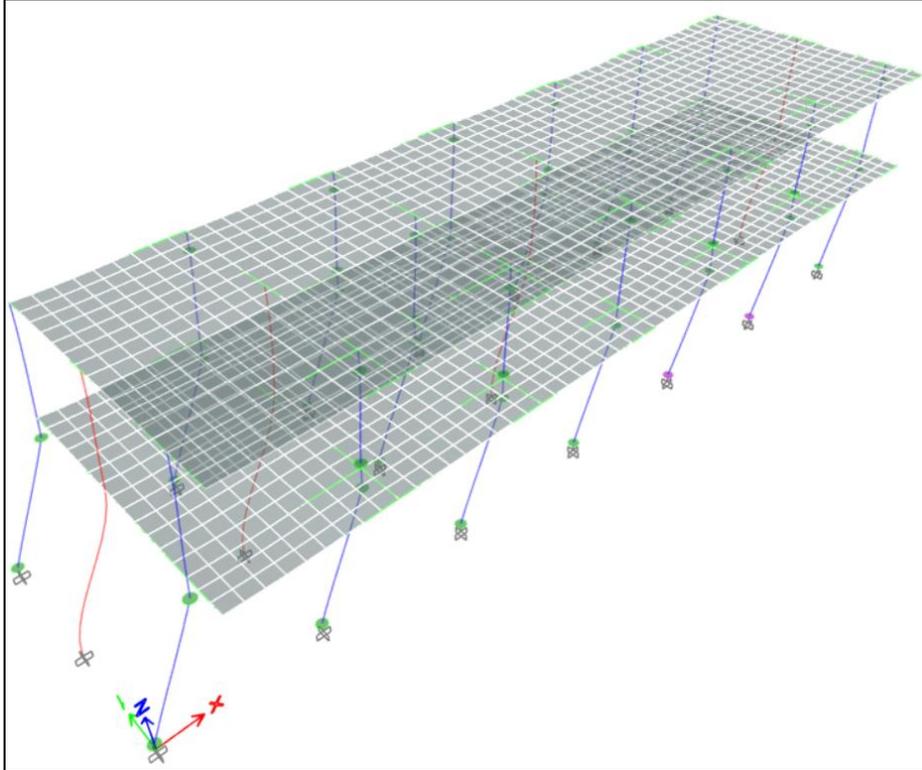


Figura 29: Rotulas plásticas creadas y generadas en el módulo A

Fuente: Elaboración propia

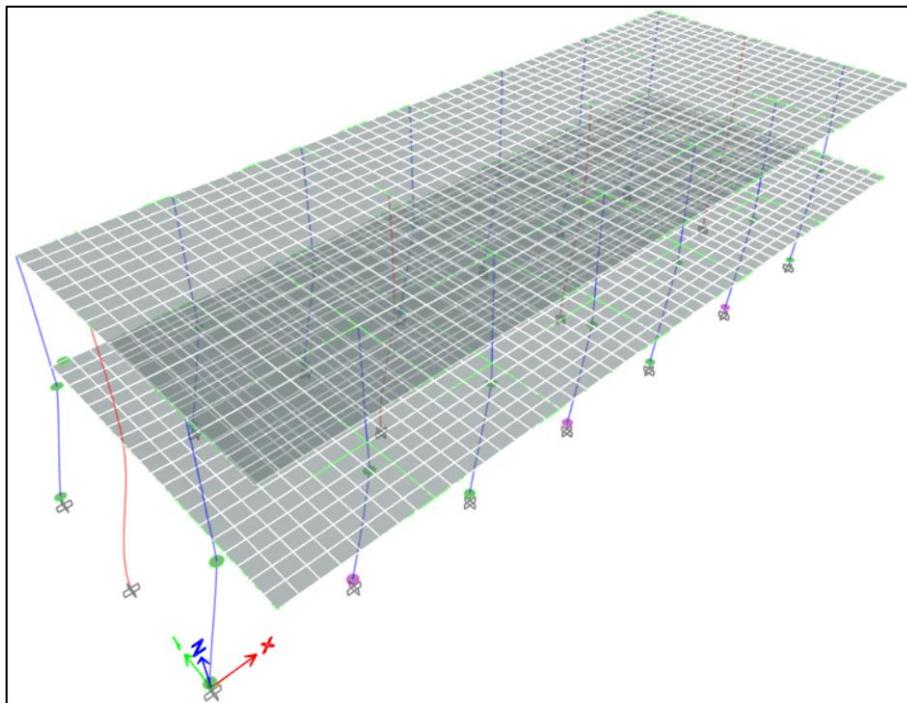


Figura 30: Rotulas plásticas creadas y generadas en el módulo B y C

Fuente: Elaboración propia

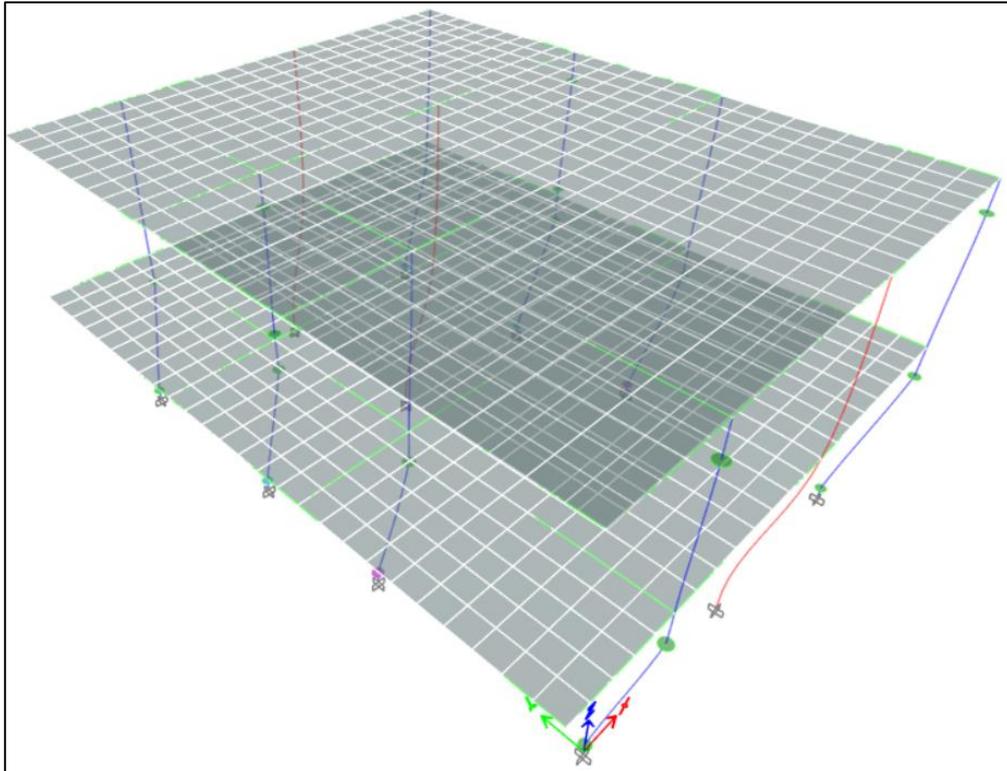


Figura 31: Rotulas plásticas creadas y generadas en el módulo D

Fuente: Elaboración propia

Para identificar los puntos de reforzamiento estructural se tuvo que conocer su desempeño de la edificación (ver tabla 21), conscientemente para un sismo raro, todas las estructuras no permiten tener un funcionamiento u ocupación operacional, ni una ocupación inmediata, es decir se ubican en el desempeño de seguridad de vida, lo cual está al margen del colapso, lo que significa que las estructuras necesitan de un diseño en reforzamiento estructural. Las figuras 33 al 35 presentan los puntos sensibles que nos ayudarían a identificar las zonas que se deben reforzar.





La nueva propuesta estructural, consisten en agregar placas de corte de concreto armado en zonas laterales, a fin de contrarrestar las cortantes y disminuir los desplazamientos absolutos, los nuevos elementos tendrán una resistencia superficial del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (mínimo), acero corrugado de  $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . En las figuras 36 al 38 se muestran las ubicaciones del reforzamiento estructural, el cual se incluyó elementos nuevos de concreto armado, que van acoplados a los elementos existentes de la estructura, conectadas desde la cimentación.

Para aumentar la capacidad estructural del módulo A, se agregaron muros de corte, en zonas de esquinas tienen una longitud  $L = 1.20 \text{ m}$ , zona central  $L = 1\text{m}$ . Para el módulo B y C, se agregaron placas de esquina con longitud  $L = 1.30 \text{ m}$ , zonas centrales  $L = 1\text{m}$ . Finalmente para el módulo D, fue necesario agregar solo placas en zonas de esquinas, las cuales toman una longitud  $L = 1.20 \text{ m}$ . En temas de ductilidad el módulo A, llego a tener un coeficiente de reducción  $R = 6.94$ , modulo B y C un valor  $R = 6.22$ , módulo D toma un valor  $R = 6.35$ . Consecuentemente se cumple con lo establecido en la Norma E.030, la cual señala que para estructuras ubicadas en zona 4 y de categoría  $A_2$ , el sistema estructural en una dirección a menos deberá ser del tipo muros estructurales, con un coeficiente de reducción mínimo  $R = 6$ .



Figura 35: Estructura con propuesta de reforzamiento estructural, modulo A

Fuente: Elaboración propia

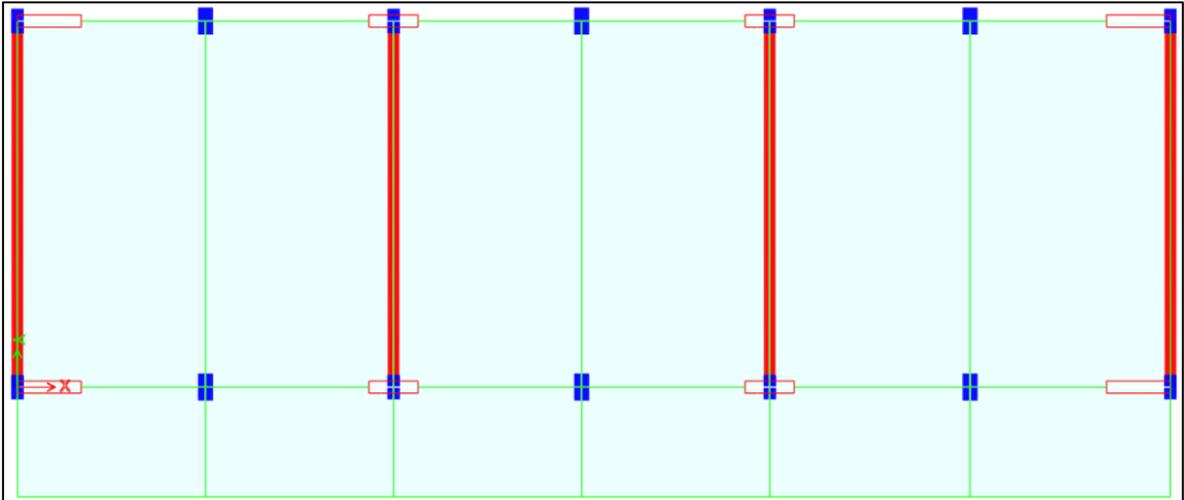


Figura 36: Estructura con propuesta de reforzamiento estructural, modulo B y C

Fuente: Elaboración propia

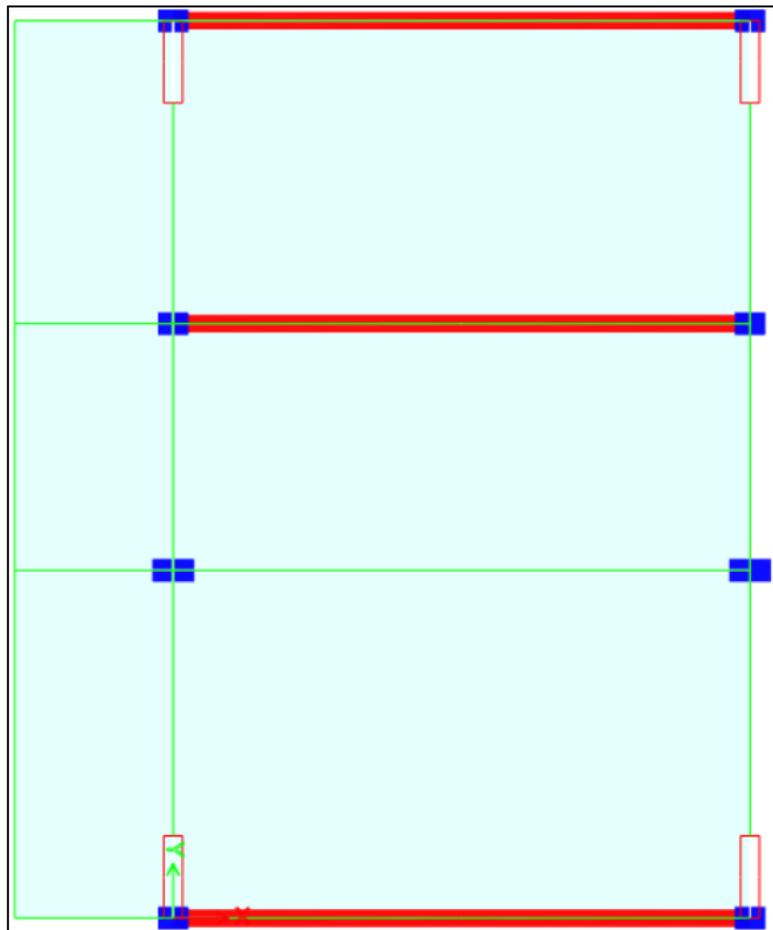


Figura 37: Estructura con propuesta de reforzamiento estructural, modulo D

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.1. Análisis modal

Una vez aceptada la propuesta de reforzamiento estructural, se identifica el comportamiento de masas efectivas mediante la conjugación de modos de vibración de la estructura, periodos y frecuencias naturales. La Norma E.030, señala que toda estructura deberá cumplir a menos con los tres primeros modos de vibración o aquellos que sumen más del 90% de masa participativa. Como la estructura tiene dos niveles, existen dos movimientos en el sentido de traslación (x-y), más un giro (z), se cumplen los tres grados de libertad por planta (diafragma rígido), finalmente la cantidad máxima de modos son 6. Las tablas 24 al 26 muestran lo explicado.

**Tabla 24**

*Periodo y masa efectiva del módulo A*

Modos	Periodo s	Ux	Uy	SumUx	SumUy	Rz
1	<b>0.287</b>	<b>0.8215</b>	0.0001	0.8215	0.0001	0.0004
2	<b>0.220</b>	0.0002	<b>0.6636</b>	0.8218	0.6637	0.2671
3	0.161	0.0001	0.2571	0.8218	0.9208	<b>0.6338</b>
4	0.067	0.0001	0.0623	0.8219	0.9831	0.0229
5	0.048	0.0053	0.0166	0.8271	0.9997	0.0728
6	0.004	0.1728	0.0003	0.9999	1	0.0003

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25**

*Periodo y masa efectiva del módulo B y C*

Modos	Periodo s	Ux	Uy	SumUx	SumUy	Rz
1	<b>0.214</b>	<b>0.8349</b>	0.0003	0.8349	0.0003	0.0062
2	<b>0.179</b>	0.008	<b>0.8925</b>	0.8357	0.8927	0.0321
3	0.15	0.0039	0.031	0.8395	0.9238	<b>0.8641</b>
4	0.058	0.0001	0.0748	0.8396	0.9985	0.0002
5	0.046	0.0123	0.0014	0.8519	0.9999	0.0871
6	0.04	0.148	0.0003	0.9999	1	0.0083

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26**

*Periodo y masa efectiva del módulo D*

Modos	Periodo s	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	SumU <sub>x</sub>	SumU <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
1	<b>0.226</b>	0.0003	<b>0.8353</b>	0.0003	0.8353	0.0033
2	<b>0.152</b>	<b>0.9192</b>	0.0002	0.9192	0.8353	0.0048
3	0.132	0.0054	0.0017	0.9247	0.8369	<b>0.8826</b>
4	0.049	0.0753	0.0009	1	0.8369	0.0001
5	0.043	0.0006	0.149	1	0.9859	0.0085
6	0.037	0.0001	0.014	1	0.9999	0.1007

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.2. Desplazamientos laterales

Los desplazamientos laterales dependen de la masa y rigidez de la estructura, con la propuesta de reforzamiento estructural se obtuvieron nuevas distorsiones angulares. Según la Norma E.030, manifiesta que los desplazamientos inelásticos, será el múltiplo entre 0.75R por los desplazamientos elásticos calculados por el programa Etabs. Para estructuras de concreto armado la deriva máxima no deberá superar a 0.007, ni de 0.005 para estructuras de albañilería. Las tablas 27 al 29 muestran las derivas calculadas.

**Tabla 27**

*Distorsión máxima con propuesta de reforzamiento del módulo A*

Techo	Desplazamientos (cm)		desplazamiento relativo (cm)		Altura (cm)	Distorsión elástica		Deriva	
						x	y	x	y
2	0.79	1.25	0.48	0.56	310	0.0012	0.0014	<b>0.0053</b>	<b>0.0031</b>
1	0.31	0.69	0.31	0.69	405	0.0008	0.0017	<b>0.0038</b>	<b>0.0038</b>

Nota: Del reporte se determina que las distorsiones máximas de entrepiso, dirección xx (sistema dual de concreto armado) y dirección yy (muros de albañilería), cumplen con el valor permisible de la Norma E.030, es decir que el reforzamiento estructural satisface la demanda sísmica para ambas direcciones portantes.

**Tabla 28**

*Distorsión máxima con propuesta de reforzamiento del módulo B y C*

Techo	Desplazamientos (cm)		Desplazamiento relativo (cm)		Altura (cm)	Distorsión elástica		Deriva	
						x	y	x	y
2	0.45	0.71	0.26	0.31	320	0.0006	0.0007	<b>0.0028</b>	<b>0.0017</b>
1	0.19	0.40	0.19	0.40	415	0.0005	0.0010	<b>0.0021</b>	<b>0.0022</b>

Nota: Del reporte se determina que las distorsiones máximas de entrepiso, dirección xx (sistema dual de concreto armado) y dirección yy (muros de albañilería), cumplen con el valor permisible de la Norma E.030, es decir que el reforzamiento estructural satisface la demanda sísmica para ambas direcciones portantes.

**Tabla 29**

*Distorsión máxima con propuesta de reforzamiento del módulo D*

Techo	Desplazamientos (cm)		Desplazamiento relativo (cm)		Altura (cm)	Distorsión elástica		Deriva	
						x	y	x	y
2	0.46	0.51	0.21	0.30	320	0.0005	0.0007	<b>0.0011</b>	<b>0.0033</b>
1	0.25	0.21	0.25	0.21	415	0.0006	0.0005	<b>0.0014</b>	<b>0.0011</b>

Nota: Del reporte se determina que las distorsiones máximas de entrepiso, dirección xx (muros de albañilería) y dirección yy (sistema dual de concreto armado), cumplen con el valor permisible de la Norma E.030, es decir que el reforzamiento estructural satisface la demanda sísmica para ambas direcciones portantes.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- ✓ Al realizar el levantamiento de planos arquitectónicos de la I.E 81751 Dios es Amor, se consiguió las reales secciones estructurales y distribuciones de los diferentes ambientes, se reconoció el área total del colegio y el área en planta de cada módulo estudiado (figura 2), además se identificó el tipo de sistema estructural, tipo de construcción y tiempo de servicio de cada estructura. Estos resultados de levantamiento son idénticos a los que realizó Ortiz (2017), quien logró hacer un levantamiento arquitectónico de la I.E San Rafael de Rosas, reconociendo todas las características reales de la construcción. Esto se debe principalmente en que un levantamiento arquitectónico tiene el mismo principio para cualquier trabajo en campo, en ella se identifica la geometría de elementos, irregularidades, tiempo de construcción y sistema estructural. Es posible que, al realizar un trabajo directo en campo, el profesional encargado de los postrabajos pueda realizar una investigación con mayor criterio y aceptación para las Normas vigentes.
  
- ✓ El ensayo de esclerometría ha permitido conocer la resistencia superficial real del concreto armado de columnas y vigas, en este ensayo se consiguieron resistencias inferiores al de diseño (tablas 2 y 3), según Norma E.060 la resistencia mínima de diseño es  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Estos valores son idénticos a los ensayos realizados por Pacori (2019), quien obtuvo resultados menores a la resistencia de diseño, generadas en estructuras educativas públicas de concreto armado. Esto se debe principalmente al tipo de construcción, las cuales se realizan sin ningún control técnico en materiales ni mano de obra, tampoco están al cumplimiento normativo. Al realizar ensayos de esclerometría y conocer las resistencias reales del concreto, se puede crear un modelo estructural y conocer el comportamiento sismorresistente de la edificación.

- ✓ Al realizar el análisis estático no lineal (Pushover), se determinó la capacidad real de las estructuras en estudio, además se calculó los desplazamientos cedentes y obtener los valores de ductilidad estructural, los resultados fueron inferiores a lo señalado por la Norma E.030 (figuras 27 al 29). Estos cálculos son idénticos a los que realizó Fuentes (2018), quien manifiesta que realizó un análisis sísmico no lineal aplicando los mismos criterios de la ingeniería estructural, la ductilidad para sistemas de concreto armado no superaron al valor  $R = 4$ . Estos resultados se deben básicamente al tipo y cuidado de la estructura, usualmente las estructuras antiguas construidas antes del 2003, han sido autoconstruidas, no hay existencia de control de materiales, mano calificada, supervisión de proyecto, etc., consecuentemente en términos de resistencia, la vulnerabilidad estructural es alta. Al realizar un análisis no lineal de primer orden se puede conocer el verdadero valor de reducción de fuerza sísmica, se conoce el comportamiento real de la estructura y la respuesta máxima.
  
- ✓ Al realizar el diseño de reforzamiento estructural, con elementos nuevos de concreto armado (muros de corte), se evidenció que la rigidez lateral de las estructuras se incrementa insignificadamente, lo cual se reducen los desplazamientos laterales y mejora la respuesta sismorresistente (tablas 27 al 29), también se logró obtener una mejor resistencia estructural. Estos resultados son idénticos a los realizados por Loor (2017), quien señala que realizó un diseño de reforzamiento estructural, a fin de aumentar la capacidad y disminuir los desplazamientos laterales provocados por efectos del sismo. Estos resultados se asemejan a la realidad debido a que la resistencia y los desplazamientos dependen de la masa y rigidez del edificio, además ambos términos están al cumplimiento de la Norma E.030. Al realizar un diseño de reforzamiento

estructural, la edificación será capaz de extender su tiempo de servicio, de manera que la rigidez es diferente a la inicial, por otro lado, la estructura tendrá un comportamiento sismorresistente controlado por los mínimos valores permisibles por la Norma de control técnica.

- Se realizó un levantamiento de planos arquitectónicos tal como se concibe en campo, además se tramitó el levantamiento topográfico que limita las áreas de la I. E 81751 Dios es Amor, ubicada en AA. HH Wichanza Mz 33, Lote 3 del sector II, Distrito La Esperanza, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad. El croquis de arquitectura levantada cuenta con las distribuciones de los módulos A, B, C y D (aulas), escaleras, ambientes de biblioteca, ubicación del tanque elevado, kiosco, ambientes de almacén, losa deportiva y áreas verdes (ver figura 2). El área total del terreno en estudio es de 5170 m<sup>2</sup> aproximadamente.
- Mediante los ensayos de esclerometría, se determinó la resistencia superficial del concreto armado de columnas y vigas, las estructuras estudiadas fueron cuatro (módulo A, B, C y D). Para el módulo más antiguo (módulo A) se realizaron 4 ensayos en columnas del primer nivel y 2 en la segunda planta, en vigas se realizaron 2 pruebas por nivel; las demás estructuras se realizaron con el mismo procedimiento y criterio, las resistencias cilíndricas reales encontradas en campo se presentan en las tablas 2 y 3.
- Mediante el análisis estático no lineal (Pushover), se determinó la capacidad estructural del módulo A, B, C y D, en este procedimiento se evaluó que las estructuras presentan un desempeño de seguridad de vida (ver tabla 21), por otro lado se identificó que el

coeficiente real de reducción de fuerza sísmica es inferior a los señalado por la norma E.030, el módulo A tiene una ductilidad  $R = 4.22$ , modulo B y C un valor  $R = 4.41$  y el módulo D tiene un  $R = 5.69$  (figuras 27 al 29), consecuentemente se determinó que las estructuras necesitan de un diseño de reforzamiento estructural.

- Se realizó el diseño del reforzamiento estructural, a los modelos existentes se le asignó elementos nuevos de concreto armado (muros de corte), con la propuesta de reforzamiento se obtuvieron nuevos resultados que son aceptados por la Norma E.030, los desplazamientos laterales son totalmente controlados por la nueva rigidez del reforzamiento (ver derivas de entrepiso en tablas 27 al 29); además el coeficiente real de reducción de fuerza sísmica supera al  $R = 6$ , valor establecido por la Norma E.030 y aceptado para la zona sísmica 4 y categoría  $A_2$ .

## REFERENCIAS

- ACEVEDO, Ana y ZORA, Faver. Índice de vulnerabilidad sísmica de escuelas del Área Metropolitana de Medellín, Colombia. Revista EIA, (32):195- 207, 2019. ISSN: 1794-1237
- Acevedo, A. B., & Zora Mejía, F. N. (2018). Structural Characteristics of Colombian School of Reinforced Concrete Moment Frames With Masonry Infill ; Características estructurales de escuelas colombianas de hormigón reforzado con mampostería no reforzada. Retrieved from.  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.C8E8B93A&lang=es&site=eds-live>
- CABEZAS, Josué. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de la Facultad de Comunicación Social, de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-RE, 2015). Tesis (Título de Ingeniero Civil). Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador, 2016. 261 pp.
- LOOR, Carlos. Estudio de la vulnerabilidad sísmica y diseño del reforzamiento estructural del edificio administrativo de la escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Quito - Ecuador: Escuela Politécnica N, 2017. 216 pp.
- PILAMUNGA, Ricardo. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica según la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-RE, 2015) del edificio de la Facultad de Ciencias Psicológicas de la Universidad Central del Ecuador. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador, 2016. 202 pp.
- PINTO, Arnaldo y TORRES, Rafael. Reducción de la vulnerabilidad sísmica de una edificación escolar mediante reforzamiento estructural. Mérida - Venezuela: Universidad de Los Andes, 2016. 11 pp.

KUROIWA, Julio. Gestión del riesgo de desastres en las ciudades del Perú. Lima - Perú, 2016. 77 pp.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Lima - Perú, 2019

SAN BARTOLOME, Ángel, QUIUN, Daniel y SILVA, Wilson. Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. 2ª ed. Lima - Perú: Fondo Editorial PUCP, 2018. 343 pp.

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2011), Impacto socioeconómico y ambiental del sismo de agosto 2007. Lima-Perú. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1742/doc1742-contenido.pdf>

Instituto de Geociencias. (2015), Volcanismo y tectónica de placas. Madrid-España. Disponible://scholar.google.es/scholar?q=placas+tect%C3%B3nicas&hl=es&as\_sdt=0%2C5&as\_ylo=2015&as\_yhi=2020

Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. BOLETINES ESTADÍSTICOS. Anexo Glosario de Términos Educativos. 2011.

## ANEXOS

### Anexo N°1: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			
¿Cuál es el resultado de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y el diseño del reforzamiento estructural de la IE 81751 Dios es Amor?	Determinar la vulnerabilidad sísmica para el diseño del reforzamiento estructural que mejorara la respuesta sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo.	El diseño y la incorporación del reforzamiento estructural mediante nuevos elementos de concreto armado mejoran la respuesta sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.30-2019, Ciudad de Trujillo.	Evaluación de vulnerabilidad sísmica	- Norma E-030 - Norma E-0-20 - Norma ASCE 41-13	- Características de los materiales - Cargas Actuantes - Factores de Rotulas Plásticas - Curva de Capacidad Estructural	<p><b>Tipo de investigación:</b> Básica descriptiva</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> No experimental – Descriptiva Simple</p> <p><b>Población:</b> I.E 81751 Dios es Amor, situada en el Distrito La Esperanza, Ciudad de Trujillo.</p> <p><b>Muestra</b> Módulos (A, B, C y D) de la Dios es Amor, situada en el Distrito La Esperanza, Ciudad de Trujillo.</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos:</b> Análisis documental: Revista, reglamentos nacionales e internacionales, proyectos técnicos, tesis universitarias</p> <p><b>Instrumentos:</b> Uso de softwares: - Etabs C19 - AutoCAD 2021 - Excel 2019 - Word 2019</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	- Hipótesis Especificas	Variable Dependiente			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Por qué la estructura necesita un reforzamiento de elementos estructurales para su buen comportamiento sismorresistente?</li> <li>- ¿Cuál es el sistema de la estructura al incorporar elementos nuevos de concreto armado para obtener mejor respuesta sismorresistente?</li> <li>- ¿De qué forma el análisis estático no lineal (Pushover) permitirá conocer la capacidad estructural e identificar los puntos de reforzamiento?</li> <li>- ¿Cómo influye el reforzamiento estructural con la implementación de muros de corte, a fin de mejorar la respuesta sismorresistente de la I?E 81751 Dios es Amor?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elaborar los planos arquitectónicos mediante un levantamiento topográfico de la I.E 81751 Dios es Amor.</li> <li>-Determinar la resistencia superficial de los elementos estructurales de la I.E 81751 Dios es Amor, mediante los ensayos de esclerometría.</li> <li>-Determinar la capacidad estructural mediante el análisis estático no lineal (Pushover), a fin de identificar los puntos de reforzamiento estructural.</li> <li>-Elaborar el diseño de reforzamiento estructural a partir de los resultados de vulnerabilidad, con la implementación de elementos nuevos de concreto amado, a fin de mejorar la respuesta sismorresistente de la estructura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El análisis sísmico garantiza un buen reforzamiento estructural para la ampliación de servicio de la edificación, implementado muros de concreto armado.</li> <li>-La implementación de elementos nuevos de concreto armado cambiara el sistema estructural, con esto se consigue un mejor coeficiente de reducción de fuerza sísmica, a fin de diseñar correctamente los elementos de reforzamiento estructural.</li> <li>-Con los coeficientes de la Norma E.030 y la Norma ASCE 41-13 se determinará la capacidad estructural y la identificación de los puntos a reforzar.</li> <li>-La incorporación de elementos nuevos de concreto armado mejorara la respuesta</li> </ul>	Diseño de reforzamiento estructural	- Norma E-0.70 - Norma E-060 - Norma E-050	- Diseño sismorresistente - Elementos nuevos de concreto armado	

		sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor.				
--	--	--	--	--	--	--

Anexo N°2: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Evaluación de vulnerabilidad sísmica	Está sujeta a la capacidad interna de una estructura o elemento, el cual es susceptible a sufrir daño o colapso ante el movimiento externo del sismo. Se puede diagnosticar teniendo en cuenta la edad de construcción, tipo de sistema estructura, zona sísmica, tipos de material usado en la construcción, etc. Según Fernández (2017, pag.4)	La evaluación estructural está en función al grado de daño que se presenta en una estructura, a su vez depende de las características de sus materiales y resistencia de sus elementos estructurales.	Determinación de la capacidad estructural mediante el análisis estático no lineal (Pushover)	Capacidad estructural	De razón
				Rigidez lateral	De razón
				Desplazamientos laterales	De razón
Diseño de reforzamiento estructural	Consistente en la incorporación nueva de un elemento de concreto armado o perfil metálico, a fin de aumentar la capacidad de la edificación. Al reforzar una estructura, efectivamente se mejora la respuesta sismorresistente, es decir, se mejorarán las condiciones originales de la estructura. Inicialmente la estructura tendrá un desempeño inferior al desempeño con la incorporación del reforzamiento. Según Soto, E. (2008, pag.18)	Se empleará el RNE y normas internacionales, así como:  E.030 Diseño sismorresistente  E.060 diseño concreto armado  E.070 diseño de albañilería  E.050 diseño de cimentaciones  ASCE 41-13	Análisis por sismo	Distribución de elementos nuevos (Tonf)	De razón
				Metrados de cargas verticales y de sismo (m3)	De razón
				Análisis sísmico estático (tonf-m)	De razón
				Análisis sísmico dinámico (tonf-m)	De razón
			Diseño sismorresistente de elementos nuevos de concreto armado	Diseño de muros de corte de concreto armado	De razón

Anexo N°3: Certificado de Calibración del Esclerómetro



**PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 187 - 2020**

Página : 1 de 2

**Expediente** : T 232-2020  
**Fecha de emisión** : 2020-12-13

**1. Solicitante** : M & M LABORATORIOS E.I.R.L.  
**Dirección** : CAL. HUAYNA CAPAC NRO. 144 INT. 2 URB. SANTA MARIA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**2. Instrumento de Medición** : **ESCLERÓMETRO**  
**Marca** : NO INDICA  
**Modelo** : NO INDICA  
**Serie** : 457/8850  
**Alcance de Escala** : 10 - 100 Rockwell

**3. Lugar y fecha de Calibración**  
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

**4. Método de Calibración**  
La calibración se realizó por comparación con yunque patrón

**5. Trazabilidad**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOHIGRÓMETRO	RadioShack	T-3810-2020	INACAL - DM
YUNQUE PATRÓN	EFP-11		

**6. Condiciones Ambientales**

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,5	21,4
Humedad %	69	69

**7. Observaciones**  
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.  
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 633 - LIMA 42 Telf. 292-5105 252-2095  
 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo N°4: Ficha Técnica del Esclerómetro



**PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 187 - 2020

Página : 2 de 2

**Resultados**

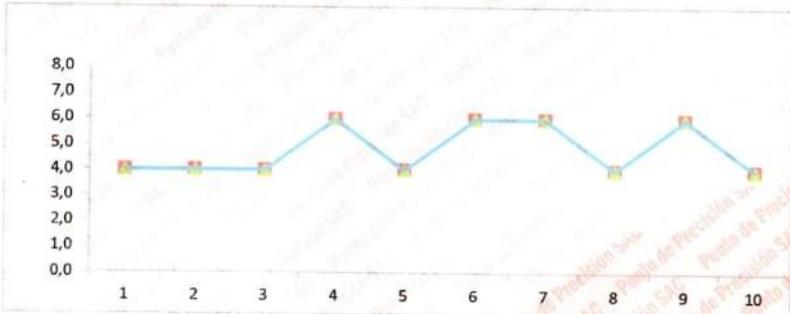
REPETICIÓN	YUNQUE PATRÓN	LECTURA DE ESCLERÓMETRO	CORRECCIÓN DEL ESCLERÓMETRO
	Rockwell	Rockwell	Rockwell
1	72	68	4,0
2	72	68	4,0
3	72	68	4,0
4	72	66	6,0
5	72	68	4,0
6	72	66	6,0
7	72	66	6,0
8	72	68	4,0
9	72	66	6,0
10	72	68	4,0

YUNQUE PATRÓN	72,0	Rockwell
PROM. DE LECTURA ESCLERÓMETRO	67,2	Rockwell
PROMEDIO DE ERROR	4,8	Rockwell

**ERROR DE IMPACTO**







Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 633 - LIMA 42 Telf. 292-5105 252-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

### Anexo N°5: Validación de Experto

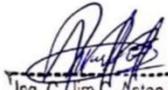


Validado por:

Tipo de Validador	- Interno ( ) - Externo(x) - Docente( )
Apellidos y Nombres	Antón Fiestas Jim
Sexo	- Masculino(x) -Femenino( )
Profesión	Ingeniero Civil Colegiado
Grado Académico	- Licenciado(x) -Magister( ) -Doctor( )
Años de Experiencia Laboral	5-10 ( ) 11-15 (x) 16-20 ( ) 21 a mas años ( )

Solo para validado externo:

Organización Donde Labora	M&M Antón Laboratorios Construcción E.I.R.L
Carga Actual	Geotecnia
Área de Especialización	Ingeniería Estructural
Numero de Teléfono de Contacto	976785652
Correo Electrónico de Contacto	Jim_0626@hotmail.com
Medio de Preferencia para Contacto	Por Teléfono ( ) Por Correo Electrónico (x)



Ing. C. Jim C. Anton Fiestas  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701

INDECOPI

TRUJILLO - PERU  
Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. 976785652 - E-Mail: Jim\_0626@hotmail.com

## Anexo N°6: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo A

FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
--------------------------------------	-------------------------------	---

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

Diana Estela García Vasquez

**SOLICITANTE :** Lizet Jhamaly Rodríguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRIA	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805				
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD	RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco	210 kg/cm <sup>2</sup>	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

Disparo \ Punto	AULA B (PRIMER PISO) - PABELLON 01	
	PTO. 01 - COLUMNA 1	PTO. 02- COLUMNA 1
1	30	28
2	27	29
3	29	28
4	28	29
5	28	29
6	29	30
7	30	27
8	30	28
9	30	28
10	28	27
Promedio	<b>28.90</b>	<b>28</b>
Valor Minimo admisible	22	21
Valor Maximo admisible	36	35

Dirección	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=90^\circ$
Indice de rebote	28.90	28.30
Resistencia Probale (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>180.10</b>	<b>172.81</b>

N=	10.00	10.00
Media=	28.90	28.30
Dispersión Experimental=	1.21	0.90
Desviación Tipica=	1.10	0.95
T Student=	1.00	(0.32)
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable maximo=	0.83	0.72
<b>Intervalo de Validez</b>	<b>180.26</b>	<b>172.93</b>
<b>Resistencia Real (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>179.93</b>	<b>172.68</b>
	<b>176.31</b>	

**Observaciones:** Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42. Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión. Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico. Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.

### Anexo N°7: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo A

<b>FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA</b>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	
---	--------------------------------------	---

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

Diana Estela García Vasquez

**SOLICITANTE :** Lizet Jhamaly Rodríguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRIA	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805				
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD	RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco	210 kg/cm2	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

Disparo \ Punto	AULA B (PRIMER PISO) PABELLON 01	
	PTO. 03 - COLUMNA 2	PTO. 04 - COLUMNA 2
1	25	29
2	30	31
3	29	30
4	29	25
5	29	27
6	29	28
7	29	29
8	29	30
9	30	28
10	28	29
Promedio	<b>29</b>	<b>29</b>
Valor Mínimo admisible	22	22
Valor Máximo admisible	36	36

Dirección	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=-0^\circ$
Indice de rebote	28.70	28.60
Resistencia Probale (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>177.65</b>	<b>176.43</b>

N=	10.00	10.00
Media=	28.70	28.60
Dispersión Experimental=	2.01	2.93
Desviación Típica=	1.42	1.71
T Student=	0.21	(0.35)
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable maximo=	1.07	1.29
<b>Intervalo de Validez</b>	<b>177.92</b>	<b>176.83</b>
	<b>177.38</b>	<b>176.04</b>
Resistencia Real (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>176.71</b>	

**Observaciones:**

Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42.

Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión.

Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico.

Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.

Anexo N°8: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo A

<b>FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA</b>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	
---	--------------------------------------	---

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

Diana Estela García Vasquez

**SOLICITANTE :** Lizet Jhamaly Rodríguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRIA	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805				
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD	RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco	210 kg/cm <sup>2</sup>	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

DISPARO / PUNTO	AULA B (PRIMER PISO) PABELLON 01	
	PTO. 1 VIGA 01	PTO. 2 VIGA 01
1	33	29
2	32	28
3	30	27
4	30	27
5	33	28
6	28	27
7	29	28
8	30	28
9	28	27
10	28	28
Promedio	<b>30</b>	<b>28</b>
Valor Mínimo admisible	23	21
Valor Máximo admisible	37	35

Dirección	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=0^\circ$
	→	→
Índice de rebote	30.10	27.70
Resistencia Probable (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>195.13</b>	<b>165.66</b>

N=	10.00	10.00
Media=	30.10	27.70
Dispersión Experimental=	3.88	0.46
Desviación Típica=	1.97	0.67
T Student=	(0.05)	(1.04)
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable máximo=	1.48	0.51
<b>Intervalo de Validez</b>	<b>195.65</b>	<b>165.73</b>
	<b>194.61</b>	<b>165.60</b>
<b>Resistencia Real (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>180.10</b>	

**Observaciones:**

*Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42.*

*Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión.*

*Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico.*

*Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.*

### Anexo N°9: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo A

<b>FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA</b>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	
---	--------------------------------------	---

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

Diana Estela García Vasquez

**SOLICITANTE :** Lizet Jhamaly Rodríguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRIA	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805				
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD	RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco	210 kg/cm <sup>2</sup>	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

DISPARO / PUNTO	AULA E (SEGUNDO PISO) PABELLON 01	
	PTO. 9 COLUMNA 05	PTO. 10 COLUMNA 05
1	29	26
2	28	29
3	28	28
4	28	28
5	30	26
6	29	25
7	27	28
8	27	27
9	28	27
10	28	29
Promedio	<b>28</b>	<b>27</b>
Valor Mínimo admisible	21	20
Valor Máximo admisible	35	34
Dirección	$\alpha=0^\circ$ →	$\alpha=0^\circ$ →
Indice de rebote	28.20	27.30
Resistencia Probale (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>171.60</b>	<b>160.98</b>

N=	10.00	10.00
Media=	28.20	27.30
Dispersión Experimental=	0.84	1.79
Desviación Típica=	0.92	1.34
T Student=	(0.22)	0.52
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable máximo=	0.69	1.01
<b>Intervalo de Validez</b>	<b>171.72</b>	<b>161.23</b>
<b>Resistencia Real (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>171.49</b>	<b>160.74</b>
	<b>166.11</b>	

**Observaciones:** Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42.  
Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión.  
Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico.  
Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.

  
Jrg. C. Jim C. Anton Fiestas  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701

Anexo N°10: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo A

<b>FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA</b>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	
---	--------------------------------------	---

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

Diana Estela García Vasquez

**SOLICITANTE :** Lizet Jhamaly Rodríguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRIA	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805				
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD	RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco	210 kg/cm <sup>2</sup>	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

DISPARO / PUNTO	AULA E (SEGUNDO PISO) PABELLON 01	
	PTO. 5 VIGA 03	PTO. 6 VIGA 03
1	30	29
2	30	29
3	29	28
4	29	27
5	28	28
6	28	29
7	30	28
8	28	28
9	28	29
10	28	28
Promedio	<b>29</b>	<b>28</b>
Valor Mínimo admisible	22	21
Valor Máximo admisible	36	35
Dirección	$\alpha=0^\circ$ →	$\alpha=0^\circ$ →
Índice de rebote	28.80	28.30
Resistencia Probale (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>178.87</b>	<b>172.81</b>
N=	10.00	10.00
Media=	28.80	28.30
Dispersión Experimental=	0.84	0.46
Desviación Típica=	0.92	0.67
T Student=	0.22	1.04
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable máximo=	0.69	0.51
<b>Intervalo de Validez</b>	<b>178.99</b>	<b>172.87</b>
<b>Resistencia Real (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>178.76</b>	<b>172.74</b>
	<b>175.75</b>	

**Observaciones:**

*Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42.*

*Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión.*

*Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico.*

*Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.*

Anexo N°11: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo A

FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>
--------------------------------------	-------------------------------	--

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

Diana Estela García Vasquez

**SOLICITANTE :** Lizet Jhamaly Rodríguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRIA	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805				
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD	RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco	210 kg/cm <sup>2</sup>	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA REAL - PABELLON 01	
	COLUMNAS	VIGAS
Columna 1	176.31	
Columna 2	176.71	
Columna 5	166.11	
viga 01		180.10
viga 03		175.75
<b>Promedio</b>	<b>173.04</b>	<b>177.93</b>

**Observaciones:**

*Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42.*

*Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión.*

*Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico.*

*Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.*

  
 J. C. Anton Fiestas  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 251701

Anexo N°12: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo B, C y D

<b>FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA</b>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	
---	--------------------------------------	---

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

**SOLICITANTE** Diana Estela García Vasquez

: Lizet Jhamaly Rodríguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRIA	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805				
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD	RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco	210 kg/cm <sup>2</sup>	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

DISPARO / PUNTO	AULA C (PRIMER PISO) PABELLON 02	
	PTO. 5 - COLUMNA 3	PTO. 6 - COLUMNA 3
1	29	32
2	30	31
3	28	34
4	30	29
5	30	32
6	32	31
7	28	33
8	29	24
9	28	35
10	29	28
Promedio	29	31
Valor Mínimo admisible	22	24
Valor Máximo admisible	36	38

Dirección	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=0^\circ$
	Indice de rebote	⇒ 29.30
Resistencia Probale (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>185.04</b>	<b>205.47</b>

N=	10.00	10.00
Media=	29.30	30.90
Dispersión Experimental=	1.57	10.32
Desviación Típica=	1.25	3.21
T Student=	(1.04)	1.28
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable maximo=	0.94	2.42
<b>Intervalo de Validez</b>	<b>185.25</b>	<b>206.84</b>
	<b>184.83</b>	<b>204.11</b>
Resistencia Real (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>194.47</b>	

**Observaciones:**

*Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42.*

*Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión.*

*Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico.*

*Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.*

  
Jrg. C/ Jim C. Anton Fiéstras  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 251701

Anexo N°13: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo B, C y D

FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>
--------------------------------------	-------------------------------	--

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

Diana Estela García Vasquez

**SOLICITANTE :** Lizet Jhamaly Rodríguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRIA	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805				
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD	RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco	210 kg/cm <sup>2</sup>	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

DISPARO / PUNTO	AULA C (PRIMER PISO) PABELLON 02	
	PTO. 07 - COLUMNA 4	PTO. 08 - COLUMNA 4
1	30	30
2	30	27
3	32	30
4	31	30
5	32	29
6	28	29
7	30	34
8	33	34
9	32	32
10	30	31
Promedio	31	31
Valor Mínimo admisible	24	24
Valor Máximo admisible	38	38
Dirección	$\alpha=0^\circ$ →	$\alpha=0^\circ$ →
Indice de rebote	30.80	30.60
Resistencia Probale (Kg/cm <sup>2</sup> )	204.17	201.56

N=	10.00	10.00
Media=	30.80	30.60
Dispersión Experimental=	2.18	4.93
Desviación Típica=	1.48	2.22
T Student=	0.81	0.63
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable máximo=	1.11	1.67
Intervalo de Validez	204.46	202.22
Resistencia Real (Kg/cm <sup>2</sup> )	203.87	200.90
	202.39	

**Observaciones:**

Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42.

Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión.

Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico.

Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.

  
 Jrg. C. Jim C. Anton Fiestas  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP: 251701

Anexo N°14: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo B, C y D

FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
--------------------------------------	-------------------------------	---

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

**SOLICITANT** Diana Estela Garcia Vasquez

**E :** Lizet Jhamaly Rodriguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRI A	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805				
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD	RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco	210 kg/cm2	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

DISPARO / PUNTO	AULA C (PRIMER PISO) PABELLON	
	02	
	PTO. 3 - VIGA 2	PTO. 4 - VIGA 2
1	33	32
2	33	33
3	31	31
4	30	31
5	30	30
6	29	29
7	29	30
8	29	30
9	30	29
10	31	30
Promedio	<b>31</b>	<b>31</b>
Valor Mínimo admisible	24	24
Valor Máximo admisible	38	38
Dirección	$\alpha=0^\circ$ →	$\alpha=0^\circ$ →
Indice de rebote	30.50	30.50
Resistencia Probale (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>200.27</b>	<b>200.27</b>

N=	10.00	10.00
Media=	30.50	30.50
Dispersión Experimental=	2.28	1.61
Desviación Típica=	1.51	1.27
T Student=	0.33	(1.18)
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable máximo=	1.14	0.96
<b>Intervalo de Validez</b>	<b>200.57</b>	<b>200.49</b>
<b>Resistencia Real (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>199.96</b>	<b>200.05</b>
	<b>200.00</b>	

**Observaciones:**

*Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42.*

*Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión.*

*Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico.*

*Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.*

Anexo N°15: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo B, C y D

FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>
--------------------------------------	-------------------------------	--

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

Diana Estela García Vasquez

**SOLICITANTE :** Lizet Jhamaly Rodríguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRIA	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805					
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD		RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco		210 kg/cm <sup>2</sup>	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

DISPARO / PUNTO	AULA F (SEGUNDO PISO) PABELLON 02	
	PTO. 11 - COLUMNA 6	PTO. 12 - COLUMNA 6
1	27	32
2	28	30
3	28	32
4	29	30
5	27	28
6	27	34
7	28	32
8	31	28
9	27	32
10	27	26
Promedio	<b>28</b>	<b>30</b>
Valor Mínimo admisible	21	23
Valor Máximo admisible	35	37

Dirección	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=0^\circ$
Indice de rebote	→ 27.90	→ 30.40
Resistencia Probale (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>168.03</b>	<b>198.98</b>

N=	10.00	10.00
Media=	27.90	30.40
Dispersión Experimental=	1.66	6.04
Desviación Típica=	1.29	2.46
T Student=	0.08	0.65
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable máximo=	0.97	1.85
<b>Intervalo de Validez</b>	<b>168.25</b>	<b>199.78</b>
Resistencia Real (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>167.80</b>	<b>198.17</b>
	<b>182.99</b>	

**Observaciones:** Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42. Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión. Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico. Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.

Anexo N°16: Validación Resultado de Ensayo de Esclerometría – Modulo B, C y D

FORMATO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>
--------------------------------------	-------------------------------	--

**PROYECTO :** "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica para el diseño del Reforzamiento Estructural que Mejore la Respuesta Sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo"

**UBICACIÓN :** Trujillo - Trujillo - La Libertad

**SOLICITANTE :** Diana Estela Garcia Vasquez  
Lizet Jhamaly Rodriguez Sánchez

FICHA DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA					
UBICACIÓN			FECHA DE ENSAYO	MARCA DE ESCLEROMETRIA	MODELO ESCLEROMETRO
SECTOR	MANZANA	LOTE			
II	33	3	16/01/2022	SCHMIDT	"N" 2L0173

ESCLEROMETRIA NTP 339.181 / ASTM C-805				
EDAD DEL CONCRETO	CONDICION DE HUMEDAD	RESISTENCIA DEL DISEÑO	LOCALIZACION DEL ENSAYO	DIRECCION DEL ENSAYO
Mayor a 28 días	Seco	210 kg/cm <sup>2</sup>	I.E. 81751 Dios es Amor	Horizontal ( $\alpha=0^\circ$ ) Vertical ( $\alpha=90^\circ$ )

DISPARO / PUNTO	AULA C (PRIMER PISO) PABELLON 02	
	PTO. 7 - VIGA 4	PTO. 8 - VIGA 4
1	32	30
2	30	29
3	29	32
4	30	31
5	30	30
6	28	30
7	29	30
8	29	29
9	30	31
10	31	32
Promedio	<b>30</b>	<b>30</b>
Valor Mínimo admisible	23	23
Valor Máximo admisible	37	37

Dirección	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=0^\circ$
	Indice de rebote	29.80
Resistencia Probale (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>191.31</b>	<b>198.98</b>

N=	10.00	10.00
Media=	29.80	30.40
Dispersión Experimental=	1.29	1.16
Desviación Típica=	1.14	1.07
T Student=	(0.70)	0.56
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable máximo=	0.86	0.81
<b>Intervalo de Validez</b>	<b>191.49</b>	<b>199.13</b>
Resistencia Real (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>191.14</b>	<b>198.82</b>
	<b>194.98</b>	

**Observaciones:** Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42. Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión. Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm<sup>2</sup>) ó haciendo un análisis estadístico. Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.

Anexo N°17: Resultados principales del Estudio Mecánica de Suelos



**MAL&BEG CONSULTORES Y SUPERVISORES S.A.C.**

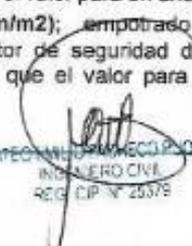
CONSULTORÍA DE PROYECTOS DE ARQUITECTURA E INGENIERIA,  
ESTUDIOS DE GEODESIA, TOPOGRAFÍA Y GEOTECNIA

---

**10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

- El presente Estudio de Mecánica de Suelos que se ha realizado del Proyecto: "Patio de Chatarra y Almacén CAASA", Ubicado en Parque Industrial la Esperanza; Distrito de la Esperanza; Provincia de Trujillo; departamento de La Libertad.
- Las consideraciones sísmicas indicadas en la Norma E.030 del RNE, por las investigaciones del suelo realizadas y por la ubicación del proyecto estas son: Zona 4, Factor de Zona  $Z=0.45$ , tipo de suelo investigado S2, considerado como suelo intermedio, con un Factor de suelo  $S_2=1.05$ ; periodo de vibración de  $T_p=0.60s$ , con un parámetro de velocidades de ondas de corte de  $V_s$  de 180m/s a 500m/s, categoría de edificación de  $U=1.30$ ; sistema estructural por sismo de  $R=6$
- Para los trabajos de campo se realizaron 08 calicatas a tajo abierto denominadas C-1 a -1.50m; C-2 a -3.00m; C-3 a -1.50m; C-4 a -1.50m; C-5 a -3.00m; C-6 a -1.50m; C-7 a -3.00m; y C-8 a -1.50m de profundidad, para determinar el tipo de suelos; asimismo se realizaron extracciones de las muestras representativas a profundidades adecuadas en función a los materiales determinados en los perfiles, estos fueron trasladados a los laboratorios para sus respectivos análisis granulométricos, límites de Aterberg, humedad, clasificación SUCS, AASTHO, ensayos de corte directo, análisis químicos de suelos para obtener los porcentajes de Cloruros y sulfatos. (Los resultados de todos los ensayos realizados se encuentran anexos al presente). Los Análisis granulométricos se adjuntan en el anexo (ensayos de laboratorio).
- Ensayo de Penetración Estándar Ligera DPL  
Para este ensayo se ha realizado 03 ensayos Especiales de DPL-1 a 1.80m; DPL-2 a 1.80m y DPL-3 a 2.40m de profundidad promedio  
El procedimiento del Ensayo de Penetración Estándar Ligera está indicado en la Norma NTP 339.159 2001 ASTM D 3441  
Los valores obtenidos N el ensayo cada 0.10m se adjunta en los anexos
- Los ensayos de Corte Directo se han realizado con las muestras extraídas de:  
  
Las calicatas C-7 (a una profundidad de -1.00 a -3.00m) de un estrato de suelo tipo GM de la clasificación SUCS, luego de haber sido ensayada en el laboratorio obtuvo un ángulo de fricción por corte de  $\phi=32.9^\circ$ , asumiendo para el diseño  $\phi=32.0^\circ$ ; cohesión  $C_u=0.00$ ; peso unitario de 1.78 Tn/m<sup>3</sup>; humedad natural de 6.00%. Ensayos de corte directo se están tomando como representativos para las demás calicatas contempladas en los trabajos de campo, en consideración a la similitud registrada por la información de los perfiles estratigráficos, granulometrías y demás ensayos realizados.  
  
**La Capacidad Portante por Corte:** Angulo de fricción  $\phi=32.9^\circ$ ;  $C_u=0.00Kg/cm^2$
- Cimentaciones Coridas:  $q_{ad}=2.55kg/cm^2$  ( $q_{ad}=25.50Tn/m^2$ ); empotrado en manto de suelo GM-GP para un  $D_f \geq 1.20m$ , con un factor de seguridad de 3, (FS=3); considerándose que se cumpla la condición de que el valor para un ancho  $B=0.80m$ .
- Para Zapatas:  $q_{adm}=3.54Kg/cm^2$  ( $q_{adm}=35.40Tn/m^2$ ); empotrado en manto de suelo GM-GP, para un  $D_f \geq 1.20m$ , con un factor de seguridad de 3, (FS=3); considerándose que se cumpla la condición de que el valor para un ancho  $B=1.500m$ .

Calle La Corona 220 Pueblo Libre - Lima  
Urb. Bancarios G-26 Arequipa  
e-mail: malbeg.consultores@gmail.com



INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 25379

Tel. 01 496-5208  
Cel. 953-654387  
952846518

Anexo N°18: Resultados principales del Estudio Mecánica de Suelos



**MAL&BEG CONSULTORES Y SUPERVISORES S.A.C.**

CONSULTORÍA DE PROYECTOS DE ARQUITECTURA E INGENIERIA,  
ESTUDIOS DE GEODESIA, TOPOGRAFÍA Y GEOTECNIA

---

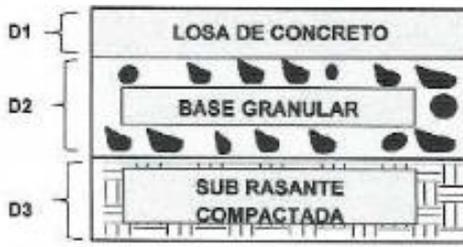
colocarse en obra deberán ser sometidos a pruebas prácticas de los % máximos permisibles de fino, así como el de sales cloruros y sulfatos, asimismo las certificaciones de calidad de la piedra chancada que será utilizada en la obra.

- También tener especial cuidado cuando los elementos de las redes sanitarias como agua, desagüe, aguas pluviales, a fin de evitar posibles filtraciones que puedan modificar o alterar el terreno donde se encuentra fundada la estructura.
- De los resultados de los ensayos químicos para contenidos de sulfatos (SO<sub>4</sub>) se tiene que la muestra M-1 de la calicata C-7 tiene un valor de 345.82ppm; dicho valor se encuentra por debajo de 1000ppm (Grado de alteración leve), considerándose entonces un ataque leve por sulfatos.
- De los resultados de los ensayos químicos para contenidos de cloruros (Cl) se tiene que la muestra M-1 de la calicata C-7 tiene un valor de 417.01ppm; dicho valor se encuentra muy por debajo de 6000ppm , considerándose entonces un ataque leve por cloruros.
- Al presentar ataques Químicos leves : cloruros y sulfatos se recomienda emplear Cemento Portland tipo I
- Los valores han sido colejados en base a los valores tolerables según el Portland Cement Association (PCA), MTC, RIVVA 5, NTP 339.152, NTP 339.178 AASTHO T290, NTP 339.177 AASTHO T291.
- No se ha detectado presencia de nivel freático
- Diseño de pavimento de concreto por AASTHO

ESTRUCTURA	ESPESOR			
LOSA DE CONCRETO	22.00	cm	8.50	Pulg. D1
BASE GRANULAR	30.00	cm	12.00	Pulg. D2
SUB RASANTE COMPACTADA	15.00	cm	6.00	Pulg. D3

Asumiéndose una losa de concreto de 8.5 pulgadas (22cm de espesor)

**ESPESOR PROPUESTO**



MATEO ENRIQUE PUELLO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 25319

Calle La Coruña 226 Pueblo Libre - Lima  
Urb. Bancarios G-26 Arequipa  
e-mail: malbeg.consultores@gmail.com

Telf. 01 496-5208  
Cel. 953-654387  
952840518

## Anexo N°19: Resultados principales del Estudio Mecánica de Suelos



**MAL&BEG CONSULTORES Y SUPERVISORES S.A.C.**  
CONSULTORÍA DE PROYECTOS DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA,  
ESTUDIOS DE GEODESIA, TOPOGRAFÍA Y GEOTECNIA

---

**Capacidad portante por SPT**

- **SPT-1:**  
De 1-00-1.45m:  $q_{adm}=2.87 \text{ Kg/cm}^2$ ; ángulo fricción  $\phi^{\circ}=31^{\circ}$ ; para  $B \leq 2.00\text{m}$ ;  
De 2.00 2.45m:  $q_{adm}=3.65 \text{ Kg/cm}^2$ ; ángulo de fricción  $\phi^{\circ}=31.7^{\circ}$
- **SPT-2**  
De 1-00-1.45m:  $q_{adm}=2.87 \text{ Kg/cm}^2$ ; ángulo fricción  $\phi^{\circ}=31^{\circ}$ ; para  $B \leq 2.00\text{m}$ ;  
De 2.00 2.45m:  $q_{adm}=3.65 \text{ Kg/cm}^2$ ; ángulo de fricción  $\phi^{\circ}=31.7^{\circ}$
- **Capacidad portante por (DPL)**  
 $q_{adm} = 2.71 \text{ Kg/cm}^2 (27.10 \text{ Tn/m}^2)$   
**Se recomienda para el diseño:**  
La capacidad portante más baja,  $q_{adm}=2.55 \text{ Kg/cm}^2 (25.5 \text{ Tn/m}^2)$ , la calculada por el ensayo de corte directo, un ángulo de fricción de  $32^{\circ}$ ;  $C_u=0.00 \text{ Kg/cm}^2$ ; Peso unitario del suelo de  $1.78 \text{ Tn/m}^3$ ; a una profundidad de 1.20m, empotrado en un suelo tipo GM-GP

- Durante el proceso de excavaciones de obras del proyecto, para evitar desprendimientos y derrumbes de material, se deberán tener instaladas en obra con suficiente anticipación las entibaciones para que puedan ser revisada y aprobadas antes de su uso.
- El Modulo de Elasticidad es de  $E_s=2800.00 \text{ Tn/m}^2$ .
- El Coeficiente de Poisson, suelo granular tipo SM-SP (SUCS) es  $u=0.25$ .
- El Asentamiento a tenerse en cuenta es de  $S_i=2.23\text{cm}$ ,  $\leq 2.54\text{cm}$ .
- El coeficiente de Balasto es  $K_s=4.20 \text{ Kg/cm}^3$ , en suelo tipo SM-SP
- Hasta la profundidad auscultada no se ha detectado presencia de nivel freático.
- El profesional responsable de la obra determinara la profundidad máxima y/o altura crítica a la cual puede llegar la excavación, sin requerir soporte.
- Se evitaran aniegos y/o preparar mezclas IN SITU para evitar contaminar el suelo y minimizar las probables filtraciones, toda mezcla para las cimentaciones serán controladas con un Slump bajo.
- Las cimentaciones colindantes para que no contamine la estructura nueva, se deberá de proteger con una capa de RC-250, luego colocar una junta aislante de tecnopor de alta densidad de 2".
- Se recomienda tener especial cuidado en todos los materiales a emplearse en la cimentación, en especial de los agregados, piedra, arena y agua, la arena deberá de estar de acuerdo a las Normas Técnicas indicadas en el RNE, para el caso de emplearse agregados de cantera deberán ser previamente verificada la procedencia y luego solicitar los certificados de control de calidad del proveedor, previamente a

Calle La Coruña 226 Pueblo Libre - Lima  
Urb. Bancarios G-26 Arequipa  
e-mail: malbeg.consultores@gmail.com



MATEO ENRIQUE SANCHEZ RODRIGUEZ  
INGENIERO CIVIL  
REG. SUP. N° 25378

Anexo N°20: Matriz de evaluación de expertos

<b>MATRIZ PARA EVALUACION DE EXPERTOS</b>										
<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Para el Diseño del Reforzamiento Estructural que Mejorara la Respuesta Sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor Aplicando la Norma E.030-2019, Ciudad de Trujillo.									
<b>LINEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Calidad de nuevos materiales de construcción y estructuras									
<b>APELLIDOS Y NOMBRE DEL EXPERTO</b>	Jim Anton Fiestas Rayner Alva Arteaga Odarmix Garcia Chinchay									
<b>EL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PERTENECE A LA VARIABLE</b>	Evaluación de vulnerabilidad sísmica Diseño de reforzamiento estructural									
<p>Mediante la matriz de evaluación de expertos. Ud tienen la facultad de de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SI o NO .Asi mismo,le exhortamos en la correccion de los items,indicando sus observaciones y/o sugerencias,con la finalidad de mejorar la medicion sobre la variable en estudio.</p>										
Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones						
		SI	NO							
1	¿El instrumento de medicion presenta el diseño adecuado?	x								
2	¿El instrumento de recoleccion de datos tiene relacion con el titulo de la investigacion?	x								
3	¿En el instrumento de recoleccion de datos se mencionan las variables de investigación?	x								
4	¿El instrumento de recoleccion de datos facilitara el logro de los objetivos de la investigacion?	x								
5	¿El instrumento de recoleccion de datos se relaciona con las variables de estudio?	x								
6	¿Cada una de los items del instrumento de medicion se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x								
7	¿El diseño del instrumento de medicion facilitara el analisis y procesamiento de datos?	x								
8	¿El instrumento de medicion sera accesible a la poblacion sujeto de estudio ?	x								
9	¿El instrumento de medicion es claro,preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos ?	x								
<b>Firma del experto:</b>										
<b>Sugerencias :</b>										
- Para efecto de recopilacion de datos sea factible, se recomienda que el instrumento utilizado debe estar calibrado.										
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 33%;">   <b>Rayner A. Alva Arteaga</b>                      Ingeniero Civil                      CIP N° 257653                 </td> <td style="text-align: center; width: 33%;">   <b>JOSE ODARMIX GARCIA CHINCHAY</b>                      Ingeniero Civil                      CIP N° 284092                 </td> <td style="text-align: center; width: 33%;">   <b>Ing. C. Jim C. Anton Fiestas</b>                      JEFE DE LABORATORIO                      CIP: 251701                 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ing. Rayner A. Alva Arteaga</td> <td style="text-align: center;">Ing. Jose O. Garcia Chinchay</td> <td style="text-align: center;">Ing. Jim C. Anton Fiestas</td> </tr> </table>					 <b>Rayner A. Alva Arteaga</b> Ingeniero Civil CIP N° 257653	 <b>JOSE ODARMIX GARCIA CHINCHAY</b> Ingeniero Civil CIP N° 284092	 <b>Ing. C. Jim C. Anton Fiestas</b> JEFE DE LABORATORIO CIP: 251701	Ing. Rayner A. Alva Arteaga	Ing. Jose O. Garcia Chinchay	Ing. Jim C. Anton Fiestas
 <b>Rayner A. Alva Arteaga</b> Ingeniero Civil CIP N° 257653	 <b>JOSE ODARMIX GARCIA CHINCHAY</b> Ingeniero Civil CIP N° 284092	 <b>Ing. C. Jim C. Anton Fiestas</b> JEFE DE LABORATORIO CIP: 251701								
Ing. Rayner A. Alva Arteaga	Ing. Jose O. Garcia Chinchay	Ing. Jim C. Anton Fiestas								