



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa  
N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Arana Quispe, Ángel Eduardo(ORCID: 0000-0001-7595-3488) Rios Sierra,

Christian Alex(ORCID: 0000-0003-1023-9034)

**ASESOR:**

Dr. Valdivieso Velarde Alan Yordan(ORCID: 0000-0002-8179-2809)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

TRUJILLO – PERÚ

2020

## Dedicatoria

A la Familia, docentes y a los amigos; gracias por su apoyo incondicional; en la culminación de este trabajo de investigación. Así mismo por estar ahí siempre presentes en cada ciclo.

## Agradecimiento

A la Universidad Privada Cesar Vallejo (Sede Trujillo), por adiestrarnos profesionalmente e instituir una política de calidad, que asegure el bien común del profesional comprometido con la mejora continua del desarrollo sostenible del país.

## Índice de Contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de Figuras .....	vi
Índice de Gráficos .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	11
3.2. Variables y Operacionalización.....	11
3.3. Población y Muestreo .....	12
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	12
3.5. Procedimientos .....	13
3.6. Método de Análisis de Datos .....	14
3.7. Aspectos Éticos .....	15
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN.....	28
VI. CONCLUSIONES.....	29
VII. RECOMENDACIONES.....	30
VIII. REFERENCIAS .....	31
ANEXOS.....	35

## Índice de tablas

Tabla 1.	Diagnostico Pre – Evaluación Fema 154 - Rapid Visual Screening .....	22
Tabla 2.	Plantilla para Ensayo de Esclerometría .....	93
Tabla 3.	Aplicación Fema 154 al Modulo 1 .....	94
Tabla 4.	Aplicación Fema 154 al Modulo 2 .....	95
Tabla 5.	Aplicación Fema 154 al Módulo 3 .....	96

## Índice de Figuras

Figura 1.	Modelo Analítico del Módulo M1 .....	24
Figura 2.	Modelo Analítico del Módulo M2 .....	26
Figura 3.	Modelo Analítico del Módulo M3 .....	28
Figura 4.	Herramientas para el Ensayo de Esclerometría .....	39
Figura 5.	Estadística Estudiantil de la I.E. JBG N80818 - Primaria .....	40
Figura 6.	Estadística Estudiantil de la I.E. JBG N80818 - Primaria .....	41
Figura 7.	Estudio de Mecánica de Suelos .....	49
Figura 8.	Efecto Columna Corta .....	111
Figura 9.	Vistas del Módulo 2 .....	112
Figura 10.	Vistas Modulo 1 .....	116
Figura 11.	Vistas Modulo 3 .....	118
Figura 12.	Errores en la Estructuración del Módulo 3 .....	119
Figura 13.	Proceso del ensayo de Esclerometría.....	121
Figura 14.	Demolición de Módulos para proyecto de Mejoramiento .....	123
Figura 15.	Amenaza Sisma en la Región de la Libertad .....	128

## Índice de Gráficos

Gráfico 1.	Resistencia F'c de Ensayo de Esclerometría .....	16
Gráfico 2.	Porcentaje de Contenido de Humedad de las muestras Extraídas .....	17
Gráfico 3.	Porcentaje de Finos, Arenas y Gravas de las muestras Extraídas .....	18
Gráfico 4.	Densidad Máxima y Mínima de la muestra Extraída .....	19
Gráfico 5.	Contenido de Gravedad Especifica de los Solidos .....	20
Gráfico 6.	.Contenido de Sales Solubles .....	21
Gráfico 1.	Derivas de Entrepiso en Dirección XX y YY con 210Kg/cm <sup>2</sup> en M1 .....	23
Gráfico 2.	Derivas de Entrepiso en Dirección XX y YY con 210Kg/cm <sup>2</sup> en M2 .....	25
Gráfico 3.	Derivas de Entrepiso en Dirección XX y YY con 210Kg/cm <sup>2</sup> en M3 .....	27
Gráfico 4.	Norma E030 - 2018 “Diseño Sismorresistente” .....	97

## Resumen

La I.E. N°80818 J.B.G., ha sido fundada en 1974, con lo cual a partir de los años su infraestructura ha ido expandiéndose, debido a la demanda estudiantil. En 2017, se realizó el mejoramiento del servicio educativo, dando lugar al Bloque A y D, por lo que se descartaron para propósitos de la investigación. Esta investigación tiene como propósito principal evaluar la Vulnerabilidad Sísmica de la I.E. N°80818 J.B.G., con sus objetivos específicos: (a) Ensayo de Esclerometría (Ensayo No Destructivo), EMS, Fema 154 – Rapid Visual Screening y finalmente se realizó un contraste con la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”, para identificar qué condiciones mínimas eran las incongruentes con el RNE, de las cuales se verificaron que incumplen con el art1.4 “Concepción Estructural Sismorresistente” debido a que existe el fenómeno de columna corta en sus instalaciones y con el art.21 “Restricciones a la Irregularidad”, debido a que las I.E. son consideradas como Edificaciones Esenciales así mismo se verificaron la cortante basal, la distorsión de entrepiso e irregularidades presentes desarrollados en un Análisis Lineal. Determinando así que la I.E. N°80818 J.B.G. presenta un Alto grado de Vulnerabilidad Sísmica debido a las incompatibilidades con la actual RNE.

Palabras Clave: E030-2018, EMS, Esclerómetro y Fema154

## Abstract

The I.E. N ° 80818 J.B.G., was founded in 1974, with which over the years its infrastructure has been expanding, due to student demand. In 2017, the improvement of the educational service was carried out, giving rise to Block A and D, so they were discarded for research purposes. The main purpose of this research is to evaluate the Seismic Vulnerability of the I.E. N ° 80818 J.B.G., with its specific objectives: (a) Sclerometric Assay (Non-Destructive Assay), EMS, Fema 154 - Rapid Visual Screening and finally a contrast was made with Ntp. E030 - 2018 "Seismic-resistant Design", to identify what minimum conditions were inconsistent with the RNE, of which it was verified that they do not comply with art1.4 "Seismic-resistant Structural Conception" due to the existence of the phenomenon of short column in its facilities and with article 21 "Restrictions on Irregularity", because the EI They are considered as Essential Buildings, as well as the basal shear, the mezzanine distortion and present irregularities developed in a Linear Analysis. Thus determining that the I.E. No. 80818 J.B.G. It presents a High degree of Seismic Vulnerability due to incompatibilities with the current RNE.

Key Words: E030-2018, EMS, Sclerometry & Fema154



## I. INTRODUCCIÓN

La Región Costa del Perú representa una de las zonas sísmicas más susceptibles a eventos sísmicos en todo el territorio nacional, debido a su exposición de un proceso de subducción de las placas tectónicas, que lo mantiene a un continuo peligro sísmico. (Tavera, H. Et Al, 2014).

A raíz de estos eventos y la evaluación del desempeño de las edificaciones se realizan modificaciones, que mejoran la capacidad y el desempeño sísmico-estructural, y así se ha venido realizando desde la primera incorporación de normatividad en el Perú y el mundo.

Debido a la actualización de la normatividad, las edificaciones tienen que evaluarse y determinarse si existe un riesgo potencial en sus instalaciones, para ello el investigador tiene que corroborar, si cumple con las condiciones mínimas de la Norma E030-2018 “Diseño Sismorresistente”, verificar si efectivamente cumple con los lineamientos y pueda garantizar que tendrá un correcto desempeño sísmico-estructural. (CIP, 2011)

Los Módulos 780, poseen un sistema mixto, en una dirección longitudinal son Pórticos de C.A., mientras que en el sentido perpendicular es Albañilería Confinada, después de publicado la norma de 1997, este sistema se reestructuro pese al mal desempeño sísmico frente al sismo de Nazca. (CIP, 2010). Existen Módulos 780Pre y Módulos 780Post o Actual, los primeros se construyeron durante 1977 y 1998, mientras que los módulos 780Post, se construyeron después de 1998; posteriormente a la actualización de la normativa, pese al mal desempeño sísmico de estos. (Banco Mundial, 2017). EL módulo 780Post, presenta un buen desempeño sísmico (Chacón y Paz, 2016); sin embargo el 780Pre en suelos S3, muestra un pésimo desempeño sísmico (Huerta y Uribe, 2006).

Después del Sismo de Nazca, las instituciones Educativas formaron parte de las edificaciones esenciales, que poseen un factor de uso mayor que las demás categorías, debido a su importancia social, este tipo de edificaciones tienen que permanecer operativas tras ocurrido un sismo severo. Entonces para lograr ello, las edificaciones esenciales tienen que brindar una seguridad total, cumplir con todos los lineamientos establecidos en la normativa, a fin de cumplir con la filosofía del Diseño Sismorresistente.

En nuestra inspección a la Institución Educativa “Jorge Basadre Grohmann N°80818”, se ha visto que sus instalaciones datan desde 1974 y a la fecha cumplen alrededor de 47 años, este dato brinda preocupación e inquietud y saber si en realidad la estructura pueda resistir

las solicitaciones sísmicas demandantes. A la fecha se han establecido deficiencias estructurales basadas en el desempeño de estructuras pasadas, entre ellas se encuentran el efecto de columna Corta, presencia de Rotulas Plásticas, falta de continuidad estructural, torsión, etc., problemas que actualmente se prevén desde su concepción estructural.

La Norma Técnica Peruana E030 2018 “Diseño Sismorresistente”, cataloga a las Instituciones Educativas como edificaciones esenciales tipo A-2, las cuales estas deben de garantizar un buen comportamiento estructural, en caso se presente un evento sísmico y estas puedan albergar temporalmente a personas que han sufrido daños materiales como también físicos.

Lo que llegara realizar con esta investigación, es realizar una adecuación estructural a este tipo de infraestructura educativa, para ello una opción es el reforzamiento progresivo basados en el ensanchamiento de las columnas, convirtiéndolas en placas, las cuales le otorgan mayor rigidez y eliminaría el efecto negativo que trae el sistema estructural ya planteado, por otra parte debido a la modernización educativa y viendo el tema de seguridad, una opción viable seria la demolición total de los módulos con presencia de un grado de Vulnerabilidad Alto e instaurar un proyecto que este con las expectativas del actual RNE.

La Formulación del Problema para esta investigación es: ¿ Como realizar la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora?; Asimismo los problemas específicos para esta investigación son: (a) ¿Sera posible emplear el ensayo de esclerometría para estimar la resistencia del Concreto de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora?; (b) ¿Sera posible establecer el Perfil de Suelo con el EMS de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora?; (c) ¿Sera posible utilizar la Metodología Fema 154 - Rapid Visual Screening en de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora? y finalmente (d) ¿Como determinar las derivas de Entrepiso con el Análisis Modal Espectral de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora?

La Objetivo General para esta investigación es: Determinar Grado de Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora; Asimismo los Objetivos Específicos para esta investigación son: (a) Estimar la Resistencia Superficial del Concreto Endurecido por Ensayo de Esclerometría de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora ; (b) Establecer el Perfil del Suelo con EMS de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora; (c) Realizar Diagnostico Preliminar con Metodología Fema 154 - Rapid Visual Screening de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora y finalmente (d) Verificar Derivas de Entrepiso con Análisis Modal de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora

La Hipótesis General para esta investigación es: El grado de Vulnerabilidad Sísmica se determina por procesos cuantitativos y cualitativos, de las cuales cada una posee parámetros y factores que miden su efectividad; Asimismo las Hipótesis Específicas para esta investigación son: (a) El Ensayo de Esclerometría es una metodología de orden No Destructivo, empleados por su facilidad de ejecución y su economía, en el control de los E.E. de C.A. de todo un proyecto; (b) El Estudio de Mecánica de Suelos, permite determinar las propiedades físicas y mecánicas de un material, desarrollado por varios ensayos en laboratorio con su respectiva norma; (c) La Ficha Fema 154, se emplea para correlacionar las probabilidades de colapso de una edificación respecto al puntaje de los criterios tales como Sistema Estructural, Factores de Irregularidad en Planta como en Altura, Criterio Sísmico y el suelo en la cual se encuentra proyectado y finalmente (d) La Norma Técnica Peruana E030 - 2018 "Diseño Sismorresistente", establece los procedimientos para el análisis de una edificación, así mismo se tienen que cumplir con todos los criterios básicos establecidos en ella.

## II. MARCO TEÓRICO

Según Castro (2019), en su indagación realizada sobre la Metodología Fema 154 – Rapid Visual Screening, tuvo como objetivo aprender los pilares del PIVR ,establecido por FEMA. Su investigación es del Tipo CUALITATIVA, de Diseño Descriptivo – Simple, su población y muestra corresponde a la infraestructura de Ing. Civil, Química, Hidráulica, el Edificio 80 y Ing. Mecánico-Eléctrica de la Universidad de Piura, correspondientemente a un muestreo No Probabilístico. Como conclusión establece que Metodología Fema 154 – Rapid Visual Screening es un método rápido y fácil de aplicar.

Según Gameros (2015), en su investigación realizada respecto al Modulo 780Pre tuvo como propósito comparar 3 opciones de Reforzamiento Estructural, para ello modelo la estructura en el Software Etabs, analizando la estructura con el Análisis de Fuerzas Equivalentes y Análisis Modal aplicando los criterios constituidos en la Ntp. E030 – 2014 “Diseño Sismorresistente”, y Ntp. E020 – 2006 “Cargas”, en base al ensanchamiento de las columnas, relleno completo de Paños con Tabiquería y Arriostres laterales entre Columnas. Su investigación es del Tipo Cuantitativo, de Diseño Descriptivo – Simple, su población y muestra corresponde a los 1 módulo Típico 780Pre, correspondientemente a un muestreo No Probabilístico. Como resultados tenemos que la derivas acorde al módulo 780Pre sin reforzar incumplen y exceden la normativa, por otro lado los refuerzos mejoran el comportamiento sísmico del módulo en mención. Como conclusión se establece que el Módulo 780Pre incumple con los parámetros mínimos de la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”, y que la opción más viable por criterios estructurales y arquitectónicos está en base al refuerzo con aletas.

Según Hidalgo (2019), en su investigación realizada en la I.E. 20475, tuvo como objetivo diagnosticas con el método de Benedetti – Petrini, el grado de Vulnerabilidad Sísmica, para ello inspecciono los módulos que conforman la I.E. 20475 y realiza cálculos referentes al método aplicado con apoyo del Software Etabs. Su investigación es del Tipo Cuantitativo, de Diseño Descriptivo – Simple, su población y muestra corresponde a los 5 módulos de la I.E. 20475, correspondientemente a un muestreo No Probabilístico. En sus resultados encontramos la inspección al lugar de estudio y la aplicación del método de Benedetti – Petrini. Como conclusión establece que la muestra seleccionada para el método de Benedetti – Petrini posee una Vulnerabilidad Alta, así mismo posee Irregularidades e incumple con los parámetros mínimos de la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente” y Columna Corta.

Según Llanos y Mora (2020), en su investigación respecto al Modulo 780Pre - Octogonal, tuvo como propósito desarrollar un Reforzamiento Estructural Económico, para ello desarrollo un modelo matemático, realizo un Análisis Sísmico Lineal con la Ntp E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”, Reestructuro la Planta como propuestas de reforzamiento y finalmente Evaluó que modelo era el mejor. Su investigación es del Tipo Cuantitativo, de Diseño Descriptivo – Simple, su población y muestra corresponde al Modulo Apenkai de la I.E.N3048, respectivamente un muestreo No Probabilístico. En sus resultados encontramos que existe deficiencias en su estructuración y que el análisis desarrollado al Modulo 780Pre - Octogonal posee Irregularidades e incumple con los parámetros mínimos de la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”. Como conclusión establece que la opción más viable para su reforzamiento, es separar en 2 bloques y mejorar su rigidez, mediante placas de concreto Armado.

Según Machaca (2020), en su investigación realizada en la I.E. 70558, tuvo como objetivo realizar una evaluación sísmica y plantear un reforzamiento. Para ello realizo un EMS, Ensayo de Esclerometría, Evaluación Sísmica por medio de Fema 154, análisis Lineal (Estático y Dinámico), según la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”. Su investigación es del Tipo Cuantitativo, de Diseño Descriptivo – Simple, su población y muestra corresponde a los 2 módulos representativos de la I.E. 70558, correspondientemente a un muestreo No Probabilístico. En sus resultados encontramos el EMS por medio de 3 calicatas a las cuales se les ha realizado los ensayos de Granulometría, Porcentaje de Humedad ,Limites de Atterberg y E. de Corte Directo; Ensayo de Esclerometría y Análisis Lineal (Estático y Dinámico), según la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”. Como conclusión establece que el terreno es acto, por medio del Ensayo por Esclerómetro se obtienen un valor de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 175 Kg/cm<sup>2</sup> para M1 y M2 correspondientemente, en cuanto al análisis por software con aplicación de la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”, estos módulos están al límite; así mismo según Fema requieren de una evaluación más detallada; en cuanto a su reforzamiento, el ensanchamiento de las columnas en 5 cm mejoraría la rigidez de la estructura.

Según Ortiz (2017), en su investigación realizada en tres I.E. diseñadas con la Ntp. E030 – 2006 “Diseño Sismorresistente”, tuvo como objetivo verificar la respuesta sísmica con la

Ntp. E030 – 2016 “Diseño Sismorresistente”, para ello realizo el EMS, para obtener las propiedades del terreno, así mismo realizo el modelado analítico en el software Etabs. Su investigación es del Tipo Cuantitativo, de Diseño Descriptivo – Simple, su población y muestra corresponde a los 1 módulo representativo en la I.E. Juan Guerrero, Andrés de los Reyes y Mercedes Indacochea, correspondientemente a un muestreo No Probabilístico. En sus resultados encontramos que la cortante basal referente a la Ntp. E030 – 2006 “Diseño Sismorresistente”, son inferiores a la Ntp. E030 – 2016 “Diseño Sismorresistente”. Como conclusión se establece que la I.E. Mercedes Indacochea incumple con la deriva máxima se propone mejorar su rigidez en base al Enchaquetado de las Columnas, y que la Ntp. E030 – 2016 “Diseño Sismorresistente”, tiene más exigencias que la norma anterior.

Según Peña (2017), en su investigación realizada respecto al Modulo 780Post en la I.E. Rosa Flores de Oliva, tuvo como objetivo verificar el comportamiento sísmico, para ello inspecciono el lugar de estudio, procedió a recolectar muestras para la determinación del EMS, realizando un análisis Lineal (Estático y Dinámico ) y No Lineal (Push - Over), en el software Etabs. Su investigación es del Tipo Cuantitativo, de Diseño Descriptivo – Simple, su población y muestra corresponde a los 1 módulo representativo en la I.E. Rosa Flores de Oliva, correspondientemente a un muestreo No Probabilístico. En sus resultados encontramos la verificación de las derivas de entrepiso con la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente” y los ensayos de EMS. Como conclusión se establece que el Módulo 780Post en la I.E. Rosa Flores de Oliva, presenta un buen comportamiento sísmico para el Análisis Lineal (Fuerzas Equivalentes y Modal ) y No Lineal (Push - Over).

Según Pucuhuayla (2018), en su investigación realizada respecto al Modulo 780Pre en la I.E. Santa Rosa de Lima, tuvo como objetivo verificar el comportamiento sísmico con la Norma Fema 356, ATC 40 ASCE y la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”, para ello procedió con el modelado y un análisis Lineal (Estático) y No Lineal (Push - Over), en el software Etabs. Su investigación es del Tipo Cuantitativo, de Diseño Descriptivo – Simple, su población y muestra corresponde a los 1 módulo representativo en la I.E. Santa Rosa de Lima, correspondientemente a un muestreo No Probabilístico. En sus resultados encontramos la verificación de las derivas de entrepiso con la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente” y puntos de desempeño según Fema. Como conclusión se establece que el Módulo 780Pre en la I.E. Santa Rosa de Lima, presenta un mal comportamiento sísmico en estado No Lineal (Push - Over).

Según Quiroz (2017), en su investigación realizada sobre un Módulo 780Pre típico, tuvo como objetivo determinar la respuesta no lineal con la metodología de Miranda. Su investigación es del Tipo Cuantitativo, de Diseño Descriptivo – Simple, su población y muestra corresponde a los 2 módulos de 2 y 3 Niveles localizados en Lima Metropolitana, correspondientemente a un muestreo No Probabilístico. En sus resultados nos muestra el uso del programa Sap2000 para el Análisis PUSHOVER y su comparación con la Metodología con Miranda. Como conclusión se establece que el Módulo 780Pre es inferior al desempeño sísmico del 780Post.

Según Vera (2018), su investigación realizada respecto al Modulo 780Post en la I.E. Villa María, tuvo como objetivo verificar el comportamiento sísmico, para ello inspecciono el lugar de estudio, procedió a recolectar muestras para la determinación del EMS, realizando un análisis Lineal (Estático y Dinámico), en el software Etabs. Su investigación es del Tipo Cuantitativo, de Diseño Descriptivo – Simple, su población y muestra corresponde a los 1 módulo representativo en la I.E. Villa María, correspondientemente a un muestreo No Probabilístico. En sus resultados encontramos la verificación de las derivas de entrepiso con la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”, verificación de la tabiquería con la Ntp. E070 – 2006 “Albañilería”, y verificación de la tabiquería con la Ntp. E060 – 2006 “Concreto Armado” y finalmente los ensayos de EMS. Como conclusión se establece que el Módulo 780Post en la I.E. Villa María, presenta un buen comportamiento sísmico y cumple con los estándares actuales de la normativa peruana.

Según Zambrano (2017), en su investigación realizada, tuvo como objetivo comparar los Ensayos de Esclerometría y los Ensayos de Diamantina, para ello inspecciono los módulos que conforman la I.E. 20475 y realiza cálculos referentes al método aplicado con apoyo del Software Etabs. Su investigación es del Tipo Aplicada, Explicativo y Finalmente Comparativo de Diseño Transversal, su muestra corresponde a 18 ensayos de esclerometría como también para el ensayo de Diamantina – de acuerdo a las normas ASTM C805M-13<sup>a</sup> y ASTM C42M-13 de los jirones Brasil, Cajamarca y Portugal, correspondientemente a un muestreo No Probabilístico. En sus resultados encontramos el proceso y criterios aplicados por medio del ensayo de esclerometría y ensayo de diamantina. Como conclusión establece que los resultados provenientes del ensayo de esclerometría con la marca Forney L.P. son 56.98% mayores que la resistencia especificada en el Plano.

Para darle un sustento teórico a la problemática que se está investigando, revisaremos a continuación algunos conceptos relacionados al tema de investigación, tales como:

“El hábito nacional en la conservación de la infraestructura estudiantil se limita al desarrollo de proyectos de control en edificaciones deterioradas por terremotos” (Silva, 2012). Así mismo no hay data procesada respecto a daños ocasionados por sismos a las Instituciones Educativas. (Astorga, 2006)

Los sismos más severos que afectan a los proyectos de ingeniería, son los de origen tectónico, así mismo el efecto sobre suelos blandos es más perjudicial que los suelos rígidos. (Bazán y Meli, 1985).

Las Estructuras Irregulares muestran un desempeño sísmico inferior que las Estructuras Regulares, peor aun cuando a ello se le suma el efecto de Columna Corta, por estas razones la Ntp. E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”, establece condiciones para asegurar la filosofía sismorresistente, para las Edificaciones Esenciales poseen más exigencias que las demás. (Muñoz, 2020).

El desarrollo de Convergencia de la Placa de Nazca y Sudamericana es responsable de la actividad sísmica en el litoral peruano, dando mayores actividades sísmicas en la zona costera, causando daños a todas la infraestructuras y evidenciando cuales presentan errores. (Tavera, 2017)

La Ntp. E020, establece los criterios y cargas mínimas de toda edificación. Las cargas Muertas o Inertes forman parte de la edificación (Peso Propio, Acabados, etc.), en cuanto a las cargas vivas o sobrecarga (S/c), se le incorporan en base al uso del espacio a usar. (Bartolomé, 1998)

El Peligro sísmico o Amenaza Sísmica , se delimita como un factor de riesgo externo de un sujeto, el cual depende de la severidad del terremoto, la distancia epicentral, pero principalmente las características del terreno, la topografía del lugar, etc.(Alva y Castillo, 1993)

Vulnerabilidad Sísmica, es una cualidad propia de la estructura, que puede comprenderse como propensión esencial de un componente o conjunto de componentes expuesto a ser forzado o ser capaz a padecer deterioro, ante la salida de un acontecimiento sísmico determinado. (Córdova, 2014)

Principales razones de los Daños producidos en Centros Educativos: Colegios construidos con anterioridad al año 1997 y que no han sido evaluadas, ni reforzadas considerando la normatividad vigente; No se ha evaluado correctamente las condiciones geotécnicas de los suelos de fundación; Deficiencias en la Configuración Estructural; Deficiencias en los procedimientos Constructivos; Elementos no Estructurales sin Protección; Deterioro Gradual de las Edificaciones generando el Efecto de Falla Progresiva. (Irala, 2020)

Según ICG (2019), el ensayo de Esclerometría es un método “No Destructivo”, la cual tiene la finalidad de evaluar la uniformidad del concreto in situ, así mismo Ernst Schmidh estableció curvas de correlación en laboratorio, para aproximarse mediante ábacos al diseño real del concreto. Este método es económico y fácil de operar, lo que permite hacer muchos ensayos en un corto tiempo con escasos medios auxiliares

El EMS, introduce temas importantes como la indagación de las propiedades mecánicas del terreno explorado. El objetivo del Estudio de mecánica de suelos es estudiar el comportamiento del suelo para ser usado como material de construcción o como base de sustentación de las obras de ingeniería. (AQUIYS, 2012)

Con la Evaluación Sismorresistente se verifica los fases de desempeño en contraste con el Reglamento, teniendo en cuenta el peligro sísmico y el uso de la edificación. Las Edificaciones Esenciales, son proyectos estructurales que permanecen en operación frente a emergencias, se pueden usar como refugio para la atención de la población y a la vez poder preservar su salud de los mismos. (López, 2014)

Existen métodos de inspección y puntaje que catalogan la deficiencias de un proyecto, para indicar un índice de Vulnerabilidad asociadas a curvas de probabilidad, sin embargo para edificaciones de gran importancia es mejor emplear un procedimiento analítico, las cuales se determinan en estado Lineal y No Lineal, en el primer caso indican la relación demanda – capacidad de los elementos, con estados de carga Estáticas o Dinámicas; en cambio la otra forma considera mecanismos de falla en cada elemento, lo cual lo hace más exacto. (Safina, 2003)

Según FEMA 154 (2015), El método “Fema 154 - Rapid Visual Screening”, es un método cualitativo, que sirve para la identificación y evaluación de edificaciones, basado en un Score Básico, para poder determinar si es necesario hacer un estudio más profundo y detallado. Y

con ello correlacionar las probabilidades de colapso de la edificación frente a su desempeño probabilístico de un sismo. Este utiliza una metodología justificada en una encuesta y un formulario de recopilación de datos, esto nos tomara un aproximado de quince a treinta minutos por edificación dependiendo la envergadura que esta tenga, la cual consta en llenar los formularios basándonos en la observación visual de la edificación tanto como exterior como interior. Este formulario consta de dos páginas que nos permite documentar los datos de identificación de la edificación, incluido el tamaño y uso, un retrato de la edificación, bocetos y recopilación de las informaciones pertinentes relacionadas con el desempeño sísmico.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

##### 3.1.1 Tipo de Investigación

Finalidad : Aplicada, soluciona problemas prácticos.

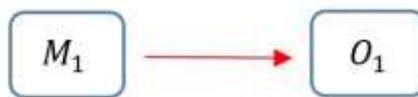
Carácter : Descriptivo, busca describir los fenómenos.

Naturaleza : Cuantitativo, emplea metodología analítica.

Temporalidad : Transversal, se desarrolla en un momento dado.

##### 3.1.2 Diseño de Investigación

El método a emplear es Descriptivo – Simple, de orden no experimental; dado que la variable será analizada (Observación), en su estado actual, mientras procesamos la data para culminar con la investigación:



M1= Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann”

O1= Evaluación Sísmica

#### 3.2. Variables y Operacionalización

**Variable Independiente:** Vulnerabilidad Sísmica (Cuantitativa)

**Definición Conceptual:** Se define como “el límite en el que se sobrepasa el grado de reserva o el nivel de capacidad de respuesta previsto disponible ante una amenaza sísmica conocida”.(Alonso, 2014)

**Definición Operacional:** Se identifica las propiedades mecánicas de la estructura y del Terreno, posteriormente se realiza la Pre-Evaluación en Base a Juicio de Expertos y Finalmente (si lo amerita), con la Norma Sismorresistente (E030), se hace un análisis más exhaustivo.

**Indicadores:**

Para el Ensayo de Esclerometría, tenemos: Estimación F’c EE (Kg/cm<sup>2</sup> - Razón).

Para el EMS, tenemos: Porcentaje de Humedad (% - Razón), Análisis Granulométrico (% - Razón), Ensayo de Densidad Máxima y Mínima (Gr/cm<sup>3</sup> - Razón), Gravedad Especifica (% - Razón) y finalmente el ensayo de Contenido de Sales Solubles (% - Razón).

Para Fema 154 – Rapid Visual Screening, tenemos: Tipo de Edificación (Glb. - Nominal), Irregularidad (Planta / Vertical) (Glb. - Nominal), Criterio Sísmico (Glb. - Nominal), Tipo de Suelo (Glb. - Nominal) y finalmente Comentarios (Glb. - Nominal).

Para el Análisis Modal , tenemos: Derivas de Entrepiso (Drift) (Glb. - Razón).

### 3.3. Población y Muestreo

La población está constituida por toda la infraestructura educativa de la I.E. 80818.

La muestra está constituida por el M1, M2 y M3 , dado que sus instalaciones poseen múltiples factores que los hacen susceptibles a eventos sísmicos, en cuanto a los demás módulos fueron excluidos al criterio del investigador, como también los Pabellones A y D, que fueron inaugurados en 2018 mediante el Proyecto de “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA I.E.80818 Jorge Basadre Grohmann, Distrito de Florencia de Mora – Trujillo – La Libertad” en la Etapa I, II y III, por lo tanto, para esta investigación se consideró un muestreo no probabilístico, dado que los módulos a investigar son seleccionados a criterio del investigador.

### 3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Como TÉCNICA empleada en el desarrollo de esta investigación, se usó la OBSERVACIÓN DIRECTA, de las cuales los instrumentos empleados están especificados en la GUÍA DE OBSERVACIÓN para cada objetivo planteado en esta investigación, tales como Ficha Fema 154 – Rapid Visual Screening, Ficha de Esclerómetro, Ficha de EMS para el ensayo de Contenido de Humedad (Ntp. 339.127), Análisis Granulométrico (Ntp. 339.128), Límites líquido y Plástico (Ntp. 339.129), Peso Específico Relativo de Sólidos (Ntp. 339.131), Clasificación Unificada de Suelos - SUCS (Ntp. 339.134), contenido de Sales Solubles Totales en Suelos (Ntp. 339.152), Gravedad Especifica (ASTM D-854) y Densidad Máxima y Mínima (ASTM D 2424 – ASTM D 4254) , son establecidos en el EMS y finalmente la Ficha de Evaluación de Estructuras. (Diagnostico)

Respecto a la validación y confiabilidad de los datos automatizados, los productos de la empresa Computers and Structures, Inc. (CSI); SAP2000, CSIBridge, Etabs, Safe y

PERFORM-3D; están respaldados por más de 30 años de investigación y desarrollo, con los cuales se han analizado y diseñado proyectos de gran envergadura, Así mismo los investigadores están calificados para procesar los datos en la herramienta Etabs; gracias a los seminarios de actualización profesional para el manejo del software en mención. Por ello mismo, la validación tomada para esta investigación está siendo autenticada por el Juicio de Expertos, las cuales consideran aplicable para nuestra investigación.

### 3.5. Procedimientos

Ensayo de Esclerometría, se empezara evaluando el concreto por ensayo de esclerometría o también denominado martillo de rebote, que a diferencia del ensayo de Diamantina o Ensayo a Compresión de Cilindros es un ensayo no destructivo que le otorga una ventaja significativa al momento de evaluar la resistencia a compresión del concreto de los elementos estructurales debido a su facilidad de aplicación, costo de adquisición y no altera la funcionalidad de la estructura, así mismo existe una relación directa de la dureza superficial del concreto y la resistencia real que posee, sin embargo a factores propios en la ejecución del proyecto esta tiende a alterarse. Para realizar el ensayo se tiene que dejar un área cuadrada de 20cm por lado, libre de impurezas y dividirla en 16 partes, en la zona a evaluar, para obtener pequeñas regiones de 5cm de lado. Usar el esclerómetro en cada parte y llevar los datos a una plantilla, teniendo en cuenta la descripción del área de ensayo, tipo y número de serie del martillo, edad, localización y los valores y localizaciones de rebote que han sido eliminadas. Finalmente se proyecta en una hoja de cálculo y se realiza un análisis estadístico, descartando los valores superiores e inferiores en 7 unidades respecto al promedio como también aquellas lecturas que de alguna forma han sido alterados por la condición de su ubicación, dejando con un mínimo de 10 lecturas.

Estudio de Mecánica de Suelos, la etapa de Trabajos de campo, consiste en la extracción de material de las calicatas, que permitan la exploración directa de la zona de estudio, posteriormente las muestras extraídas se llevan a laboratorio para examinarlas, los cuales están conformados por el ensayo de Contenido de Humedad (Ntp. 339.127), Análisis Granulométrico (Ntp. 339.128), Límites líquido y Plástico (Ntp. 339.129), Peso Específico Relativo de Sólidos (Ntp. 339.131), Clasificación Unificada de Suelos - SUCS (Ntp. 339.134), contenido de Sales Solubles Totales en Suelos (Ntp. 339.152), Gravedad Específica (ASTM D-854) y Densidad Máxima y Mínima (ASTM D 2424 – ASTM D 4254). PRONIED (2020)

Fema 154 – Rapid Visual Screening, se empleó el Método ATC 20 Rapid Visual Screening – Fema P154; metodología preliminar basándose en la puntuación contemplando las irregularidades, suelo y el criterio sísmico; dando como resultado que requiere una evaluación más detallada, para ello se tiene que inspeccionar

Análisis Modal , se procede a identificar los parámetros sísmicos, tales como el factor de Zona, parámetros de Sitio, factor de Amplificación Sísmica, Categoría de Edificación, factor de uso y el coeficiente de reducción de la fuerza sísmica, así mismo se traza el bosquejo en CAD de la Infraestructura educativa para luego proyectarlo en un software de análisis y diseño estructural, en este caso se empleó EtabsV16 de la familia de Computers and Structures, Inc. Para ello se inicia definiendo el código de diseño a emplear ACI 318-08, que adaptándolo a nuestra normativa E060 se modifican sus parámetros de reducción de resistencia, así mismo se definen las propiedades mecánicas de los elementos a usar, las secciones de las columnas ,vigas y tabiquería a emplear que se ubicaran según la distribución arquitectónica y las cargas a emplear como la carga muerta, carga viva, peso propio y la carga de sismo, teniendo en cuenta la dirección y la excentricidad en la que se analizara la infraestructura; posteriormente se asignan las cargas de servicio y cargas ultimas que se tomaran en cuenta en el análisis Estático y Dinámico para obtener la cortante basal, el análisis de irregularidades, desplazamientos de entrepiso, formas modales, periodos y porcentajes de participación modal.

### 3.6. Método de Análisis de Datos

Ensayo de Esclerometría, se procesará en Excel; acorde a los parámetros establecidos en la Normativa NTP 339 - 181 y ASTM. C 805M-13a; mediante Gráficos.

Estudio de Mecánica de Suelos, los ensayos de Contenido de Humedad (Ntp. 339.127), Análisis Granulométrico (Ntp. 339.128), Límites líquido y Plástico (Ntp. 339.129), Peso Específico Relativo de Sólidos (Ntp. 339.131), Clasificación Unificada de Suelos - SUCS (Ntp. 339.134), contenido de Sales Solubles Totales en Suelos (Ntp. 339.152), Gravedad Específica (ASTM D-854) y Densidad Máxima y Mínima (ASTM D 2424 – ASTM D 4254), están procesados en Excel y mostrados en Gráficos

Fema 154 – Rapid Visual Screening y Análisis Modal , los datos obtenidos serán analizados por medio de Gráficos.

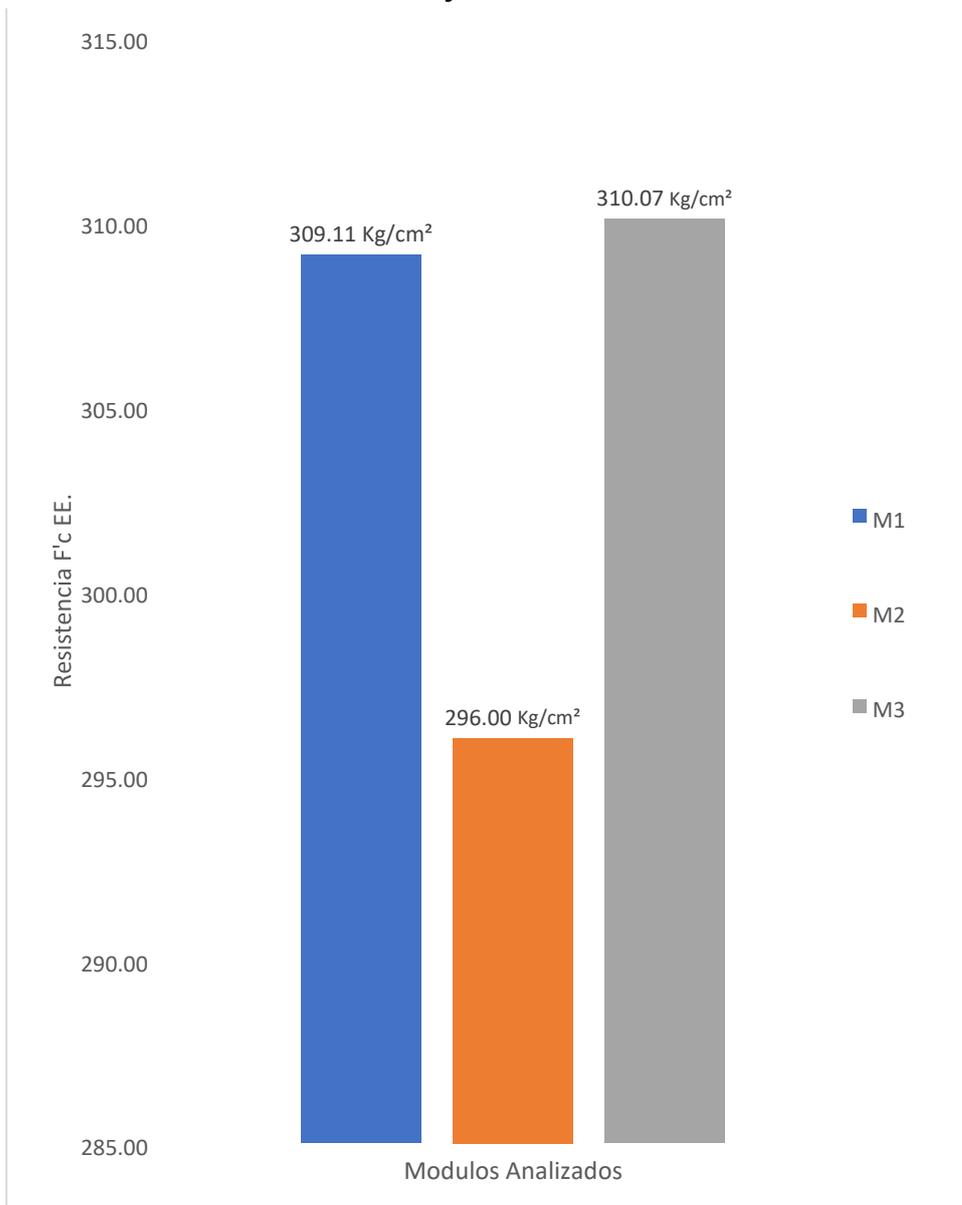
### 3.7. Aspectos Éticos

Los datos obtenidos por software no serán modificados o alterados a favor o en contra de la investigación, por lo que lo constituye como una investigación 100% veraz, por lo que en el análisis respetara las normativas vigentes.

## IV. RESULTADOS

### Estimación F'c Columnas

**Gráfico 1. Resistencia F'c de Ensayo de Esclerometría**



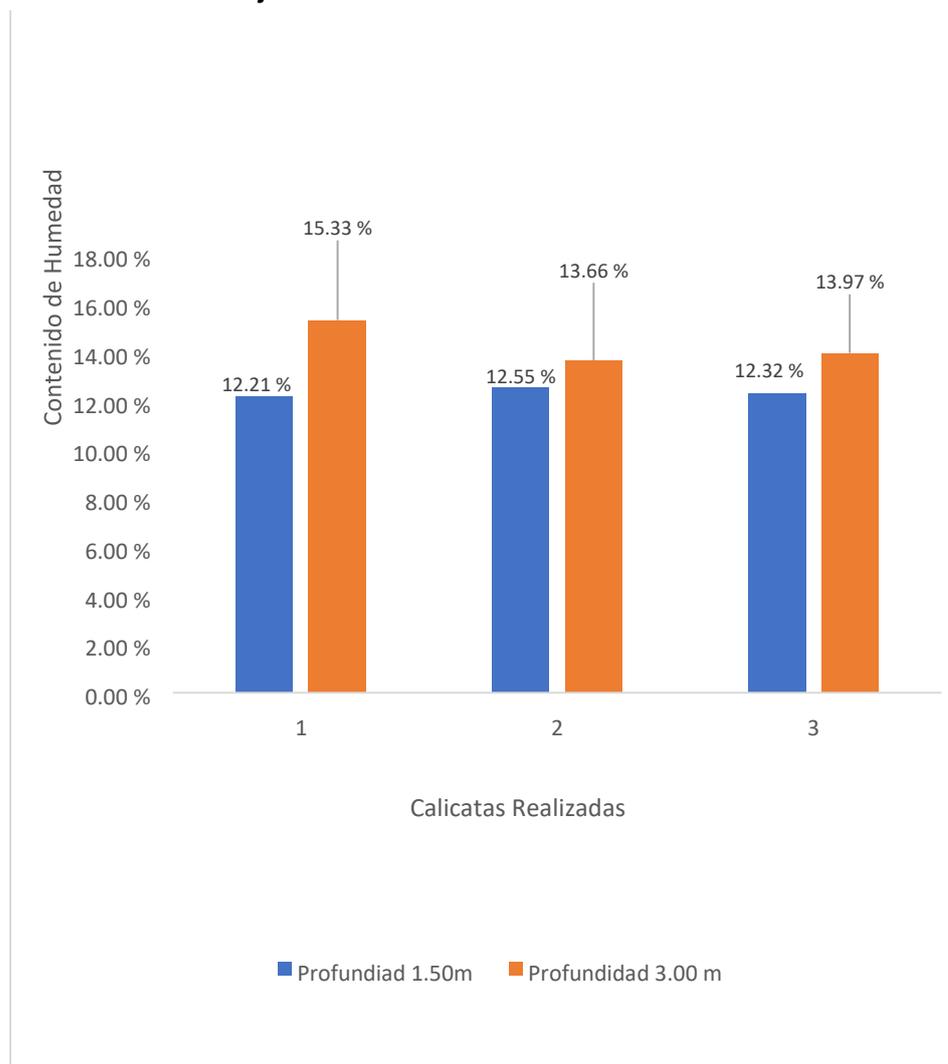
*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

Interpretación de resultados: La Resistencia  $F'c$  de EE Promedio del ensayo de esclerometría (Martillo de Rebote Schmidt), para el Módulo 1 es de 309.11 Kg/cm<sup>2</sup>, Módulo 2 es de 296 Kg/cm<sup>2</sup> y para el Módulo 3 es de 310.07 Kg/cm<sup>2</sup>. Estos valores referentes al diseño de Mezclas (210 Kg/cm<sup>2</sup>), representan un 47.19% , 40.95% y 47.65% adicional para M1, M2 y M3 correspondientemente.

Estudio de Mecánica de Suelos

Ensayo Contenido de Humedad

**Gráfico 2. Porcentaje de Contenido de Humedad de las muestras Extraídas**



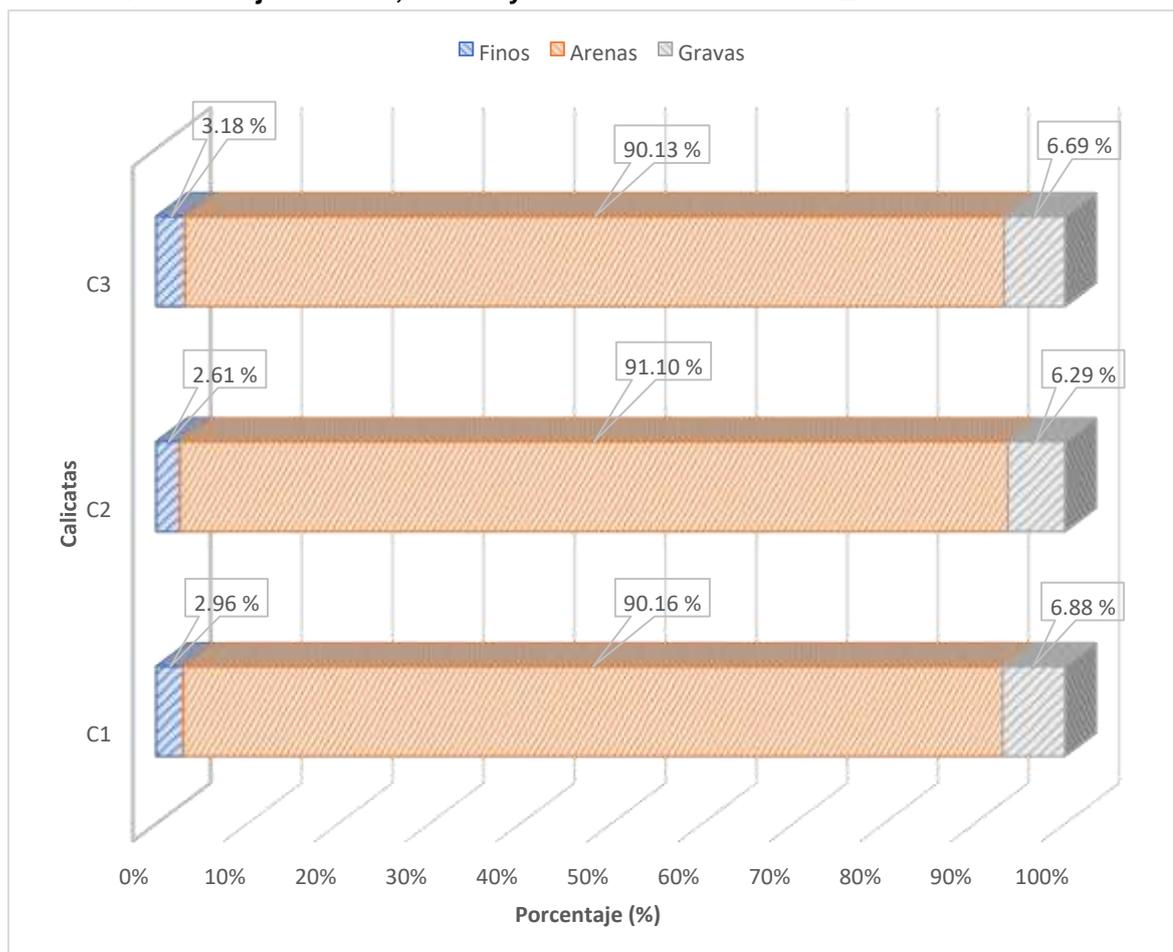
*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

Interpretación de resultados: Se realizaron 3 calicatas para determinar el contenido de humedad, dando como resultados que; a la profundidad de 1.50m se tiene 12.21% de

Humedad y a la profundidad de 3.00m se tiene 15.33% de Humedad para la Calicata C1; a la profundidad de 1.50m se tiene 12.55% de Humedad y a la profundidad de 3.00m se tiene 13.66% de Humedad para la Calicata C2 y finalmente a la profundidad de 1.50m se tiene 12.32% de Humedad y a la profundidad de 3.00m se tiene 13.97% de Humedad para la Calicata C3.

### Ensayo Granulométrico por tamizado

**Gráfico 3. Porcentaje de Finos, Arenas y Gravas de las muestras Extraídas**



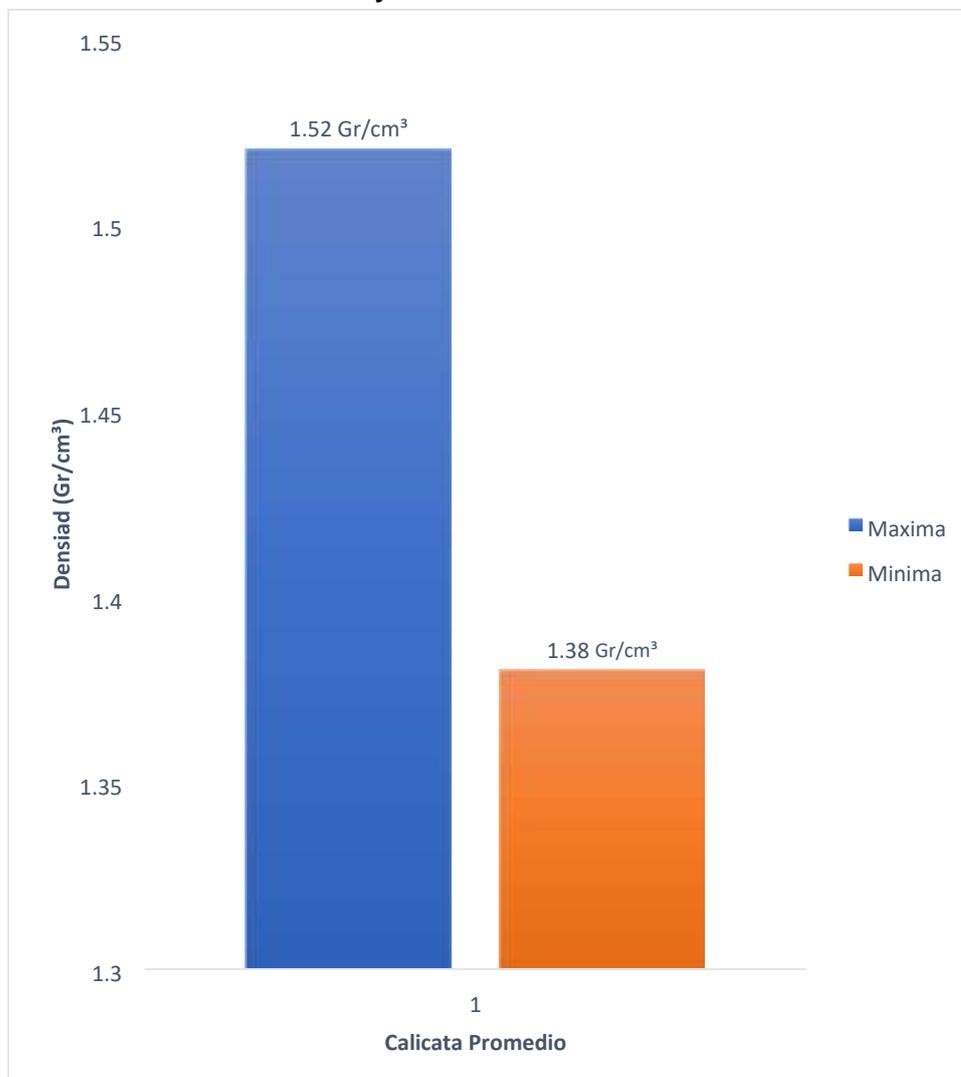
*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

Interpretación de resultados: De la extracción de las muestras de las calicatas para la elaboración del Estudio de Mecánica de Suelos para este ensayo de Granulometría por Tamizado, se tiene que; la muestra para la calicata C1 contiene 2.96% Finos, 90.16% Arenas y finalmente 6.88% Gravas; la muestra para la calicata C2 contiene 2.61% Finos, 91.10% Arenas y finalmente 6.29% Gravas y finalmente la muestra para la calicata C3 contiene 3.18

% Finos, 90.13% Arenas y finalmente 6.69% Gravas, para una muestra de 1989.62gr, 1952.011 y 2043.27gr correspondientemente.

#### Ensayo Densidad Máxima y Mínima

**Gráfico 4. Densidad Máxima y Mínima de la muestra Extraída**

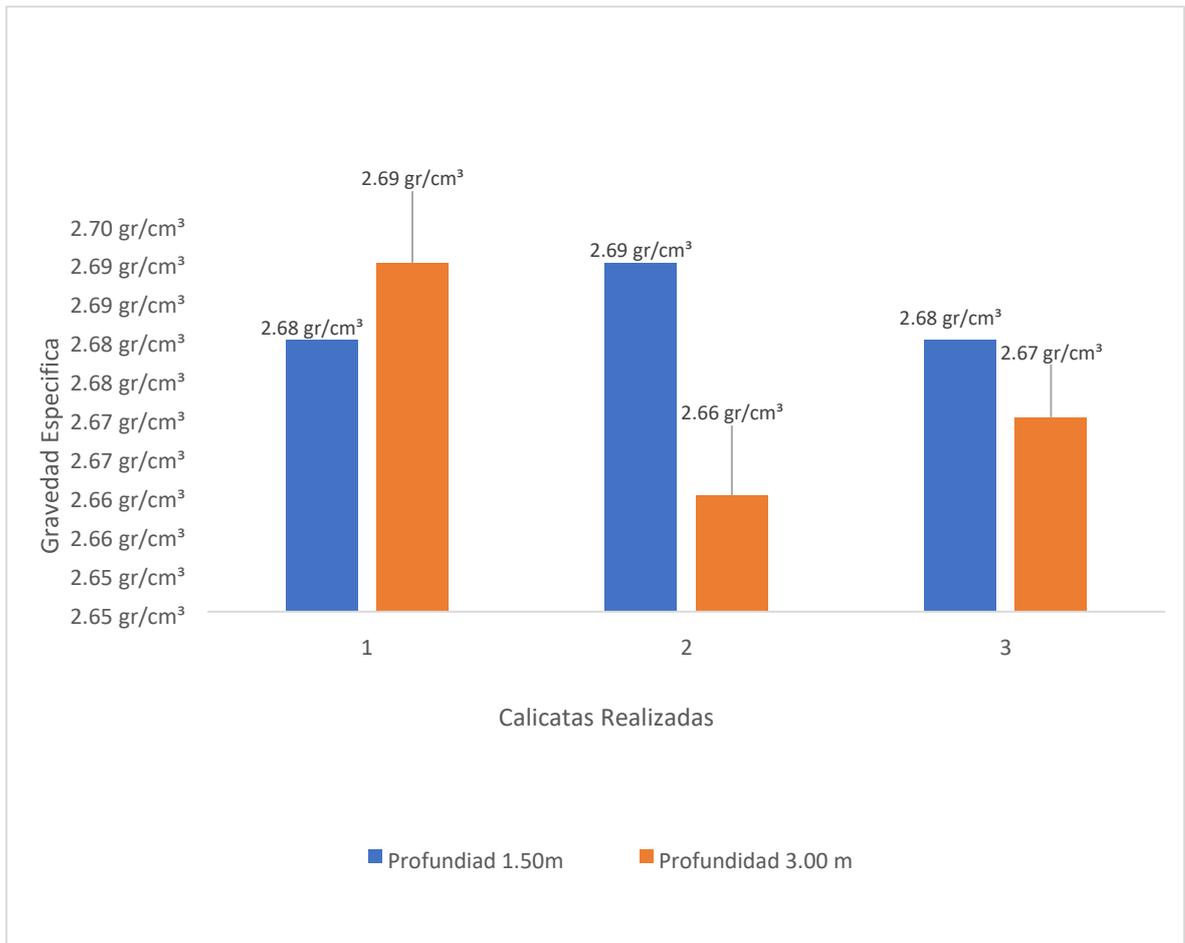


*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

Interpretación de resultados: En el gráfico adjunto se muestra los valores correspondientes a la densidad máxima y mínima de una muestra extraída en la Calicata C1, dando valores tales como 1.52 Gr/cm<sup>3</sup> y 1.38 Gr/cm<sup>3</sup> correspondientemente.

#### Ensayo Gravedad Especifica

**Gráfico 5. Contenido de Gravedad Especifica de los Solidos**

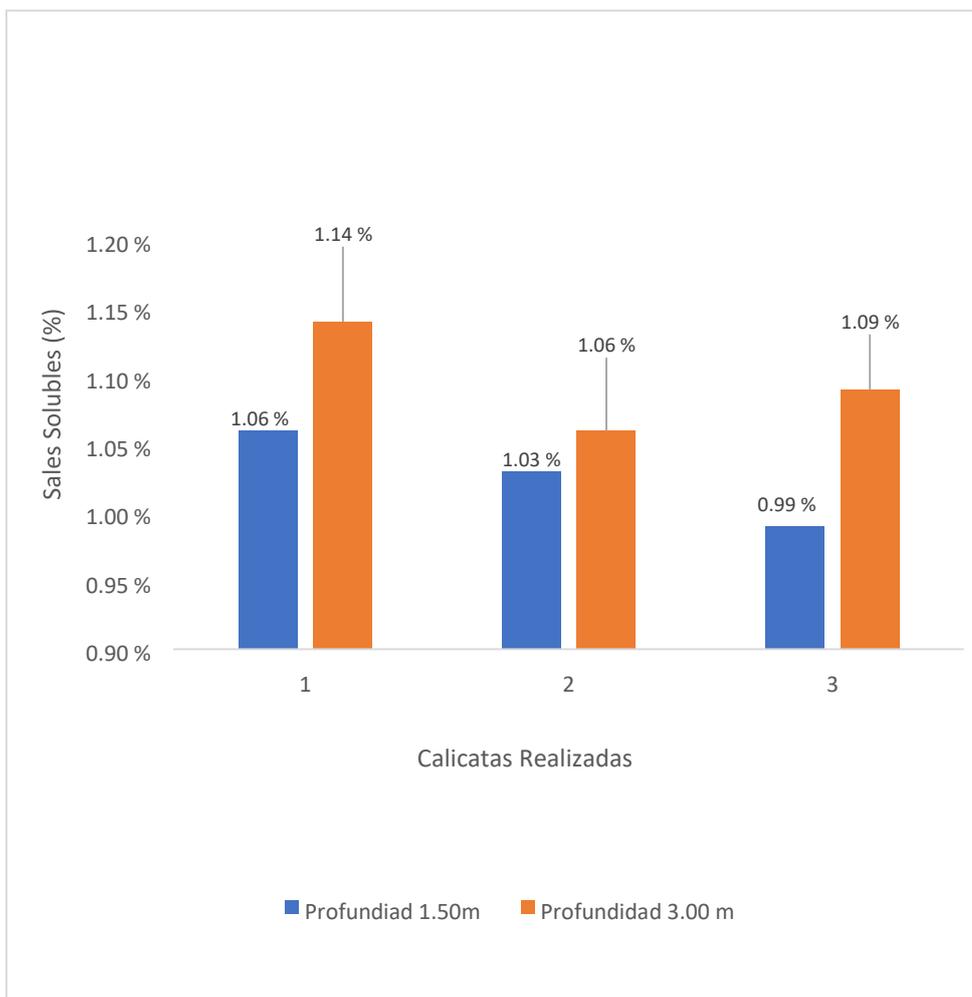


*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

Interpretación de resultados: En el gráfico adjunto se muestra los resultados de laboratorio del ensayo de contenido de Gravedad Especifica de los sólidos en 3 calicatas realizadas a 2 diferentes profundidades, en la calicata C1 a una profundidad de 1.50m esta posee un valor de 2.68 Gr/cm³ mientras que a una profundidad de 3.00m esta posee un valor de 2.69 Gr/cm³, en la calicata C2 a una profundidad de 1.50m esta posee un valor de 2.69 Gr/cm³ mientras que a una profundidad de 3.00m esta posee un valor de 2.66 Gr/cm³ y finalmente en la calicata C3 a una profundidad de 1.50m esta posee un valor de 2.68 Gr/cm³ mientras que a una profundidad de 3.00m esta posee un valor de 2.67 Gr/cm³.

### Ensayo Contenido de Sales Solubles Totales

**Gráfico 6.** .Contenido de Sales Solubles



*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

Interpretación de resultados: En el gráfico adjunto se muestra los resultados de laboratorio del ensayo de contenido de sales solubles totales en 3 calicatas realizadas a 2 diferentes profundidades, en la calicata C1 a una profundidad de 1.50m esta posee un valor de 1.06% mientras que a una profundidad de 3.00m esta posee un valor de 1.14%, en la calicata C2 a una profundidad de 1.50m esta posee un valor de 1.03% mientras que a una profundidad de 3.00m esta posee un valor de 1.06% y finalmente en la calicata C3 a una profundidad de 1.50m esta posee un valor de 0.99% Gr/cm<sup>3</sup> mientras que a una profundidad de 3.00m esta posee un valor de 1.09%

Fema 154 – Rapid Visual Screening

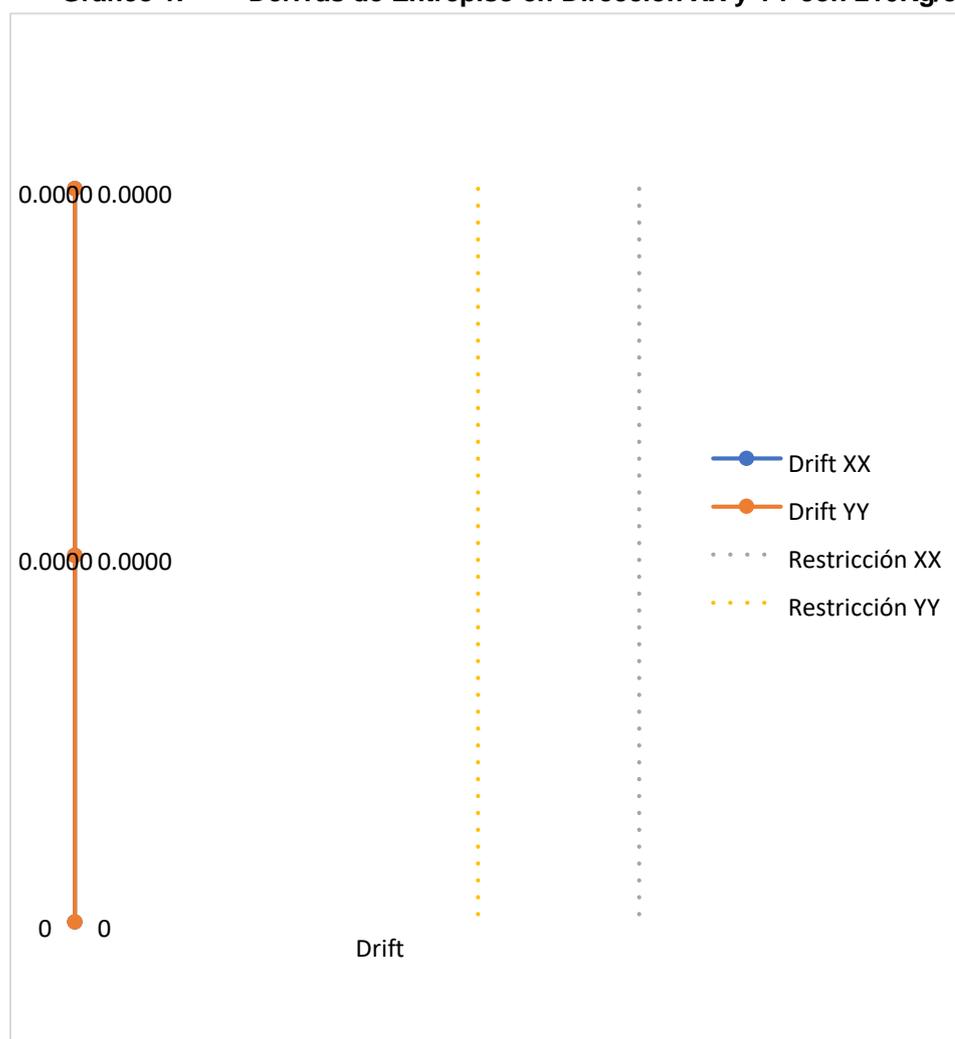
**Tabla 1. Diagnostico Pre – Evaluación Fema 154 - Rapid Visual Screening**

Modulo	Diagnostico
M1	Requiere Evaluación Mas Detallada
M2	Requiere Evaluación Mas Detallada
M3	Requiere Evaluación Mas Detallada

*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

Interpretación de resultados: En la tabla adjunta se muestra los resultados con la metodología Fema 154 - Rapid Visual Screening, de las cuales los módulos seleccionados, poseen Vulnerabilidad en sus instalaciones ante eventos sísmicos, dado que son inferiores al puntaje básico de  $S_0=2$ , por lo cual, el diagnostico para estos módulos es realizar un Evaluación más detallada.

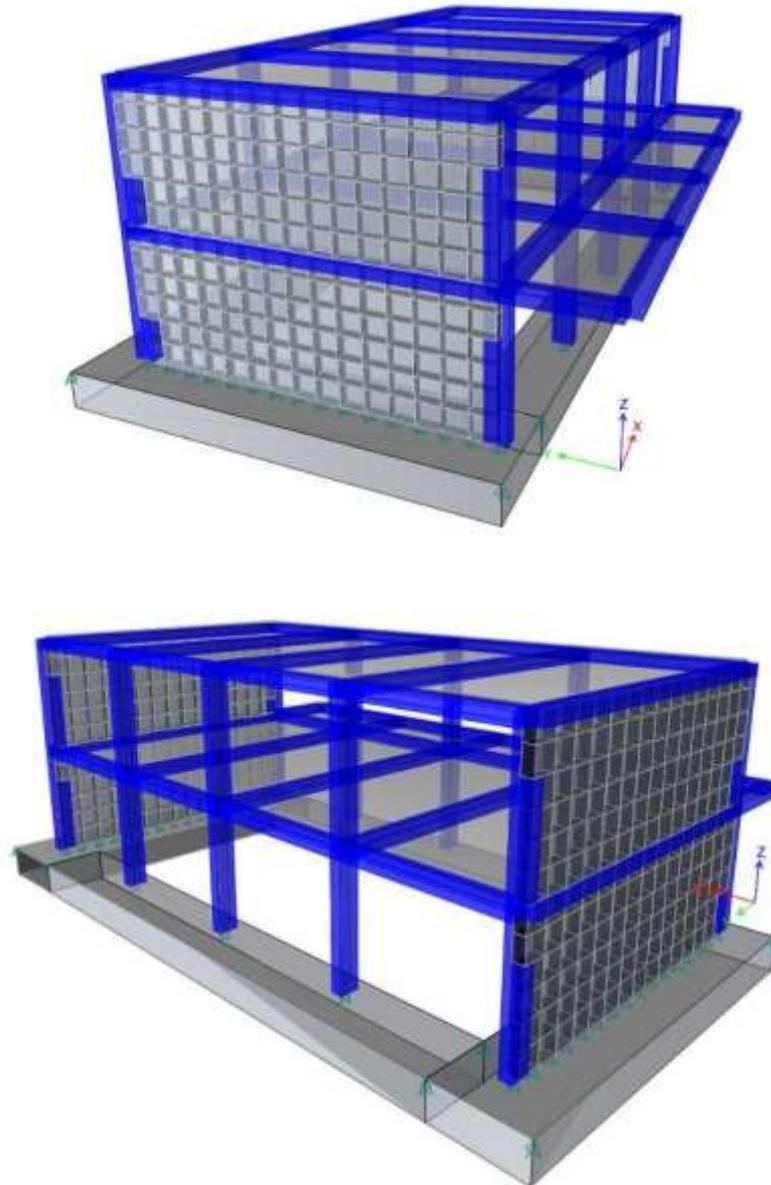
**Gráfico 1. Derivas de Entrepiso en Dirección XX y YY con 210Kg/cm<sup>2</sup> en M1**



*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

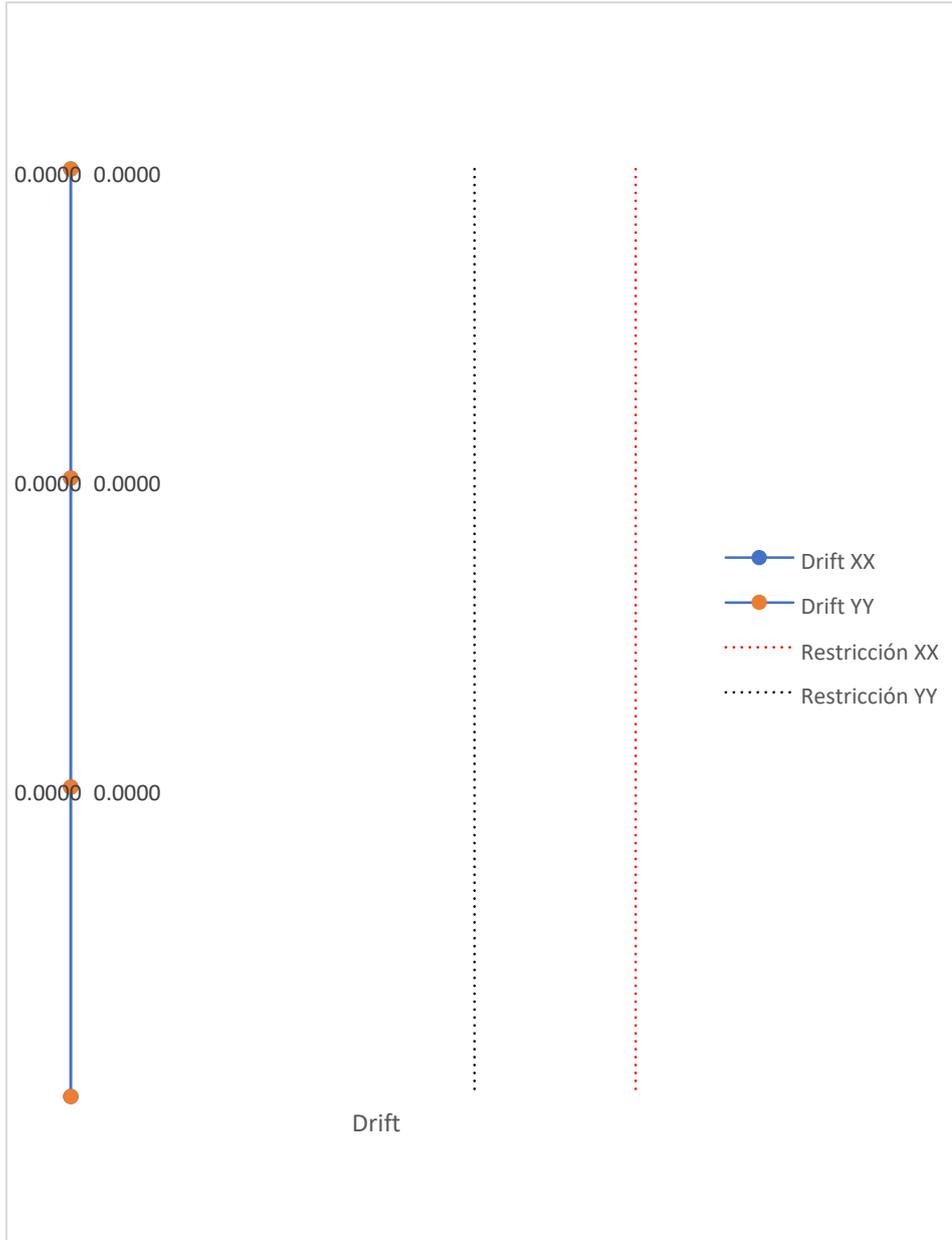
Interpretación de resultados: En la gráfico adjunto se presenta las derivas correspondientes para M2, en dirección XX y YY con sistema estructural a Pórticos de Concreto Armado y Albañilería Confinada correspondientemente, dando como resultados que en cualquiera de la dirección de Análisis, están sobrepasando la restricción de la Tabla N11 “Limites para la distorsión de Entrepiso”, (E030 2018), en donde el límite o restricción para sistemas estructurales basados en Concreto Armado es de 0.007 y para Albañilería es de 0.005

Figura 1. Modelo Analítico del Módulo M1



*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

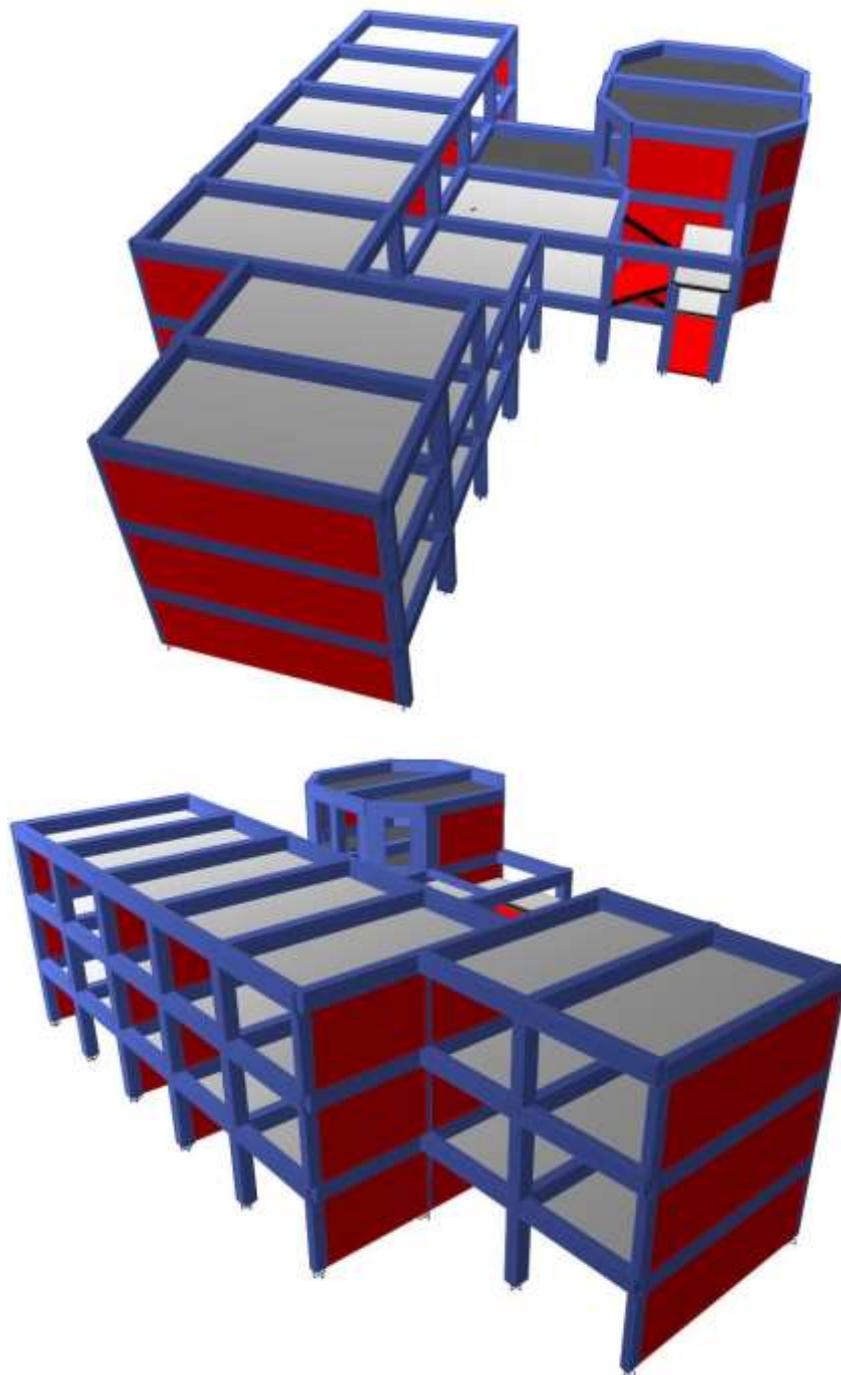
**Gráfico 2. Derivas de Entrepiso en Dirección XX y YY con 210Kg/cm<sup>2</sup> en M2**



*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

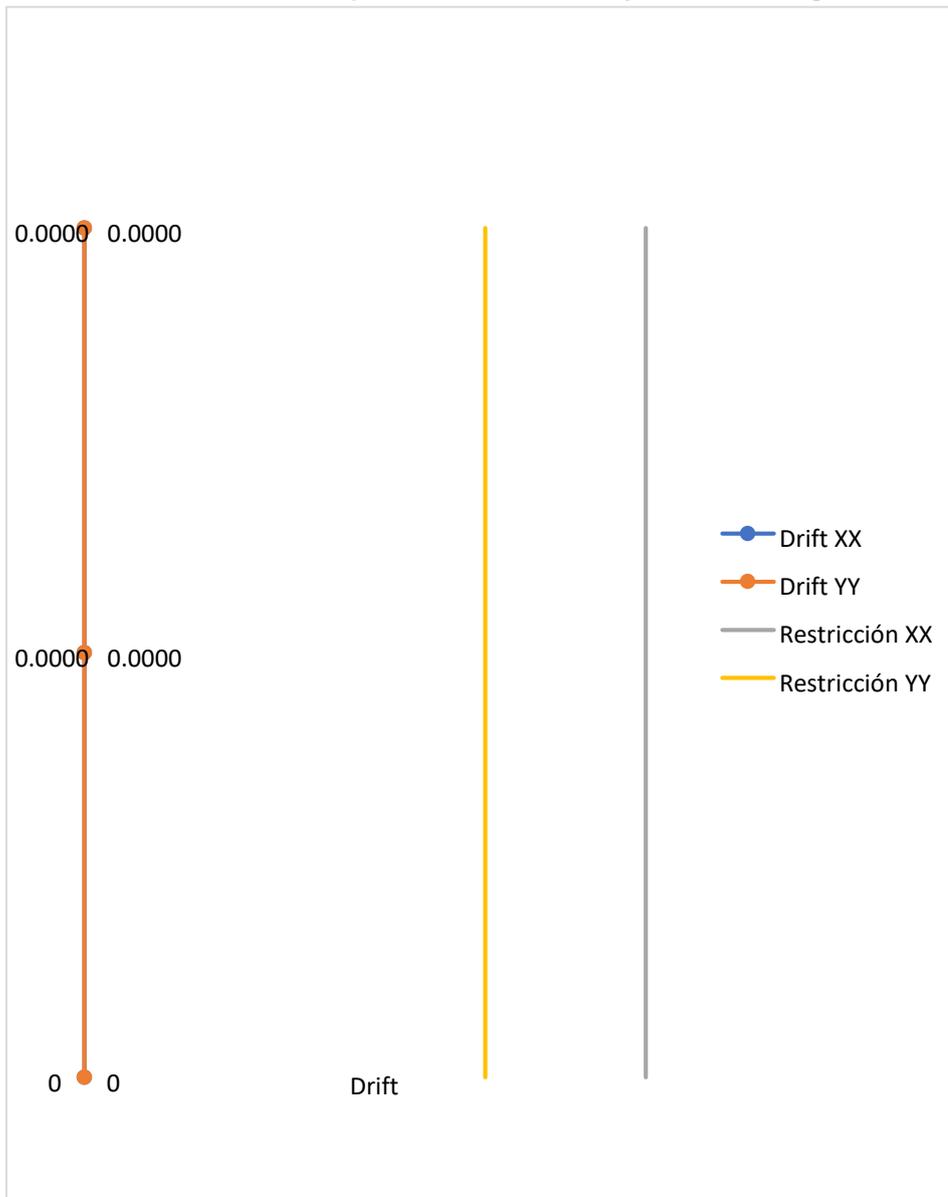
Interpretación de resultados: En la gráfico adjunto se presenta las derivas correspondientes para M2, en dirección XX y YY con sistema estructural a Pórticos de Concreto Armado y Albañilería Confinada correspondientemente, dando como resultados que en cualquiera de la dirección de Análisis, están sobrepasando la restricción de la Tabla N11 “Limites para la distorsión de Entrepiso”, (E030 2018), en donde el límite o restricción para sistemas estructurales basados en Concreto Armado es de 0.007 y para Albañilería es de 0.005

**Figura 2. Modelo Analítico del Módulo M2**



*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

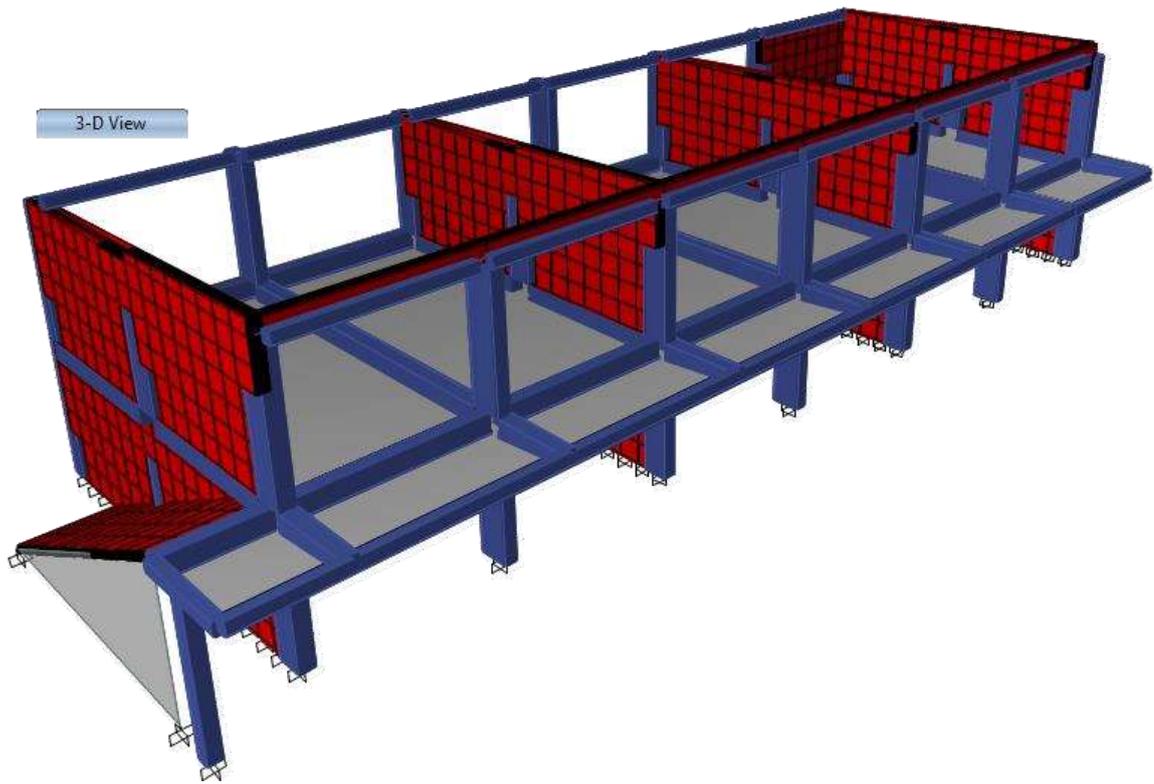
**Gráfico 3. Derivas de Entrepiso en Dirección XX y YY con 210Kg/cm<sup>2</sup> en M3**



*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

Interpretación de resultados: En el gráfico adjunto se presentan las derivas correspondientes para M2, en las direcciones XX y YY con sistema estructural a Pórticos de Concreto Armado y Albañilería Confinada correspondientemente, dando como resultados que en cualquiera de las direcciones de Análisis, están sobrepasando la restricción de la Tabla N11 "Límites para la distorsión de Entresuelo", (E030 2018), en donde el límite o restricción para sistemas estructurales basados en Concreto Armado es de 0.007 y para Albañilería es de 0.005.

**Figura 3. Modelo Analítico del Módulo M3**



*Fuente: Desarrollado por los Investigadores*

## V. DISCUSIÓN

La norma técnica E030 – 2018 “Diseño sismorresistente”, establece los criterios mínimos para el análisis de edificaciones; así mismo debería tener en cuenta el proceso de evaluación sísmica para edificaciones ya establecidas, y más aún cuando se trata de EDIFICACIONES ESENCIALES, existen metodologías externas, las cuales han tratado de acondicionar sus parámetros al Reglamento Nacional de Edificaciones, pero aun así están carecen de validez total; por ejemplo Fema 154 – Rapid Visual Screening, proviene de EE.UU. , sin embargo por su fácil aplicación se usa para determinar el grado de vulnerabilidad sísmica en nuestro país, sin embargo sus parámetros en la cual está basado esta metodología corresponden a las experiencias de su país; además el sistema de albañilería el cual se basan la mayoría de las edificaciones en Perú, no está contemplado en esta metodología, por ejemplo Castro (2019) , cuando le toco evaluar a los módulos de albañilería, prefirió no aplicar el método, sin embargo sin consideraba los demás sistemas estructurales, se pudo haber concluido que si requiere un estudio de vulnerabilidad más detallado, como también usar su criterio.

## VI. CONCLUSIONES

Primero, se logró estimar la resistencia  $F'c$  de EE, dando una resistencia promedio de 305.06 Kg/cm<sup>2</sup>, respecto al diseño de mezclas de 210 Kg/cm<sup>2</sup> (Especificación Plano) se tiene un 45.27% adicional, para un diseño de mezclas de 245 Kg/cm<sup>2</sup> se tiene un 25.51% adicional y para un diseño de mezclas de 280 Kg/cm<sup>2</sup> se tiene un 8.95% adicional. Así mismo estos valores pudieron ser influenciados por varios factores, tales como Calibración del Equipo, Características propias del Concreto, mala práctica, etc.

Segundo, se logró realizar el EMS, dando como resultados para el Ensayo de Contenido de Humedad, teniendo un valor promedio de 13.34%; Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado, el porcentaje de finos corresponde a 2.917%, el porcentaje de Arenas corresponde a 90.463% y finalmente el porcentaje de Gravas corresponde a 6.62%; Ensayo de Densidad Máxima y Mínima, teniendo un valor máximo de 1.52 Gr/cm<sup>3</sup> y un valor mínimo de 1.38 Gr/cm<sup>3</sup>; Ensayo de Gravedad Específica, teniendo un valor promedio de 2.673 Gr/cm<sup>3</sup> y para el Ensayo de Sales Solubles, teniendo un valor promedio de 1.062% .

Tercero, se logró Aplicar la Metodología Fema 154 – Rapid Visual Screening, dando como resultados que requiere una evaluación más detallada, dado que los valores obtenidos no sobrepasan el puntaje básico.

Cuarto, se logró determinar el Análisis Modal , estableciendo que los módulos analizados presentan problemas en su estructuración , patologías, Columna Corta e Irregularidades que incitan a un mal desempeño sísmico, así mismo sobrepasan las derivas máximas permitidas en la E030 – 2018 “Diseño Sismorresistente” (C.A.= 0.007 y Albañilería=0.005). En el desarrollo de este proceso de análisis, en la norma se encontraron que hay ciertas inconsistencias que lo hacen vulnerable, tales como el Art.14 “Concepción Estructural Sismorresistente”, Art. 3.3 “Categoría y Sistemas Estructurales”, Art. 3.7 “Restricciones a la Irregularidad”, Art. 5.2 “Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles” y así mismo en la norma en el Anexo I – Etapa 4 – Paso 15 “Restricciones a la Irregularidad”, que relata que de no cumplir con la normativa se tiene que REESTRUCTURAR.

## VII. RECOMENDACIONES

Primero, realizar Ensayos de Diamantina, para comprobar la resistencia de todos los elementos estructurales; tales como Columnas, Vigas, Placas, Zapatas, Muros de Contención

Segundo, Aplicar Método PUSHOVER (análisis Estático No Lineal), para revisar la capacidad máxima de la estructura y los mecanismos de falla.

Tercero, Se requiere una Ficha o Metodología de Evaluación más propia de los sistemas estructurales en Perú, para una evaluación rápida en Instituciones Educativas, que contemplen múltiples variables acorde a las Normas y sus parámetros.

## VIII. REFERENCIAS

Alonso J.L. (2012). Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones. Caracas: Sidetur, 2da Edición.

ASTORGA MENDIZÁBAL, María Ángela; AGUILAR VÉLEZ, Rafael. Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas. 2006. Recuperado de: <https://bit.ly/3EYImFg>

BAZÁN, Enrique; MELI, Roberto. Diseño sísmico de edificios. Limusa/Noriega Editores, 2002. Recuperado de: <https://bit.ly/3ycfxTa>

CASTRO HERRERA, Marco Antonio Edinho. Inspección sísmica visual rápida de los edificios de la Universidad de Piura por el método FEMA 154. 2019. Recuperado de: <https://bit.ly/3GVn8Zz>

CHACÓN ÁLVAREZ, Roberto; PAZ FUENTES, Israel Andersson. Análisis de desempeño sísmico de los edificios escolares típicos 780 post 97 de la costa peruana. 2016. Recuperado de: <https://bit.ly/3DX1kur>

Colegio de Ingenieros del Perú – CIP (2010), Infraestructura Escolar: Principales Problemas – Daños a la Infraestructura Escolar. Revista Técnica del Capítulo de Ingeniería Civil 47mo Edición. Recuperado de: <https://bit.ly/3s7PX0G>

Colegio de Ingenieros del Perú – CIP (2011), Modulo 780 Reforzado. Revista Técnica del Capítulo de Ingeniería Civil 47mo Edición. Recuperado de: <https://bit.ly/3dUUoDH>

CÓRDOVA ROJAS, C. Seminario De Promoción De La Normatividad Para El Diseño Y Construcción De Edificaciones Seguras. Norma Técnica E030, 2014, vol. 47.

FEMA, P. 154: Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook.(2015). Federal management agency and American society of civil engineers. Recuperado de: <https://bit.ly/3EYRaei>

GAMEROS MONCADA, Santiago Jesús. Análisis comparativo de tres tipos de refuerzo estructural para pabellones de aulas de locales escolares de dos pisos y tres aulas por piso. 2015. Recuperado de: <https://bit.ly/3DWpB3K>

HIDALGO ZULOAGA, Eugenio Jesús; SILVESTRE GÓMEZ, Richard Jesús. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa No 20475–Los Pelones, del distrito y provincia de Barranca del departamento de Lima. 2019. Recuperado de: <https://bit.ly/31rZbJL>

HUERTA AUCASIME, Yannet Marcela; URIBE MATHEWS, Christian Martín. Desempeño sísmico de un tipo de edificio educativo peruano diseñado antes de 1997. 2011.. Recuperado de: <https://bit.ly/3yrX9FM>

Instituto de la Construcción y Gerencia. Manual de la construcción “Evaluación del concreto por el esclerómetro”. 2019. 97pp. Disponible también en: [www.construccion.org](http://www.construccion.org)

Irala, C. (2020), Experiencias del Reforzamiento de Estructuras de Centros Educativos en el Perú. [2do curso Alemania-México-Perú], CISMID-FIC-UNI, Recuperado de: <https://bit.ly/3s6yG7P>

LLANOS VELIZ, Paul Alfonso; MORA CASTAÑEDA, Luis Salvador. Análisis de propuestas de reforzamiento estructural para módulo educativo tipo Apenkai en la I.E “3048–Santiago Antúnez de Mayolo” en Independencia. Recuperado de: <https://bit.ly/3dSebDS>

LÓPEZ, Óscar Andrés. Guía para la evaluación de edificaciones existentes con fines de adecuación sísmica. 2014. Recuperado de: <https://bit.ly/3ISNGvY>

MACHACA VILCA, Jhon Deyvis. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento en la Institución Educativa 70558 José Joaquín Inclán–San Isidro/Juliaca, 2020. 2020. Recuperado de: <https://bit.ly/3om7fol>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006. Norma Técnica E.020 “Cargas”, Lima, Perú. Recuperado de: <https://bit.ly/3ErFlgv>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006. Norma Técnica E.070 “Albañilería”, Lima, Perú. Recuperado de: <https://bit.ly/3oVAvCB>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018. Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, Lima, Perú. Recuperado de: <https://bit.ly/3oUF14o>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018. Norma Técnica E.050 “Suelos y Cimentaciones”, Lima, Perú. Recuperado de: <https://bit.ly/3m6ntQO>

MUNDIAL, Banco. Estrategia de Reducción del Riesgo Sísmico de Edificaciones Escolares Públicas del Perú. 2017. Recuperado de: <https://bit.ly/3EtW9mP>

ORTIZ TOLENTINO, Koqui Isidoro. Análisis de la respuesta sísmica de 3 instituciones educativas diseñadas con la Norma E. 030-2006 en contraste con la Norma E. 030-2016. 2017. Recuperado de: <https://bit.ly/3ITY1b2>

PEÑA RODRIGUEZ, Marco Antonio; ZEÑA COICO, Marco Antonio. Análisis sísmico usando Etabs para evaluar la efectividad del comportamiento sismorresistente de la infraestructura educativa de la IE Rosa Flores de Oliva-Chiclayo-provincia de Chiclayo-Lambayeque. 2017. Recuperado de: <https://bit.ly/3m1hugn>

PRONIED (2020), Requerimientos técnicos mínimos de un Estudio de Mecánica de Suelos [Manual]. Recuperado de: <https://bit.ly/31Oopmi>

PUCUHUAYLA CARLOS, Oscar Enrique. Evaluación de vulnerabilidad sísmica de la institución educativa santa rosa n° 5092, utilizando el Etabs en el AA. HH. Bocanegra-Callao 2018. 2018. Recuperado de: <https://bit.ly/3smLmrF>

QUIROZ ROJAS, Edward Alberto. Vulnerabilidad sísmica de una edificación escolar típica módulo 780 Pre NDSR-1997 mediante modelos no lineales. 2017. Recuperado de: <https://bit.ly/3GOy4bl>

SAFINA MELONE, Salvador. Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Universitat Politècnica de Catalunya, 2003. Recuperado de: <https://bit.ly/325XaDd>

SAN BARTOLOMÉ, Ángel. Análisis de edificios. Pontificia Universidad Católica del Perú Fondo Editorial, 1998. Recuperado de: <https://bit.ly/3pX8qdv>

Muñoz, A. , 2020. Comentarios a la Norma Peruana E.030 Diseño Sismorresistente , Lima, Perú. Recuperado de: <https://bit.ly/3EWJ8CF>

SILVA , W. (2012), Seguras: Criterios Técnicos para la Construcción de Edificaciones Sismorresistentes. [Seminario de Promoción de la Normatividad para el Diseño y Construcción de Edificaciones Seguras].

TAVERA, Hernando, et al. Re-Evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú. 2014. Recuperado de: <https://bit.ly/322KHjZ>

TAVERA, Hernando. Actualización del escenario por sismo, tsunami y exposición en la región central del Perú. 2017. Recuperado de: <https://bit.ly/3dQCPEy>

VERA BARRETO, Felix Jordan. Proyecto Estructural con Módulos 780 Reforzado para la IE Villa María, Nuevo Chimbote–2018. 2018. Recuperado de: <https://bit.ly/30rlbnU>

ZAMBRANO ROJAS, Katherine Liseth. comparación de los ensayos de diamantina y esclerometría de la pavimentación de los jirones japon, portugal y brasil-cajamarca. 2017. Recuperado de: <https://bit.ly/3q3VKBF>

ANEXOS

Investigación: “Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora”

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Escala de Medición
Vulnerabilidad Sísmica	Se define como el límite en el que se sobrepasa el grado de reserva o el nivel de capacidad de respuesta previsto disponible ante una amenaza sísmica conocida. (Alonso, 2012)	Se identifica las propiedades mecánicas de la estructura y del Terreno, posteriormente se realiza la Pre-Evaluación en Base a Juicio de Expertos y Finalmente (si lo amerita), con la Norma Sismorresistente (E030), se hace un análisis más exhaustivo.	Ensayo de Esclerometría	Estimación F'c EE	Kg/cm <sup>2</sup>	Razón
			Estudio de Mecánica de Suelos	Contenido de Humedad	%	Razón
				Análisis Granulométrico	%	Razón
				Ensayo de Densidad Máxima Y Mínima	Gr/cm <sup>3</sup>	Razón
				Gravedad Especifica	%	Razón
			Fema 154 - Rapid Visual Screening	Contenido de Sales Solubles	%	Razón
				Tipo de Edificación	Glb.	Nominal
Irregularidad (Planta / Vertical)	Glb.	Nominal				
Análisis Modal	Criterio Sísmico	Glb.	Nominal			
	Tipo de Suelo	Glb.	Nominal			
	Comentarios	Glb.	Nominal			
	Derivas de Entrepiso (Drift)	Glb.	Razón			

Fuente: Ejecutado por los Investigadores

	Formulación de Problema	Objetivos	Hipótesis
General	Como realizar la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora	Determinar Grado de Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora	El grado de Vulnerabilidad Sísmica se determina por procesos cuantitativos y cualitativos, de las cuales cada una posee parámetros y factores que miden su efectividad
Especifico 1	¿Sera posible emplear el ensayo de esclerometría para estimar la resistencia del Concreto de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora?	Estimar la Resistencia Superficial del Concreto Endurecido por Ensayo de Esclerometría de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora	El Ensayo de Esclerometría es una metodología de orden No Destructivo, empleados por su facilidad de ejecución y su economía, en el control de los E.E. de C.A. de todo un proyecto.
Especifico 2	¿Sera posible establecer el Perfil de Suelo con el EMS de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora?	Establecer el Perfil del Suelo con EMS de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora	El Estudio de Mecánica de Suelos, permite determinar las propiedades físicas y mecánicas de un material, desarrollado por varios ensayos en laboratorio con su respectiva norma.

Específico 3	<p>¿Será posible utilizar la Metodología Fema 154 - Rapid Visual Screening en de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora?</p>	<p>Realizar Diagnostico Preliminar con Metodología Fema 154 - Rapid Visual Screening de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora</p>	<p>La Ficha Fema 154, se emplea para correlacionar las probabilidades de colapso de una edificación respecto al puntaje de los criterios tales como Sistema Estructural, Factores de Irregularidad en Planta como en Altura, Criterio Sísmico y el suelo en la cual se encuentra proyectado.</p>
Específico 4	<p>¿Como determinar las derivas de Entrepiso con el Análisis Modal Espectral de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora?</p>	<p>Verificar Derivas de Entrepiso con Análisis Dinámico Modal Espectral de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora</p>	<p>La Norma Técnica Peruana E030 - 2018 "Diseño Sismorresistente", establece los procedimientos para el análisis de una edificación, así mismo se tienen que cumplir con todos los criterios básicos establecidos en ella.</p>

*Fuente: Ejecutado por los Investigadores*

**Figura 4. Herramientas para el Ensayo de Esclerometría**



Figura 5. Estadística Estudiantil de la I.E. JBG N80818 - Primaria



### ESTADÍSTICA

Las celdas en blanco indican que la institución educativa no reportó datos o no cumplió el año respectivo.

#### Matriculación por grado y sexo, 2020

#### Matriculación por periodo según grado, 2004-2020

#### Docentes, 2004-2020

#### Secciones por periodo según grado, 2004-2020

#### Cantidad promedio de Alumnos por Sección, 2020

Fuente: Obtenido de ESCALE

Figura 6. Estadística Estudiantil de la I.E. JBG N80818 - Primaria



2020

80818 JORGE BASADRE GROHMANN

FICHA DE DATOS

80818 JORGE BASADRE GROHMANN			
Código modular	0545459	Dirección	Jiron 12 De Noviembre 1792-1796
Anexo	0	Localidad	FLORENCIA DE MORA
Código de local	253219	Centro Poblado	FLORENCIA DE MORA
Nivel/Modalidad	Secundaria	Área geográfica	Urbana
Forma	Escolarizado	Distrito	Florencia de Mora
Género	Mido	Provincia	Trujillo
Tipo de Gestión	Pública de gestión directa	Departamento	La Libertad
Gestión / Dependencia	Sector Educación	Código de DRE o UGEL que supervisa el S.E.	130015
Director(a)	Castro Lujan Freddy Neptali	Nombre de la DRE o UGEL que supervisa el S.E.	UGEL 02 - La Esperanza
Teléfono	425411	Característica (Censo Educativo 2020)	No Aplica
Correo electrónico	basadre@hotmail.com	Latitud	-8.0778
Página web		Longitud	-79.01988
Turno	Continuo mañana y tarde		
Tipo de programa	No aplica		
Estado	Activo		



Fuentes de información  
Padrón de Instituciones Educativas, Censo Educativo 2020, Carta Educativa del Ministerio de Educación- Unidad de Estadística Educativa y cartografía de Google Maps.

### ESTADÍSTICA

Las celdas en blanco indican que la institución educativa no reportó datos o no funcionó el año respectivo.

#### Matrícula por grado y sexo, 2020

#### Matrícula por periodo según grado, 2004-2020

#### Docentes, 2004-2020

#### Secciones por periodo según grado, 2004-2020

#### Cantidad promedio de Alumnos por Sección, 2020

Fuente: Obtenido de ESCALE



## CARTA DE PRESENTACIÓN

Magister (Ing):.....

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarse con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa académico de Ingeniería Civil de la UCV, en la sede Trujillo, validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi proyecto investigación y con la cual optare el grado de Ingeniero Civil.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted especializado al tema, ante su connotada experiencia en temas y/o investigación.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi cordial respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,

Br. Arana Quispe, Ángel Eduardo  
Br. Ríos Sierra, Christian Alex

(Orcid.org/0000-0001-7595-3488)  
(Orcid.org/0000-0003-1023-9034)

\_\_\_\_\_  
Firma

Apellidos y nombre:

DNI:

Alan V. Vasquez Velasco  
Ing. Civil  
N. 510 94233

Ricardo Macrao  
INGENIERO CIVIL  
CP. 25761P

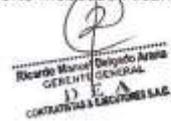
Ricardo Macrao Delgado Arana  
GERENTE GENERAL  
D. E. A.  
CONSTRUCCIONES & SERVICIOS S.A.S.

INFORMACIÓN POR INMUEBLE			
<b>CARACTERÍSTICA DE LA EDIFICACIÓN</b>			
Tipo de Inmueble:	Área Piso Típico:	Construcción Completa:	
N° Plantas sobre nivel:	Área Total:	Edificación Aislada:	
N° Sotanos:	Dimensiones Generales:		
N° Núcleo Escalera:	X: Frente=	Alt. 1er Nivel=	Alt. Total =
N° Núcleo Ascensor:	Y: Fondo=	Alt. Entrepisos =	Junta Sísmica =
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>			
<b>CONCRETO ARMADO</b>		<b>ALBAÑERÍA</b>	
<input type="checkbox"/> Porticos de C.A	<input type="checkbox"/> Simple	<input type="checkbox"/> Porticos Ductiles	<input type="checkbox"/> Marco de Madera
<input type="checkbox"/> Muros Estructurales	<input type="checkbox"/> Confinada	<input type="checkbox"/> Arriostrados Excéntricos	<input type="checkbox"/> Muros de Madera
<input type="checkbox"/> Sistema Dual	<input type="checkbox"/> Armada	<input type="checkbox"/> Arriostrados en Cruz	<input type="checkbox"/> Quincha
<input type="checkbox"/> Muros de Ductilidad Limitada	<input type="checkbox"/> Adobe		<input type="checkbox"/> Drywall
<b>MATERIALES (empleados en la edificación)</b>			
<b>CONCRETO ARMADO</b>		<b>ALBAÑERÍA</b>	
<input type="checkbox"/> Cemento	<input type="checkbox"/> Arcilla Artesanal	<input type="checkbox"/> Perfiles de Acero	<input type="checkbox"/> Madera
<input type="checkbox"/> Concreto Simple	<input type="checkbox"/> Arcilla Industrial	<input type="checkbox"/> Sección Llena	<input type="checkbox"/> Triplay
<input type="checkbox"/> Concreto Armado (In situ)	<input type="checkbox"/> Bloque de Concreto	<input type="checkbox"/> Tubular	<input type="checkbox"/> Quincha
<input type="checkbox"/> Concreto Armado (Premezclado)	<input type="checkbox"/> Silicio Calcareo	<input type="checkbox"/> Soldadura	<input type="checkbox"/> Clavos
<input type="checkbox"/> Prefabricado	<input type="checkbox"/> Adobe	<input type="checkbox"/> Pernos	<input type="checkbox"/> Pernos
<b>USO</b> <small>(Anotar % de área para cada uso, debe sumar 100%)</small>			
<b>Educacional</b>	<b>Ocupación</b>	<b>Categoría de la Edificación</b>	
<input type="checkbox"/> Inicial	<input type="checkbox"/> Habitada / en Uso	<input type="checkbox"/> A Edificaciones Especiales	
<input type="checkbox"/> Primaria	<input type="checkbox"/> Abandonado / Desocupada	<input type="checkbox"/> B Edificaciones Imperiantes	
<input type="checkbox"/> Secundaria	<input type="checkbox"/> Desocupada por defecto	<input type="checkbox"/> C Edificaciones Comunes	
<input type="checkbox"/> Biblioteca	<input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> D Edificaciones Menores	
<input type="checkbox"/> Laboratorio			
<b>TERRENO Y CIMENTACIÓN</b>			
<b>Topografía</b>	<b>Nivel Mapa Real:</b>	<b>Tipo Suelo</b>	<b>Cimentación</b>
<input type="checkbox"/> Plano	Pendiente Terreno:	<input type="checkbox"/> Lino	<input type="checkbox"/> Cimiento Corrido
<input type="checkbox"/> Ladera de cerro	Distancia a río/lago/mar:	<input type="checkbox"/> Arcilla	<input type="checkbox"/> Zapata Aislada
<input type="checkbox"/> Rivera río	Otro:	<input type="checkbox"/> Arena	<input type="checkbox"/> Zapata Conectada
<input type="checkbox"/> Fondo Valle		<input type="checkbox"/> Granular	<input type="checkbox"/> Platos Cimentación
<input type="checkbox"/> Depósito		<input type="checkbox"/> Roca	<input type="checkbox"/> Pilotes
<b>VULNERABILIDAD EN ESTRUCTURAS</b>			
Posición de la Edificación: <input type="checkbox"/> En Esquina <input type="checkbox"/> Entre Edificaciones <input type="checkbox"/> Aislada			
<b>IRREGULARIDAD EN PLANTA</b>		<b>IRREGULARIDAD EN ELEVADOR</b>	
<input type="checkbox"/> Asimetría	<input type="checkbox"/> En Rigidez:	<input type="checkbox"/> Porticos y Muros que no llegan a la Cimentación:	
<input type="checkbox"/> Abertura en planta > 50%	<input type="checkbox"/> En Masa	<input type="checkbox"/> Columnas Cortes	
<input type="checkbox"/> Espinas entantes > 20%	<input type="checkbox"/> Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> Apoyos en Diferentes Niveles	
<b>OTROS PUNTOS DE VULNERABILIDAD</b>		<b>TERRENO VECINO CRÍTICO</b>	
<input type="checkbox"/> Conexión excéntrica Viga-Columna	N° De Pisos:	<input type="checkbox"/> Sistema Aporticado	<input type="checkbox"/> Sin Daño
<input type="checkbox"/> Módulo Invertido	Junta Sísmica:	<input type="checkbox"/> Sistema Albañilería	<input type="checkbox"/> Daño Medio
<input type="checkbox"/> Columna Débil - Viga Fuerte	<input type="checkbox"/> En Uso:	<input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Daño Severo
<input type="checkbox"/> Elemento Resistente más del 35% del Sismo		<input type="checkbox"/> Pisos a Diferentes Alturas	

Fuente: Modificado de Ficha de Evaluación Estructural - Msc. Ing. Edison Alberto Moscoso Alcántara

  
 Dra. Y. Paúlides Ordoñez  
 Ing. Civil  
 R. 100 9073

  
 M. Sc. Edison Alberto Moscoso Alcántara  
 CR. 251017

  
 Ricardo Manó Delgado Arana  
 GERENTE GENERAL  
 D. E. A.  
 CONTRATOS Y EMPRESAS S.A.S.



Fuente: Modificado de Ficha de Eyaluación Estructural - Msc. Ing. Edisson Alberto Moscoso Alcántara

  
Alan V. Hernández Velasco  
ING. CIVIL  
R. 119-90723

  
Ricardo Manuel Delgado Arana  
ING. CIVIL  
CP. 257417

  
Ricardo Manuel Delgado Arana  
GERENTE GENERAL  
D E A  
CONSTRUCIONES Y SERVICIOS S.A.S.



Estructuración												Papel Fotográfico:							
<p>Opinión de aplicabilidad: Aplicable <input checked="" type="checkbox"/> Aplicable después de corregir <input type="checkbox"/> No aplicable <input type="checkbox"/></p> <p>Apellidos y nombres del juez validador: .....</p> <p>DNI: .....</p> <p>Especialidad del Validador: .....</p> <p style="text-align: center;">.....de .....del 20 .....</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">Firma del Experto</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   <small>Luis V. Vardato Verbe Ing. Civil R. CIP-14733</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>RICARDO MARÍN PARRA INGENIERO CIVIL CIP. 257417</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>RICARDO MARÍN DELGADO ARANA GERENTE GENERAL D E A CONSTRUCIONES E INGENIERIA S.A.S.</small> </div> </div>																			
Ocupación						Tipo de suelo						Fallas no estructurales							
Asamblea		Gubernamental		Oficinas		A		B		C		D		E		F		Revestimiento	
Comercial		Histórica		Residencial		Roca dura		promed in		may denso		Suelo rígido		Suelo blando		Suelo pobre		Parapeto	
Servicios de emergencia		Industrial		Educativos														Otros	
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																			
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM				
Base score	4.00	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80				
Medio altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A				
Gran altura (Más de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A				
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00				
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50				
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20				
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A				
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40				
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60				
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80				
Puntaje Final																			
Comentarios:															Evaluación detallada				
															Si? No?				
C1: Edificios de Concreto Reforzado con Muros de Alb. No Reforzada						RM1: Edificios de Albañilería Reforzada con Diafragma Flexible													
C2: Edificios con Muros de Corte de Concreto						RM2: Edificios de Albañilería Reforzada con Diafragma Rígido													
C3: Edificios de Concreto Reforzado con Muros de Albañilería						URM: Edificios con Muros de Albañilería No Reforzada													

Fuente: Fema 154



# MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE FLORENCIA DE MORA

ESTUDIO DE OPORTUNIDAD

“MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA I.E. Nº 808 I & JORGE BASADRE GROHMANN, DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA, PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD LA LIBERTAD”



Diciembre del 2015



Proyecto y Construcción de Obras Civiles  
Laboratorio de Control  
de Ingeniería de Suelos y Pavimentos

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

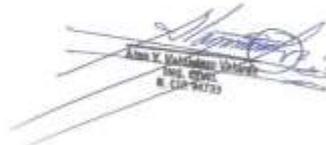




Figura 7. Estudio de Mecánica de Suelos

# MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA

“MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA I.E.  
Nº 808 I 8 JORGE BASADRE GROHMANN, DISTRITO DE  
FLORENCIA DE MORA, PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD  
LA LIBERTAD”

ESTUDIO GEOTECNICO



Diciembre del 2015



Proyecto y Construcción de Obras Civiles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos



*Proyecto y Construcción de Obras Cíviles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

## ESTUDIO DE CAPACIDAD ADMISIBLE

SOLICITADO : MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E.  
808 I & "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE  
FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"

LUGAR :

Distrito : Florencia de Mora

Provincia : Trujillo.

Departamento : La Libertad.

DICIEMBRE DEL 2015

Página 2 de 44



## **I. RESUMEN**

### **I.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **II. INFORME TECNICO**

### **II.1 GENERALIDADES**

- II.1.1 Objetivo del Estudio
- II.1.2 Ubicación y Descripción del Área en estudio
- II.1.3 Acceso al Área en Estudio
- II.1.4 Clima

### **II.2 GEOLOGIA Y SISMICIDAD**

- II.2.1 Geología
- II.2.2 Sismicidad

### **II.3 TRABAJOS DE CAMPO**

### **II.4 ENSAYOS DE LABORATORIO**

### **II.5 TRABAJOS DE GABINETE**

- II.5.1 Perfil Estratigráfico
- II.5.2 Conformación del Subsuelo

### **II.6 ANALISIS DE LA CIMENTACION**

- II.6.1 Profundidad de la Cimentación
- II.6.2 Tipo de Cimentación
- II.6.3 Cálculo de la Capacidad Portante Admisible
- II.6.4 Cálculo de Asentamientos

### **II.7 AGRESION AL SUELO DE CIMENTACION**

### **II.8 REFERENCIAS**



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

### **III. ANEXOS**

III.1. PLANO DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA

III.2. PERFIL ESTRATIGRAFICO

III.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

- III.3.1 CONTENIDO DE HUMEDAD
- III.3.2 ANALISIS GRANULOMETRICO
- III.3.3 ENSAYO DE DENSIDAD MAXIMAS Y MINIMAS
- III.3.4 PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS
- III.3.5 LIMITES DE ATTERBERG
- III.3.6 ENSAYO DE SALES SOLUBLES

III.4. FOTOGRAFIAS

**ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION DEL PROYECTO  
"MEJORAMIENTO INTEGRAL DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E. N° 1705 CORAZON  
DE JESUS, DE LA LOCALIDAD DE LAREDO, DEL DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE  
TRUJILLO – LA LIBERTAD"**

**I. RESUMEN**

**I.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. El Proyecto denominado **"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"**, se encuentra ubicado en el Distrito de Florencia de Mora, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad.
2. El Sub suelo está conformado de la siguiente manera:
  - 0.00 - 3.00 m. sigue una secuencia de arenas pobremente graduadas (SP), de color beige a marrón oscuro, de compacidad suelta a media ( $D_r=50.00\%$ ,  $N=8$  a  $N=24$ ) de poca plasticidad y humedad. No se nota la presencia del Nivel de Aguas Freáticas (NAF) a la profundidad explorada.
3. En base a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y características de las estructuras, se recomienda cimentar en el material conformado por Arena Pobremente Graduada (SP), de poca humedad de estado de compacidad suelta a media a una profundidad de cimentación mínima  $D_f = 1.60$  m. para Cimientos Corridos y  $D_f = 1.70$  m. para Cimientos Cuadrados con respecto a la superficie actual del terreno, apoyándose siempre en el terreno natural.
4. Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas, se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como Cimentación Corrida Armada y Zapatas conectadas con Vigas de Cimentación en ambas direcciones.
5. La Capacidad Portante Admisible del terreno a las profundidades de cimentación mínima indicadas es de  $0.966$  kg/cm<sup>2</sup> para Cimientos Corrido, y  $1.117$  kg/cm<sup>2</sup> para Cimientos Cuadrados.
6. El Asentamiento Total es de aproximadamente  $1.875$  cm, que es menor de  $1"$ ( $2.54$  cm) recomendado para este tipo de estructuras, por lo tanto no se presentaran problemas por asentamiento.

7. De acuerdo con la nueva Norma Técnica de Edificación E-030 Diseño Sismoresistente y el predominio del suelo de la cimentación, se recomienda adoptar en los análisis sismo-resistente de las edificaciones, los siguientes parámetros

Factor de zona:  $Z = 0.45$

Factor de amplificación del suelo:  $S = 1.10$

Periodo que define la Plataforma del espectro :  $T_p = 1,0^*$

8. El subsuelo de actividad de cimentación no está sujeta a socavaciones ni deslizamientos, así como no se ha encontrado evidencias de hundimiento ni levantamientos en el terreno. Así mismo la geodinámica externa en el área de estudio no presenta en la actualidad riesgo alguno como posibles aluviones, huaycos, deslizamientos de masas de tierra, inundaciones, etc.

9. En la zona del Proyecto no se puede notar la presencia del Nivel de Aguas Freáticas a la profundidad de 3.00 m. En dicha zona se presenta una geología variada. Para el caso que se note la presencia del N.A.F. se recomienda Diseñar un Sistema de Drenaje Superficial para poder evacuar el agua de filtración y evitar que esta agua vaya hacia las cimentaciones de las edificaciones y puedan causar daños posteriores. También este drenaje superficial permitirá facilitar el proceso constructivo de las cimentaciones y posteriormente controlar el ingreso de agua subterránea una vez construida las estructuras.

10. En el Perfil Estratigráfico del suelo, se nota la presencia de material de relleno en estado suelto conformado por material orgánico y basura, sugerimos eliminar dicho material y reemplazarlo por un material más estable que puede ser Afirmado Compactado en capas de 20 cm.

11. Para la zona de estudio se puede notar los siguientes Parámetros Dinámicos del suelo de cimentación:

Módulo de Poisson ( $\mu$ )	= 0.25
Módulo de Elasticidad (E)	= 220.00 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Poisson (G)	= 88.00 kg/cm <sup>2</sup>

12. Los Ensayos de Análisis Químico indican lo siguiente:



*Proyecto y Construcción de Obras Cíviles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

La presencia de sales solubles totales es de 11400.00 p.p.m menor que 15000 p.p.m., indica que no ocasionará problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación. (Lavado de sales).

Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderados de sulfatos, sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación. Por lo tanto se recomienda el recubrimiento de las varillas de acero será mayor que el comúnmente utilizado y el cemento a usar será el Tipo MS.

**NOTA:**

Las Conclusiones y Recomendaciones establecidas en el presente Informe Técnico son solo aplicables para el área estudiada. De ninguna manera se puede aplicar a otros sectores a otros fines.



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

## II. INFORME TECNICO



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

## **II.1 GENERALIDADES**

### **II.1.1 Objetivo del Estudio**

El Presente Estudio tiene por objeto describir los Trabajos de Campo, Laboratorio y Gabinete, llevados a cabo en un terreno ubicado en el Distrito de Florencia de Mora de la Provincia de Trujillo, del Departamento de La Libertad, para determinar las características físico - mecánicas del suelo dentro de la profundidad activa y a partir de ellas, los parámetros necesarios para el Diseño y Construcción del proyecto denominado **"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"** que la MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA, tiene previsto realizar.

Dichos parámetros son: Profundidad y Tipo de Cimentación, Capacidad Portante Admisible del terreno adoptado como suelo de cimentación, Pautas generales de Diseño y Construcción en relación con los suelos.

### **II.1.2 Ubicación y Descripción del Área en Estudio**

El proyecto denominado **"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"** se encuentra ubicado en el Distrito de Florencia de Mora, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad.

El área del terreno es de forma regular, de superficie moderadamente plana en el interior del terreno.

### **II.1.3 Acceso al Área en Estudio**

El Distrito de Florencia de Mora, Provincia de Trujillo, lugar donde se encuentra el Proyecto **"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"**, se localiza a 20 minutos de recorrido en automóvil desde el centro de la Ciudad de Trujillo hasta llegar a la zona destinada para la construcción de la I.E N° 80818.

### **II.1.4 Clima**

Durante el Invierno, que se presenta en los meses de Mayo a Setiembre la temperatura promedio mínima alcanza los 15° C y en el Verano que se presenta en los meses de Diciembre a Marzo la temperatura máxima puede alcanzar los 32° C. Deberán tomarse las previsiones en caso, de que pueda presentarse nuevamente situaciones desfavorables del clima, originado por la presencia de otro fenómeno del Niño.

La temperatura máxima puede alcanzar los 35° C y podrían presentarse precipitaciones pluviales de gran magnitud, pudiendo generar problemas a la infraestructura por construir.

## II.2 GEOLOGIA Y SISMICIDAD

### II.2.1 Geología

El proyecto denominado "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD" está ubicada en el Distrito de Florencia de Mora, de la Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad. De acuerdo al Mapa Geológico, se identificó en el área de Estudio un grupo litológico principal constituido por un depósito de sedimentos de tipo aluvial cuya edad geológica pertenece al cuaternario reciente (Q-al).

En el Área en estudio no se determinó la presencia del Nivel de Aguas Freáticas a la profundidad explorada de 3.00 m. Asimismo no se determinó la presencia de estructuras geológicas importantes, como fallas, discordancias, grietas pronunciadas, etc.

La Geodinámica externa en el área de estudio no presenta en la actualidad riesgo alguno como posibles aluviones, huaycos, deslizamientos de masas de tierra, inundaciones, etc.

La Litología del suelo fue caracterizado por un suelo del tipo transportado, identificándose en la superficie material de rellenos, luego arenas pobremente graduadas.

### II.2.2 Sismicidad

De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E- 030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por el Dr. Ing. Jorge Alva Hurtado (1984), el cual se basa en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de Alta Sismicidad (Zona 4), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades tan considerables como VIII a IX en la escala Mercalli Modificada.

De acuerdo con la nueva Norma Técnica NTE E - 30 y el predominio del suelo bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, los siguientes parámetros:

Factor de Zona	: Z = 0.45
Factor de Amplificación del suelo	: S = 1.10

Periodo que define la plataforma del espectro :  $T_p = 1.10 "$ .

### **II.3 TRABAJOS DE CAMPO**

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico del área de estudio, se realizaron exploraciones del suelo mediante la excavación de calicatas y muestreo del suelo.

#### **Calicatas**

Se excavó tres calicatas o pozos de exploración a cielo abierto, asignándole como C-1, C-2 y C-3 las cuales fueron convenientemente ubicadas en la zona a edificarse. Los respectivos registros de la Estratigrafía se presentan en el Capítulo correspondiente de ANEXOS .

#### **Muestreo**

De cada uno de los horizontes representativos de suelos se extrajeron muestras alteradas que debidamente identificadas se remitieron al laboratorio para los ensayos correspondientes para la identificación y clasificación de suelos. Asimismo se realizó el Ensayo de Densidad Natural en la Calicata C-1 a una profundidad de 2.00 m. debajo del nivel del terreno natural.

### **II.4 ENSAYOS DE LABORATORIO**

#### **ENSAYOS ESTANDAR:**

Con las muestras de suelos tomadas en el campo se han efectuado los siguientes ensayos, con fines de identificación y clasificación de suelos:

- Análisis Granulométricos por Tamizado (Norma ASTM D422)
- Límite Líquido (Norma ASTM D423)
- Límite Plástico (Norma ASTM D424)
- Contenido de Humedad (ASTM-D2216)
- Peso Específico Relativo de Sólidos (ASTM D854)

#### **ENSAYOS ESPECIALES:**

- Densidades Máximas y Mínimas secas
- Sales Solubles Totales (Ex Itintec)

### **II.5 TRABAJOS DE GABINETE**

#### **II.5.1 Perfil Estratigráfico**

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio, se han establecido un perfil estratigráfico de acuerdo a las Calicata C-1.

#### **II.5.2 Conformación del Subsuelo:**

0.00 - 3.00 m. una secuencia de arenas pobremente graduadas (SP), de color beige a marrón oscuro, de compactación suelta a media ( $D_r=50.00\%$ ,  $N=6$  a  $N=20$ ) de poca plasticidad y humedad. No se nota el NAF a la profundidad explorada

### **II.6 ANALISIS DE LA CIMENTACION**

#### **II.6.1 Profundidad de la Cimentación**

Basado en los Trabajos de Campo, Ensayos de Laboratorio, Perfiles y Registros Estratigráficos, característica de la estructura, se recomienda cimentar en el material conformado por Arena Pobremente Graduada (SP) de estado de compactación media a una profundidad de cimentación mínima de:  $D_f = 1.00$  m. para Cimientos Corridos y  $D_f = 1.50$  m. para Cimientos Cuadrados y Cimientos Rectangulares, con respecto a la superficie actual del terreno.

#### **II.6.2 Tipo de Cimentación**

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas se recomienda utilizar una Cimentación Superficial, tal como Cimentación Corrida, Cimentación Cuadrada y Cimentación Rectangular.

#### **II.6.3 Cálculo de la Capacidad Portante Admisible**

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la Cimentación.

La Capacidad de Carga se ha determinado en base a la Fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971).

#### **Cálculo de la Densidad Relativa ( $D_r$ )**

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio de densidades máximas y mínimas y a partir del ensayo de campo de densidad natural, obtenido de la Arena pobremente Graduada (SP) en la calicata C-1, se determinó una densidad relativa de  $52.41\%$  a una profundidad de  $2.00$  m., lo cual indica que

este material se encuentra en un estado de compactación medio.

Por Meryehot :  $\phi = 25^\circ + 0.15 \cdot Dr$ , luego se tiene  $\phi = 32.86^\circ$

Debido al estado de compactación media del suelo de cimentación, se ha considerado la reducción del coeficiente del ángulo de fricción, para considerar el efecto de una posible falla local

$$\phi = \text{Arctg} (2/3 \text{tg}(33^\circ))$$

$$\phi = 21.91^\circ$$

Luego trabajaremos con  $C = 0.0 \text{ kg/cm}^2$  y  $\phi = 21^\circ$ .

Segun Terzaghi y Peck:

. Cimientos Corridos

$$q_{ul} = sc \cdot C \cdot N_c + 1/2 \cdot s_r \cdot \delta \cdot B \cdot N_r + s_q \cdot \delta \cdot D_f \cdot N_q$$

$$q_{ad} = q_{ul} / F.S.$$

. Cimientos Cuadrados

$$q_{ul} = 1.3 \cdot sc \cdot C \cdot N_c + 0.40 \cdot \delta \cdot B \cdot N_r + s_q \cdot \delta \cdot D_f \cdot N_q$$

$$q_{ad} = q_{ul} / F.S.$$

Donde:

- q<sub>ul</sub> : = capacidad última de carga en kg/cm<sup>2</sup>.
- q<sub>ad</sub> : = capacidad portante admisible en kg/cm<sup>2</sup>.
- F.S. : = factor de seguridad = 3
- δ : = peso específico total.
- B : = ancho de la zapata o cimiento corrido en mt
- D<sub>f</sub> : = profundidad de la cimentación.
- N<sub>c</sub>, N<sub>r</sub> ,N<sub>q</sub>: = parámetros que son función de φ
- s<sub>c</sub>, s<sub>r</sub>, s<sub>q</sub>: = factores de forma.
- C : = cohesión en (kg/cm<sup>2</sup>)

#### a) CIMIENTO CORRIDO



$C = 0.00 \text{ kg/cm}^2$   
 $\phi = 21^\circ$   
F.S. = 3.0

$D_f = 1.60 \text{ m.}$	$N_c = 15.82$	$sc = 1.45$
$B = 0.70 \text{ m.}$	$N_r = 6.20$	$st = 0.60$
$\gamma = 1.71$	$N_q = 7.07$	$sq = 1.38$
gr/cm		

De (1) se tiene :

$q_{ul} = 2.898 \text{ kg/cm}^2$

$q_{ad} = 0.966 \text{ kg/cm}^2$

#### b) CIMENTO CUADRADO

Zapata Cuadrada (  $B \cdot B = 2.00 \text{ m} \cdot 2.00 \text{ m.}$  )

$C = 0.00 \text{ kg/cm}^2$   
 $\phi = 21^\circ$   
F.S. = 3.0

$D_f = 1.70 \text{ m.}$	$N_c = 15.82$	$sc = 1.45$
$B = 2.00 \text{ m.}$	$N_r = 6.20$	$st = 0.60$
$\gamma = 1.71$	$N_q = 7.07$	$sq = 1.38$
gr/cm		

De (1) se tiene :

$q_{ul} = 3.351 \text{ kg/cm}^2$

$q_{ad} = 1.117 \text{ kg/cm}^2$

#### II.6.4 Cálculo de Asentamientos

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados Asentamientos Totales y los Asentamientos Diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los, que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa una pulgada, que es el asentamiento máximo tolerable para estructuras convencionales.

El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964), considerando el tipo de cimentación superficial recomendado. Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos.

El asentamiento elástico inicial será:



$$S = \Delta q_s B(1-u_2) I_f / E_s$$

donde:

S = asentamiento (cm)  
 $\Delta q_s$  = esfuerzo neto transmisible (kg/cm<sup>2</sup>)  
B = ancho de cimentación (cm)  
E<sub>s</sub> = módulo de Elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)  
u = relación de Poisson  
I<sub>f</sub> = factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación.

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde ira desplantada la cimentación.

Para este tipo de suelo de arenas limosas donde ira desplantada la cimentación es conveniente considerar un módulo de elasticidad de E = 2200Tn/m<sup>2</sup> y un coeficiente de Poisson de u = 0.25.

Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida y flexible, se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

**a) CIMIENTO CORRIDO (Df = 1.60 m.)**

$\Delta q_s$  = 0.966 kg/cm<sup>2</sup>  
B = 70 cm.  
E<sub>s</sub> = 220 kg/cm<sup>2</sup>  
I<sub>f</sub> = 1.97 (flexible)  
I<sub>f</sub> = 1.83 (rígido)  
u = 0.25

Se obtiene:

Cimentación flexible : S = 0.567 cm.

Cimentación rígida : S = 0.527 cm.

**b) CIMIENTO CUADRADO (Df = 1.70 m.)**

$\Delta q_s$  = 1.117 kg/cm<sup>2</sup>  
B = 200 cm.  
E<sub>s</sub> = 220 kg/cm<sup>2</sup>



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles -  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

If = 1.97 (flexible)  
If = 1.83 (rígido)  
u = 0.25

Se obtiene:

Cimentación flexible: S = 1.875 cm.

Cimentación rígida: S = 1.742 cm.

Por tanto el asentamiento máximo en esta zona sera de 1.875 cm., inferior a lo permisible 2.54 cm. (1"). Entonces no se presentarán problemas por asentamiento.

## **II.7. AGRESIÓN AL SUELO DE CIMENTACIÓN**

Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderadas de sulfatos sales solubles totales y cloruros, a la profundidad de 3.00 m, con respecto al nivel del terreno, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación.

Por lo tanto el recubrimiento de las varillas de acero será mayor que el comúnmente utilizado y el Cemento a usar será el Tipo MS.

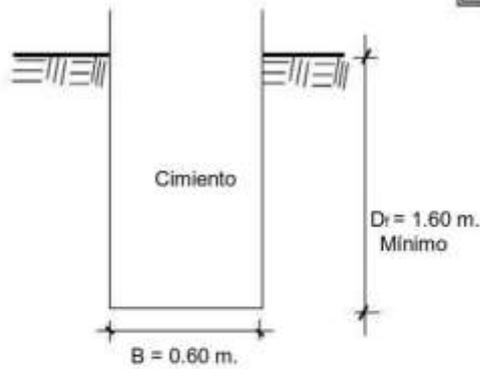
**DETALLE DE CIMENTACIÓN**

**EDIFICACION DE 2 PISOS:**

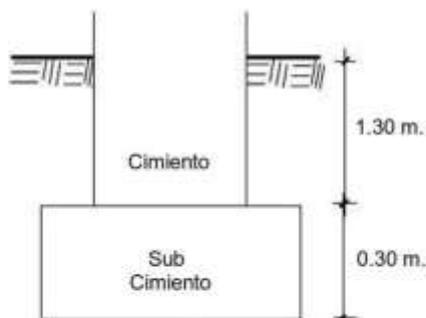
Cimiento Corrido:

- Alternativa A:

Leyenda  
B = ancho (m)  
D<sub>r</sub> = Profundidad de Desplante (m)

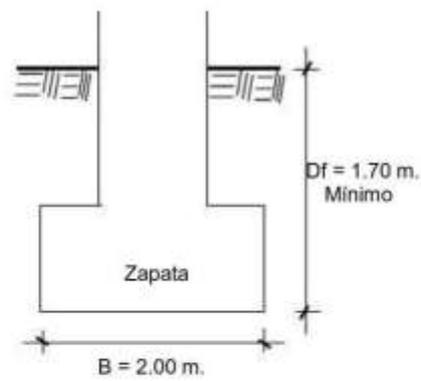


- Alternativa B:



**Zapata Cuadrada:**

**- Alternativa A:**

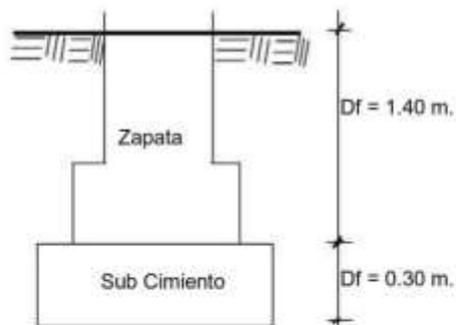


**Leyenda**

B = ancho (m)

D<sub>f</sub> = Profundidad de  
Desplante (m)

**- Alternativa B:**



## II.8 REFERENCIAS

- Norma E - 050, Suelos y Cimentaciones.
- Norma E - 030, Diseño Sismorresistente.
- Alva Hurtado J. E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Peru.
- Juárez Badillo - Rico Rodríguez : Mecánica de Suelos, Tomos I,II.
- Karl Terzaghi / Ralph B. Peck : Mecánica de suelos en la Ingeniería Practica. Segunda Edición 1973.
- T. William Lambe / Robert V. Whitman. Primera Edición 1972.
- Roberto Michelena / Mecánica de Suelos Aplicada. Primera Edición 1991
- Reglamento Nacional de Construcciones - CAPECO. Quinta . Edición 1987.
- RNC Normas de Diseño Sismo Resistente.
- Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones - ACI American Concrete Institute. Segunda Edición 1993.
- Supervisión de Obras de Concreto - ACI American Concrete Institute. Tercera Edición 1995.
- Geotecnia para Ingenieros, Principios Básicos. Alberto J. Martínez Vargas / CONCYTEC 1990.



*Proyecto y Construcción de Obras Cíviles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos.*

### III. ANEXOS



*Proyecto y Construcción de Obras Cíviles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

### III.1. PLANO DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA

**PLANO DE UBICACIÓN GEOGRAFICA**





*Proyecto y Construcción de Obras Civiles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

## III.2. PERFIL ESTRATIGRAFICO

### PERFIL ESTRATIGRAFICO

OBRA: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"		CALICATA : C - 1
SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA	PROFUNDIDAD : 3.00 m.	
UBICACION : Florencia de Mora - Trujillo - La Libertad	Fecha: Diciembre 2015	

PROF. ( m )	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA		
	SIMBOLO (S.U.C.S.)	SIMBOLO		W ( % )	L.L. ( % )	LP. ( % )
0.30		- - - -	Relleno			
1.50	SP		Arena Pobrementa Graduada de poca humedad, y de compacidad suelta o media. Arena Pobrementa Graduado	12.21	NP	NP
3.00	SP		Arena Pobrementa Graduada de poca humedad, y de compacidad media, con ciertas gravillas. No se nota el NAT a la profundidad.	15.33	NP	NP

### PERFIL ESTRATIGRAFICO

OBRA: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROCHMAN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"				CALICATA : C - 2		
SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA				PROFUNDIDAD : 3.00 m.		
UBICACION : Florencia de Mora - Trujillo - La Libertad				Fecha: Diciembre 2015		
PRDF. ( m )	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA		
	SIMBOLO (S.U.C.S.)	SIMBOLO		W ( % )	L.L. ( % )	L.P. ( % )
0.40			Relleno			
1.60	SP		Arena Pobremente Graduado de poca humedad, y de compacidad suelta a media. Arena Pobremente Graduado	12.55	NP	NP
3.00	SP		Arena Pobremente Graduado de poca humedad, y de compacidad media, con ciertas gravillas. No se nota el NAF a la profundidad explorada.	13.66	NP	NP



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

### III.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA L. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015 CALICATA : C-1

Calicata N° :	1	
Profundidad :	1,50 m.	
Lata N° :	1	2
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	34,78	46,00
Peso de la muestra seca + lata (gr)	32,46	42,36
Peso del agua (gr)	2,33	3,65
Peso de la lata (gr)	13,00	13,00
Peso de la muestra seca (gr)	19,46	29,36
Contenido de humedad (%)	11,98	12,44
	12,21	

Calicata N° :	1	
Profundidad :	3,00 m.	
Lata N° :	3	4
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	33,74	51,35
Peso de la muestra seca + lata (gr)	31,00	48,22
Peso del agua (gr)	2,74	5,13
Peso de la lata (gr)	13,00	13,00
Peso de la muestra seca (gr)	18,00	33,22
Contenido de humedad (%)	15,22	15,44
Contenido de humedad Promedio (%)	15,33	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015 CALICATA : C-2

Calicata N° :	2	
Profundidad :	1.60 m.	
Lata N° :	5	6
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	34,78	46,00
Peso de la muestra seca + lata (gr)	32,35	42,32
Peso del agua (gr)	2,43	3,68
Peso de la lata (gr)	13,00	13,00
Peso de la muestra seca (gr)	19,35	29,32
Contenido de humedad (%)	12,56	12,55
Contenido de humedad Promedio (%)	12,55	

Calicata N° :	2	
Profundidad :	3,00 m.	
Lata N° :	7	8
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	32,00	54,00
Peso de la muestra seca + lata (gr)	29,75	49,00
Peso del agua (gr)	2,25	5,00
Peso de la lata (gr)	13,00	13,00
Peso de la muestra seca (gr)	16,75	36,00
Contenido de humedad (%)	13,43	13,89
Contenido de humedad Promedio (%)	13,66	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015 CALICATA: C-3

Calicata N° :	3	
Profundidad :	1.60 m.	
Lata N° :	9	10
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	35,00	50,74
Peso de la muestra seca + lata (gr)	32,68	46,44
Peso del agua (gr)	2,32	4,30
Peso de la lata (gr)	13,00	13,00
Peso de la muestra seca (gr)	19,68	33,44
Contenido de humedad (%)	11,79	12,86
Contenido de humedad Promedio (%)	12,32	

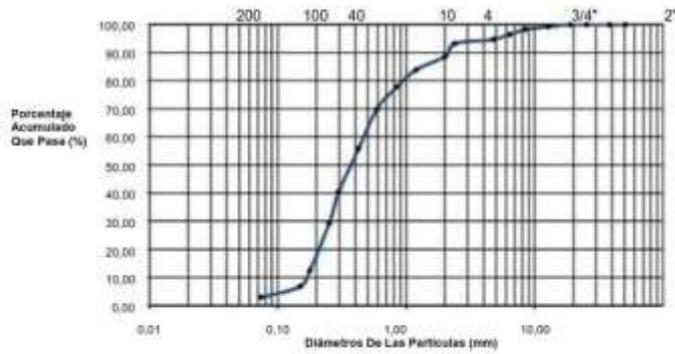
Calicata N° :	3	
Profundidad :	3,00 m.	
Lata N° :	11	12
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	32,00	54,00
Peso de la muestra seca + lata (gr)	29,66	49,00
Peso del agua (gr)	2,34	5,00
Peso de la lata (gr)	13,00	13,00
Peso de la muestra seca (gr)	16,66	36,00
Contenido de humedad (%)	14,05	13,89
Contenido de humedad Promedio (%)	13,97	



Proyecto y Construcción de Obras Cíviles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015 CALICATA: C-1 Prof: 3,00 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,70	18,00	0,80	0,80	99,20
3/8"	8,48	19,33	0,97	1,78	98,22
1/4"	6,35	34,74	1,75	3,52	96,48
Nº 4	4,75	38,00	1,81	5,33	94,67
Nº 6	2,50	29,00	1,46	6,79	93,21
Nº 10	2,00	82,11	4,63	11,42	88,58
Nº 18	1,18	94,00	4,72	16,14	83,86
Nº 20	0,84	121,44	6,10	22,25	77,75
Nº 30	0,58	158,00	7,84	30,09	69,91
Nº 40	0,425	295,00	14,07	44,16	55,84
Nº 50	0,297	305,00	15,33	59,49	40,51
Nº 60	0,250	223,00	11,21	70,70	29,30
Nº 80	0,177	334,00	16,79	87,49	12,51
Nº 100	0,149	112,00	5,53	93,01	6,99
Nº 200	0,074	78,00	3,92	97,03	2,97
Recipiente	-	59,00	2,97	100,00	0,00
Sumatoria		1989,62	100,00		
D <sub>10</sub> = 0,19 D <sub>30</sub> = 0,25 D <sub>60</sub> = 0,48 C <sub>u</sub> > 6 I = C <sub>u</sub> - 3					LL: NP
Clasificación SUSC - SP (Arena Pobremente Graduada)					LP: NP
					P: NP



SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015 CALICATA: C-2 Pot: 3,00 ft.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,70	13,20	0,66	0,66	99,34
3/8"	8,46	21,00	1,08	1,75	98,25
3/8"	6,20	32,00	1,64	3,39	96,61
Nº 4	4,75	31,00	1,50	4,89	95,11
Nº 8	2,36	25,46	1,30	6,19	93,81
Nº 10	2,00	102,00	5,23	11,42	88,58
Nº 16	1,19	85,00	4,30	15,72	84,28
Nº 20	0,84	158,45	8,07	23,79	76,21
Nº 30	0,59	165,00	8,45	32,24	67,76
Nº 40	0,425	278,00	14,24	46,48	53,52
Nº 50	0,297	312,00	15,85	62,33	37,67
Nº 60	0,250	214,85	11,01	73,34	26,66
Nº 80	0,177	320,00	16,39	89,73	10,27
Nº 100	0,149	115,00	5,80	95,53	4,47
Nº 200	0,074	66,00	3,48	99,01	1,00
Resistente	-	81,00	4,01	100,00	0,00
Sumatoria		1902,01	100,00		
D <sub>10</sub> = 0,15 D <sub>30</sub> = 0,25 D <sub>60</sub> = 0,50 Cu = 6 1 = C <sub>u</sub> < 3					LL: NP
Clasificación SUSC : SP (Arena Pobremente Graduada)					LP: NP
					IP: NP



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACION: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015 CALICATA: C-3 Prof: 3,00 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,70	11,21	0,25	0,25	99,45
3/8"	6,40	23,00	1,13	1,67	98,33
1/4"	6,35	35,00	1,71	3,39	96,61
Nº 4	4,75	36,00	1,80	5,25	94,75
Nº 8	2,36	29,46	1,44	6,69	93,31
Nº 10	2,00	115,00	5,63	12,32	87,68
Nº 16	1,19	39,13	4,31	16,83	83,17
Nº 20	0,84	125,00	6,12	22,94	77,06
Nº 30	0,59	175,00	8,56	31,31	68,48
Nº 40	0,425	200,00	13,70	45,21	54,79
Nº 60	0,297	305,16	14,93	60,15	39,85
Nº 80	0,250	221,00	10,82	70,98	29,04
Nº 100	0,177	332,15	16,26	87,22	12,78
Nº 150	0,106	121,00	5,92	93,14	6,86
Nº 200	0,074	75,16	3,68	96,82	3,18
Resistente	-	65,00	3,18	100,00	0,00
Sumatoria		2043,27	100,00		
D <sub>10</sub> = 0,15 D <sub>30</sub> = 0,26 D <sub>60</sub> = 0,50 C <sub>u</sub> > 6 1 < C <sub>c</sub> < 3					LL: NP
Clasificación SUSC : SP (Arena Pobremante Graduada)					LP: NP
					P: NP





Proyecto y Construcción de Obras Cíviles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

**ENSAYO DE DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA**

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 90818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA**

SONDAJE	:	C-1
MUESTRA	:	M-1
PROFUNDIDAD (m)	:	0,30 - 3,00
CLASIFICACION (SUCS)	:	SP

**ENSAYO DE DENSIDAD MAXIMA**

Densidad Máxima ( máx)	:	1,52	gr/cm <sup>3</sup>
------------------------	---	------	--------------------

**ENSAYO DE DENSIDAD MINIMA**

Densidad Mínima ( mín)	:	1,38	gr/cm <sup>3</sup>
------------------------	---	------	--------------------

**GRAVEDAD ESPECIFICA (Gs)**

BOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015

Calicata : 1  
 Profundidad : 1.50 m.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153,70
2.-Peso de la fiola + 500 cm3 de agua.	grs.	648,00
3.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua.	grs.	290,00
4.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua + Muestra Seca.	grs.	494,36
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	204,36
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm3 de agua.	grs.	776,00
7.-Peso Sumergido	grs.	128,00
8.-Volumen	cm3	76,36
9.-Peso especif. Particul. Finas	gr/cm3	2,68
10.-Peso especif. del agua	gr/cm3	1,00
11.-Gravedad especifica sólidos	gr/cm3	2,68

Calicata : 1  
 Profundidad : 3,00 m.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153,70
2.-Peso de la fiola + 500 cm3 de agua.	grs.	648,55
3.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua.	grs.	291,35
4.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua + Muestra Seca.	grs.	494,78
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	203,43
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm3 de agua.	grs.	776,28
7.-Peso Sumergido	grs.	127,73
8.-Volumen	cm3	75,70
9.-Gravedad Especifica.	gr/cm3.	2,69
10.-Peso especif. del agua	gr/cm3	1,00
11.-Gravedad especifica sólidos	gr/cm3	2,69

**GRAVEDAD ESPECIFICA (Gs)**

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015

Calicata : 2  
 Profundidad : 1.60 m.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153,70
2.-Peso de la fiola + 500 cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	648,00
3.-Peso de la fiola + 50cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	290,22
4.-Peso de la fiola + 50cm <sup>3</sup> de agua + Muestra Seca.	grs.	494,00
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	203,78
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	776,00
7.-Peso Sumergido	grs.	128,00
8.-Volumen.	cm <sup>3</sup>	75,78
9.-Peso especif. Particul. Finas	gr/cm <sup>3</sup>	2,69
10.-Peso especif. del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1,00
11.-Gravedad especifica sólidos	gr/cm <sup>3</sup>	2,69

Calicata : 2  
 Profundidad : 3,00 m.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153,70
2.-Peso de la fiola + 500 cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	648,55
3.-Peso de la fiola + 50cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	290,00
4.-Peso de la fiola + 50cm <sup>3</sup> de agua + Muestra Seca.	grs.	494,55
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	204,55
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	776,28
7.-Peso Sumergido	grs.	127,73
8.-Volumen.	cm <sup>3</sup>	76,82
9.-Gravedad Especifica.	gr/cm <sup>3</sup>	2,66
10.-Peso especif. del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1,00
11.-Gravedad especifica sólidos	gr/cm <sup>3</sup>	2,66

**GRAVEDAD ESPECIFICA (Gs)**

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015

Calicata : 3  
 Profundidad : 1,60 m.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153,70
2.-Peso de la fiola + 500 cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	648,00
3.-Peso de la fiola + 50cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	290,00
4.-Peso de la fiola + 50cm <sup>3</sup> de agua + Muestra Seca.	grs.	494,00
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	204,00
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	776,00
7.-Peso Sumergido	grs.	128,00
8.-Volumen	cm <sup>3</sup>	75,00
9.-Peso especif. Particul. Finas	gr/cm <sup>3</sup>	2,68
10.-Peso especif. del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1,00
11.-Gravedad especifica sólidos	gr/cm <sup>3</sup>	2,68

Calicata : 3  
 Profundidad : 3,00 m.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153,70
2.-Peso de la fiola + 500 cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	648,55
3.-Peso de la fiola + 50cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	290,55
4.-Peso de la fiola + 50cm <sup>3</sup> de agua + Muestra Seca.	grs.	494,55
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	204,00
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm <sup>3</sup> de agua.	grs.	776,28
7.-Peso Sumergido	grs.	127,73
8.-Volumen	cm <sup>3</sup>	76,27
9.-Gravedad Especifica.	gr/cm <sup>3</sup>	2,67
10.-Peso especif. del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1,00
11.-Gravedad especifica sólidos	gr/cm <sup>3</sup>	2,67

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015 PROF.: INDICADA

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES**

Calicata N° :	1	
Profundidad :	1,50 m.	
Lata N° :	1	2
Peso del recipiente vacío (gr)	116,90	116,90
Peso recip. + Peso agua destilada + sales (gr)	180,00	179,00
Peso del recipiente + sales (gr)	117,61	117,52
Peso de la sal (gr)	0,71	0,62
Contenido de Sales (%)	1,13	1,00
Contenido Promedio de Sales (%)	1,06	

Calicata N° :	1	
Profundidad :	3,00 m.	
Lata N° :	3	4
Peso del recipiente vacío (gr)	116,90	116,90
Peso recip. + Peso agua destilada + sales (gr)	179,00	178,00
Peso del recipiente + sales (gr)	117,58	117,63
Peso de la sal (gr)	0,68	0,73
Contenido de Sales (%)	1,10	1,19
Contenido Promedio de Sales (%)	1,14	

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD"  
 UBICACIÓN: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015 PROF.: INDICADA

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES**

Calicata N°:	2	
Profundidad:	1,50 m.	
Lata N°:	5	6
Peso del recipiente vacío (gr)	116,90	116,90
Peso recip. + Peso agua destilada + sales (gr)	179,34	180,00
Peso del recipiente + sales (gr)	117,55	117,54
Peso de la sal (gr)	0,65	0,64
Contenido de Sales (%)	1,04	1,01
Contenido Promedio de Sales (%)	1,03	

Calicata N°:	2	
Profundidad:	3,00 m.	
Lata N°:	7	8
Peso del recipiente vacío (gr)	116,90	116,90
Peso recip. + Peso agua destilada + sales (gr)	179,00	177,65
Peso del recipiente + sales (gr)	117,54	117,58
Peso de la sal (gr)	0,64	0,66
Contenido de Sales (%)	1,03	1,09
Contenido Promedio de Sales (%)	1,06	

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE FLORENCIA DE MORA  
 PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I. E. 80818 "JORGE BASADRE GROHMANN" DISTRITO DE FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 UBICACION: FLORENCIA DE MORA - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: Diciembre del 2015 PROF.: INDICADA

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES**

Calicata N° :	3	
Profundidad :	1,80 m.	
Lata N° :	9	10
Peso del recipiente vacío (gr)	116,90	116,90
Peso recip. + Peso agua destilada + sales (gr)	180,65	180,00
Peso del recipiente + sales (gr)	117,51	117,54
Peso de la sal (gr)	0,61	0,64
Contenido de Sales (%)	0,96	1,01
Contenido Promedio de Sales (%)	0,99	

Calicata N° :	3	
Profundidad :	3,00 m.	
Lata N° :	11	12
Peso del recipiente vacío (gr)	116,90	116,90
Peso recip. + Peso agua destilada + sales (gr)	179,00	178,00
Peso del recipiente + sales (gr)	117,56	117,58
Peso de la sal (gr)	0,66	0,68
Contenido de Sales (%)	1,06	1,11
Contenido Promedio de Sales (%)	1,09	



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles  
Laboratorio de Control  
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos.*

### III.4. FOTOGRAFIAS



FOTOGRAFIA N° 1

Zona de Estudio.  
(Florencia de Mora – Trujillo – La Libertad)



FOTOGRAFIA N° 2

Vista panorámica de la Calicata C-1 en la zona de estudio, nótese la presencia de arena.



FOTOGRAFIA N° 3

Vista del Perfil Estratigráfico del Suelo de Cimentación en la Calicata C-1,  
A la profundidad de 3.00 m, conformado  
por arena pobremente graduada SP, de poca humedad  
y compacidad media. No se nota el NAF a la profundidad indicada.



Tabla2 Plantilla para Ensayo de Esclerometría

N°	Codigo de Identificación			Modo	Ensayos Aplicados																N	MIN	MAX	σ	Promedio PARCIAL	Promedio General	Resistencia Promedio (Kg/cm2)	DESCRIPCION DEL AREA DE ENSAYO	
					#01	#02	#03	#04	#05	#06	#07	#08	#09	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16									
1	M1	- P1	- INF	A	41	40	42	34	38	32	40	38	36	32	37	37	39	36	32	36	16	32	42	3.18	36.88	37.06	304.24	Superficie seca y esmerlada	
2	M1	- P1	- SUP	A	38	34	34	32	32	38	34	37	42	37	37	43	38	38	42	40	16	32	43	3.42	37.25	37.06	304.24	Superficie seca y esmerlada	
3	M1	- P2	- INF	A	39	40	42	38	43	35	40	39	32	38	33	41	33	34	37	32	16	32	43	3.64	37.25	37.53	310.82	Superficie seca y esmerlada	
4	M1	- P2	- SUP	A	35	42	34	39	33	42	40	35	40	35	37	32	39	44	37	41	16	32	44	3.58	37.81	37.53	310.82	Superficie seca y esmerlada	
5	M1	- P3	- INF	A	38	42	35	41	34	43	41	42	42	35	40	43	37	42	42	36	16	34	43	3.18	39.56	38.53	324.95	Superficie seca y esmerlada	
6	M1	- P3	- SUP	A	32	40	42	40	34	38	42	33	37	34	41	33	42	40	32	40	16	32	42	3.86	37.50	38.53	324.95	Superficie seca y esmerlada	
7	M1	- P4	- INF	A	39	38	34	41	39	38	32	33	38	33	38	43	37	42	42	16	32	43	3.37	37.81	37.50	310.38	Superficie seca y esmerlada		
8	M1	- P4	- SUP	A	33	32	32	36	39	42	34	39	40	43	38	38	32	33	41	43	16	32	43	4.07	37.19	37.50	310.38	Superficie seca y esmerlada	
9	M1	- P5	- INF	A	36	43	39	33	34	33	43	43	42	39	44	39	43	42	38	41	16	33	44	3.78	39.50	38.13	319.19	Superficie seca y esmerlada	
10	M1	- P5	- SUP	A	44	32	34	35	42	42	35	35	34	38	36	36	37	36	36	36	16	32	44	3.26	36.75	38.13	319.19	Superficie seca y esmerlada	
11	M1	- P6	- INF	A	39	33	42	37	40	36	40	34	39	33	38	32	38	37	32	36	16	32	42	3.10	36.63	36.72	299.45	Superficie seca y esmerlada	
12	M1	- P6	- SUP	A	32	37	37	37	41	32	32	33	40	39	32	38	44	36	42	37	16	32	44	3.83	36.81	36.72	299.45	Superficie seca y esmerlada	
13	M1	- P7	- INF	A	39	32	34	43	35	43	42	41	41	38	38	40	35	36	33	39	16	32	43	3.55	38.06	38.22	320.52	Superficie seca y esmerlada	
14	M1	- P7	- SUP	A	42	42	35	38	40	42	42	37	35	33	40	33	42	35	39	39	16	33	42	3.32	38.38	38.22	320.52	Superficie seca y esmerlada	
15	M1	- P8	- INF	A	42	34	39	32	36	38	40	34	39	42	44	33	39	43	33	38	16	32	44	3.84	37.88	37.88	315.66	Superficie seca y esmerlada	
16	M1	- P8	- SUP	A	43	34	36	36	38	36	38	36	40	42	34	38	38	37	43	35	16	34	43	2.87	37.88	37.88	315.66	Superficie seca y esmerlada	
17	M1	- P9	- INF	A	39	33	34	37	32	38	35	38	32	39	37	34	38	34	39	37	16	32	39	2.53	36.00	36.22	292.50	Superficie seca y esmerlada	
18	M1	- P9	- SUP	A	40	33	39	38	35	39	35	32	37	35	38	31	40	40	36	35	16	31	40	2.90	36.44	36.22	292.50	Superficie seca y esmerlada	
19	M1	- P10	- INF	A	38	35	41	40	31	33	31	31	34	33	38	39	36	36	37	38	16	31	41	3.26	35.69	36.28	293.37	Superficie seca y esmerlada	
20	M1	- P10	- SUP	A	32	40	34	39	40	39	39	32	35	39	36	32	36	40	39	38	16	32	40	3.03	36.88	36.28	293.37	Superficie seca y esmerlada	
																32	42	3.38	37.41	309.11	47.19%								
1	M2	- P1	- INF	A	42	36	32	33	32	38	37	40	40	37	39	39	38	38	37	39	16	32	42	2.87	37.31	37.16	305.55	Superficie seca y esmerlada	
2	M2	- P1	- SUP	A	40	37	37	41	40	35	41	33	33	36	41	33	36	32	39	38	16	32	41	3.16	37.00	37.16	305.55	Superficie seca y esmerlada	
3	M2	- P2	- INF	A	38	38	33	34	34	33	35	39	39	39	41	34	34	39	41	36	16	33	41	2.85	36.69	37.19	305.99	Superficie seca y esmerlada	
4	M2	- P2	- SUP	A	40	33	39	36	41	36	34	41	41	39	40	42	38	35	36	32	16	32	42	3.16	37.69	37.19	305.99	Superficie seca y esmerlada	
5	M2	- P3	- INF	A	42	39	38	35	36	33	33	35	35	35	35	39	37	42	42	35	32	16	32	42	3.28	36.75	36.28	293.37	Superficie seca y esmerlada
6	M2	- P3	- SUP	A	35	34	34	42	33	35	36	35	35	35	34	32	34	38	34	42	40	16	32	42	3.06	35.81	36.28	293.37	Superficie seca y esmerlada
7	M2	- P4	- INF	A	41	32	40	33	34	41	32	35	35	36	42	38	38	36	32	33	16	32	42	3.48	36.13	35.25	279.16	Superficie seca y esmerlada	
8	M2	- P4	- SUP	A	35	34	41	36	35	32	32	32	32	34	32	34	32	39	36	34	16	32	41	2.66	34.38	35.25	279.16	Superficie seca y esmerlada	
9	M2	- P5	- INF	A	35	40	40	34	34	37	35	34	34	32	42	40	32	38	36	37	16	32	42	3.04	36.25	37.06	304.24	Superficie seca y esmerlada	
10	M2	- P5	- SUP	A	37	38	40	36	32	39	42	36	36	33	42	41	38	34	40	42	16	32	42	3.22	37.88	37.06	304.24	Superficie seca y esmerlada	
11	M2	- P6	- INF	A	41	34	39	38	36	34	38	41	41	41	33	38	38	39	40	32	16	32	41	3.03	37.69	37.00	303.37	Superficie seca y esmerlada	
12	M2	- P6	- SUP	A	36	33	37	36	39	33	34	40	40	33	38	37	32	42	38	33	16	32	42	3.07	36.31	37.00	303.37	Superficie seca y esmerlada	
13	M2	- P7	- INF	A	41	41	40	32	32	32	38	34	34	39	34	37	34	37	39	32	16	32	41	3.37	36.00	36.88	301.62	Superficie seca y esmerlada	
14	M2	- P7	- SUP	A	40	41	35	35	40	35	35	36	36	39	41	40	42	39	32	38	16	32	42	2.91	37.75	36.88	301.62	Superficie seca y esmerlada	
15	M2	- P8	- INF	A	34	35	38	35	32	42	38	36	36	35	32	41	39	32	34	34	16	32	42	3.06	35.81	36.09	290.77	Superficie seca y esmerlada	
16	M2	- P8	- SUP	A	36	33	39	34	32	41	40	34	34	37	36	39	34	32	42	39	16	32	42	3.26	36.38	36.09	290.77	Superficie seca y esmerlada	
17	M2	- P9	- INF	A	39	39	39	42	36	35	42	34	34	34	37	35	35	34	33	36	16	33	42	2.88	36.50	35.97	289.04	Superficie seca y esmerlada	
18	M2	- P9	- SUP	A	33	40	31	37	36	36	40	38	37	32	34	32	33	31	38	39	16	31	40	3.16	35.44	35.97	289.04	Superficie seca y esmerlada	
19	M2	- P10	- INF	A	35	40	35	36	31	36	32	33	40	36	34	35	38	35	33	40	16	31	40	2.78	35.56	35.81	286.89	Superficie seca y esmerlada	
20	M2	- P10	- SUP	A	36	40	31	38	31	34	38	40	37	38	38	39	33	35	33	36	16	31	40	2.95	36.06	35.81	286.89	Superficie seca y esmerlada	
																32	41	3.06	36.47	296.00	40.95%								
1	M3	- P1	- INF	A	39	37	34	38	39	40	39	33	42	34	41	41	40	40	36	37	16	33	42	2.73	38.13	37.81	314.78	Superficie seca y esmerlada	
2	M3	- P1	- SUP	A	33	40	38	38	35	39	41	35	39	38	40	35	38	37	36	38	16	33	41	2.19	37.50	37.81	314.78	Superficie seca y esmerlada	
3	M3	- P2	- INF	A	34	34	35	40	36	38	37	36	38	33	35	43	35	43	34	38	16	33	43	3.06	36.81	36.66	298.58	Superficie seca y esmerlada	
4	M3	- P2	- SUP	A	40	34	33	39	35	40	40	35	38	34	36	33	41	34	37	35	16	33	41	2.78	36.50	36.66	298.58	Superficie seca y esmerlada	
5	M3	- P3	- INF	A	35	36	36	35	39	39	38	43	43	37	35	40	38	33	38	37	16	33	43	2.78	37.63	37.53	310.82	Superficie seca y esmerlada	
6	M3	- P3	- SUP	A	35	33	38	34	39	36	42	41	42	42	33	40	33	37	35	39	16	33	42	3.39	37.44	37.53	310.82	Superficie seca y esmerlada	
7	M3	- P4	- INF	A	34	41	33	40	35	39	39	41	37	40	37	40	42	40	41	39	16	33	42	2.68	38.63	38.16	319.63	Superficie seca y esmerlada	
8	M3	- P4	- SUP	A	33	39	34	35	39	35	39	34	43	42	39	38	40	38	39	36	16	33	43	2.91	37.69	38.16	319.63	Superficie seca y esmerlada	
9	M3	- P5	- INF	A	40	40	34	39	35	39	42	43	38	43	38	39	38	35	39	35	16	34	43	2.78	38.56	37.91	316.10	Superficie seca y esmerlada	
10	M3	- P5	- SUP	A	37	35	40	38	36	34	39	43	41	40	37	33	33	34	43	33	16	33	43	3.47	37.25	37.91	316.10	Superficie seca y esmerlada	
11	M3	- P6	- INF	A	41	35	38	37	39	35	41	36	34	34	43	33	34	36	38	33	16	33	43	3.07	36.69	36.81	300.75	Superficie seca y esmerlada	
12	M3	- P6	- SUP	A	40	41	38	35	34	38	38	38	36	38	34	36	38	36	36	33	16	33	41	2.21	36.94	36.81	300.75	Superficie seca y esmerlada	
13	M3	- P7	- INF	A	35	35	38	38	34	39	36	39	36	40	43	39	34	42	36	36	16	34	43	2.71	37.50	38.13	319.19	Superficie seca y esmerlada	
14	M3	- P7	- SUP	A	40	38	38	41	39	37	38	40	41	35	36	43	42	37	42	33	16	33	4						



Tabla 3. Aplicación Fema 154 al Modulo 1

Procedimiento de inspección visual rápida de edificaciones para riesgo sísmico potencial										ALTA					
Fema 154 - Hoja de recolección de datos										Sismicidad					
Estructuración					Dirección: <u>13002, 12 de Noviembre 1792, Florencia de Mora</u> Año de construcción: <u>Desconocido / Alrededor de 1977-1998</u> Otros identificadores: <u>Modulo 1</u> Número de pisos: <u>2N, (1 Laboratorio / 2 Biblioteca "Usos Múltiples")</u> Observador: <u>Christian Alex Rios Sierra</u> Nombre: <u>Laboratorio Químico</u> Uso: <u>Educacional</u>										
					Panel Fotografico										
					Ocupación		Tipo de suelo					Fallas no estructurales			
Asamblea	Gubernamental	Oficinas	A			B	C	D	E	F	Revestimiento				
Comercial	Historica	Residencial	Roca			promed	may	Suelo	Suelo	Suelo	Parapeto				
Servicios de emergencia	Industrial	Educacionales	dura			in	denso	rigido	blando	pobre	Otros				
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"															
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	2.40	2.80	2.60	N/A
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80
<b>Puntaje Final</b>	<b>6.16</b>											<b>1.40</b>	<b>1.40</b>	<b>0.80</b>	
Comentarios										Evaluación detallada					
- La estructura analizada presenta un caso crítico de COLUMNA CORTA en el sentido del Sistema Estructural PORTICOS - El sistema albañilería Confinada (Perú) no esta contemplada en la Metodología Fema 154.										Si? No?					
C1: Edificios de Concreto Reforzado con Muros de Alb. No Reforzada					RM1: Edificios de Albañilería Reforzada con Diafragma Flexible					<b>SI</b>					
C2: Edificios con Muros de Corte de Concreto					RM2: Edificios de Albañilería Reforzada con Diafragma Rialido										
C3: Edificios de Concreto Reforzado con Muros de Albañilería					URM: Edificios con Muros de Albañilería No Reforzada										

Fuente: Adaptación de Castro(2019)

Tabla 4. Aplicación Fema 154 al Modulo 2

Estructuración		Dirección: 13002, 12 de Noviembre 1792, Florencia de Mora													
 		Año de construcción: Desconocido / Alrededor de 1977-1998													
		Otros identificadores: Módulo 2													
		Número de pisos: 3N. (1-2 "Salón de Clases" / 3 "Salón de Computo")													
		Observador: Christian Alex Ríos Sierra													
		Nombre: Bloque Octogonal													
		Uso: Educativa Primaria - Secundaria													
		Panel Fotográfico													
															
Ocupación		Tipo de suelo										Fallas no estructurales			
Asamblea	Governmental	Oficinas										Revestimiento			
Comercial	Historica	Residencial										Parapeto			
Servicios de emergencia	Industrial	Educativos										Otros			
		A	B	C	D	E	F								
		Roca dura	promedio	muy denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre								
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"															
Tipo de edificación	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
Basic secure	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80
<b>Puntaje Final</b>	<b>-0.40</b>											<b>0.99</b>	<b>0.90</b>	<b>0.30</b>	
Comentarios		- La estructura analizada presenta una configuración irregular en planta, así mismo presenta problemas de COLUMNA CORTA. - El sistema albañilería Confinada (Perú) no está contemplada en la Metodología Fema 154.										Evaluación detallada			
												SI? No?			
		C1: Edificios de Concreto Reforzado con Muros de Alb. No Reforzada C2: Edificios con Muros de Corte de Concreto C3: Edificios de Concreto Reforzado con Muros de Albañilería RM1: Edificios de Albañilería Reforzada con Diafragma Flexible RM2: Edificios de Albañilería Reforzada con Diafragma Rígido URM: Edificios con Muros de Albañilería No Reforzada										SI			

Fuente: Adaptación de Castro(2019)

Tabla 5. Aplicación Fema 154 al Módulo 3

Estructuración													Panel Fotográfico																										
													Dirección: <i>13002, 12 de Noviembre 1792, Florencia de Mora</i> Año de construcción: <i>Desconocido / Alrededor de 1977-1998</i> Otros identificadores: <i>Modulo 3</i> Número de pisos: <i>2N (1-2 "Salón de Clases")</i> Observador: <i>Christian Alex Ríos Sierra</i> Nombre: <i>Pabellón C</i> Uso: <i>Educacional Primaria</i>																										
																																							
																																							
Ocupación													Tipo de suelo			Fallas no estructurales																							
Asimblea Comercial Servicios de emergencia													Gubernamental Historica Industrial			Oficinas Residencial Educativos			A Roca dura			B promed io			C muy denso			D Suelo rígido			E Suelo blando			F Suelo pobre			Revestimiento Parapeto Otros		
X																																							
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																																							
Tipo de edificación	W1	W2	S1 MED	S2 SE	S3 LM	S4 RC SW	S5 URM (SP)	C1 MED	C2 SW	C3 URM (SP)	PC1 TU	PC2	RM1 SD	RM2 SD	URM																								
Basic score	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80																								
Media altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A																								
Gran altura (Mas de 7pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A																								
Irregularidad Vertical	-2.50	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00																								
Irregularidad de planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50																								
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20																								
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A																								
Suelo tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40																								
Suelo tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60																								
Suelo tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80																								
Puntaje Final	-1.90												-0.10	-0.10	-0.70																								
Comentarios - La estructura analizada, presenta problemas de diafragma rígido, continuidad en los sistemas resistentes y COLUMNA CORTA - El sistema albañilería Confinada (Perú) no esta contemplada en la Metodología Fema 154.													Evaluación detallada SI? No?																										
C1: Edificios de Concreto Reforzado con Muros de Alb. No Reforzada C2: Edificios con Muros de Corte de Concreto C3: Edificios de Concreto Reforzado con Muros de Albañilería													RM1: Edificios de Albañilería Reforzada con Diafragma Flexible RM2: Edificios de Albañilería Reforzada con Diafragma Rígido URM: Edificios con Muros de Albañilería No Reforzada			SI																							

Fuente: Adaptación de Castro(2019)

Gráfico 4. Norma E030 - 2018 "Diseño Sismorresistente"

**MINISTERIO DE VIVIENDA,  
CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO**

**ANEXO**

**RESOLUCIÓN MINISTERIAL  
N°355-2018-VIVIENDA**

**MODIFICAN LA NORMA  
TÉCNICA E.030 DISEÑO  
SISMORRESISTENTE DEL  
REGLAMENTO NACIONAL DE  
EDIFICACIONES**

(La Resolución de la referencia fue publicada  
el día 23 de octubre 2018)

**NORMAS LEGALES**

**SEPARATA ESPECIAL**





# ICG

Difundido por:  
ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia  
www.construccion.org / icg@icgmail.org

Síguenos:  
    
@ConstruccionICG

## NORMA TÉCNICA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

### ÍNDICE

#### CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

- Artículo 1.- Objeto
- Artículo 2.- Ámbito de Aplicación
- Artículo 3.- Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente
- Artículo 4.- Aprobación de otros sistemas estructurales
- Artículo 5.- Otras medidas de prevención
- Artículo 6.- Nomenclatura
- Artículo 7.- Concepción Estructural Sismorresistente
- Artículo 8.- Consideraciones Generales
- Artículo 9.- Presentación del Proyecto

#### CAPÍTULO II PELIGRO SÍSMICO

- Artículo 10.- Zonificación
- Artículo 11.- Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio
- Artículo 12.- Condiciones Geotécnicas
- Artículo 13.- Parámetros de Sitio (S, TP y TL)
- Artículo 14.- Factor de Amplificación Sísmica (C)

#### CAPÍTULO III CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

- Artículo 15.- Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)
- Artículo 16.- Sistemas Estructurales
- Artículo 17.- Categoría y Sistemas Estructurales
- Artículo 18.- Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_0$ )
- Artículo 19.- Regularidad Estructural
- Artículo 20.- Factores de Irregularidad ( $I_x, I_y$ )
- Artículo 21.- Restricciones a la Irregularidad
- Artículo 22.- Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, R
- Artículo 23.- Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

#### CAPÍTULO IV ANÁLISIS ESTRUCTURAL

- Artículo 24.- Consideraciones Generales para el Análisis
- Artículo 25.- Modelos para el Análisis
- Artículo 26.- Estimación del Peso (P)
- Artículo 27.- Procedimientos de Análisis Sísmico
- Artículo 28.- Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes
- Artículo 29.- Análisis Dinámico Modal Espectral
- Artículo 30.- Análisis Dinámico Tiempo - Historia

#### CAPÍTULO V REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

- Artículo 31.- Determinación de Desplazamientos Laterales
- Artículo 32.- Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles
- Artículo 33.- Separación entre Edificios (s)
- Artículo 34.- Redundancia
- Artículo 35.- Verificación de Resistencia Última

#### CAPÍTULO VI ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

- Artículo 36.- Generalidades
- Artículo 37.- Responsabilidad Profesional
- Artículo 38.- Fuerzas de Diseño
- Artículo 39.- Fuerza Horizontal Mínima
- Artículo 40.- Fuerzas Sísmicas Verticales
- Artículo 41.- Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos
- Artículo 42.- Otras Estructuras
- Artículo 43.- Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

#### CAPÍTULO VII CIMENTACIONES

- Artículo 44.- Generalidades
- Artículo 45.- Capacidad Portante
- Artículo 46.- Momento de Volteo
- Artículo 47.- Cimentaciones Sobre Suelos Flexibles o de Baja Capacidad Portante

## CAPÍTULO VIII EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

- Artículo 48.- Evaluación de Estructuras Después de un Sismo
- Artículo 49.- Reparación y Reforzamiento

## CAPÍTULO IX INSTRUMENTACIÓN

- Artículo 50.- Estaciones Acelerométricas
- Artículo 51.- Requisitos para su Ubicación
- Artículo 52.- Mantenimiento
- Artículo 53.- Disponibilidad de Datos

## ANEXO I PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS

## ANEXO II ZONIFICACIÓN SÍSMICA

### CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

#### Artículo 1.- Objeto

- 1.1. Esta Norma establece las condiciones mínimas para el Diseño Sismorresistente de las edificaciones.
- 1.2. Mientras no se cuente con normas nacionales específicas para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas, túneles y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se debe utilizar los valores Z y S del Capítulo II amplificados de acuerdo a la importancia de la estructura considerando la práctica internacional.

#### Artículo 2.- Ámbito de Aplicación

- 2.1. Es de aplicación obligatoria a nivel nacional.
- 2.2. Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las estructuras que resulten dañadas por la acción de los sismos.

#### Artículo 3.- Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente

- 3.1. La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:
  - a) Evitar pérdida de vidas humanas.
  - b) Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
  - c) Minimizar los daños a la propiedad.

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

- a) La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b) La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c) Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se debería tener consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

**Artículo 4.- Aprobación de otros sistemas estructurales**  
El empleo de sistemas estructurales diferentes a los indicados en el artículo 16, es aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, mediante un estudio que demuestre que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y ductilidad.

**Artículo 5.- Otras medidas de prevención**  
Además de lo indicado en esta Norma, se debe tomar medidas de prevención contra los desastres que

puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: tsunamis, fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

**Artículo 6.- Nomenclatura**

Para efectos de la presente Norma Técnica, se considera la siguiente nomenclatura:

- C Factor de amplificación sísmica.
- $C_T$  Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio.
- d) Desplazamientos laterales del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ .
- $e_i$  Excentricidad accidental en el nivel  $i$ .
- $F_i$  Fuerza sísmica horizontal en el nivel  $i$ .
- $g$  Aceleración de la gravedad.
- $h_i$  Altura del nivel  $i$  con relación al nivel del terreno.
- $h_w$  Altura del entrepiso  $i$ .
- $h_o$  Altura total de la edificación en metros.
- $M_o$  Momento torsor accidental en el nivel  $i$ .
- $m$  Número de modos usados en la combinación modal.
- $n$  Número de pisos del edificio.
- $P$  Peso total de la edificación.
- $P_i$  Peso del nivel  $i$ .
- $R$  Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.
- $r$  Respuesta estructural máxima elástica esperada.
- $r_i$  Respuestas elásticas máximas correspondientes al modo  $i$ .
- $S$  Factor de amplificación del suelo.
- $S_w$  Espectro de pseudo aceleraciones.
- $T$  Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.
- $T_F$  Período que define la plataforma del factor C.
- $T_L$  Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.
- $U$  Factor de uso o importancia.
- $V$  Fuerza cortante en la base de la estructura.
- $Z$  Factor de zona.
- $R_0$  Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.
- $i_a$  Factor de irregularidad en altura.
- $i_p$  Factor de irregularidad en planta.
- $f_i$  Fuerza lateral en el nivel  $i$ .
- $V_s$  Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.
- $N_{60}$  Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar.
- $S_w$  Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

**Artículo 7.- Concepción Estructural Sismorresistente**  
Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- a) Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- b) Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- c) Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- d) Resistencia adecuada, en ambas direcciones principales, frente a las cargas laterales.
- e) Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- f) Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- g) Deformación lateral limitada.
- h) Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural).
- i) Consideración de las condiciones locales.
- j) Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

**Artículo 8.- Consideraciones Generales**

8.1. Toda edificación y cada una de sus partes debe ser diseñada y construida para resistir las solicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados.

8.2. No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

8.3. Se debe considerar el posible efecto de los tabiques, parapetos y otros elementos adosados en el

comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y el anclaje deben hacerse acorde con esta consideración.

8.4. En concordancia con los principios de Diseño Sismorresistente establecidos en el artículo 3, se acepta que las edificaciones tengan incursiones inelásticas frente a solicitaciones sísmicas severas. Por tanto, las fuerzas sísmicas de diseño son una fracción de la solicitación sísmica máxima elástica.

**Artículo 9.- Presentación del Proyecto**

9.1. Los planos, la memoria descriptiva y las especificaciones técnicas del proyecto estructural son firmados por el ingeniero civil colegiado responsable del diseño, quien es el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

9.2. Los planos del proyecto estructural incluyen la siguiente información:

- a) Sistema estructural sismorresistente.
- b) Período fundamental de vibración en ambas direcciones principales.
- c) Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- d) Fuerza cortante en la base empleada para el diseño, en ambas direcciones.
- e) Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.
- f) La ubicación de las estaciones acelerométricas, si éstas se requieren conforme al Capítulo IX.

**CAPÍTULO II  
PELIGRO SÍSMICO**

**Artículo 10.- Zonificación**

10.1. El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. El Anexo II contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.



**FIGURA N° 1. ZONAS SÍSMICAS**

10.2. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de

10% de ser excedida en 50 años. El factor  $Z$  se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

**Artículo 11.- Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio**

**11.1. Microzonificación Sísmica**

11.1.1. Son estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras.

1.11.2. Para los siguientes casos deben ser considerados los resultados de los estudios de microzonificación correspondientes:

- a) Áreas de expansión de ciudades.
- b) Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

**11.2. Estudios de Sitio**

11.2.1. Son estudios similares a los de microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño.

11.2.2. Los estudios de sitio se realizan, entre otros casos, en grandes complejos industriales, industria de explosivos, productos químicos inflamables y contaminantes.

11.2.3. No deben emplearse parámetros de diseño inferiores a los indicados en esta Norma.

**Artículo 12.- Condiciones Geotécnicas**

**12.1. Perfiles de Suelo**

12.1.1 Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $\bar{V}_s$ ), alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de  $N_{60}$  los obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $\bar{S}_u$ ) para suelos cohesivos. Estas propiedades se determinan para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación, como se indica en el numeral 12.2.

12.1.2 Para los suelos predominantemente granulares, se calcula  $N_{60}$  considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo.

12.1.3 Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de  $N_{60}$  para los estratos con suelos granulares y de  $\bar{S}_u$  para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más desfavorable.

12.1.4 Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

**a) Perfil Tipo S<sub>0</sub>: Roca Dura**

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $\bar{V}_s$  mayor que 1500 m/s. Las mediciones corresponden al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce

que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $\bar{V}_s$ .

**b) Perfil Tipo S<sub>1</sub>: Roca o Suelos Muy Rígidos**

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- b.1) Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $\bar{q}_u$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- b.2) Arena muy densa o grava arenosa densa, con  $N_{60}$  mayor que 50.
- b.3) Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

**c) Perfil Tipo S<sub>2</sub>: Suelos Intermedios**

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- c.1) Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $N_{60}$ , entre 15 y 50.
- c.2) Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

**d) Perfil Tipo S<sub>3</sub>: Suelos Blandos**

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- d.1) Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT  $N_{60}$  menor que 15.
- d.2) Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- d.3) Cualquier perfil que no corresponda al tipo S<sub>1</sub> y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad  $P$ , mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  menor que 25 kPa.

**e) Perfil Tipo S<sub>4</sub>: Condiciones Excepcionales**

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo es necesario considerar un perfil tipo S<sub>1</sub> cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

La Tabla N° 2 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo.

Perfil	$\bar{V}_s$	$N_{60}$	$\bar{S}_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

**12.2. Definición de los Perfiles de Suelo**

Las expresiones de este numeral se aplican a los 30 m superiores del perfil de suelo, medidos desde el nivel del fondo de cimentación. El subíndice  $i$  se refiere a uno cualquiera de los  $n$  estratos con distintas características,  $m$  se refiere al número de estratos con suelos granulares y  $k$  al número de estratos con suelos cohesivos.

**a) Velocidad Promedio de las Ondas de Corte,  $V_s$**   
La velocidad promedio de propagación de las ondas de corte se determina con la siguiente fórmula:

$$V_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{d_i}{V_{si}} \right)}$$

donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $n$  estratos y  $V_{si}$  es la correspondiente velocidad de ondas de corte (m/s).

**b) Promedio Ponderado del Ensayo Estándar de Penetración,  $N_{60}$**   
El valor  $N_{60}$  se calcula considerando solamente los estratos con suelos granulares en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{d_i}{N_{60i}} \right)}$$

donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $m$  estratos con suelo granular y  $N_{60i}$  es el correspondiente valor corregido del SPT.

**c) Promedio Ponderado de la Resistencia al Corte en Condición no Drenada,  $S_u$**   
El valor  $S_u$  se calcula considerando solamente los estratos con suelos cohesivos en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left( \frac{d_i}{S_{ui}} \right)}$$

donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $k$  estratos con suelo cohesivo y  $S_{ui}$  es la correspondiente resistencia al corte en condición no drenada (kPa).

**12.3. Consideraciones Adicionales**

12.3.1. En los casos en los que no sea obligatorio realizar un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) o cuando no se disponga de las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, se permite que el profesional responsable estime valores adecuados sobre la base de las condiciones geotécnicas conocidas.

12.3.2. En el caso de estructuras con cimentaciones profundas a base de pilotes, el perfil de suelo es el que corresponda a los estratos en los 30 m por debajo del extremo superior de los pilotes.

**Artículo 13.- Parámetros de Sitio (S, TP y TL)**

Se considera el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los periodos  $T_p$  y  $T_s$  dados en las Tablas N° 3 y N° 4.

ZONA	SUELO	FACTOR DE SUELO "S"			
		S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
Z <sub>1</sub>		0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>2</sub>		0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>3</sub>		0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>4</sub>		0,80	1,00	1,60	2,00

	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T <sub>p</sub> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>s</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

**Artículo 14.- Factor de Amplificación Sísmica (C)**

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$T < T_p$   $C = 2,5$

$T_p < T < T_L$   $C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right)$

$T > T_L$   $C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p \cdot T_L}{T} \right)$

T es el periodo de acuerdo al numeral 28.4, concordado con el numeral 29.1.

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

**CAPÍTULO III  
CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y  
REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES**

**Artículo 15.- Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)**

Cada estructura está clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usa según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se puede considerar U = 1.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U	
A	<p>A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.</p> <p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que pueden servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.</li> <li>- Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> <li>- Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</li> <li>- Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hoteles, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</li> <li>- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</li> </ul>	Ver nota 1	
B	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guarden patrimonio valioso como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,5	
C	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0	
D	Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

**Artículo 16.- Sistemas Estructurales**

**16.1. Estructuras de Concreto Armado**

Todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural sismorresistente cumplen con lo previsto en la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del RNE.

a) **Pórticos.** Por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En

caso se tengan muros estructurales, éstos se diseñan para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

b) **Muros Estructurales.** Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base.

c) **Dual.** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio.

d) **Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).** Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

### 16.2. Estructuras de Acero

Los Sistemas que se indican a continuación forman parte del Sistema Estructural Resistente a Sismos:

a) **Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)**  
Estos pórticos proveen una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia por flexión de las vigas y limitada fluencia en las zonas de panel de las columnas. Las columnas son diseñadas para tener una resistencia mayor que las vigas cuando estas incursionan en la zona de endurecimiento por deformación.

b) **Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)**  
Estos pórticos proveen una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

c) **Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)**  
Estos pórticos proveen una mínima capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

d) **Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)**  
Estos pórticos proveen una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión y fluencia en los arriostres en tracción.

e) **Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)**  
Estos pórticos proveen una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

f) **Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)**  
Estos pórticos proveen una significativa capacidad de deformación inelástica principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona entre arriostres.

### 16.3. Estructuras de Albañilería

Edificaciones cuyos elementos sismorresistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre estructuras de albañilería confinada o de albañilería armada.

### 16.4. Estructuras de Madera

Se consideran en este grupo las edificaciones cuyos elementos resistentes son principalmente a base de madera. Se incluyen sistemas entramados y estructuras arriostradas tipo poste y viga.

### 16.5. Estructuras de Tierra

Son edificaciones cuyos muros son hechos con unidades de albañilería de tierra o tierra apisonada in situ.

### Artículo 17.- Categoría y Sistemas Estructurales

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta se proyecta empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 6 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3, 2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera.
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

(\*) Para edificaciones con cobertura liviana se podrá usar cualquier sistema estructural.

(\*\*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se puede usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

### Artículo 18.- Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_b$ )

18.1. Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 7.

18.2. Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se toma el menor coeficiente  $R_b$  que corresponda.

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_b$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos Dual	8
De muros estructurales	7
Muros de ductilidad limitada	6
Albañilería Armada o Confinada	4
Madera	3
	7(**)

(\*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

(\*\*) Para diseño por esfuerzos admisibles.

18.3. Para construcciones de tierra se remite a la Norma E.080 "Diseño y Construcción con Tierra Reforzada" del RNE. Este tipo de construcción no se recomienda en suelos  $S_1$ , ni se permite en suelos  $S_4$ .

### Artículo 19.- Regularidad Estructural

19.1. Las estructuras se clasifican como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- Cumplir las restricciones de la Tabla N° 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.
- Determinar el coeficiente  $R$  de reducción de fuerzas sísmicas.

**19.2. Estructuras Regulares** son las que, en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9. En estos casos, el factor  $I_x$  e  $I_y$  es igual a 1.0.

**19.3. Estructuras Irregulares** son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

**Artículo 20.- Factores de Irregularidad ( $I_x, I_y$ )**

20.1. El factor  $I_x$  se determina como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis.

20.2. El factor  $I_y$  se determina como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

20.3. Si al aplicar las Tablas N° 8 y 9 se obtuvieran valores distintos de los factores  $I_x$  o  $I_y$  para las dos direcciones de análisis, se toma para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones.

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_x$
<b>Irregularidad de Rigidez - Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.	0,75
<b>Irregularidades de Resistencia - Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,75
<b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 80% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.	0,50
<b>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 85% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,50
<b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80
<b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)</b> Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.	0,60

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<b>Irregularidad Torsional</b> Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $U_{ext}$ ) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $U_{prom}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,75

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $U_{ext}$ ) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $U_{prom}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,60
<b>Esquinas Entrantes</b> La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90
<b>Discontinuidad del Diafragma</b> La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0,85
<b>Sistemas no Paralelos</b> Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los que de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.	0,90

**Artículo 21.- Restricciones a la Irregularidad**

**21.1. Categoría de la Edificación e Irregularidad**  
De acuerdo a su categoría y la zona donde se ubique, la edificación se proyecta respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

**21.2. Sistemas de Transferencia**

21.2.1. Los sistemas de transferencia son estructuras de losas y vigas que transmiten las fuerzas y momentos desde elementos verticales discontinuos hacia otros del piso inferior.

21.2.2. En las zonas sísmicas 4, 3 y 2 no se permiten estructuras con sistema de transferencia en los que más del 25% de las cargas de gravedad o de las cargas sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación. Esta disposición no se aplica para el último entrepiso de las edificaciones.

**Artículo 22.- Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, R**

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determina como el producto del coeficiente  $R_0$  determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores  $I_x, I_y$  obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9.

$$R = R_0 \cdot I_x \cdot I_y$$

**Artículo 23.- Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía**

23.1. Se permite la utilización de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía en la edificación, siempre y cuando se cumplan las disposiciones del capítulo II de esta Norma y, en la medida que sean aplicables, los requisitos del documento siguiente:

"Minimum Design Loads for Building and Other Structures", ASCE/SEI 7, vigente, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA.

23.2. La instalación de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía se somete a una supervisión técnica especializada a cargo de un ingeniero civil.

**CAPÍTULO IV  
ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

**Artículo 24.- Consideraciones Generales para el Análisis**

24.1. Para estructuras regulares, el análisis puede hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes. Para estructuras irregulares se supone que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño.

24.2. Las solicitaciones sísmicas verticales se consideran en el diseño de los elementos verticales, en elementos horizontales de gran luz, en elementos post o pre tensados y en los voladizos o salientes de un edificio. Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis.

**Artículo 25.- Modelos para el Análisis**

25.1. El modelo para el análisis considera una distribución espacial de masas y rigideces que sean adecuadas para representar los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura.

25.2. Para propósitos de esta Norma, las estructuras de concreto armado y albañilería pueden ser analizadas considerando las inercias de las secciones brutas, ignorando la fisuración y el refuerzo.

25.3. Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se puede usar un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación. En tal caso, las deformaciones de los elementos se compatibilizan mediante la condición de diafragma rígido y la distribución en planta de las fuerzas horizontales se hace en función a las rigideces de los elementos resistentes.

25.4. Se verifica que los diafragmas tengan la rigidez y resistencia suficiente para asegurar la distribución antes mencionada, en caso contrario, se toma en cuenta su flexibilidad para la distribución de las fuerzas sísmicas.

25.5. El modelo estructural incluye la tabiquería que no esté debidamente aislada.

25.6. Para los pisos que no constituyan diafragmas rígidos, los elementos resistentes son diseñados para las fuerzas horizontales que directamente les corresponde.

25.7. En los edificios cuyos elementos estructurales predominantes sean muros, se considera un modelo que tome en cuenta la interacción entre muros en direcciones perpendiculares (muros en H, muros en T y muros en L).

**Artículo 26.- Estimación del Peso (P)**

El peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:

- a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
- b) En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
- c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
- e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener.

**Artículo 27.- Procedimientos de Análisis Sísmico**

27.1. se utiliza uno de los procedimientos siguientes:

- a) Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes (artículo 28).
- b) Análisis dinámico modal espectral (artículo 29).

27.2. El análisis se hace considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

27.3. El procedimiento de análisis dinámico tiempo - historia, descrito en el artículo 30, puede usarse con fines de verificación, pero en ningún caso es exigido como sustituto de los procedimientos indicados en los artículos 28 y 29.

**Artículo 28.- Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes**

**28.1. Generalidades**

28.1.1. Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

28.1.2. Pueden analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1. En las otras zonas sísmicas puede emplearse este procedimiento para las estructuras clasificadas como regulares, según el artículo 19, de no más de 30 m de altura, y para las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

**28.2. Fuerza Cortante en la Base**

28.2.1. La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

28.2.2. El valor de C/R no se considera menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,11$$

**28.3. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura**

28.3.1. Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i, correspondientes a la dirección considerada, se calculan mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

28.3.2. Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: k = 1,0.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: k = (0,75 + 0,5 T) ≤ 2,0.

**28.4. Período Fundamental de Vibración**

28.4.1. El período fundamental de vibración para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

C<sub>T</sub> = 35 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.  
b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.  
b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$  Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

28.4.2. Alternativamente puede usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i\right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i\right)}}$$

Donde:

-  $f_i$  es la fuerza lateral en el nivel  $i$  correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

-  $d_i$  es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ . Los desplazamientos se calculan suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

28.4.3. Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el periodo fundamental  $T$  se toma como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente.

### 28.5. Excentricidad Accidental

Para estructuras con diafragmas rígidos, se supone que la fuerza en cada nivel ( $F_i$ ) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y se considera además de la excentricidad propia de la estructura el efecto de excentricidades accidentales (en cada dirección de análisis) como se indica a continuación:

- a) En el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante, se aplica un momento torsor accidental ( $M_{ti}$ ) que se calcula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

Para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel ( $e_i$ ), se considera como 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

b) Se puede suponer que las condiciones más desfavorables se obtienen considerando las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Se consideran únicamente los incrementos de las fuerzas horizontales no así las disminuciones.

### 28.6. Fuerzas Sísmicas Verticales

28.6.1. La fuerza sísmica vertical se considera como una fracción del peso igual a  $2/3 Z \cdot U \cdot S$ .

28.6.2. En elementos horizontales de grandes luces, incluyendo volados, se requiere un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 29.2.

### Artículo 29.- Análisis Dinámico Modal Espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

#### 29.1. Modos de Vibración

29.1.1. Los modos de vibración pueden determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente

las características de rigidez y la distribución de las masas.

29.1.2. En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero se toma en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

#### 29.2. Aceleración Espectral

29.2.1. Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

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

29.2.2. Para el análisis en la dirección vertical puede usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales, considerando los valores de  $C$ , definidos en el artículo 14, excepto para la zona de periodos muy cortos ( $T < 0,2 T_p$ ) en la que se considera:

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 \left(\frac{T}{T_p}\right)$$

#### 29.3. Criterios de Combinación

29.3.1. Mediante los criterios de combinación que se indican, se puede obtener la respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

29.3.2. La respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados ( $r_i$ ) puede determinarse usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

29.3.3. Donde  $r$  representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas, los coeficientes de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{8 \beta^2 (1 + \lambda) \lambda^{\lambda/2}}{(1 - \lambda^2)^2 + 4 \beta^2 \lambda (1 + \lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

$\beta$ , fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05

$\omega_i, \omega_j$  son las frecuencias angulares de los modos  $i, j$

29.3.4. Alternativamente, la respuesta máxima puede estimarse mediante la siguiente expresión.

$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

#### 29.4. Fuerza Cortante Mínima

29.4.1. Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado según el artículo 25 para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

29.4.2. Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se escalan proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

#### 29.5. Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión)

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considera mediante una excentricidad

accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso se considera el signo más desfavorable.

**Artículo 30.- Análisis Dinámico Tiempo - Historia**

El análisis dinámico tiempo - historia puede emplearse como un procedimiento complementario a los especificados en los artículos 28 y 29. En este tipo de análisis se utiliza un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio.

**30.1. Registros de Aceleración**

30.1.1. Para el análisis se usan como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluye dos componentes en direcciones ortogonales.

30.1.2. Cada conjunto de registros de aceleraciones del terreno consiste en un par de componentes de aceleración horizontal, elegidas y escaladas de eventos individuales. Las historias de aceleración son obtenidas de eventos cuyas magnitudes, distancia a las fallas, y mecanismos de fuente sean consistentes con el máximo sismo considerado. Cuando no se cuente con el número requerido de registros apropiados, se pueden usar registros simulados para alcanzar el número total requerido.

30.1.3. Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construye un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5% de amortiguamiento. Ambas componentes se escalan por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre 0,2 T y 1,5 T (siendo T el período fundamental), el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 29.2 con R = 1.

30.1.4. Para la generación de registros simulados se consideran los valores de C, definidos en el artículo 14, excepto para la zona de períodos muy cortos (T < 0,2 T<sub>p</sub>) en la que se considera:

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 \cdot \left(\frac{T}{T_p}\right)$$

**30.2. Modelo para el Análisis**

30.2.1. El modelo matemático representa correctamente la distribución espacial de masas en la estructura.

30.2.2. El comportamiento de los elementos es modelado de modo consistente con resultados de ensayos de laboratorio y toma en cuenta la fluencia, la degradación de resistencia, la degradación de rigidez, el estrechamiento de los lazos histeréticos, y todos los aspectos relevantes del comportamiento estructural indicado por los ensayos.

30.2.3. La resistencia de los elementos es obtenida en base a los valores esperados sobre resistencia del material, endurecimiento por deformación y degradación de resistencia por la carga cíclica.

30.2.4. Se permite suponer propiedades lineales para aquellos elementos en los que el análisis demuestre que permanecen en el rango elástico de respuesta.

30.2.5. Se admite considerar un amortiguamiento viscoso equivalente con un valor máximo del 5% del amortiguamiento crítico, además de la disipación resultante del comportamiento histerético de los elementos.

30.2.6. Se puede suponer que la estructura está empotrada en la base, o alternativamente considerar la flexibilidad del sistema de cimentación si fuera pertinente.

**30.3. Tratamiento de Resultados**

30.3.1. En caso se utilicen por lo menos siete juegos de registros del movimiento del suelo, las fuerzas de diseño, las deformaciones en los elementos y las distorsiones de entrepiso se evalúan a partir de los promedios de los correspondientes resultados máximos obtenidos en los distintos análisis. Si se utilizaran menos de siete juegos de registros, las fuerzas de diseño, las deformaciones y

las distorsiones de entrepiso son evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis.

30.3.2. Las distorsiones máximas de entrepiso no exceden de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 11.

30.3.3. Las deformaciones en los elementos no exceden de 2/3 de aquellas para las que perderían la capacidad portante para cargas verticales o para las que se tendría una pérdida de resistencia en exceso a 30%.

30.3.4. Para verificar la resistencia de los elementos se dividen los resultados del análisis entre R = 2, empleándose las normas aplicables a cada material.

**CAPÍTULO V  
REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y  
DUCTILIDAD**

**Artículo 31.- Determinación de Desplazamientos Laterales**

31.1. Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0,85 R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

31.2. Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se consideran los valores mínimos de C/R indicados en el numeral 28.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 29.4.

**Artículo 32.- Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles**

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el artículo 31, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11.

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ / h <sub>w</sub> )
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

**Artículo 33.- Separación entre Edificios (s)**

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

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

$$s = 0,006 h \geq 0,03 \text{ m}$$

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

33.3. El edificio se retira de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores que 2/3 del desplazamiento máximo calculado según el artículo 31 ni menores que s/2 si la edificación existente cuenta con una junta sísmica reglamentaria.

33.4. En caso de que no exista la junta sísmica reglamentaria, el edificio se separa de la edificación existente el valor de s/2 que le corresponde más el valor s/2 de la estructura vecina.

**Artículo 34.- Redundancia**

Cuando sobre un solo elemento de la estructura, muro o pórtico, actúa una fuerza de 30% o más del total de la fuerza cortante horizontal en cualquier entrepiso, dicho elemento se diseña para el 125% de dicha fuerza.

**Artículo 35.- Verificación de Resistencia Última**

En caso se realice un análisis de la resistencia última se puede utilizar las especificaciones del ASCE/SEI 41 *SEISMIC REHABILITATION OF EXISTING BUILDINGS*. Esta disposición no constituye una exigencia de la presente Norma.

**CAPÍTULO VI  
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS**

**Artículo 36.- Generalidades**

36.1. Se consideran como elementos no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema pero su aporte a la rigidez no es significativo.  
36.2. Para los elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sismorresistente y acompañen la deformación de la estructura se asegura que en caso de falla no causen daños.  
36.3. Dentro de los elementos no estructurales que tienen adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas se incluyen:

- a) Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
- b) Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.
- c) Vidrios y muro cortina.
- d) Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- e) Instalaciones eléctricas.
- f) Instalaciones de gas.
- g) Equipos mecánicos.
- h) Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo.

**Artículo 37.- Responsabilidad Profesional**

Los profesionales que elaboran los diferentes proyectos son responsables de proveer a los elementos no estructurales la adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas.

**Artículo 38.- Fuerzas de Diseño**

38.1. Los elementos no estructurales, sus anclajes, y sus conexiones se diseñan para resistir una fuerza sísmica horizontal en cualquier dirección ( $F$ ) asociada a su peso ( $P_e$ ), cuya resultante puede suponerse aplicada en el centro de masas del elemento, tal como se indica a continuación:

$$F = \frac{a_i}{g} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde  $a_i$  es la aceleración horizontal en el nivel donde el elemento no estructural está soportado o anclado, al sistema estructural de la edificación. Esta aceleración depende de las características dinámicas del sistema estructural de la edificación y se evalúa mediante un análisis dinámico de la estructura.

Alternativamente puede utilizarse la siguiente ecuación:

$$F = \frac{F_l}{P_l} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde  $F_l$  es la fuerza lateral en el nivel donde se apoya o se ancla el elemento no estructural, calculada de acuerdo al artículo 28 y  $P_l$  el peso de dicho nivel. Los valores de  $C_1$  se toman de la Tabla N° 12.

Tabla N° 12 VALORES DE $C_1$	
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, csas de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rigidamente al piso.	1,5

38.2. Para calcular las sollicitaciones de diseño en muros, tabiques, parapetos y en general elementos no estructurales con masa distribuida, la fuerza  $F$  se convierte

en una carga uniformemente distribuida por unidad de área. Para muros y tabiques soportados horizontalmente en dos niveles consecutivos, se toma el promedio de las aceleraciones de los dos niveles.

**Artículo 39.- Fuerza Horizontal Mínima**

En ningún nivel del edificio la fuerza  $F$  calculada con el artículo 38 es menor que:

$$0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

**Artículo 40.- Fuerzas Sísmicas Verticales**

40.1. La fuerza sísmica vertical se considera como 2/3 de la fuerza horizontal.  
40.2. Para equipos soportados por elementos de grandes luces, incluyendo volados, se requiere un análisis dinámico con los espectros definidos en el subnumeral 29.2.2.

**Artículo 41.- Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos**

Los elementos no estructurales localizados a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella (sótanos) y los cercos se diseñan con una fuerza horizontal calculada con:

$$F = 0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

**Artículo 42.- Otras Estructuras**

Para letreros, chimeneas, torres y antenas de comunicación instaladas en cualquier nivel del edificio, la fuerza de diseño se establece considerando las propiedades dinámicas del edificio y de la estructura a instalar. La fuerza de diseño no es menor que la correspondiente a la calculada con la metodología propuesta en este capítulo con un valor de  $C_1$  mínimo de 3,0.

**Artículo 43.- Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles**

Cuando el elemento no estructural o sus anclajes se diseñen utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles, las fuerzas sísmicas definidas en este Capítulo se multiplican por 0,8.

**CAPÍTULO VII  
CIMENTACIONES**

**Artículo 44.- Generalidades**

44.1. Las suposiciones que se hagan para los apoyos de la estructura son concordantes con las características propias del suelo de cimentación.  
44.2. La determinación de las presiones actuantes en el suelo para la verificación por esfuerzos admisibles, se hace con las fuerzas obtenidas del análisis sísmico multiplicadas por 0,8.

**Artículo 45.- Capacidad Portante**

En todo Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) se consideran los efectos de los sismos para la determinación de la capacidad portante del suelo de cimentación. En los sitios en que pueda producirse licuación del suelo, se efectúa una investigación geotécnica que evalúe esta posibilidad y determine la solución más adecuada.

**Artículo 46.- Momento de Volteo**

Toda estructura y su cimentación son diseñadas para resistir el momento de volteo que produce un sismo, según los artículos 28 o 29. El factor de seguridad calculado con las fuerzas que se obtienen en aplicación de esta Norma es mayor o igual que 1,2.

**Artículo 47.- Cimentaciones Sobre Suelos Flexibles o de Baja Capacidad Portante**

47.1. Para zapatas aisladas con o sin pilotes en suelos tipo  $S_3$  y  $S_4$  y para las Zonas 3 y 4, se provee elementos de conexión, los que soportan en tracción o compresión, una fuerza horizontal mínima equivalente al 10% de la carga vertical que soporta la zapata.  
47.2. Para suelos de capacidad portante menor que 0,15 MPa, se provee vigas de conexión en ambas direcciones.

47.3. Para el caso de pilotes y cajones de cimentación, se debe proveer vigas de conexión tomando en cuenta los giros y deformaciones por efecto de la fuerza horizontal diseñando pilotes y zapatas para estas solicitaciones. Los pilotes tienen una armadura en tracción equivalente por lo menos al 15% de la carga vertical que soportan.

### **CAPÍTULO VIII EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS**

Las estructuras dañadas por sismos son evaluadas, reparadas y/o reforzadas de tal manera que se corrijan los posibles defectos estructurales que provocaron los daños y recuperen la capacidad de resistir un nuevo evento sísmico, acorde con la filosofía del Diseño Sismorresistente señalada en el artículo 3.

#### **Artículo 48.- Evaluación de Estructuras Después de un Sismo**

Ocurrido el evento sísmico, la estructura es evaluada por un ingeniero civil, quien determina si la edificación se encuentra en buen estado o requiere de reforzamiento, reparación o demolición. El estudio necesariamente considera las características geotécnicas del sitio.

#### **Artículo 49.- Reparación y Reforzamiento**

49.1. La reparación o reforzamiento dota a la estructura de una combinación adecuada de rigidez, resistencia y ductilidad que garantice su buen comportamiento en eventos futuros.

49.2. El proyecto de reparación o reforzamiento incluye los detalles, procedimientos y sistemas constructivos a seguirse.

49.3. Para la reparación y el reforzamiento sísmico de edificaciones se siguen los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Se pueden emplear otros criterios y procedimientos diferentes a los indicados en el RNE, con la debida justificación técnica y con aprobación del propietario y de la autoridad competente.

49.4. Las edificaciones se pueden intervenir empleando los criterios de reforzamiento sísmico progresivo y en la medida que sea aplicable, usando los criterios establecidos en el documento "Engineering Guideline for Incremental Seismic Rehabilitation", FEMA P-420, Risk Management Series, USA, 2009.

### **CAPÍTULO IX INSTRUMENTACIÓN**

#### **Artículo 50.- Estaciones Acelerométricas**

50.1. Una estación acelerométrica es un espacio seguro con un área adecuada, que contiene un sensor triaxial de aceleraciones, un sistema de registro, almacenamiento y transmisión de la señal, desde el punto de registro al centro de procesamiento. La estación debe poseer las condiciones apropiadas para el correcto registro de las vibraciones sísmicas, control de tiempo y energía eléctrica estable y segura.

50.2. Las estaciones acelerométricas son provistas por el propietario y deben cumplir con las especificaciones técnicas establecidas por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), conforme al documento "Especificaciones Técnicas para Registradores Acelerométricos y requisitos mínimos para su instalación, operación y mantenimiento".

50.3. Las edificaciones que, individualmente o en forma conjunta, tengan un área techada igual o mayor que 10 000 m<sup>2</sup>, cuentan con una estación acelerométrica, instalada a nivel del terreno natural o en la base del edificio.

50.4. En edificaciones con más de 20 pisos o en aquellas con dispositivos de disipación sísmica o de aislamiento en la base, de cualquier altura, se requiere además de una estación acelerométrica en la base, otra adicional en la azotea o en el nivel inferior al techo.

50.5. La implementación de lo establecido en el presente artículo forma parte de las otras instalaciones en funcionamiento de los bienes y servicios comunes del nivel casco habitable de la edificación.

#### **Artículo 51.- Requisitos para su Ubicación**

51.1. La estación acelerométrica se instala en un área adecuada, con acceso fácil para su mantenimiento y apropiada iluminación, ventilación, suministro de energía eléctrica estabilizada.

51.2. El área está alejada de fuentes generadoras de cualquier tipo de ruido antrópico.

51.3. El plan de instrumentación es preparado por los proyectistas de cada especialidad, indicándose claramente en los planos de arquitectura, estructuras e instalaciones del edificio.

#### **Artículo 52.- Mantenimiento**

El mantenimiento operativo de las partes, de los componentes, del material fungible, así como el servicio de los instrumentos, son provistos por los propietarios del edificio y/o departamentos, bajo control de la municipalidad y es supervisado por el IGP. La responsabilidad del propietario se mantiene por 10 años.

#### **Artículo 53.- Disponibilidad de Datos**

La información registrada por los instrumentos es integrada a la base de datos de la Red Sísmica Nacional, a cargo del IGP y se encuentra a disposición del público en general.

### **ANEXO I PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS**

Las acciones sísmicas para el diseño estructural dependen de la zona sísmica ( $Z$ ), del perfil de suelo ( $S$ ,  $T_p$ ,  $T_i$ ), del uso de la edificación ( $U$ ), del sistema sismorresistente ( $R$ ) y las características dinámicas de la edificación ( $T$ ,  $C$ ) y de su peso ( $P$ ).

#### **ETAPA 1: PELIGRO SÍSMICO (Capítulo II)**

Los pasos de esta etapa dependen solamente del lugar y las características del terreno de fundación del proyecto. No dependen de las características del edificio.

##### **Paso 1 Factor de Zona $Z$ (Artículo 10)**

Determinar la zona sísmica donde se encuentra el proyecto en base al mapa de zonificación sísmica (Figura N°1) o a la Tabla de provincias y distritos del Anexo II.

Determinar el factor de zona ( $Z$ ) de acuerdo a la Tabla N° 1.

##### **Paso 2 Perfil de Suelo (Artículo 12)**

De acuerdo a los resultados del Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) se determina el tipo de perfil de suelo según el numeral 12.1 donde se definen 5 perfiles de suelo. La clasificación se hace en base a los parámetros indicados en la Tabla N° 2 considerando promedios para los estratos de los primeros 30 m bajo el nivel de cimentación.

Cuando no se conozcan las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, el profesional responsable del EMS determina el tipo de perfil de suelo sobre la base de las condiciones geotécnicas conocidas.

##### **Paso 3 Parámetros de Sitio $S$ , $T_p$ y $T_i$ (Artículo 13)**

El factor de amplificación del suelo se obtiene de la Tabla N° 3 y depende de la zona sísmica y el tipo de perfil de suelo. Los periodos  $T_p$  y  $T_i$  se obtienen de la Tabla N° 4 y solo dependen del tipo de perfil de suelo.

##### **Paso 4 Construir la función Factor de Amplificación Sísmica $C$ versus Periodo $T$ (Artículo 14)**

Depende de los parámetros de sitio  $T_p$  y  $T_i$ . Se definen tres tramos, periodos cortos, intermedios y largos, y se aplica para cada tramo las expresiones de este numeral.

#### **ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO (Capítulo III)**

Los pasos de esta etapa dependen de las características de la edificación, como son su categoría, sistema estructural y configuración regular o irregular.

**Paso 5 Categoría de la Edificación y el Factor de Uso U (Artículo 15)**

La categoría de la edificación y el factor de uso ( $U$ ) se obtienen de la Tabla N° 5.

**Paso 6 Sistema Estructural (Artículos 16 y 17)**

Se determina el sistema estructural de acuerdo a las definiciones que aparecen en el artículo 16.

En la Tabla N° 6 (artículo 17) se definen los sistemas estructurales permitidos de acuerdo a la categoría de la edificación y a la zona sísmica en la que se encuentra.

**Paso 7 Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas,  $R_0$  (Artículo 18)**

De la Tabla N° 7 se obtiene el valor del coeficiente  $R_0$ , que depende únicamente del sistema estructural.

**Paso 8 Factores de Irregularidad  $I_a$ ,  $I_p$  (Artículo 20)**

El factor  $I_a$  se determina como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades existentes en altura. El factor  $I_p$  se determina como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades existentes en planta.

En la mayoría de los casos se puede determinar si una estructura es regular o irregular a partir de su configuración estructural, pero en los casos de Irregularidad de Rigidez e Irregularidad Torsional se comprueba con los resultados del análisis sísmico según se indica en la descripción de dichas irregularidades.

**Paso 9 Restricciones a la Irregularidad (Artículo 21)**

Verificar las restricciones a la irregularidad de acuerdo a la categoría y zona de la edificación en la Tabla N° 10. Modificar la estructuración en caso que no se cumplan las restricciones de esta Tabla.

**Paso 10 Coeficiente de Reducción de la Fuerza Sísmica R (Artículo 22)**

$$Se\ determina\ R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p.$$

**ETAPA 3: ANÁLISIS ESTRUCTURAL (Capítulo IV)**

En esta etapa se desarrolla el análisis estructural. Se sugieren criterios para la elaboración del modelo matemático de la estructura, se indica cómo se calcula el peso de la edificación y se definen los procedimientos de análisis.

**Paso 11 Modelos de Análisis (Artículo 25)**

Desarrollar el modelo matemático de la estructura. Para estructuras de concreto armado y albañilería considerar las propiedades de las secciones brutas ignorando la fisuración y el refuerzo.

**Paso 12 Estimación del Peso P (Artículo 26)**

Se determina el peso ( $P$ ) para el cálculo de la fuerza sísmica adicionando a la carga permanente total un porcentaje de la carga viva que depende del uso y la categoría de la edificación, definido de acuerdo a lo indicado en este numeral.

**Paso 13 Procedimientos de Análisis Sísmico (Artículos 27 al 30)**

Se definen los procedimientos de análisis considerados en esta Norma, que son análisis estático (artículo 28) y análisis dinámico modal espectral (artículo 29).

**Paso 13A Análisis Estático (Artículo 28)**

Este procedimiento solo es aplicable a las estructuras que cumplen lo indicado en el numeral 28.1.

El análisis estático tiene los siguientes pasos:

- Calcular la fuerza cortante en la base  $V = \frac{\sum U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$  para cada dirección de análisis (numeral 28.2).
- Para determinar el valor de  $C$  (Paso 4 o artículo 14) se estima el periodo fundamental de vibración de la estructura ( $T$ ) en cada dirección (numeral 28.4).
- Determinar la distribución en la altura de la fuerza sísmica de cada dirección (numeral 28.3).

- Aplicar las fuerzas obtenidas en el centro de masas de cada piso. Además, se considera el momento torsor accidental (numeral 28.5).
- Considerar fuerzas sísmicas verticales (numeral 28.6) para los elementos en los que sea necesario.

**Paso 13B Análisis Dinámico (Artículo 29)**

Si se elige o es un requerimiento desarrollar un análisis dinámico modal espectral se debe:

- Determinar los modos de vibración y sus correspondientes periodos naturales y masas participantes mediante análisis dinámico del modelo matemático (numeral 29.1).
- Calcular el espectro inelástico de pseudo aceleraciones  $s_p = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$  para cada dirección de análisis (numeral 29.2).
- Considerar excentricidad accidental (numeral 29.5).
- Determinar todos los resultados de fuerzas y desplazamientos para cada modo de vibración.
- Determinar la respuesta máxima esperada correspondiente al efecto conjunto de los modos considerados (numeral 29.3).
- Se escalan todos los resultados obtenidos para fuerzas (numeral 29.4) considerando un cortante mínimo en el primer entrepiso que es un porcentaje del cortante calculado para el método estático (numeral 28.3). No se escalan los resultados para desplazamientos.
- Considerar fuerzas sísmicas verticales (numeral 29.2) usando un espectro con valores iguales a 2/3 del espectro más crítico para las direcciones horizontales, para los elementos que sea necesario.

**ETAPA 4: VALIDACIÓN DE LA ESTRUCTURA**

De acuerdo a los resultados del análisis, se determina si la estructura planteada es válida, para lo cual cumple con los requisitos de regularidad y rigidez indicados en este capítulo.

**Paso 14 Revisión de las Hipótesis del Análisis**

Con los resultados de los análisis se revisan los factores de irregularidad aplicados en el paso 8. En base a éstos se verifica si los valores de  $R$  se mantienen o son modificados. En caso de haberse empleado el procedimiento de análisis estático se verifica lo señalado en el numeral 28.1.

**Paso 15 Restricciones a la Irregularidad (Artículo 21)**

Verificar las restricciones a la irregularidad de acuerdo a la categoría y zona de la edificación en la Tabla N° 10. De existir irregularidades o irregularidades extremas en edificaciones en las que no están permitidas según esa Tabla, se modifica la estructuración y repite el análisis hasta lograr un resultado satisfactorio.

**Paso 16 Determinación de Desplazamientos Laterales (Artículo 31)**

Se calculan los desplazamientos laterales de acuerdo a las indicaciones de este numeral.

**Paso 17 Distorsión Admisible (Artículo 32)**

Verificar que la distorsión máxima de entrepiso que se obtiene en la estructura con los desplazamientos calculados en el paso anterior sea menor que lo indicado en la Tabla N° 11. De no cumplir se revisa la estructuración y repite el análisis hasta cumplir con el requerimiento.

**Paso 18 Separación entre Edificios (Artículo 33)**

Determinar la separación mínima a otras edificaciones o al límite de propiedad de acuerdo a las indicaciones de este numeral.

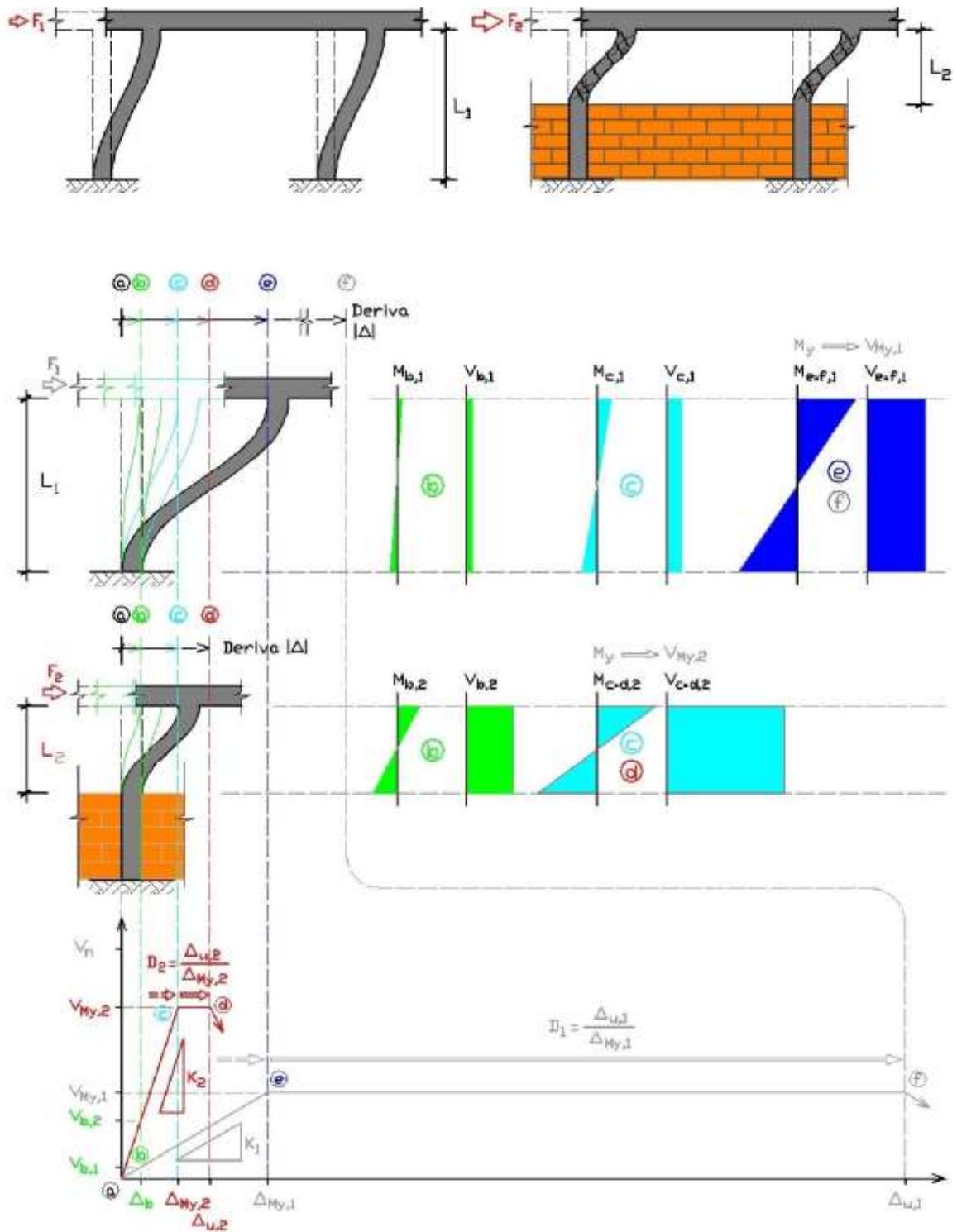
**ANEXO II  
ZONIFICACIÓN SÍSMICA**

Las zonas sísmicas en las que se divide el territorio peruano, para fines de esta Norma se muestran en la Figura 1.

A continuación, se especifican las provincias y distritos de cada zona.

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO	REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO		
CAJAMARCA	CONTUMAZÁ	CHILETE	3	TODOS LOS DISTRITOS	LA LIBERTAD	SÁNCHEZ CARRIÓN	COCHORCO	2	DOS DISTRITOS		
		CONTUMAZÁ					SARTUMBAMBA				
		CUPISNIQUE					CHUGAY				
		GUZMÁN					CURGOS				
		SAN BENITO					HUAMACHUO				
		SANTA CRUZ DE TOLEDO					MARCABAL				
		TANTARICA					SANAGORAN				
		YORWAN					SARIN				
	SAN MIGUEL	BOLÍVAR	3	TODOS LOS DISTRITOS		SANTIAGO DE CHUCO	ANGASMARCA	3	TODOS LOS DISTRITOS		
		CALQUIB					CACHICADÁN				
		CATILLUC					MOLLEBAMBA				
		EL PRADO					MOLLEPATA				
		LA FLORIDA					OLTRUVILCA				
		LLAPA					SANTA CRUZ DE CHUCA				
		NANCHOZ					SANTIAGO DE CHUCO				
		NEPOS					SITABAMBA				
		SAN GREGORIO					CASCAS			3	TODOS LOS DISTRITOS
		SAN MIGUEL					LUCMA				
	SAN SILVESTRE DE COCHAN	MARWOT									
	TONGOO	SAYAPULLO	3	TODOS LOS DISTRITOS							
	UNIÓN AGUA BLANCA	CALAMARCA									
	SAN BERNARDO	CARABAMBA									
	SAN PABLO	SAN LUIS	2	TODOS LOS DISTRITOS	JULCÁN	HUASO	3	TODOS LOS DISTRITOS			
		SAN PABLO				JULCÁN					
		TUMBADEN				AGALLPAMPA					
	SANTA CRUZ	ANDABAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS	OTUZCO	CHARAT	3	TODOS LOS DISTRITOS			
		CATACHE				HUIRANCHAL					
		CHANCAYBAÑOS				LA CLESTA					
		LA ESPERANZA				MACHE					
		NINABAMBA				OTUZCO					
		PULÁN				PARANDAY					
		SANTA CRUZ				SALPO					
		SAUCEPAMPA				SINICAP					
		SEXO				USQUIL					
		UTICYACU				CHEPÉN			4	TODOS LOS DISTRITOS	
	YALUYUCÁN	PACANGA									
LA LIBERTAD	BOLÍVAR	BAMBAMARCA	2	TODOS LOS DISTRITOS	ASCOPE	ASCOPE	4	TODOS LOS DISTRITOS			
		BOLÍVAR				CASA GRANDE					
		CONDORMARCA				CHICAMA					
		LONGOTEÁ				CHOCOPE					
		UCHUMARCA				MAGDALENA DE CAO					
	UCUNCHA	PALLÁN									
	PATAZ	BULIBUYO	2	TODOS LOS DISTRITOS		PACASMAYO			RÁZUR	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CHILLIA							SANTIAGO DE CAO		
		HUANCASPATA							GUADALUPE		
		HUAYLLAS							JEQUETEPEQUE		
		HUAYO			PACASMAYO						
		ONGÓN			SAN JOSÉ						
		PARCOY			SAN PEDRO DE LLOC						
		PATAZ			EL PORVENIR		4	TODOS LOS DISTRITOS			
		PIAS			FLORENCIA DE MORA						
		SANTIAGO DE CHALLAS			HUANCHACO						
		TAURJA			LA ESPERANZA						
		TAYABAMBA			LAREDO						
URRAY		MOCHE									
	POROTO										

Figura 8. Efecto Columna Corta



Fuente: Google

Panel Fotográfico

**Figura 9. Vistas del Módulo 2**





*Fuente: Realizado por los Investigadores*



*Fuente: Realizado por los Investigadores*





Columna Corta – Falla Inevitable en M1





*Fuente: Realizado por los Investigadores*



**Figura 10. Vistas Modulo 1**



*Fuente: Realizado por los Investigadores*





Columna Corta – Falla Inevitable en M2

*Fuente: Realizado por los Investigadores*

Figura 11. Vistas Modulo 3



Columna Corta – Falla Inevitable en M3

*Fuente: Realizado por los Investigadores*

**Figura 12. Errores en la Estructuración del Módulo 3**



Fuente : Realizado por los Investigadores





**Figura 13. Proceso del ensayo de Esclerometría**



*Fuente: Elaborado por los Investigadores.*





(d) Aplicación del Ensayo de Esclerometría



(c) Revestimiento de la Zona de Estudio

12

2

**Figura 14. Demolición de Módulos para proyecto de Mejoramiento**



FOTO N° 01 : SE MUESTRA CONEXIONES ELECTRICAS EXPUESTAS Y EN MAL ESTADO



FOTO N° 02 : TECHOS DE CALAMINA CON FIERROS COMO VIGAS OXIDADOS

Fuente: Municipalidad Distrital de Florencia de Mora



FOTONº 03 : SE APRECIA LA FALTA DE AMBIENTES PARA EL USO DE LOS ESCOLARES



FOTO Nº 04 : AMBIENTES ANTIGUOS QUE NO PERMITEN SU USO COMO AMBIENTES DE ESTUDIO.

Fuente: Municipalidad Distrital de Florencia de Mora



FOTO N° 05 : EN LA VISTA SE COMPRUEBA LA FALTA DE AMBIENTES MODERNOS PARA LOS ESCOLARES. EXISTIENDO EN SU LUGAR SALONES A PUNTO DE COLAPSAR



FOTO N° 06 : SE MUESTRA EL SUO DE TRYPLAY EN LOS AMBIENTES DE LOS ALONES, CON LUNAS ROTAS Y CON ETERNIT COMO TECHO.

Fuente: Municipalidad Distrital de Florencia de Mora



FOTO N° 07 : PISOS EN MAL ESTADO CON EL CONSIGUIENTE PELIGRO PARA LOS ESTUDIANTES



FOTO N° 08 : SE MUESTRAN MAS AMBIENTES ANTIGUOS CON TECHO ETERNIT GOLAP5ADO, VENTANAS EN MAL ESTADO.

Fuente: Municipalidad Distrital de Florencia de Mora

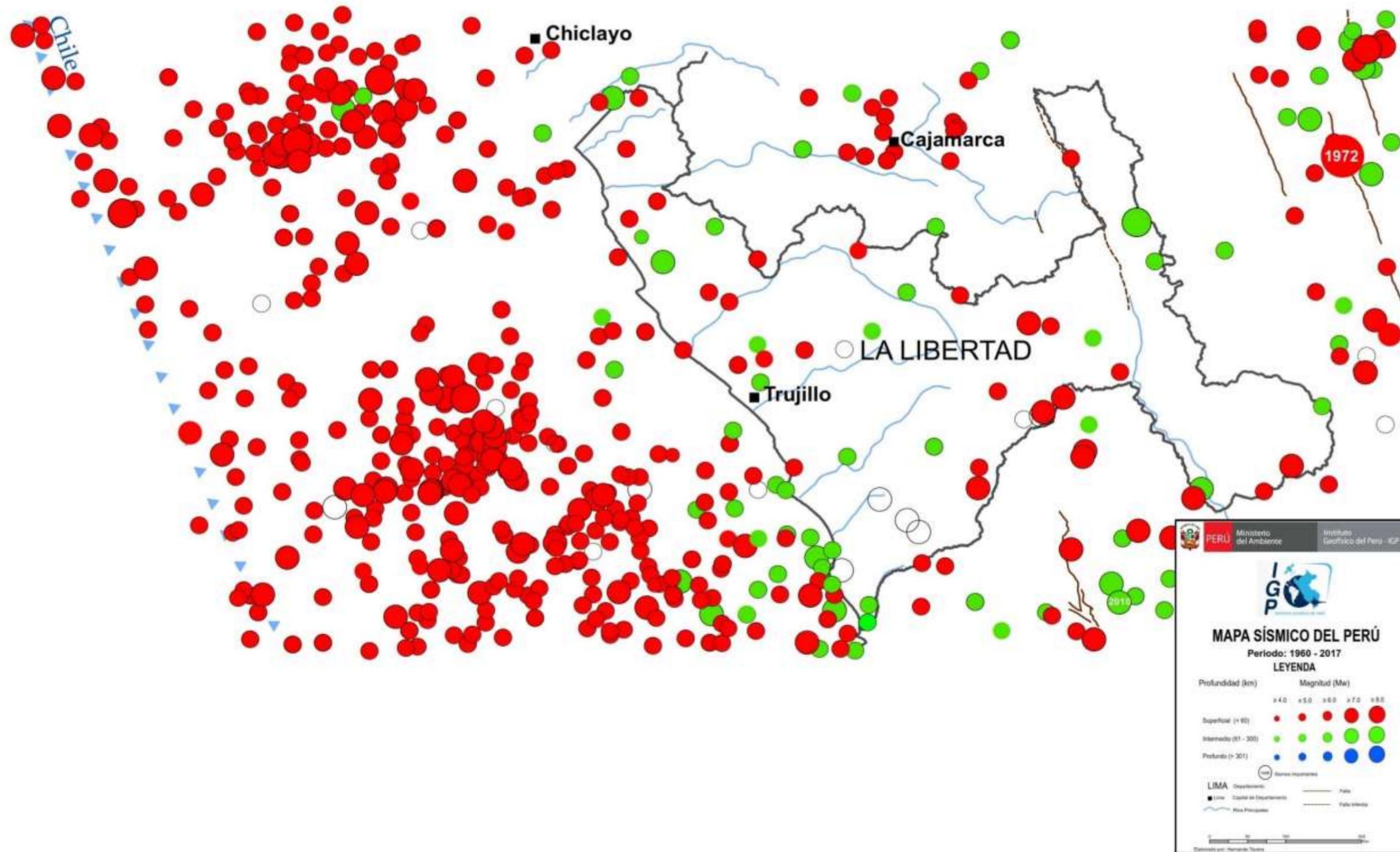


FOTO N° 09 : VISTA DE LA PARTE POSTERIOR DEL COLEGIO JORGE BASADRE QUE REUIGRE LA CONSTRUCCION DE AULAS Y DEMOLICION DE AMBIENTES ANTIGUOIS.

Fuente: Municipalidad Distrital de Florencia de Mora



Figura 15. Amenaza Sisma en la Región de la Libertad



Fuente: Realizado por los Investigadore





