

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA PERÚ -  
ECUADOR – COLOMBIA**

**COMPARACIÓN EDIFICACIÓN EN ZONA DE PELIGRO SÍSMICO  
4 DE PERÚ CON EDIFICACIÓN EN ZONA SÍSMICA VI ECUADOR**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

**NAYELI ALEXANDRA FREIRE GUEVARA**

**nayeli.freire@epn.edu.ec**

**DIRECTOR/A: ING. MARÍA BELÉN CORREA M.SC**

**maria.corream@epn.edu.ec**

**DMQ, agosto 2024**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, NAYELI ALEXANDRA FREIRE GUEVARA declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

**NAYELI ALEXANDRA FREIRE GUEVARA**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por NAYELI ALEXANDRA FREIRE GUEVARA, bajo mi supervisión.

---

**ING. MARÍA BELÉN CORREA M.SC.**  
**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

NAYELI ALEXANDRA FREIRE GUEVARA

MARIA BELÉN CORREA VALLEJO

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo inicialmente a mi madre, que ha sido mi apoyo fundamental a lo largo de toda mi vida, ha sabido guiarme e inculcarme los valores para llegar a donde estoy actualmente, por estar incondicionalmente para mí y ser parte fundamental en el desarrollo de mi formación académica. También a mi padre, mis abuelitos y familia que ha sido de gran ayuda a lo largo de este proceso.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi madre y a mi familia que me ha ayudado de todas las formas posibles a lo largo de la carrera.

A mis profesores, compañeros de universidad y demás personas de mi confianza, ya que, sin la ayuda, el apoyo y las enseñanzas de su parte no hubiera sido posible lograr este título.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |     |
|---|-----|
| <b>CERTIFICACIONES</b> .....  | I   |
| <b>DEDICATORIA</b> .....  | III |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....   | IV  |
| <b>RESUMEN</b> .....  | I   |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | I   |
| <b>1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO</b> .....                   | 2   |
| 1.1    Objetivo General.....  | 3   |
| 1.2    Objetivos Específicos .....  | 3   |
| 1.3    Alcance .....  | 4   |
| 1.4    Marco Teórico .....  | 4   |
| 1.4.1    Sismicidad en América Latina .....                               | 4   |
| 1.4.2    Norma Ecuatoriana de la Construcción. ....                       | 5   |
| 1.4.3    Reglamento Nacional de Edificaciones E.030.....                  | 10  |
| 1.4.4    Análisis estático no lineal - Pushover .....                     | 14  |
| 1.4.5    Nivel de desempeño.....  | 17  |
| <b>2. METODOLOGÍA</b> .....   | 19  |
| 2.1    Descripción del modelo arquitectónico. ....                        | 19  |
| 2.2    Ubicación y Geología .....   | 22  |
| 2.2.1    Ecuador.....   | 22  |
| 2.2.2    Perú .....   | 24  |
| 2.3    Descripción de los materiales: .....                               | 25  |
| 2.3.1    Hormigón .....   | 25  |
| 2.3.2    Acero.....   | 25  |
| 2.4    Análisis de cargas. ....   | 25  |
| 2.4.1    Carga Muerta.....  | 25  |
| 2.4.2    Carga Viva. ....   | 29  |
| 2.4.3    Combinaciones de carga.....                                      | 30  |
| 2.5    Predimensionamiento de elementos.....                              | 30  |
| 2.5.1    Predimensionamiento de losas .....                               | 30  |
| 2.5.2    Predimensionamiento de vigas .....                               | 32  |
| 2.5.3    Prediseño de columnas.....                                       | 34  |
| 2.6    Diseño basado en fuerzas.....                                      | 36  |
| 2.6.1    Cálculo del cortante basal según la norma ecuatoriana NEC15..... | 36  |
| 2.6.2    Cálculo del cortante basal según la norma peruana E.030.....     | 39  |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.7    | Modelación en el software numérico computacional ETABS .....      | 43 |
| 2.7.1  | Modelación para la estructura implantada en Ecuador: .....        | 43 |
| 2.7.2  | Modelación para la estructura implantada en Perú: .....           | 48 |
| 2.8    | Revisiones de la modelación.....                                  | 51 |
| 2.8.1  | Revisión de masa .....  | 51 |
| 2.8.2  | Revisión de cortante basal .....                                  | 51 |
| 2.8.3  | Revisión de periodo.....  | 52 |
| 2.8.4  | Revisión de modos de vibración .....                              | 53 |
| 2.8.5  | Revisión de derivas de piso .....                                 | 54 |
| 2.8.6  | Revisión de deformaciones .....                                   | 55 |
| 2.9    | Diseño de elementos estructurales.....                            | 56 |
| 2.9.1  | Losas .....   | 56 |
| 2.9.2  | Vigas .....   | 59 |
| 2.9.3  | Columnas.....   | 62 |
| 2.9.4  | Conexión Viga – Columna.....                                      | 64 |
| 2.10   | Modelación en el software SeismoStruct.....                       | 67 |
| 2.10.1 | Fase preliminar:.....   | 67 |
| 2.10.2 | Pre-Procesador.....   | 70 |
| 2.10.3 | Post-Procesador .....   | 72 |
| 2.11   | Cuantificación de materiales y presupuesto. ....                  | 73 |
| 3.     | RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                  | 75 |
| 3.1    | Resultados.....   | 75 |
| 3.1.1  | Ubicación de las edificaciones. ....                              | 75 |
| 3.1.2  | Comparación de cargas. ....                                       | 75 |
| 3.1.3  | Comparación de periodos fundamentales calculados.....             | 76 |
| 3.1.4  | Comparación de secciones de elementos estructurales finales. .... | 77 |
| 3.1.5  | Control de derivas. ....  | 77 |
| 3.1.6  | Espectro de diseño.....   | 79 |
| 3.1.7  | Cortante basal. ....  | 79 |
| 3.1.8  | Cortante y peso de la edificación.....                            | 80 |
| 3.1.9  | Modos de vibración. ....  | 80 |
| 3.1.10 | Análisis por desempeño. ....                                      | 81 |
| 3.1.11 | Cantidades de obra y presupuesto .....                            | 83 |
| 3.2    | Recomendaciones.....  | 84 |
| 3.3    | Conclusiones .....  | 85 |
| 4.     | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                  | 87 |
| 5.     | ANEXOS.....   | 89 |

|               |    |
|---------------|----|
| ANEXO 1 ..... | 89 |
| ANEXO 2 ..... | 90 |
| ANEXO 3 ..... | 91 |
| ANEXO 4 ..... | 93 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Síntesis de la filosofía de diseño. ....  | 5  |
| <b>Figura 2.</b> Valores de $\Delta M$ máximos, expresadas como fracción de la altura de piso.....   | 6  |
| <b>Figura 3.</b> Ecuador, zonas sísmicas para diseño y valor del factor de zona <b>Z</b> .....   | 6  |
| <b>Figura 4.</b> Valores del factor <b>Z</b> en función de la zona sísmica adoptada.....   | 7  |
| <b>Figura 5.</b> Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño. ....  | 7  |
| <b>Figura 6.</b> Definición de parámetros para la obtención del espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño. .... | 8  |
| <b>Figura 7.</b> Valores de $C_t$ y $\alpha$ .....   | 9  |
| <b>Figura 8.</b> Obtención del coeficiente <b>k</b> .....  | 10 |
| <b>Figura 9.</b> Límites para la distorsión del entrepiso .....  | 11 |
| <b>Figura 10.</b> Zonas sísmicas norma peruana. ....   | 11 |
| <b>Figura 11.</b> Valores del factor <b>Z</b> en función de la zona sísmica adoptada.....  | 12 |
| <b>Figura 12.</b> Periodos $T_P$ y $T_L$ . ....  | 13 |
| <b>Figura 13.</b> Parámetros del modelo constitutivo no lineal de Mander et. al para un hormigón de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .....              | 15 |
| <b>Figura 14.</b> Curva de descarga, Esfuerzo vs Deformación, planteada por Mander et. al. ....  | 15 |
| <b>Figura 15.</b> Parámetros del modelo constitutivo de Menegotto-Pinto para un acero de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .....                        | 16 |
| <b>Figura 16.</b> Curva de descarga, Esfuerzo vs Deformación, planteada por Menegotto-Pinto.....   | 16 |
| <b>Figura 17.</b> Niveles de amenaza sísmica. ....   | 17 |
| <b>Figura 18.</b> Escenarios de peligro sísmico. ....  | 17 |
| <b>Figura 19.</b> Objetivos de rehabilitación.....   | 18 |
| <b>Figura 20.</b> Matriz de objetivos. ....  | 18 |
| <b>Figura 21.</b> Fachada de la estructura. ....   | 19 |
| <b>Figura 22.</b> Vista en planta de subsuelos. ....   | 20 |
| <b>Figura 23.</b> Vista en planta de planta baja locales. ....   | 20 |
| <b>Figura 24.</b> Vista en planta de planta tipo nivel 1-2-3- oficinas.....  | 21 |
| <b>Figura 25.</b> Vista en planta de planta tipo nivel 4 en adelante – Departamentos.....  | 21 |
| <b>Figura 26.</b> Implantación del edificio en Ecuador. ....   | 22 |
| <b>Figura 27.</b> Factor <b>Z</b> para el cantón Salinas, provincia de Santa Elena. ....   | 22 |
| <b>Figura 28.</b> Tipo de suelo y Factores de sitio $F_a$ .....  | 23 |
| <b>Figura 29.</b> Tipo de suelo y Factores de sitio $F_d$ .....  | 23 |
| <b>Figura 30.</b> Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo $F_s$ . ....   | 24 |
| <b>Figura 31.</b> Implantación del edificio en Perú. ....  | 24 |
| <b>Figura 32.</b> Análisis de 1 metro cuadrado de mampostería. ....  | 26 |
| <b>Figura 33.</b> Análisis de número de bloques en 1 metro cuadrado de mampostería para Ecuador.....   | 26 |
| <b>Figura 34.</b> Peso del bloque para una pared de 20 cm de espesor para Ecuador.....   | 27 |
| <b>Figura 35.</b> Peso del mortero para una pared de 20 cm de espesor para Ecuador. ....   | 27 |
| <b>Figura 36.</b> Peso del enlucido para una pared de 20 cm de espesor para Ecuador.....   | 27 |
| <b>Figura 37.</b> Peso total para una pared de 20 cm de espesor para Ecuador.....  | 28 |
| <b>Figura 38.</b> Peso total para una pared de 10 y 15 cm de espesor para Ecuador.....   | 28 |
| <b>Figura 39.</b> Resumen de carga muerta por planta para edificio implantado en Ecuador. ....   | 28 |
| <b>Figura 40.</b> Peso total de mampostería de 10, 15 y 20 cm de espesor para Perú.....  | 28 |

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Figura 41.</b> | Resumen de carga muerta por planta para edificio implantado en Perú. ...   | 29 |
| <b>Figura 42.</b> | Carga No Sísmica Según la NEC-SE-CG. ....                                  | 29 |
| <b>Figura 43.</b> | Carga No Sísmica Según la normativa E.020. ....                            | 29 |
| <b>Figura 44.</b> | Combinaciones de carga según NEC-SE-CG-Cargas-No-Sísmicas. ....            | 30 |
| <b>Figura 45.</b> | Combinaciones de carga según la norma E.060. ....                          | 30 |
| <b>Figura 46.</b> | Predimensionamiento de losa maciza para Ecuador. ....                      | 31 |
| <b>Figura 47.</b> | Predimensionamiento de losa maciza para Perú. ....                         | 32 |
| <b>Figura 48.</b> | Altura mínima de viga. ....  | 32 |
| <b>Figura 49.</b> | Momentos aproximados para vigas. ....                                      | 33 |
| <b>Figura 50.</b> | Área aportante de una columna. ....  | 34 |
| <b>Figura 51.</b> | Tipo de uso, destino e importancia de la estructura. ....                  | 36 |
| <b>Figura 52.</b> | Tipo de uso, destino e importancia de la estructura. ....                  | 37 |
| <b>Figura 53.</b> | Espectro elástico de aceleraciones para edificio implantado en Ecuador. .  | 39 |
| <b>Figura 54.</b> | Factor de uso de la estructura. ....                                       | 40 |
| <b>Figura 55.</b> | Coefficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas. ....             | 40 |
| <b>Figura 56.</b> | Espectro elástico de aceleraciones para edificio implantado en Perú. ....  | 42 |
| <b>Figura 57.</b> | Propiedades mecánicas para el hormigón de $f_c=240 \text{ kg/cm}^2$ . .... | 43 |
| <b>Figura 58.</b> | Propiedades mecánicas para el acero de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ . ....   | 44 |
| <b>Figura 59.</b> | Configuración del refuerzo de la viga 1, 2 y 3. ....                       | 44 |
| <b>Figura 60.</b> | Dimensiones de losa. ....  | 45 |
| <b>Figura 61.</b> | Agrietamiento de losa. ....  | 45 |
| <b>Figura 62.</b> | Dimensiones del muro subterráneo. ....                                     | 46 |
| <b>Figura 63.</b> | Patrones de carga. ....  | 46 |
| <b>Figura 64.</b> | Definición de espectro. ....   | 47 |
| <b>Figura 65.</b> | Masa reactiva del edificio. ....   | 47 |
| <b>Figura 66.</b> | Asignación de nudos rígidos. ....  | 48 |
| <b>Figura 67.</b> | Propiedades mecánicas para el hormigón de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ . .... | 48 |
| <b>Figura 68.</b> | Propiedades mecánicas para el acero de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ . ....   | 49 |
| <b>Figura 69.</b> | Definición de espectro. ....   | 50 |
| <b>Figura 70.</b> | Asignación de nudos rígidos. ....  | 50 |
| <b>Figura 71.</b> | Revisión de masa para edificio implantado en Ecuador. ....                 | 51 |
| <b>Figura 72.</b> | Revisión de masa para edificio implantado en Perú. ....                    | 51 |
| <b>Figura 73.</b> | Revisión de cortante basal para edificio implantado en Ecuador. ....       | 52 |
| <b>Figura 74.</b> | Revisión de cortante basal para edificio implantado en Perú. ....          | 52 |
| <b>Figura 75.</b> | Revisión de periodo para edificio implantado en Ecuador. ....              | 52 |
| <b>Figura 76.</b> | Revisión de periodo para edificio implantado en Perú. ....                 | 53 |
| <b>Figura 77.</b> | Revisión de modos de vibración para edificio implantado en Ecuador. ....   | 53 |
| <b>Figura 78.</b> | Revisión de modos de vibración para edificio implantado en Perú. ....      | 53 |
| <b>Figura 79.</b> | Derivas de piso para edificio implantado en Ecuador. ....                  | 54 |
| <b>Figura 80.</b> | Revisión de derivas de piso en % para edificio implantado en Ecuador. .... | 54 |
| <b>Figura 81.</b> | Derivas de piso para edificio implantado en Perú. ....                     | 55 |
| <b>Figura 82.</b> | Revisión de derivas de piso en ‰ para edificio implantado en Perú. ....    | 55 |
| <b>Figura 83.</b> | Revisión de deformaciones para edificio implantado en Ecuador. ....        | 56 |
| <b>Figura 84.</b> | Revisión de deformaciones para edificio implantado en Perú. ....           | 56 |
| <b>Figura 85.</b> | Coefficientes para el cortante en losas bidireccionales. ....              | 57 |
| <b>Figura 86.</b> | Cortantes últimos aproximados. ....  | 57 |
| <b>Figura 87.</b> | Cálculo de $A_{sh1}$ , $A_{sh2}$ , $A_{sh3}$ . ....                        | 64 |
| <b>Figura 88.</b> | Indicaciones del software SeismoStruct. ....                               | 67 |
| <b>Figura 89.</b> | Creación de columnas en SeismoStruct. ....                                 | 68 |
| <b>Figura 90.</b> | Creación de vigas en SeismoStruct. ....                                    | 68 |
| <b>Figura 91.</b> | Creación de losa en SeismoStruct. ....                                     | 69 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 92.</b> Vista en planta SeismoStruct.....  | 69 |
| <b>Figura 93.</b> Vista en 3D SeismoStruct. ....   | 70 |
| <b>Figura 94.</b> Definición de materiales.....  | 70 |
| <b>Figura 95.</b> Niveles de desempeño en SeismoStruct.....  | 70 |
| <b>Figura 96.</b> Definición de espectro según la norma peruana en SeismoStruct.....                               | 71 |
| <b>Figura 97.</b> Multiplicadores de Nivel de Peligro SeismoStruct.....  | 71 |
| <b>Figura 98.</b> Análisis por desempeño en el sentido X para edificio implantado en Perú.....                     | 73 |
| <b>Figura 99.</b> Presupuesto de cada edificio.....  | 74 |
| <b>Figura 100.</b> Ubicación de las edificaciones en Ecuador y Perú. ....  | 75 |
| <b>Figura 101.</b> Resumen de cargas aplicadas. ....   | 76 |
| <b>Figura 102.</b> Resumen de secciones de las diferentes implantaciones. ....                                     | 77 |
| <b>Figura 103.</b> Derivas de piso en el sentido X para edificio implantado en Ecuador y Perú respectivamente..... | 78 |
| <b>Figura 104.</b> Derivas de piso en el sentido Y para edificio implantado en Ecuador y Perú respectivamente..... | 78 |
| <b>Figura 105.</b> Comparación de Espectros Elásticos. ....  | 79 |
| <b>Figura 106.</b> Comparación de Cortantes obtenidos para Ecuador y Perú respectivamente. ....                    | 80 |
| <b>Figura 107.</b> Análisis por desempeño en el sentido X para edificio implantado en Ecuador.....                 | 81 |
| <b>Figura 108.</b> Análisis por desempeño en el sentido Y para edificio implantado en Ecuador.....                 | 82 |
| <b>Figura 109.</b> Análisis por desempeño en el sentido X para edificio implantado en Perú. ....                   | 82 |
| <b>Figura 110.</b> Análisis por desempeño en el sentido Y para edificio implantado en Perú. ....                   | 83 |
| <b>Figura 111.</b> Elementos que superan el límite establecido. ....   | 83 |
| <b>Figura 112.</b> Comparación de presupuestos de obra.....  | 84 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Cálculo del factor $k$ .   | 14 |
| <b>Tabla 2.</b> Predimensionamiento de vigas para Ecuador.                                 | 34 |
| <b>Tabla 3.</b> Predimensionamiento de vigas para Perú.                                    | 34 |
| <b>Tabla 4.</b> Predimensionamiento de columnas.   | 36 |
| <b>Tabla 5.</b> Resumen de parámetros para el cálculo del cortante basal.                  | 38 |
| <b>Tabla 6.</b> Resumen de parámetros para el cálculo del cortante basal.                  | 42 |
| <b>Tabla 7.</b> Resumen de vigas finales.  | 44 |
| <b>Tabla 8.</b> Resumen de columnas finales.   | 45 |
| <b>Tabla 9.</b> Resumen de vigas finales.  | 49 |
| <b>Tabla 10.</b> Límites de deformación máxima.  | 72 |
| <b>Tabla 11.</b> Factor de carga en el sentido X para edificio implantado en Perú.         | 72 |
| <b>Tabla 12.</b> Resumen de cantidades de obra.  | 73 |
| <b>Tabla 13.</b> Comparación de periodos de vibración.                                     | 76 |
| <b>Tabla 14.</b> Resumen masa modal y cortante en la base.                                 | 80 |
| <b>Tabla 15.</b> Resumen de modos vibratorios y movimientos traslacionales y rotacionales. | 81 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| <b>Ecuación 1.</b> Fórmula del espectro sísmico elástico. ....   | 8  |
| <b>Ecuación 2.</b> Fórmula de periodo límite de vibración. ....  | 9  |
| <b>Ecuación 3.</b> Fórmula del periodo de vibración de la estructura. ....                                   | 9  |
| <b>Ecuación 4.</b> Fórmula del cortante basal para Ecuador. ....   | 9  |
| <b>Ecuación 5.</b> Fórmula del cortante basal para Perú. ....  | 12 |
| <b>Ecuación 6.</b> Fórmula del periodo de vibración de la estructura. ....                                   | 12 |
| <b>Ecuación 7.</b> Fórmula alternativa del periodo de vibración de la estructura. ....                       | 13 |
| <b>Ecuación 8.</b> Cálculo del factor <b>C</b> . ....  | 14 |
| <b>Ecuación 9.</b> Deformación al valor máximo pico de esfuerzo. ....  | 15 |
| <b>Ecuación 10.</b> Endurecimiento por deformación. ....   | 16 |
| <b>Ecuación 11.</b> Módulo de elasticidad para Ecuador. ....   | 25 |
| <b>Ecuación 12.</b> Módulo de elasticidad para Perú. ....  | 25 |
| <b>Ecuación 13.</b> Fórmula para losa en una o dos direcciones. ....   | 30 |
| <b>Ecuación 14.</b> Fórmula para altura mínima de losa maciza. ....  | 31 |
| <b>Ecuación 15.</b> Distribución de carga triangular. ....   | 32 |
| <b>Ecuación 16.</b> Distribución de carga trapezoidal. ....  | 33 |
| <b>Ecuación 17.</b> Momento de diseño y momento nominal. ....  | 33 |
| <b>Ecuación 18.</b> Fórmula de la resistencia última <b>P<sub>u</sub></b> . ....                             | 35 |
| <b>Ecuación 19.</b> Fórmula de la resistencia nominal <b>P<sub>o</sub></b> . ....                            | 35 |
| <b>Ecuación 20.</b> Consideración 1. ....  | 35 |
| <b>Ecuación 21.</b> Consideración 2. ....  | 35 |
| <b>Ecuación 22.</b> Fórmula para el cálculo del área bruta de la columna. ....                               | 35 |
| <b>Ecuación 23.</b> Cálculo de <b>T<sub>o</sub></b> según la NEC-SE-DS. ....                                 | 37 |
| <b>Ecuación 24.</b> Cálculo de <b>T<sub>c</sub></b> según la NEC-SE-DS. ....                                 | 37 |
| <b>Ecuación 25.</b> Cálculo de <b>T</b> según la NEC-SE-DS. ....   | 37 |
| <b>Ecuación 26.</b> Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas. ....                                   | 41 |
| <b>Ecuación 27.</b> Carga actuante para losas bidireccionales. ....  | 57 |
| <b>Ecuación 28.</b> Diseño a corte. ....   | 58 |
| <b>Ecuación 29.</b> Momento nominal. ....  | 58 |
| <b>Ecuación 30.</b> Acero calculado. ....  | 58 |
| <b>Ecuación 31.</b> Acero mínimo. ....   | 58 |
| <b>Ecuación 32.</b> Acero máximo. ....   | 59 |
| <b>Ecuación 33.</b> Cuantía balanceada. ....   | 59 |
| <b>Ecuación 34.</b> Acero de temperatura. ....   | 59 |
| <b>Ecuación 35.</b> Momento Probable. ....   | 60 |
| <b>Ecuación 36.</b> Cortante Hiperestático. ....   | 60 |
| <b>Ecuación 37.</b> Cortante del sismo. ....   | 61 |
| <b>Ecuación 38.</b> Capacidad de cortante último. ....   | 61 |
| <b>Ecuación 39.</b> Capacidad de cortante del concreto. ....   | 61 |
| <b>Ecuación 40.</b> Cortante resistido por el refuerzo transversal. ....                                     | 61 |
| <b>Ecuación 41.</b> Revisión de resistencia a cortante proporcionada por el acero de refuerzo en vigas. .... | 61 |
| <b>Ecuación 42.</b> Espaciamiento de refuerzo transversal para zona de confinamiento. ....                   | 62 |
| <b>Ecuación 43.</b> Espaciamiento de refuerzo transversal para zona central. ....                            | 62 |
| <b>Ecuación 44.</b> Área mínima de refuerzo. ....  | 62 |
| <b>Ecuación 45.</b> Esfuerzo mínimo y máximo. ....   | 62 |
| <b>Ecuación 46.</b> Cortante por capacidad. ....   | 63 |
| <b>Ecuación 47.</b> Espaciamiento de refuerzo transversal para zona de confinamiento. ....                   | 63 |
| <b>Ecuación 48.</b> Espaciamiento de refuerzo transversal para zona central. ....                            | 63 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Ecuación 49.</b> Área mínima de refuerzo .....   | 63 |
| <b>Ecuación 50.</b> Revisión de la Resistencia a la Compresión del Concreto .....         | 64 |
| <b>Ecuación 51.</b> Revisión de la Armadura Mínima a Cortante.....                        | 64 |
| <b>Ecuación 52.</b> Resistencia de diseño .....   | 65 |
| <b>Ecuación 53.</b> Longitud mínima de desarrollo de barras de refuerzo en tracción ..... | 66 |
| <b>Ecuación 54.</b> Momento nominal de la columna.....                                    | 67 |

## RESUMEN

Es de conocimiento que Ecuador y Perú se encuentran en una zona con un nivel de sismicidad alto, es por esto por lo que cada país se ha encargado de realizar su propia normativa para el diseño sismo-resistente de edificaciones, siendo para Ecuador la NEC15 y la NTE E.30 para Perú.

En el siguiente trabajo de integración curricular se presentará la comparación de ambas normativas aplicadas a una misma estructura de 10 pisos y 3 subsuelos destinado a viviendas con una configuración regular en planta y elevación; esta estructura será implantada en las zonas sísmicas más altas de cada país, siendo la zona VI para Ecuador y la IV para Perú, con el fin de evaluar parámetros sismorresistentes como derivas máximas, cortante basal, periodo fundamental entre otras revisiones establecidas en las normas, y a su vez, realizar la comparación de presupuesto, mediante el análisis de precios unitarios (APU's) de acuerdo a cada país.

Por lo cual, como paso inicial se establece un modelo arquitectónico con el cual se realizará el prediseño de elementos estructurales y el análisis de carga; también, con la ubicación de implantación en cada país, se realizará el análisis sísmico para obtener el cortante basal aplicable al modelo numérico computacional, luego, tras la modelación en el software ETABS se comprobarán secciones, se realizará un diseño final de elementos; posteriormente se realizará un análisis no lineal y se obtendrá el punto de desempeño de cada edificación, para finalizar con la comparación de resultados y de presupuesto entre ambas estructuras.

**PALABRAS CLAVE:** NEC15, NTE E.30, comparación normativa, diseño sismo-resistente, análisis de precios unitarios, Modelo numérico computacional, Punto de desempeño.

## ABSTRACT

It is known that Ecuador and Peru are located in an area with a high level of seismicity, which is why each country has been responsible for creating its own regulations for the earthquake-resistant design of buildings, for Ecuador being the NEC15 and the NTE. E.30 for Peru.

In this curricular integration work, the comparison of both regulations applied to the same structure with 10 floors and 3 basements intended for homes with a regular configuration in plan and elevation will be presented; this structure will be implemented in the highest seismic zones of each country, being zone VI for Ecuador and IV for Peru, in order to evaluate seismic parameters such as maximum drifts, basal shear, fundamental period among other reviews established in the standards, and in turn, carry out the budget comparison, through the analysis of unit prices (APU's) according to each country.

Therefore, as an initial step, an architectural model is established with which the pre-design of structural elements and the load analysis will be carried out; Also, with the implementation location in each country, the seismic analysis will be carried out to obtain the basal shear applicable to the computational numerical model, then, after modeling in the ETABS software, sections will be checked, a final design of elements will be carried out; subsequently, a non-linear analysis will be carried out and the performance point of each building will be obtained, to conclude with the comparison of results and budget between both structures.

**KEYWORDS:** NEC15, NTE E.30, code comparison, seismic-resistant design, unit price analysis, numerical computational model, performance point.

# 1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Ecuador y Perú se encuentran ubicados en el cinturón de fuego del Pacífico, el cual es conocido por su alta actividad sísmica, por tal motivo, estos países presentan sismos frecuentes y de gran magnitud, los cuales han ocasionado daños estructurales y pérdidas humanas y materiales, es por esta razón, que cada país ha desarrollado una normativa, siendo para Ecuador la NEC25, mientras que para Perú es la normativa técnica de edificaciones E.30. Estas normativas fueron creadas para contrarrestar o minimizar los efectos ocasionados por la actividad sísmica que se presenta, con el planteamiento de criterios mínimos para la construcción y la fiscalización de las estructuras.

La normativa ecuatoriana, ha dividido al país en seis zonas sísmicas, de la I a la VI, las cuales van de menor a mayor, clasificando al país en intermedia, alta o muy alta zona de peligro sísmico, así mismo propone un diseño sismorresistente de acuerdo con el tipo de suelo, que va desde un suelo A hasta un suelo F, siendo este último el más crítico para la construcción; y ubicación de la estructura, ya sea costa, sierra u oriente, así mismo, establece configuraciones en planta y en elevación para la determinación de coeficientes para el cálculo del cortante basal.

La normativa peruana, divide al país en cuatro zonas sísmicas, de la misma forma ascendente, siendo la zona 4 la mayor zona de peligrosidad sísmica. Propone parámetros de construcción y así mismo, coeficientes para el cálculo del cortante basal y el periodo característico de la estructura de acuerdo con su sistema estructural.

El propósito del presente trabajo es realizar la comparación de resultados de los comportamientos de una edificación aporticada de 10 plantas altas y 3 subsuelo de hormigón armado tras la aplicación de las distintas normativas y la ayuda de un software de modelamiento numérico computacional (ETABS) que brindará parámetros tales como derivas de entrepiso, periodo característico calculado por el software, masa actuante, modos vibratorios para el control de la torsión de la estructura, entre otras revisiones y realizando el diseño final de elementos estructurales tales como losas, vigas y columnas; se complementa con un análisis no lineal y se define el punto de desempeño de cada estructura, para culminar con un análisis presupuestario (APU's) de acuerdo con el mercado de cada país analizado, para plantear las diferencias entre las distintas asunciones que cada normativa plantea para el análisis sismorresistente.

## **1.1 Objetivo General**

- Analizar una edificación de hormigón armado de diez pisos y tres subsuelos emplazada en Lima, Perú, Distrito de San Borja, en la zona de peligro sísmico más alta de Perú (4), y en Ecuador en la zona de La Libertad, perteneciente al cantón Salinas con una zona de peligro sísmico VI, para realizar una comparación de respuestas estructurales y de presupuesto entre ambas edificaciones.

## **1.2 Objetivos Específicos**

1. Revisar la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) y el Reglamento Nacional de Edificaciones NTE. E.030. para obtener los distintos parámetros de diseño de acuerdo con el peligro sísmico de cada zona de los distintos países y así mismo para la obtención de cargas aplicables de acuerdo con el tipo de ocupación de las estructuras.
2. Obtener el espectro de diseño para la zona 4 de Perú y la zona de peligro sísmico VI de Ecuador, aplicando los parámetros y coeficientes establecidos en cada una de las normas vigentes de los países mencionados, el cual estará definido por la ubicación del edificio y las características geológicas y geotécnicas específicas del sitio.
3. Realizar una estimación y análisis de cargas mediante el plano arquitectónico, para la obtención de dimensiones de prediseño de la edificación para las diferentes implantaciones.
4. Realizar un modelo numérico computacional con la ayuda de ETABS, para la obtención de parámetros tales como derivas, deflexiones, entre otros para realizar un diseño estructural al modelo arquitectónico.
5. Realizar el diseño final de elementos estructurales para que cumplan la normativa vigente de cada país obteniendo así el modelo computacional final de cada estructura con los distintos requerimientos aplicados.
6. Realizar un análisis no lineal de las diferentes estructuras mediante el software SeismoStruct para evaluar el comportamiento de la estructura considerando el comportamiento tenso-deformacional de los materiales.
7. Determinar el punto de desempeño de la estructura mediante el software SeismoStruct mediante límites de deformación máxima establecidos por Sullivan, T. J., Priestley, M. J. N. y Calvi, G. M.

8. Realizar una comparación de resultados de los análisis estructurales obtenidos y de costos de las edificaciones tras la aplicación de la norma ecuatoriana y peruana.

### **1.3 Alcance**

Este trabajo tiene como finalidad elaborar el análisis comparativo del comportamiento estructural y de presupuesto de una edificación de 10 pisos y 3 subsuelos con una configuración regular en planta y elevación, ubicados en la zona 4 de Perú, específicamente en Lima, Distrito de San Borja y en la zona VI de Ecuador, específicamente en La Libertad, cantón Salinas perteneciente a la provincia de Santa Elena, aplicando la normativa vigente respectiva de cada país mencionado.

El trabajo consta de las siguientes fases: investigación de las normas de Perú y Ecuador, estimación de parámetros geotécnicos para el espectro sísmico de diseño, estimación de cargas aplicables en la estructura, modelación de la estructura mediante la utilización del software ETABS, análisis sísmico de la estructura de acuerdo a la normativa de cada país, diseño final de los elementos estructurales, análisis no lineal de las estructuras mediante el software SeismoStruct para la obtención del punto de desempeño de las estructuras, análisis de precios unitarios para la estimación del presupuesto de las estructuras, y finalmente la comparación de resultados.

### **1.4 Marco Teórico**

#### **1.4.1 Sismicidad en América Latina**

América Latina y el Caribe es la segunda región más propensa a los desastres naturales, según un informe de Naciones Unidas publicado en 2020. De acuerdo con este mismo informe, en la región se produjeron 75 terremotos, con 226.000 muertes y 339.000 heridos, del 2000 al 2020. En especial, las zonas de América Central y la costa occidental de América del Sur son unas de las más sísmicas del mundo. Esto se debe a que se ubican en el “Anillo de fuego”, una región caracterizada por la alta presencia de volcanes y movimientos constantes en las placas tectónicas. [1]

Los países más propensos a sufrir eventos sísmicos son Ecuador, Perú, Colombia, Chile, entre otros, por lo cual, son objeto de estudio para la disminución de daños en las estructuras y pérdidas humanas y materiales.

A partir de esta problemática, cada país ha elaborado su propia normativa de construcción en donde presentan requisitos mínimos de construcción para contrarrestar

y disminuir los efectos en las estructuras y evitar el colapso de estas, salvaguardando la vida humana ante posibles eventos sísmicos.

### 1.4.2 Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Ante la eventualidad sísmica de este país, se han encargado de crear la Norma Ecuatoriana NEC-SE-DS, la cual ha propuesto algunos parámetros y procedimiento para el diseño sismorresistente de una edificación descritos a continuación:

#### 1.4.2.1 Diseño basado en fuerzas

Este método implica realizar un análisis estático lineal y pseudo-dinámico, ambos obligatorios, para todo tipo de estructuras con excepción de las estructuras totalmente regulares. [2]

##### 1.4.2.1.1 Filosofía de diseño sismo resistente

La filosofía de diseño permite comprobar el nivel de seguridad de vida. El diseño estructural se hace para el sismo de diseño, evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años, equivalente a un período de retorno de 475 años. [2].

Esta filosofía se resume en la siguiente figura:

| Nivel de desempeño estructural (prevención) | Elementos estructurales | Elementos estructurales no | Tasa anual de excedencia |
|---|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Servicio                                    | Ningún daño             | Ningún daño                | 0.023                    |
| Daño  | Ningún daño             | Daños                      | 0.01389                  |
| Colapso                                     | Cierto grado de daño    | Daños considerables        | 0.00211                  |

Figura 1. Síntesis de la filosofía de diseño.

Fuente: Norma NEC-SE-DS. [2]

##### 1.4.2.1.2 Requisitos mínimos de diseño

- El cumplimiento del requisito  $R_{DBF}$  conlleva la evaluación de las fuerzas internas presentes en cada elemento estructural, para cumplir este requisito, los resultados totales del análisis deberán incluir deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos y en los elementos, momentos, cortantes de piso y cortante en la base. [2]
- La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la siguiente figura, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso [2]:

| Estructuras de:                                    | $\Delta_M$ máxima (sin unidad) |
|--|--------------------------------|
| Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera | 0.02                           |
| De mampostería                                     | 0.01                           |

**Figura 2.** Valores de  $\Delta_M$  máximos, expresadas como fracción de la altura de piso.

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

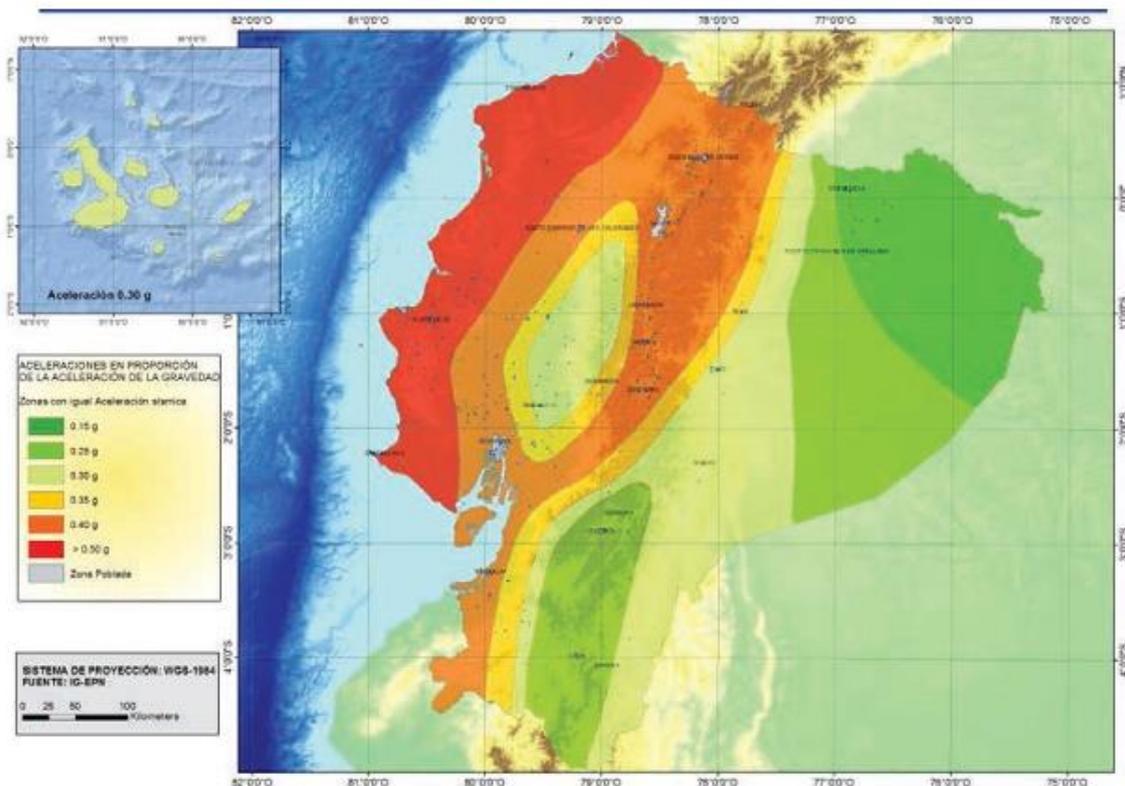
### 1.4.2.2 Métodos de análisis estático lineal basado en fuerzas

Método en el cual se definen parámetros que dependen de la zonificación sísmica, para la obtención del espectro de aceleraciones  $S_a(T_a)$ .

#### 1.4.2.2.1 Zonificación sísmica y factor de zona $Z$

Para los edificios de uso normal, se usa el valor de  $Z$ , que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. [2]

A continuación, se presenta el mapa de zonificación sísmica definido por NEC-SE-DS:



**Figura 3.** Ecuador, zonas sísmicas para diseño y valor del factor de zona  $Z$ .

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

El presente mapa, proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona **VI**. [2]

| Zona sísmica                        | I          | II   | III  | IV   | V    | VI       |
|-------------------------------------|------------|------|------|------|------|----------|
| Valor factor Z                      | 0.15       | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥ 0.50   |
| Caracterización del peligro sísmico | Intermedia | Alta | Alta | Alta | Alta | Muy alta |

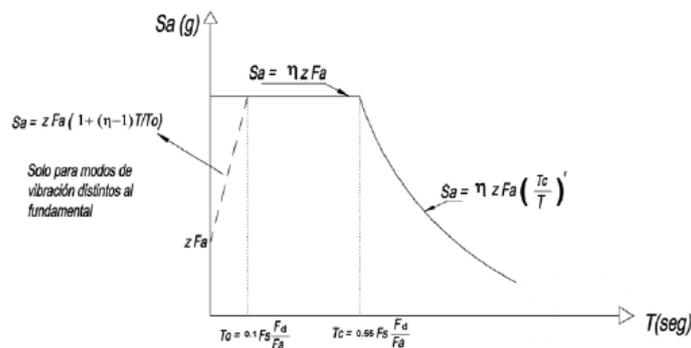
**Figura 4.** Valores del factor **Z** en función de la zona sísmica adoptada

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

### 1.4.2.3 Análisis dinámico espectral.

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones **S<sub>a</sub>**, expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño, se proporciona en la siguiente figura, consistente con:

- el factor de zona sísmica **Z**.
- el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura.
- la consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo **F<sub>a</sub>**, **F<sub>d</sub>**, **F<sub>s</sub>**. [2], parámetros que se obtienen de las tablas 3,4 y 5 de la NEC-SD-DS.



**Figura 5.** Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

Algunos de los parámetros son descritos en la siguiente figura:

|        |  |
|--------|--|
| Dónde: |  |
| $\eta$ | Razón entre la aceleración espectral $S_a$ ( $T = 0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.  |
| $F_a$  | Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio   |
| $F_d$  | Coefficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio   |
| $F_s$  | Coefficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos |
| $S_a$  | Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad $g$ ). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura  |
| $T$    | Periodo fundamental de vibración de la estructura  |
| $T_0$  | Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño   |
| $T_c$  | Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño   |
| $Z$    | Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad $g$  |

**Figura 6.** Definición de parámetros para la obtención del espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

Dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para periodos de vibración estructural  $T$  pertenecientes a 2 rangos:

$$S_a = \eta Z F_a ; \text{Para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left( \frac{T_c}{T} \right)^r ; \text{Para } T > T_c$$

**Ecuación 1.** Fórmula del espectro sísmico elástico.

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

Donde, “ $\eta$ ” adopta los siguientes valores de 1.80 para provincias de la Costa (excepto Esmeraldas), 2.48 para provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos, y 2.60 para provincias del Oriente y “ $r$ ”, factor que depende de la ubicación geográfica del proyecto adopta los valores de 1, para todos los suelos exceptos los suelos tipo E, y 1.5 para tipos de suelo E.

El periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño se calcula mediante las siguientes ecuaciones [2]:

$$T_0 = 0.10 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

**Ecuación 2.** Fórmula de periodo límite de vibración.

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

### 1.4.2.3.1 Periodo fundamental de la estructura

Para la obtención del espectro de diseño de aceleración será necesario calcular un periodo de vibración de la estructura “**T**”, el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$T = C_t \cdot h_n^\alpha$$

**Ecuación 3.** Fórmula del periodo de vibración de la estructura.

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

Donde:

- **C<sub>t</sub>**: Coeficiente que depende del tipo de edificio.
- **h<sub>n</sub><sup>α</sup>**: Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

Obteniendo los parámetros indicados de la siguiente figura:

| Tipo de estructura   | C <sub>t</sub> | α    |
|--|----------------|------|
| <b>Estructuras de acero</b>  |                |      |
| Sin arriostramientos   | 0.072          | 0.8  |
| Con arriostramientos   | 0.073          | 0.75 |
| <b>Pórticos especiales de hormigón armado</b>  |                |      |
| Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras  | 0.055          | 0.9  |
| Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural | 0.055          | 0.75 |

**Figura 7.** Valores de C<sub>t</sub> y α.

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

### 1.4.2.3.2 Cortante Basal

El cortante basal total de diseño **V**, se refiere a la fuerza horizontal aplicada en la base de la estructura que se origina por cargas laterales, el cual se determinará mediante las expresiones:

$$V = \frac{I \cdot S_a \cdot (T_a)}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} \cdot W$$

**Ecuación 4.** Fórmula del cortante basal para Ecuador.

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

Donde:

- $S_a(T_a)$ : Espectro de diseño en aceleración
- $\phi_P$  y  $\phi_E$ : Coeficientes de configuración en planta y elevación
- $I$ : Coeficiente de importancia;
- $R$ : Factor de reducción de resistencia sísmica;
- $V$ : Cortante basal total de diseño
- $W$ : Carga sísmica reactiva.
- $T_a$ : Período de vibración.

Y, finalmente se obtiene el coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura  $T$  [2]:

| Valores de T (s)   | k               |
|--------------------|-----------------|
| $\leq 0.5$         | 1               |
| $0.5 < T \leq 2.5$ | $0.75 + 0.50 T$ |
| $> 2.5$            | 2               |

**Figura 8.** Obtención del coeficiente  $k$ .

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

### **1.4.3 Reglamento Nacional de Edificaciones E.030.**

Ante la eventualidad sísmica de este país, se ha encargado de crear la Norma peruana NTE E.030, la cual ha propuesto algunos parámetros para el diseño sismorresistente de una edificación, para los cuales se plantean los siguientes puntos:

#### **1.4.3.1 Filosofía y principios de diseño sismo resistente**

La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en evitar pérdida de vidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a la propiedad.

En concordancia con tal filosofía, se establecen en la presente Norma los siguientes principios: 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, la estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables, para las edificaciones esenciales debería tener consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo. [3]

### 1.4.3.2 Requisitos mínimos de diseño

- 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 siguiente figura:

| LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO                      |  |
|---|--|
| Material Predominante   | $\left(\frac{\Delta_i}{h_{ei}}\right)$ |
| Concreto Armado   | 0.007                                  |
| Acero   | 0.01                                   |
| Albañilería   | 0.005                                  |
| Madera  | 0.01                                   |
| Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada | 0.005                                  |

**Figura 9.** Límites para la distorsión del entrepiso

**Fuente:** Elaboración Propia. [3]

### 1.4.3.3 Métodos de análisis estático lineal basado en fuerzas

#### 1.4.3.3.1 Zonificación sísmica y factor de zona Z

Esta normativa divide al país en 4 zonas de peligro sísmico, los cuales se atenúan y son más altos cuando este se acerca a la zona costera del país.



**Figura 10.** Zonas sísmicas norma peruana.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

A cada zona se asigna un factor **Z** según se indica en la siguiente tabla. 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. [3]

| FACTORES DE ZONA "Z" |      |
|----------------------|------|
| ZONA                 | Z    |
| 4                    | 0.45 |
| 3                    | 0.35 |
| 2                    | 0.25 |
| 1                    | 0.1  |

**Figura 11.** Valores del factor **Z** en función de la zona sísmica adoptada.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

#### 1.4.3.3.2 Cortante Basal

El cortante basal total de diseño **V**, a nivel de cargas últimas, aplicado a una estructura en una dirección especificada, se determinará mediante las expresiones:

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

**Ecuación 5.** Fórmula del cortante basal para Perú.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

Donde:

- **U:** Factor de uso o importancia,
- **C:** Factor de amplificación sísmica,
- **S:** Factor de amplificación del suelo,
- **R:** Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas;
- **P:** Peso total de la edificación.

Se debe tomar en cuenta que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Para la obtención del espectro de diseño de aceleración será necesario calcular un periodo de vibración de la estructura, según la siguiente ecuación:

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

**Ecuación 6.** Fórmula del periodo de vibración de la estructura.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

Donde:

- $C_T = 35$ ; Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente: Pórticos de concreto armado sin muros de corte o pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momento, sin arriostramiento.
- $C_T = 45$ ; Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean: Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras o 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. [3]

Alternativamente se puede usar la siguiente ecuación:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2}{\sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i}}$$

**Ecuación 7.** Fórmula alternativa del periodo de vibración de la estructura.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

Donde:

- $f_i$  es la fuerza lateral  $i$  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  $f_i$ .

Para el cálculo del Factor de amplificación sísmica, es necesario saber el tipo de suelo, la norma peruana lo divide en 5 tipos de suelo, que dependen de la velocidad de onda de corte, promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar y promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada, los cuales son  $S_0$ ,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  y  $S_4$ , y adicionalmente la obtención del periodo  $T_P$  Y  $T_L$ , período que define la plataforma del factor  $C$  y Período que define el inicio de la zona del factor  $C$  con desplazamiento constante, respectivamente. [3]

| PERIODOS "T <sub>P</sub> " Y "T <sub>L</sub> " |                 |                |                |                |
|--|-----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | PERFIL DE SUELO |                |                |                |
|  | S <sub>0</sub>  | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> |
| T <sub>P</sub> (s)                             | 0.3             | 0.4            | 0.6            | 1              |
| T <sub>L</sub> (s)                             | 3               | 2.5            | 2              | 1.6            |

**Figura 12.** Periodos  $T_P$  y  $T_L$ .

**Fuente:** Elaboración Propia.

Finalmente se aplican las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 T < T_p & \quad C = 2.5 \\
 T_p < T < T_L & \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right) \\
 T > T_L & \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

**Ecuación 8.** Cálculo del factor **C**.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

Y, finalmente se obtiene el coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura **T** [3]:

**Tabla 1.** Cálculo del factor **k**.

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Para <b>T</b> menor o igual a 0,5 s             | <b>k=1</b>            |
| Para <b>T</b> mayor a 0,5 s y menor igual a 2 s | <b>k= (0.75+0.5T)</b> |

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

#### 1.4.4 Análisis estático no lineal - Pushover

El análisis estático lineal pushover asume el comportamiento no lineal de los materiales, siendo estos el acero y el hormigón, los cuales por normativa se asume un comportamiento lineal para facilidad de cálculos. Este análisis tiene como finalidad observar el daño real que tienen los elementos estructurales.

Para la aplicación de este análisis se utilizaron los siguientes modelos constitutivos de materiales para el hormigón y el acero respectivamente.

##### 1.4.4.1 Modelo constitutivo No Lineal de Mander et al. para hormigón.

Se trata de un modelo uniaxial no lineal de confinamiento constante, programado inicialmente por Madas en 1993, que sigue la relación constitutiva propuesta por Mander et al. en 1988 y las leyes cíclicas propuestas por Martínez-Rueda and Elnashai en 1997. Los efectos del confinamiento provisto por la armadura transversal son incorporados mediante las leyes propuestas por Mander et al. 1988, en las cuales se asume una presión de confinamiento constante a lo largo de todo el rango de esfuerzos-deformaciones [4]. Este modelo constitutivo asume los siguientes parámetros, los cuales deben ser modificado de acuerdo con la compresión del hormigón requerida:

|  |             |
|--|-------------|
| Resistencia a la Compresión (kPa)                      | 27458.62    |
| Resistencia a la tracción (kPa)                        | 2745.862    |
| Módulo de elasticidad (kPa)                            | 2.4614E+007 |
| Deformación al valor del máximo pico de esfuerzo (m/m) | 0.0022      |
| Peso Específico (KN/m3)                                | 24.00       |

**Figura 13.** Parámetros del modelo constitutivo no lineal de Mander et. al para un hormigón de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

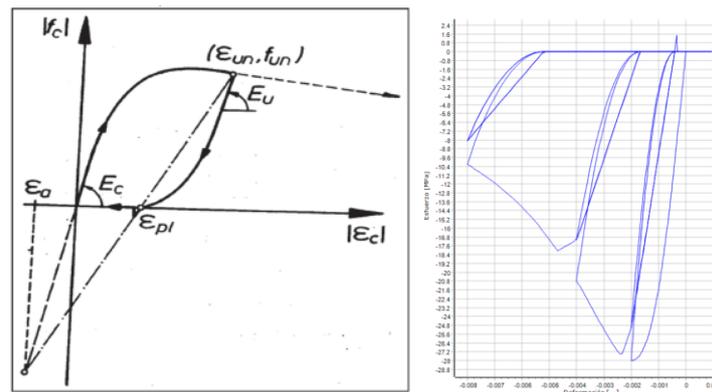
Donde la resistencia a la tracción se asume como un 10% de la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad se calcula con la **Ecuación 11** y **Ecuación 12**, de acuerdo con la edificación modelada, la deformación al valor máximo pico de esfuerzo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Def_m = 2 * \frac{f'c}{Ec}$$

**Ecuación 9.** Deformación al valor máximo pico de esfuerzo.

**Fuente:** Diego Sosa. [5]

Finalmente, la curva de descarga planteada por Mandel et al. es la siguiente:



**Figura 14.** Curva de descarga, Esfuerzo vs Deformación, planteada por Mander et. al.

**Fuente:** Diego Sosa. [5] y SeismoStruct [4], respectivamente.

#### 1.4.4.2 Modelo constitutivo de Menegotto – Pinto para acero.

“Este modelo es utilizado en el software computacional SeismoStruct, el cual nos permite agregar el comportamiento no lineal del acero con base en curvas constitutivas

previamente cargadas.” [6] Este modelo constitutivo asume los siguientes parámetros, los cuales deben ser modificados de acuerdo las solicitaciones requeridas:

|   |           |
|---|-----------|
| Módulo de elasticidad (kPa)                                       | 210000000 |
| Límite de fluencia (kPa)  | 420000    |
| Parámetro de endurecimiento por deformación (-)                   | 0.007     |
| Parámetro de forma inicial de la curva de transición (-)          | 20.00     |
| Coef. de calibración de la forma de la curva de transición A1 (-) | 18.50     |
| Coef. de calibración de la forma de la curva de transición A2 (-) | 0.15      |
| Coef. de calibración del endurecimiento isotrópico A3 (-)         | 0.00      |
| Coef. de calibración del endurecimiento isotrópico A4 (-)         | 1.00      |
| Deformación de rotura/pandeo (-)                                  | 0.1       |
| Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )                              | 78.00     |

**Figura 15.** Parámetros del modelo constitutivo de Menegotto-Pinto para un acero de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

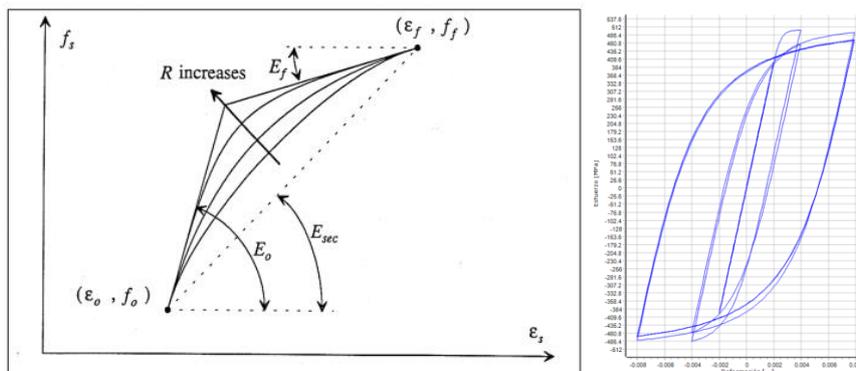
Donde los valores de módulo de elasticidad, límite de fluencia y deformación de rotura/pandeo son obtenidos de ensayos de laboratorio recopilados, mientras que el resto de los parámetros vienen dados del modelo constitutivo designado por Menegotto-Pinto. Finalmente, el parámetro de endurecimiento por deformación viene de la siguiente ecuación, descrita en la sección 3.1.3. de la tesis de maestría en [5]:

$$\text{Endurecimiento por deformación} = \frac{E_{SEC}}{E_S}$$

**Ecuación 10.** Endurecimiento por deformación.

**Fuente:** Diego Sosa. [5]

Finalmente, la curva de descarga planteada por Menegotto-Pinto es la siguiente:



**Figura 16.** Curva de descarga, Esfuerzo vs Deformación, planteada por Menegotto-Pinto.

**Fuente:** Diego Sosa. [5]

### 1.4.5 Nivel de desempeño

Según la norma ecuatoriana existen 4 principales niveles de desempeño estructural, los cuales son **1-A)** Nivel Operacional, **1-B)** Ocupación Inmediata, **3-C)** Seguridad De Vida y **5-E)** Prevención Al Colapso [7], mientras que según la norma peruana se tiene 4 niveles de desempeño también, que son completamente operativo, operativo, Resguardo de vida y cerca al colapso [8].

La norma ecuatoriana define los siguientes niveles de amenaza sísmica:

| Probabilidad de excedencia en 50 años | Periodo de retorno T <sub>r</sub> (años) | Tasa de excedencia (1/T <sub>r</sub> ) |
|---------------------------------------|--|--|
| 2%                                    | 2500                                     | 0.00040                                |
| 10%                                   | 475                                      | 0.00211                                |
| 20%                                   | 225                                      | 0.00444                                |
| 50%                                   | 72                                       | 0.01389                                |

**Figura 17.** Niveles de amenaza sísmica.

**Fuente:** NEC-SE-RE-Riesgo-sísmico [7].

Mientras que la norma peruana define los siguientes escenarios de peligro sísmico:

| Sismo            | Periodo de Retorno (años) | Probabilidad de excedencia en 50 años. |
|------------------|---------------------------|--|
| <b>Frecuente</b> | 45                        | 67%                                    |
| <b>Ocasional</b> | 75                        | 50%                                    |
| <b>Raro</b>      | 475                       | 10%                                    |
| <b>Muy Raro</b>  | 970                       | 5%                                     |

**Figura 18.** Escenarios de peligro sísmico.

**Fuente:** Comentarios a la norma peruana E.030 diseño sismorresistente [8].

Adicionalmente, la norma ecuatoriana define los siguientes objetivos de rehabilitación:

|                    |                       | Niveles de Desempeño Esperados en el Edificio |                                    |                                  |                                      |
|--------------------|-----------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
|                    |                       | Nivel Operacional (1-A)                       | Nivel de Ocupación Inmediata (1-B) | Nivel de Seguridad de Vida (3-C) | Nivel de Prevención al Colapso (5-E) |
| NIVEL DE TERREMOTO | 50% / 50 años         | a   | b                                  | c                                | d                                    |
|                    | 20% / 50 años         | e   | f                                  | g                                | h                                    |
|                    | BSE-1 (10% / 50 años) | i   | j                                  | k                                | l                                    |
|                    | BSE-2 (2% / 50 años)  | m   | n                                  | o                                | p                                    |

- 1.- Cada celda en esta matriz representa un Objetivo de Rehabilitación discreto
- 2.- Los objetivos de rehabilitación de esta tabla pueden ser usados para representar los siguientes 3 objetivos de rehabilitación:

Objetivo Básico de Seguridad **k y p**  
 Objetivos Avanzados **k y m, n, o**  
**p e i ó j**  
**k y p y a, b, e, ó f**  
**m, n, u o sólo**  
 Objetivos Limitados **k sólo**  
**p sólo**  
**c, d, g, h, o l sólo**

**Figura 19.** Objetivos de rehabilitación.

**Fuente:** NEC-SE-RE-Riesgo-sísmico [7].

Mientras que la norma peruana define la siguiente matriz de objetivos:

|                 |                 | Nivel de desempeño      |                      |                                  |                  |
|-----------------|-----------------|-------------------------|----------------------|----------------------------------|------------------|
|                 |                 | Completamente operativo | Operativo            | Resguardo de vida                | Cerca al colapso |
| Sismo de diseño | Sismo frecuente |                         |                      |                                  |                  |
|                 | Sismo ocasional |                         |                      |                                  |                  |
|                 | Sismo raro      |                         |                      |                                  |                  |
|                 | Sismo muy raro  |                         |                      |                                  |                  |
|                 |                 | Edificación común       | Edificación esencial | Edificación de seguridad crítica |                  |

**Figura 20.** Matriz de objetivos.

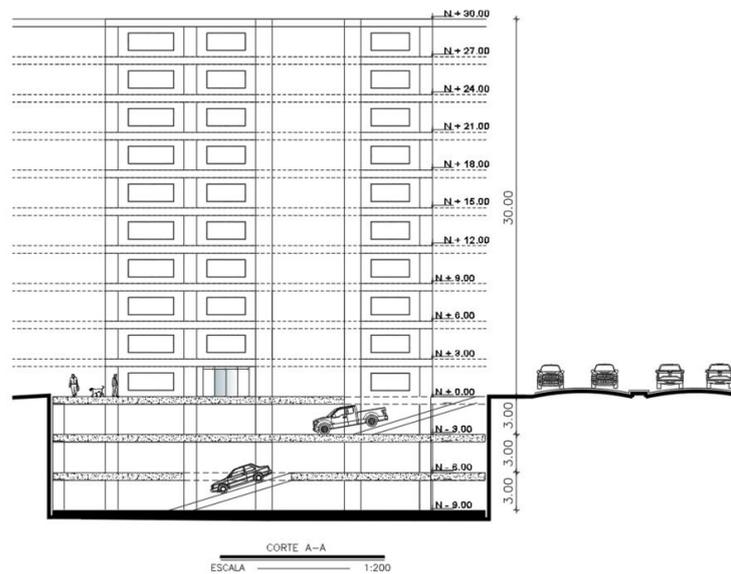
**Fuente:** Comentarios a la norma peruana E.030 diseño sismorresistente [8].

## 2. METODOLOGÍA

A continuación, en esta sección se explicará el proceso realizado para el desarrollo del componente, incluyendo la obtención del espectro, análisis de cargas, prediseño, modelamiento en el software numérico computacional ETABS, revisiones, diseño final, análisis no lineal, punto de desempeño y análisis de precios unitarios, para finalizar con la comparación de resultados, aplicando las normativas ecuatoriana y peruana.

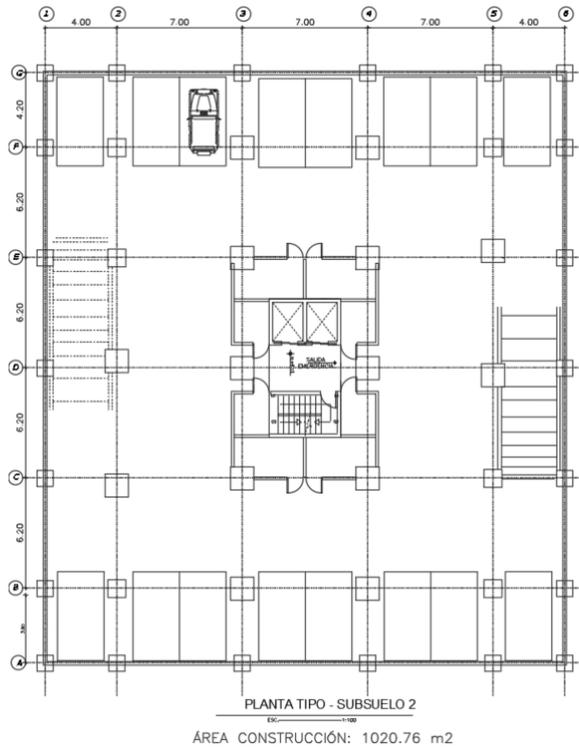
### 2.1 Descripción del modelo arquitectónico.

El edificio para el presente proyecto consta de 10 plantas altas y 3 subsuelos, con áreas de 558.8m<sup>2</sup> y 1020.76m<sup>2</sup> respectivamente, con una configuración regular en planta y elevación, para las plantas altas posee una planta baja destinada a locales comerciales, planta 1, 2 y 3 son destinadas para oficinas, mientras que las restantes serán destinados a vivienda con una configuración de 4 departamentos por cada planta, finalmente presenta una distancia de entrepiso de 3 m. El área total de construcción es de 8650.28 m<sup>2</sup>. Cabe recalcar que los planos arquitectónicos fueron entregados por parte de la directora de este proyecto.



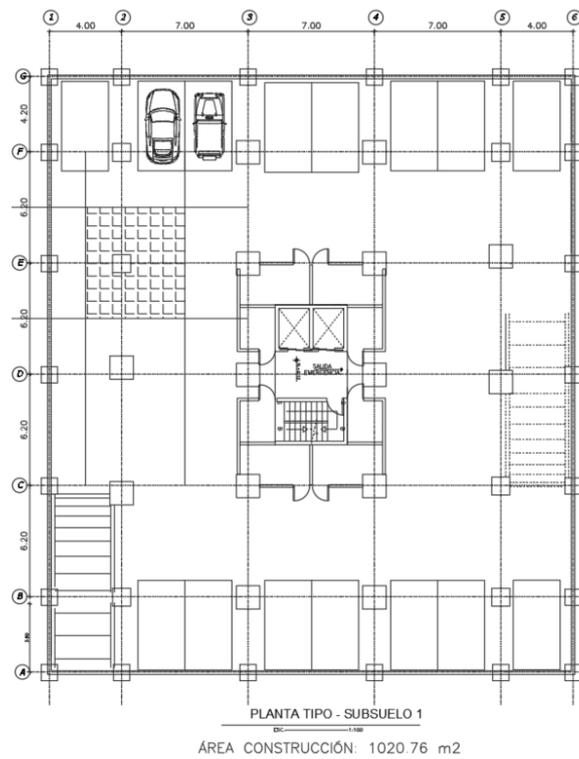
**Figura 21.** Fachada de la estructura.

**Fuente:** Plano Arquitectónico.



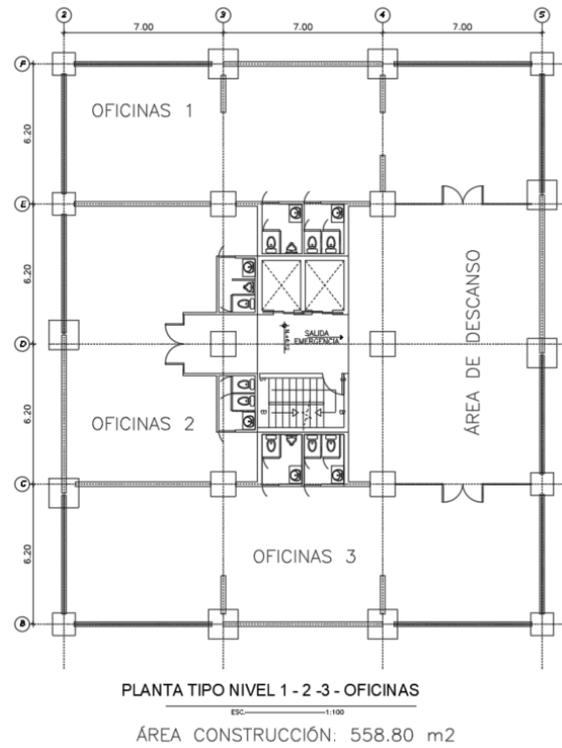
**Figura 22.** Vista en planta de subsuelos.

**Fuente:** Plano Arquitectónico.



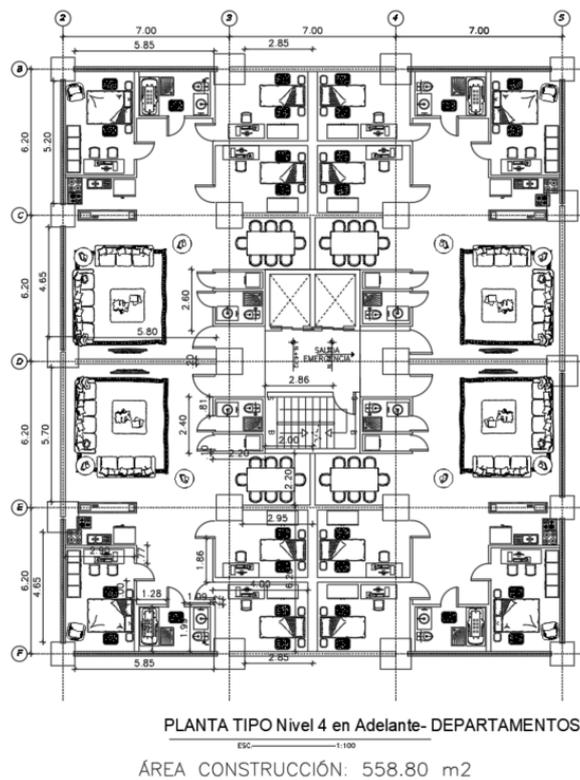
**Figura 23.** Vista en planta de planta baja locales.

**Fuente:** Plano Arquitectónico.



**Figura 24.** Vista en planta de planta tipo nivel 1-2-3- oficinas.

**Fuente:** Plano Arquitectónico.



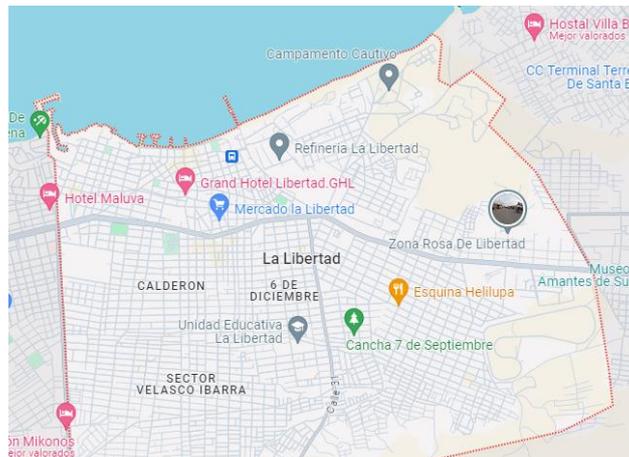
**Figura 25.** Vista en planta de planta tipo nivel 4 en adelante – Departamentos.

**Fuente:** Plano Arquitectónico.

## 2.2 Ubicación y Geología

### 2.2.1 Ecuador

Dado que la edificación debe estar implantada en la zona de peligro sísmico más alto de Ecuador, siendo esta la zona **VI**, se implantó en La Libertad, cantón Salinas perteneciente a la provincia de Santa Elena, y, por recopilación de información, se obtiene un perfil de suelo tipo **D**, el cual, será necesario para la obtención del espectro de diseño y cortante basal.



**Figura 26.** Implantación del edificio en Ecuador.

**Fuente:** Google Maps, La Libertad, Salinas, Santa Elena.

Con estas características, se procede a la obtención de factores para el espectro de diseño de la estructura, a continuación, se presenta los valores obtenidos:

#### 2.2.1.1 Factor Z:

De la sección 10.2. de la NEC-SE-DS, se obtiene el siguiente factor Z:

| POBLACION             | PARROQUIA   | CANTON      | PROVINCIA   | Z    |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|------|
| BARCELONA             | COLONCHE    | SANTA ELENA | SANTA ELENA | 0.50 |
| SAN PEDRO DE VALDIVIA | MANGLARALTO | SANTA ELENA | SANTA ELENA | 0.50 |
| AYANGUE               | COLONCHE    | SANTA ELENA | SANTA ELENA | 0.50 |
| SINCAL                | MANGLARALTO | SANTA ELENA | SANTA ELENA | 0.50 |
| MANGLARALTO           | MANGLARALTO | SANTA ELENA | SANTA ELENA | 0.50 |
| LA LIBERTAD           | SALINAS     | SALINAS     | SANTA ELENA | 0.50 |

**Figura 27.** Factor **Z** para el cantón Salinas, provincia de Santa Elena.

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

El cual corresponde a un factor **Z**= 0.5.

### 2.2.1.2 Coeficientes de perfil de suelo $F_a$ , $F_d$ y $F_s$ .

Para la estructura ubicada en la zona sísmica **VI** y suelo tipo **D** se obtiene los siguientes valores:

- a.  $F_a$ : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.

En la siguiente figura se presentan los valores del coeficiente  $F_a$  que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio.

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y factor Z  |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|--|------|------|------|------|------|
|                             | I  | II   | III  | IV   | V    | VI   |
|                             | 0.15   | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥0.5 |
| A                           | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  |
| B                           | 1  | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| C                           | 1.4  | 1.3  | 1.25 | 1.23 | 1.2  | 1.18 |
| D                           | 1.6  | 1.4  | 1.3  | 1.25 | 1.2  | 1.12 |
| E                           | 1.8  | 1.4  | 1.25 | 1.1  | 1.0  | 0.85 |
| F                           | Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección <a href="#">10.5.4</a> |      |      |      |      |      |

**Figura 28.** Tipo de suelo y Factores de sitio  $F_a$ .

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

- b.  $F_d$ : amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.

En la siguiente figura se presentan los valores del coeficiente  $F_d$  que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y factor Z   |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|---|------|------|------|------|------|
|                             | I   | II   | III  | IV   | V    | VI   |
|                             | 0.15  | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥0.5 |
| A                           | 0.9   | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.9  |
| B                           | 1   | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| C                           | 1.36  | 1.28 | 1.19 | 1.15 | 1.11 | 1.06 |
| D                           | 1.62  | 1.45 | 1.36 | 1.28 | 1.19 | 1.11 |
| E                           | 2.1   | 1.75 | 1.7  | 1.65 | 1.6  | 1.5  |
| F                           | Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y <a href="#">10.6.4</a> |      |      |      |      |      |

**Figura 29.** Tipo de suelo y Factores de sitio  $F_d$ .

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

c.  $F_s$ : comportamiento no lineal de los suelos.

En la siguiente figura se presentan los valores del coeficiente  $F_s$ , que consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

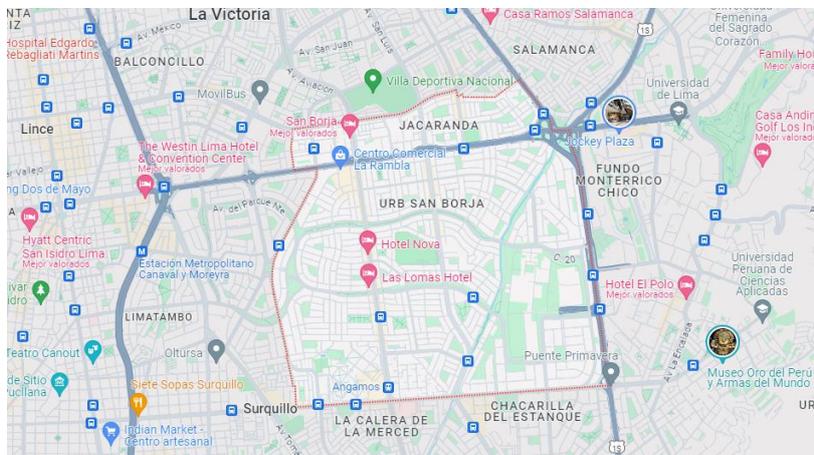
| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y factor Z   |      |      |      |      |            |
|-----------------------------|---|------|------|------|------|------------|
|                             | I   | II   | III  | IV   | V    | VI         |
|                             | 0.15  | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | $\geq 0.5$ |
| A                           | 0.75  | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75       |
| B                           | 0.75  | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75       |
| C                           | 0.85  | 0.94 | 1.02 | 1.06 | 1.11 | 1.23       |
| D                           | 1.02  | 1.06 | 1.11 | 1.19 | 1.28 | 1.40       |
| E                           | 1.5   | 1.6  | 1.7  | 1.8  | 1.9  | 2          |
| F                           | Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4 |      |      |      |      |            |

**Figura 30.** Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo  $F_s$ .

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

## 2.2.2 Perú

Dado que la edificación debe estar implantada en la zona de peligro sísmico más alto de Perú, siendo esta la zona **4**, se implantó en Lima, Perú, Distrito de San Borja, de acuerdo con un estudio de suelos realizado, se obtiene un perfil de suelo tipo  $S_1$ , el cual, será necesario para la obtención del espectro de diseño y cortante basal.



**Figura 31.** Implantación del edificio en Perú.

**Fuente:** Google Maps, Distrito de San Borja, Lima, Perú.

### 2.2.2.1 Factor Z:

Del artículo 10.2. de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, para la implantación de la estructura se obtiene un factor **Z= 0.45**.

### 2.2.2.2 Factor de suelo S y periodos $T_P$ y $T_L$ .

Del artículo 13 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, tabla N°3 Y N°4 de dicha normativa, para la implantación de la estructura se obtiene:

- Factor **S= 1.00**.
- $T_P = 0.4$
- $T_L = 2.5$ .

## 2.3 Descripción de los materiales:

### 2.3.1 Hormigón

La resistencia a compresión del hormigón a utilizarse inicialmente en la modelación de ambas estructuras será de 240 kg/cm<sup>2</sup>.

Para el módulo de elasticidad de Ecuador, según [9] se tiene:

$$E_c = 12500 * \sqrt{240} = 1936491.67 \frac{kg}{cm^2}$$

**Ecuación 11.** Módulo de elasticidad para Ecuador.

Para el módulo de elasticidad de Perú, según [10] se tiene:

$$E_c = 15000 * \sqrt{240} = 232379.00 \frac{kg}{cm^2}$$

**Ecuación 12.** Módulo de elasticidad para Perú.

### 2.3.2 Acero

El acero será corrugado y tendrá una resistencia a la fluencia de  **$f_y = 420 MPa$** . El módulo de Elasticidad ( $E_s$ ) para Ecuador según la NEC-SE-HM y para Perú según la Norma E.060 puede tomarse como  **$E_s=200000 MPa$** . [11]

## 2.4 Análisis de cargas.

### 2.4.1 Carga Muerta.

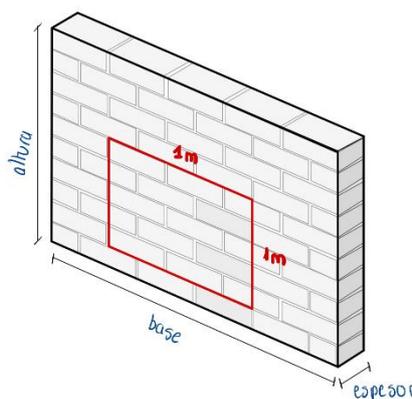
Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales

como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura. [12]

### 2.4.1.1 Carga de mampostería Ecuador.

Para el cálculo de carga de mampostería es necesario obtener pesos propios de los materiales, dado que nuestro plano arquitectónico presenta paredes de 10, 15 y 20 cm, se procede a realizar el cálculo para la mampostería de 20 cm:

Se parte de una pared con dimensiones de 1x1m como se muestra en la figura a continuación:



**Figura 32.** Análisis de 1 metro cuadrado de mampostería.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Para lo cual, según la norma ecuatoriana de construcción se puede asumir los espesores indicados a continuación:

|                  |                           |       |                |
|------------------|---------------------------|-------|----------------|
| Espesor enlucido |                           | 1     | [cm]           |
| Espesor Mortero  |                           | 2     | [cm]           |
| Bloque           | Largo                     | 39    | [cm]           |
|                  | Ancho                     | 19    | [cm]           |
|                  | espesor                   | 19    | [cm]           |
|                  | Area                      | 1     | m <sup>2</sup> |
|                  | Área del bloque + Mortero | 0.09  | m <sup>2</sup> |
|                  | Nº Bloque                 | 11.61 | u              |

**Figura 33.** Análisis de número de bloques en 1 metro cuadrado de mampostería para Ecuador.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Cabe recalcar, que las medidas del bloque son obtenidas de un catálogo de venta de bloques de un distribuidor en Ecuador.

Con el número de bloques y el peso del bloque obtenido de los catálogos, se obtiene el siguiente resultado para el peso del bloque.

|                            |        |    |
|----------------------------|--------|----|
| N°Bloques / m <sup>2</sup> | 11.61  | u  |
| Peso por unidad            | 13.20  | kg |
| Peso del Bloque            | 153.31 | kg |

**Figura 34.** Peso del bloque para una pared de 20 cm de espesor para Ecuador.

**Fuente:** Elaboración Propia.

El peso específico del enlucido y mortero fue tomado de la norma ecuatoriana que indica un valor de 2200 kg/m<sup>3</sup>.

Posteriormente, se procede a calcular el área de bloque sin mortero para obtener el área del mortero a aplicar únicamente, luego el volumen, para con el peso específico obtener la carga del mortero.

|                                     |         |                   |
|-------------------------------------|---------|-------------------|
| Área de bloque sin mortero          | 0.07    | m <sup>2</sup>    |
| Área de Mortero / m <sup>2</sup>    | 0.14    | m <sup>2</sup>    |
| Espesor de pared sin enlucido       | 0.19    | m                 |
| Volumen de mortero / m <sup>2</sup> | 0.03    | m <sup>3</sup>    |
| Peso Específico del Mortero         | 2200.00 | kg/m <sup>3</sup> |
| Peso del Mortero / m <sup>2</sup>   | 58.26   | kg/m <sup>2</sup> |

**Figura 35.** Peso del mortero para una pared de 20 cm de espesor para Ecuador.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se finaliza obteniendo la carga del enlucido de la siguiente forma:

|                              |      |                   |
|------------------------------|------|-------------------|
| Volumen de Enlucido          | 0.01 | m <sup>3</sup>    |
| Peso específico del Enlucido | 2200 | kg/m <sup>3</sup> |
| Peso enlucido                | 22   | kg                |

**Figura 36.** Peso del enlucido para una pared de 20 cm de espesor para Ecuador.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Y, como último paso, se suman las 3 cargas obtenidas obteniendo el siguiente valor de carga de mampostería para una pared de 20 cm:

|                           |        |                   |
|---------------------------|--------|-------------------|
| Peso total de mampostería | 233.57 | kg/m <sup>2</sup> |
|---------------------------|--------|-------------------|

**Figura 37.** Peso total para una pared de 20 cm de espesor para Ecuador.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Repitiendo el procedimiento para una pared de 10 y 15 cm obteniendo los siguientes valores:

|                                 |        |                   |
|---------------------------------|--------|-------------------|
| Peso total de mampostería 15 cm | 171.78 | kg/m <sup>2</sup> |
| Peso total de mampostería 10 cm | 130.90 | kg/m <sup>2</sup> |

**Figura 38.** Peso total para una pared de 10 y 15 cm de espesor para Ecuador.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se realiza el cálculo de áreas de mampostería de acuerdo con el plano arquitectónico entregado, obteniendo el siguiente cuadro de resumen:

| Peso final edificio por metro cuadrado |            |                   |                   |                   |                                 |      |                   |
|--|------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|------|-------------------|
|  | Por planta | Número de plantas | Planta + acabados |                   | Adicional para carga permanente |      |                   |
| Subsuelo                               | 183.72     | 3                 | 203.72            | kg/m <sup>2</sup> | Cielo raso                      | 20.4 | kg/m <sup>2</sup> |
| PB                                     | 169.64     | 1                 | 232.04            | kg/m <sup>2</sup> | Instalaciones                   | 20   | kg/m <sup>2</sup> |
| PT                                     | 192.03     | 3                 | 250.23            | kg/m <sup>2</sup> | P.Flotante                      | 9    | kg/m <sup>2</sup> |
| PT2                                    | 279.85     | 6                 | 315.25            | kg/m <sup>2</sup> | Baldosa cerámica                | 22   | kg/m <sup>2</sup> |

**Figura 39.** Resumen de carga muerta por planta para edificio implantado en Ecuador.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Una vez calculada el área de mampostería de 10, 15 y 20 cm de espesor de cada planta, se realiza la suma del área por peso calculado para cada espesor, y finalmente, a estas cargas calculadas se les adiciona el peso de instalaciones estimado por planta, obteniendo así valores de carga muerta de 204 kg/cm<sup>2</sup>, 233kg/ cm<sup>2</sup>, 251 kg/ cm<sup>2</sup> y 315 kg/ cm<sup>2</sup>, para subsuelo, locales, oficinas y departamentos respectivamente.

#### 2.4.1.2 Carga de mampostería Perú.

Para el caso de Perú, se repite el mismo procedimiento realizado en Ecuador, sin embargo, se debe asumir los pesos y espesores de bloque indicados en catálogos peruanos e indicados en [13] , para lo cual se obtiene para una pared de 10, 15 y 20 cm los siguientes valores:

|                                    |        |                   |
|------------------------------------|--------|-------------------|
| Peso total de mampostería de 20 cm | 271.90 | kg/m <sup>2</sup> |
| Peso total de mampostería de 15 cm | 210.11 | kg/m <sup>2</sup> |
| Peso total de mampostería de 10 cm | 168.39 | kg/m <sup>2</sup> |

**Figura 40.** Peso total de mampostería de 10, 15 y 20 cm de espesor para Perú.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se realiza el cálculo de áreas de mampostería de acuerdo con el plano arquitectónico entregado, obteniendo el siguiente cuadro de resumen:

| Peso final edificio por metro cuadrado |            |                   |                   |                   |                                 |      |                   |
|--|------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|------|-------------------|
|  | Por planta | Número de plantas | Planta + acabados |                   | Adicional para carga permanente |      |                   |
| Subsuelo                               | 215.38     | 3                 | 235.38            | kg/m <sup>2</sup> | Cielo raso                      | 20.4 | kg/m <sup>2</sup> |
| PB                                     | 198.68     | 1                 | 261.08            | kg/m <sup>2</sup> | Instalaciones                   | 20   | kg/m <sup>2</sup> |
| PT                                     | 226.69     | 3                 | 284.89            | kg/m <sup>2</sup> | P.Floteante                     | 9    | kg/m <sup>2</sup> |
| PT2                                    | 332.53     | 6                 | 367.93            | kg/m <sup>2</sup> | Baldosa cerámica                | 22   | kg/m <sup>2</sup> |

**Figura 41.** Resumen de carga muerta por planta para edificio implantado en Perú.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Una vez calculada el área de mampostería de 10, 15 y 20 cm de espesor de cada planta, se realiza la suma del área por peso calculado para cada espesor, y finalmente, a estas cargas calculadas se les adiciona el peso de instalaciones estimado por planta, obteniendo así valores de carga muerta de 236 kg/cm<sup>2</sup>, 262 kg/cm<sup>2</sup>, 285 kg/cm<sup>2</sup> y 368 kg/cm<sup>2</sup>, para subsuelo, locales, oficinas y departamentos respectivamente.

#### 2.4.2 Carga Viva.

De acuerdo con la normativa NEC-SE-CG, se obtiene las siguientes cargas vivas aplicables a la estructura implantada en Ecuador:

| CARGA NO SISMICA (VIVA) |     |                   |
|-------------------------|-----|-------------------|
| Oficina                 | 245 | kg/m <sup>2</sup> |
| Departamentos           | 204 | kg/m <sup>2</sup> |
| Subsuelo                | 480 | kg/m <sup>2</sup> |

**Figura 42.** Carga No Sísmica Según la NEC-SE-CG.

**Fuente:** Norma NEC-SE-CG. [12]

De acuerdo con la normativa E.020, se obtiene las siguientes cargas vivas aplicables a la estructura:

| CARGA NO SISMICA (VIVA) |     |                   |
|-------------------------|-----|-------------------|
| Oficina                 | 250 | kg/m <sup>2</sup> |
| Departamentos           | 200 | kg/m <sup>2</sup> |
| Subsuelo                | 250 | kg/m <sup>2</sup> |

**Figura 43.** Carga No Sísmica Según la normativa E.020.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.020. [13]

### 2.4.3 Combinaciones de carga.

#### 2.4.3.1 Combinaciones según la norma ecuatoriana.

En la sección 3.4.3. de la NEC-SE-CG-Cargas-No-Sísmicas se puede encontrar las siguientes combinaciones aplicables a la estructura.

| Cobinaciones de carga |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| Comb.1                | 1.4 D                              |
| Comb.2                | 1.2D+1.6L+0.5max[Lr; S; R]         |
| Comb.3                | 1.2D+1.6max[Lr; S; R]+max[L; 0.5W] |
| Comb.4                | 1.2D+1.0W+L+0.5max[Lr; S; R]       |
| Comb.5                | 1.2D+1.0E+L+0.2S                   |
| Comb.6                | 0.9S+1.0W                          |
| Comb.7                | 0.9D+E                             |

**Figura 44.** Combinaciones de carga según NEC-SE-CG-Cargas-No-Sísmicas.

**Fuente:** Norma NEC-SE-CG. [12]

#### 2.4.3.2 Combinaciones según la norma peruana.

En el artículo 9.2. de la norma E.060. se tiene las siguientes combinaciones de carga:

| Cobinaciones de carga |                   |
|-----------------------|-------------------|
| Comb.1                | 1.4CM             |
| Comb.2                | 1.25(CM+CV±CVi)   |
| Comb.3                | 0.9CM±1.25CVi     |
| Comb.4                | 1.25(CM+CV)±CS    |
| Comb.5                | 0.9CM±CS          |
| Comb.6                | 1.4CM+1.7CV+1.7CE |
| Comb.7                | 0.9CM+1.7CE       |
| Comb.8                | 1.4CM+1.7CV+1.4CL |

**Figura 45.** Combinaciones de carga según la norma E.060.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.060. [14]

## 2.5 Predimensionamiento de elementos

### 2.5.1 Predimensionamiento de losas

Inicialmente se debe conocer si se trabajará con una losa en una dirección o dos direcciones, para lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{L_L}{L_c}$$

**Ecuación 13.** Fórmula para losa en una o dos direcciones.

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

Don de  $L_L$  es la longitud del lado más largo y  $L_c$  del más corto.

Se continúa con la sección 8.3.1.2. del ACI para obtener la altura mínima de losa maciza.

$$h = \frac{l_n \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

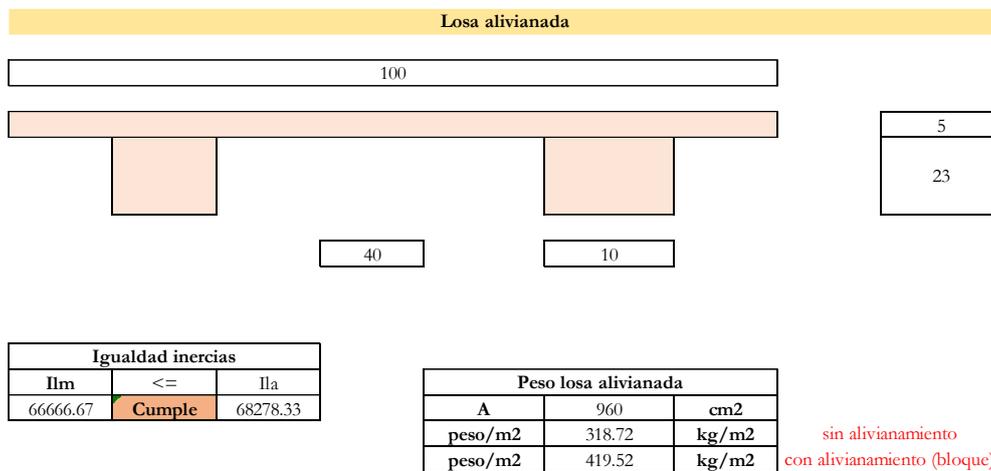
**Ecuación 14.** Fórmula para altura mínima de losa maciza.

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

Se calcula la inercia de la losa maciza para poder comparar con la inercia de la losa alivianada, la cual será equivalente a una losa maciza, pero con distintas dimensiones, para poder aplicar esta losa alivianada debe cumplir que su inercia debe ser igual o mayor a la inercia de la losa maciza.

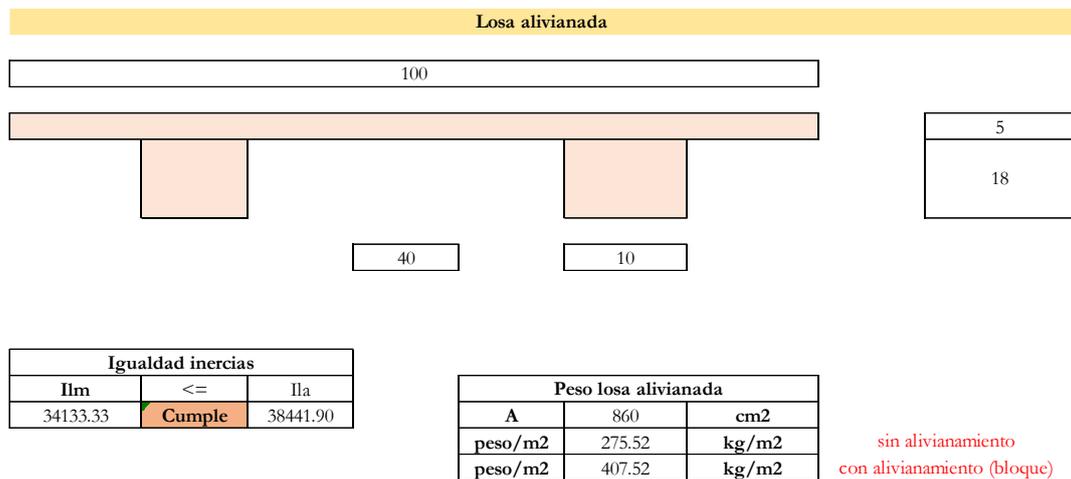
### 2.5.1.1 Predimensionamiento de losas para Ecuador y Perú

A continuación, se presenta la tabla resumen de prediseño de losas para Ecuador y Perú:



**Figura 46.** Predimensionamiento de losa maciza para Ecuador.

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura 47.** Predimensionamiento de losa maciza para Perú.

**Fuente:** Elaboración Propia

## 2.5.2 Predimensionamiento de vigas

### 2.5.2.1 Altura mínima de viga

De la sección 9.3.1.1 de [15], se obtiene la altura mínima para la viga de acuerdo con su configuración.

| Condición de apoyo       | Altura mínima, $h$ <sup>[1]</sup> |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Simplemente apoyada      | $l/16$                            |
| Con un extremo continuo  | $l/18.5$                          |
| Ambos extremos continuos | $l/21$                            |
| En voladizo              | $l/8$                             |

<sup>[1]</sup> Los valores son aplicables al concreto de peso normal y  $f_y = 420$  MPa.

**Figura 48.** Altura mínima de viga.

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

### 2.5.2.2 Distribución de cargas para vigas

Para el prediseño de vigas, es necesario conocer el área aportante hacia las vigas, los cuales son bisectrices a lo largo del eje de la viga a analizar.

Es necesaria conocer la configuración de la distribución de carga, ya que se puede presentar una carga trapezoidal o triangular, a partir de esto se obtiene las diferentes fórmulas:

$$q = \frac{w \cdot s}{3}$$

**Ecuación 15.** Distribución de carga triangular

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

$$q = \frac{w \cdot s}{3} \left( \frac{3 - (m)^2}{2} \right); m = \frac{s}{l}$$

**Ecuación 16.** Distribución de carga trapezoidal

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

Donde s es la longitud del claro corto, l es la longitud del claro largo y w corresponde a la carga ultima mayorada,  $w = 1.2D+1.6L$ .

Se calcula los momentos aproximados según la tabla 6.5.2. de [15].

**Tabla 6.5.2 — Momentos aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección**

| Momento                 | Ubicación                                      | Condición  | $M_u$               |
|-------------------------|--|--|---------------------|
| Positivo                | Vanos extremos                                 | Extremo discontinuo monolítico con el apoyo  | $w_u \ell_n^2 / 14$ |
|                         |  | El extremo discontinuo no está restringido   | $w_u \ell_n^2 / 11$ |
|                         | Vanos interiores                               | Todos  | $w_u \ell_n^2 / 16$ |
| Negativo <sup>(1)</sup> | Cara interior de los apoyos exteriores         | Miembros construidos monolíticamente con viga dintel de apoyo  | $w_u \ell_n^2 / 24$ |
|                         |  | Miembros construidos monolíticamente con columna de apoyo  | $w_u \ell_n^2 / 16$ |
|                         | Cara exterior del primer apoyo interior        | Dos vanos  | $w_u \ell_n^2 / 9$  |
|                         |  | Más de dos vanos   | $w_u \ell_n^2 / 10$ |
|                         | Las demás caras de apoyos                      | Todas  | $w_u \ell_n^2 / 11$ |
|                         | Cara de todos los apoyos que cumplan (a) o (b) | (a) Losas con luces que no excedan de 3 m<br>(b) Vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 en cada extremo del vano | $w_u \ell_n^2 / 12$ |

<sup>(1)</sup> Para calcular los momentos negativos,  $\ell_n$  debe ser el promedio de las luces de los vanos adyacentes.

**Figura 49.** Momentos aproximados para vigas.

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

Tomando como momento último el mayor momento obtenido a lo largo del eje de la viga.

Se procede a comparar con el momento de diseño a flexión calculado con la siguiente fórmula:

$$\phi M_n; M_n = A_s * f_y * \left( d - \frac{A_s * f_y}{1.7 * f'_c * b} \right)$$

**Ecuación 17.** Momento de diseño y momento nominal.

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

Donde  $\phi = 0.9$

Finalmente se realiza la comparación entre  $\phi M_n$  y  $M_u$ , si  $\phi M_n > M_u \rightarrow$  Es válida la sección.

### 2.5.2.3 Predimensionamiento de vigas para Ecuador y Perú

A continuación, se presenta la tabla resumen de prediseño de vigas para Ecuador y Perú:

**Tabla 2.** Predimensionamiento de vigas para Ecuador.

| TABLA DE RESUMEN DE VIGAS PARA ECUADOR |            |        |
|--|------------|--------|
| VIGA N°                                | $b_w$ [cm] | h [cm] |
| 1                                      | 35         | 50     |
| 2                                      | 30         | 40     |
| 3                                      | 30         | 45     |
| 4                                      | 55         | 70     |

Fuente: Elaboración Propia

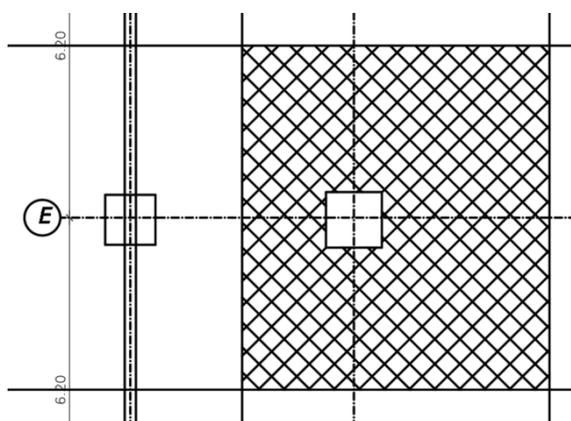
**Tabla 3.** Predimensionamiento de vigas para Perú.

| TABLA DE RESUMEN DE VIGAS PARA PERÚ |            |        |
|-------------------------------------|------------|--------|
| VIGA N°                             | $b_w$ [cm] | h [cm] |
| 1                                   | 30         | 40     |
| 2                                   | 35         | 45     |
| 3                                   | 35         | 45     |
| 4                                   | 40         | 50     |

Fuente: Elaboración Propia

### 2.5.3 Prediseño de columnas

Para iniciar es importante conocer el área aportante de la columna, con lo cual se trazan líneas verticales y horizontales a lo largo de los vanos que rodean a la columna, de la siguiente forma:



**Figura 50.** Área aportante de una columna.

Fuente: Elaboración Propia

### 2.5.3.1 Resistencia última y nominal para fuerza axial

Fórmula de la resistencia última  $P_u$ :

$$P_u = W_u \cdot A_{aportante} + N^{\circ} \text{pisos}$$

**Ecuación 18.** Fórmula de la resistencia última  $P_u$ .

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

Donde se suma la carga última, área aportante y el número de pisos desde la planta baja.

Fórmula de la resistencia nominal en el apartado 22.4.2.2 de [15]:

$$P_o = 0.85 * f'c * (A_g - A_{st}) + f_y * A_{st}$$

**Ecuación 19.** Fórmula de la resistencia nominal  $P_o$ .

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

Donde  $A_g$  es el área bruta de la sección transversal de la columna,  $A_{st}$  el área del acero longitudinal,  $f'c$  es la resistencia a compresión del hormigón y  $f_y$  es la resistencia a fluencia del acero.

Se considera que:

$$1.2 P_u < \frac{P_o}{3}$$

**Ecuación 20.** Consideración 1.

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

Adicional;

$$A_{st} = \rho_s * A_g$$

**Ecuación 21.** Consideración 2.

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

Despejando  $A_g$  se obtiene la siguiente fórmula:

$$A_g = \frac{1.2 * P_u}{0.85 * f'c * (1 - \rho_s) + \rho_s * f_y}$$

**Ecuación 22.** Fórmula para el cálculo del área bruta de la columna.

**Fuente:** ACI 318-19. [15]

Por normativa ecuatoriana y peruana, la sección mínima de la columna es de 25 cm.

### 2.5.3.2 Predimensionamiento de columnas para Ecuador y Perú

A continuación, se presenta la tabla resumen de prediseño de columnas para Ecuador y Perú:

**Tabla 4.** Predimensionamiento de columnas.

| TABLA DE RESUMEN DE COLUMNAS |        |        |
|------------------------------|--------|--------|
| PAÍS                         | b [cm] | h [cm] |
| ECUADOR                      | 80     | 80     |
| PERÚ                         | 90     | 90     |

Fuente: Elaboración Propia

## 2.6 Diseño basado en fuerzas

### 2.6.1 Cálculo del cortante basal según la norma ecuatoriana NEC15

Para el cálculo del cortante basal, se tiene la **Ecuación 4** planteada por la norma ecuatoriana:

$$V = \frac{I * S_a * (T_\alpha)}{R * \phi_p * \phi_E} * W$$

Fuente: Norma NEC-SE-DS. [2]

#### 2.6.1.1 Factor de importancia (I)

De la sección 4.1. de [2], se tiene la siguiente tabla para definir el factor de importancia de la estructura planteada:

| Categoría                         | Tipo de uso, destino e importancia  | Coficiente I |
|-----------------------------------|---|--------------|
| Edificaciones esenciales          | Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas. | 1.5          |
| Estructuras de ocupación especial | Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar...   | 1.3          |
| Otras estructuras                 | Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores  | 1.0          |

**Figura 51.** Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.

Fuente: Norma NEC-SE-DS. [2]

### 2.6.1.2 Coeficiente de resistencia R

De la sección 6.3.4 de [2], se tiene la siguiente tabla para definir el factor de reducción de resistencia de la estructura planteada:

| Sistemas Estructurales Dúctiles   | R |
|---|---|
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras. | 7 |
| <b>Pórticos resistentes a momentos</b>  |   |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.  | 8 |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y placas.   | 8 |
| Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.   | 8 |
| <b>Otros sistemas estructurales para edificaciones</b>  |   |
| Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.  | 5 |
| Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.   | 5 |

**Figura 52.** Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

**Fuente:** Norma NEC-SE-DS. [2]

### 2.6.1.3 Configuración estructural

De acuerdo con las tablas 11, 12 y 13 de la referencia bibliográfica [2], se concluye que la estructura para el presente proyecto no presenta irregularidad en planta ni en elevación, por lo tanto, se tienen factores de 1 para  $\phi_P$  Y  $\phi_E$ , respectivamente.

### 2.6.1.4 Periodo de vibración

De acuerdo con la **Ecuación 2** del presente trabajo, se obtiene un valor de  $T_o$  igual a:

$$T_o = 0.1 * F_s * \frac{Fd}{Fa} = 0.1 * 1.4 * \frac{1.11}{1.12} = 0.14$$

**Ecuación 23.** Cálculo de  $T_o$  según la NEC-SE-DS

Y un valor de  $T_c$  igual a:

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{Fd}{Fa} = 0.55 * 1.4 * \frac{1.11}{1.12} = 0.76$$

**Ecuación 24.** Cálculo de  $T_c$  según la NEC-SE-DS

De acuerdo con la **Ecuación 6** presente trabajo, se obtiene un valor de  $T$  igual a:

Para el cálculo del periodo de vibración  $T$ , se necesitan los valores de la **Figura 7**. Valores de  $C_t$  y  $\alpha$ , obteniendo un  $C_t = 0.055$  y un  $\alpha = 0.9$ .

$$T = C_t * h_n^\alpha = 0.055 * 30^{0.9} = 1.17$$

**Ecuación 25.** Cálculo de  $T$  según la NEC-SE-DS

### 2.6.1.5 Resumen de parámetros para el cálculo del cortante basal

A continuación, se presenta una tabla resumen con los parámetros para la estructura implantada en Ecuador:

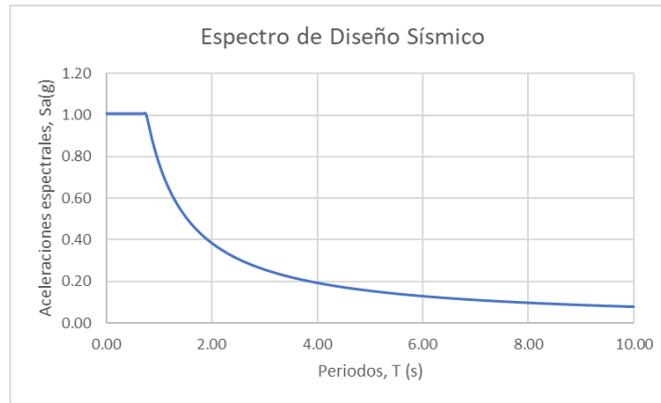
**Tabla 5.** Resumen de parámetros para el cálculo del cortante basal.

|  |   |
|--|---|
| Zona (Z) =   | VI  |
| Perfil PS=   | D   |
| Factor de zona =   | 0,50  |
| Coeficiente de importancia I =   | Otras estructuras                                   |
| R, Factor de reducción de resistencia sísmica  | 8   |
| $\phi_e$ , CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN =  | 1,00  |
| $\phi_p$ , CONFIGURACIÓN EN PLANTA =   | 1,00  |
| Altura total del edificio en [m] =   | 30,00   |
| Provincia  | Costa (Excepto Esmeraldas)                          |
| Tipo de estructura   | Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras |
| $F_a$ : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.                                       | 1,12  |
| $F_d$ : amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca | 1,11  |
| $F_s$ : comportamiento no lineal de los suelos   | 1,40  |
| I  | 1,00  |
| $\eta$   | 1,80  |
| r  | 1,00  |
| $T_o$  | 0,14  |
| $T_c$  | 0,76  |
| $C_t$  | 0,055   |
| $\alpha$   | 0,90  |
| T  | 1,17  |
| T comparación ETABS  | 1,53  |
| K  | 1,34  |
| Cortante Basal =   | 8,19%   |

Fuente: Elaboración Propia

### 2.6.1.6 Espectro elástico de aceleraciones

Aplicando las fórmulas de la **Figura 5**, se obtiene el siguiente gráfico de elástico de aceleraciones:



**Figura 53.** Espectro elástico de aceleraciones para edificio implantado en Ecuador.

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 2.6.1.7 Cortante basal.

Obteniendo así un cortante basal de:

$$V = \frac{I * S_a * (T_\alpha)}{R * \phi_P * \phi_E} * W$$

$$V = \frac{1 * 0.66}{8 * 1 * 1} * W$$

$$V = 8.19 \%$$

$$k = 0.75 + 0.5 * T = 0.75 + 0.5 * 1.17 = 1.34$$

### 2.6.2 Cálculo del cortante basal según la norma peruana E.030.

Para el cálculo del cortante basal, se tiene la **Ecuación 5** planteada por la norma peruana:

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

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

#### 2.6.2.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

Del artículo 15 de [3], se tiene la siguiente tabla para definir el factor de uso de la estructura planteada:

| CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U" |   |            |
|---|---|------------|
| CATEGORÍA                                   | DESCRIPCIÓN   | FACTOR U   |
| A<br>Edificaciones<br>Esenciales            | A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.  | Ver nota 1 |
|   | A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:<br>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.<br>- Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.<br>- Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.<br>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.<br>- Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.<br>- Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.<br>- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. |            |
| B<br>Edificaciones<br>Importantes           | 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 guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.<br>También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.   | 1,3        |
| C<br>Edificaciones<br>Comunes               | 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<br>Edificaciones<br>Temporales            | Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.   | Ver nota 2 |

**Figura 54.** Factor de uso de la estructura.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

### 2.6.2.2 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R0)

Del artículo 18 de [3], se tiene la siguiente tabla para definir el Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas de la estructura planteada:

| SISTEMAS ESTRUCTURALES                                     |  |
|--|--|
| Sistema Estructural  | Coeficiente Básico de Reducción R0 (*) |
| <b>Acero:</b>  |  |
| Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF) 8         | 8                                      |
| Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF) 5        | 5                                      |
| Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF) 4         | 4                                      |
| Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF) 7 | 7                                      |
| Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF) 4 | 4                                      |
| Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF) 8              | 8                                      |
| <b>Concreto Armado:</b>                                    |  |
| Pórticos   | 8                                      |
| Dual   | 7                                      |
| De muros estructurales                                     | 6                                      |
| Muros de ductilidad limitada                               | 4                                      |
| Albañilería Armada o Confinada 3                           | 3                                      |
| Madera   | 7(**)                                  |

**Figura 55.** Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

### 2.6.2.3 Configuración estructural

De acuerdo con las tablas 8 y 9 de [3], se concluye que la estructura para el presente proyecto no presenta irregularidad en planta ni irregularidad en elevación, por lo tanto, se tiene factores de 1 para  $I_a$  Y  $I_p$  , respectivamente.

Aplicando el artículo 32 de [3], se tiene que el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas es:

$$R = R_0 * I_a * I_p = 8 * 1 * 1 = 8$$

**Ecuación 26.** Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. [3]

### 2.6.2.4 Periodo de vibración

Para el cálculo de  $T$ , se debe definir el Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio, el cual se obtiene del artículo 28.4.1, obtenido un  $C_T = 35$ , mientras que, del plano arquitectónico, se tiene que la altura del edificio  $h_n = 30 m$ .

De acuerdo con el artículo 28.4.1 de [3], aplicando la **Ecuación 6** se tiene que el periodo fundamental de vibración de la estructura es:

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{30}{35} = 0.86$$

### 2.6.2.5 Resumen de parámetros para el cálculo del cortante basal

A continuación, se presenta una tabla resumen con los parámetros para la estructura implantada en Perú:

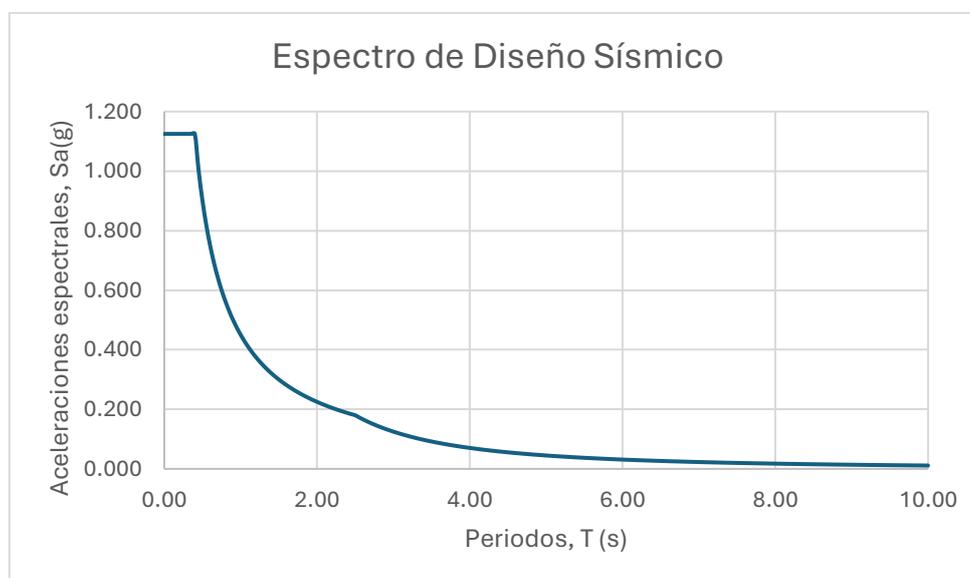
**Tabla 6.** Resumen de parámetros para el cálculo del cortante basal.

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Zona (Z) =  | <b>4</b>                 |
| Perfil PS=  | <b>S<sub>1</sub></b>     |
| Factor de zona =                                    | 0,45                     |
| Categoría Edificación                               | <b>Otras estructuras</b> |
| Coeficiente básico de Reducción. R <sub>o</sub> =   | <b>8</b>                 |
| Factor de Irregularidad en Altura, I <sub>a</sub> = | <b>1,00</b>              |
| Factor de Irregularidad en Planta, I <sub>p</sub> = | <b>1,00</b>              |
| Altura total del edificio en [m] =                  | <b>30,00</b>             |
| Categoría Edificación                               | <b>C</b>                 |
| PERFIL DEL SUELO                                    |                          |
| Factor de suelo S =                                 | 1,00                     |
| Periodo Característico, T <sub>P</sub> =            | 0,40                     |
| Periodo Característico, T <sub>L</sub> =            | 2,50                     |
| Factor de uso o Importancia=                        | 1,00                     |
| Coeficiente de Reducción, R=                        | 8,00                     |
| Ct, Coeficiente para estimar T =                    | <b>35</b>                |
| Periodo Fundamental de Vibración, T =               | 0,86                     |
| <b>K</b>  | 1,18                     |
| Cortante Basal =                                    | <b>6,56%</b>             |

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 2.6.2.6 Espectro elástico de aceleraciones

Obteniendo así el siguiente gráfico elástico de aceleraciones:



**Figura 56.** Espectro elástico de aceleraciones para edificio implantado en Perú.

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 2.6.2.7 Cortante basal.

Dando un cortante basal de:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$
$$V = \frac{0.45 * 1 * 1.17 * 1}{8} * W$$

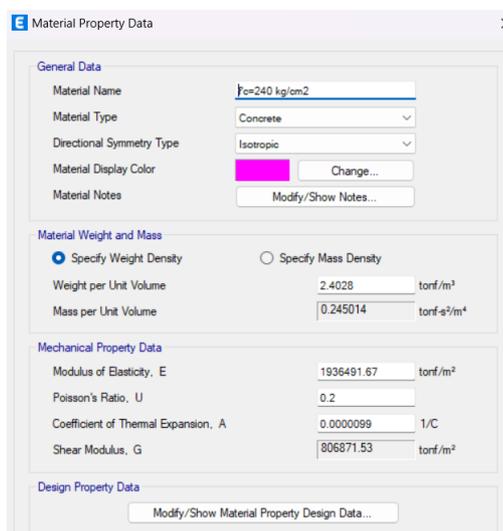
$$V = 6.56 \%$$

$$k = 0.75 + 0.5 * T = 0.75 + 0.5 * 0.86 = 1.18$$

## 2.7 Modelación en el software numérico computacional ETABS

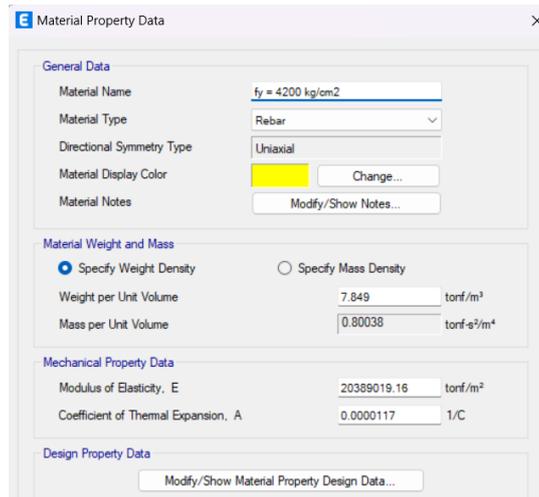
### 2.7.1 Modelación para la estructura implantada en Ecuador:

De acuerdo con la resistencia del hormigón se colocó las propiedades mecánicas en el software:



Fuente: ETABS.

Figura 57. Propiedades mecánicas para el hormigón de  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$



**Figura 58.** Propiedades mecánicas para el acero de  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

**Fuente:** ETABS.

## 2.7.1.1 Definición de secciones.

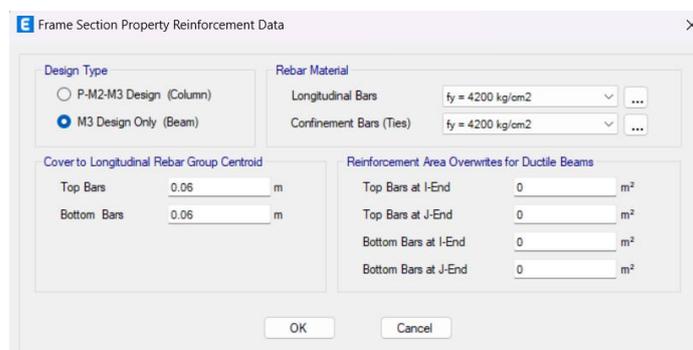
### 2.7.1.1.1 Vigas

Se inicio con un modelo con las secciones obtenidas en el prediseño de elementos, sin embargo, no cumplía las solicitaciones de la norma ecuatoriana, las cuales fueron cambiando hasta llegar a las siguientes dimensiones:

**Tabla 7.** Resumen de vigas finales.

| TABLA DE RESUMEN DE SECCIONES FINALES |           |             |               |
|---------------------------------------|-----------|-------------|---------------|
| SECCIÓN                               | BASE [cm] | ALTURA [cm] | AGRIETAMIENTO |
| VIGA                                  | 35        | 45          | 0,5           |
|                                       | 50        | 65          | 0,5           |
|                                       | 55        | 70          | 0,5           |

**Fuente:** Elaboración Propia.



**Figura 59.** Configuración del refuerzo de la viga 1, 2 y 3.

**Fuente:** ETABS.

### 2.7.1.1.2 Columnas

Al igual que las vigas, las secciones de la columna se fueron modificando hasta cumplir las solicitaciones de la norma, se obtuvo la siguiente sección final:

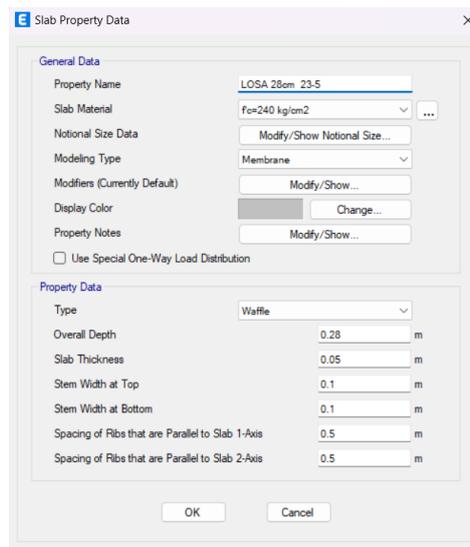
**Tabla 8.** Resumen de columnas finales.

| TABLA DE RESUMEN DE SECCIONES FINALES |           |             |               |
|---------------------------------------|-----------|-------------|---------------|
| SECCIÓN                               | BASE [cm] | ALTURA [cm] | AGRIETAMIENTO |
| COLUMNAS                              | 75        | 95          | 0,8           |

Fuente: Elaboración Propia.

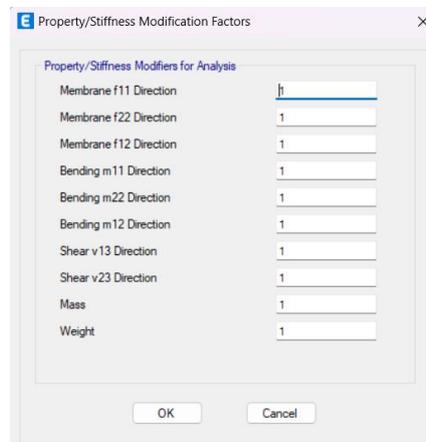
### 2.7.1.1.3 Losas

La losa se definió igual que la obtenida en el prediseño:



Fuente: ETABS.

**Figura 60.** Dimensiones de losa.



**Figura 61.** Agrietamiento de losa.

Fuente: ETABS.

### 2.7.1.1.4 Muro subterráneo

Este muro no es estructural, es para la modelación del proyecto.

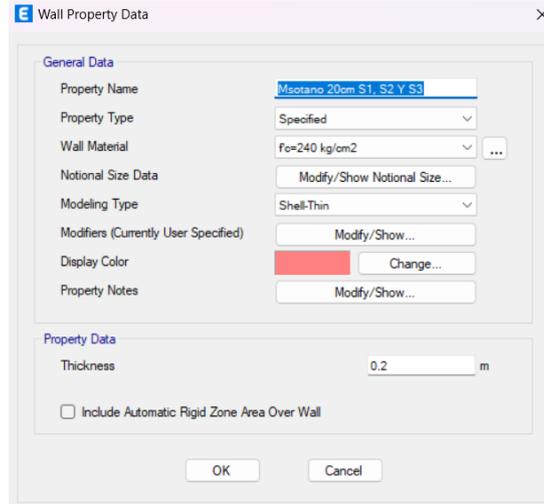


Figura 62. Dimensiones del muro subterráneo.

Fuente: ETABS.

### 2.7.1.2 Definición de patrones de carga

Se definen los patrones de carga con su respectivo sentido de aplicación para los sismos y así mismo se establecen los patrones de carga establecidas por la Norma Ecuatoriana previamente indicadas, siendo:

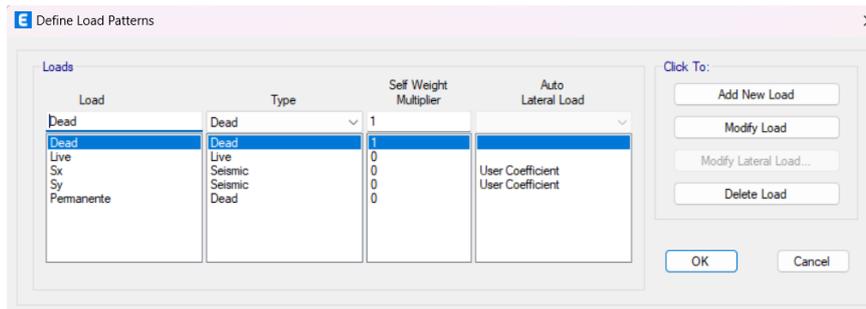


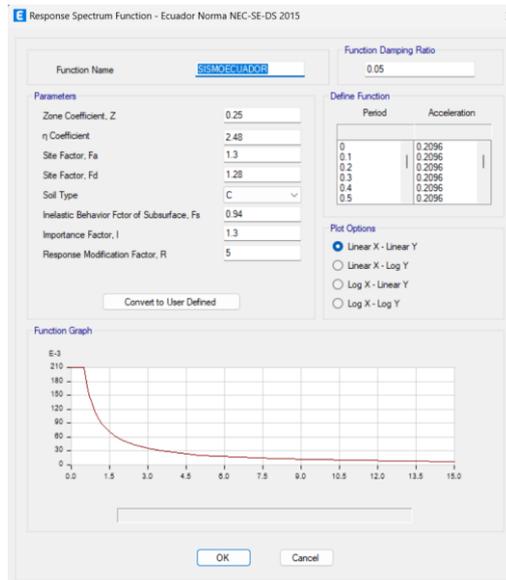
Figura 63. Patrones de carga

Fuente: ETABS.

Posteriormente, se asignan las cargas a las losas, tales como carga muerta y viva previamente calculadas.

### 2.7.1.3 Definición de espectro

Es importante para analizar cómo la estructura va a responder ante un evento sísmico, puesto que establece un conjunto de aceleraciones de diseño, de acuerdo con el sitio y tipo de suelo. Lo cual se traduce como la respuesta dinámica de la estructura.

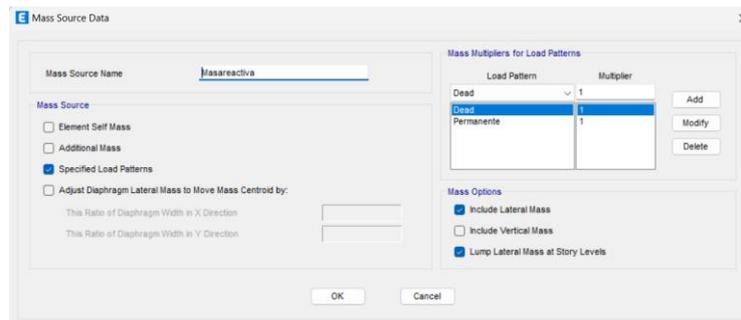


**Figura 64.** Definición de espectro

**Fuente:** ETABS.

### 2.7.1.4 Definición de la masa reactiva del edificio

Sirve para asignar y distribuir las masas en el modelo estructural, el cual será fundamental para calcular las fuerzas inerciales que son generadas por los movimientos sísmicos.

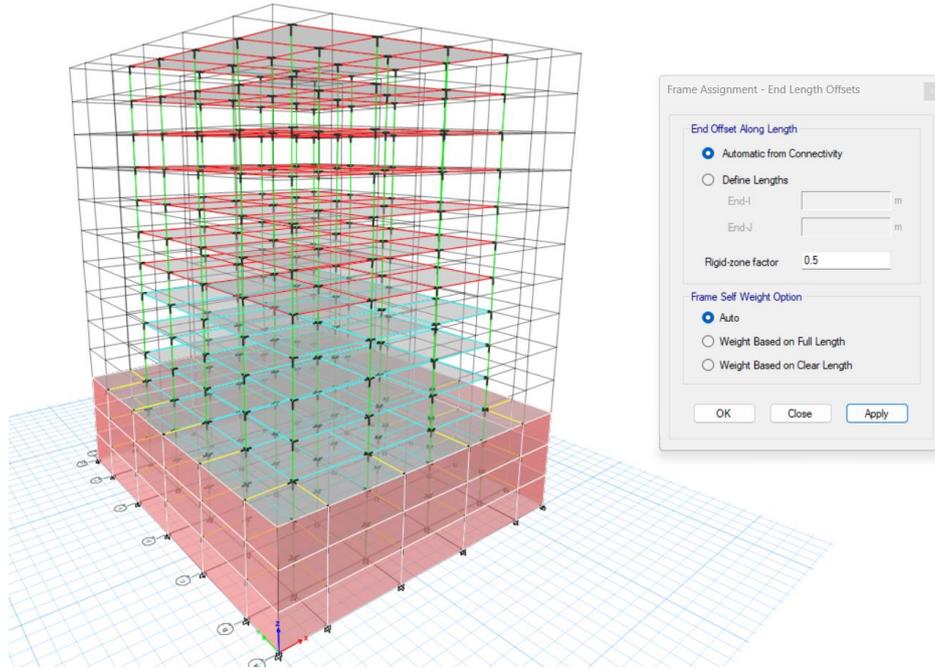


**Figura 65.** Masa reactiva del edificio

**Fuente:** ETABS.

### 2.7.1.5 Asignación de nudos rígidos

Sirve para modelar las respectivas conexiones entre elementos estructurales, en este caso se asigna un nudo rígido de 0.5, el cual indica que las conexiones no son completamente rígidas ni completamente flexibles, lo que nos permite simular de mejor manera una respuesta real de la estructura.

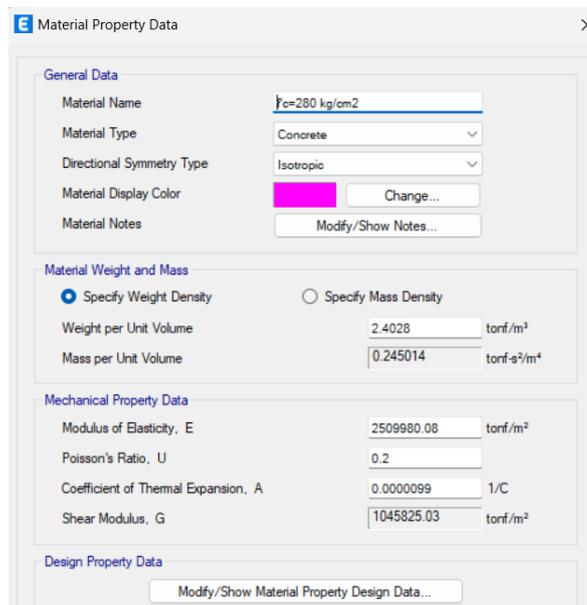


**Figura 66.** Asignación de nudos rígidos

**Fuente:** ETABS.

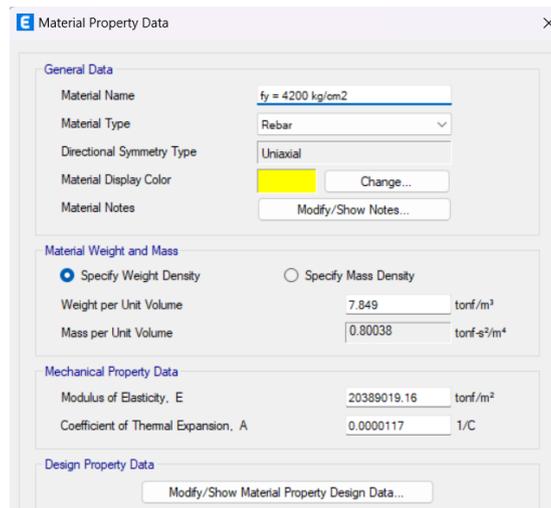
### 2.7.2 Modelación para la estructura implantada en Perú:

De acuerdo con la resistencia del hormigón se colocó las propiedades mecánicas en el software, para esta estructura fue necesario aumentar la resistencia de hormigón a 280 kg/cm<sup>2</sup>:



**Figura 67.** Propiedades mecánicas para el hormigón de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

**Fuente:** ETABS.



**Figura 68.** Propiedades mecánicas para el acero de  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

**Fuente:** ETABS.

### 2.7.2.1 Definición de secciones.

Se inició con un modelo con las secciones obtenidas en el prediseño de elementos, sin embargo, no cumplía las solicitaciones de la norma peruana, las cuales fueron cambiando hasta llegar a las siguientes dimensiones:

**Tabla 9.** Resumen de vigas finales.

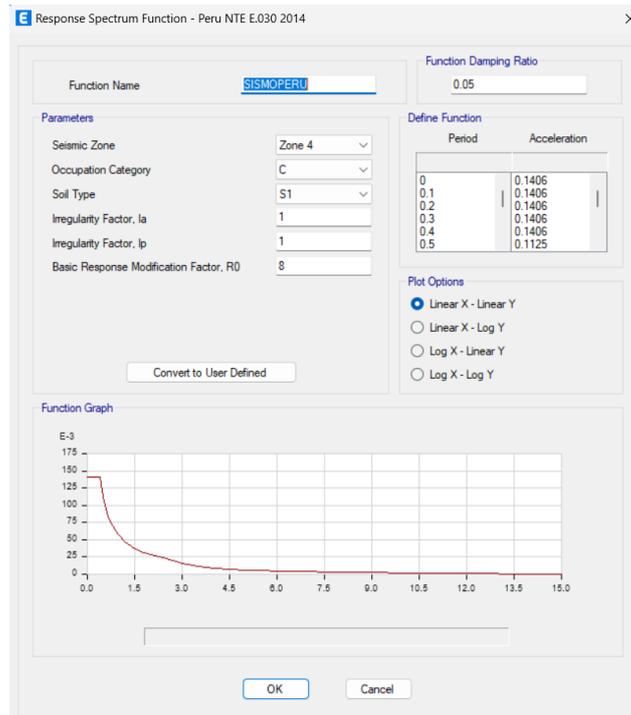
| TABLA DE RESUMEN DE SECCIONES FINALES |           |             |               |
|---------------------------------------|-----------|-------------|---------------|
| SECCIÓN                               | BASE [cm] | ALTURA [cm] | AGRIETAMIENTO |
| VIGA                                  | 40        | 55          | 0,5           |
|                                       | 65        | 80          | 0,5           |
| COLUMNAS                              | 75        | 105         | 0,8           |
| LOSAS                                 |           | 23          | 1             |
| LOSETA                                |           | 5           | 1             |
| NERVIO                                | 10        | 23          | 1             |

**Fuente:** Elaboración Propia.

Posteriormente se repite el mismo procedimiento que el realizado para la modelación de Ecuador, aplicando las cargas previamente calculadas con la norma peruana y se asignan a cada losa.

### 2.7.2.2 Definición de espectro

Al definir el espectro de diseño en el software, se introducen las características sísmicas que presenta el suelo, incluyendo la aceleración máxima del suelo y las propiedades del terreno, lo que permite simular las posibles condiciones sísmicas que pueden presentarse durante la vida útil de la estructura.

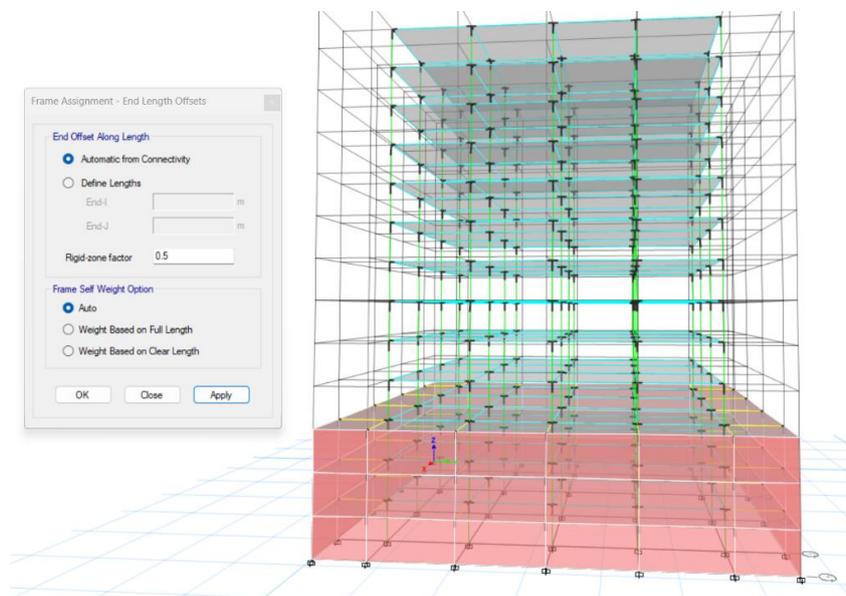


**Figura 69.** Definición de espectro

**Fuente:** ETABS.

### 2.7.2.3 Asignación de nudos rígidos

Sirve para modelar las respectivas conexiones entre elementos estructurales, en este caso se asigna un nudo rígido de 0.5, el cual indica que las conexiones no son completamente rígidas ni completamente flexibles, lo que nos permite simular de mejor manera una respuesta real de la estructura.



**Figura 70.** Asignación de nudos rígidos

**Fuente:** ETABS.

## 2.8 Revisiones de la modelación

### 2.8.1 Revisión de masa

Esta revisión es fundamental para conocer que el modelo estructural es preciso y confiable, puesto que garantiza que la asignación y distribución de las masas es correcta, lo cual nos permite obtener resultados precisos en el análisis dinámico.

| REVISIÓN 1                    |                  |      |
|-------------------------------|------------------|------|
| <b>Revisión de masa</b>       |                  |      |
| Base Reactions Fz             |                  |      |
| DEAD                          | 6533.61          | Tonf |
| PERMANENTE                    | 2430.1544        | Tonf |
|                               | 8963.7644        | Tonf |
| Load Pattern User Coefficient |                  |      |
| Weight Used                   | 5704.62747       | Tonf |
| DIFERENCIA                    | 3259.13693       | Tonf |
| Estado:                       | <b>NO CUMPLE</b> |      |

**Figura 71.** Revisión de masa para edificio implantado en Ecuador

| REVISIÓN 1                    |                  |      |
|-------------------------------|------------------|------|
| <b>Revisión de masa</b>       |                  |      |
| Base Reactions Fz             |                  |      |
| DEAD                          | 7277.4328        | Tonf |
| PERMANENTE                    | 2580.0864        | Tonf |
|                               | 9857.5192        | Tonf |
| Load Pattern User Coefficient |                  |      |
| Weight Used                   | 6359.22299       | Tonf |
| DIFERENCIA                    | 3498.29621       | Tonf |
| Estado:                       | <b>NO CUMPLE</b> |      |

**Figura 72.** Revisión de masa para edificio implantado en Perú

**Fuente:** Elaboración Propia.

Los edificios modelados incluyen subsuelos, y es por este motivo que las revisiones tienen discrepancia y por ende no cumplen, sin embargo, esto es de esperarse puesto que para el análisis ETABS considera desde el nivel de terreno hacia arriba, lo cual excluye los subsuelos.

### 2.8.2 Revisión de cortante basal

Es necesario asegurar que la estructura a diseñar no pueda soportar únicamente cargas estáticas sino cargas dinámicas también, estas últimas amplifican las fuerzas internas de la estructura debido a la interacción de frecuencias de vibración de la estructura y las del sismo, por lo cual, se debe comparar el cortante estático con el dinámico en ambos sentidos de la estructura, el cual debe cumplir el siguiente criterio:

$$D_x \geq 80\% S_x$$

Obteniendo las tablas del software ETABS, se presenta el siguiente resultado:

| REVISIÓN 2            |           |          |                       |           |         |
|-----------------------|-----------|----------|-----------------------|-----------|---------|
| Cortante Basal        |           | 467.7795 |                       |           |         |
| Para eje X            |           |          | Para eje Y            |           |         |
| Sx                    | -467.7795 | OK       | Sy                    | -467.7795 | OK      |
| Dx                    | 418.3368  | TABLA 3  | Dy                    | 424.9186  | TABLA 4 |
| Estado: <b>CUMPLE</b> |           |          | Estado: <b>CUMPLE</b> |           |         |

**Figura 73.** Revisión de cortante basal para edificio implantado en Ecuador

| REVISIÓN 2            |          |         |                       |          |         |
|-----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|---------|
| Cortante Basal        |          | 417.165 |                       |          |         |
| Para eje X            |          |         | Para eje Y            |          |         |
| Sx                    | -417.165 | OK      | Sy                    | -417.165 | OK      |
| Dx                    | 350.6509 | TABLA 3 | Dy                    | 349.6663 | TABLA 4 |
| Estado: <b>CUMPLE</b> |          |         | Estado: <b>CUMPLE</b> |          |         |

**Figura 74.** Revisión de cortante basal para edificio implantado en Perú

**Fuente:** Elaboración Propia.

Una vez obtenida las tablas “Story Forces”, revisamos los valores obtenidos de la modelación para los cortantes dinámicos y estáticos de cada edificación en ambos sentidos, los cuales están representados en la **Figura 73** y **Figura 74**, verificando así que cumple con lo indicado en la normativa.

### 2.8.3 Revisión de periodo

Es importante hacer esta revisión puesto que un periodo de vibración inadecuado puede amplificar las vibraciones sísmicas y causar daños importantes en la estructura, lo cual debe ser comparado con el periodo obtenido en el modelo computacional para validar el comportamiento de la estructura en el software.

El periodo obtenido de la modelación es de 1.463 s, el cual debe ser menor al periodo previamente calculado mediante ecuaciones de la norma ecuatoriana, multiplicado por un factor de 1.3, obteniendo así la siguiente verificación:

| REVISIÓN 3 |               |
|------------|---------------|
| Periodo    |               |
| CALCULADO  | 1.17 s        |
| ETABS      | 1.463 s       |
| Estado:    | <b>CUMPLE</b> |

**Figura 75.** Revisión de periodo para edificio implantado en Ecuador

**Fuente:** Elaboración Propia.

| REVISIÓN 3 |               |
|------------|---------------|
| Periodo    |               |
| CALCULADO  | 0.86 s        |
| ETABS      | 1 s           |
| Estado:    | <b>CUMPLE</b> |

**Figura 76.** Revisión de periodo para edificio implantado en Perú

**Fuente:** Elaboración Propia.

#### 2.8.4 Revisión de modos de vibración

La norma indica que en los primeros tres modos de vibración deben existir únicamente traslación, es decir en el sentido X e Y, y a partir del tercer modo vibratorio, puede existir rotación en la estructura, obteniendo así los siguientes resultados de la modelación y verificando que se cumple la revisión.

| REVISIÓN 4                                   |               |        |               |
|--|---------------|--------|---------------|
| Modos de vibracion                           |               |        |               |
| MODO   | UX            | UY     | RZ            |
| 1  |               | 0.5336 | 0 0.000003092 |
| 2  |               | 0      | 0.535 0       |
| 3  | 7.319E-07     |        | 0 0.4142      |
| NO DEBE HABER ROTACION EN EL MODO 1 Y 2 (RZ) |               |        |               |
| Estado:                                      | <b>CUMPLE</b> |        |               |

**Figura 77.** Revisión de modos de vibración para edificio implantado en Ecuador

**Fuente:** Elaboración Propia.

| REVISIÓN 4                                   |               |        |               |
|--|---------------|--------|---------------|
| Modos de vibracion                           |               |        |               |
| MODO   | UX            | UY     | RZ            |
| 1  |               | 0.5706 | 0 0.000001764 |
| 2  |               | 0      | 0.5699 0      |
| 3  | 0.000001605   |        | 0 0.4463      |
| NO DEBE HABER ROTACION EN EL MODO 1 Y 2 (RZ) |               |        |               |
| Estado:                                      | <b>CUMPLE</b> |        |               |

**Figura 78.** Revisión de modos de vibración para edificio implantado en Perú

**Fuente:** Elaboración Propia.

Como se puede observar en la **Figura 77** y **Figura 78**, ambas edificaciones cumplen con la revisión de los modos de vibración, la cual presenta traslación en el sentido X e Y, para los dos primeros modos y movimiento rotacional a partir de tercero, cabe recalcar que aunque haya un valor de rotación en Z en el primer modo vibratorio, es insignificante con respecto a la traslación, como por ejemplo en la primera figura, presenta una traslación en el sentido X de 0.5336, y una rotación en Z de 0.000003092, el cual representa el 0.00058%, lo cual es insignificante en este modo vibratorio, lo cual

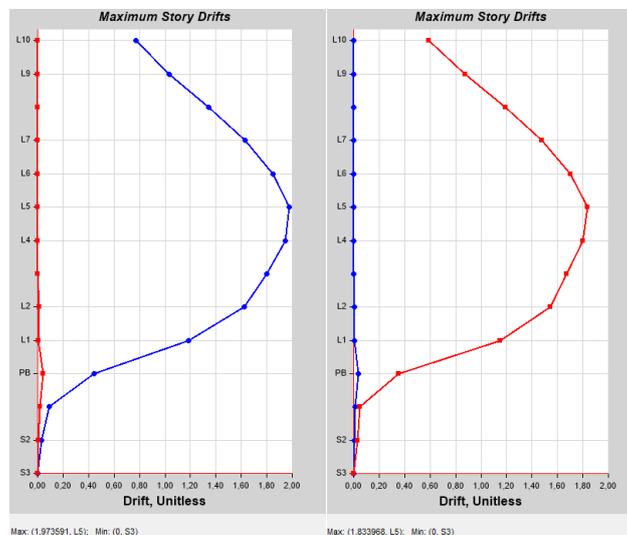
no representa un movimiento rotacional importante y lo mismo para la edificación implantada en Perú, que representa un 0.00031%.

### 2.8.5 Revisión de derivas de piso

Las derivas de piso se definen como desplazamientos horizontales relativos entre dos pisos consecutivos bajo la acción de cargas sísmicas de una estructura, las cuales serán calculadas en el software de acuerdo a la normativa de cada país, creando un “load case” de tipo “linear static” y con el tipo de carga “Load Pattern” asignando el Sismo para cada sentido, siendo estos  $S_x$  y  $S_y$ , donde el factor de escala será el resultado de la multiplicación de 0.75 por el factor de reducción aplicado a la estructura y por el porcentaje en el cual queremos el resultado, siendo 100 para Ecuador y 1000 para Perú.

#### 2.8.5.1 Revisión de derivas de piso para Ecuador

Las derivas de piso deben ser cumplir los requerimientos de la norma ecuatoriana, los cuales indican que deben ser menores al 2%, obteniendo los siguientes resultados:



**Figura 79.** Derivas de piso para edificio implantado en Ecuador

Fuente: ETABS.

| REVISIÓN 5      |            |
|-----------------|------------|
| Derivas de piso |            |
| Deriva en X     | 1.973591 % |
| Deriva en Y     | 1.833968 % |
| Estado:         | CUMPLE     |

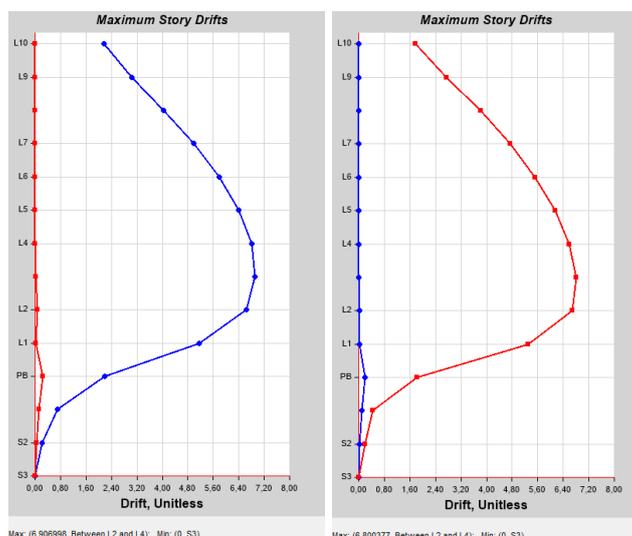
**Figura 80.** Revisión de derivas de piso en % para edificio implantado en Ecuador

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez revisadas las gráficas obtenidas del software ETABS, se puede concluir que cumple la deriva menor del 2% en ambos sentidos.

### 2.8.5.2 Revisión de derivas de piso para Perú

Las derivas de piso deben ser cumplir los requerimientos de la norma peruana, los cuales indican que deben ser menores al 7 ‰, obteniendo los siguientes resultados:



**Figura 81.** Derivas de piso para edificio implantado en Perú

Fuente: ETABS.

| REVISIÓN 5      |               |
|-----------------|---------------|
| Derivas de piso |               |
| Deriva en X     | 6.906998 ‰    |
| Deriva en Y     | 6.800377 ‰    |
| Estado:         | <b>CUMPLE</b> |

**Figura 82.** Revisión de derivas de piso en ‰ para edificio implantado en Perú

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez revisadas las gráficas obtenidas del software ETABS, se puede concluir que cumple la deriva menor del 7 ‰ en ambos sentidos.

### 2.8.6 Revisión de deformaciones

Es importante revisar el límite de deformación de una estructura, puesto que pueden afectar el desempeño de la estructura, y pueden comprometer la seguridad de las personas y la funcionalidad de la estructura.

De la tabla 24.2.2 de [15], se tiene el cálculo de las deflexiones máximas admisibles que la estructura debe cumplir a continuación:

$$\text{deformación máxima} \leq \frac{l}{480}$$

Donde  $l$  representa la longitud del vano más largo de la estructura.

Se obtiene los siguientes resultados:

| REVISIÓN 6                              |               |
|---|---------------|
| Deformaciones                           |               |
| Tabla 24.2.2 Deflexión máxima admisible |               |
| Mayor luz                               | 7 m           |
| Deformación ETABS                       | 0.003902 m    |
| Deformación Máx                         | 0.014583333 m |
| Estado:                                 | <b>CUMPLE</b> |

**Figura 83.** Revisión de deformaciones para edificio implantado en Ecuador

| REVISIÓN 6                              |               |
|---|---------------|
| Deformaciones                           |               |
| Tabla 24.2.2 Deflexión máxima admisible |               |
| Mayor luz                               | 7 m           |
| Deformación ETABS                       | 0.001303 m    |
| Deformación Máx                         | 0.014583333 m |
| Estado:                                 | <b>CUMPLE</b> |

**Figura 84.** Revisión de deformaciones para edificio implantado en Perú

**Fuente:** Elaboración Propia.

Puesto que el plano arquitectónico es el mismo para ambas implantaciones, se tiene que el vano más largo es de 7m, que dividido para 4.80, da una deformación máxima de 0.012583 m, el cual debe ser mayor que el obtenido del software con la aplicación de una combinación de carga donde se considere dos veces la carga muerta y una vez la carga vida, y buscando el plano en elevación más crítico y observando el diagrama de momento que el software provee, y es aquí de donde se obtiene el valor más alto de deformación.

## 2.9 Diseño de elementos estructurales.

A continuación, se detallará el procedimiento para la obtención de diseños finales de los elementos estructurales tales como losas, vigas, columnas y conexiones, al final del apartado se insertará una tabla resumen de las secciones de los elementos estructurales finales.

### 2.9.1 Losas

Para el diseño de losas se siguieron las recomendaciones del ACI para la estructura implantada en Ecuador y en Perú, mediante la aplicación del método de los coeficientes para losas bidireccionales.

Cabe recalcar que, para ambos diseños, a corte y a flexión, el lado corto será representado por “**a**”, mientras que el lado largo será representado por “**b**”, el cual será explicado a continuación:

### 2.9.1.1 Diseño a corte

Se define una franja de diseño de un ancho igual a 1m, la cual se le asignará un caso, de acuerdo con la figura mostrada a continuación:

| RELACION          | CASO | CASO  | CASO  | CASO  | CASO  | CASO  | CASO  | CASO  | CASO  | CASO  |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| m                 | 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 9     |
| $m = \frac{A}{B}$ |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1,000             | Wa   | 0,500 | 0,500 | 0,170 | 0,500 | 0,830 | 0,710 | 0,290 | 0,330 | 0,670 |
|                   | Wb   | 0,500 | 0,500 | 0,830 | 0,500 | 0,170 | 0,290 | 0,710 | 0,670 | 0,330 |
| 0,950             | Wa   | 0,550 | 0,550 | 0,200 | 0,550 | 0,860 | 0,750 | 0,330 | 0,380 | 0,710 |
|                   | Wb   | 0,450 | 0,450 | 0,800 | 0,450 | 0,140 | 0,250 | 0,670 | 0,620 | 0,290 |
| 0,900             | Wa   | 0,600 | 0,600 | 0,230 | 0,600 | 0,880 | 0,790 | 0,380 | 0,430 | 0,750 |
|                   | Wb   | 0,400 | 0,400 | 0,770 | 0,400 | 0,120 | 0,210 | 0,620 | 0,570 | 0,250 |
| 0,850             | Wa   | 0,660 | 0,660 | 0,280 | 0,660 | 0,900 | 0,830 | 0,430 | 0,490 | 0,790 |
|                   | Wb   | 0,340 | 0,340 | 0,720 | 0,340 | 0,100 | 0,170 | 0,570 | 0,510 | 0,210 |
| 0,800             | Wa   | 0,710 | 0,710 | 0,330 | 0,710 | 0,920 | 0,860 | 0,490 | 0,550 | 0,830 |
|                   | Wb   | 0,290 | 0,290 | 0,670 | 0,290 | 0,080 | 0,140 | 0,510 | 0,450 | 0,170 |
| 0,750             | Wa   | 0,760 | 0,760 | 0,390 | 0,760 | 0,940 | 0,880 | 0,560 | 0,610 | 0,860 |
|                   | Wb   | 0,240 | 0,240 | 0,610 | 0,240 | 0,060 | 0,120 | 0,440 | 0,390 | 0,140 |
| 0,700             | Wa   | 0,810 | 0,810 | 0,450 | 0,810 | 0,950 | 0,910 | 0,620 | 0,680 | 0,890 |
|                   | Wb   | 0,190 | 0,190 | 0,550 | 0,190 | 0,050 | 0,090 | 0,380 | 0,320 | 0,110 |
| 0,650             | Wa   | 0,850 | 0,850 | 0,530 | 0,850 | 0,960 | 0,930 | 0,690 | 0,740 | 0,920 |
|                   | Wb   | 0,150 | 0,150 | 0,470 | 0,150 | 0,040 | 0,070 | 0,310 | 0,260 | 0,080 |
| 0,600             | Wa   | 0,890 | 0,890 | 0,610 | 0,890 | 0,970 | 0,950 | 0,760 | 0,800 | 0,940 |
|                   | Wb   | 0,110 | 0,110 | 0,390 | 0,110 | 0,030 | 0,050 | 0,240 | 0,200 | 0,060 |
| 0,550             | Wa   | 0,920 | 0,920 | 0,690 | 0,920 | 0,980 | 0,960 | 0,810 | 0,850 | 0,950 |
|                   | Wb   | 0,080 | 0,080 | 0,310 | 0,080 | 0,020 | 0,040 | 0,190 | 0,150 | 0,050 |
| 0,500             | Wa   | 0,940 | 0,940 | 0,760 | 0,940 | 0,990 | 0,970 | 0,860 | 0,890 | 0,970 |
|                   | Wb   | 0,060 | 0,060 | 0,240 | 0,060 | 0,010 | 0,030 | 0,140 | 0,110 | 0,030 |

Figura 85. Coeficientes para el cortante en losas bidireccionales.

Fuente: ACI 318-63 [16].

Una vez definidos los coeficientes  $W_a$  y  $W_b$ , se definirá como  $W_x$  para cada vano, a continuación, se procede a calcular la carga actuante  $q$  con la siguiente fórmula:

$$q = W_u * b * W_x$$

Ecuación 27. Carga actuante para losas bidireccionales.

Donde  $W_u$ , corresponde a la carga de diseño.

Se obtiene los cortantes aproximados de las vigas con la tabla 6.5.4. de [15].

| Localización                            | $V_u$                |
|---|----------------------|
| Cara exterior del primer apoyo interior | $1.15w_u \ell_n / 2$ |
| Cara de todos los demás apoyos          | $w_u \ell_n / 2$     |

Figura 86. Cortantes últimos aproximados.

Fuente: ACI 318-19 [15].

El diseño de la losa será para un ancho de un metro, en el cual existen dos alivianamientos de 40 cm, y, por ende, dos nervios, para lo cual se aplicará la siguiente ecuación:

$$V_u < \phi V_c ; V_c = 0.53 * \lambda * \sqrt{f'c} * b_w * d$$

**Ecuación 28.** Diseño a corte

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Luego, se calcula el acero mínimo y al acero máximo con las siguientes fórmulas:

### 2.9.1.2 Diseño a flexión

Para el diseño a flexión se debe cumplir:

$$M_u \leq \phi M_n$$

Donde:

$$M_n = \phi * A_s * f_y * \left( d - \frac{A_s * f_y}{1.7 * f'c * b} \right)$$

**Ecuación 29.** Momento nominal

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Y dado que se cumple que:

$$A_s = \rho * d * b$$

Despejando y reemplazando se llega a la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{M_u * 1.7 * f'c}{d * (1.7 * f'c * \phi * f_y - \phi * f_y^2 * \rho)}$$

**Ecuación 30.** Acero calculado

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

#### 2.9.1.2.1 Acero Mínimo

Para el acero mínimo se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * b_{nervio} * d$$

**Ecuación 31.** Acero mínimo

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

#### 2.9.1.2.2 Acero Máximo

Para el acero máximo se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_{s_{m\acute{a}x}} = 0.5 * \rho_b * b_{nervio} * d$$

**Ecuaci3n 32.** Acero máximo

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Donde la cuantía balanceada se calcula con la siguiente ecuaci3n:

$$\rho_b = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * \frac{6300}{6300 + f_y}$$

**Ecuaci3n 33.** Cuantía balanceada

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

### 2.9.1.2.3 Acero de Temperatura

$$A_{s_{temp}} = 0.0018 * A_g$$

**Ecuaci3n 34.** Acero de temperatura

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Donde  $A_g$  corresponde al área de la loseta de compresi3n y ancho de 1 metro asumido para el diseño de la losa.

Se debe cumplir que:

$$Si A_{s_{calculado}} \leq A_{s_{mín}} \rightarrow A_{s_{mín}}$$

$$Si A_{s_{calculado}} > A_{s_{mín}} \rightarrow A_{s_{calculado}}$$

$$Si A_{s_{calculado}} > A_{s_{máx}} \rightarrow ERROR$$

Finalmente, el diseño a flexi3n se cumplir si el acero colocado cumple las anteriores indicaciones.

## 2.9.2 Vigas

Para el diseño de las vigas de ambos países se siguieron las recomendaciones del ACI 318-19.

### 2.9.2.1 Diseño a flexi3n

Se debe considerar la condici3n más crítica, la cual es:

$$M_u \leq \phi M_n$$

Despejando:

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

Dado que el programa computacional entrega los momentos últimos, y el factor  $\phi = 0.9$ , se obtiene el momento nominal, el cual será utilizado para calcular la cantidad de acero, la cual será calculada con la **Ecuaci3n 30** previamente indicada.

Adicionalmente, se calculará el acero mínimo y acero máximo con la **Ecuación 31** y **Ecuación 32** respectivamente. Se debe verificar la sección 18.6.3.1. de [15], que indica que para refuerzo grado 420,  $\rho \leq 0.025$ , el cual cumple.

Se debe comprobar que se cumpla la sección 18.6.3.2. de [15], la cual indica que la resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que la mitad de la resistencia a momento negativo proporcionada en esa misma cara. La resistencia a momento negativo o positivo, en cualquier sección a lo largo de la longitud del miembro, debe ser al menos igual a un cuarto de la resistencia máxima a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos, para lo cual, en el presente proyecto se trabajó esta revisión con el acero calculado.

Finalmente, el diseño a flexión se cumplirá si el acero colocado cumple las anteriores indicaciones.

### 2.9.2.2 Diseño a corte

Una vez obtenidos los cortantes por carga vertical del software computacional, se procede a calcular los momentos probables con la siguiente ecuación:

$$M_{PRi} = \alpha * f_y * A_{si} * \left( d - \frac{A_s * f_y}{1.7 * f'_c * b_w} \right)$$

#### Ecuación 35. Momento Probable

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Donde  $\alpha = 1.4$ .

Luego, se calcula el cortante hiperestático para cada vano, con los 4 momentos probables previamente calculados, con la siguiente ecuación:

$$V_{HIP1} = \frac{M_{PR2-} + M_{PR3+}}{L_N}$$

#### Ecuación 36. Cortante Hiperestático

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Donde:

$M_{PR2-}$ , corresponde al momento negativo superior de la parte izquierda del vano;

$M_{PR3+}$ , corresponde al momento positivo inferior de la parte derecha del vano;

$L_N$ , corresponde a la luz libre del vano.

El cortante del sismo será el máximo de los dos cortantes hiperestáticos obtenidos en cada vano.

$$V_{sismo} = \text{Máx}(V_{HIP_1}; V_{HIP_2})$$

**Ecuación 37.** Cortante del sismo

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Se procede a calcular la capacidad de cortante último, del concreto, y el resistido por el refuerzo transversal:

$$V_u = \text{Máx}(V_{CV1}; V_{CV2}) + V_{sismo}$$

**Ecuación 38.** Capacidad de cortante último

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

$$V_C = 0.53 * \lambda * \sqrt{f'c} * b * d$$

**Ecuación 39.** Capacidad de cortante del concreto

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

El cual:

$$V_C = 0 \text{ si } V_{sismo} > \frac{1}{2} V_u$$

Luego, se tiene:

$$V_S = \frac{V_u - \phi V_C}{\phi}$$

**Ecuación 40.** Cortante resistido por el refuerzo transversal

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Donde  $\phi = 0.9$

Se finaliza con la revisión a corte, la cual debe cumplir:

$$V_S \leq 2.2 * \sqrt{f'c} * b_w * d * \lambda$$

**Ecuación 41.** Revisión de resistencia a cortante proporcionada por el acero de refuerzo en vigas.

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Para completar el cálculo, se debe obtener el espaciamiento del refuerzo transversal, descrito en la sección 18.6.4.4 de [15], el cual se calcula mediante:

$$s \text{ en } L_0 = \text{mín} \left( \frac{d}{4}; 6 * \phi_{\text{barra longitudinal más pequeña}}; 15 \text{ cm} \right)$$

**Ecuación 42.** Espaciamiento de refuerzo transversal para zona de confinamiento

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

$$s = \text{mín} \left( \frac{d}{2}; s \text{ en } L_0; 30 \text{ cm} \right)$$

**Ecuación 43.** Espaciamiento de refuerzo transversal para zona central

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Finalmente, se calcula el área mínima de refuerzo, es decir para los estribos con la siguiente ecuación:

$$A_{v_{\text{mín}}} = \max \left( \frac{(3.5 * b_w * s)}{f_y}; 0.2 * \sqrt{f'_c} * \frac{b_w * s}{f_y}; \frac{V_S * s}{f_y * d} \right)$$

**Ecuación 44.** Área mínima de refuerzo

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

## 2.9.3 Columnas

### 2.9.3.1 Diseño a flexo-compresión

De las tablas obtenidas del software ETABS denominadas Design Forces – Columns, se procede a calcular el esfuerzo mínimo y máximo con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{b * h} \pm \left( \frac{\frac{M_3 * h}{2}}{I_{XX}} + \frac{\frac{M_2 * h}{2}}{I_{YY}} \right)$$

**Ecuación 45.** Esfuerzo mínimo y máximo.

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Para obtener los puntos más críticos y compararlos en el diagrama de interacción y corroborar que se encuentren dentro de la zona permisible.

### 2.9.3.2 Diseño a corte por capacidad

Se obtiene el cortante por capacidad en la dirección X e Y, mediante la siguiente ecuación:

$$V_u = \frac{2 * M_b}{H_n}$$

**Ecuación 46.** Cortante por capacidad

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Donde:

$M_b$  representa el momento balanceado obtenido mediante el diagrama de interacción,

$H_n$  representa la altura de entrepiso.

Se calcula la capacidad a corte del concreto y del acero con la **Ecuación 39** y **Ecuación 40**, con  $\phi = 0.75$ .

Se debe obtener el espaciamiento del refuerzo transversal, descrito en la sección 18.7.5.3. de [15], el cual se calcula mediante:

$$s \text{ en } L_0 = \text{mín} \left( \frac{h}{4}; \frac{b}{4}; 6 * \phi_{\text{barra longitudinal más pequeña}}; 10 \text{ cm} \right)$$

**Ecuación 47.** Espaciamiento de refuerzo transversal para zona de confinamiento

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

$$s = \text{mín} \left( \frac{d}{2}; 6 * \phi_{\text{barra longitudinal más pequeña}}; 15 \text{ cm} \right)$$

**Ecuación 48.** Espaciamiento de refuerzo transversal para zona central

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Finalmente, se calcula el área mínima de refuerzo, es decir para los estribos con la sección 10.6.2.2. de [15], que indica la siguiente ecuación:

$$A_{v_{\text{min}}} = \max \left( \frac{(3.5 * b_w * s)}{f_y}; 0.2 * \sqrt{f'_c} * \frac{b_w * s}{f_y}; \frac{V_S * s}{f_y * d} \right)$$

**Ecuación 49.** Área mínima de refuerzo

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

**2.9.3.3 Diseño a corte por confinamiento**

Se debe verificar la siguiente revisión:

$$Si P_u \leq 0.3 * A_g * f'_c \quad \wedge \quad f'_c \leq 70 MPa$$

**Ecuación 50.** Revisión de la Resistencia a la Compresión del Concreto

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Si esta revisión no se cumple se calculará  $A_{SH3}$ , caso contrario se trabajará únicamente con  $A_{SH1}$  Y  $A_{SH2}$ .

| Refuerzo transversal   | Condición                                       | Expresiones aplicables  |   |
|--|---|-------------------------|---|
| $A_{sh}/(sb_c)$<br>para estribos cerrados de confinamiento rectilíneos | $P_u \leq 0.3 A_g f'_c$ y<br>$f'_c \leq 70 MPa$ | Mayor de (a) y (b)      | $0.3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (a)           |
|  | $P_u > 0.3 A_g f'_c$ ó<br>$f'_c > 70 MPa$       | Mayor de (a), (b) y (c) | $0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (b)<br>$0.2 k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (c) |

**Figura 87.** Cálculo de  $A_{sh1}$ ,  $A_{sh2}$ ,  $A_{sh3}$ .

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Finalmente se calcula  $A_v$  con el máximo obtenido de los  $A_{sh}$  aplicando:

$$A_{V_{Mín}} = máx(A_{SHi}) * sen L_o * (b - 2 * rec)$$

**Ecuación 51.** Revisión de la Armadura Mínima a Cortante

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Finalmente,  $A_v$  es el máximo obtenido por capacidad y por confinamiento.

El número de ramales resultará de la división el  $A_v$  obtenido entre el área de la varilla para el estribo seleccionado.

## 2.9.4 Conexión Viga – Columna

### 2.9.4.1 Nudo Fuerte – Viga Débil

#### 2.9.4.1.1 Cortante requerido en el nudo

Para la revisión de una viga interior se debe calcular:

$$V_j = T_1 + T_2 - V_{COL}$$

Donde  $T_i$  representa la tensión generada por el acero superior e inferior respectivamente, calculadas mediante:

$$T_i = A_{S_i} * \alpha * f_y$$

Donde:

$A_{s_i}$  , representa el acero superior e inferior, y  $\alpha$  , que representa el factor de sobre resistencia debe ser mayor a 1.25, asumiendo para el presente trabajo un valor de 1.4.

Luego se calcula el momento probable con la **Ecuación 35**.

También, se calcula el cortante hiperestático con la **Ecuación 36**, donde  $L_n$  representa la altura de la columna.

Se determina la resistencia de diseño mediante la siguiente ecuación:

$$\phi V_n = \phi V_c = 0.85 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_j * h_{col}$$

**Ecuación 52.** Resistencia de diseño

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Donde:

$\lambda$  corresponde a un factor que depende del tipo de columna que se presente, lo cual estará definida por los siguientes criterios:

**En columnas interiores:**

$$\text{Si } b_v > 0.75 * b_c \rightarrow \lambda = 5.3$$

$$\text{Si } b_v < 0.75 * b_c \rightarrow \lambda = 4.0$$

**En columnas exteriores:**

$$\text{Si } b_v > 0.75 * b_c \rightarrow \lambda = 4.0$$

$$\text{Si } b_v < 0.75 * b_c \rightarrow \lambda = 3.2$$

**En columnas esquineras:**

$$\lambda = 3.2$$

Y  $b_j$  corresponde al ancho efectivo del nudo, el cual está definido por:

$$b_j = \text{mín} (b_v + h_{col}; b_v + 2x)$$

Donde x representa la menor longitud entre la distancia restante entre la viga y las caras de la columna.

#### **2.9.4.1.2 Confinamiento**

Para confinamiento, se debe verificar el cumplimiento de la **Ecuación 50** para posteriormente verificar en que caso se encuentra la estructura en la **Figura 87** para el cálculo del refuerzo transversal según corresponda y finalizar con el cálculo de la armadura mínima a cortante establecido en la **Ecuación 51**.

Finalmente,  $A_v$  es el máximo obtenido por capacidad y por confinamiento.

### 2.9.4.1.3 Adherencia

Esta revisión se realiza en conexiones interiores y en el eje donde haya continuidad para columnas perimetrales.

$$h_{col} \geq 20 \phi_{viga}$$

$$h_{viga} \geq 20 \phi_{columna}$$

Donde:

$h_i$ , representa las secciones transversales y  $\phi_i$  representa el menor de los diámetros de las varillas de cada elemento.

### 2.9.4.1.4 Anclaje

Este cálculo se realiza en conexiones esquineras y en el eje donde no haya continuidad para columnas perimetrales, los cuales necesitan una longitud mínima de desarrollo de barras de refuerzo en tracción según [15], la cual se realiza con la siguiente ecuación:

$$L_{DH} = \phi_v * \frac{f_y}{17 * \lambda * \sqrt{f'_c}}$$

**Ecuación 53.** Longitud mínima de desarrollo de barras de refuerzo en tracción

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

### 2.9.4.2 Columna Fuerte – Viga Débil

Según la sección 18.7.3.2. de [15], se debe cumplir con:

$$\sum M_{n_{col}} \geq 1.2 \sum M_{n_{viga}}$$

**Fuente:** ACI 318-19 [15].

Sin embargo, por apuntes de clase de la materia de Diseño de Proyectos Estructurales [17], se debe cumplir:

$$\sum M_{n_{col}} \geq 1.4 \sum M_{n_{viga}}$$

**Fuente:** Apuntes de clase [17].

Para calcular el Momento nominal de la viga se utiliza la **Ecuación 29** y para calcular el momento nominal de la columna se aplica la siguiente ecuación:

$$M_{n_{col}} = \frac{A_{st}}{2} * f_y * (h_{col} - 2 * r_{ef})$$

**Ecuación 54.** Momento nominal de la columna

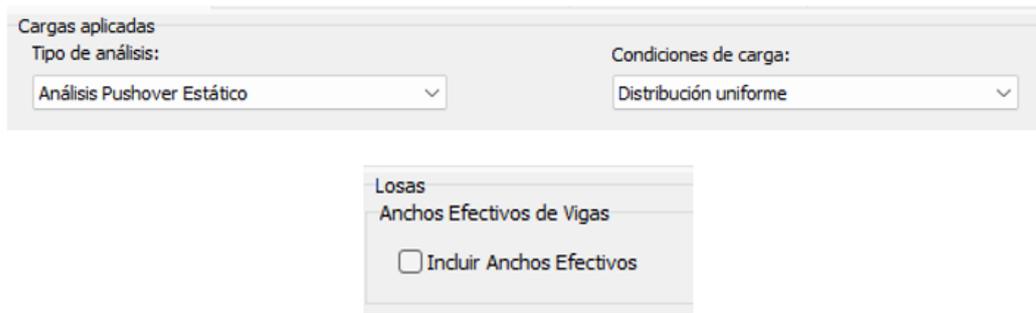
**Fuente:** ACI 318-19 [15].

## 2.10 Modelación en el software SeismoStruct.

Para proceder con el modelado en este software es necesario tener el armado final de todos los elementos estructurales del edificio, a excepción de las losas puesto que se considerará como que solo transmiten carga, sin embargo, es necesario conocer el peso de esta y la equivalencia como losa maciza.

Para trabajar en este software, se requiere transformar las unidades a KPa, y metros.

La interfaz de este software es bastante sencilla, sin embargo, debemos tener en cuenta las siguientes opciones para una modelación idónea:



**Figura 88.** Indicaciones del software SeismoStruct.

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

Adicionalmente, este programa divide en tres secciones el modelado de una estructura, siendo estas Pre-Procesador, Procesador y Post-Procesador, sin embargo, hay una parte preliminar en donde se debe definir las secciones de los elementos estructurales del edificio a analizar.

### 2.10.1 Fase preliminar:

En esta parte, ingresamos las secciones de los elementos estructurales, configuración de altura, y cargas por piso, para lo cual, tendremos la opción de crear las columnas, vigas y losas donde insertaremos el armado indicado en los planos, tanto para Ecuador como para Perú, de la siguiente forma:

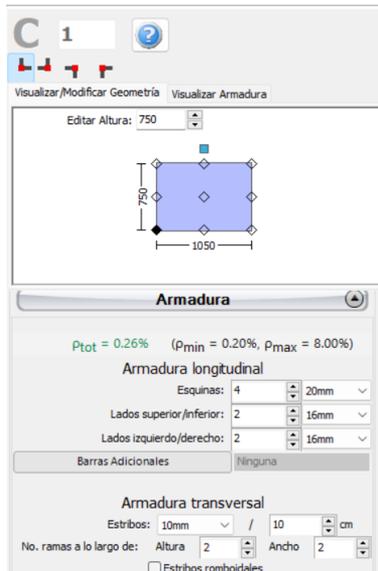


Figura 89. Creación de columnas en SeismoStruct.

Fuente: SeismoStruct. [4]

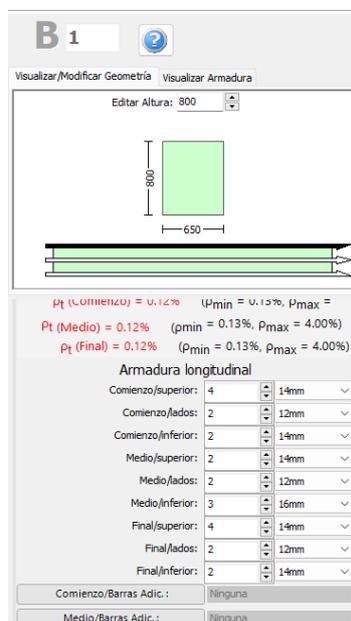


Figura 90. Creación de vigas en SeismoStruct.

Fuente: SeismoStruct. [4]

**Condiciones de Apoyo**

**Armadura**

Ángulo (°) entre ejes locales de la losa X'-Y' y ejes globales X-Y: 0

Refuerzo inferior a medio claro:

A lo largo del X': 10mm / 10 cm

A lo largo del Y': 10mm / 10 cm

**Cargas**

Cargas Permanentes (G, G') y Cargas Livas (Q):

G (kN/m<sup>2</sup>): 0.00  Cálculo Automático

G' (kN/m<sup>2</sup>): 1.50

Q (kN/m<sup>2</sup>): 2.00 Tipo de Área Cargada

S (kN/m<sup>2</sup>): 0.00 (requerido solo por ASCE 41-23 y TBDY)

**Elevación / Inclinación de Losa**

Elevación del Piso: 3000

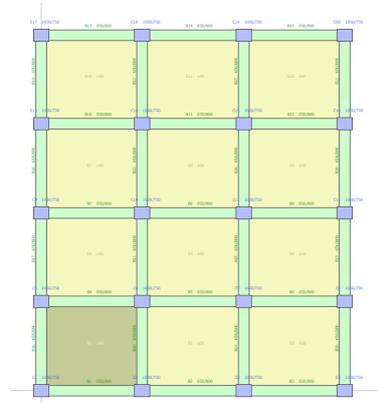
Losa inclinada o elevada (definida por 3 puntos)

**Figura 91.** Creación de losa en SeismoStruct.

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

Es importante resaltar que para la creación de la losa es necesario colocar la altura equivalente a una losa maciza y en la parte de cargas, desactivar el cálculo automático y en la parte de carga permanente colocar la carga calculada previamente y adicionar el peso de la losa aliviada en las unidades correspondientes.

Finalmente, se obtiene la siguiente planta, la cual puede ser replicada si es un armado igual para todas las plantas o caso contrario se puede replicar e ir modificando planta por planta.



**Figura 92.** Vista en planta SeismoStruct.

**Fuente:** SeismoStruct. [4]



**Figura 93.** Vista en 3D SeismoStruct.

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

Una vez ingresados estos datos, se procede a salir y crear proyecto, iniciando con la siguiente sección.

### 2.10.2 Pre-Procesador

En esta sección definiremos las características de los materiales, modificando sus parámetros de acuerdo con la resistencia del hormigón para cada edificación, tal como se indica en las figuras **Figura 13** y **Figura 15**.

| Materiales  |  | Secciones       | Clases de Elementos | Nodos | Conectividad |
|---|--|-----------------|---------------------|-------|--------------|
| Agregar Material General<br><br>Agregar Clase de Material |  | Nombre Material | Tipo Material       |       | Pi           |
|   |  | acero_l         | stl_mp              |       | 2            |
|   |  | acero_t         | stl_mp              |       | 2            |
|   |  | fc_280          | con_ma              |       | 2            |

**Figura 94.** Definición de materiales.

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

En Cargas Aplicadas, se define el sentido en el cual se va a trabajar, X o Y. Por default trabaja en el eje X, de ser necesario se modifica este dato en todas las pestañas presentes.

En la parte de desplazamiento objetivo, definiremos el código con el cual se va a trabajar, siendo este la ASCE 41-23 y se establecen los siguientes niveles de desempeño, que son los descritos en la sección 1.4.5:

Código utilizado en los Cálculos de Desplazamiento Meta: ASCE 41-23

Nodo de Control: Nodo\_Control | Edificio de Cortant:  | No. de Pisos: 10 o più

Dir. de Control: x |  Triangular/Modal |  Uniforme

Niveles de Desempeño | Tipo de Espectro

Seleccione uno o más niveles de desempeño para usar en las revisiones

ASCE 41-13, Table C2-2: Rehabilitation Objectives

| Nivel de Amenaza Sísmica | 50%/50 años                | Niveles de Desempeño Meta del Edificio |                                       |                                       |       |
|--------------------------|----------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|
|                          |                            | (1-A)                                  | (1-B)                                 | (3-C)                                 | (5-D) |
| BSE-1E (20%/50 años)     | <input type="checkbox"/> a | <input type="checkbox"/> b             | <input type="checkbox"/> c            | <input type="checkbox"/> d            |       |
| BSE-2E (5%/50 años)      | <input type="checkbox"/> e | <input type="checkbox"/> f             | <input checked="" type="checkbox"/> g | <input type="checkbox"/> h            |       |
| BSE-2I (2%/50 años)      | <input type="checkbox"/> i | <input type="checkbox"/> j             | <input type="checkbox"/> k            | <input checked="" type="checkbox"/> l |       |
| BSE-2II (2%/50 años)     | <input type="checkbox"/> m | <input type="checkbox"/> n             | <input type="checkbox"/> o            | <input type="checkbox"/> p            |       |

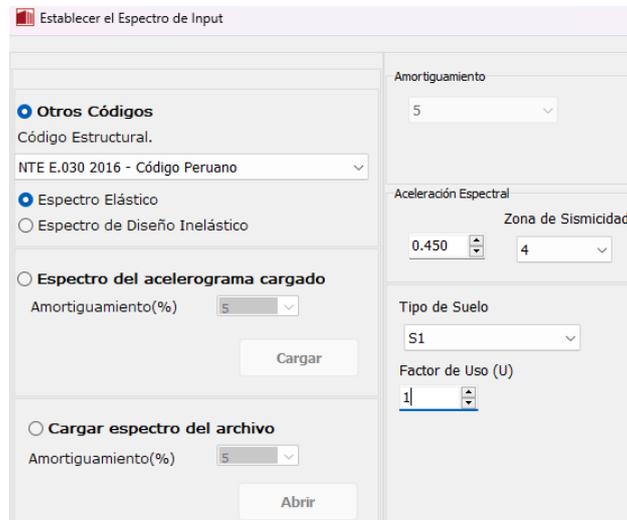
Select Performance Objectives: g y l | Objetivo Básico de Desempeño para ...

**Figura 95.** Niveles de desempeño en SeismoStruct

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

Sin embargo, los periodos de excedencia serán modificados de acuerdo con los requerimientos descritos anteriormente.

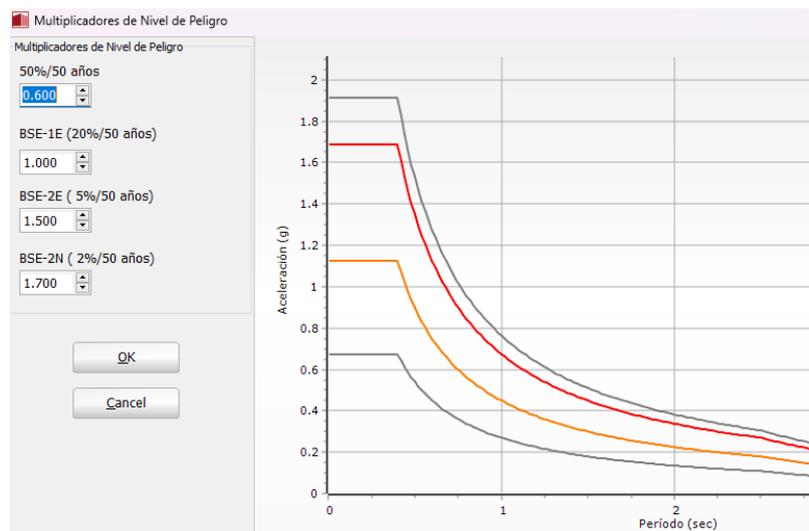
En esta misma sección, se define el tipo de espectro, donde se colocará el espectro de cada normativa, tal como se muestra a continuación:



**Figura 96.** Definición de espectro según la norma peruana en SeismoStruct

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

Y se insertan los factores respectivos para obtener los sismos deseados para el análisis.



**Figura 97.** Multiplicadores de Nivel de Peligro SeismoStruct

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

Donde el 1,7 representa un sismo cualquiera mayor al de 2500 años de retorno que es el importante para este análisis, solo debe ser un factor mayor a 1.5, pues este último representa el sismo de 2500 años mencionado, el factor 1 representa el sismo de diseño

que es de 475 años de retorno y finalmente un sismo inferior al cual se le aplica un factor menor que el ultimo ingresado igual a 1.

En la pestaña de Criterios de performance, se establece el nivel que indicará que la estructura cumpla con seguridad de vida y prevención de colapso de acuerdo con la siguiente tabla 2.3 de [18]:

**Tabla 10.** Límites de deformación máxima.

| NIVEL DE DESEMPEÑO    | LÍMITES DE DEFORMACIÓN MÁXIMA |        |
|-----------------------|-------------------------------|--------|
| SEGURIDAD DE VIDA     | DEFORMACIÓN DEL HORMIGÓN      | -0.004 |
|                       | DEFORMACIÓN DEL ACERO         | 0.015  |
| PREVENCIÓN DE COLAPSO | DEFORMACIÓN DEL HORMIGÓN      | -0.02  |
|                       | DEFORMACIÓN DEL ACERO         | 0.06   |

**Fuente:** Elaboración Propia.

Una vez ingresados estos valores, ejecutamos el programa.

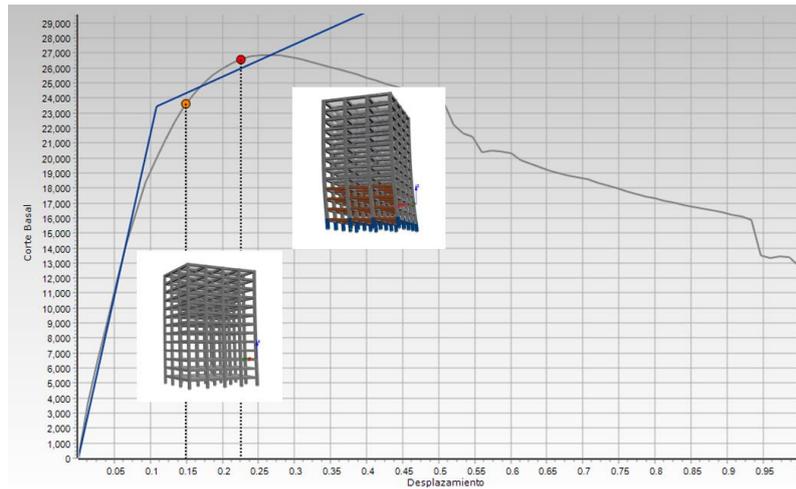
### 2.10.3 Post-Procesador

En esta sección se analiza el periodo estructural obtenido mediante el software, el cual debe ser comparado con el periodo obtenido con ETABS, y adicionalmente, en la sección de Desplazamiento Objetivo se presentan los valores que indican los niveles de desempeño requeridos para la estructura, y a su vez, el programa calculara el factor de carga para cada desplazamiento , para culminar en la pestaña Visor de la Deformada buscando dichos factores de carga y comprobando que la estructura cumpla los límites requeridos tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 11.** Factor de carga en el sentido X para edificio implantado en Perú.

| Nivel de Desempeño     | Desplazamiento objetivo | Factor de Carga |
|------------------------|-------------------------|-----------------|
| SEGURIDAD DE VIDA      | 0.14926762              | 234.4529        |
| PREVENCIÓN DEL COLAPSO | 0.22557784              | 266.0006        |

**Fuente:** Elaboración Propia.



**Figura 98.** Análisis por desempeño en el sentido X para edificio implantado en Perú.

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

**Nota:** Cabe recalcar que los colores azul y naranja representan seguridad de vida para el acero y seguridad de vida para el colapso, lo que indica que no ha superado los límites establecidos en la **Tabla 10**.

## 2.11 Cuantificación de materiales y presupuesto.

Para elaborar el presupuesto de la obra se obtuvo las cantidades de obra del acero de refuerzo y del hormigón pre-mezclado, materiales que representan un gran porcentaje del presupuesto final, para los cuales fue necesario obtener  $m^3$  de hormigón de las losas, vigas y columnas y así mismo el peso del acero de los elementos estructurales con ayuda de las planillas de materiales y las secciones de dichos elementos, obteniendo así los siguientes resultados:

**Tabla 12.** Resumen de cantidades de obra.

| <b>ECUADOR</b>                                       |           |                   |
|--|-----------|-------------------|
| VOLUMEN FINAL DE HORMIGÓN EN LOSAS, VIGAS Y COLUMNAS | 2447.00   | [m <sup>3</sup> ] |
| CANTIDAD FINAL EN ELEMENTOS                          | 295840.00 | [kg]              |
| <b>PERÚ</b>  |           |                   |
| VOLUMEN FINAL DE HORMIGÓN EN LOSAS, VIGAS Y COLUMNAS | 2732.00   | [m <sup>3</sup> ] |
| CANTIDAD FINAL EN ELEMENTOS                          | 332657.00 | [kg]              |

**Fuente:** Elaboración Propia.

Para finalizar, se realiza el análisis de precios unitarios, el cual será presentado en anexos, para obtener el presupuesto final:

| ECUADOR                        |   |        |            |                  |                        |
|--------------------------------|---|--------|------------|------------------|------------------------|
| RUBRO No.                      | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD   | PRECIO UNITARIO  | PRECIO TOTAL           |
| <b>HORMIGONES Y PAVIMENTOS</b> |   |        |            |                  | \$370,501.35           |
| EST-0001                       | Hormigón premezclado en columnas f'c=280 kg/cm2   | m3     | 2,447.00   | \$151.41         | \$370,501.35           |
| <b>ACERO DE REFUERZO</b>       |   |        |            |                  | \$370,501.35           |
| EST-0002                       | Acero de refuerzo en varillas corrugadas fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte, figurado e instalación) | kg     | 295,840.00 | \$2.14           | \$633,193.75           |
|                                |   |        |            | <b>TOTAL USD</b> | <b>\$1,374,196.44</b>  |
| PERÚ                           |   |        |            |                  |                        |
| RUBRO No.                      | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD   | PRECIO UNITARIO  | PRECIO TOTAL           |
| <b>HORMIGONES Y PAVIMENTOS</b> |   |        |            |                  | S/ 2,167,441.05        |
| EST-0001                       | CONCRETO F'C= 280 KG/CM2  | m3     | 2,732.00   | S/ 793.35        | S/ 2,167,441.05        |
| 0                              | <b>ACERO DE REFUERZO</b>  |        |            |                  | S/ 2,972,903.71        |
| EST-0002                       | ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2  | kg     | 332,657.00 | S/ 8.94          | S/ 2,972,903.71        |
|                                |   |        |            | <b>TOTAL PEN</b> | <b>S/ 5,140,344.77</b> |
|                                |   |        |            | <b>TOTAL USD</b> | <b>\$1,367,313.10</b>  |

**Figura 99.** Presupuesto de cada edificio.

**Fuente:** Elaboración Propia.

El valor obtenido para la estructura implantada en Ecuador es de **\$1'374,196.44** mientras que el presupuesto calculado para Perú, aplicando el cambio propuesto por [19], es de **\$1'367,313.10**, resaltando la diferencia en el análisis de precio unitario de cada país, el cual indica la mano de obra, materiales, herramientas y maquinaria y transporte de esta.

### 3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1 Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos aplicando las normativas ecuatoriana y peruana siendo estas la NEC-15 y el Reglamento Nacional de Edificaciones E.030. respectivamente, para un mismo modelo arquitectónico implantado en las zonas de peligro sísmico más alto de cada país.

##### 3.1.1 Ubicación de las edificaciones.

En la siguiente figura, se observa el mapa sísmico de ambas normativas y a su vez, la ubicación de las implantaciones en La Libertad, Santa Elena, Ecuador y Distrito San Borja, Lima, Perú:



**Figura 100.** Ubicación de las edificaciones en Ecuador y Perú.

**Fuente:** Elaboración Propia.

##### 3.1.2 Comparación de cargas.

A continuación, se presenta un resumen de las cargas muertas y vivas obtenidas una vez aplicadas las distintas normativas vigentes de cada implantación:

| <b>CARGA MUERTA</b>                    |                 |                   |                         |                         |         |                   |
|--|-----------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------|-------------------|
| <b>ECUADOR</b>                         |                 |                   |                         |                         |         |                   |
| Peso final edificio por metro cuadrado |                 |                   |                         |                         |         |                   |
| Planta                                 | Peso Por planta | Número de plantas | Planta + acabados       | Planta + acabados+ losa | Total   | UNIDADES          |
| Subsuelo                               | 183.72          | 3.00              | 203.72                  | 623.24                  | 1869.73 | kg/m <sup>2</sup> |
| PB                                     | 169.64          | 1.00              | 232.04                  | 651.56                  | 651.56  | kg/m <sup>2</sup> |
| PT                                     | 192.03          | 3.00              | 250.23                  | 669.75                  | 2009.24 | kg/m <sup>2</sup> |
| PT2                                    | 279.85          | 6.00              | 315.25                  | 734.77                  | 4408.62 | kg/m <sup>2</sup> |
| <b>PERÚ</b>                            |                 |                   |                         |                         |         |                   |
| Peso final edificio por metro cuadrado |                 |                   |                         |                         |         |                   |
| Planta                                 | Peso Por planta | Número de plantas | Planta + acabados       | Planta + acabados+ losa | Total   | UNIDADES          |
| Subsuelo                               | 215.38          | 3.00              | 235.38                  | 642.90                  | 1928.70 | kg/m <sup>2</sup> |
| PB                                     | 198.68          | 1.00              | 261.08                  | 668.60                  | 668.60  | kg/m <sup>2</sup> |
| PT                                     | 226.69          | 3.00              | 284.89                  | 692.41                  | 2077.24 | kg/m <sup>2</sup> |
| PT2                                    | 332.53          | 6.00              | 367.93                  | 775.45                  | 4652.69 | kg/m <sup>2</sup> |
| <b>CARGA VIVA</b>                      |                 |                   |                         |                         |         |                   |
| <b>ECUADOR</b>                         |                 |                   | <b>PERÚ</b>             |                         |         |                   |
| CARGA NO SISMICA (VIVA)                |                 |                   | CARGA NO SISMICA (VIVA) |                         |         |                   |
| Oficina                                | 245             | kg/m <sup>2</sup> |                         | Oficina                 | 250     | kg/m <sup>2</sup> |
| Departamentos                          | 204             | kg/m <sup>2</sup> |                         | Departamentos           | 200     | kg/m <sup>2</sup> |
| Subsuelo                               | 480             | kg/m <sup>2</sup> |                         | Subsuelo                | 250     | kg/m <sup>2</sup> |

**Figura 101.** Resumen de cargas aplicadas.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Como se puede observar en la **Figura 101** se tiene carga muerta diferente por piso y por edificio, esto se debe a que los pesos de mampostería por metro cuadrado son diferentes entre ambos países como podemos observar en la **Figura 37**, **Figura 38** y **Figura 40**, puesto que tienen bloques de diferente peso, información técnica que es entregada por los proveedores en cada país, y también por el peso específico del enlucido que en Ecuador se tiene un valor de 2200 kg/m<sup>3</sup> y Perú de 2000 kg/m<sup>3</sup>.

La comparación de cargas de mampostería obtenidas para cada edificación resalta la importancia de considerar las características específicas de los materiales de construcción de acuerdo con la ubicación en el diseño estructural, puesto que la diferencia de pesos y pesos específicos cambian de manera significativa las cargas muertas de la estructura.

### 3.1.3 Comparación de periodos fundamentales calculados.

Aplicando las normativas para cada edificación se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 13.** Comparación de periodos de vibración

| <b>PERIODO DE VIBRACIÓN</b>         |                          |              |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------|
| <b>UBICACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN</b> | <b>NORMATIVA VIGENTE</b> | <b>T [s]</b> |
| La Libertad, Santa Elena, Ecuador   | NEC-15                   | 1,17         |
| Distrito de San Borja, Lima, Perú   | RNE E,030                | 0,86         |

**Fuente:** Elaboración Propia

Pese a tener la misma configuración arquitectónica, la diferencia de periodos nos indica variaciones en su flexibilidad, siendo que la normativa ecuatoriana no es tan conservadora y los parámetros para el cálculo de periodo considera diferentes características del suelo y coeficientes de comportamiento estructural, por lo que se obtienen valores de periodo más alto, mientras que para la edificación implantada en Perú presenta un periodo más corto, el cual se traduce como una estructura más rígida.

### 3.1.4 Comparación de secciones de elementos estructurales finales.

En la siguiente figura se puede observar las diferentes secciones de los elementos estructurales tras la aplicación de cada una de las normativas:

| SECCIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES |       |    |          |        |    |
|--------------------------------------|-------|----|----------|--------|----|
| ECUADOR                              |       |    | PERÚ     |        |    |
| LOSA                                 | 28    | cm | LOSA     | 23     | cm |
| VIGAS                                | 55x70 | cm | VIGAS    | 65x80  | cm |
|                                      | 50x65 | cm |          |        |    |
| COLUMNAS                             | 75x95 | cm | COLUMNAS | 75x105 | cm |

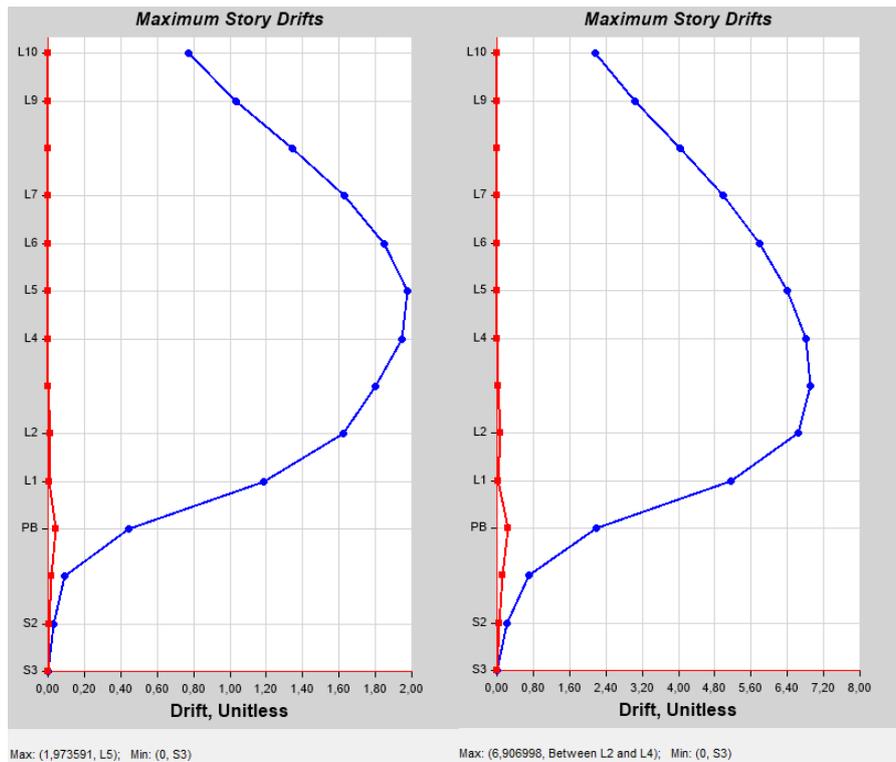
**Figura 102.** Resumen de secciones de las diferentes implantaciones.

**Fuente:** Elaboración Propia.

La diferencia entre las dimensiones de los elementos estructurales entre las edificaciones en Ecuador y Perú se debe a los diferentes parámetros y requisitos de diseños establecidos por cada normativa. La **Figura 102** muestra que las secciones del edificio implantado en Perú son de mayor tamaño en comparación con las del edificio en Ecuador. Esta diferencia puede explicarse debido a las diferentes características del suelo y la magnitud de las cargas sísmicas adoptadas, además de por lo conservativa que es la norma peruana comparándola con la norma ecuatoriana, la cual cumple los requerimientos con secciones más pequeñas.

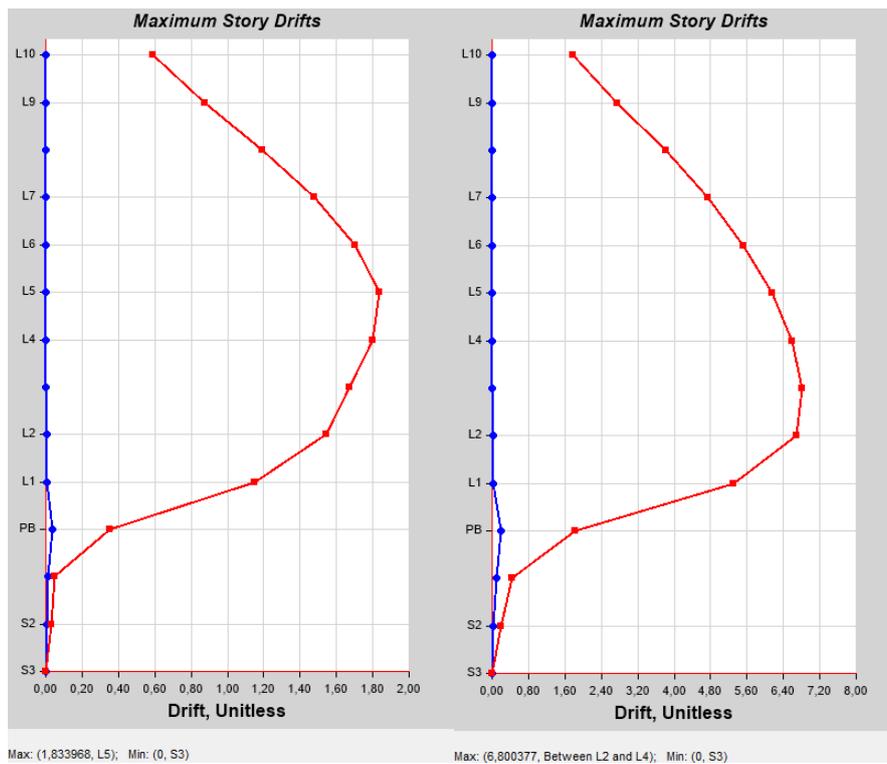
### 3.1.5 Control de derivas.

Como resultado, se tienen las derivas obtenidas de la modelación de los edificios, cumpliendo la normativa vigente, siendo una deriva máxima del 2% para el edificio implantado en Ecuador y el 7‰ para el edificio implantado en Perú:



**Figura 103.** Derivas de piso en el sentido X para edificio implantado en Ecuador y Perú respectivamente.

Fuente: ETABS.



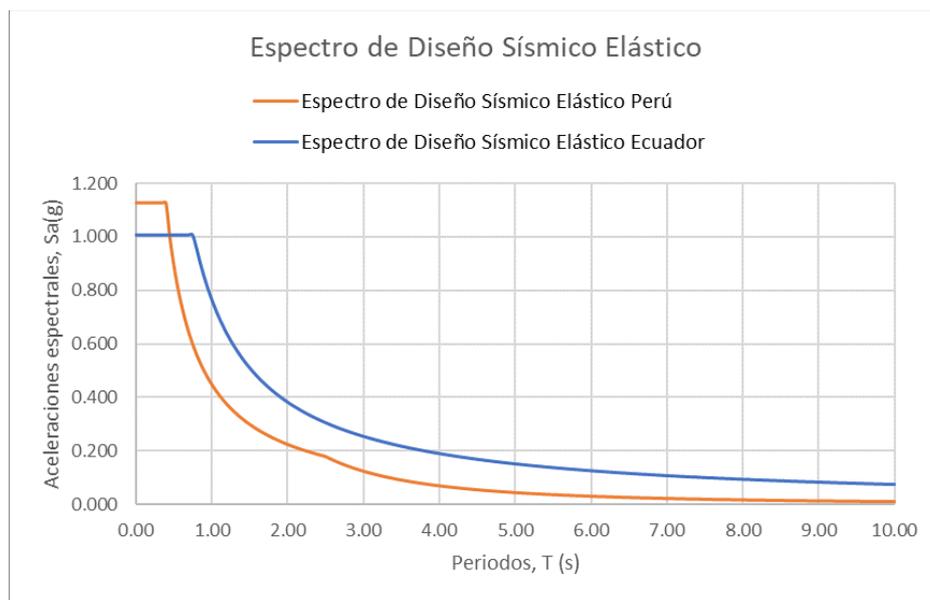
**Figura 104.** Derivas de piso en el sentido Y para edificio implantado en Ecuador y Perú respectivamente.

Fuente: ETABS.

En las **Figura 103** y **Figura 104** se pueden observar las derivas para Ecuador y Perú en el eje X de 1.97% y 6.91‰ y en el eje Y de 1.83% y 6.8‰ respectivamente, las cuales se encuentran dentro de los límites establecidos por cada normativa. Sin embargo, se observa que el límite de deriva permitido en Ecuador es superior al de Perú, lo que indica que la normativa peruana es más conservadora. Esto se traduce en un desplazamiento de entrepiso menor en la edificación implantada en Perú, en comparación con la edificación implantada en Ecuador, destacando una mayor rigidez en los diseños conformes a la normativa peruana

### 3.1.6 Espectro de diseño.

A continuación, se presentan los espectros de diseños aplicados a cada edificación:



**Figura 105.** Comparación de Espectros Elásticos.

**Fuente:** Elaboración Propia

La diferencia de los espectros de diseño obtenidos radica en la distinta condición sísmica que tiene cada país, y a su vez, factores de suelo que considera cada normativa. Perú aplica coeficientes y factores de seguridad más estrictos que los de Ecuador, lo que se traduce en un espectro de diseño más conservador, mientras que la normativa ecuatoriana permite mayor flexibilidad en las estructuras.

### 3.1.7 Cortante basal.

Tras la aplicación de la normativa vigente de cada país, se obtuvieron los siguientes cortantes en la base para cada edificación:

$$V = \frac{I * S_{\alpha} * (T_{\alpha})}{R * \phi_P * \phi_E} * W \qquad V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

$$V = \frac{1 * 0.655}{8 * 1 * 1} * W \qquad V = \frac{0.45 * 1 * 1.17 * 1}{8} * W$$

$$V = 8.19\% \qquad V = 6.56 \%$$

**Figura 106.** Comparación de Cortantes obtenidos para Ecuador y Perú respectivamente.

**Fuente:** Elaboración Propia

Dado que el cálculo del cortante basal está en función de las características del suelo de la ubicación de cada edificación, la diferencia es considerable, puesto que a pesar de que ambas edificaciones están en la zona sísmica más alta de cada país, la edificación implantada en Perú tiene un suelo con mejores capacidades que las del edificio implantado en Ecuador, obteniendo así la diferencia de cortantes en la base, siendo de 8.19% para Ecuador y 6.56% para Perú.

### 3.1.8 Cortante y peso de la edificación.

Una vez modeladas las estructuras se obtienen los diferentes resultados:

**Tabla 14.** Resumen masa modal y cortante en la base.

| <b>MASA MODAL Y CORTANTE EN LA BASE</b> |         |      |                     |         |      |
|---|---------|------|---------------------|---------|------|
| <b>ECUADOR</b>                          |         |      | <b>PERÚ</b>         |         |      |
| Masa modal                              | 5704.63 | Tonf | Masa modal          | 6359.22 | Tonf |
| Cortante en la base                     | 467.78  | Tonf | Cortante en la base | 417.165 | Tonf |

**Fuente:** Elaboración Propia.

Como se expuso previamente, las cargas calculadas para la edificación en Perú son mayores que las de Ecuador, las cuales se traducen en mayor masa que contribuye al movimiento, y con respecto al cortante en la base, como se calculó en la sección anterior, se pudo observar que el cortante basal obtenido para Ecuador fue mayor que el obtenido para Perú.

### 3.1.9 Modos de vibración.

En la siguiente tabla, se puede observar el modo vibratorio y los movimientos traslacionales en los modos uno y dos y movimientos rotacionales presentes a partir del modo 3:

**Tabla 15.** Resumen de modos vibratorios y movimientos traslacionales y rotacionales.

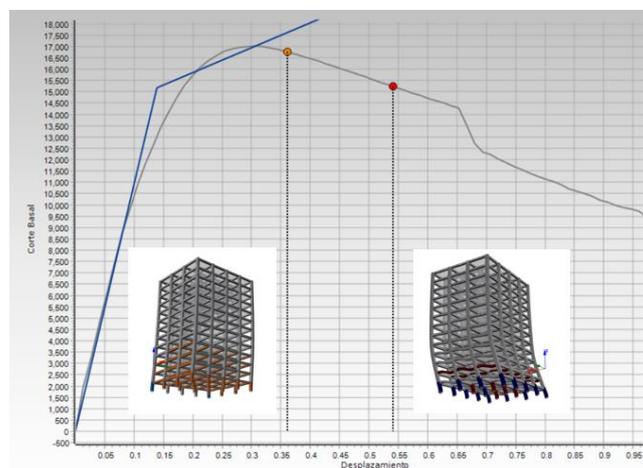
| <b>MODOS VIBRATORIOS</b> |                |           |           |             |
|--------------------------|----------------|-----------|-----------|-------------|
| <b>MODO</b>              | <b>PERIODO</b> | <b>UX</b> | <b>UY</b> | <b>RZ</b>   |
| <b>ECUADOR</b>           |                |           |           |             |
| 1                        | 1.463          | 0.5336    | 0         | 0.000003092 |
| 2                        | 1.408          | 0         | 0.535     | 0           |
| 3                        | 1.2            | 7.319E-07 | 0         | 0.4142      |
| <b>PERÚ</b>              |                |           |           |             |
| 1                        | 1              | 0.5706    | 0         | 0.000001764 |
| 2                        | 0.986          | 0         | 0.5699    | 0           |
| 3                        | 0.829          | 0.0000016 | 0         | 0.4463      |

**Fuente:** Elaboración Propia

Para garantizar una mejor respuesta estructural, por normativa se debe revisar los movimientos traslaciones y rotacionales en los 3 primeros modos vibratorios, los cuales, como se exponen en la **Tabla 15**, se comprueba que en ambas edificaciones el movimiento traslacional se da en los dos primeros modos y que movimiento rotacional se presenta a partir del tercer modo vibratorio, garantizando un mejor desempeño de la estructura ante eventos sísmicos.

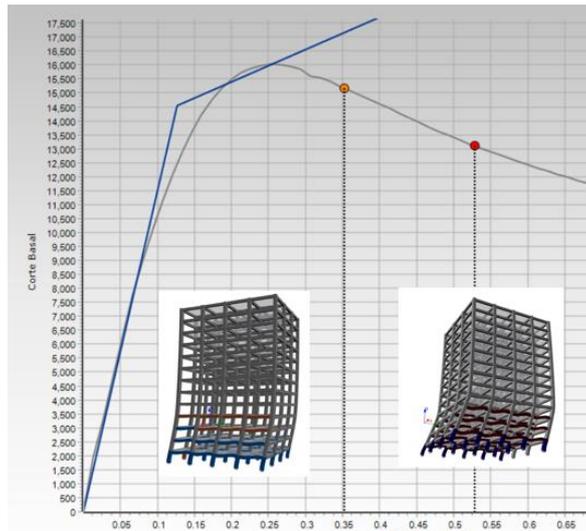
### 3.1.10 Análisis por desempeño.

Tras modelar las edificaciones en el software SeismoStruct, que aplica el análisis no lineal o el comportamiento real de los materiales, se obtuvo el punto de desempeño de cada aplicación, el cual debe cumplir con seguridad de vida y prevención de colapso para sismos con periodos de retorno de 475 años y 2500 años respectivamente, obteniendo las siguientes gráficas de cortante basal vs desplazamiento obtenidas:



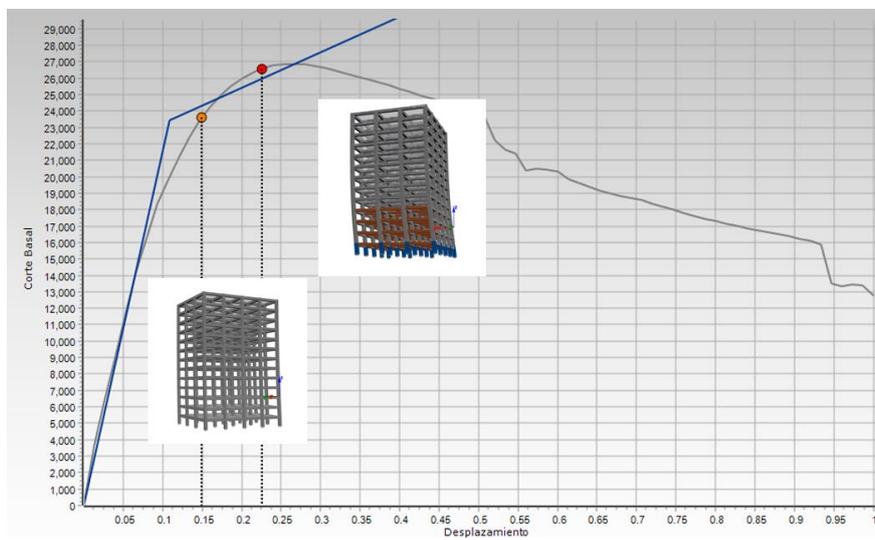
**Figura 107.** Análisis por desempeño en el sentido X para edificio implantado en Ecuador.

**Fuente:** SeismoStruct. [4]



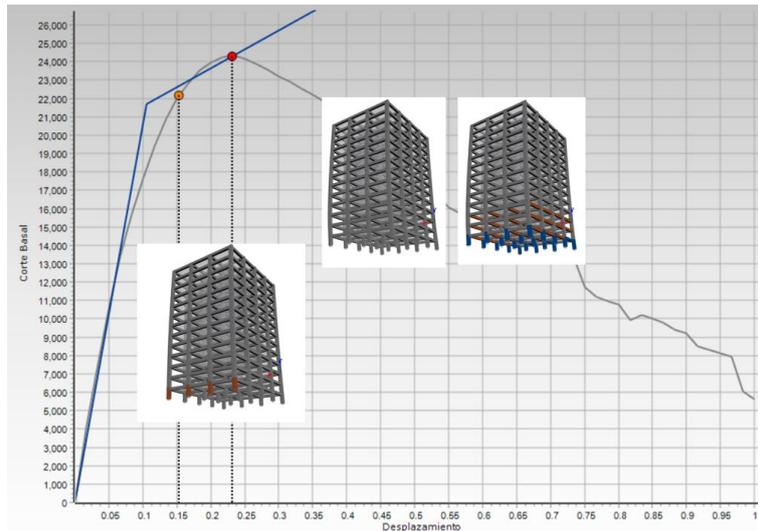
**Figura 108.** Análisis por desempeño en el sentido Y para edificio implantado en Ecuador.

Fuente: SeismoStruct. [4]



**Figura 109.** Análisis por desempeño en el sentido X para edificio implantado en Perú.

Fuente: SeismoStruct. [4]



**Figura 110.** Análisis por desempeño en el sentido Y para edificio implantado en Perú.

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

Finalmente, tenemos la siguiente tabla de resumen de los elementos que superan los límites establecidos:

| NIVEL DE DESEMPEÑO   | ELEMENTOS QUE SUPERAN EL LÍMITE |    |
|----------------------|---------------------------------|----|
|                      | <b>ECUADOR</b>                  |    |
| SEGURIDAD DE VIDA    | 73                              | 68 |
| PREVENCIÓN DE COLAPS | 35                              | 50 |
|                      | <b>PERÚ</b>                     |    |
| SEGURIDAD DE VIDA    | 0                               | 4  |
| PREVENCIÓN DE COLAPS | 0                               | 0  |

**Figura 111.** Elementos que superan el límite establecido.

**Fuente:** SeismoStruct. [4]

### 3.1.11 Cantidades de obra y presupuesto

Finalmente, se puede comparar el presupuesto obtenido para cada estructura, de acuerdo con un análisis de precios unitarios con los precios del mercado de cada implantación, siendo estos Ecuador y Perú respectivamente con las cantidades de obra previamente obtenidas:

| ECUADOR                        |   |        |            |                  |                 |
|--------------------------------|---|--------|------------|------------------|-----------------|
| RUBRO No.                      | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD   | PRECIO UNITARIO  | PRECIO TOTAL    |
| <b>HORMIGONES Y PAVIMENTOS</b> |   |        |            |                  | \$370,501.35    |
| EST-0001                       | Hormigón premezclado en columnas f'c=280 kg/cm2   | m3     | 2,447.00   | \$151.41         | \$370,501.35    |
| <b>ACERO DE REFUERZO</b>       |   |        |            |                  | \$370,501.35    |
| EST-0002                       | Acero de refuerzo en varillas corrugadas fy=4200 kg/cm2 (suministro, corte, figurado e instalación) | kg     | 295,840.00 | \$2.14           | \$633,193.75    |
|                                |   |        |            | <b>TOTAL USD</b> | \$1,374,196.44  |
| PERÚ                           |   |        |            |                  |                 |
| RUBRO No.                      | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD   | PRECIO UNITARIO  | PRECIO TOTAL    |
| <b>HORMIGONES Y PAVIMENTOS</b> |   |        |            |                  | S/ 2,167,441.05 |
| EST-0001                       | CONCRETO F'C= 280 KG/CM2  | m3     | 2,732.00   | S/ 793.35        | S/ 2,167,441.05 |
| <b>ACERO DE REFUERZO</b>       |   |        |            |                  | S/ 2,972,903.71 |
| EST-0002                       | ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2  | kg     | 332,657.00 | S/ 8.94          | S/ 2,972,903.71 |
|                                |   |        |            | <b>TOTAL PEN</b> | S/ 5,140,344.77 |
|                                |   |        |            | <b>TOTAL USD</b> | \$1,367,313.10  |

**Figura 112.** Comparación de presupuestos de obra.

**Fuente:** Elaboración Propia

Los valores obtenidos provienen del estudio de mercado realizado en cada país, el cual contempla mano de obra, materiales, maquinaria y transporte de obras públicas realizadas en los últimos dos años. Como se observa en la **Figura 99**, se puede observar que el precio unitario para el hormigón premezclado es de **\$151.41** para el caso de Ecuador, mientras que para el caso de Perú este valor es de **S./793.35**, que según la tasa de cambio propuesta por, al cambio serían **\$211.25** aproximadamente y para el acero de refuerzo en Ecuador se tiene un precio unitario de **\$2.14** mientras que para Perú es de **S./ 8.94** que representan **\$2.39** aproximadamente, considerando también las cantidades obtenidas de los planos estructurales.

### 3.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar una evaluación detallada de las características del suelo de cada implantación antes del desarrollo del diseño sismo resistente, por lo cual es recomendable realizar estudios geotécnicos precisos para cada edificación, lo cual nos permitirá optimizar el diseño de esta, obteniendo así una edificación tanto económica como segura.

Es recomendable que los diseñadores comparen las respuestas de la aplicación de las distintas normativas para identificar posibles mejoras y adaptaciones bajo su propio criterio.

Se recomienda definir un orden de creación de elementos estructurales en el programa SeismoStruct, puesto que de ser necesaria realizar alguna modificación esta podrá ser corregida de una forma más factible.

### 3.3 Conclusiones

La comparación entre las normativas sísmicas de Ecuador y Perú destaca diferencias importantes en los enfoques de diseño y los parámetros adoptados. Estas variaciones influyen directamente en el comportamiento estructural ante los posibles eventos sísmicos que puedan suscitarse a lo largo de la vida útil de la estructura. Es fundamental seguir la normativa vigente de diseño y ajustar dicha normativa a las condiciones sísmicas locales para la obtención de un diseño eficiente y seguro.

Una vez revisados los resultados, se puede concluir que el espectro de diseño planteado por la normativa peruana es mayor al espectro planteado por la normativa ecuatoriana, lo que indica que Perú elabora diseños más conservadores, lo que implica que la edificación tendrá mejor respuesta ante eventos sísmicos que puedan presentarse a lo largo de la vida útil de la edificación. Se obtuvo un mayor espectro con la normativa peruana y un valor de cortante basal en la edificación ecuatoriana. Lo cual resalta la importancia de considerar el lugar de implantación, parámetros de suelo y las características de los materiales asumidos para cada país.

El valor calculado del cortante en la base presenta una diferencia no muy amplia, sin embargo, cabe recalcar que la zona de estudio en Perú presentó un suelo con mejores características que las del edificio implantado en Ecuador, de acuerdo con la velocidad de corte del suelo, en Ecuador se presenta un suelo tipo D y en Perú se presenta un suelo tipo B, esta diferencia en las características del suelo afecta directamente a la respuesta sísmica de las estructuras, debido a que contribuye a una mayor estabilidad y menor deformación bajo cargas sísmicas.

El espectro de diseño elástico peruano es mayor que el espectro elaborado con la norma ecuatoriana, lo que implica que el diseño será más conservador obteniendo así secciones mayores, lo cual rigidizará más a la estructura, obteniendo un menor periodo en la edificación peruana. Este comportamiento más rígido se traduce como una mejor respuesta sísmica, lo cual aumenta significativamente la seguridad de las edificaciones en Perú.

De acuerdo a la normativa de cada país, para el caso de Ecuador puede presentarse derivas de hasta el 2%, obteniendo derivas de 1.97% y 1.83% para el sentido X e Y respectivamente, mientras que para la normativa Peruana puede presentarse derivas de hasta el 7‰, presentando derivas de 6.917‰ y 6.807‰ en X e Y respectivamente, como se puede observar, la normativa peruana tiene un límite de derivas menor, lo cual puede resultar en una menor deformación lateral puesto que la estructura es más rígida,

mientras que la normativa ecuatoriana indica mayor permisibilidad, lo que genera que una estructura sea más flexible y presente mayores desplazamiento de entrepiso.

En ambas edificaciones, existe movimiento traslacional en los primeros dos modos vibratorios, mientras que se presenta movimiento rotacional a partir del tercer modo, lo que está indicado por normativa, este comportamiento indica una distribución adecuada de los esfuerzos sísmicos, lo cual es de gran importancia para minimizar daños en los elementos estructurales y garantizar la seguridad de los ocupantes.

Este trabajo resalta la necesidad de enfoques de diseño personalizados para cumplir con las normativas sismo resistentes vigentes de cada país. Las variaciones de derivas y en la rigidez estructural reflejan las diferencias en las condiciones sísmicas y del suelo para cada implantación asumida. Adaptar una estructura a los factores de sitio de cada normativa garantiza la seguridad y eficiencia de las edificaciones frente a eventos sísmicos.

Al realizar el análisis por desempeño se puede observar que la edificación implantada en Ecuador tiene algunos elementos que, de acuerdo a los parámetros definidos para establecer el nivel de desempeño, superan el límite indicado, lo cual puede traducirse como que al momento de asumir un comportamiento real de los materiales, el diseño basado en fuerzas puede no ser suficiente para suplir la necesidad ante un evento sísmico, es por eso que en la norma ecuatoriana se puede encontrar una sección donde se indica realizar un análisis no lineal y por desempeño, para corroborar el diseño sismorresistente.

Al realizar el análisis por desempeño se puede observar que la edificación implantada en Ecuador tiene algunos elementos que, de acuerdo con los parámetros definidos para establecer el nivel de desempeño, superan el límite indicado, lo cual puede traducirse como que, al momento de asumir un comportamiento real de los materiales, el diseño basado en fuerzas puede no ser suficiente para suplir la necesidad ante un evento sísmico, por ende, aunque en la norma ecuatoriana si lo establece, es necesario que el diseño sismorresistente aplique un análisis no lineal para corroborar los parámetros y secciones definidas como finales.

Finalmente, al comparar el presupuesto obtenido se tiene que la estructura implantada en Perú tiene un mayor costo que la estructura implantada en Ecuador, esto se debe a que la estructura implantada en Perú presenta mayores secciones en vigas y columnas, y una resistencia del concreto mayor.

## 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

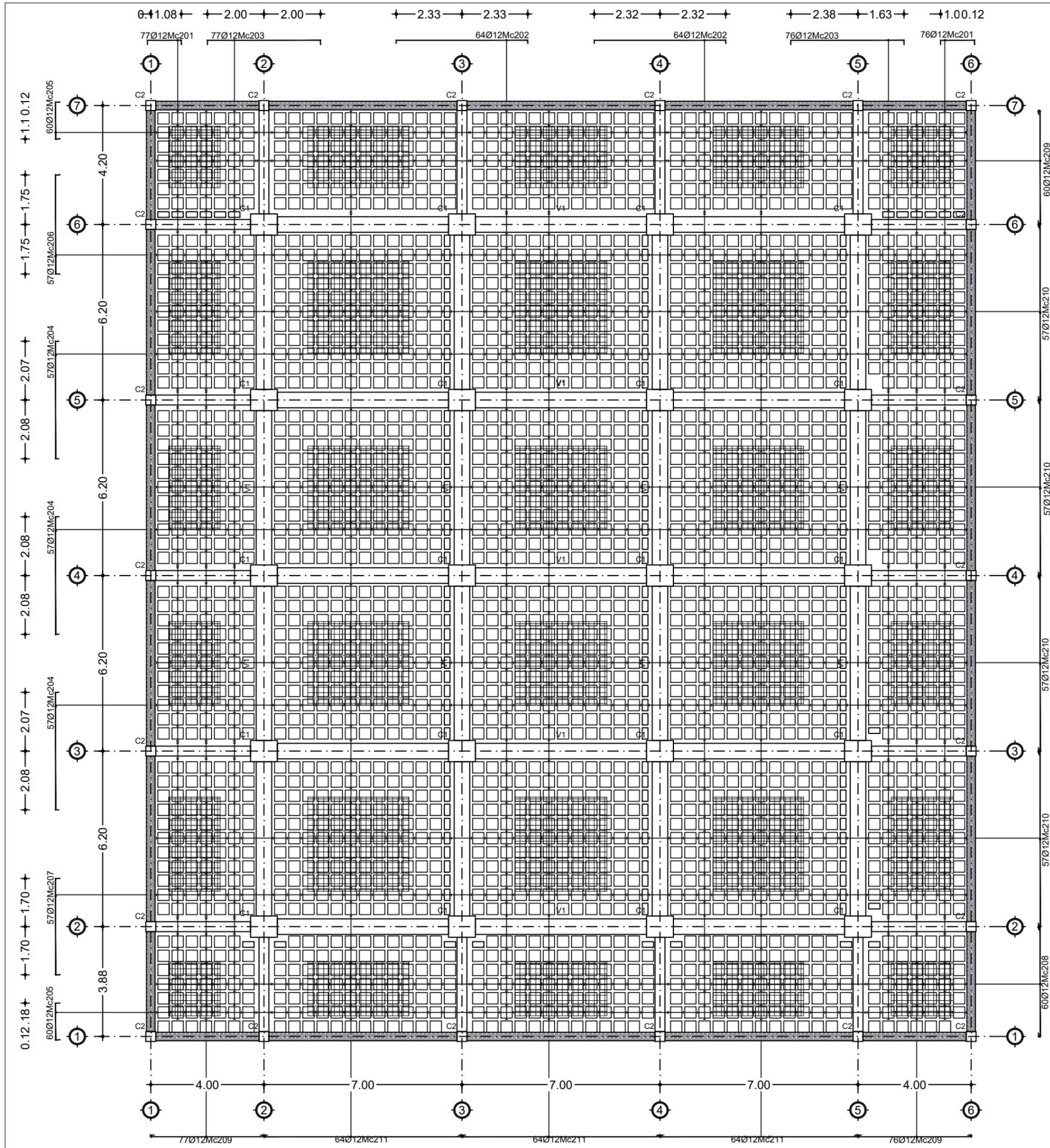
- [1] F. M. Ramirez Ramos, «LatinAmerican Post,» 20 septiembre 2022. [En línea]. Available: <https://latinamericanpost.com/es/americas-es/medioambiente/por-qu-latinoamrica-es-tan-vulnerable-a-los-terremotos/#:~:text=%C2%BFPor%20qu%C3%A9%20tiembla%20tanto%20en,heridos%2C%20del%202000%20al%202020..> [Último acceso: 08 mayo 2024].
- [2] NEC-15, NEC-SE-DS, Norma Ecuatoriana de la Construcción - Peligro Sísmico -Diseño Sismo Resistente, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014.
- [3] SENCICO, Norma E.030 Diseño Sismorresistente, vol. 53, no.99, 2018.
- [4] SeismoSoft, «SeismoStruct,» SeismoSoft, 2024.
- [5] D. A. Sosa Caiza, Artist, *Comportamiento de la conexión pilote-losa en hormigón estructural.* [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2014.
- [6] P. X. Palacios Benavides, Artist, *Análisis de la variación de ductilidad en columnas cuadrangulares de hormigón armado debido a su comportamiento biaxial usando el daigramma momento - curvatura.* [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [7] NEC-SE-RE-Riesgo-sismico, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014.
- [8] SENCICO, Comentarios a la Norma Peruana E.030 Diseño Sismorresistente, 2020.
- [9] H. . X. Alejandro Cabrera, Artist, *Módulo de elasticidad de hormigones de peso normal empleados en el Ecuador  $f'c$ : 21, 24, 28, 35 MPa.* [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2014.
- [10] P. Gianfranco Ottazzi, Artist, *Apuntes del curso Concreto Armado I.* [Art]. Pontificia Universidad Católica de Perú, 2016.
- [11] J. S. Yépez Ruiz, Artist, *Comparación Edificación En Tumbes Zona 4 Perú Con Edificación En El Oro Zona V Ecuador.* [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2023.
- [12] NEC-15, NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014.
- [13] SENCICO, Norma E.020 Cargas, 2020.
- [14] SENCICO, Norma E.060 Concreto Armado, 2020.
- [15] American Concrete Institute., ACI 318-19: Requisitos de reglamento para concreto estructural., 2019.

- [16] American Concrete Institute., ACI 318-63: Building Code Requirements for Reinforced,, Michigan, 1963.
- [17] M. B. Correa, Notas de Clases de Diseño de Proyectos Estructurales, Quito, 2023.
- [18] T. J. Sullivan, M. J. N. Priestley y G. M. Calvi, A Model Code for the Displacement-Based Seismic Design of Structures, Pavia, 2012.
- [19] XE.com, «Convertidor de divisas,» [En línea]. Available: <https://www.xe.com/es/currencyconverter/convert/?Amount=1&From=PEN&To=USD>.
- [20] J. L. Chambi Chuquichambi, Artist, *Caracterización estadística de los modelos de confinamiento y determinación de coeficientes parciales de seguridad para el refuerzo de pilas de puentes de hormigón mediante materiales compuestos (CFRP)*. [Art]. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria, 2012.

## **5. ANEXOS**

### **ANEXO 1**

Planos estructurales de la edificación implantada en La Libertad, Salinas, Santa Elena, Ecuador



PLANTA LOSA N±0.00,-3.00,-6.00  
Esc 1:150

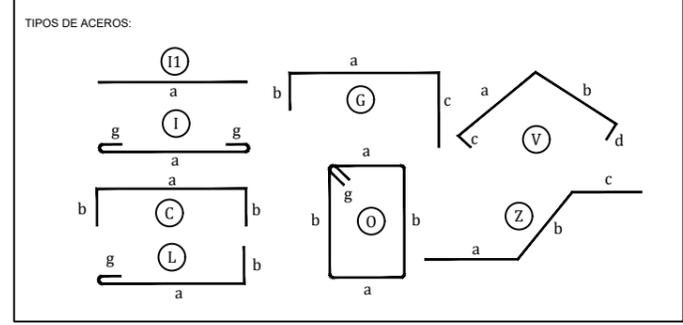
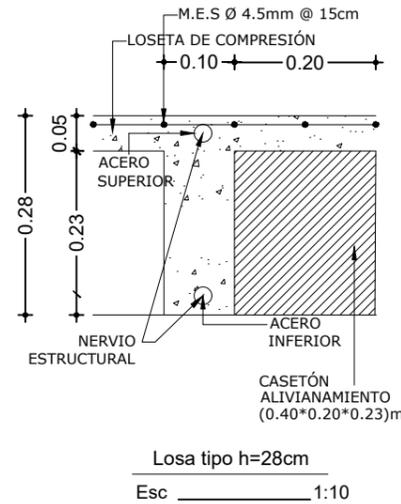
### PLANILLA DE ACEROS

| Mc         | TIPO | Ø  | No. | DIMENSIONES |      |   |   |      | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|------------|------|----|-----|-------------|------|---|---|------|------------------|-------------|---------|-------|
|            |      |    |     | a           | b    | c | d | g    |                  |             |         |       |
| MARCAS 200 |      |    |     |             |      |   |   |      |                  |             |         |       |
| 201        | C    | 12 | 459 | 1.20        | 0.19 | - | - | -    | 1.58             | 725.22      | 644     | -     |
| 202        | C    | 12 | 384 | 4.86        | 0.19 | - | - | -    | 5.24             | 2012.16     | 1786.8  | -     |
| 203        | C    | 12 | 459 | 4.00        | 0.19 | - | - | -    | 4.38             | 2010.42     | 1785.3  | -     |
| 204        | C    | 12 | 513 | 4.10        | 0.19 | - | - | -    | 4.48             | 2298.24     | 2040.8  | -     |
| 205        | C    | 12 | 360 | 1.30        | 0.19 | - | - | -    | 1.68             | 604.8       | 537.1   | -     |
| 206        | C    | 12 | 171 | 3.50        | 0.19 | - | - | -    | 3.88             | 663.48      | 589.2   | -     |
| 207        | C    | 12 | 171 | 3.40        | 0.19 | - | - | -    | 3.78             | 646.38      | 574.0   | -     |
| 208        | I    | 12 | 180 | 3.88        | -    | - | - | 0.12 | 4.12             | 741.6       | 658.5   | -     |
| 209        | I    | 12 | 639 | 4.00        | -    | - | - | 0.12 | 4.24             | 2709.36     | 2405.9  | -     |
| 210        | I    | 12 | 684 | 6.20        | -    | - | - | 0.12 | 6.44             | 4404.96     | 3911.6  | -     |
| 211        | I    | 12 | 576 | 7.00        | -    | - | - | 0.12 | 7.24             | 4170.24     | 3703.2  | -     |

### RESUMEN DE MATERIALES

| Ø         | # | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 25    | 28    | 32    |       |
|-----------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (Kg/m)  |   | 0.395 | 0.617 | 0.888 | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853 | 4.834 | 6.313 |
| L (m)     |   | -     | -     | 20987 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| PESO (Kg) |   | -     | -     | 18636 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

Wtot (Kg) = 18636  
 HORMIGON EN LOSA  $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2 = 488 \text{ M3}$   
 ACERO  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
 En losa: Malla Electrosoldada (M.E.S) Ø 4.5mm @ 15cm = 699m<sup>2</sup>  
 N° Alivianamientos (23X20X40) = 8778 UND.      N° Alivianamientos (23X20X40) = 462 UND.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:  
 HORMIGON  $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$   
 ACERO  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA  
 TRASLAPES MINIMOS SI NO SE INDICAN EN LOS PLANOS = 60 DIAMETROS DE LA VARILLA  
 LAS UNIDADES DE MEDIDA DE LONGITUD MOSTRADAS EN LA PRESENTE LÁMINA SON METROS [m]  
 ESTA PLANILLA CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL CONTENIDO DE LA PRESENTE LÁMINA

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
Y AMBIENTAL**

## PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:  
 COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

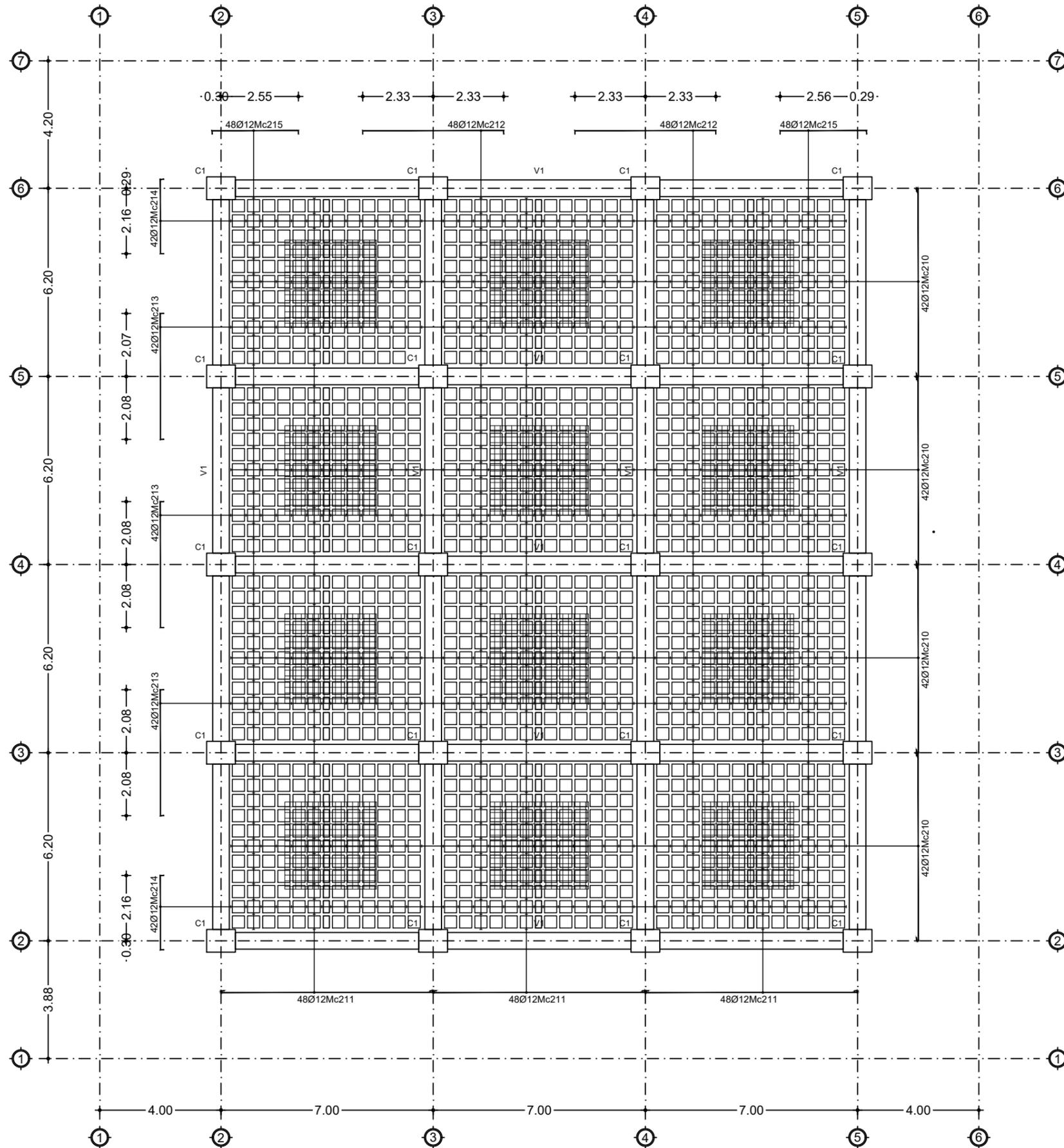
CONTIENE:  
 EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR  
 LOSA N±0.00,-3.00,-6.00

ELABORADO POR:  
 Nayeli Alexandra Freire Guevara

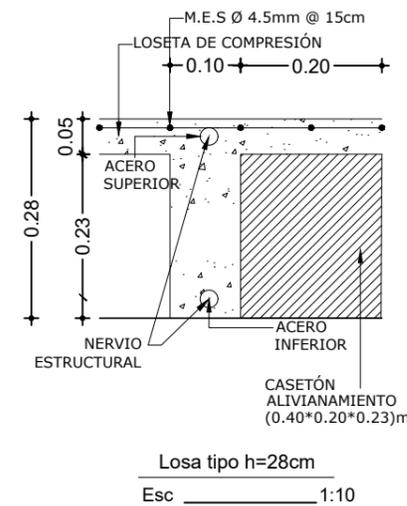
DIRECTORA:  
 Ing. María Belén Correa M.Sc.

ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

LÁMINA : E 6/16



PLANTA LOSA N+3.00,+6.00,+9.00  
Esc 1:150



| PLANILLA DE ACEROS  |      |       |       |                         |       |       |       |       |                  |             |         |       |
|---|------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------|---------|-------|
| Mc  | TIPO | Ø     | No.   | DIMENSIONES             |       |       |       |       | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|   |      |       |       | a                       | b     | c     | d     | g     |                  |             |         |       |
| LOSA N+3.00,+6.00,+9.00   |      |       |       |                         |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| 210   | I    | 12    | 504   | 6.20                    | -     | -     | -     | 0.12  | 6.44             | 3245.76     | 2882.2  | -     |
| 211   | I    | 12    | 432   | 7.00                    | -     | -     | -     | 0.12  | 7.24             | 3127.68     | 2777.4  | -     |
| 212   | C    | 12    | 288   | 4.82                    | 0.19  | -     | -     | -     | 5.20             | 1497.6      | 1329.9  | -     |
| 213   | C    | 12    | 378   | 4.15                    | 0.19  | -     | -     | -     | 4.53             | 1712.34     | 1520.6  | -     |
| 214   | C    | 12    | 252   | 2.45                    | 0.19  | -     | -     | -     | 2.83             | 713.16      | 633.3   | -     |
| 215   | C    | 12    | 288   | 2.90                    | 0.19  | -     | -     | -     | 3.28             | 944.64      | 838.8   | -     |
| RESUMEN DE MATERIALES   |      |       |       |                         |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Ø   | Ø    | 10    | 12    | 14                      | 16    | 18    | 20    | 22    | 25               | 28          | 32      |       |
| W (Kg/m)  |      | 0.395 | 0.617 | 0.888                   | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984            | 3.853       | 4.834   | 6.313 |
| L (m)   |      | -     | -     | 11241                   | -     | -     | -     | -     | -                | -           | -       | -     |
| PESO (Kg)   |      | -     | -     | 9982                    | -     | -     | -     | -     | -                | -           | -       | -     |
| Wtot (Kg) =   |      |       |       | 9982                    |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| HORMIGON EN LOSA f <sub>c</sub> =   |      |       |       | 240 Kg/cm <sup>2</sup>  |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| ACERO f <sub>y</sub> =  |      |       |       | 4200 Kg/cm <sup>2</sup> |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| En losa: Malla Electrosoldada (M.E.S) Ø 4.5mm@15cm =  |      |       |       | 327 m <sup>2</sup>      |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Nº Alivianamientos (23X20X40) =   |      |       |       | 4749 UND.               |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Nº Alivianamientos (23X20X40) = 396 UND.  |      |       |       |                         |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| TIPOS DE ACEROS:  |      |       |       |                         |       |       |       |       |                  |             |         |       |
|   |      |       |       |                         |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:<br>HORMIGON f <sub>c</sub> = 240 Kg/cm <sup>2</sup><br>ACERO f <sub>y</sub> = 4200 Kg/cm <sup>2</sup> EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA<br>TRASLAPES MINIMOS SI NO SE INDICAN EN LOS PLANOS = 60 DIAMETROS DE LA VARILLA<br>LAS UNIDADES DE MEDIDA DE LONGITUD MOSTRADAS EN LA PRESENTE LÁMINA SON METROS [m]<br>ESTA PLANILLA CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL CONTENIDO DE LA PRESENTE LÁMINA |      |       |       |                         |       |       |       |       |                  |             |         |       |

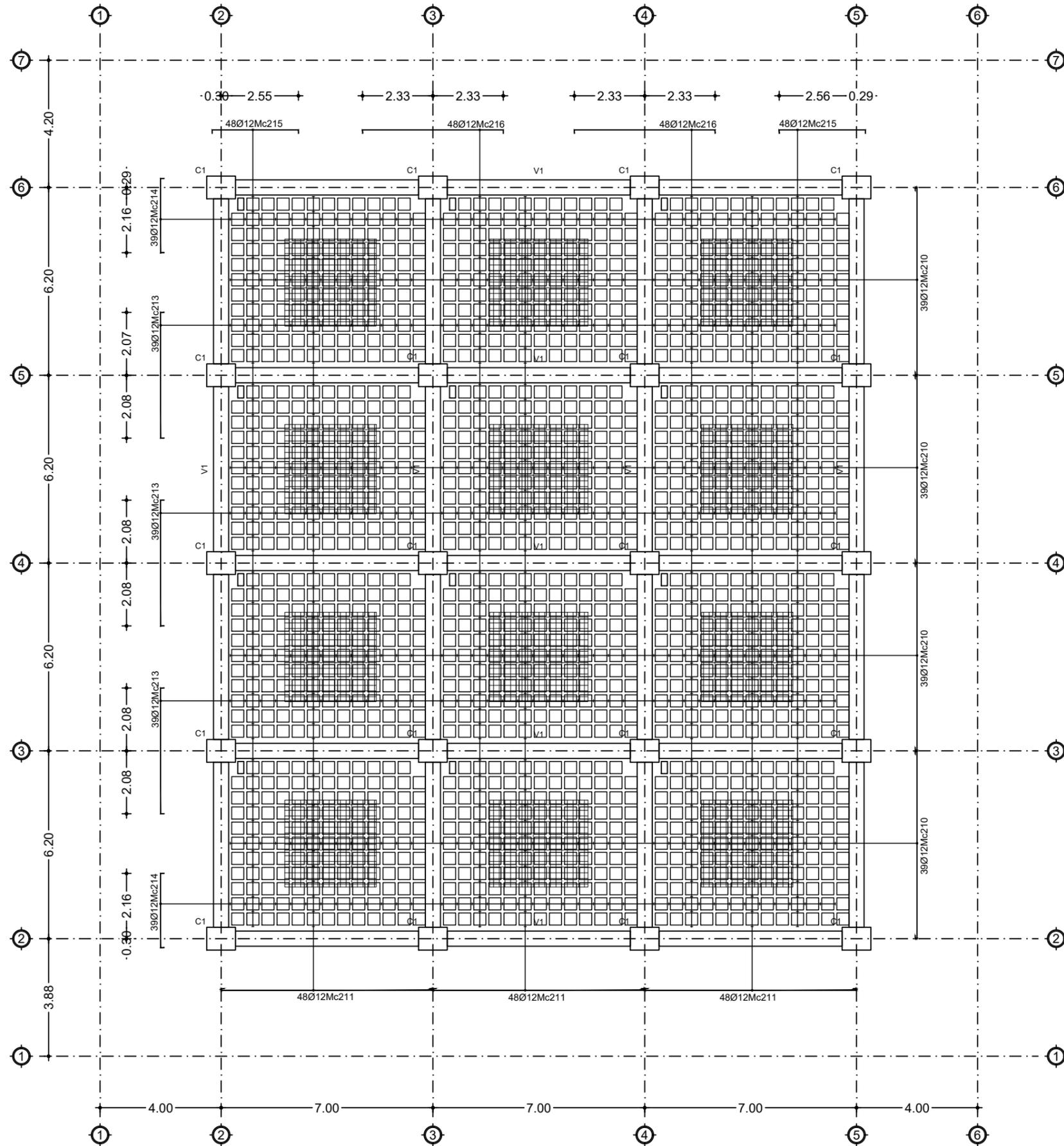


**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

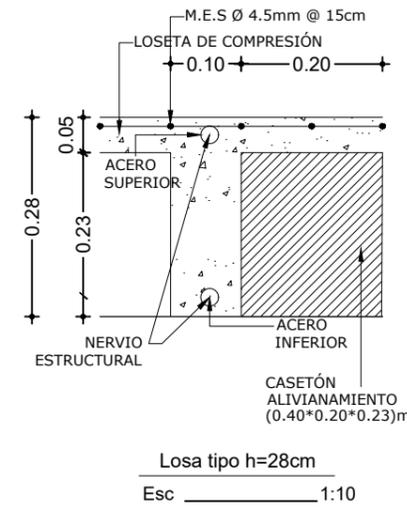
---

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

|                |  |
|----------------|--|
| TEMA:          | COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ. |
| CONTIENE:      | EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR<br>LOSA N+3.00,+6.00,+9.00  |
| ELABORADO POR: | Nayeli Alexandra Freire Guevara  |
| DIRECTORA:     | Ing. María Belén Correa M.Sc.  |
| ESCALA :       | INDICADAS  |
| FECHA :        | JULIO 2024   |
| LAMINA :       | <b>E 7/16</b>  |



PLANTA LOSA N+12.00,+15.00,+18.00,+21.00, +24.00, +27.00  
Esc 1:150



### PLANILLA DE ACEROS

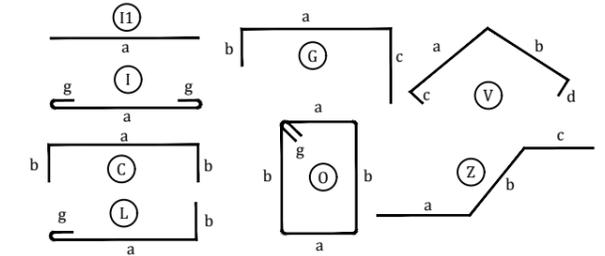
| Mc  | TIPO | Ø  | No. | DIMENSIONES |      |   |   |      | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|---|------|----|-----|-------------|------|---|---|------|------------------|-------------|---------|-------|
|   |      |    |     | a           | b    | c | d | g    |                  |             |         |       |
| LOSA N+12.00,+15.00,+18.00,+21.00, +24.00, +27.00 |      |    |     |             |      |   |   |      |                  |             |         |       |
| 210   | I    | 12 | 936 | 6.20        | -    | - | - | 0.12 | 6.44             | 6027.84     | 5352.7  | -     |
| 211   | I    | 12 | 864 | 7.00        | -    | - | - | 0.12 | 7.24             | 6255.36     | 5554.8  | -     |
| 213   | C    | 12 | 702 | 4.15        | 0.19 | - | - | -    | 4.53             | 3180.06     | 2823.9  | -     |
| 214   | C    | 12 | 468 | 2.45        | 0.19 | - | - | -    | 2.83             | 1324.44     | 1176.1  | -     |
| 215   | C    | 12 | 576 | 2.90        | 0.19 | - | - | -    | 3.28             | 1889.28     | 1677.7  | -     |
| 216   | C    | 12 | 576 | 4.85        | 0.19 | - | - | -    | 5.23             | 3012.48     | 2675.1  | -     |

### RESUMEN DE MATERIALES

| Ø         | e     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 25    | 28    | 32    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (Kg/m)  | 0.395 | 0.617 | 0.888 | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853 | 4.834 | 6.313 |
| L (m)     | -     | -     | 21689 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| PESO (Kg) | -     | -     | 19260 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

Wtot (Kg) = 19260  
 HORMIGON EN LOSA Fc = 240 Kg/cm<sup>2</sup> = 539 M3  
 ACERO fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>  
 En losa: Malla Electrosoldada (M.E.S) Ø 4.5mm @ 15cm = 654 m<sup>2</sup>  
 Nº Alivianamientos (23X20X40) = 10152 UND.      Nº Alivianamientos (23X20X40) = 72 UND.

### TIPOS DE ACEROS:



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

HORMIGON Fc = 240 Kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup> EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA  
 TRASLAPES MINIMOS SI NO SE INDICAN EN LOS PLANOS = 60 DIAMETROS DE LA VARILLA  
 LAS UNIDADES DE MEDIDA DE LONGITUD MOSTRADAS EN LA PRESENTE LÁMINA SON METROS [m]  
 ESTA PLANILLA CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL CONTENIDO DE LA PRESENTE LÁMINA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
Y AMBIENTAL

## PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

### TEMA:

COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

### CONTIENE:

EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR  
LOSA N+12.00,+15.00,+18.00,+21.00, +24.00, +27.00

### ELABORADO POR:

Nayeli Alexandra Freire Guevara

### DIRECTORA:

Ing. María Belén Correa M.Sc.

### ESCALA:

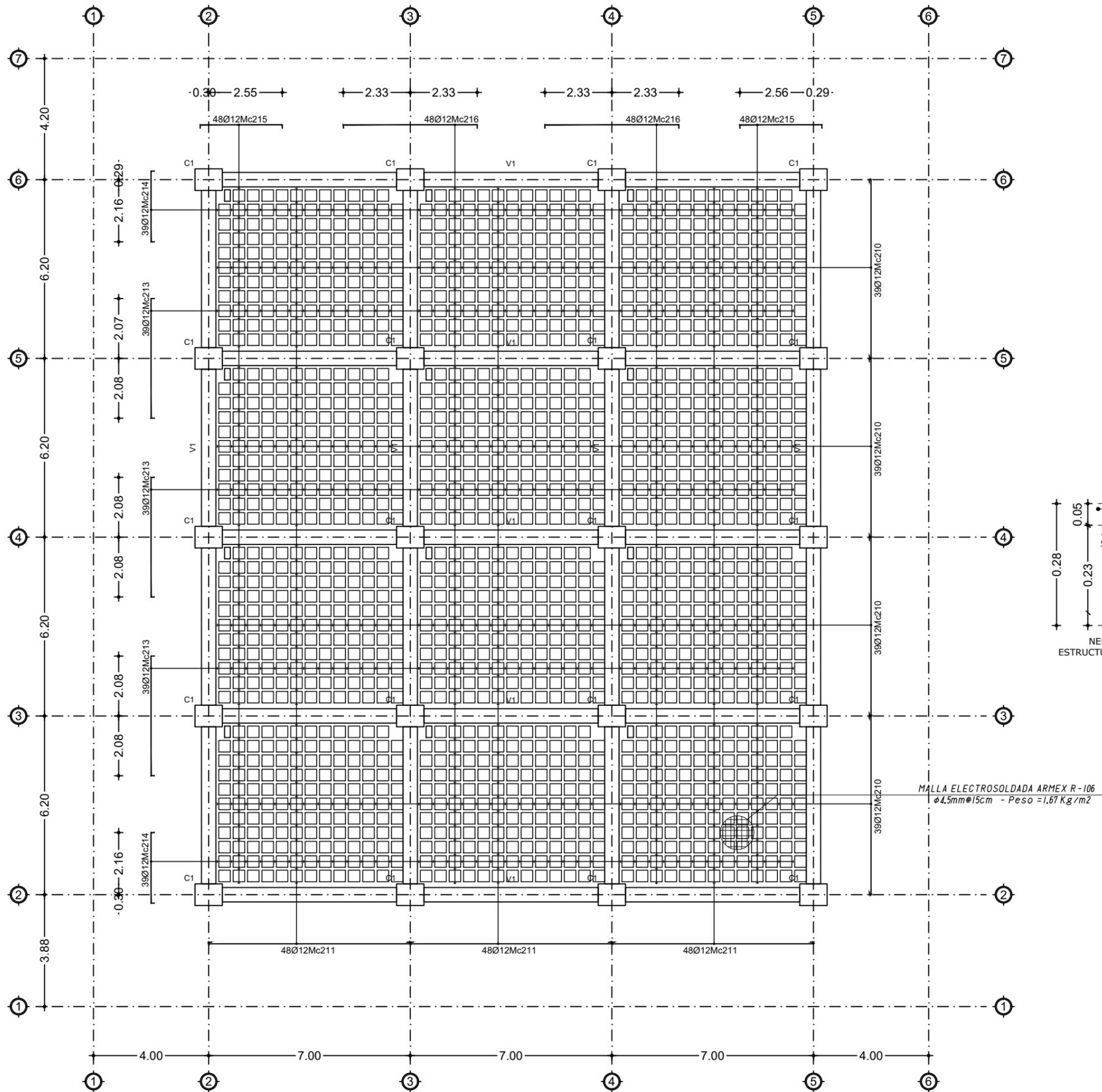
INDICADAS

### FECHA:

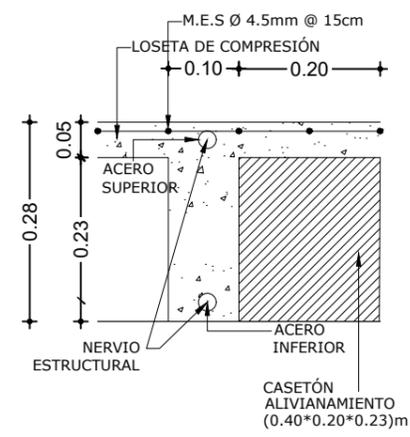
JULIO 2024

### LÁMINA:

E 8/16



PLANTA LOSA N+30.00  
Esc 1:150



Losa tipo h=28cm  
Esc 1:10

### PLANILLA DE ACEROS

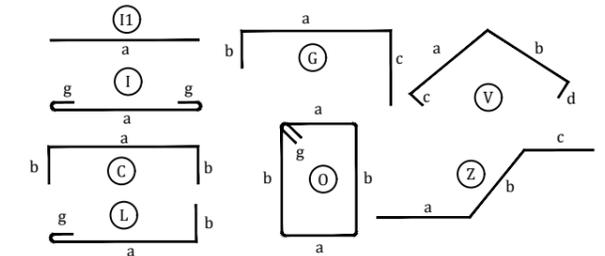
| Mc           | TIPO | Ø  | No. | DIMENSIONES |      |   |   |      | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|--------------|------|----|-----|-------------|------|---|---|------|------------------|-------------|---------|-------|
|              |      |    |     | a           | b    | c | d | g    |                  |             |         |       |
| LOSA N+30.00 |      |    |     |             |      |   |   |      |                  |             |         |       |
| 210          | I    | 12 | 156 | 6.20        | -    | - | - | 0.12 | 6.44             | 1004.64     | 892.1   | -     |
| 211          | I    | 12 | 144 | 7.00        | -    | - | - | 0.12 | 7.24             | 1042.56     | 925.8   | -     |
| 213          | C    | 12 | 117 | 4.15        | 0.19 | - | - | -    | 4.53             | 530.01      | 470.7   | -     |
| 214          | C    | 12 | 78  | 2.45        | 0.19 | - | - | -    | 2.83             | 220.74      | 196.0   | -     |
| 215          | C    | 12 | 96  | 2.90        | 0.19 | - | - | -    | 3.28             | 314.88      | 279.6   | -     |
| 216          | C    | 12 | 96  | 4.85        | 0.19 | - | - | -    | 5.23             | 502.08      | 445.9   | -     |

### RESUMEN DE MATERIALES

| Ø         | e     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 25    | 28    | 32    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (Kg/m)  | 0.395 | 0.617 | 0.888 | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853 | 4.834 | 6.313 |
| L (m)     | -     | -     | 3615  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| PESO (Kg) | -     | -     | 3210  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

Wtot (Kg) = 3210  
HORMIGON EN LOSA  $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2 = 90 \text{ M3}$   
ACERO  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
En losa: Malla Electrosoldada (M.E.S)  $\phi 4.5\text{mm}@15\text{cm} = 544 \text{ m}^2$   
Nº Alivianamientos (23X20X40) = 1692 UND. Nº Alivianamientos (23X20X40) = 12 UND.

### TIPOS DE ACEROS:



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

HORMIGON  $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$   
ACERO  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA  
TRASLAPES MINIMOS SI NO SE INDICAN EN LOS PLANOS = 60 DIAMETROS DE LA VARILLA  
LAS UNIDADES DE MEDIDA DE LONGITUD MOSTRADAS EN LA PRESENTE LÁMINA SON METROS [m]  
ESTA PLANILLA CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL CONTENIDO DE LA PRESENTE LÁMINA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
Y AMBIENTAL

### PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:  
COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

CONTIENE:  
EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR  
LOSA N+30.00

ELABORADO POR:  
Nayeli Alexandra Freire Guevara

DIRECTORA:  
Ing. María Belén Correa M.Sc.

ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

LÁMINA : E 9/16

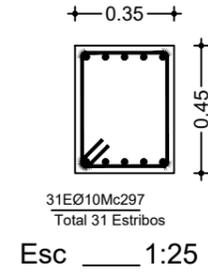
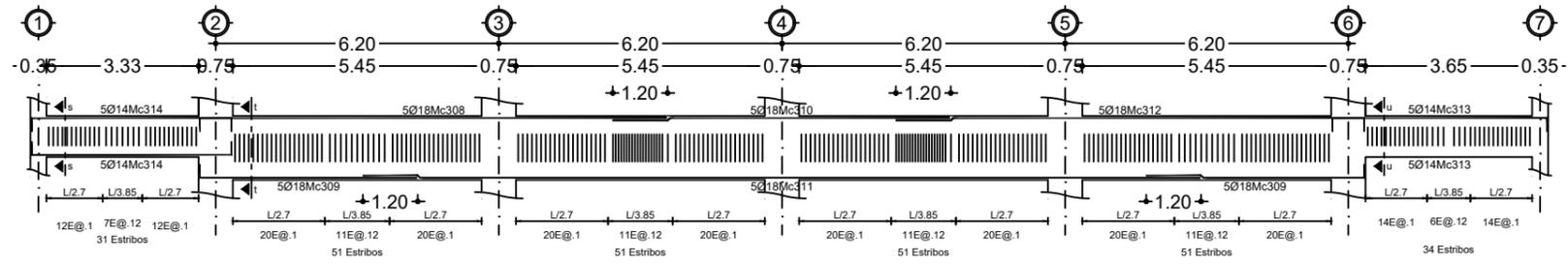
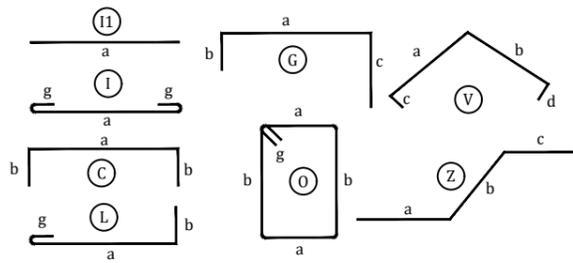
# PLANILLA DE ACEROS

| Mc                    | TIPO | Ø  | No.  | DIMENSIONES |      |   |   |      | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|-----------------------|------|----|------|-------------|------|---|---|------|------------------|-------------|---------|-------|
|                       |      |    |      | a           | b    | c | d | g    |                  |             |         |       |
| <b>MARCAS 200 300</b> |      |    |      |             |      |   |   |      |                  |             |         |       |
| Marca 200             |      |    |      |             |      |   |   |      |                  |             |         |       |
| 291                   | O    | 10 | 5364 | 0.50        | 0.65 | - | - | 0.11 | 2.52             | 13517.28    | 8340.2  | -     |
| 297                   | O    | 10 | 1740 | 0.30        | 0.40 | - | - | 0.11 | 1.62             | 2818.8      | 1739.2  | -     |
| Marca 300             |      |    |      |             |      |   |   |      |                  |             |         |       |
| 301                   | C    | 14 | 18   | 3.00        | 0.23 | - | - | -    | 3.46             | 62.28       | 75.2    | -     |
| 302                   | I1   | 14 | 18   | 5.00        | -    | - | - | -    | 5                | 90          | 108.7   | -     |
| 303                   | L    | 18 | 150  | 5.57        | 0.29 | - | - | -    | 5.66             | 879         | 1756.2  | -     |
| 304                   | L    | 18 | 75   | 11.54       | 0.29 | - | - | -    | 11.83            | 887.25      | 1772.7  | -     |
| 305                   | I1   | 18 | 75   | 13.15       | -    | - | - | -    | 13.15            | 986.25      | 1970.5  | -     |
| 306                   | L    | 18 | 75   | 11.55       | 0.29 | - | - | -    | 11.84            | 898         | 1774.2  | -     |
| 307                   | C    | 14 | 300  | 4.59        | 0.23 | - | - | -    | 5.05             | 1515        | 1830.1  | -     |
| 308                   | L    | 18 | 60   | 10.24       | 0.29 | - | - | -    | 10.53            | 631.8       | 1262.3  | -     |
| 309                   | L    | 18 | 120  | 4.77        | 0.29 | - | - | -    | 5.06             | 607.2       | 1213.2  | -     |
| 310                   | I1   | 18 | 60   | 7.40        | -    | - | - | -    | 7.40             | 444         | 887.1   | -     |
| 311                   | I1   | 18 | 60   | 18.35       | -    | - | - | -    | 18.35            | 1101        | 2199.8  | -     |
| 312                   | L    | 18 | 60   | 10.25       | 0.29 | - | - | -    | 10.54            | 632.4       | 1263.5  | -     |
| 313                   | C    | 14 | 120  | 4.69        | 0.23 | - | - | -    | 5.15             | 618         | 746.5   | -     |
| 314                   | C    | 14 | 120  | 4.37        | 0.23 | - | - | -    | 4.83             | 579.6       | 700.2   | -     |

## RESUMEN DE MATERIALES

| Ø  | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 25    | 28    | 32    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (Kg/m)   | 0.395 | 0.617 | 0.888 | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853 | 4.834 | 6.313 |
| L (m)  | -     | 16336 | -     | 2865  | -     | 7057  | -     | -     | -     | -     | -     |
| PESO (Kg)  | -     | 10079 | -     | 3461  | -     | 14100 | -     | -     | -     | -     | -     |
| Wtot (Kg) =  | 27640 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| HORMIGON EN VIGAS $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2 = 135 \text{ M3}$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| ACERO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$                             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

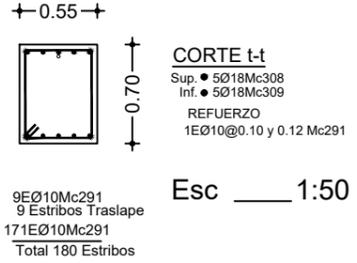
TIPOS DE ACEROS:



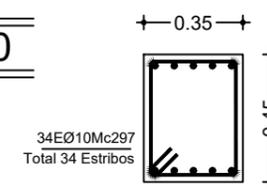
**CORTE s-s**  
 Sup. • 5Ø14Mc299  
 Inf. • 5Ø14Mc299  
 REFUERZO  
 1EØ10@0.10 y 0.12 Mc297

## VIGA DESDE N±0.00 HASTA-6.00 Ejes B, C, D, E VG1-55x70

12 VIGAS EN TOTAL

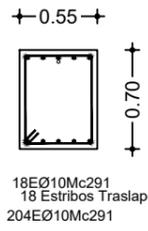
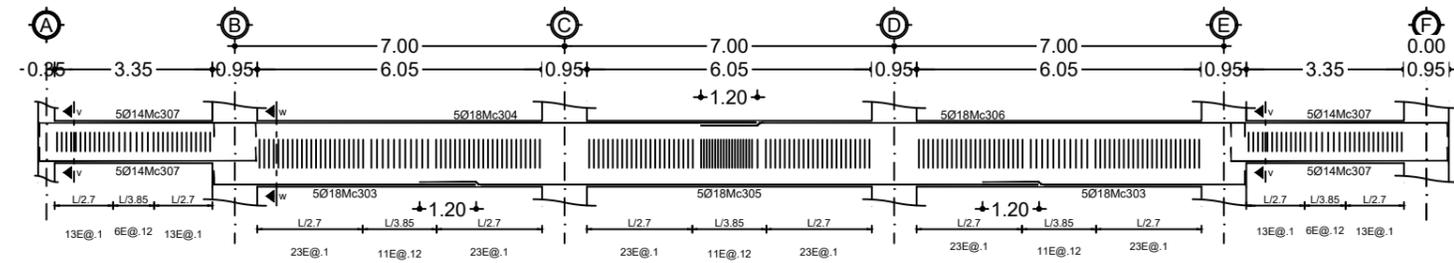


**CORTE t-t**  
 Sup. • 5Ø18Mc308  
 Inf. • 5Ø18Mc309  
 REFUERZO  
 1EØ10@0.10 y 0.12 Mc291

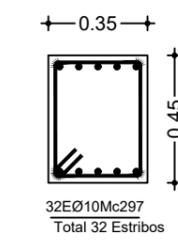


**CORTE u-u**  
 Sup. • 5Ø14Mc298  
 Inf. • 5Ø14Mc298  
 REFUERZO  
 1EØ10@0.10 y 0.12 Mc297

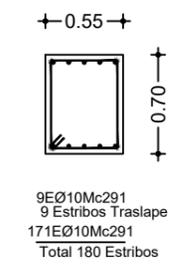
Esc 1:25



**CORTE x-x**  
 Sup. • 5Ø18Mc304  
 Inf. • 5Ø18Mc303  
 REFUERZO  
 Sup. o 1Ø14Mc301  
 1EØ10@0.105 y 0.215 Mc291



**CORTE v-v**  
 Sup. • 5Ø14Mc317  
 Inf. • 5Ø14Mc318  
 REFUERZO  
 1EØ10@0.10 y 0.12 Mc297

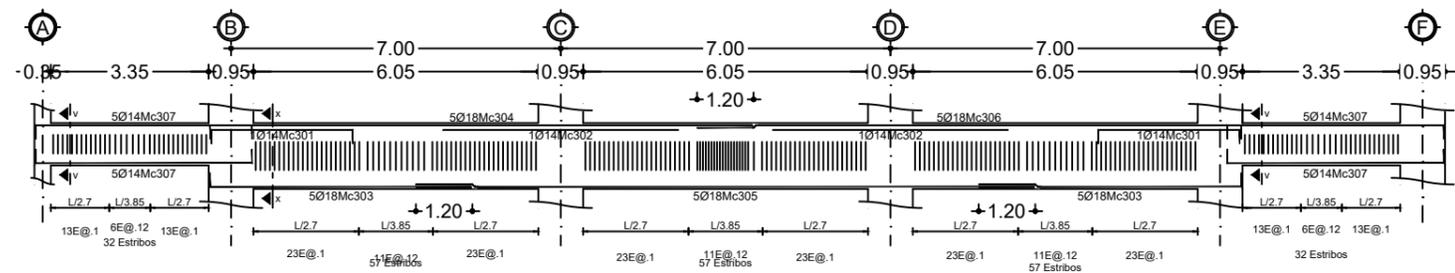


**CORTE w-w**  
 Sup. • 5Ø18Mc304  
 Inf. • 5Ø18Mc303  
 REFUERZO  
 1EØ10@0.10 y 0.12 Mc291

Esc 1:50

## VIGA DESDE N±0.00 HASTA-6.00 Ejes 2, 6 VG2-55x70

6 VIGAS EN TOTAL



## VIGA DESDE N±0.00 HASTA-6.00 Ejes 3, 4, 5 VG3-55x70

9 VIGAS EN TOTAL



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

### PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:  
 COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

CONTIENE:  
 EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR  
 VIGAS N±0.00,-3.00,-6.00

ELABORADO POR:  
 Nayeli Alexandra Freire Guevara

DIRECTORA:  
 Ing. María Belén Correa M.Sc.

ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

LAMINA : **E 10/16**

### PLANILLA DE ACEROS

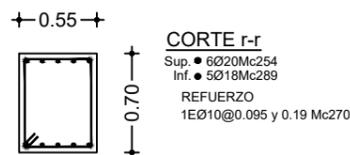
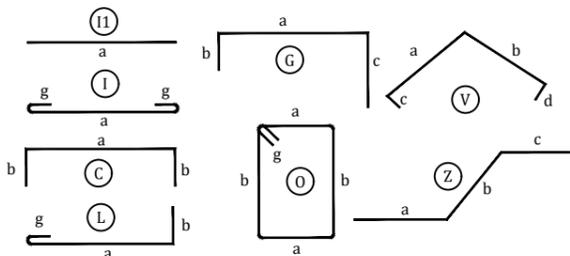
| Mc         | TIPO | Ø  | No.  | DIMENSIONES |      |   |      |       | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|------------|------|----|------|-------------|------|---|------|-------|------------------|-------------|---------|-------|
|            |      |    |      | a           | b    | c | d    | g     |                  |             |         |       |
| MARCAS 200 |      |    |      |             |      |   |      |       |                  |             |         |       |
| 246        | I1   | 16 | 8    | 4.35        | -    | - | -    | 4.35  | 34.8             | 54.9        | -       |       |
| 247        | L    | 20 | 32   | 10.22       | 0.32 | - | -    | 10.54 | 337.28           | 831.7       | -       |       |
| 248        | I1   | 20 | 10   | 7.39        | -    | - | -    | 7.39  | 73.9             | 182.2       | -       |       |
| 249        | I1   | 16 | 6    | 4.40        | -    | - | -    | 4.40  | 26.4             | 41.7        | -       |       |
| 254        | L    | 20 | 12   | 11.51       | 0.32 | - | -    | 11.83 | 141.96           | 350.1       | -       |       |
| 255        | L    | 20 | 12   | 11.52       | 0.32 | - | -    | 11.84 | 142.08           | 350.4       | -       |       |
| 258        | I1   | 18 | 6    | 5.00        | -    | - | -    | 5     | 30               | 59.9        | -       |       |
| 262        | I1   | 18 | 20   | 11.91       | -    | - | -    | 11.91 | 238.2            | 475.9       | -       |       |
| 270        | O    | 10 | 1509 | 0.47        | 0.62 | - | 0.11 | 2.40  | 3621.6           | 2234.5      | -       |       |
| 271        | I1   | 20 | 12   | 7.40        | -    | - | -    | 7.40  | 88.8             | 219.0       | -       |       |
| 277        | L    | 18 | 15   | 3.37        | 0.29 | - | -    | 3.66  | 54.9             | 109.7       | -       |       |
| 278        | I1   | 18 | 25   | 10.25       | -    | - | -    | 10.25 | 256.25           | 512.0       | -       |       |
| 279        | L    | 18 | 15   | 10.37       | 0.29 | - | -    | 10.66 | 159.9            | 319.5       | -       |       |
| 281        | L    | 22 | 15   | 11.58       | 0.36 | - | -    | 11.94 | 179.1            | 534.4       | -       |       |
| 282        | L    | 22 | 15   | 11.57       | 0.36 | - | -    | 11.93 | 178.95           | 534.0       | -       |       |
| 283        | C    | 18 | 6    | 2.95        | 0.29 | - | -    | 3.53  | 21.18            | 42.3        | -       |       |
| 285        | C    | 20 | 4    | 2.55        | 0.32 | - | -    | 3.19  | 12.76            | 31.5        | -       |       |
| 286        | L    | 18 | 20   | 10.94       | 0.29 | - | -    | 11.23 | 224.6            | 448.8       | -       |       |
| 287        | L    | 18 | 20   | 4.74        | 0.29 | - | -    | 5.03  | 100.6            | 201         | -       |       |
| 288        | L    | 20 | 12   | 10.21       | 0.32 | - | -    | 10.53 | 126.36           | 311.6       | -       |       |
| 289        | L    | 18 | 10   | 10.37       | 0.29 | - | -    | 10.66 | 106.6            | 213.0       | -       |       |
| 290        | L    | 18 | 10   | 3.37        | 0.29 | - | -    | 3.66  | 36.6             | 73.1        | -       |       |

### RESUMEN DE MATERIALES

| Ø         | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 25    | 28    | 32    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (Kg/m)  | 0.395 | 0.617 | 0.888 | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853 | 4.834 | 6.313 |
| L (m)     | -     | 3622  | -     | -     | 61    | 1229  | 923   | 358   | -     | -     | -     |
| PESO (Kg) | -     | 2235  | -     | -     | 97    | 2455  | 2276  | 1068  | -     | -     | -     |

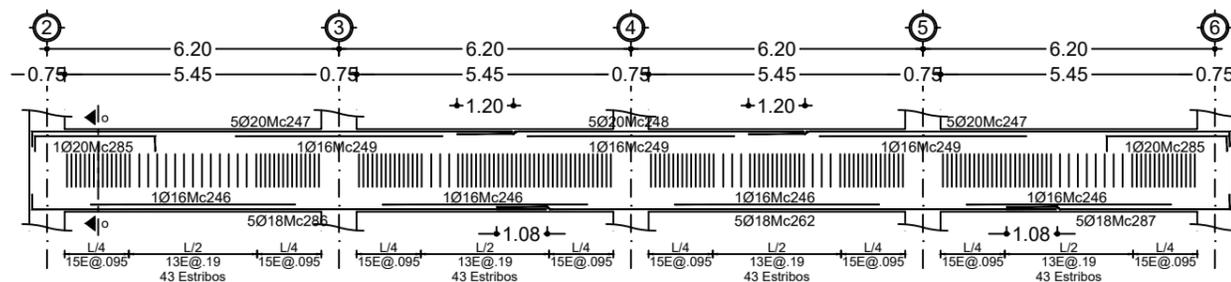
Wtot (Kg) = 8131  
 HORMIGON EN VIGAS f<sub>c</sub> = 240 Kg/cm<sup>2</sup> = 42 M3  
 ACERO f<sub>y</sub> = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

### TIPOS DE ACEROS:



16EØ10Mc270  
 16 Estribos Traslape  
 141EØ10Mc270  
 Total 157 Estribos

Esc \_\_\_\_ 1:50

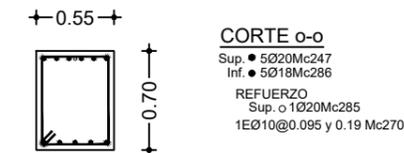


### VIGA N+3.00 Ejes B, E VG4-55x70

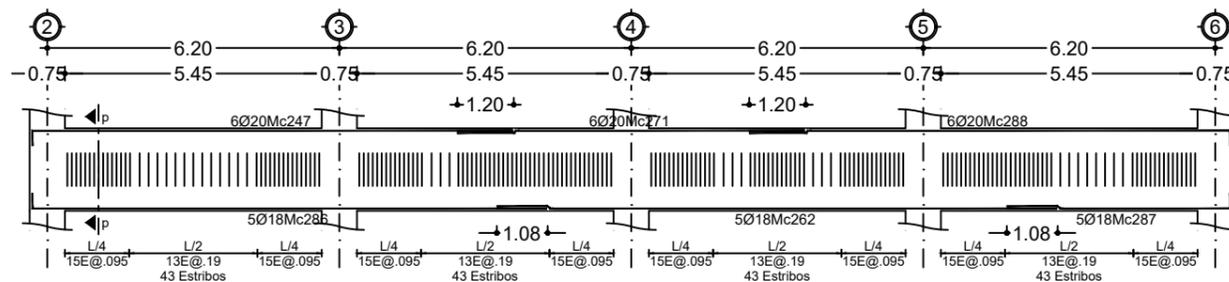
2 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
 V 1:75

Esc \_\_\_\_ 1:50



21EØ10Mc270  
 21 Estribos Traslape  
 172EØ10Mc270  
 Total 193 Estribos

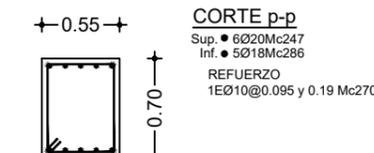


### VIGA N+3.00 Ejes C, D VG5-55x70

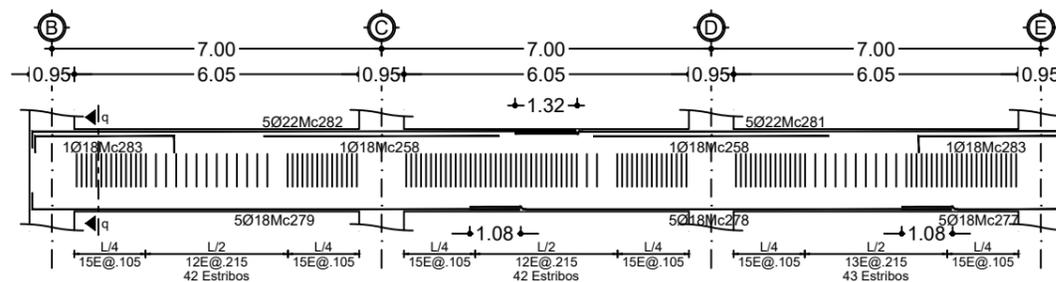
2 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
 V 1:75

Esc \_\_\_\_ 1:50



21EØ10Mc270  
 21 Estribos Traslape  
 172EØ10Mc270  
 Total 193 Estribos

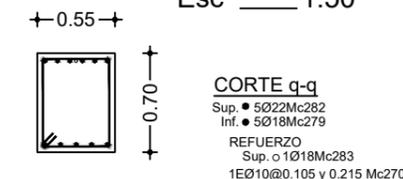


### VIGA N+3.00 Ejes 3, 4, 5 VG7-55x70

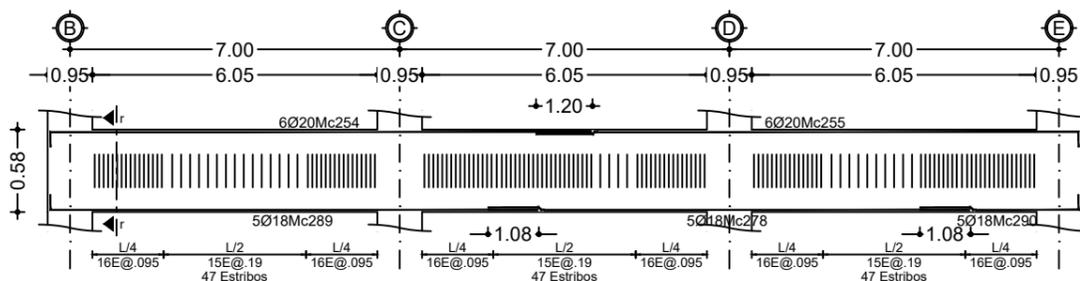
3 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
 V 1:75

Esc \_\_\_\_ 1:50



14EØ10Mc270  
 14 Estribos Traslape  
 127EØ10Mc270  
 Total 141 Estribos



### VIGA N+3.00 Ejes 2, 6 VG6-55x70

2 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
 V 1:75

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

### PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:  
 COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

CONTIENE:  
 EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR  
 VIGAS N+3.00

ELABORADO POR:  
 Nayeli Alexandra Freire Guevara

DIRECTORA:  
 Ing. María Belén Correa M.Sc.

ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

LAMINA : **E 11/16**

## PLANILLA DE ACEROS

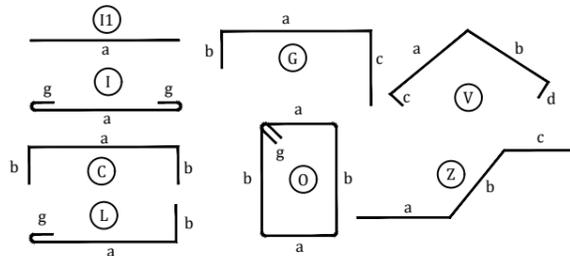
| Mc                | TIPO | Ø  | No.  | DIMENSIONES |      |      |   |      | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|-------------------|------|----|------|-------------|------|------|---|------|------------------|-------------|---------|-------|
|                   |      |    |      | a           | b    | c    | d | g    |                  |             |         |       |
| <b>MARCAS 200</b> |      |    |      |             |      |      |   |      |                  |             |         |       |
| 240               | L    | 22 | 44   | 10.28       | 0.36 | -    | - | -    | 10.64            | 468.16      | 1397.0  | -     |
| 242               | C    | 18 | 8    | 2.55        | 0.29 | -    | - | -    | 3.13             | 25.04       | 50.0    | -     |
| 260               | L    | 18 | 24   | 4.74        | 0.29 | -    | - | -    | 5.03             | 120.72      | 241.2   | -     |
| 261               | O    | 12 | 2096 | 0.47        | 0.62 | -    | - | 0.12 | 2.42             | 5072.32     | 4504.2  | -     |
| 262               | I1   | 18 | 24   | 11.91       | -    | -    | - | -    | 11.91            | 285.84      | 571.1   | -     |
| 263               | L    | 18 | 24   | 10.94       | 0.29 | -    | - | -    | 11.23            | 269.52      | 538.5   | -     |
| 264               | I1   | 20 | 8    | 4.35        | -    | -    | - | -    | 4.35             | 34.8        | 85.8    | -     |
| 265               | L    | 22 | 44   | 10.27       | 0.36 | -    | - | -    | 10.63            | 467.72      | 1395.7  | -     |
| 266               | I1   | 22 | 44   | 7.52        | -    | -    | - | -    | 7.52             | 330.88      | 987.4   | -     |
| 267               | I1   | 18 | 8    | 4.40        | -    | -    | - | -    | 4.40             | 35.2        | 70.3    | -     |
| 268               | L    | 20 | 20   | 9.49        | 0.32 | -    | - | -    | 9.81             | 196.2       | 483.8   | -     |
| 269               | G    | 10 | 608  | 0.62        | 0.11 | 0.16 | - | -    | 0.89             | 541.12      | 333.9   | -     |
| 270               | O    | 10 | 608  | 0.47        | 0.62 | -    | - | 0.11 | 2.40             | 1459.2      | 900.3   | -     |
| 271               | I1   | 20 | 20   | 7.40        | -    | -    | - | -    | 7.40             | 148         | 365.0   | -     |
| 272               | L    | 20 | 20   | 10.94       | 0.32 | -    | - | -    | 11.26            | 225.2       | 555.3   | -     |
| 273               | I1   | 18 | 12   | 4.35        | -    | -    | - | -    | 4.35             | 52.2        | 104.3   | -     |
| 274               | C    | 20 | 4    | 4.40        | 0.32 | -    | - | -    | 5.04             | 20.16       | 49.7    | -     |
| 275               | I1   | 20 | 8    | 4.40        | -    | -    | - | -    | 4.40             | 35.2        | 86.8    | -     |
| 276               | C    | 20 | 8    | 2.55        | 0.32 | -    | - | -    | 3.19             | 25.52       | 62.9    | -     |
| 277               | L    | 18 | 60   | 3.37        | 0.29 | -    | - | -    | 3.66             | 219.6       | 438.8   | -     |
| 278               | I1   | 18 | 60   | 10.25       | -    | -    | - | -    | 10.25            | 615         | 1228.8  | -     |
| 279               | L    | 18 | 60   | 10.37       | 0.29 | -    | - | -    | 10.66            | 639.6       | 1277.9  | -     |
| 280               | I1   | 18 | 12   | 4.85        | -    | -    | - | -    | 4.85             | 58.2        | 116.3   | -     |
| 281               | L    | 22 | 60   | 11.58       | 0.36 | -    | - | -    | 11.94            | 716.4       | 2137.7  | -     |
| 282               | L    | 22 | 60   | 11.57       | 0.36 | -    | - | -    | 11.93            | 715.8       | 2136.0  | -     |
| 283               | C    | 18 | 32   | 2.95        | 0.29 | -    | - | -    | 3.53             | 112.96      | 225.7   | -     |
| 284               | I1   | 20 | 12   | 5.00        | -    | -    | - | -    | 5                | 60          | 148.0   | -     |

### RESUMEN DE MATERIALES

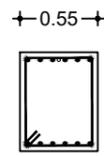
| Ø         | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 25    | 28    | 32    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (Kg/m)  | 0.395 | 0.617 | 0.888 | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853 | 4.834 | 6.313 |
| L (m)     | -     | 2000  | 5072  | -     | -     | 2434  | 745   | 2699  | -     | -     | -     |
| PESO (Kg) | -     | 1234  | 4504  | -     | -     | 4863  | 1837  | 8054  | -     | -     | -     |

Wtot (Kg) = 20492  
 HORMIGON EN VIGAS  $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2 = 83 \text{ M3}$   
 ACERO  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

### TIPOS DE ACEROS:



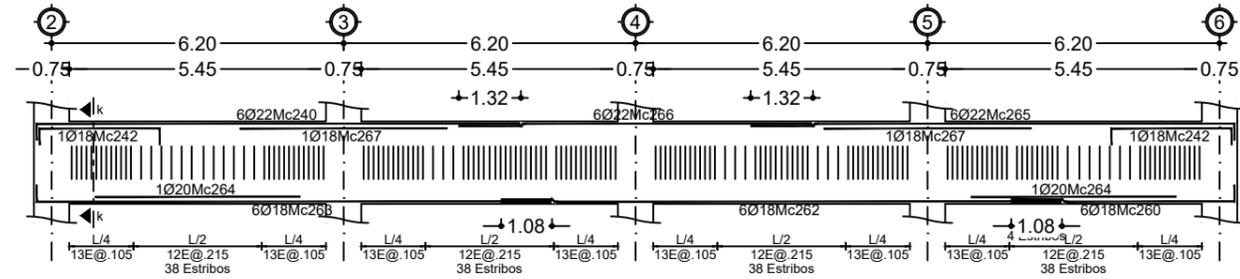
Esc 1:50



### CORTE n-n

Sup. • 6Ø22Mc282  
 Inf. • 6Ø18Mc279  
 REFUERZO  
 Sup. o 2Ø18Mc283  
 1EØ10@0.105 y 0.215 Mc261

14EØ12Mc261  
 14 Estribos Traslape  
 128EØ12Mc261  
 Total 142 Estribos

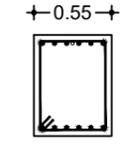


### VIGA DESDE N+6.00 HASTA+9.00 Ejes C, D VG9-55x70

4 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
 V 1:75

Esc 1:50

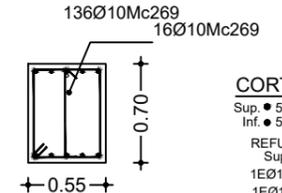


### CORTE k-k

Sup. • 6Ø20Mc240  
 Inf. • 6Ø18Mc263  
 REFUERZO  
 Sup. o 1Ø18Mc242  
 1EØ10@0.105 y 0.215 Mc261

17EØ12Mc261  
 17 Estribos Traslape  
 152EØ12Mc261  
 Total 169 Estribos

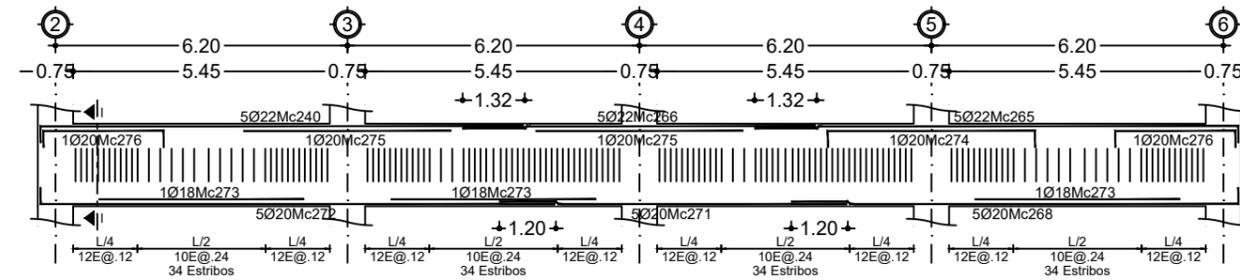
Esc 1:50



### CORTE l-l

Sup. • 5Ø22Mc240  
 Inf. • 5Ø20Mc272  
 REFUERZO  
 Sup. o 1Ø18Mc276  
 1EØ10@0.12 y 0.24 Mc270  
 1EØ10@0.12 y 0.24 Mc269

16EØ10Mc270  
 16 Estribos Traslape  
 136EØ10Mc270  
 Total 152 Estribos

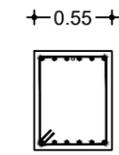


### VIGA DESDE N+6.00 HASTA+9.00 Ejes B, E VG8-55x70

4 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
 V 1:75

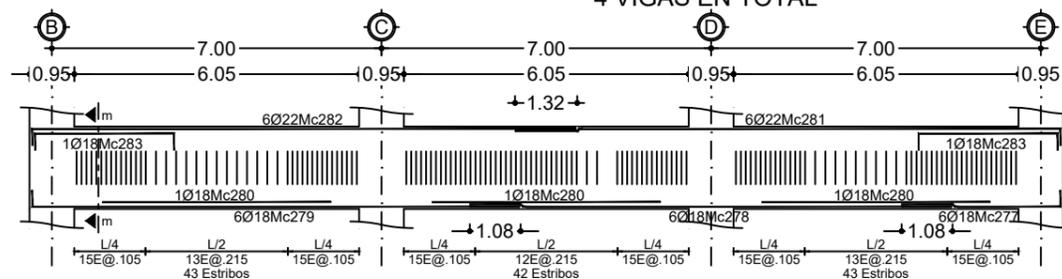
Esc 1:50



### CORTE m-m

Sup. • 6Ø22Mc282  
 Inf. • 6Ø18Mc279  
 REFUERZO  
 Sup. o 1Ø18Mc283  
 1EØ10@0.105 y 0.215 Mc261

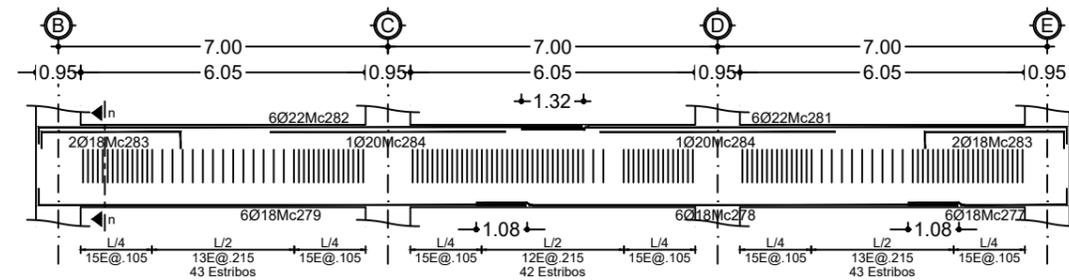
14EØ12Mc261  
 14 Estribos Traslape  
 128EØ12Mc261  
 Total 142 Estribos



### VIGA DESDE N+6.00 HASTA+9.00 Ejes 2, 6 VG10-55x70

4 VIGAS EN TOTAL

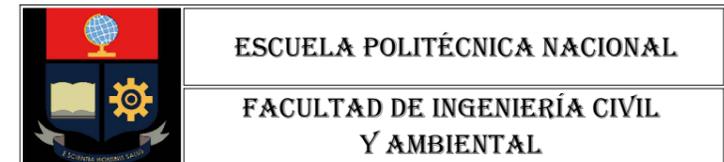
ESC H 1:150  
 V 1:75



### VIGA DESDE N+6.00 HASTA+9.00 Ejes 3, 4, 5 VG11-55x70

6 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
 V 1:75



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 Y AMBIENTAL

## PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

CONTIENE:

EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR  
 VIGAS N+6.00, N+9.00

ELABORADO POR:

Nayeli Alexandra Freire Guevara

DIRECTORA:

Ing. María Belén Correa M.Sc.

ESCALA:

INDICADAS

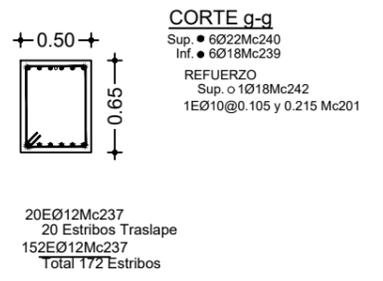
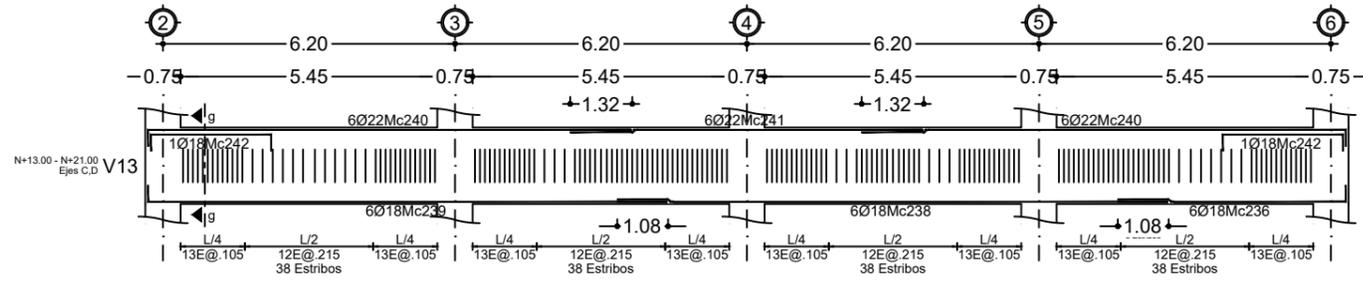
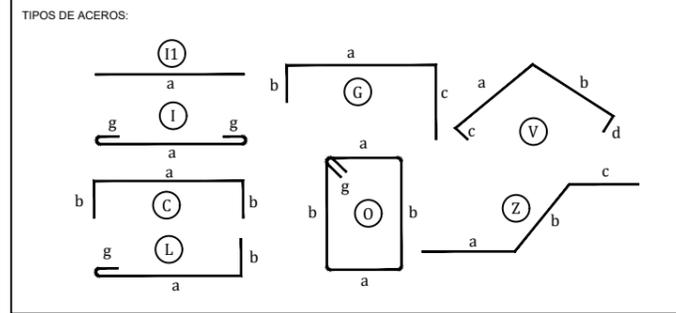
FECHA:

JULIO 2024

LAMINA:

E 12/16

| PLANILLA DE ACEROS                 |                                 |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
|------------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------|---------|-------|
| Mc                                 | TIPO                            | Ø     | No.   | DIMENSIONES |       |       |       |       | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|                                    |                                 |       |       | a           | b     | c     | d     | g     |                  |             |         |       |
| MARCAS 200                         |                                 |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Marca 200                          |                                 |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| 201                                | O                               | 10    | 2776  | 0.42        | 0.57  | -     | -     | 0.11  | 2.20             | 6107.2      | 3768.1  |       |
| 233                                | I1                              | 16    | 120   | 10.45       | -     | -     | -     | -     | 10.45            | 1254        | 1978.8  |       |
| 236                                | L                               | 18    | 48    | 4.84        | 0.29  | -     | -     | -     | 5.13             | 246.24      | 492.0   |       |
| 237                                | O                               | 12    | 3236  | 0.42        | 0.57  | -     | -     | 0.12  | 2.22             | 7183.92     | 6379.3  |       |
| 238                                | I1                              | 18    | 48    | 11.71       | -     | -     | -     | -     | 11.71            | 562.08      | 1123.0  |       |
| 239                                | L                               | 18    | 48    | 11.04       | 0.29  | -     | -     | -     | 11.33            | 543.84      | 1086.6  |       |
| 240                                | L                               | 22    | 96    | 10.28       | 0.36  | -     | -     | -     | 10.64            | 1021.44     | 3048.0  |       |
| 241                                | I1                              | 22    | 48    | 7.51        | -     | -     | -     | -     | 7.51             | 360.48      | 1075.7  |       |
| 242                                | C                               | 18    | 16    | 2.55        | 0.29  | -     | -     | -     | 3.13             | 50.08       | 100.1   |       |
| 243                                | L                               | 16    | 48    | 4.84        | 0.26  | -     | -     | -     | 5.10             | 244.8       | 386.3   |       |
| 244                                | I1                              | 16    | 48    | 11.47       | -     | -     | -     | -     | 11.47            | 550.56      | 868.8   |       |
| 245                                | L                               | 16    | 48    | 11.04       | 0.26  | -     | -     | -     | 11.30            | 542.4       | 855.9   |       |
| 246                                | I1                              | 16    | 32    | 4.35        | -     | -     | -     | -     | 4.35             | 139.2       | 219.7   |       |
| 247                                | L                               | 20    | 96    | 10.22       | 0.32  | -     | -     | -     | 10.54            | 1011.84     | 2495.2  |       |
| 248                                | I1                              | 20    | 48    | 7.39        | -     | -     | -     | -     | 7.39             | 354.72      | 874.7   |       |
| 249                                | I1                              | 16    | 24    | 4.40        | -     | -     | -     | -     | 4.40             | 105.6       | 166.6   |       |
| 250                                | C                               | 16    | 16    | 2.55        | 0.26  | -     | -     | -     | 3.07             | 49.12       | 77.5    |       |
| 251                                | L                               | 16    | 120   | 3.15        | 0.26  | -     | -     | -     | 3.41             | 409.2       | 645.7   |       |
| 252                                | L                               | 16    | 120   | 10.15       | 0.26  | -     | -     | -     | 10.41            | 1249.2      | 1971.2  |       |
| 253                                | I1                              | 16    | 48    | 4.85        | -     | -     | -     | -     | 4.85             | 232.8       | 367.4   |       |
| 254                                | L                               | 20    | 132   | 11.51       | 0.32  | -     | -     | -     | 11.83            | 1561.56     | 3850.8  |       |
| 255                                | L                               | 20    | 132   | 11.52       | 0.32  | -     | -     | -     | 11.84            | 1562.88     | 3854.1  |       |
| 256                                | I1                              | 16    | 16    | 5.00        | -     | -     | -     | -     | 5                | 80          | 126.2   |       |
| 257                                | C                               | 16    | 16    | 2.95        | 0.26  | -     | -     | -     | 3.47             | 55.52       | 87.6    |       |
| 258                                | I1                              | 18    | 24    | 5.00        | -     | -     | -     | -     | 5                | 120         | 239.8   |       |
| 259                                | C                               | 20    | 24    | 2.95        | 0.32  | -     | -     | -     | 3.59             | 86.16       | 212.5   |       |
| RESUMEN DE MATERIALES              |                                 |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Ø                                  | 8                               | 10    | 12    | 14          | 16    | 18    | 20    | 22    | 25               | 28          | 32      |       |
| W (Kg/m)                           | 0.395                           | 0.617 | 0.888 | 1.208       | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853            | 4.834       | 6.313   |       |
| L (m)                              | -                               | 6107  | 7184  | -           | 4912  | 1522  | 4577  | 1382  | -                | -           | -       |       |
| PESO (Kg)                          | -                               | 3768  | 6379  | -           | 7752  | 3041  | 11287 | 4124  | -                | -           | -       |       |
| Wtot (Kg) =                        | 36352                           |       |       | -           |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| HORMIGON EN VIGAS f <sub>c</sub> = | 240 Kg/cm <sup>2</sup> = 132 M3 |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| ACERO f <sub>y</sub> =             | 4200 Kg/cm <sup>2</sup>         |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |

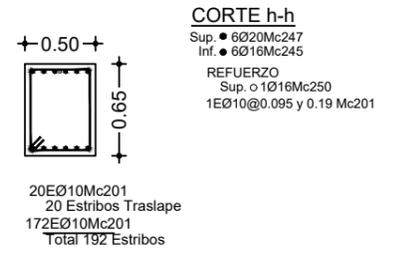
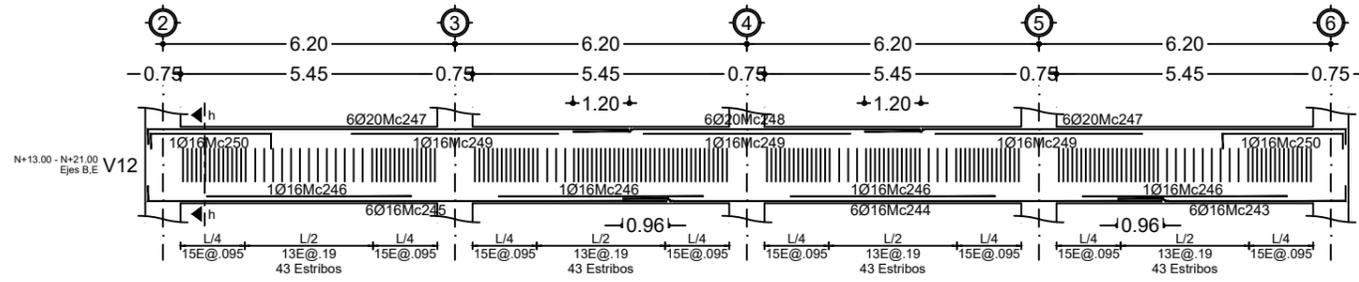


**VIGA DESDE N+12.00 HASTA+21.00 Ejes C, D VG13-50x65**

8 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75

Esc \_\_\_\_ 1:50

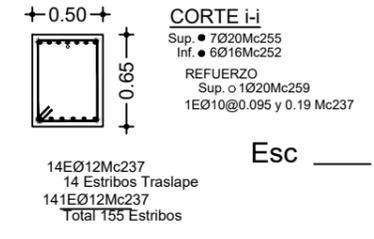
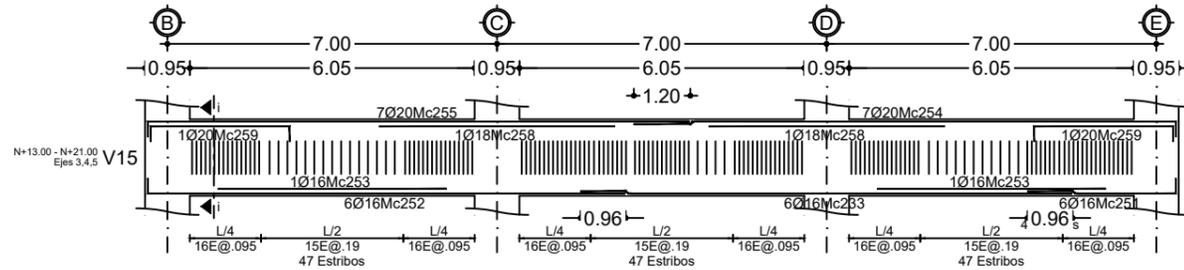


**VIGA DESDE N+12.00 HASTA+21.00 Ejes B, E VG12-50x65**

8 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75

Esc \_\_\_\_ 1:50

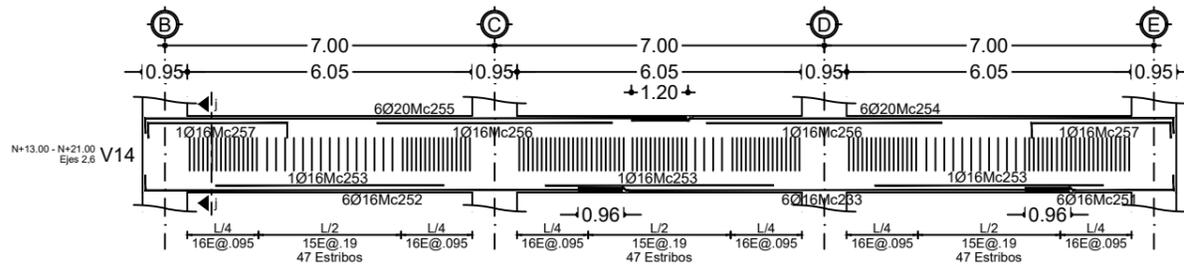


**VIGA DESDE N+12.00 HASTA+21.00 Ejes 3, 4, 5 VG15-50x65**

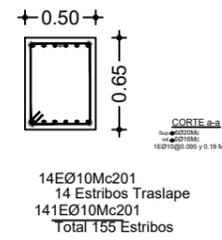
12 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75

Esc \_\_\_\_ 1:50



Esc \_\_\_\_ 1:50



**VIGA DESDE N+12.00 HASTA+21.00 Ejes 2, 6 VG14-50x65**

8 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

TEMA:  
 COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

CONTIENE:  
 EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR  
 VIGAS N+12.00 HASTA N+21.00

ELABORADO POR:  
 Nayeli Alexandra Freire Guevara

DIRECTORA:  
 Ing. María Belén Correa M.Sc.

ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

LAMINA : **E 13/16**

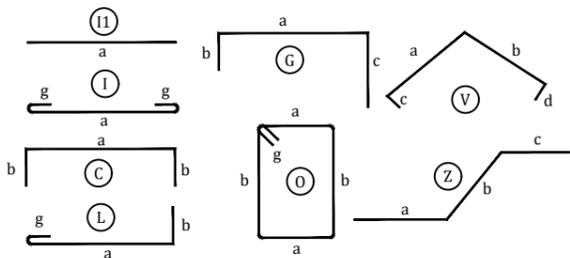
# PLANILLA DE ACEROS

| Mc                    | TIPO | Ø  | No.  | DIMENSIONES |      |   |   |      | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|-----------------------|------|----|------|-------------|------|---|---|------|------------------|-------------|---------|-------|
|                       |      |    |      | a           | b    | c | d | g    |                  |             |         |       |
| <b>MARCAS 200 300</b> |      |    |      |             |      |   |   |      |                  |             |         |       |
| Marca 200             |      |    |      |             |      |   |   |      |                  |             |         |       |
| 201                   | O    | 10 | 3954 | 0.42        | 0.57 | - | - | 0.11 | 2.20             | 8698.8      | 5367.2  |       |
| 206                   | I1   | 12 | 12   | 4.85        | -    | - | - | -    | 4.85             | 58.2        | 51.7    |       |
| 208                   | I1   | 14 | 66   | 10.45       | -    | - | - | -    | 10.45            | 689.7       | 833.2   |       |
| 211                   | I1   | 12 | 24   | 4.40        | -    | - | - | -    | 4.40             | 105.6       | 93.8    |       |
| 214                   | I1   | 12 | 32   | 4.35        | -    | - | - | -    | 4.35             | 139.2       | 123.6   |       |
| 215                   | L    | 14 | 24   | 11.04       | 0.23 | - | - | -    | 11.27            | 270.48      | 326.7   |       |
| 216                   | I1   | 14 | 48   | 11.47       | -    | - | - | -    | 11.47            | 550.56      | 665.1   |       |
| 217                   | L    | 14 | 24   | 4.84        | 0.23 | - | - | -    | 5.07             | 121.68      | 147.0   |       |
| 218                   | L    | 14 | 24   | 4.84        | 0.23 | - | - | -    | 5.07             | 121.68      | 147.0   |       |
| 219                   | L    | 14 | 24   | 11.04       | 0.23 | - | - | -    | 11.27            | 270.48      | 326.7   |       |
| 220                   | L    | 16 | 24   | 10.09       | 0.26 | - | - | -    | 10.35            | 248.4       | 392.0   |       |
| 221                   | I1   | 16 | 24   | 7.16        | -    | - | - | -    | 7.16             | 171.84      | 271.2   |       |
| 222                   | L    | 16 | 24   | 10.10       | 0.26 | - | - | -    | 10.36            | 248.64      | 392.4   |       |
| 223                   | C    | 16 | 8    | 2.55        | 0.26 | - | - | -    | 3.07             | 24.56       | 38.8    |       |
| 224                   | L    | 14 | 24   | 10.21       | 0.23 | - | - | -    | 10.44            | 250.56      | 302.7   |       |
| 225                   | I1   | 14 | 24   | 7.40        | -    | - | - | -    | 7.40             | 177.6       | 214.5   |       |
| 226                   | L    | 14 | 24   | 10.22       | 0.23 | - | - | -    | 10.45            | 250.8       | 303.0   |       |
| 227                   | C    | 14 | 8    | 2.55        | 0.23 | - | - | -    | 3.01             | 24.08       | 29.1    |       |
| 228                   | C    | 14 | 12   | 2.95        | 0.23 | - | - | -    | 3.41             | 40.92       | 49.4    |       |
| 229                   | L    | 18 | 36   | 11.46       | 0.29 | - | - | -    | 11.75            | 423         | 845.1   |       |
| 230                   | L    | 18 | 36   | 11.45       | 0.29 | - | - | -    | 11.74            | 422.64      | 844.4   |       |
| 232                   | L    | 14 | 42   | 10.15       | 0.23 | - | - | -    | 10.38            | 435.96      | 526.6   |       |
| 235                   | L    | 14 | 42   | 3.15        | 0.23 | - | - | -    | 3.38             | 141.96      | 171.5   |       |
| Marca 300             |      |    |      |             |      |   |   |      |                  |             |         |       |
| 323                   | L    | 14 | 24   | 3.15        | 0.23 | - | - | -    | 3.38             | 81.12       | 98.0    |       |
| 324                   | L    | 14 | 24   | 10.15       | 0.23 | - | - | -    | 10.38            | 249.12      | 300.9   |       |
| 325                   | L    | 16 | 24   | 11.39       | 0.26 | - | - | -    | 11.65            | 279.6       | 441.2   |       |
| 326                   | L    | 16 | 24   | 11.40       | 0.26 | - | - | -    | 11.66            | 279.84      | 441.6   |       |
| 327                   | C    | 12 | 4    | 2.95        | 0.20 | - | - | -    | 3.35             | 13.4        | 11.9    |       |
| 328                   | C    | 12 | 4    | 2.95        | 0.20 | - | - | -    | 3.35             | 13.4        | 11.9    |       |

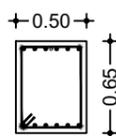
## RESUMEN DE MATERIALES

| Ø                                  | 8                              | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 25    | 28    | 32    |
|------------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (Kg/m)                           | 0.395                          | 0.617 | 0.888 | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853 | 4.834 | 6.313 |
| L (m)                              | -                              | 8699  | 330   | 3677  | 1253  | 846   | -     | -     | -     | -     | -     |
| PESO (Kg)                          | -                              | 5367  | 293   | 4441  | 1977  | 1690  | -     | -     | -     | -     | -     |
| Wtot (Kg) =                        | 13768                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| HORMIGON EN VIGAS f <sub>c</sub> = | 240 Kg/cm <sup>2</sup> = 76 M3 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| ACERO f <sub>y</sub> =             | 4200 Kg/cm <sup>2</sup>        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

## TIPOS DE ACEROS:



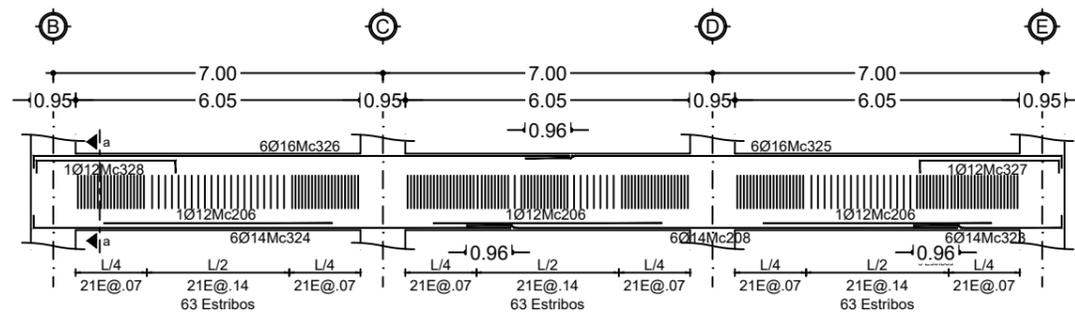
Esc \_\_\_\_ 1:50



### CORTE f-f

Sup. ● 6Ø14Mc226  
Inf. ● 6Ø14Mc215  
REFUERZO  
Sup. o 1Ø14Mc227  
1EØ10@0.07 y 0.14 Mc201

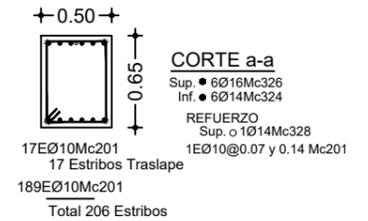
31EØ10Mc201  
31 Estribos Traslape  
228EØ10Mc201  
Total 259 Estribos



## VIGA DESDE N+24.00 HASTA+27.00 Ejes 2, 6 VG18-50x65

4 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75

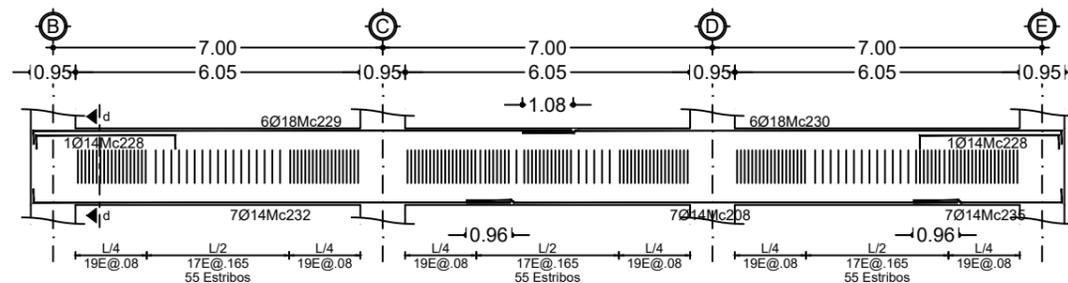


### CORTE a-a

Sup. ● 6Ø16Mc326  
Inf. ● 6Ø14Mc324  
REFUERZO  
Sup. o 1Ø14Mc328

17EØ10Mc201  
17 Estribos Traslape  
1EØ10@0.07 y 0.14 Mc201  
189EØ10Mc201  
Total 206 Estribos

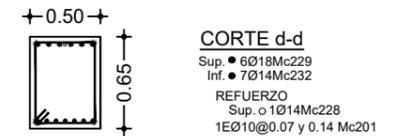
Esc \_\_\_\_ 1:50



## VIGA DESDE N+24.00 HASTA+27.00 Ejes 3, 4, 5 VG19-50x65

6 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75

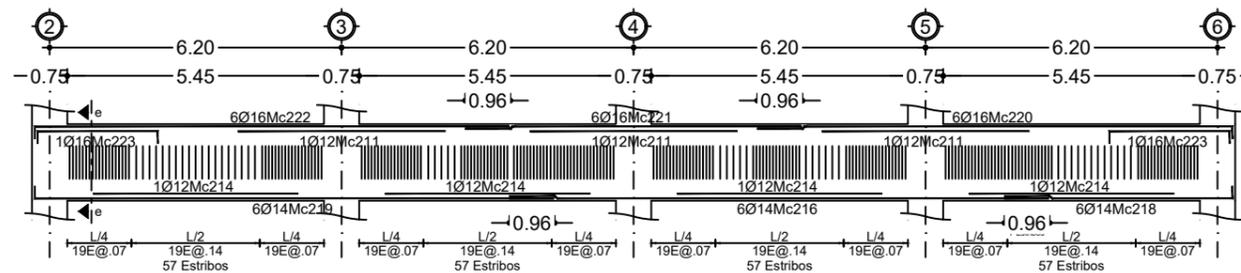


### CORTE d-d

Sup. ● 6Ø18Mc229  
Inf. ● 7Ø14Mc232  
REFUERZO  
Sup. o 1Ø14Mc228

14EØ10Mc201  
14 Estribos Traslape  
165EØ10Mc201  
Total 179 Estribos

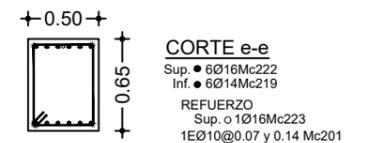
Esc \_\_\_\_ 1:50



## VIGA DESDE N+24.00 HASTA+27.00 Ejes C, D VG17-50x65

4 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75

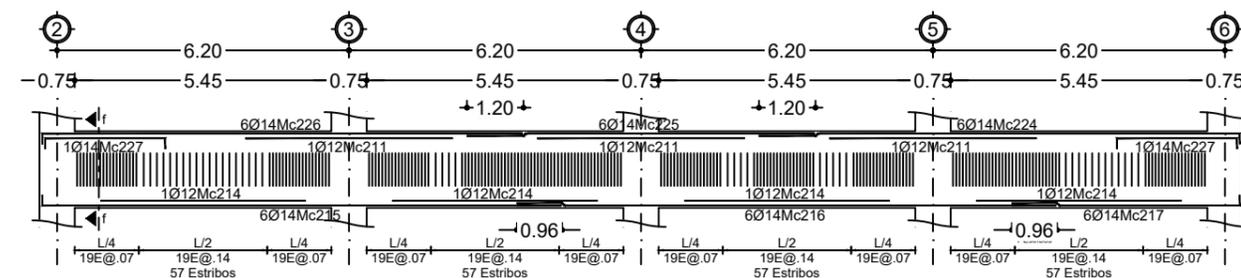


### CORTE e-e

Sup. ● 6Ø16Mc222  
Inf. ● 6Ø14Mc219  
REFUERZO  
Sup. o 1Ø16Mc223

27EØ10Mc201  
27 Estribos Traslape  
228EØ10Mc201  
Total 255 Estribos

Esc \_\_\_\_ 1:50



## VIGA DESDE N+24.00 HASTA+27.00 Ejes B, E VG16-50x65

4 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

## PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:  
COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

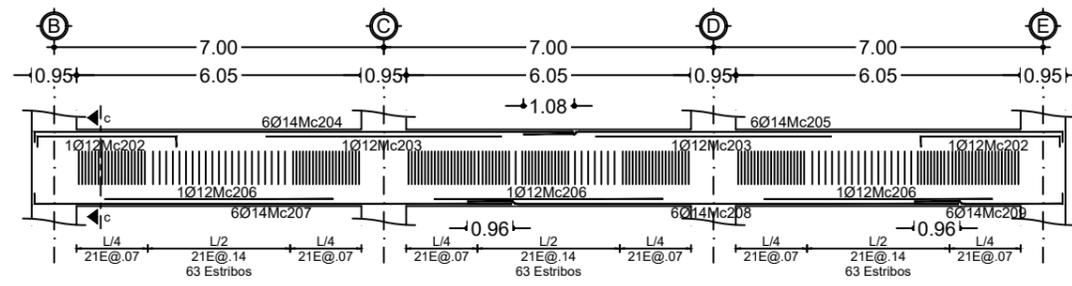
CONTIENE:  
EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR  
VIGAS N+24.00, N+27.00

ELABORADO POR:  
Nayeli Alexandra Freire Guevara

DIRECTORA:  
Ing. María Belén Correa M.Sc.

ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

LAMINA : **E 14/16**

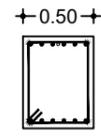


**VIGA N+30.00 Ejes 2, 6 VG21-50x65**

4 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75

Esc 1:50

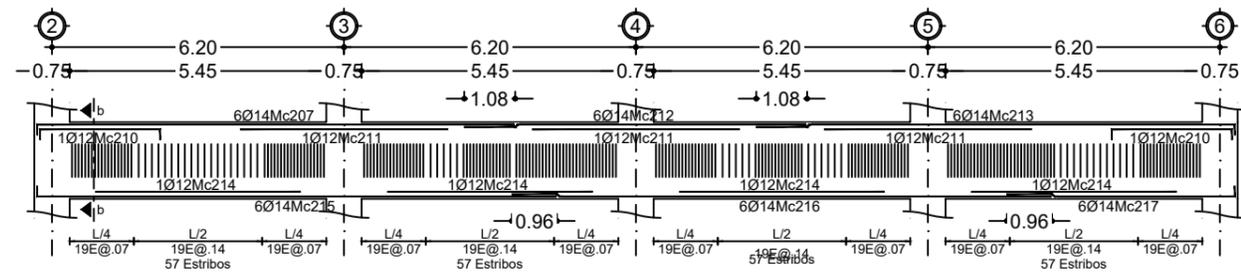


**CORTE c-c**

Sup. • 6Ø14Mc204  
Inf. • 6Ø14Mc207

REFUERZO  
Sup. o 1Ø14Mc202  
1EØ10@0.07 y 0.14 Mc201

17EØ10Mc201  
17 Estribos Traslape  
189EØ10Mc201  
Total 206 Estribos

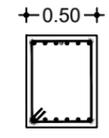


**VIGA N+30.00 Ejes B, C, D, E VG20-50x65**

4 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75

Esc 1:50

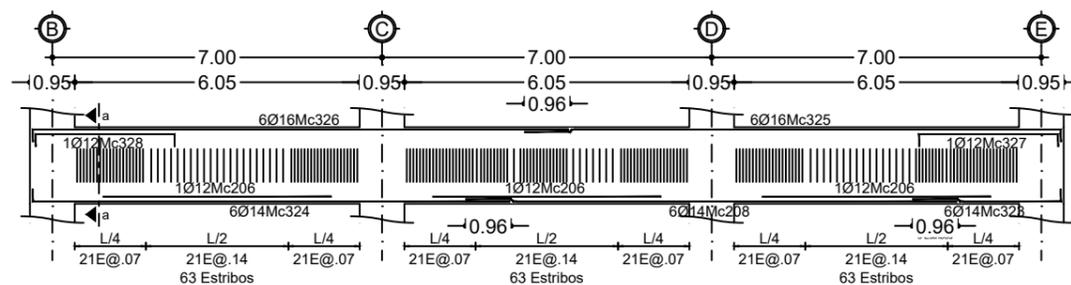


**CORTE b-b**

Sup. • 6Ø14Mc207  
Inf. • 6Ø14Mc215

REFUERZO  
Sup. o 1Ø14Mc210  
1EØ10@0.07 y 0.14 Mc201

27EØ10Mc201  
27 Estribos Traslape  
228EØ10Mc201  
Total 255 Estribos

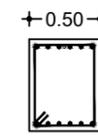


**VIGA N+30.00 Ejes 3, 4, 5 VG18-50x65**

3 VIGAS EN TOTAL

ESC H 1:150  
V 1:75

Esc 1:50



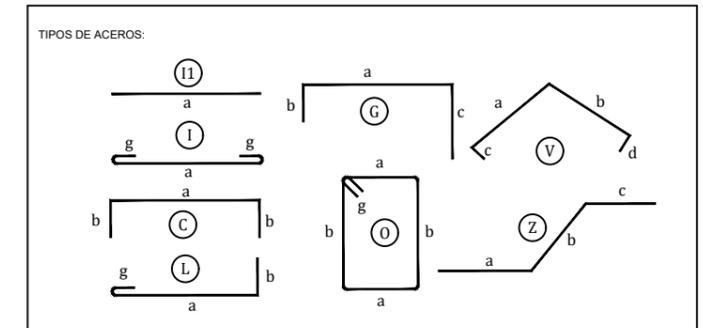
**CORTE a-a**

Sup. • 6Ø16Mc326  
Inf. • 6Ø14Mc324

REFUERZO  
Sup. o 1Ø14Mc328  
1EØ10@0.07 y 0.14 Mc201

17EØ10Mc201  
17 Estribos Traslape  
189EØ10Mc201  
Total 206 Estribos

| PLANILLA DE ACEROS                        |        |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
|---|--------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------|---------|-------|
| Mc  | TIPO   | Ø     | No.   | DIMENSIONES |       |       |       |       | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|   |        |       |       | a           | b     | c     | d     | g     |                  |             |         |       |
| MARCAS 200 300                            |        |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Marca 200                                 |        |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| 201                                       | O      | 10    | 2050  | 0.42        | 0.57  | -     | -     | 0.11  | 2.20             | 4510        | 2782.7  | -     |
| 202                                       | C      | 12    | 4     | 2.95        | 0.20  | -     | -     | -     | 3.35             | 13.4        | 11.9    | -     |
| 203                                       | I1     | 12    | 4     | 5.00        | -     | -     | -     | -     | 5                | 20          | 17.8    | -     |
| 204                                       | L      | 14    | 12    | 11.46       | 0.23  | -     | -     | -     | 11.69            | 140.28      | 169.5   | -     |
| 205                                       | L      | 14    | 12    | 11.45       | 0.23  | -     | -     | -     | 11.68            | 140.16      | 169.3   | -     |
| 206                                       | I1     | 12    | 15    | 4.85        | -     | -     | -     | -     | 4.85             | 72.75       | 64.6    | -     |
| 207                                       | L      | 14    | 36    | 10.15       | 0.23  | -     | -     | -     | 10.38            | 373.68      | 451.4   | -     |
| 208                                       | I1     | 14    | 30    | 10.45       | -     | -     | -     | -     | 10.45            | 313.5       | 378.7   | -     |
| 209                                       | L      | 14    | 12    | 3.15        | 0.23  | -     | -     | -     | 3.38             | 40.56       | 49      | -     |
| 210                                       | C      | 12    | 8     | 2.55        | 0.20  | -     | -     | -     | 2.95             | 23.6        | 21.0    | -     |
| 211                                       | I1     | 12    | 12    | 4.40        | -     | -     | -     | -     | 4.40             | 52.8        | 46.9    | -     |
| 212                                       | I1     | 14    | 24    | 7.28        | -     | -     | -     | -     | 7.28             | 174.72      | 211.1   | -     |
| 213                                       | L      | 14    | 24    | 10.16       | 0.23  | -     | -     | -     | 10.39            | 249.36      | 301.2   | -     |
| 214                                       | I1     | 12    | 16    | 4.35        | -     | -     | -     | -     | 4.35             | 69.6        | 61.8    | -     |
| 215                                       | L      | 14    | 24    | 11.04       | 0.23  | -     | -     | -     | 11.27            | 270.48      | 326.7   | -     |
| 216                                       | I1     | 14    | 24    | 11.47       | -     | -     | -     | -     | 11.47            | 275.28      | 332.5   | -     |
| 217                                       | L      | 14    | 24    | 4.84        | 0.23  | -     | -     | -     | 5.07             | 121.68      | 147.0   | -     |
| Marca 300                                 |        |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| 323                                       | L      | 14    | 18    | 3.15        | 0.23  | -     | -     | -     | 3.38             | 60.84       | 73.5    | -     |
| 324                                       | L      | 14    | 18    | 10.15       | 0.23  | -     | -     | -     | 10.38            | 186.84      | 225.7   | -     |
| 325                                       | L      | 16    | 18    | 11.39       | 0.26  | -     | -     | -     | 11.65            | 209.7       | 330.9   | -     |
| 326                                       | L      | 16    | 18    | 11.40       | 0.26  | -     | -     | -     | 11.66            | 209.88      | 331.2   | -     |
| 327                                       | C      | 12    | 3     | 2.95        | 0.20  | -     | -     | -     | 3.35             | 10.05       | 8.9     | -     |
| 328                                       | C      | 12    | 3     | 2.95        | 0.20  | -     | -     | -     | 3.35             | 10.05       | 8.9     | -     |
| RESUMEN DE MATERIALES                     |        |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Ø   | 8      | 10    | 12    | 14          | 16    | 18    | 20    | 22    | 25               | 28          | 32      |       |
| W (Kg/m)                                  | 0.395  | 0.617 | 0.888 | 1.208       | 1.578 | 1.998 | 2.486 | 2.984 | 3.853            | 4.834       | 6.313   |       |
| L (m)                                     | -      | 4510  | 272   | 2347        | 420   | -     | -     | -     | -                | -           | -       | -     |
| PESO (Kg)                                 | -      | 2783  | 242   | 2836        | 662   | -     | -     | -     | -                | -           | -       | -     |
| Wtot (Kg)                                 | = 6522 |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| HORMIGON EN VIGAS Fc = 240 Kg/cm2 = 40 M3 |        |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| ACERO fy = 4200 Kg/cm2                    |        |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

TEMA:  
COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

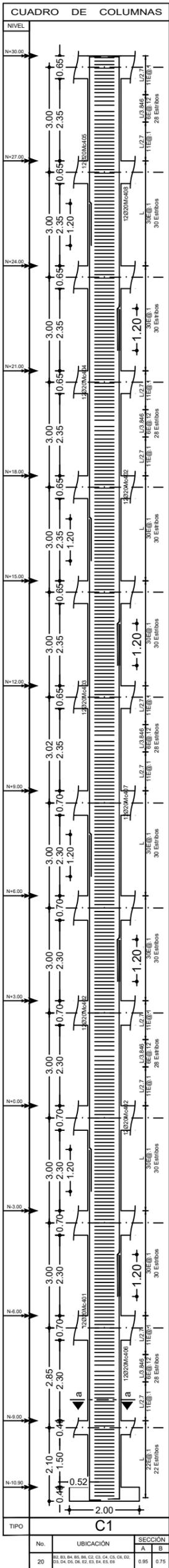
CONTIENE:  
EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR  
VIGAS N+30.00

ELABORADO POR:  
Nayeli Alexandra Freire Guevara

DIRECTORA:  
Ing. María Belén Correa M.Sc.

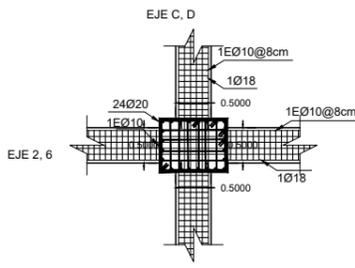
ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

LAMINA : **E 15/16**

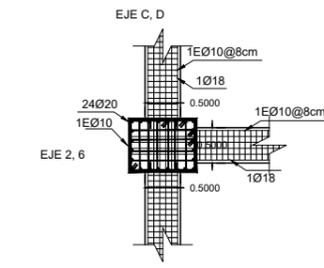


**CUADRO DE COLUMNAS**

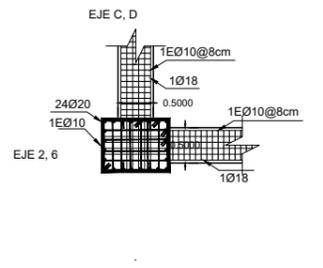
ESCALA 1:25



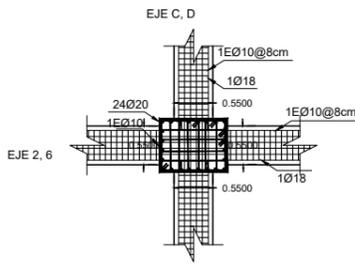
**INTERNA**



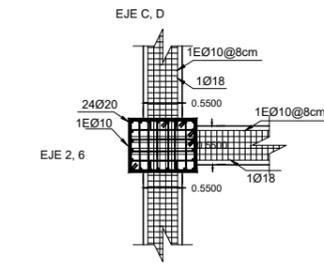
**PERIMETRAL**



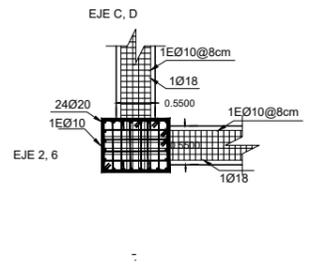
**ESQUINERA**



**INTERNA**

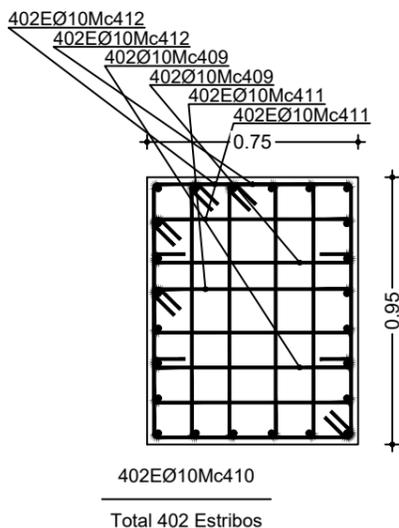


**PERIMETRAL**



**ESQUINERA**

**DETALLE DE CONEXIONES**



**CORTE a-a**

lza. • 12Ø20Mc406  
Der. • 12Ø20Mc401  
1EØ10@0.10 Mc410

402EØ10Mc410

Total 402 Estribos

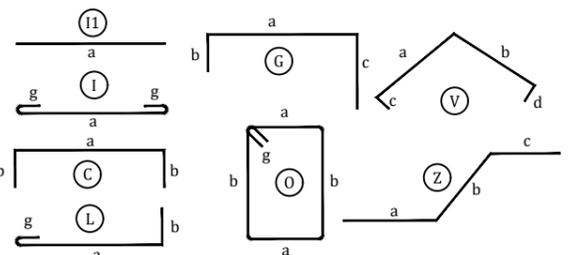
**DETALLE DE COLUMNAS**

ESCALA 1:25

**PLANILLA DE ACEROS**

| Mc   | TIPO  | Ø      | No.   | DIMENSIONES |       |       |       |       | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|--|-------|--------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------|---------|-------|
|  |       |        |       | a           | b     | c     | d     | g     |                  |             |         |       |
| MARCAS 400   |       |        |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| 401  | L     | 20     | 240   | 10.02       | 0.32  | -     | -     | -     | 10.34            | 2481.6      | 6119.6  | -     |
| 402  | I1    | 20     | 720   | 10.20       | -     | -     | -     | -     | 10.20            | 7344        | 18110.3 | -     |
| 403  | I1    | 20     | 240   | 10.22       | -     | -     | -     | -     | 10.22            | 2452.8      | 6048.6  | -     |
| 404  | I1    | 20     | 240   | 10.21       | -     | -     | -     | -     | 10.21            | 2450.4      | 6042.7  | -     |
| 405  | L     | 20     | 240   | 5.39        | 0.32  | -     | -     | -     | 5.71             | 1370.4      | 3379.4  | -     |
| 406  | L     | 20     | 240   | 6.99        | 0.32  | -     | -     | -     | 7.31             | 1754.4      | 4326.4  | -     |
| 407  | I1    | 20     | 240   | 10.23       | -     | -     | -     | -     | 10.23            | 2455.2      | 6054.5  | -     |
| 408  | L     | 20     | 240   | 8.42        | 0.32  | -     | -     | -     | 8.74             | 2097.6      | 5172.7  | -     |
| 409  | G     | 10     | 16080 | 0.70        | 0.11  | 0.16  | -     | -     | 0.97             | 15597.6     | 9623.7  | -     |
| 410  | O     | 10     | 8040  | 0.70        | 0.90  | -     | -     | 0.11  | 3.42             | 27496.8     | 16965.5 | -     |
| 411  | O     | 10     | 16080 | 0.70        | 0.40  | -     | -     | 0.11  | 2.42             | 38913.6     | 24009.7 | -     |
| 412  | O     | 10     | 16080 | 0.30        | 0.90  | -     | -     | 0.11  | 2.62             | 42129.6     | 25994.0 | -     |
| RESUMEN DE MATERIALES  |       |        |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Ø  | 8     | 10     | 12    | 14          | 16    | 18    | 20    | 22    | 25               | 28          | 32      |       |
| W (Kg/m)   | 0.395 | 0.617  | 0.888 | 1.208       | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853            | 4.834       | 6.313   |       |
| L (m)  | -     | 124138 | -     | -           | -     | -     | 22406 | -     | -                | -           | -       |       |
| PESO (Kg)  | -     | 76593  | -     | -           | -     | -     | 55254 | -     | -                | -           | -       |       |
| Wtot (Kg) = 131847   |       |        |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| HORMIGON EN COLUMNAS f <sub>c</sub> = 240 Kg/cm <sup>2</sup> = 556M3 |       |        |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| ACERO f <sub>y</sub> = 4200 Kg/cm <sup>2</sup>                       |       |        |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |

TIPOS DE ACEROS:



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

HORMIGON f<sub>c</sub> = 280 Kg/cm<sup>2</sup>  
ACERO f<sub>y</sub> = 4200 Kg/cm<sup>2</sup> EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA  
TRASLAPES MINIMOS SI NO SE INDICAN EN LOS PLANOS = 60 DIAMETROS DE LA VARILLA  
LAS UNIDADES DE MEDIDA DE LONGITUD MOSTRADAS EN LA PRESENTE LÁMINA SON METROS [m]  
ESTA PLANILLA CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL CONTENIDO DE LA PRESENTE LÁMINA



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**Y AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

TEMA:  
COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

CONTIENE:  
EDIFICIO IMPLANTADO EN ECUADOR  
CUADRO DE COLUMNAS

ELABORADO POR:  
Nayeli Alexandra Freire Guevara

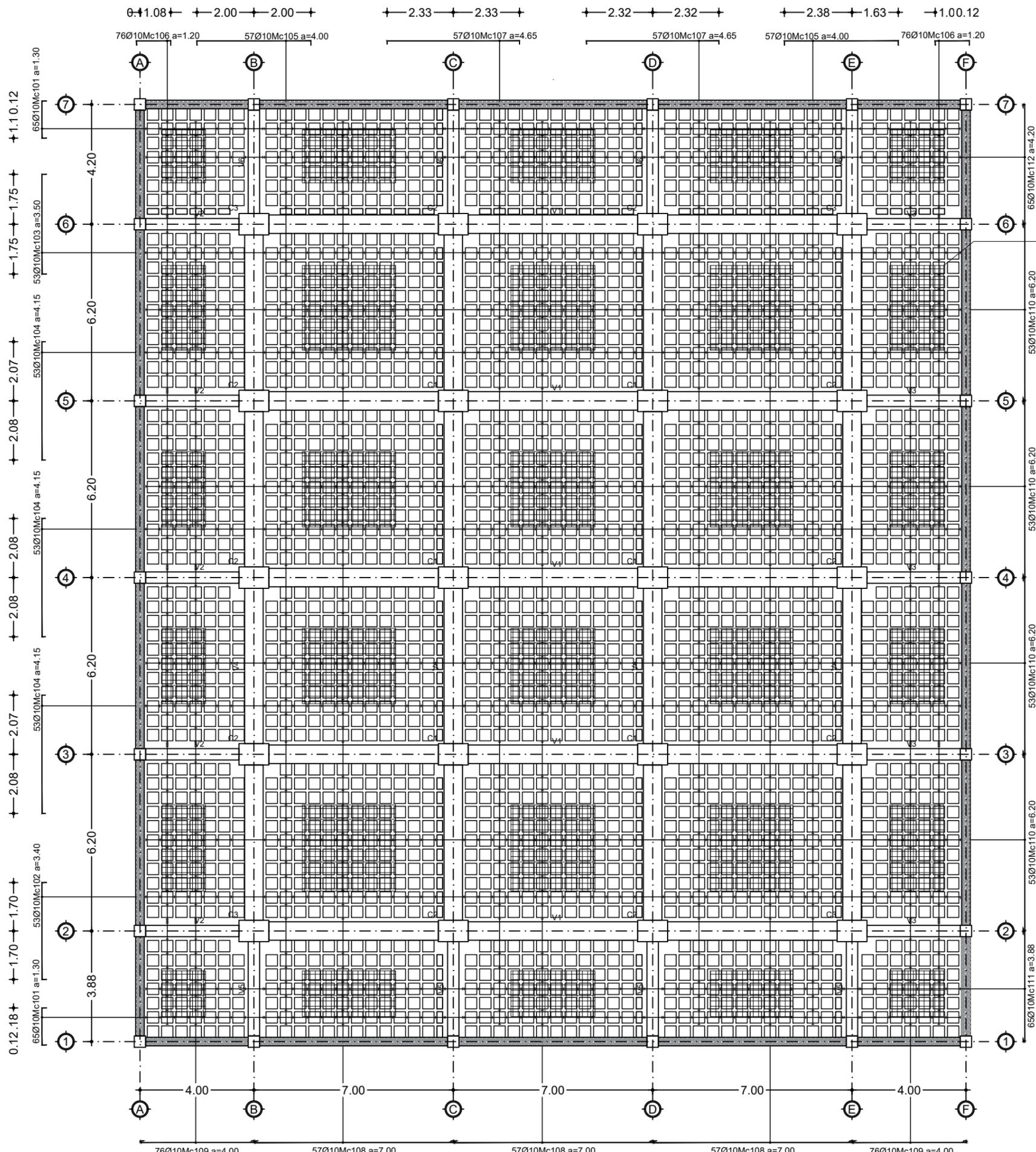
DIRECTORA:  
Ing. María Belén Correa M.Sc.

ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

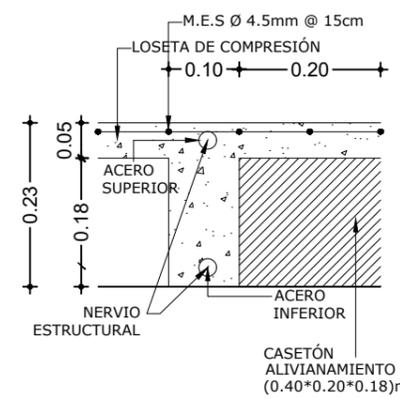
LÁMINA : **E 16/16**

## **ANEXO 2**

Planos estructurales de la edificación implantada en Distrito San Borja, Lima, Perú.



MALLA ELECTROSOLDADA ARMEX R-106  
 Ø4.5mm@15cm - Peso = 1.67 Kg/m<sup>2</sup>



Losa tipo h=23cm  
 Esc 1:10

PLANTA LOSA N±0.00,-3.00,-6.00  
 Esc 1:150

## PLANILLA DE ACEROS

| Mc                | TIPO | Ø  | No. | DIMENSIONES |      |   |   |      | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|-------------------|------|----|-----|-------------|------|---|---|------|------------------|-------------|---------|-------|
|                   |      |    |     | a           | b    | c | d | g    |                  |             |         |       |
| <b>MARCAS 100</b> |      |    |     |             |      |   |   |      |                  |             |         |       |
| 101               | C    | 10 | 390 | 1.30        | 0.16 | - | - | -    | 1.62             | 631.8       | 389.8   | -     |
| 102               | C    | 10 | 159 | 3.40        | 0.16 | - | - | -    | 3.72             | 591.48      | 364.9   | -     |
| 103               | C    | 10 | 159 | 3.50        | 0.16 | - | - | -    | 3.82             | 607.38      | 374.8   | -     |
| 104               | C    | 10 | 477 | 4.15        | 0.12 | - | - | -    | 4.39             | 2094.03     | 1292.0  | -     |
| 105               | C    | 10 | 342 | 4.00        | 0.16 | - | - | -    | 4.32             | 1477.44     | 911.6   | -     |
| 106               | C    | 10 | 456 | 1.20        | 0.16 | - | - | -    | 1.52             | 693.12      | 427.7   | -     |
| 107               | C    | 10 | 342 | 4.65        | 0.16 | - | - | -    | 4.97             | 1699.74     | 1048.7  | -     |
| 108               | I    | 10 | 513 | 7.00        | -    | - | - | 0.11 | 7.22             | 3703.86     | 2285.3  | -     |
| 109               | I    | 10 | 456 | 4.00        | -    | - | - | 0.11 | 4.22             | 1924.32     | 1187.3  | -     |
| 110               | I    | 10 | 636 | 6.20        | -    | - | - | 0.11 | 6.42             | 4083.12     | 2519.3  | -     |
| 111               | I    | 10 | 195 | 3.88        | -    | - | - | 0.11 | 4.10             | 799.5       | 493.3   | -     |
| 112               | I    | 10 | 195 | 4.20        | -    | - | - | 0.11 | 4.42             | 861.9       | 531.8   | -     |

### RESUMEN DE MATERIALES

| Ø         | s     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 25    | 28    | 32    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (Kg/m)  | 0.395 | 0.617 | 0.888 | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853 | 4.834 | 6.313 |
| L (m)     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| PESO (Kg) | -     | 11826 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

Wtot (Kg) = 11826  
 HORMIGON EN LOSA f<sub>c</sub> = 280 Kg/cm<sup>2</sup> = 418M3  
 ACERO f<sub>y</sub> = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Malla Electrosoldada (M.E.S) Ø 4.5mm@15cm = 555.75 m<sup>2</sup>  
 Nº Alivianamientos (18X40X40) = 8625 UND.      Nº Alivianamientos (18X20X40) = 609 UND.

TIPOS DE ACEROS:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:  
 HORMIGON f<sub>c</sub> = 280 Kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO f<sub>y</sub> = 4200 Kg/cm<sup>2</sup> EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA  
 TRASLAPES MINIMOS SI NO SE INDICAN EN LOS PLANOS = 60 DIAMETROS DE LA VARILLA  
 LAS UNIDADES DE MEDIDA DE LONGITUD MOSTRADAS EN LA PRESENTE LÁMINA SON METROS (m)  
 ESTA PLANILLA CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL CONTENIDO DE LA PRESENTE LÁMINA



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

### PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:  
 COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

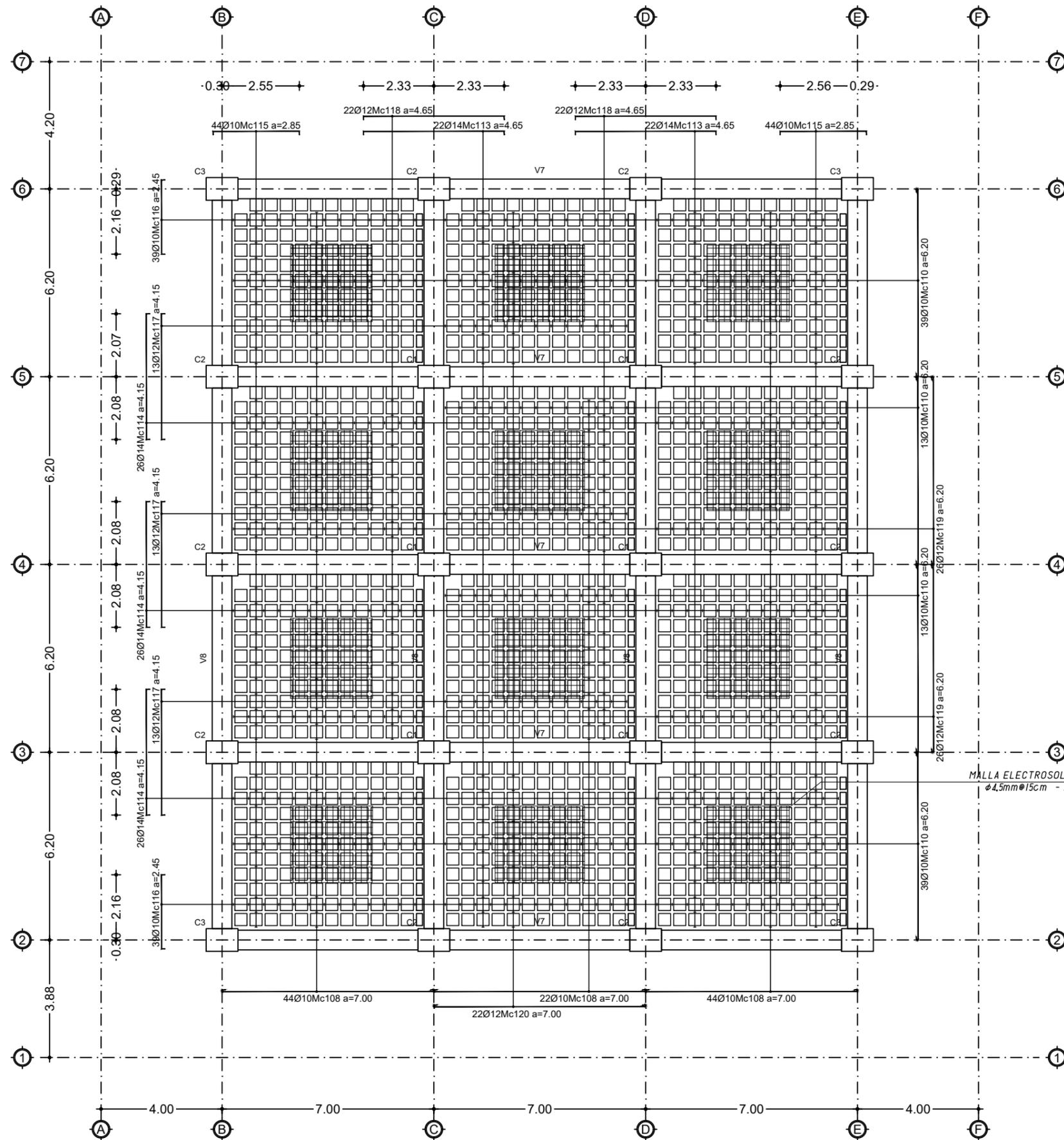
CONTIENE:  
 EDIFICIO IMPLANTADO EN PERÚ  
 LOSA N±0.00,-3.00,-6.00

ELABORADO POR:  
 Nayeli Alexandra Freire Guevara

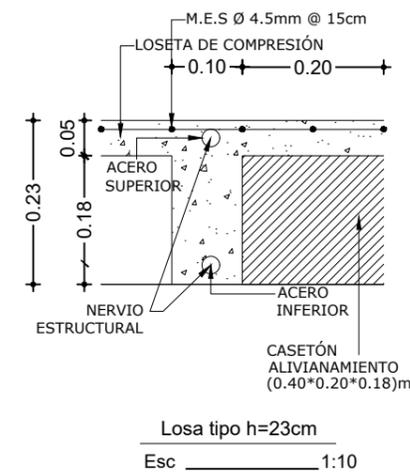
DIRECTORA:  
 Ing. María Belén Correa M.Sc.

ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

LÁMINA : **E 1/16**



PLANTA LOSA N+3.00 HASTA +27.00  
Esc 1:150



| PLANILLA DE ACEROS  |       |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
|---|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------|---------|-------|
| Mc  | TIPO  | Ø     | No.   | DIMENSIONES |       |       |       |       | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|   |       |       |       | a           | b     | c     | d     | g     |                  |             |         |       |
| MARCAS 100  |       |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| 108   | I     | 10    | 990   | 7.00        | -     | -     | -     | 0.11  | 7.22             | 7147.8      | 4410.2  | -     |
| 110   | I     | 10    | 936   | 6.20        | -     | -     | -     | 0.11  | 6.42             | 6009.12     | 3707.6  | -     |
| 113   | II    | 14    | 396   | 4.65        | -     | -     | -     | -     | 4.65             | 1841.4      | 2224.4  | -     |
| 114   | II    | 14    | 702   | 4.15        | -     | -     | -     | -     | 4.15             | 2913.3      | 3519.3  | -     |
| 115   | C     | 10    | 792   | 2.85        | 0.16  | -     | -     | -     | 3.17             | 2510.64     | 1549.1  | -     |
| 116   | C     | 10    | 702   | 2.45        | 0.16  | -     | -     | -     | 2.77             | 1944.54     | 1199.8  | -     |
| 117   | C     | 12    | 351   | 4.15        | 0.20  | -     | -     | -     | 4.55             | 1597.05     | 1418.2  | -     |
| 118   | C     | 12    | 396   | 4.65        | 0.20  | -     | -     | -     | 5.05             | 1999.8      | 1775.8  | -     |
| 119   | I     | 12    | 488   | 6.20        | -     | -     | -     | 0.12  | 6.44             | 3013.92     | 2876.4  | -     |
| 120   | I     | 12    | 198   | 7.00        | -     | -     | -     | 0.12  | 7.24             | 1433.52     | 1273.0  | -     |
| RESUMEN DE MATERIALES   |       |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Ø   | e     | 10    | 12    | 14          | 16    | 18    | 20    | 22    | 25               | 28          | 32      |       |
| W (Kg/m)  | 0.395 | 0.617 | 0.888 | 1.208       | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853            | 4.834       | 6.313   |       |
| L (m)   | -     | 17612 | 8044  | 4755        | -     | -     | -     | -     | -                | -           | -       |       |
| PESO (Kg)   | -     | 10867 | 7143  | 5744        | -     | -     | -     | -     | -                | -           | -       |       |
| Wtot (Kg) = 23754<br>HORMIGON EN LOSA $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2 = 744\text{M3}$<br>ACERO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$<br>Malla Electrosoldada (M.E.S) $\phi 4.5\text{mm} @ 15\text{cm} = 779.85 \text{ m}^2$<br>N° Alivianamientos (18X40X40) = 14148 UND.      N° Alivianamientos (18X20X40) = 1080 UND.  |       |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| TIPOS DE ACEROS:  |       |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
|   |       |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:<br>HORMIGON $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$<br>ACERO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA<br>TRASLAPES MINIMOS SI NO SE INDICAN EN LOS PLANOS = 60 DIAMETROS DE LA VARILLA<br>LAS UNIDADES DE MEDIDA DE LONGITUD MOSTRADAS EN LA PRESENTE LÁMINA SON METROS [m]<br>ESTA PLANILLA CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL CONTENIDO DE LA PRESENTE LÁMINA |       |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

---

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

---

TEMA:  
 COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

---

CONTIENE:  
 EDIFICIO IMPLANTADO EN PERÚ  
 LOSA N+3.00 HASTA +27.00

---

ELABORADO POR:  
 Nayeli Alexandra Freire Guevara

---

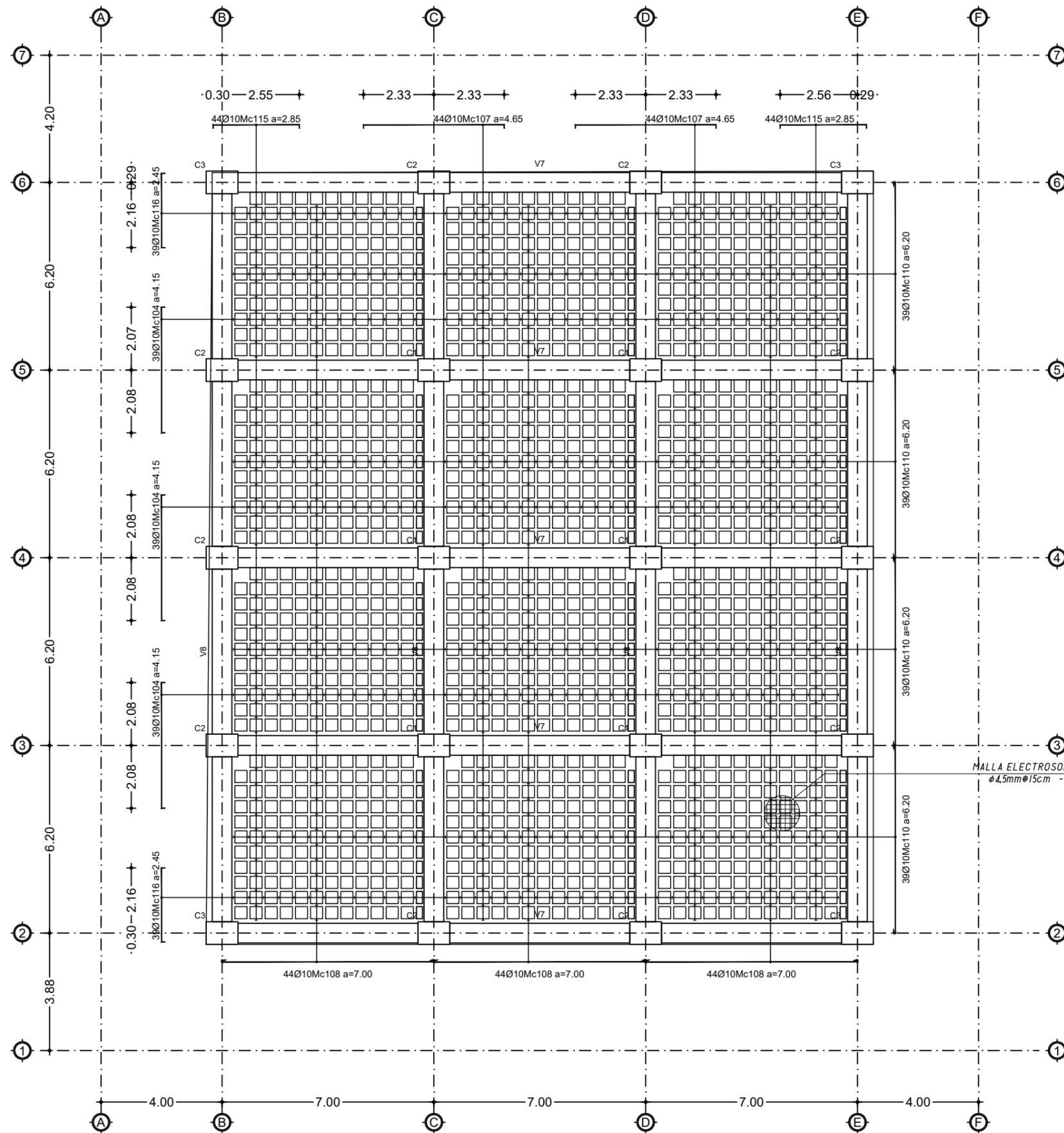
DIRECTORA:  
 Ing. María Belén Correa M.Sc.

---

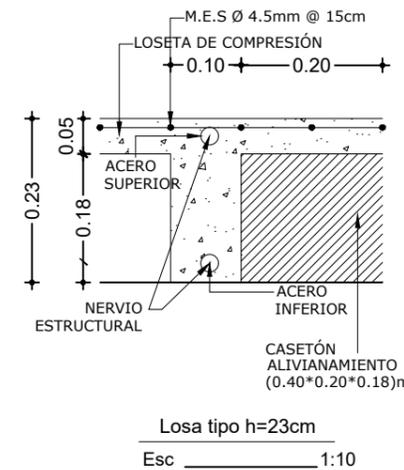
ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

---

LAMINA : **E 2/16**



PLANTA LOSA N+30.00  
Esc 1:150



Losa tipo h=23cm  
Esc 1:10

MANEJO ELECTROSOLDADA ARMEX R-106  
Ø 4.5mm @ 15cm - Peso = 1.67 Kg/m<sup>2</sup>

| PLANILLA DE ACEROS   |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
|--|------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------|---------|-------|
| Mc   | TIPO | Ø     | No.   | DIMENSIONES |       |       |       |       | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|  |      |       |       | a           | b     | c     | d     | g     |                  |             |         |       |
| MARCAS 100   |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| 104  | C    | 10    | 117   | 4.15        | 0.16  | -     | -     | -     | 4.47             | 522.99      | 322.7   | -     |
| 107  | C    | 10    | 88    | 4.65        | 0.16  | -     | -     | -     | 4.97             | 437.36      | 269.9   | -     |
| 108  | I    | 10    | 132   | 7.00        | -     | -     | -     | 0.11  | 7.22             | 953.04      | 588.0   | -     |
| 110  | I    | 10    | 156   | 6.20        | -     | -     | -     | 0.11  | 6.42             | 1001.52     | 617.9   | -     |
| 115  | C    | 10    | 88    | 2.85        | 0.16  | -     | -     | -     | 3.17             | 278.96      | 172.1   | -     |
| 116  | C    | 10    | 78    | 2.45        | 0.16  | -     | -     | -     | 2.77             | 216.06      | 133.3   | -     |
| RESUMEN DE MATERIALES  |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Ø  | #    | 10    | 12    | 14          | 16    | 18    | 20    | 22    | 25               | 28          | 32      |       |
| W (Kg/m)   |      | 0.395 | 0.617 | 0.888       | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984            | 3.853       | 4.834   | 6.313 |
| L (m)  |      | -     | 3410  | -           | -     | -     | -     | -     | -                | -           | -       | -     |
| PESO (Kg)  |      | -     | 2104  | -           | -     | -     | -     | -     | -                | -           | -       | -     |
| Wtot (Kg) = 2104   |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| HORMIGON EN LOSA f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm <sup>2</sup> = 83M3  |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| ACERO f <sub>y</sub> = 4200 Kg/cm <sup>2</sup>   |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Malla Electrosoldada (M.E.S) Ø 4.5mm @ 15cm = 551.00 m <sup>2</sup>  |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| Nº Alivianamientos (18X40X40) = 1572 UND.      Nº Alivianamientos (18X20X40) = 120 UND.  |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| TIPOS DE ACEROS:   |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
|  |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |
| <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b><br>HORMIGON f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm <sup>2</sup><br>ACERO f <sub>y</sub> = 4200 Kg/cm <sup>2</sup> EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA<br>TRASLAPES MINIMOS SI NO SE INDICAN EN LOS PLANOS = 60 DIAMETROS DE LA VARILLA<br>LAS UNIDADES DE MEDIDA DE LONGITUD MOSTRADAS EN LA PRESENTE LÁMINA SON METROS [m]<br>ESTA PLANILLA CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL CONTENIDO DE LA PRESENTE LÁMINA |      |       |       |             |       |       |       |       |                  |             |         |       |



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
Y AMBIENTAL

PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:  
COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

CONTIENE:  
EDIFICIO IMPLANTADO EN PERÚ  
LOSA N+30.00

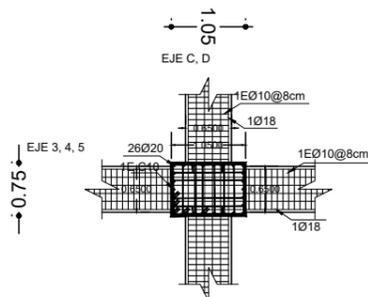
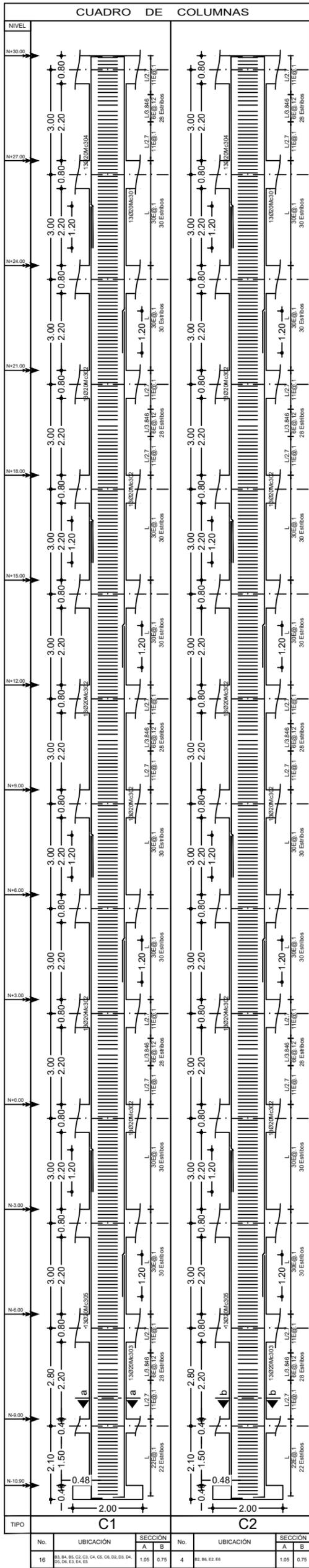
ELABORADO POR:  
Nayeli Alexandra Freire Guevara

DIRECTORA:  
Ing. María Belén Correa M.Sc.

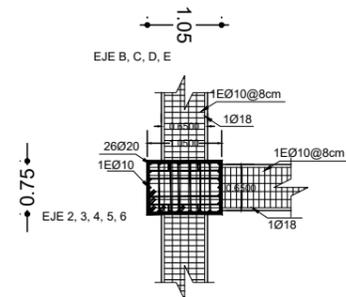
ESCALA : INDICADAS      FECHA : JULIO 2024

LÁMINA : E 3/16

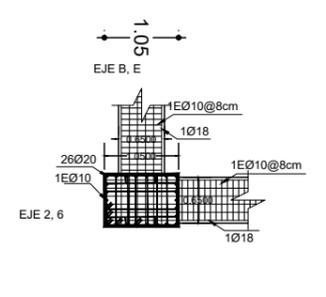




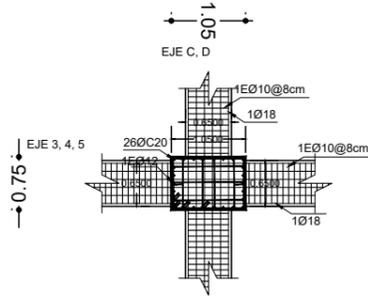
INTERNA



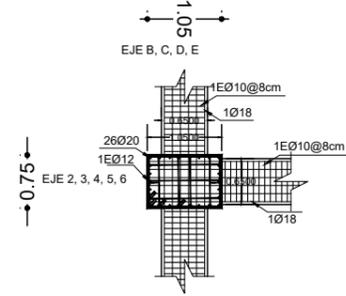
PERIMETRAL



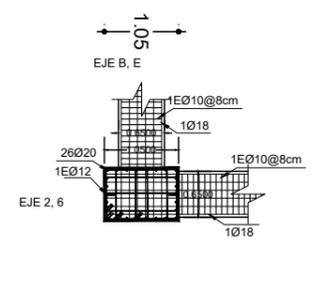
ESQUINERA



INTERNA



PERIMETRAL



ESQUINERA

DETALLE DE CONEXIONES

ESCALA 1:100

PLANILLA DE ACEROS

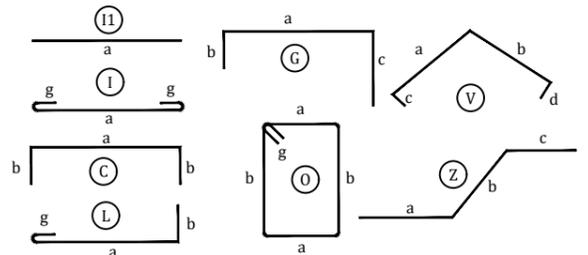
| Mc         | TIPO | Ø  | No.   | DIMENSIONES |      |      |   |      | Long. Desar. (m) | Long. Total | Peso Kg | Obsv. |
|------------|------|----|-------|-------------|------|------|---|------|------------------|-------------|---------|-------|
|            |      |    |       | a           | b    | c    | d | g    |                  |             |         |       |
| MARCAS 300 |      |    |       |             |      |      |   |      |                  |             |         |       |
| 301        | L    | 20 | 260   | 8.50        | 0.32 | -    | - | -    | 8.82             | 2293.2      | 5655.0  | -     |
| 302        | II   | 20 | 1560  | 10.20       | -    | -    | - | -    | 10.20            | 15912       | 39239.0 | -     |
| 303        | L    | 20 | 260   | 6.94        | 0.32 | -    | - | -    | 7.26             | 1887.6      | 4654.8  | -     |
| 304        | L    | 20 | 260   | 5.47        | 0.32 | -    | - | -    | 5.79             | 1505.4      | 3712.3  | -     |
| 305        | L    | 20 | 260   | 9.97        | 0.32 | -    | - | -    | 10.29            | 2675.4      | 6597.5  | -     |
| 306        | O    | 10 | 6432  | 0.25        | 1.00 | -    | - | 0.11 | 2.72             | 17495.04    | 10794.4 | -     |
| 307        | O    | 10 | 6432  | 0.48        | 1.00 | -    | - | 0.11 | 3.18             | 20453.76    | 12620.0 | -     |
| 308        | G    | 10 | 12864 | 0.70        | 0.11 | 0.16 | - | -    | 0.97             | 12478.08    | 7699.0  | -     |
| 309        | O    | 10 | 12864 | 0.70        | 0.45 | -    | - | 0.11 | 2.52             | 32417.28    | 20001.5 | -     |
| 310        | O    | 10 | 6432  | 0.70        | 1.00 | -    | - | 0.11 | 3.62             | 23283.84    | 14366.1 | -     |
| 311        | O    | 12 | 1608  | 0.25        | 1.00 | -    | - | 0.12 | 2.74             | 4405.92     | 3912.5  | -     |
| 312        | O    | 12 | 1608  | 0.48        | 1.00 | -    | - | 0.12 | 3.20             | 5145.6      | 4569.3  | -     |
| 313        | O    | 12 | 3216  | 0.70        | 0.45 | -    | - | 0.12 | 2.54             | 8168.64     | 7253.8  | -     |
| 314        | O    | 12 | 1608  | 0.70        | 1.00 | -    | - | 0.12 | 3.64             | 5853.12     | 5197.6  | -     |

RESUMEN DE MATERIALES

| Ø         | 8     | 10     | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 25    | 28    | 32    |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (Kg/m)  | 0.395 | 0.617  | 0.888 | 1.208 | 1.578 | 1.998 | 2.466 | 2.984 | 3.853 | 4.834 | 6.313 |
| L (m)     | -     | 106128 | 23573 | -     | -     | -     | 24274 | -     | -     | -     | -     |
| PESO (Kg) | -     | 65481  | 20933 | -     | -     | -     | 59859 | -     | -     | -     | -     |

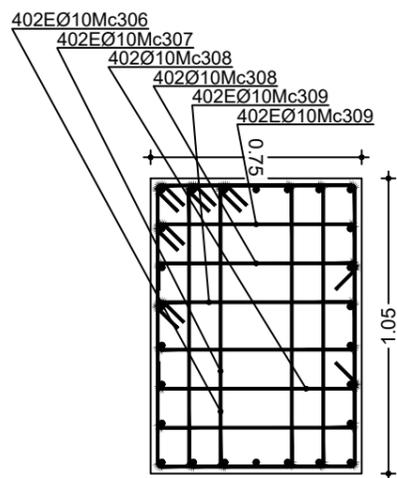
Wtot (Kg) = 146273  
 HORMIGON EN COLUMNAS  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2 = 615 \text{ MPa}$   
 ACERO  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

TIPOS DE ACEROS:



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

HORMIGON  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$   
 ACERO  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA  
 TRASLAPES MINIMOS SI NO SE INDICAN EN LOS PLANOS = 60 DIAMETROS DE LA VARILLA  
 LAS UNIDADES DE MEDIDA DE LONGITUD MOSTRADAS EN LA PRESENTE LÁMINA SON METROS [m]  
 ESTA PLANILLA CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL CONTENIDO DE LA PRESENTE LÁMINA

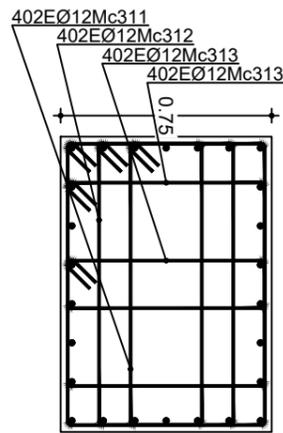


CORTE a-a

Izq. • 13Ø20Mc303  
 Der. • 13Ø20Mc305  
 1EØ10@0.10 Mc310

402EØ10Mc310

Total 402 Estribos



CORTE b-b

Izq. • 13Ø20Mc303  
 Der. • 13Ø20Mc305  
 1EØ12@0.10 Mc314

402EØ12Mc314

Total 402 Estribos

DETALLE DE COLUMNAS

ESCALA 1:25

CUADRO DE COLUMNAS

ESCALA 1:125

| No. | UBICACIÓN  | SECCIÓN |      | No. | UBICACIÓN      | SECCIÓN |      |
|-----|--|---------|------|-----|----------------|---------|------|
|     |  | A       | B    |     |                | A       | B    |
| 16  | B1, B4, B5, C2, C3, C4, C5, C6, C7, D3, D4, D5, D6, E3, E4, E5 | 1.05    | 0.75 | 4   | B1, B4, C2, E5 | 1.05    | 0.75 |

CUADRO DE COLUMNAS

ESCALA 1:125

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

---

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

TEMA: COMPARACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA ZONA SÍSMICA VI DE ECUADOR Y LA ZONA SÍSMICA 4 DE PERÚ.

---

CONTIENE: EDIFICIO IMPLANTADO EN PERÚ CUADRO DE COLUMNAS

---

ELABORADO POR: Nayeli Alexandra Freire Guevara

---

DIRECTORA: Ing. María Belén Correa M.Sc.

---

ESCALA: INDICADAS      FECHA: JULIO 2024

---

LÁMINA: **E 5/16**

### **ANEXO 3**

En el siguiente anexo se encuentra la obtención de cantidades de obra y el análisis de precios unitarios para el edificio implantado en La Libertad, Santa Elena, Ecuador.

| <b>VOLUMEN DE HORMIGÓN EN LOSA</b>                   |        |        |          |          |         |        |
|--|--------|--------|----------|----------|---------|--------|
|  | ÁREA   | ALTURA | CANTIDAD | PISOS    | VOLUMEN | UNIDAD |
| MACIZA   |        |        |          |          |         |        |
| ALTA   | 543.95 | 0.28   | 1.00     | 10.00    | 1523.06 | [m3]   |
| SUBSUELO   | 975.30 | 0.28   | 1.00     | 3.00     | 819.25  | [m3]   |
| ALIVIANAMIENTO                                       |        |        |          |          |         |        |
| ALTA   | 0.16   | 0.23   | 1692.00  | 10.00    | 622.66  | [m3]   |
| ALTA   | 0.08   | 0.23   | 12.00    | 10.00    | 2.21    | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.16   | 0.23   | 2926.00  | 3.00     | 323.03  | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.08   | 0.23   | 154.00   | 3.00     | 8.50    | [m3]   |
| VOLUMEN FINAL EN LOSAS                               |        |        |          |          | 1385.92 | [m3]   |
| <b>VOLUMEN DE HORMIGÓN EN COLUMNAS</b>               |        |        |          |          |         |        |
|  | BASE   | ALTURA | LONGITUD | CANTIDAD | VOLUMEN | UNIDAD |
| MACIZA   |        |        |          |          |         |        |
| ALTA   | 0.95   | 0.75   | 39.00    | 20.00    | 555.75  | [m3]   |
| VOLUMEN FINAL EN COLUMNAS                            |        |        |          |          | 555.75  | [m3]   |
| <b>VOLUMEN DE HORMIGÓN EN VIGAS</b>                  |        |        |          |          |         |        |
|  | BASE   | ALTURA | LONGITUD | CANTIDAD | VOLUMEN | UNIDAD |
| MACIZA   |        |        |          |          |         |        |
| ALTA   | 0.50   | 0.65   | 18.15    | 40.00    | 134.31  | [m3]   |
| ALTA   | 0.50   | 0.65   | 21.80    | 28.00    | 112.92  | [m3]   |
| ALTA   | 0.55   | 0.70   | 18.15    | 15.00    | 62.89   | [m3]   |
| ALTA   | 0.55   | 0.70   | 21.80    | 12.00    | 60.43   | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.55   | 0.70   | 18.15    | 15.00    | 62.89   | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.55   | 0.70   | 21.80    | 12.00    | 60.43   | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.35   | 0.45   | 6.98     | 12.00    | 4.98    | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.35   | 0.45   | 6.70     | 15.00    | 5.98    | [m3]   |
| VOLUMEN FINAL EN VIGAS                               |        |        |          |          | 504.84  | [m3]   |
| VOLUMEN FINAL DE HORMIGÓN EN LOSAS, VIGAS Y COLUMNAS |        |        |          |          | 2447.00 | [m3]   |

| <b>CANTIDAD DE VARILLA DE REFUERZO</b> |           |        |
|--|-----------|--------|
| ELEMENTO                               | VOLUMEN   | UNIDAD |
| LOSAS                                  | 51088.00  | [kg]   |
| COLUMNAS                               | 131847.00 | [kg]   |
| VIGAS                                  | 112905.00 | [kg]   |
| CANTIDAD FINAL EN ELEMENTOS            | 295840.00 | [kg]   |

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE PROYECTO:

EDIFICACIÓN EN SAN BORJA, LIMA, PERÚ

NOMBRE:

ALEXANDRA FREIRE

CÓDIGO:

R1

Hoja 1 de 2

RUBRO:

HORMIGON SIMPLE F'C=240 KG/CM2

CODIGO:

EST-0001

UNIDAD:

m3

## EQUIPOS

| DESCRIPCION                 | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO     |
|-----------------------------|----------|--------|------------|-------------|-----------|
|                             | A        | B      | C = A x B  | R           | D = C x R |
| Herramienta menor (5% M.O.) |          |        |            |             | \$1.04    |
| VIBRADOR                    | 1.0000   | 3.0000 | 3.0000     | 1.0000      | \$3.00    |
| CONCRETERA 1 SACO           | 1.0000   | 5.0000 | 5.0000     | 1.0000      | \$5.00    |

## SUBTOTAL M

\$9.04

## MANO DE OBRA

| DESCRIPCION                          | CANTIDAD | JORNAL /HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO     |
|--------------------------------------|----------|------------|------------|-------------|-----------|
|                                      | A        | B          | C = A x B  | R           | D = C x R |
| PEON EO E2                           | 4.0000   | 4.0500     | 16.2000    | 1.0000      | \$16.20   |
| ALBAÑIL EO D2                        | 1.0000   | 4.1000     | 4.1000     | 1.0000      | \$4.10    |
| MAESTRO MAYOR EJEC. OBRA CIVIL EO C1 | 0.1000   | 4.5500     | 0.4550     | 1.0000      | \$0.46    |

## SUBTOTAL N

\$20.76

## MATERIALES

| DESCRIPCION           | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO     |
|-----------------------|--------|----------|-------------|-----------|
|                       |        | A        | B           | C = A x B |
| AGUA                  | m3     | 0.2210   | 0.7400      | \$0.16    |
| ADITIVO PLASTIFICANTE | Lt     | 0.0350   | 1.5500      | \$0.05    |
| ARENA                 | m3     | 0.7020   | 14.1000     | \$9.90    |
| RIPIO                 | m3     | 1.0260   | 12.5000     | \$12.83   |
| CEMENTO PORTLAND      | SACO   | 7.7150   | 8.5000      | \$65.58   |
| TABLA DE MONTE        | u      | 4.0000   | 2.6000      | \$10.40   |
| TIRAS 2.5X2.5X250 CM  | u      | 6.0000   | 0.5000      | \$3.00    |

## SUBTOTAL O

\$101.92

## TRANSPORTE

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA  | COSTO     |
|-------------|--------|----------|---------|-----------|
|             |        | A        | B       | C = A x B |
| ARENA       | m3     | 0.7020   | 11.4000 | \$8.00    |
| RIPIO       | m3     | 1.0260   | 11.4000 | \$11.70   |

## SUBTOTAL P

\$19.70

|               |                               |          |
|---------------|-------------------------------|----------|
|               | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$151.41 |
|               | INDIRECTOS %                  | 0.00%    |
|               | COSTO TOTAL DEL RUBRO:        | \$151.41 |
| DD/abril/YYYY | VALOR OFERTADO:               | \$151.41 |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE PROYECTO:

EDIFICACIÓN EN SAN BORJA, LIMA, PERÚ

NOMBRE:

ALEXANDRA FREIRE

CÓDIGO:

R1

Hoja 2 de 2

RUBRO:

ACERO DE REFUERZO FY= 4200KG/CM2

CODIGO:

EST-0002

UNIDAD:

kg

## EQUIPOS

| DESCRIPCION                 | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO     |
|-----------------------------|----------|--------|------------|-------------|-----------|
|                             | A        | B      | C = A x B  | R           | D = C x R |
| Herramienta menor (5% M.O.) |          |        |            |             | \$0.03    |

## SUBTOTAL M

\$0.03

## MANO DE OBRA

| DESCRIPCION                          | CANTIDAD | JORNAL /HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO     |
|--------------------------------------|----------|------------|------------|-------------|-----------|
|                                      | A        | B          | C = A x B  | R           | D = C x R |
| AYUDANTE DE FIERRERO EO E2           | 1.0000   | 4.0500     | 4.0500     | 0.0550      | \$0.22    |
| FIERRERO EO D2                       | 1.0000   | 4.1000     | 4.1000     | 0.0550      | \$0.23    |
| MAESTRO MAYOR EJEC. OBRA CIVIL EO C1 | 1.0000   | 4.5500     | 4.5500     | 0.0550      | \$0.25    |

## SUBTOTAL N

\$0.70

## MATERIALES

| DESCRIPCION                     | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO     |
|---------------------------------|--------|----------|-------------|-----------|
|                                 |        | A        | B           | C = A x B |
| ALAMBRE GALVANIZADO No 18       | kg     | 0.0400   | 2.3600      | \$0.09    |
| ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2 | kg     | 1.0500   | 1.2500      | \$1.31    |

## SUBTOTAL O

\$1.41

## TRANSPORTE

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO     |
|-------------|--------|----------|--------|-----------|
|             |        | A        | B      | C = A x B |
|             |        |          |        |           |

## SUBTOTAL P

\$0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)

\$2.14

INDIRECTOS %

0.00%

\$0.00

COSTO TOTAL DEL RUBRO:

\$2.14

VALOR OFERTADO:

\$2.14

DD/abril/YYYY

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

## **ANEXO 4.**

En el siguiente anexo se encuentra la obtención de cantidades de obra y el análisis de precios unitarios para el edificio implantado en el Distrito San Borja, Lima, Perú.

| <b>VOLUMEN DE HORMIGÓN EN LOSA</b>                   |        |        |          |          |         |        |
|--|--------|--------|----------|----------|---------|--------|
|  | ÁREA   | ALTURA | CANTIDAD | PISOS    | VOLUMEN | UNIDAD |
| MACIZA   |        |        |          |          |         |        |
| ALTA   | 563.40 | 0.23   | 1.00     | 10.00    | 1295.82 | [m3]   |
| SUBSUELO   | 978.50 | 0.23   | 1.00     | 3.00     | 675.17  | [m3]   |
| ALIVIANAMIENTO                                       |        |        |          |          |         |        |
| ALTA   | 0.16   | 0.18   | 1572.00  | 10.00    | 452.74  | [m3]   |
| ALTA   | 0.08   | 0.18   | 120.00   | 10.00    | 17.28   | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.16   | 0.18   | 2875.00  | 3.00     | 248.40  | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.08   | 0.18   | 203.00   | 3.00     | 8.77    | [m3]   |
| VOLUMEN FINAL EN LOSAS                               |        |        |          |          | 1243.80 | [m3]   |
| <b>VOLUMEN DE HORMIGÓN EN COLUMNAS</b>               |        |        |          |          |         |        |
|  | BASE   | ALTURA | LONGITUD | CANTIDAD | VOLUMEN | UNIDAD |
| MACIZA   |        |        |          |          |         |        |
| ALTA   | 1.05   | 0.75   | 39.00    | 20.00    | 614.25  | [m3]   |
| VOLUMEN FINAL EN COLUMNAS                            |        |        |          |          | 614.25  | [m3]   |
| <b>VOLUMEN DE HORMIGÓN EN VIGAS</b>                  |        |        |          |          |         |        |
|  | BASE   | ALTURA | LONGITUD | CANTIDAD | VOLUMEN | UNIDAD |
| MACIZA   |        |        |          |          |         |        |
| ALTA   | 0.65   | 0.80   | 21.80    | 40.00    | 323.08  | [m3]   |
| ALTA   | 0.65   | 0.80   | 17.85    | 50.00    | 330.67  | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.65   | 0.80   | 17.85    | 15.00    | 99.20   | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.65   | 0.80   | 21.80    | 12.00    | 96.92   | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.40   | 0.55   | 6.56     | 15.00    | 12.60   | [m3]   |
| SUBSUELO   | 0.40   | 0.55   | 6.94     | 12.00    | 10.66   | [m3]   |
| VOLUMEN FINAL EN VIGAS                               |        |        |          |          | 873.13  | [m3]   |
| VOLUMEN FINAL DE HORMIGÓN EN LOSAS, VIGAS Y COLUMNAS |        |        |          |          | 2732.00 | [m3]   |

| <b>CANTIDAD DE VARILLA DE REFUERZO</b> |           |        |
|--|-----------|--------|
| ELEMENTO                               | VOLUMEN   | UNIDAD |
| LOSAS                                  | 37684.00  | [kg]   |
| COLUMNAS                               | 146273.00 | [kg]   |
| VIGAS                                  | 148700.00 | [kg]   |
| CANTIDAD FINAL EN ELEMENTOS            | 332657.00 | [kg]   |

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE PROYECTO:

EDIFICACIÓN EN SAN BORJA, LIMA, PERÚ

NOMBRE:

ALEXANDRA FREIRE

CÓDIGO:

R1

Hoja 1 de 2

RUBRO:

CONCRETO F'C= 280 KG/CM2

CODIGO:

EST-0001

UNIDAD:

m3

## EQUIPOS

| DESCRIPCION                       | CANTIDAD | TARIFA  | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO     |
|-----------------------------------|----------|---------|------------|-------------|-----------|
|                                   | A        | B       | C = A x B  | R           | D = C x R |
| HERRAMIENTAS MANUALES             |          |         |            |             | S/ 12.48  |
| MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3 | 0.8000   | 16.9500 | 13.5600    | 1.0000      | S/ 13.56  |
| VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"   | 0.8000   | 12.7200 | 10.1760    | 1.0000      | S/ 10.18  |

## SUBTOTAL M

S/ 36.22

## MANO DE OBRA

| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL /HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO     |
|-------------|----------|------------|------------|-------------|-----------|
|             | A        | B          | C = A x B  | R           | D = C x R |
| OPERARIO    | 3.2000   | 26.0600    | 83.3920    | 1.0000      | S/ 83.39  |
| OFICIAL     | 1.6000   | 20.4900    | 32.7840    | 1.0000      | S/ 32.78  |
| PEON        | 7.2000   | 18.5300    | 133.4160   | 1.0000      | S/ 133.42 |

## SUBTOTAL N

S/ 249.59

## MATERIALES

| DESCRIPCION                                 | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO     |
|---|--------|----------|-------------|-----------|
|   |        | A        | B           | C = A x B |
| ARENA GRUESA                                | m3     | 0.6000   | 76.2700     | S/ 45.76  |
| PIEDRA CHANCADA DE 1/2"                     | m3     | 0.7000   | 122.8800    | S/ 86.02  |
| CEMENTO PORTLAND TIPO MS MEJORADO (42.5 KG) | BOL    | 13.3400  | 27.9700     | S/ 373.12 |
| CURADOR PARA CONCRETO                       | gln    | 0.0400   | 26.3600     | S/ 1.05   |
| AGUA  | m3     | 0.1840   | 8.6600      | S/ 1.59   |

## SUBTOTAL O

S/ 507.55

## TRANSPORTE

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO     |
|-------------|--------|----------|--------|-----------|
|             |        | A        | B      | C = A x B |
|             |        |          |        |           |

## SUBTOTAL P

S/ 0.00

|  |                               |               |
|--|-------------------------------|---------------|
|  | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | S/ 793.35     |
|  | INDIRECTOS %                  | 0.00% S/ 0.00 |
|  | COSTO TOTAL DEL RUBRO:        | S/ 793.35     |
|  | VALOR OFERTADO:               | S/ 793.35     |

DD/abril/YYYY

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE PROYECTO:** EDIFICACIÓN EN SAN BORJA, LIMA, PERÚ

**NOMBRE:** ALEXANDRA FREIRE

**CÓDIGO:** R1 Hoja 2 de 2

**RUBRO:** ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2

**CODIGO:** EST-002 **UNIDAD:** kg

## EQUIPOS

| DESCRIPCION           | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO              |
|-----------------------|----------|--------|------------|-------------|--------------------|
|                       | A        | B      | C = A x B  | R           | D = C x R          |
| HERRAMIENTAS MANUALES |          |        |            |             | S/ 0.11<br>S/ 0.00 |
| <b>SUBTOTAL M</b>     |          |        |            |             | S/ 0.11            |

## MANO DE OBRA

| DESCRIPCION       | CANTIDAD | JORNAL /HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO     |
|-------------------|----------|------------|------------|-------------|-----------|
|                   | A        | B          | C = A x B  | R           | D = C x R |
| OPERARIO          | 0.0320   | 26.0600    | 0.8339     | 1.0000      | S/ 0.83   |
| OFICIAL           | 0.0640   | 20.4900    | 1.3114     | 1.0000      | S/ 1.31   |
| <b>SUBTOTAL N</b> |          |            |            |             | S/ 2.15   |

## MATERIALES

| DESCRIPCION                 | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO     |
|-----------------------------|--------|----------|-------------|-----------|
|                             |        | A        | B           | C = A x B |
| ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16 | Kg     | 0.0600   | 7.6300      | S/ 0.46   |
| FIERRO CORRUGADO PROMEDIO   | kg     | 1.0500   | 5.9300      | S/ 6.23   |
| <b>SUBTOTAL O</b>           |        |          |             | S/ 6.68   |

## TRANSPORTE

| DESCRIPCION       | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO     |
|-------------------|--------|----------|--------|-----------|
|                   |        | A        | B      | C = A x B |
| <b>SUBTOTAL P</b> |        |          |        | S/ 0.00   |

|               |  |  |                                      |                |
|---------------|--|--|--------------------------------------|----------------|
|               |  |  | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> | S/ 8.94        |
|               |  |  | <b>INDIRECTOS %</b>                  | 0.00% S/ 0.00  |
|               |  |  | <b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>        | S/ 8.94        |
| DD/abril/YYYY |  |  | <b>VALOR OFERTADO:</b>               | <b>S/ 8.94</b> |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA