REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL MEDIANTE EL USO DE SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO APLICADO EN EL EDIFICIO BAVARIA DENTRO DE LA CATEGORÍA C – EDIFICACIONES COMUNES.

Tesis presentada por el bachiller:

Guzmán Quiroz Zoilo José

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

MSc. Rosas Espinoza Jorge

Arequipa – Perú

2022

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 30 de Noviembre del 2022

Dictamen: 000954-C-EPIC-2022

Visto el borrador del expediente 000954, presentado por:

2009201381 - GUZMAN QUIROZ ZOILO JOSE

Titulado:

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL MEDIANTE EL USO DE SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO APLICADO EN EL EDIFICIO BAVARIA DENTRO DE LA CATEGORÍA C ? EDIFICACIONES COMUNES

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1732 - CHAVEZ VEGA OSCAR FELIX
DICTAMINADOR

1887 - GUILLEN MALAGA MILAGROS SOCORRO
DICTAMINADOR

2766 - ROSAS ESPINOZA JORGE
DICTAMINADOR

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Miluska y Willy,

Siempre serán los mejores maestros de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ing. Thomas Zumarán por brindarme los documentos y planos necesarios para la elaboración de esta tesis, proceso que ocurrió durante su gestión como Residente de Obra del edificio Bavaria y al grupo de profesionales que siempre estuvo presto a dar su apoyo en cualquier dato necesario.

Agradecer también al MSc. Ing. Jorge Rosas Espinoza por su constante apoyo y cátedra en cada paso dado en el proceso de elaboración de la tesis, así como también agradecer el apoyo en el ámbito laboral y académico.

Agradezco a mi familia por el apoyo brindado en todo el proceso de elaboración de la presente tesis.

A mis amigas y amigos que fueron pilar fundamental para seguir adelante.

Gracias.

RESUMEN

Este caso de estudio se presenta a raíz de la necesidad de ampliar los conocimientos, técnicas y demás procesos para el análisis y diseño de edificaciones con aislamiento sísmico, de esta manera apoyar a los ingenieros estructuralistas en el procedimiento y uso de un sistema de protección ante eventos telúricos, como en este caso en donde se ha desarrollado el uso de aisladores elastoméricos

En concreto, este trabajo de investigación se basa en el análisis sísmico estático y dinámico de una edificación multifamiliar, en este caso es el edificio "Bavaria" ubicado en la urbanización "Asís", zona B, manzana D, lote 1, distrito de Sachaca de la provincia y departamento de Arequipa, este análisis bajo las normativas vigentes a la fecha. Esta edificación es existente y se analiza para evaluar el comportamiento de la estructura en su estado actual.

Luego se procede a implementar un sistema de aislamiento sísmico, los cuales son los aisladores elastoméricos y deslizadores, se evalúa cada uno de los tipos de dispositivos de aislación que son más comunes en el mercado actual para elegir los necesarios e implementarlos a la edificación. Posterior a ello, realizaremos un análisis sísmico estático y dinámico de la edificación con los aisladores, adicional a ello se desarrolla un análisis tiempo – historia. La peculiaridad de esta edificación es que tenemos periodos altos, debido a la altura del edificio, lo que nos lleva a analizar con mayor detalle la superestructura, contemplando no tener desplazamientos muy grandes debido a la baja rigidez que podamos requerir para evitar tracciones en los aisladores. De esta manera podremos saber si la implementación de aisladores sísmicos en edificaciones comunes con periodos altos, son realmente una alternativa de solución o si se requieren otros métodos de protección sísmica.

Palabras clave: Aislamiento sísmico, aisladores elastoméricos, análisis estático, análisis dinámico, análisis tiempo-historia.

ABSTRACT

This case study is presented as a result of the need to expand the knowledge, techniques, and other processes for the analysis and design of buildings with seismic isolation, thus supporting structural engineers in the procedure and use of a protection system against earthquakes, as in this case where the use of elastomeric isolators has been developed.

Specifically, this research work is based on the static and dynamic seismic analysis of a multifamily building, in this case, the "Bavaria" building located in the urbanization "Asis", zone B, block D, lot 1, district of Sachaca in the province and department of Arequipa, this analysis under the regulations in force to date. This is an existing building and is analyzed to evaluate the behavior of the structure in its current state.

Then we proceed to implement a seismic isolation system, which is the elastomeric isolators and sliders, we evaluate each of the types of isolation devices that are most common in the current market to choose the necessary ones and implement them in the building. After that, we will perform a static and dynamic seismic analysis of the building with the isolators and analysis. The peculiarity of this building is that we have high periods, due to the height of the building, which leads us to analyze in greater detail the superstructure, considering not have very large displacements due to the low stiffness that we may require to avoid traction in the isolators. In this way, we will be able to know if the implementation of seismic isolators in common buildings with high periods is an alternative solution or if other methods of seismic protection are required.

Keywords: Seismic isolation, elastomeric isolators, static analysis, dynamic analysis, time-history analysis.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....5

ABSTRACT.....7

INTRODUCCIÓN.....38

CAPÍTULO I.....40

1. GENERALIDADES.....40

1.1 Sistemas de Aislación Sísmica y Sistemas de Disipación de Energía en la historia. 40

1.2 Antecedentes.....45

1.3 Justificación del Tema.....46

1.4 Objetivos.....48

1.4.1 Objetivos Principales.....48

1.4.2 Objetivos Secundarios.....48

1.5 Alcances.....49

CAPÍTULO II.....50

2. MARCO TEÓRICO.....50

2.1 Tipos y Componentes de los Aisladores Sísmicos.....50

2.1.1 Aisladores Sísmicos sin Núcleos de Plomo.....50

2.1.2 Aisladores Sísmicos con Núcleos de Plomo.....52

2.1.3 Aisladores con Péndulo en Fricción.....52

2.2 Tipos y Componentes de Sistemas de Disipación de Energía Pasiva Activados por Desplazamiento.....53

2.2.1 Amortiguadores Metálicos 54

2.2.2 Amortiguadores por Fricción 54

2.2.3 Amortiguadores Auto Centrantes 55

2.3 Tipos y Componentes de Sistemas de Disipación de Energía Pasiva Activados por Velocidad 56

2.3.1 Amortiguadores de Fluido Viscoso 56

2.3.2 Tipos y Componentes de Sistemas de Disipación de Energía Pasiva Activados por Movimiento. 57

2.4 Amortiguadores de Masa Sintonizada. 57

CAPÍTULO III 59

3. Modelos Matemáticos 59

3.1 Teoría del Comportamiento Lineal de la Aislación Sísmica en un solo nivel. 59

3.2 Teoría del Comportamiento Lineal de uno de los tipos de Disipadores de Energía. 66

CAPÍTULO IV 72

4. Normativas 72

4.1 Normas que Rigen el Diseño de los Aisladores Sísmicos y Disipadores de Energía. 72

4.1.1 UBC (Uniform Building Code) 72

4.1.2 FEMA (Federal Emergency Management Agency) 72

4.1.3 ASCE (American Society of Civil Engineers) 73

4.1.4 REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES E.031. 73

CAPÍTULO V 75

5. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS SÍSMICO DE AISLADORES 75

5.1 Introducción al Análisis de Estructuras con Aisladores Sísmicos. 75

5.2 Consideraciones Generales 78

5.3 Evaluación de nivel de peligro sísmico 85

5.4 Métodos de diseño 86

5.4.1 Procedimiento de Fuerzas Estáticas Equivalentes 86

5.5 Tipos de aisladores a utilizar 90

5.5.1 Deslizadores Friccionantes. 90

5.5.2 Aisladores de Caucho Sintético de Bajo Amortiguamiento (NATURAL RUBBER BEARING NRB) 92

5.5.3 Aisladores de Caucho de Alto Amortiguamiento (HIGH DAMPING RUBBER HDR) 95

5.5.4 Aisladores de Caucho con Núcleo de Plomo (LEAD RUBBER BEARING LRB) 98

5.5.5 Área reducida y capacidad de pandeo 101

5.5.6 Definición de módulos y coeficientes de amortiguamiento. 103

5.5.7 Definición de las ecuaciones para deformación por corte. 103

CAPÍTULO VI 106

6. ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO DE LA EDIFICACIÓN, EDIFICIO "BAVARIA" 106

6.1 Parámetros de peligro sísmico, categoría, sistema estructural, regularidad y elaboración de espectros de la edificación en base fija.....106

6.2 Análisis Estático de la edificación en base fija.....117

6.2.1 Cálculo de las fuerzas actuantes y cortantes en la edificación.....119

6.2.2 Cálculo de los desplazamientos y derivas de la edificación. 123

6.3 Análisis Dinámico de la edificación en base fija.....128

6.3.1 Cálculo de las fuerzas actuantes y cortantes en la edificación.....128

6.3.2 Cálculo de los porcentajes de masa participativa para cada modo de vibración. 130

6.3.3 Cálculo de los desplazamientos y derivas de la edificación. 130

6.3.4 Cálculo de desplazamientos en los extremos y verificación de irregularidades torsionales 134

6.3.5 Cálculo del factor de amplificación de la cortante dinámica y deducción de los 3 primeros modos fundamentales de vibración: 139

CAPÍTULO VII 141

7. PRE-DIMENSIONAMIENTO DE AISLADORES SÍSMICOS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON ESTRUCTURA APORTICADA.....141

7.1 Propuesta de estructura aporticada. 141

7.2 Pre dimensionamiento de aisladores sísmicos.....146

7.2.1 Aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01.....154

7.2.2 Aislador HDR DIÁMETRO 72.5 CM SECTOR 01.....157

7.2.3 Aislador HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01.....161

7.2.4 Aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01 165
7.2.5 DESLIZADOR SL DIÁMETRO 70 CM SECTOR 01 169
7.2.6 Aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02 171
7.2.7 Aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02 175
7.2.8 Aislador HDR DIÁMETRO 80 CM SECTOR 02 179
7.2.9 Aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM SECTOR 02 183
7.2.10 DESLIZADOR SL DIÁMETRO 55 CM SECTOR 02. 187
7.2.11 ASIGNACIÓN DE PROPIEDADES DE LOS AISLADORES Y DESLIZADORES COMO SISTEMA DEL EDIFICIO 189
CAPÍTULO XIII 198
8. ANÁLISIS DE LA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO AISLADORES SÍSMICOS 198
8.1 Asignación de aisladores para el modelo matemático computarizado. 198
8.1.1 Aislador HDR SECTOR 01. 198
8.1.2 Aislador HDR1 SECTOR 01. 199
8.1.3 Aislador HDR2 SECTOR 01. 200
8.1.4 Aislador HDR3 SECTOR 01. 201
8.1.5 Aislador DESLIZADOR SL SECTOR 01. 202
8.1.6 Aislador HDR SECTOR 02. 203
8.1.7 Aislador HDR1 SECTOR 02. 204
8.1.8 Aislador HDR3 SECTOR 02. 206
8.1.9 DESLIZADOR SL SECTOR 02. 207

8.2 Parámetros de peligro sísmico, categoría, sistema estructural, regularidad y elaboración de espectros de la edificación en base fija.....208
8.3 Análisis Estático de la edificación en base aislada.....214
8.3.1 Cálculo de las fuerzas actuantes y cortantes en la edificación.....216
8.3.2 Cálculo de los desplazamientos y derivas de la edificación. 219
8.4 Análisis Dinámico de la edificación en base aislada.....225
8.4.1 Cálculo de las fuerzas actuantes y cortantes en la edificación.....225
8.4.2 Cálculo de los porcentajes de masa participativa para cada modo de vibración. 227
8.4.3 Cálculo de los desplazamientos y derivas de la edificación. 229
8.5 Análisis Tiempo Historia.....235
CAPÍTULO IX.....251
9. DISEÑO DE LA INTERFAZ DE AISLACIÓN 251
9.1 Diseño de vigas de la interfaz de aislación.....251
9.2 Diseño de losa de la interfaz de aislación.....276
CAPÍTULO X 287
10. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES CONSIDERANDO LA NUEVA SUPERESTRUCTURA CON AISLADORES SÍSMICOS 287
10.1 Diseño de viga de la sub estructura.....289
10.2 Diseño de columna de la sub estructura.....299
10.3 Diseño de zapata de la sub estructura 308
10.4 Diseño de placa o muro de corte de la sub estructura.....314

10.5 Diseño de viga de la super estructura 323

10.6 Diseño de columna de la super estructura.....334

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....339

REFERENCIAS.....347

ANEXOS.....348

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....47

Tabla 2.....78

Tabla 3.....84

Tabla 4.....113

Tabla 5.....114

Tabla 6.....117

Tabla 7.....118

Tabla 8.....119

Tabla 9.....120

Tabla 10.....123

Tabla 11.....123

Tabla 12.....124

Tabla 13.....124

Tabla 14.....124

Tabla 15.....128

Tabla 16.....129

Tabla 17.....139

Tabla 18.....139

Tabla 19.....139

Tabla 20.....140

Tabla 21.....148

Tabla 22.....148
Tabla 23.....149
Tabla 24.....150
Tabla 25.....151
Tabla 26.....152
Tabla 27.....154
Tabla 28.....154
Tabla 29.....155
Tabla 30.....155
Tabla 31.....156
Tabla 32.....156
Tabla 33.....156
Tabla 34.....157
Tabla 35.....157
Tabla 36.....158
Tabla 37.....158
Tabla 38.....159
Tabla 39.....159
Tabla 40.....160
Tabla 41.....160
Tabla 42.....160

Tabla 43.....161
Tabla 44.....162
Tabla 45.....162
Tabla 46.....163
Tabla 47.....163
Tabla 48.....164
Tabla 49.....164
Tabla 50.....164
Tabla 51.....165
Tabla 52.....166
Tabla 53.....166
Tabla 54.....167
Tabla 55.....167
Tabla 56.....168
Tabla 57.....168
Tabla 58.....168
Tabla 59.....169
Tabla 60.....170
Tabla 61.....170
Tabla 62.....170
Tabla 63.....171

Tabla 64.....172
Tabla 65.....172
Tabla 66.....173
Tabla 67.....173
Tabla 68.....174
Tabla 69.....174
Tabla 70.....174
Tabla 71.....175
Tabla 72.....176
Tabla 73.....176
Tabla 74.....177
Tabla 75.....177
Tabla 76.....178
Tabla 77.....178
Tabla 78.....178
Tabla 79.....179
Tabla 80.....180
Tabla 81.....180
Tabla 82.....181
Tabla 83.....181
Tabla 84.....182

Tabla 85.....182
Tabla 86.....182
Tabla 87.....183
Tabla 88.....184
Tabla 89.....184
Tabla 90.....185
Tabla 91.....185
Tabla 92.....186
Tabla 93.....186
Tabla 94.....186
Tabla 95.....187
Tabla 96.....188
Tabla 97.....188
Tabla 98.....188
Tabla 99.....190
Tabla 100.....191
Tabla 101.....192
Tabla 102.....192
Tabla 103.....193
Tabla 104.....194
Tabla 105.....195

Tabla 106.....196
Tabla 107.....196
Tabla 108.....197
Tabla 109.....198
Tabla 110.....199
Tabla 111.....200
Tabla 112.....201
Tabla 113.....202
Tabla 114.....203
Tabla 115.....204
Tabla 116.....205
Tabla 117.....206
Tabla 118.....207
Tabla 119.....210
Tabla 120.....211
Tabla 121.....214
Tabla 122.....215
Tabla 123.....216
Tabla 124.....216
Tabla 125.....219
Tabla 126.....220

Tabla 127.....220
Tabla 128.....225
Tabla 129.....225
Tabla 130.....228
Tabla 131.....229
Tabla 132.....230
Tabla 133.....230
Tabla 134.....236
Tabla 135.....241
Tabla 136.....241
Tabla 137.....242
Tabla 138.....242
Tabla 139.....243
Tabla 140.....243
Tabla 141.....244
Tabla 142.....244
Tabla 143.....245
Tabla 144.....245
Tabla 145.....254
Tabla 146.....257
Tabla 147.....257

Tabla 148.....258
Tabla 149.....259
Tabla 150.....260
Tabla 151.....261
Tabla 152.....261
Tabla 153.....264
Tabla 154.....265
Tabla 155.....267
Tabla 156.....267
Tabla 157.....269
Tabla 158.....270
Tabla 159.....270
Tabla 160.....270
Tabla 161.....271
Tabla 162.....272
Tabla 163.....273
Tabla 164.....274
Tabla 165.....277
Tabla 166.....278
Tabla 167.....278
Tabla 168.....279

Tabla 169.....280
Tabla 170.....280
Tabla 171.....282
Tabla 172.....283
Tabla 173.....286
Tabla 174.....292
Tabla 175.....293
Tabla 176.....293
Tabla 177.....294
Tabla 178.....295
Tabla 179.....296
Tabla 180.....297
Tabla 181.....298
Tabla 182.....301
Tabla 183.....302
Tabla 184.....302
Tabla 185.....303
Tabla 186.....304
Tabla 187.....306
Tabla 188.....308
Tabla 189.....309

Tabla 190.....310
Tabla 191.....311
Tabla 192.....312
Tabla 193.....312
Tabla 194.....313
Tabla 195.....313
Tabla 196.....315
Tabla 197.....316
Tabla 198.....317
Tabla 199.....318
Tabla 200.....319
Tabla 201.....319
Tabla 202.....320
Tabla 203.....321
Tabla 204.....321
Tabla 205.....327
Tabla 206.....327
Tabla 207.....328
Tabla 208.....329
Tabla 209.....330
Tabla 210.....331

Tabla 211.....332

Tabla 212.....332

Tabla 213.....335

Tabla 214.....336

Tabla 215.....337

Tabla 216.....337

Tabla 217.....340

Tabla 218.....342

Tabla 219.....343

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.....68

Gráfico 2.....79

Gráfico 3.....80

Gráfico 4.....81

Gráfico 5.....82

Gráfico 6.....84

Gráfico 7.....85

Gráfico 8.....88

Gráfico 9.....91

Gráfico 10.....93

Gráfico 11.....95

Gráfico 12.....98

Gráfico 13.....115

Gráfico 14.....115

Gráfico 15.....115

Gráfico 16.....116

Gráfico 17.....116

Gráfico 18.....116

Gráfico 19.....120

Gráfico 20.....121

Gráfico 21.....121

Gráfico 22.....121

Gráfico 23.....122

Gráfico 24.....122

Gráfico 25.....122

Gráfico 26.....123

Gráfico 27.....125

Gráfico 28.....125

Gráfico 29.....126

Gráfico 30.....126

Gráfico 31.....126

Gráfico 32.....127

Gráfico 33.....127

Gráfico 34.....127

Gráfico 35.....129

Gráfico 36.....129

Gráfico 37.....130

Gráfico 38.....130

Gráfico 39.....131

Gráfico 40.....131

Gráfico 41.....132

Gráfico 42.....132

Gráfico 43.....132
Gráfico 44.....133
Gráfico 45.....133
Gráfico 46.....133
Gráfico 47.....136
Gráfico 48.....136
Gráfico 49.....137
Gráfico 50.....137
Gráfico 51.....137
Gráfico 52.....138
Gráfico 53.....138
Gráfico 54.....138
Gráfico 55.....153
Gráfico 56.....153
Gráfico 57.....157
Gráfico 58.....161
Gráfico 59.....165
Gráfico 60.....169
Gráfico 61.....171
Gráfico 62.....175
Gráfico 63.....179

Gráfico 64.....183

Gráfico 65.....187

Gráfico 66.....189

Gráfico 67.....193

Gráfico 68.....197

Gráfico 69.....212

Gráfico 70.....212

Gráfico 71.....212

Gráfico 72.....213

Gráfico 73.....213

Gráfico 74.....213

Gráfico 75.....217

Gráfico 76.....217

Gráfico 77.....217

Gráfico 78.....218

Gráfico 79.....218

Gráfico 80.....218

Gráfico 81.....219

Gráfico 82.....219

Gráfico 83.....221

Gráfico 84.....221

Gráfico 85.....221

Gráfico 86.....222

Gráfico 87.....222

Gráfico 88.....222

Gráfico 89.....223

Gráfico 90.....223

Gráfico 91.....223

Gráfico 92.....224

Gráfico 93.....224

Gráfico 94.....224

Gráfico 95.....226

Gráfico 96.....226

Gráfico 97.....226

Gráfico 98.....227

Gráfico 99.....231

Gráfico 100.....231

Gráfico 101.....232

Gráfico 102.....232

Gráfico 103.....232

Gráfico 104.....233

Gráfico 105.....233

Gráfico 106.....233

Gráfico 107.....234

Gráfico 108.....234

Gráfico 109.....234

Gráfico 110.....235

Gráfico 111.....237

Gráfico 112.....238

Gráfico 113.....238

Gráfico 114.....238

Gráfico 115.....239

Gráfico 116.....239

Gráfico 117.....239

Gráfico 118.....240

Gráfico 119.....240

Gráfico 120.....246

Gráfico 121.....247

Gráfico 122.....247

Gráfico 123.....248

Gráfico 124.....248

Gráfico 125.....249

Gráfico 126.....249

Gráfico 127.....250

Gráfico 128.....339

Gráfico 129.....341

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 43

Figura 2 45

Figura 3 46

Figura 4 51

Figura 5 51

Figura 6 52

Figura 7 53

Figura 8 54

Figura 9 55

Figura 10 55

Figura 11 56

Figura 12 57

Figura 13 58

Figura 14 59

Figura 15 63

Figura 16 69

Figura 17 76

Figura 18 77

Figura 19 79

Figura 20 90

Figura 21 92

Figura 22 93

Figura 23 94

Figura 24 97

Figura 25 100

Figura 26 102

Figura 27 104

Figura 28 104

Figura 29 105

Figura 30 107

Figura 31 107

Figura 32 108

Figura 33 108

Figura 34 108

Figura 35 109

Figura 36 109

Figura 37 109

Figura 38 110

Figura 39 111

Figura 40 111

Figura 41 112

Figura 42 135

Figura 43 135

Figura 44 142

Figura 45 142

Figura 46 143

Figura 47 143

Figura 48 144

Figura 49 144

Figura 50 145

Figura 51 145

Figura 52 146

Figura 53 147

Figura 54 147

Figura 55 199

Figura 56 200

Figura 57 201

Figura 58 202

Figura 59 203

Figura 60 203

Figura 61 205

Figura 62 206

Figura 63 207

Figura 64 208

Figura 65 209

Figura 66 236

Figura 67 251

Figura 68 252

Figura 69 253

Figura 70 255

Figura 71 274

Figura 72 276

Figura 73 286

Figura 74 287

Figura 75 288

Figura 76 288

Figura 77 289

Figura 78 289

Figura 79 290

Figura 80 291

Figura 81 299

Figura 82 300

Figura 83 307

Figura 84 314

Figura 85 314

Figura 86 323

Figura 87 324

Figura 88 325

Figura 89 333

Figura 90 334

Figura 91 338

INTRODUCCIÓN

En el primer capítulo comentaremos acerca del uso del sistema de protección sísmica, tales como los aisladores elastoméricos, que tienen más detalle en esta investigación, hablaremos sobre su historia y uso a través del tiempo. También plantearemos los antecedentes, justificación del tema, objetivos y alcance.

En el segundo capítulo comentaremos acerca del concepto de los sistemas de protección sísmica, tales como los aisladores elastoméricos, que tienen más detalle en esta investigación, disipadores de energía y masas concentrada.

En el tercer capítulo se desarrollan los modelos analíticos y matemáticos que contemplan la teoría del aislamiento sísmico en la base.

En el cuarto capítulo comentamos un poco acerca de las normativas que aplican para el diseño de estructuras con aislamiento sísmico.

En el quinto capítulo, se da una introducción al diseño de sistema de aislamiento y se desarrolla el procedimiento de diseños de los aisladores y deslizadores, basados en los modelos bilineales y fórmulas comentadas en capítulos anteriores.

En el sexto capítulo se comienza con el análisis dinámico y estático de la edificación escogida, que es el edificio multifamiliar. Este análisis se desarrolla con ayuda del software ETABS y con plantillas de cálculo de propia elaboración.

En el séptimo capítulo se realiza la propuesta de una nueva estructuración y se comienza con el pre dimensionamiento de los aisladores elastoméricos escogidos, desarrollando el cálculo de sus propiedades para cada uno de ellos y su desarrollo en conjunto, es decir como sistema de aislación.

En el octavo capítulo volvemos a realizar el análisis con las plantillas de cálculo de elaboración propia. Este análisis es estático, dinámico y tiempo historia.

En el noveno capítulo comenzamos con el diseño de la interfaz de aislación, es decir, de las vigas y losa que componen este nivel.

En el décimo capítulo realizamos el diseño de los elementos estructurales principales con las nuevas fuerzas de diseño obtenidas del modelo matemático computarizado con la incorporación de aisladores sísmicos.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Sistemas de Aislación Sísmica y Sistemas de Disipación de Energía en la historia.

Alrededor del mundo desde hace ya muchos años, el hombre ha sido víctima de los eventos sísmicos más catastróficos registrados en la historia, dichos eventos tienen su causa en la liberación de energía de la corteza terrestre acumulada a consecuencia de actividades volcánicas y tectónicas, que se originan principalmente en los bordes de la placa.

Aunque las actividades tectónicas y volcánicas son las causas principales por las que se generan los terremotos hay otros factores que pueden originarlos, como, por ejemplo:

- Acumulación de sedimentos por desprendimientos de rocas en las laderas de las montañas, hundimiento de cavernas.

- Modificaciones del régimen fluvial.

- Variaciones bruscas de la presión atmosférica por ciclones.

Estos fenómenos generan eventos de baja magnitud, que generalmente caen en el rango de microsismos: temblores detectables sólo por sismógrafos. Es por esta razón que se vienen desarrollando diversos métodos para mitigar de manera parcial el efecto que pueda causar un terremoto en nuestras estructuras y el impacto que genera en la sociedad.

El sistema de aislación sísmica consiste en la instalación de aisladores debajo de un apoyo clave en la estructura. Los aisladores tienen una muy baja rigidez lateral que la rigidez lateral de la estructura, separada del suelo en movimiento. Visto desde el punto de vista de la energía, los sistemas de aislación sísmica, limita que la aislación sísmica sea transferida a la estructura. En principio, si la fuerza sísmica que ingresa a la estructura es cero, no será necesario diseñar la estructura bajo cargas laterales de sismo.

Un hecho importante sucedido en la historia fue en Agosto de 1909, cuando el Doctor J.A. Calantarients del Norte de la Ciudad Inglesa, de Scarborough, escribió una carta al Director del Servicio de Sismología de Santiago de Chile, explicándole un método de construcción de edificios que él había desarrollado, el cual decía que: "Edificios importantes podrían ser construidos en zonas altamente sísmicas, ya que el grado de severidad de un terremoto, pierde su significancia cuando existe una articulación libre lubricada." Calantarients había presentado su método que proponía construir un edificio con esta junta libre y una capa de arena fina, mica o talco que permitiera que el edificio se deslizara en un terremoto, y reduciendo así las fuerzas que se trasmites en la estructura.

El Doctor Calantarients, mencionó en su carta que él había realizado el experimento con bolas muchos años antes de que se realizara en Japón, y esa referencia hace mención por el inglés John Milne, quien fue profesor del Mining Engineering en Tokio en el periodo de 1876 al 1895. Durante este periodo Milne se mostró muy interesado en el fenómeno de los terremotos, e ideo y mejoró un número de sismoscopios y sismógrafos. Milne fue pionero en la investigación en la sismología, y muchas veces se le refiere con el Padre de la Sismología Moderna.

Mientras estaba en la Universidad de Tokio, construyó un ejemplo de un edificio aislado. La estructura fue construida en bolas en placas de hierro fundido en bordes como platillos en la cabeza de las columnas. Encima de estas bolas, se encuentran placas de hierro fundido unidas al edificio en forma cóncava, similares a las que se encuentran debajo de las mismas. El edificio fue sometido a cargas de sismo. En 1885 él publicó este experimento en un reporte al British Association for the Advencement of Science. Aparentemente él no estaba del todo satisfecho acerca de su modelo bajo cargas de viento, así que cambio el sistema de aislamiento y en 1886 escribió una nueva versión de este último. Al comienzo se ensayaron con bolas de 10'' de diámetro, luego se variaron por unas de 8'', luego por bolas de 1'', así hasta que al final las

columnas se apoyaban en varios perdigones de hierro fundido. Fue así que el edificio sometido se volvió estable a las cargas de viento.

Es así como se da la más temprana muestra de un diseño estratégico conocido como Aislación en la Base o Aislación Sísmica. A partir de ese entonces se vinieron desarrollando numerosos métodos que implicaban procesos muy particulares para poder desacoplar el edificio de los daños que genera un terremoto.

La primera vez que se utilizó un sistema de aislación con aisladores de caucho para proteger la estructura de los terremotos fue en 1969 para una escuela primaria en Skopje, Yugoslavia. The Pestalozzi School, una estructura de 3 pisos de concreto diseñado y construido por ingenieros suizos. La diferencia entre los aisladores de caucho utilizados en esta estructura es que no tienen ningún refuerzo, es por eso que el peso del edificio hace que se abulten en los lados. Como la rigidez en este caso, tanto vertical y horizontal es la misma, el edificio se moverá no solo para los costados, sino también de arriba hacia abajo.

Figura 1

Edificio The Pestalozzi School Skopje, Yugoslavia y su sistema de aislamiento sísmico con aisladores de caucho.





NOTA: Extraído y adaptado de Design of Seismic Isolated Structures From Theory to Practice (p. 04). Por Farzad Naeim and James M. Kelly (1999) JHON WILEY & SONS, INC.

Los sistemas de amortiguamiento han intentado consumir una porción de la energía sísmica colocada en una estructura. Estos dispositivos son a menudo referidos como Amortiguadores Mecánicos. La disipación de energía mecánica reduce la demanda de disipación de energía en un sistema estructural, reduciendo así su respuesta dinámica ante un sismo de mayor intensidad.

Las investigaciones en los sistemas de disipación de energía pasiva empezaron hace 30 años en Nueva Zelanda con el profesor Kelly en 1972 y el profesor Skinner en 1975.

Los sistemas de disipación de energía son a menudo usados en conjunto con los elementos que resisten fuerzas laterales (pórticos). A no ser que los sistemas de amortiguamiento sean diseñados en estructuras sometidas a cargas de viento. En este caso las vibraciones generadas por las cargas de viento deben ser absorbidas por los elementos estructurales en su estado elástico, debido a que, si los sistemas de amortiguamiento absorben estos desplazamientos generados por la vibración, la energía residual almacenada en estos últimos puede ser perjudicial para la estructura.

Una de las estructuras que más se asemeja al comportamiento que desea evaluar este trabajo de investigación es el Edificio The Union House, Nueva Zelanda, el cual fue construido luego del Edificio Ωilliam Clayton en Ωellington, del mismo país, terminado en 1981, fue el primer edificio en el mundo con un sistema de aislación con aisladores de caucho y con núcleo de plomo. The Union House cuenta además con sistema de amortiguamiento para el control de los desplazamientos, son placas de acero cónico que simulan el comportamiento de un disipador metálico.

Figura 2

The Union House, Nueva Zelanda, cuenta con el sistema de aislación sísmica y con un sistema de amortiguamiento para el control de desplazamientos.



NOTA: Extraído y adaptado de Design of Seismic Isolated Structures From Theory to Practice (p. 21). Por Farzad Naeim and James M. Kelly (1999) JHON WILEY & SONS, INC.

1.2 Antecedentes

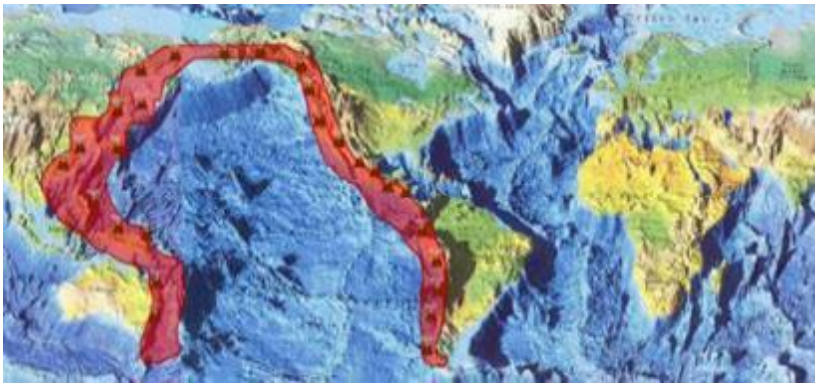
En nuestro ámbito laboral, las soluciones para evitar los daños y pérdidas durante un sismo se vienen desarrollando con mayor avance, trayendo tecnologías como aisladores y disipadores cada vez más novedosos. Sabemos que dentro de los alcances de protección sísmica existen diversos dispositivos para añadir a las estructuras como por ejemplo los usados en esta tesis: Aisladores elastoméricos, demostrados eficientemente en la práctica, sin embargo, podemos cuestionar el uso de estos dependiendo del tipo de estructuración, altura de la edificación o idealización estructural que presente nuestro caso de estudio.

1.3 Justificación del Tema

Nuestro país se encuentra situado en una zona altamente sísmica, específicamente se encuentra en la zona del Cinturón de Fuego del Pacifico, el cual, “está situado en las costas del océano Pacífico y se caracteriza por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo, lo que ocasiona una intensa actividad sísmica y volcánica en las zonas que abarca.” (Johan Antonio Pin Molina, 2018, párr. 2).

Figura 3

Cinturón de Fuego.



NOTA: Extraído y adaptado de Earthquake Enginnering Handbook (p. 415) Wai-Fah Chen and Charles Scawthorn (2003)., CRC Press LLC.

Según la página web de cienciauanl.uanl.mx de la revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, indica:

> El lecho del océano Pacífico reposa sobre varias placas tectónicas que están en permanente fricción, y por ende, acumulan tensión. Cuando esa tensión se libera, origina terremotos en los países del cinturón. Además, la zona concentra actividad volcánica constante. En esta zona las placas de la corteza terrestre se hunden varios centímetros por año y a la vez acumulan enormes tensiones que deben liberarse en forma de sismos (2018, párr. 2).

La creciente demanda en el sector de la construcción ha dispuesto que las estructuras que se vienen realizando en nuestro país sean de mayor envergadura, tanto en dimensiones en planta como en altura, generando así elementos estructurales muy ostentosos y estructuras sin ningún adicionamiento especial en cuanto a métodos de aislamiento en la base o disipación de energía se refiere.

Si bien es cierto que las estructuras que se vienen construyendo están bajo la normativa sismo resistente peruana y por ende su comportamiento sísmico será optimo en caso se de uno de estos eventos, se puede mejorar dicho procedimiento y asegurar el correcto funcionamiento del edificio luego de cualquier catástrofe como un terremoto.

Los últimos eventos sísmicos ocurridos en Latinoamérica han generado diversos comentarios entre los sismólogos más importantes, y el que más a percutido en la sociedad es el de que se espera un terremoto de magnitud mayor a 9 en la escala de Richter, el cual libera tanta energía, capaz de dejar en estado de devastación total a cualquiera de nuestras ciudades.

Tabla 1

Tabla de Magnitud en la escala de Richter y su equivalencia a energía producida por cantidad de TNT.

Magnitud Richter	**Equivalencia de la energía en TNT**	**Referencias**
1	170 g.	Pequeña explosión en un sitio de construcción
2	6 kg.	Explosión de un tanque de gas butano
3	181 kg.	Explosión de una planta de gas
4	6 t.	Bomba atómica de baja potencia
5	199 t.	Terremoto de Albolote en 1956 (Granada, España)
6	1270 t.	Terremoto de Double Spring Flat de 1994 (Nevada, Estados Unidos
7	199000 t.	Terremoto de Puerto Príncipe en 2010 (Haití)
8	10.12 millones de t.	Terremoto de Ica en 2007 (Perú)
9	240 millones de t.	Terremoto de Tohoku en 2011 (Japón)

10	630 millones de t.	Estimado para el choque de un meteorito rocoso de 2km de diámetro que impacte a 90000 km/h

NOTA: Extraído y adaptado de Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA).

En consecuencia, con esto, nuestro país debe empezar a invertir más en la investigación y continuar con las publicaciones de normativas y códigos dedicado al análisis y diseño de una estructura con un sistema de aislación sísmica y con métodos de disipación de energía, con el único objetivo de mejorar el comportamiento de las estructuras ante la venida de uno de estos eventos sísmicos y el impacto que pueda provocar en la sociedad. Además de seguir adicionando los cursos referidos a este tema en las universidades de nuestro país para generar mayor conocimiento, fomentar la investigación y obtendremos más profesionales con el perfil y las capacidades necesarias para ahondar en este tema, tanto en el análisis, diseño y en el proceso constructivo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos Principales

- Desarrollar un proceso de análisis para edificaciones sísmicamente aisladas, sobre todo para edificaciones dentro de la categoría de “COMUNES”, como son los multifamiliares, basado en un estudio bibliográfico, evaluando el comportamiento sísmico de la estructura tanto en base fija como en base aislada.

- Mejorar el comportamiento sísmico de una estructura convencional con la adición de este sistema de aislación (Aisladores Elastoméricos).

- Cumplir con los límites, parámetros y desarrollo de análisis definido en el nuevo código peruano, norma E031.

1.4.2 Objetivos Secundarios

- Conocer los beneficios que brindan estos nuevos sistemas en las edificaciones.

- Desarrollar el diseño de los elementos estructurales comprometidos con la estructura analizada.

- Desarrollar y proponer una metodología racional y ordenada para el diseño de estos elementos de aislación.

1.5 Alcances

Se estudiará ambas propuestas, tanto la edificación con base fija, como la edificación con aislamiento en la base, ambos mediante modelos matemáticos computarizados por el programa ETABS, de tal manera que estudiaremos el desempeño estructural en los dos casos, aplicado en estructuras de categoría comunes, como son los multifamiliares.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Tipos y Componentes de los Aisladores Sísmicos

La aislación sísmica es una ya conocida tecnología que se utiliza en varios países alrededor del mundo, y ya existe un número aceptable de sistemas de aislación y su proceso constructivo, sin embargo, esto sigue siendo atractivo para los inventores de estos sistemas, dado que cada año son creados y patentados nuevos y diferentes sistemas de aislamiento en la base.

La mayoría de los sistemas utilizan apoyos elastoméricos, con elastómeros como el caucho o el neopreno, o cojinetes de fricción, con una superficie de rozamiento de teflón y acero inoxidable.

2.1.1 Aisladores Sísmicos sin Núcleos de Plomo

Los aisladores sísmicos sin núcleo de plomo son aquellos que están formado únicamente por láminas de caucho, son grandes bloques de goma sin ninguno refuerzo de acero, la rigidez horizontal es muy parecida a la rigidez vertical.

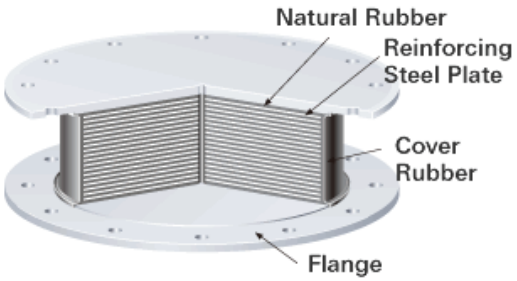
Se dividen en 2 tipos estos aisladores sin núcleo de plomo:

2.1.1.1 Aisladores de Caucho Sintético de Bajo Amortiguamiento

Este tipo de aisladores ha sido utilizado en Japón, junto con otros dispositivos de amortiguamiento, como amortiguadores viscosos, barras de acero, barras de plomo, dispositivos de fricción y sistemas similares. El aislador tiene 2 delgadas placas de acero en sus extremos verticales, y varias láminas de acero delgado.

Figura 4

Aislador de Caucho Sintético de Bajo Amortiguamiento.



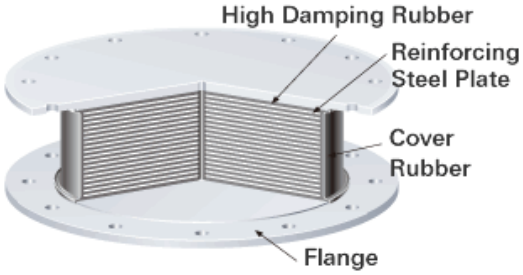
El caucho esta vulcanizado y unido al acero bajo condiciones de calor y presión en un molde. Las delgadas láminas de acero proveen al aislador una mayor rigidez vertical y a la misma vez una menor rigidez horizontal que es controlado por el bajo módulo de cortante del elastómero (caucho).

2.1.1.2 Aisladores de Caucho de Alto Amortiguamiento

Los aisladores de alto amortiguamiento buscan incrementar las propiedades del caucho para eliminar la necesidad de colocar otros elementos para amortiguar el movimiento. El amortiguamiento de estos dispositivos se incrementa añadiendo fibra de carbón, aceites o resinas y otros aditivos con propiedades similares. El amortiguamiento llega a incrementarse en un 10% a 20%.

Figura 5

Aislador de Caucho de Alto Amortiguamiento.

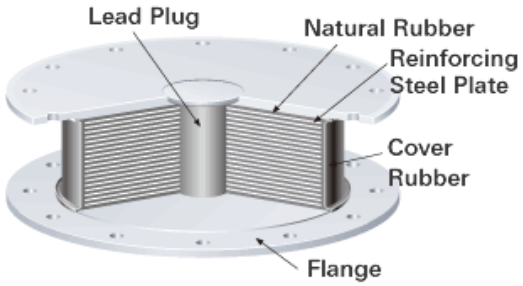


2.1.2 Aisladores Sísmicos con Núcleos de Plomo

Los aisladores con núcleo de plomo fueron inventados en Nueva Zelanda en 1975, y se empezó a usar en dicho país, en Japón y en los Estados Unidos. Los aisladores con núcleos de plomo están compuestos por láminas de caucho similares a los aisladores sin núcleo de plomo, la diferencia está en que estos contienen uno o más núcleos de plomo insertados en agujeros.

Figura 6

Aislador de Caucho con Núcleo de Plomo.



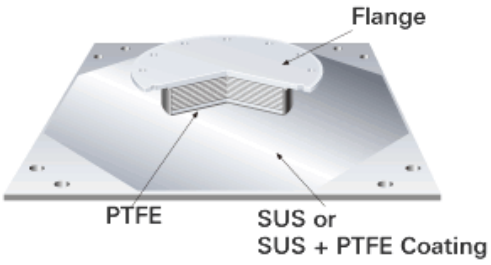
El núcleo de plomo debe calzar muy ajustado en las láminas de caucho, esto se consigue haciendo que el cilindro de plomo sea ligeramente más ancho que el agujero generado en el caucho y así colocarlo de manera conjunta forzando que ingrese y se compenetren, porque tanto la rigidez efectiva como el amortiguamiento efectivo de los aisladores sísmicos con núcleos de plomo, dependen del desplazamiento y es importante mantener dicho desplazamiento según el requerido para una amortiguación especificada.

2.1.3 Aisladores con Péndulo en Fricción

Es un sistema de aislación por medio de fricción, que combina la acción deslizadora de un elemento y la fuerza restauradora por la geometría de la superficie donde se desliza.

Figura 7

Aislador de caucho con superficie deslizante.



Está compuesto de dos partes, la primera en un cojinete de caucho, similar a los anteriores mostrados, unido con teflón para generar una superficie de rozamiento, y la segunda es una placa deslizante de acero inoxidable. Los desplazamientos pequeños son absorbidos por el material del caucho, mientras que los grandes desplazamientos son absorbidos y mitigados por el movimiento que se producirá con la superficie de acero.

2.2 Tipos y Componentes de Sistemas de Disipación de Energía Pasiva Activados por Desplazamiento.

Los sistemas de disipación de energía pasiva, están diseñados para operar sin ninguna fuente de fuerza externa. En consecuencia, los sistemas pasivos tienen propiedades que no se pueden modificar durante la respuesta sísmica de la estructura, debido a que la energía de entrada se encuentra en una estrecha banda de frecuencias. Los sistemas de disipación pasiva han demostrado ser muy efectivos y económicos.

Los sistemas de disipación de energía pasiva avivados por desplazamiento disipan la energía a través de los desplazamientos relativos que se producen entre sus puntos conectados, que generalmente son la unión de viga columna en un pórtico, estos amortiguadores son por lo general independiente de la frecuencia del movimiento. Cabe resaltar que las fuerzas generadas por estos dispositivos los elementos de una estructura están equiparados con las fuerzas resultantes en estos últimos debidos al movimiento sísmico, es por eso que la máxima fuerza

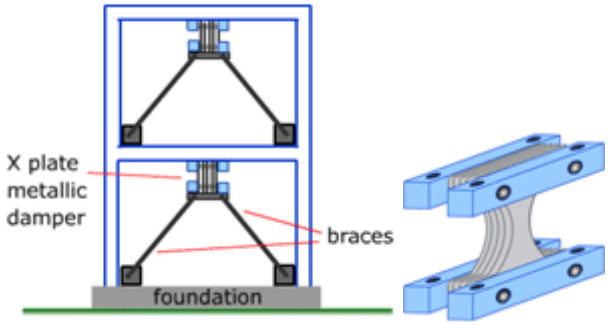
que puede generar un disipador ocurre simultáneamente con la máxima fuerza interna que puedan desarrollar los elementos estructurales debido a una excitación de la estructura. A continuación, se mencionan algunos de los más típicos disipadores de energía.

2.2.1 Amortiguadores Metálicos

Consisten en unas placas de acero triangular capaces de deformarse por flexión, este sistema fue originalmente fabricado por Bechtel Corporation, es instalado colocando dicha placa en el vértice de la configuración Chevron en la parte de debajo de la viga del techo. Este sistema disipa energía a través de los desplazamientos relativos horizontales entre el vértice y la viga de techo.

Figura 8

Configuración Chevron con Vértice de Acero Triangular.

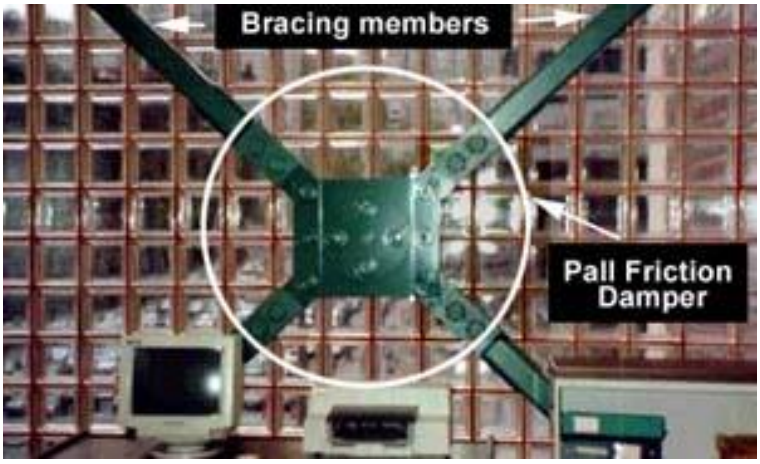


2.2.2 Amortiguadores por Fricción

Los sistemas de amortiguadores por fricción son instalados en la intersección de acero en una configuración tipo cruz entre los elementos de arriostre de concreto (vigas y columnas). Este sistema, fabricado por Pall Dynamics Ltd., disipa energía a través del deslizamiento entre placas ranuradas superpuestas. El deslizamiento comienza cuando las fuerzas de tensión y compresión en los elementos estructurales adyacentes excede la capacidad friccional del amortiguador. Las fuerzas que se dan en el amortiguador al momento del deslizamiento, son proporcionadas por los pernos de acero.

Figura 9

Configuración en cruz de Amortiguadores por Fricción.

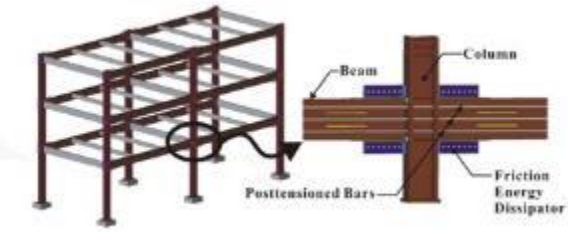


2.2.3 Amortiguadores Auto Centrantes

Este sistema se basa en una estructura de marco de acero que es resistente a los momentos, fue propuesto por Christopoulos, es capaz de volver cero a la fuerza y cero al desplazamiento en un punto al final del ciclo de carga de sismo. En vez de que el nudo generado entre la viga y la columna actúen como resistencia al momento, esta resistencia es proporcionada por cables post tensados a media altura de la viga.

Figura 10

Esquema de Amortiguadores Auto Centrantes.



2.3 Tipos y Componentes de Sistemas de Disipación de Energía Pasiva Activados por Velocidad

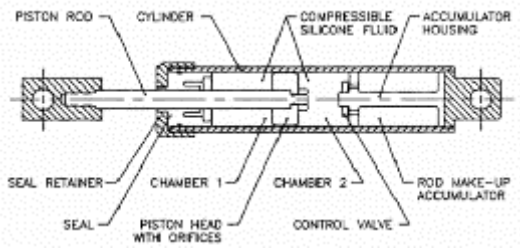
Los dispositivos de disipación de energía activados por la velocidad disipan energía a través de las velocidades relativas que se dan en sus puntos de apoyo. La respuesta de los desplazamientos de estos amortiguadores, por lo general, depende de la frecuencia del movimiento. Además, las fuerzas generadas por estos dispositivos no son las mismas que las resultantes por la estructura luego de una excitación sísmica. Por lo tanto, las máximas fuerzas generadas por estos disipadores de energía no ocurren en el momento que la estructura también genera sus máximas fuerzas internas, correspondientes a las máximas deformaciones en la estructura.

2.3.1 Amortiguadores de Fluido Viscoso

Esta tecnología fue desarrollada principalmente para la industria militar y para la industria pesada. Un amortiguador de fluido viscoso disipa la energía, empujando el líquido a través de un orificio, produciendo una presión de amortiguamiento que crea una fuerza, la cual no aumenta.

Figura 11

Esquema de los componentes un Amortiguador de Fluido Viscoso.



La acción de amortiguamiento es proporcionada por el flujo del fluido o a través de la cabeza del pistón. La cabeza del pistón es introducida con una holgura entre el interior del cilindro y el exterior de la cabeza del pistón, el cual forma un orificio anular.

El disipador fluido viscoso reduce los esfuerzos y la deflexión al mismo tiempo porque la fuerza del disipador está completamente fuera de fase con los esfuerzos debido a la flexión de las columnas. Esto sólo se cumple con el amortiguamiento de fluido viscoso, donde la fuerza del disipador varía con la velocidad.

Figura 12

Amortiguador de Fluido Viscoso.



2.3.2 Tipos y Componentes de Sistemas de Disipación de Energía Pasiva Activados por Movimiento.

Un dispositivo activado por movimiento modifica el flujo de energía en la estructura a través de la vibración de un sistema secundario.

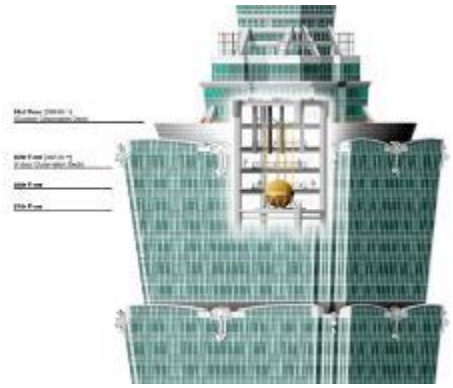
2.4 Amortiguadores de Masa Sintonizada.

Un sistema de amortiguador de masa sintonizada consiste en colocar una masa secundaria con resorte, pequeña en relación con la estructura, con el objetivo de reducir el espectro dinámico de respuesta ante un evento sísmico. Este sistema secundario se sintoniza para estar en resonancia con la estructura principal en el que está instalado. Bajo una excitación dinámica, el amortiguador de masa sintonizada vibra a la misma frecuencia que la estructura principal, pero fuera de fase de ella, desviando de esa manera la energía principal que entra en el sistema.

Dicha energía es disipada por las fuerzas de inercia generadas por el amortiguador de masa sintonizada en la estructura. Estos sistemas se instalan usualmente en los techos de los edificios. Estos dispositivos han demostrado ser eficaces en la reducción de las vibraciones inducidas por el viento en edificios de gran altura y las vibraciones del suelo inducidas por la actividad de los ocupantes.

Figura 13

Esquema de Edificio con Amortiguador de Masa Sintonizada.



CAPÍTULO III

3. Modelos Matemáticos

3.1 Teoría del Comportamiento Lineal de la Aislación Sísmica en un solo nivel.

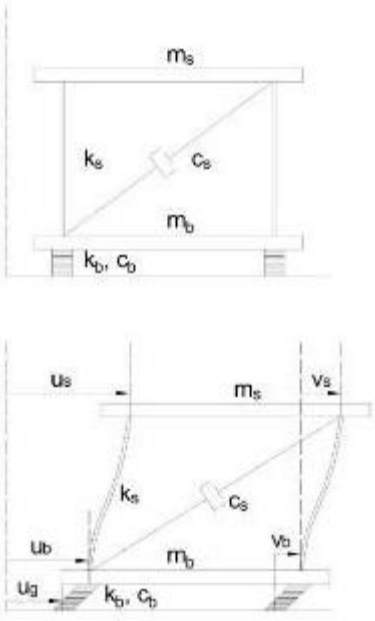
La teoría se basa en un modelo estructural de dos masas, una masa m_s que representara la superestructura del edificio y la otra masa que representara la masa m_b de la losa que va encima de los aisladores. La estructura y la rigidez del edificio estará representada por k_s y c_s y la rigidez y el amortiguamiento del sistema de aislación estará representada por k_b y c_b. Lo que vamos a realizar a continuación es denotar los desplazamientos absolutos de las masas con desplazamientos relativos, mostrados en la figura Figura 14:

$$v_b = u_b - u_g \qquad \textit{Eq. 3.1.1}$$

$$v_s = u_s - u_b \; \textit{Eq. 3.1.2}$$

Figura 14

Sistema de Aislación Sísmica Linear para una Estructura de una sola Planta



NOTA: Elaboración propia.

Según lo mencionado anteriormente, como el modelo se basa en 2 masas, al combinarlas podemos representar el sistema por uno de 2 grados de libertad con desplazamientos laterales absolutos representados por u_s y u_b para la masa de la superestructura y para la masa de la estructura de aislación respectivamente.

Aplicando la segunda ley de Newton para ambas masas se obtiene la ecuación de movimiento:

$$m_b\ddot{u}_b + c_b(\dot{u}_b - \dot{u}_g) + k_b(u_b - u_g) - c_s(\dot{u}_s - \dot{u}_b) - k_s(u_s - u_b) = 0 \qquad \textit{Eq. 3.1.3}$$

$$m_s\ddot{u}_s + c_s(\dot{u}_s - \dot{u}_b) + k_s(u_s - u_b) = 0 \quad \textit{Eq. 3.1.4}$$

Donde $\dot{u}_b$ y $\dot{u}_s$ son las velocidades absolutas de la estructura de aislación y de la superestructura y $\ddot{u}_b$ y $\ddot{u}_s$ son las aceleraciones absolutas de esos mismos niveles respectivamente.

Substituimos las ecuaciones (3.1.1) y (3.1.2) derivándolas y haciendo las modificaciones necesarias para introducirlas en las ecuaciones (3.1.3) y (3.1.4) y obtenemos para ambas masas:

$$(m_s + m_b)\ddot{v}_b + m_s\ddot{v}_s + c_b\dot{v}_b + k_b v_b = -(m_s + m_b)\ddot{u}_g \qquad \textit{Eq. 3.1.5}$$

$$m_s\ddot{v}_b + m_s\ddot{v}_s + c_s\dot{v}_s + k_s v_s = -m_s\ddot{u}_g \quad \textit{Eq. 3.1.6}$$

Definimos una masa total con el valor de M:

$$M = m_s + m_b$$

Ecuaciones que pueden ser escritas de manera matricial:

$$\begin{bmatrix} M & 0 \\ 0 & m_s \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \ddot{v}_b \\ \ddot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \dot{v}_b \\ \dot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} v_b \\ v_s \end{Bmatrix} = -\begin{bmatrix} M & 0_s \\ 0 & m_s \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \end{Bmatrix}\ddot{u}_g \quad \textit{Eq. 3.1.7}$$

$$\mathbf{M\ddot{v} + C\dot{v} + Kv = -Mr\ddot{u}_g} \; \textit{Eq. 3.1.8}$$

A partir de las ecuaciones mostradas se pueden definir los siguientes órdenes de magnitud:

$m_b < m_s$ *Eq. 3.1.9* Teniendo en cuenta que son del mismo orden de magnitud.

$\omega_s = \sqrt{\frac{k_s}{m_s}} >> \omega_b = \sqrt{\frac{k_b}{M}}$ *Eq. 3.1.10* La frecuencia estructural es mucho más grande que la frecuencia del sistema aislado.

$\varepsilon = \left(\frac{\omega_b}{\omega_s}\right)^2$ *Eq. 3.1.11* De la expresión anterior se define ε el cual se asume entre un valor de 10^{-1} y $10^{-2.}$

$\xi_s = \frac{c_s}{2m_s\omega_s}$ *Eq. 3.1.12* Se muestran los coeficientes de

$\xi_b = \frac{c_b}{2M\omega_b}$ *Eq. 3.1.13* amortiguamiento viscoso para la estructura y para el sistema aislado, ambos son del mismo orden de magnitud que ε.

$\gamma = \frac{m_s}{m_s+m_b} = \frac{m_s}{M}$ *Eq. 3.1.14* Definimos un coeficiente de masas.

Las frecuencias naturales del sistema pueden ser encontradas resolviendo el valor propio del problema:

$$|[K] - \omega^2[M]| = 0 \qquad \textit{Eq. 3.1.15}$$

$$\begin{vmatrix} k_b - \omega^2 M & (-\omega^2 m) \\ -\omega^2 m & k_s - \omega^2 m \end{vmatrix} = 0 \qquad \textit{Eq. 3.1.16}$$

Expandiendo la determinante de la ecuación *3.1.16* obtenemos:

$$(1-\gamma)\omega^4 - ({\omega_b}^2 + {\omega_s}^2)\omega^2 + {\omega_b}^2{\omega_s}^2 = 0 \qquad \textit{Eq. 3.1.17}$$

La solución de la ecuación *3.1.16,* nos deja dos raíces obtenemos:

$$\omega_1, \omega_2 = \frac{1}{2(1-\gamma)}\left\{({\omega_s}^2 + {\omega_b}^2) \pm \sqrt{({\omega_s}^2 + {\omega_b}^2)^2 - 4(1-\gamma)({\omega_s}^2{\omega_b}^2}\right\} \textit{Eq. 3.1.18}$$

De la ecuación *3.1.18* obtenemos las dos frecuencias naturales del sistema:

$$\omega_1{}^2 = \frac{\omega_b{}^2}{(1-\gamma)}\left[1 - \frac{\gamma\omega_s{}^2}{(\omega_s{}^2-\omega_b{}^2)}\right] \qquad \textit{Eq. 3.1.19}$$

$$\omega_2{}^2 = \frac{\omega_s{}^2}{(1-\gamma)}\left[1 + \frac{\gamma\omega_b{}^2}{(\omega_s{}^2-\omega_b{}^2)}\right] \qquad \textit{Eq. 3.1.20}$$

Teniendo en cuenta que $\omega_s >> \omega_b$, reescribimos la ecuación *Eq. 3.1.19 y Eq. 3.1.20* de la siguiente manera:

$$\omega_1 = \omega_b\sqrt{1-\gamma\varepsilon} \approx \omega_b \qquad \textit{Eq. 3.1.21}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_s}{\sqrt{1-\gamma}}\sqrt{1 + \frac{\gamma\omega_b{}^2}{\omega_s{}^2}} \approx \frac{\omega_s}{\sqrt{1-\gamma}} \qquad \textit{Eq. 3.1.22}$$

La ecuación *3.1.21* muestra la frecuencia natural de la interfaz de aislación y no se ve afectada por la flexibilidad de las estructuras. La ecuación *3.1.22* muestra la frecuencia natural de la estructura, la cual se ve afectada por la masa de la interfaz de aislación.

A continuación, se muestran las matrices que dan lugar a los dos modos de vibración del sistema:

$$\{A^{(1)}\} \qquad \begin{bmatrix} k_b - \omega_b{}^2 M & -\omega_b{}^2 m \\ -\omega_b{}^2 m & k_s - \omega_b{}^2 m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_1^{(1)} \\ A_2^{(1)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \qquad \textit{Eq. 3.1.23}$$

$$\{A^{(2)}\} \qquad \begin{bmatrix} k_b - \frac{\omega_s{}^2}{1-\gamma} M & -\frac{\omega_s{}^2}{1-\gamma} m \\ -\frac{\omega_s{}^2}{1-\gamma} m & k_s - \frac{\omega_s{}^2}{1-\gamma} m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_1^{(2)} \\ A_2^{(2)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \qquad \textit{Eq. 3.1.24}$$

Para el primer modo y ajustando $A_1^{(1)} = 1$ en la ecuación *3.1.23*:

$$A_2^{(1)} = \frac{\omega_b{}^2 m}{k_s - \omega_b{}^2 m} = \frac{\omega_b{}^2}{\omega_s{}^2 - \omega_b{}^2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon}-1} = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \approx \varepsilon \qquad \textit{Eq. 3.1.25}$$

$$\{A^{(1)}\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ \varepsilon \end{Bmatrix} \qquad \textit{Eq. 3.1.26}$$

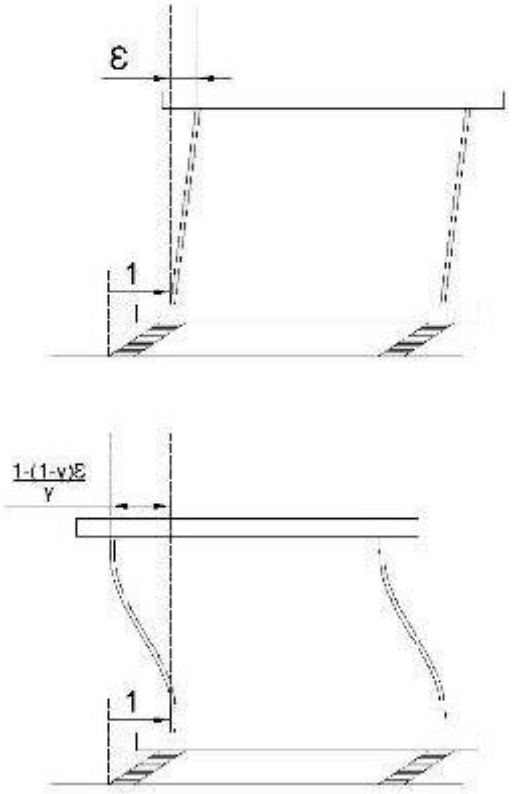
Para el segundo modo y ajustando $A_1^{(2)} = 1$ en la ecuación *3.1.24*:

$$A_2^{(2)} = \frac{k_b - \frac{\omega_s{}^2}{1-\gamma}M}{\frac{\omega_s{}^2}{1-\gamma}m} = \frac{(1-\gamma)\varepsilon - 1}{\gamma} \quad \textit{Eq. 3.1.27}$$

$$\{A^{(2)}\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -\left(\frac{1-(1-\gamma)\varepsilon}{\gamma}\right) \end{Bmatrix} \quad \textit{Eq. 3.1.28}$$

Figura 15

Modos de Vibración para una Estructura de una sola Planta



NOTAS: Modos de Vibración para una Estructura de una sola Planta

En la Figura 15 se observa en el primer modo de vibración a la estructura rígida, mientras que el sistema de aislación presenta flexibilidad. En la misma figura se muestra el segundo modo con un desplazamiento en la estructura casi de la misma magnitud que el desplazamiento en el sistema de aislación. En el primer modo de vibración se interpreta que el sistema de aislación funciona correctamente dado que reduce los desplazamientos en la estructura. En el

segundo modo de vibración, se entiende que, al tener mayores aceleraciones en la estructura, la cortante basal no aumentará.

Utilizando le método de superposición modal, los desplazamientos relativos con respecto del tiempo se pueden escribir de la siguiente manera:

$$v_b(t) = u_1(t)A_1^{(1)} + u_2(t)A_1^{(2)} \quad \textit{Eq. 3.1.29}$$

$$v_s(t) = u_1(t)A_2^{(1)} + u_2(t)A_2^{(2)} \quad \textit{Eq. 3.1.30}$$

Asumiendo que el amortiguamiento es lo suficientemente bajo como para que las propiedades de ortogonalidad de las formas modales se mantengan, las respuestas modales, $u_1(t)$ y $u_2(t)$, satisfacen las siguientes ecuaciones modales de movimiento.

$$M_1\ddot{u}_1 + C_1\dot{u}_1 + K_1u_1 = P_1(t) \quad \textit{Eq. 3.1.31}$$

$$M_2\ddot{u}_2 + C_2\dot{u}_2 + K_2u_2 = P_2(t) \quad \textit{Eq. 3.1.32}$$

Donde:

$$M_1 = \{A^{(1)}\}^T[M]\{A^{(1)}\} \qquad M_2 = \{A^{(2)}\}^T[M]\{A^{(2)}\}$$

$$C_1 = \{A^{(1)}\}^T[C]\{A^{(1)}\} \qquad C_2 = \{A^{(2)}\}^T[C]\{A^{(2)}\}$$

$$K_1 = \{A^{(1)}\}^T[K]\{A^{(1)}\} \qquad C_2 = \{A^{(2)}\}^T[K]\{A^{(2)}\}$$

$$P_1 = -\{A^{(1)}\}^T[M]\{r\}\ddot{u}_g \qquad P_2 = -\{A^{(2)}\}^T[M]\{r\}\ddot{u}_g$$

Se puede reescribir las ecuaciones 3.1.31 y 3.1.32 de la siguiente manera:

$$\ddot{u}_1 + 2\xi_1\omega_1\dot{u}_1 + {\omega_1}^2u_1 = -\alpha_1\ddot{u}_g \quad \textit{Eq. 3.1.33}$$

$$\ddot{u}_2 + 2\xi_2\omega_2\dot{u}_2 + {\omega_2}^2u_2 = -\alpha_2\ddot{u}_g \quad \textit{Eq. 3.1.34}$$

Donde ξ_1 y ξ_2 ratios de amortiguamiento modal y α_1 y α_2 son los factores de participación modal y se muestran a continuación:

$$\xi_1 = \frac{C_1}{2\omega_1 M_1} \qquad \xi_2 = \frac{C_2}{2\omega_2 M_2}$$

$$\alpha_1 = \frac{\{A^{(1)}\}^T [M]\{r\}}{M_1} \qquad \alpha_2 = \frac{\{A^{(2)}\}^T [M]\{r\}}{M_2}$$

Realizando las operaciones matriciales obtenemos los factores de participación modal α y los porcentajes de masa efectiva M^*:

$$\alpha_1 = 1 - \gamma\varepsilon \qquad \textit{Eq. 3.1.35}$$

$$M_1^* = {\alpha_1}^2 M_1 \approx M \quad \textit{Eq. 3.1.36}$$

$$\alpha_2 = \gamma\,\varepsilon \quad \textit{Eq. 3.1.37}$$

$$M_2^* = {\alpha_2}^2 M_1 \approx M\,\frac{(1-\gamma)[1-2\varepsilon(1-\gamma)]}{\gamma} \textit{Eq. 3.1.38}$$

De la ecuación 3.1.37 se deduce que el sistema de aislación es efectivo, debido a que en el segundo modo la estructura es la que se ve afectada y este tiene un orden de magnitud de ε.

A continuación, determinamos las ratios de amortiguamiento modal:

$$\xi_1 = \frac{\{A^{(1)}\}^T [C]\{A^{(1)}\}}{2\omega_1 M_1} = \xi_b\left(1 - \frac{3}{2}\gamma\varepsilon\right) \qquad \textit{Eq. 3.1.39}$$

$$\xi_2 = \frac{\{A^{(2)}\}^T [C]\{A^{(2)}\}}{2\omega_2 M_2} = \frac{\xi_s}{\sqrt{1-\gamma}} + \frac{\gamma\xi_b\sqrt{\varepsilon}}{\sqrt{1-\gamma}} \qquad \textit{Eq. 3.1.40}$$

El primer ratio de amortiguamiento modal, ecuación 3.1.39, corresponde al sistema de aislación, el cuál es muy similar al amortiguamiento que brinda el aislador. Se observa en la ecuación 3.1.40, la cual corresponde al ratio de amortiguamiento modal de la estructura, un incremento producido por el amortiguamiento de la interfaz de aislación. Esto demuestra que,

al aumentar el amortiguamiento en el sistema de aislación, el amortiguamiento en los modos de la estructura será considerable, afirmando así el beneficio de los aisladores en una estructura.

3.2 Teoría del Comportamiento Lineal de uno de los tipos de Disipadores de Energía.

La presente investigación se centrará en el diseño de una estructura con aisladores de fluido viscoso, usando la ecuación de la energía mostrada:

$$E_I = E_k + E_s + E_h + E_d$$

Donde:

E_I: Energía ingresada del sismo.

E_k: Energía cinética.

E_s: Energía de deformación elástica recuperable.

E_h: Energía histerética irrecuperable

E_d: Energía disipada por la capacidad de amortiguamiento estructural y/o los amortiguadores viscosos.

El ratio de amortiguamiento efectivo de las estructuras con amortiguadores viscosos lineales, se calcula considerando un sistema de un solo grado de libertad equipado con un amortiguador viscoso bajo un desplazamiento sinusoidal impuesto:

$$x(t) = x_0 sen(\omega t)$$

Donde:

$x(t)$: Desplazamiento del sistema y del amortiguador.

x_0: Amplitud del desplazamiento.

ω: Frecuencia del sistema.

La fuerza medible generada como respuesta es:

$$P(t) = P_0 sen(\omega t + \delta)$$

Donde:

$P(t)$: Fuerza respuesta del sistema.

P_0: Amplitud de la fuerza.

δ: Ángulo de fase.

La energía disipada por el amortiguador será:

$$W_D = \oint F_D \, du$$

Donde:

F_D: Fuerza de amortiguamiento y es igual a: $F_D = C_L \dot{x}$

C_L: Constante de amortiguamiento viscoso lineal.

$\dot{x}$: Velocidad del sistema y del amortiguador.

Reemplazando:

$$W_D = \oint C_L \dot{x} \, dx = \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} C_L \dot{x}^2 dt$$

$$W_D = C_L {x_0}^2 \omega^2 \int_0^{2\pi} \cos^2 \omega t \; d(\omega t)$$

$$W_D = \pi C_L {x_0}^2 \omega$$

Reconociendo que el ratio de amortiguamiento añadido por el amortiguador puede ser expresado como: $\xi_d = \frac{C_L}{C_{cr}}$, se obtiene:

$$W_D = \pi C_L {x_0}^2 \omega = \pi \xi_d C_{cr} {x_0}^2 \omega = 2\pi \xi_d \sqrt{Km} {x_0}^2 \omega$$

$$W_D = 2\pi \xi_d K {x_0}^2 \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$W_D = 2\pi\xi_d W_s \frac{\omega}{\omega_0}$$

Donde:

C_{cr} Coeficiente de amortiguamiento crítico del sistema.

$K:$ Rigidez del sistema.

$m:$ Masa del sistema.

$\omega_0:$ Frecuencia natural del sistema.

W_D: Energía de deformación elástica del sistema.

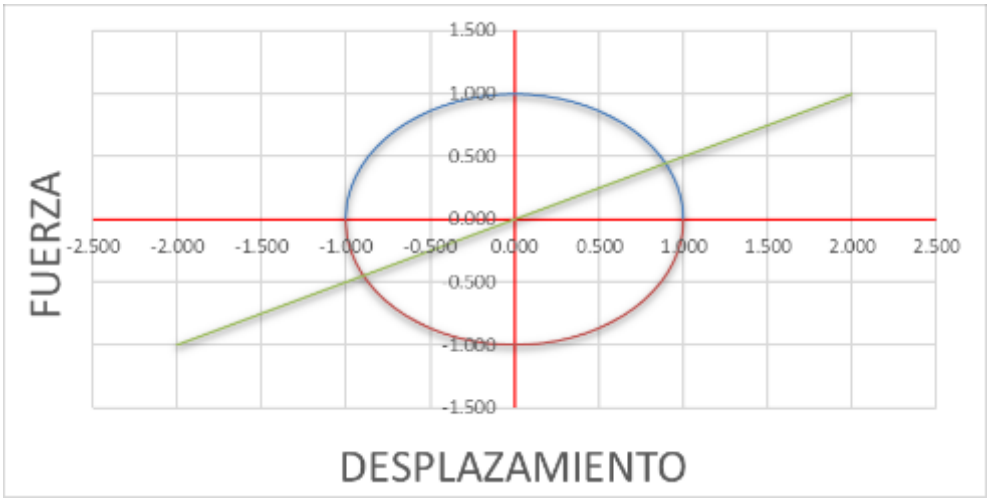
$$\xi_d = \frac{W_D}{2\pi W_s}\frac{\omega_0}{\omega}$$

Bajo las acciones de sismo, ω es igual a ω_0 y le ecuación queda reducida a:

$$\xi_d = \frac{W_D}{2\pi W_s}$$

Gráfico 1

Ciclo de movimiento armónico y Deformación de un sistema de un solo grado de libertad con amortiguadores.



NOTA: Elaboración propia.

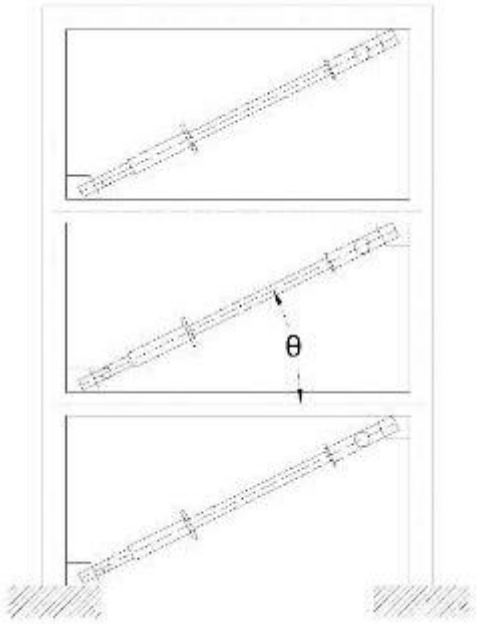
En la figura 3.3.1 se define que el área dentro de la elipse representa la Energía Disipada W_D y el área bajo la línea es la Energía de Deformación Máxima W_s de un sistema con un solo grado de libertad con amortiguadores.

Considerando un sistema de múltiples grados de libertad como el que se muestra en la figura 3.3.2, el factor de amortiguamiento efectivo del sistema ξ_{eff}, es definido por:

$$\xi_{eff} = \xi_0 + \xi_d$$

Figura 16

Modelo de múltiples grados de libertad de una estructura con amortiguadores viscosos.



NOTA: Elaboración propia.

Donde:

ξ_0: Factor de amortiguamiento inherente.

ξ_d: Factor de amortiguamiento viscoso atribuido a la adición de amortiguadores.

La siguiente ecuación es usada por el FEMA273 para representar ξ_d:

$$\xi_d = \frac{\sum W_j}{2\pi W_k}$$

Donde:

$\sum W_j$: Suma de la energía disipada por los amortiguadores j del sistema en un ciclo.

W_k: Es la energía de deformación elástica del pórtico, la cual es igual a $\sum F_i \, \Delta_i$, donde F_i es la cortante de piso y Δ_i es el desplazamiento relativo de piso.

La energía disipada por los amortiguadores viscosos puede ser expresada como:

$$\sum_j W_j = \sum_j \pi C_j {u_j}^2 \omega_0 = \frac{2\pi^2}{T} \sum_j C_j {u_j}^2$$

Donde:

u_j: Es el desplazamiento axial del amortiguador.

Evidencias experimentales han mostrado que si el ratio de amortiguamiento de la estructura aumenta, las respuestas modales más altas de la estructura disminuirán. Usando el método de la energía de deformación modal, la energía disipada por los amortiguadores y la energía de deformación elástica provista por el pórtico analizado, puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\sum_j W_j = \frac{2\pi^2}{T} \sum_j C_j \phi^2 cos^2 \theta_j$$

$$W_k = \Phi_1^T [K] \Phi_1 = \Phi_1^T \omega^2 [m] \Phi_1 = \sum_i \omega^2 m_i \phi_i^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} \sum_i m_i \phi_i^2$$

Donde:

$[K]$: Matriz de rigidez del sistema.

$[m]$: Matriz de masa acumulada.

Φ_1: Primer modo de vibración del sistema.

ϕ_{rj}: Es el desplazamiento horizontal relativo del amortiguador *j* correspondiente al primer modo de vibración.

ϕ_i: Es el desplazamiento del primer modo de vibración en el piso *i.*

θ_j: Es el ángulo de inclinación del amortiguador

Reemplazando las ecuaciones, el ratio de amortiguamiento efectivo de la estructura con amortiguadores viscosos lineales está dada por:

$$\xi_{eff} = \xi_0 + \frac{\frac{2\pi^2}{T}\sum_j C_j\, \phi_{rj}^2 cos^2\theta_j}{2\pi \frac{2\pi^2}{T^2}\sum \quad m_i\, \phi_i^2}$$

$$\xi_{eff} = \xi_0 + \frac{T\sum_j C_j\, \phi_{rj}^2 cos^2\theta_j}{4\pi \sum_i m_i\, \phi_i^2}$$

CAPÍTULO IV

4. Normativas

4.1 Normas que Rigen el Diseño de los Aisladores Sísmicos y Disipadores de Energía.

Las normas que se utilizan para el cálculo y diseño de aisladores y disipadores de energía son varias. En la presente tesis desarrollaremos las más relevantes y significativas para el uso de estos elementos en nuestro país.

4.1.1 UBC (Uniform Building Code)

La UBC fue publicada en 1927 y estuvo dirigida principalmente a la seguridad pública y proveer de requerimientos estandarizados para la construcción segura.

La actualización de las ediciones de esta norma se dio aproximadamente cada 3 años hasta 1997, la cual fue la edición final de este código. La UBC fue reemplazada en el año 2000 por el International Building Code (IBC) publicado por el International Code Council (ICC). Esta nueva institución se dedicó a proveer estándares consistentes para obtener construcciones seguras. Es principalmente usado en Estados Unidos.

El IBC dio alcances para el diseño de aisladores en su edición del año 2000, sin embargo, en las próximas ediciones que publicó ya no se encontraba este capítulo, dando como referencia para el cálculo y diseño de estructuras con aisladores a la ASCE-SEI 7-10.

Algunas de las definiciones y tablas usadas en la UBC-97 son tomadas como referencia en las normas que a continuación se describirán.

4.1.2 FEMA (Federal Emergency Management Agency)

Agencia Federal para la Gestión de Emergencias o FEMA es la agencia del Gobierno de los Estados Unidos que da respuesta a huracanes, terremotos, inundaciones y otros desastres naturales. Esta agencia se encargó en su publicación número 273 de divulgar el trabajo de

Building Seismic Safety Council (BSSC) para lidiar con la regularización de la mitigación de riesgos sísmicos en edificaciones.

En el año 2015 en conjunto con el National Earthqueake Hazards Reduction Program, se publica una nueva edición.

Esta norma muestra los procedimientos de análisis y diseño de estructuras con aislación sísmica y disipación de energía.

4.1.3 ASCE (American Society of Civil Engineers)

La American Society of Civil Engineers (ASCE) es un colegio profesional fundado en 1852 que representa a ingenieros civiles de todo el mundo. Es la más antigua de las sociedades de ingeniería en los Estados Unidos. La visión de ASCE es tener ingenieros posicionados entre los líderes mundiales que luchen por conseguir una mejor calidad de vida. Su sede está en Reston, Virginia.

Para poder tener un mayor alcance de los códigos que rigen el análisis y diseño de estructural con aisladores sísmicos, debemos hablar en conjunto con el ASCE sobre el Structural Engineering Institute (SEI), el cual fue establecido en 1996 y se dedica a la estimulación de mejoras en tecnología y práctica profesional de los ingenieros, generando coordinación y buen entendimiento entre el campo académico y practico en ingeniería.

Esta norma servirá de soporte en la presente tesis ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.

4.1.4 REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES E.031.

Como indica la Plataforma Digital Única del Estado “El RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) es la **norma técnica de cumplimiento obligatorio** por todas las entidades públicas, así como por las personas naturales y jurídicas de derecho privado que proyecten o ejecuten habilitaciones urbanas y edificaciones en el territorio nacional del Perú” (Ministerio

de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021, párr. 01). Esta norma está vigente desde noviembre del año 2019 y tiene en sus escritos la norma E.031 correspondiente al AISLAMIENTO SÍSMICO.

Esta será la norma que se utilizará para el desarrollo de la presente tesis E.031.

CAPÍTULO V

5. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS SÍSMICO DE AISLADORES

5.1 Introducción al Análisis de Estructuras con Aisladores Sísmicos.

Podemos describir un sistema de energía en una estructura sometida a sismo de la siguiente manera:

$$EC \quad + EDis + ED = ES \quad Eq.\ 5.1.1$$

$$EDis = EV + EH \quad Eq.\ 5.1.2$$

Donde:

EC: Energía cinética

$EDis$: Energía disipada

ED: Energía de deformación

ES: Energía sísmica

EV: Energía viscosa

EH: Energía histerética

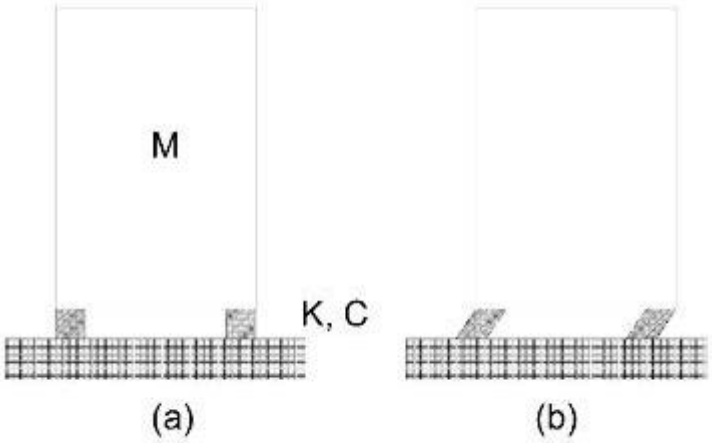
En la ecuación Eq. 5.1.1 las variables *EC* y *ED* son las porciones de energía que son recuperables, mientras que las variables *EV* y *EH* son las porciones de energía disipada. En las estructuras con base fija, la energía sísmica que ingresa *ES*, para el caso de sismos pequeños, es disipada por la energía viscosa *EV*, mientras que, para el caso de sismos de mayor magnitud, se disipa por medio de la energía histerética EH, dado que no toda la energía sísmica ingresada en el sistema puede ser disipada por la energía viscosa. Si la estructura ha sido diseñada para tener suficiente ductilidad, entonces puede sufrir deformaciones plásticas en ciertas juntas, miembros o componentes, de manera tal que se disipe la energía en las formas anteriormente

mencionadas, con la finalidad de evitar el colapso. Este el concepto tradicional de diseño para estructuras de base fija.

Las características dinámicas para un edificio de base aislada pueden ser modeladas como una estructura de un solo nivel con aislamiento en la base como se muestra en la figura 5.1.1.

Figura 17

Estructura aislada en posición inicial (a) y deformada (b).



NOTA: Elaboración propia.

Asumiendo que la masa M y la rigidez K del edificio es mucho mayor que la de los aisladores, podemos simular un sistema de un solo grado de libertad, cuya formula de movimiento está dada por:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -M\ddot{u}_g \quad Eq.\ 5.1.3$$

Donde:

M: Masa de la estructura.

C: Amortiguamiento del sistema de aislación.

K: Rigidez del sistema de aislación.

$\ddot{u}$: Aceleración de la estructura.

$\dot{u}$: Velocidad de la estructura.

u: Desplazamiento de la estructura

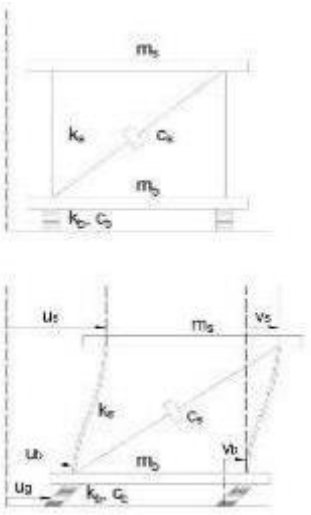
$\ddot{u}_g$: Aceleración del suelo.

Retomando al Eq. 3.1.7:

$$\begin{bmatrix} M & 0 \\ 0 & m_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{v}_b \\ \ddot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{v}_b \\ \dot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} v_b \\ v_s \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} M & 0 \\ 0 & m_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \ddot{u}_g \quad \textit{Eq. 3.1.7}$$

Figura 18

Sistema de Aislación Sísmica Linear para una Estructura de una sola Planta



NOTA: Elaboración propia.

Podemos definir los siguientes criterios, adecuando a la norma peruana E.031.

$$M = m_s + m_b$$

$$\omega_b = \frac{2\pi}{T_b} = \frac{K_b}{M}$$

$$\beta_b = \frac{C_b}{2M\omega_b}$$

5.2 Consideraciones Generales

Para tener una visión más amplia de lo que significa el amortiguamiento en la estructura, usaremos de referencia la TABLA 3 del libro *Earthquake Spectra and Design (Newmark y Hall, 1982):*

Tabla 2

RECOMMENDED DAMPING VALUES Earthquake Spectra and Design (Newmark y Hall)

TABLE 3. RECOMMENDED DAMPING VALUES

Stress Level	Type and Condition of Structure	Percentage Critical Damping
Working stress, no more than about 1/2 yield point	·Vital piping.	1 to 2
	·Welded steel, prestressed concrete, well reinforced concrete (only slight cracking).	2 to 3
	·Reinforced concrete with considerable cracking.	3 to 5
	·Bolted and/or riveted steel, wood structures with nailed or bolted joints.	5 to 7
At or just below yield point	·Vital piping.	2 to 3
	·Welded steel, prestressed concrete (without complete loss in prestress).	5 to 7
	·Prestressed concrete with no prestress left.	7 to 10
	·Reinforced concrete.	7 to 10
	·Bolted and/or riveted steel, wood structures, with bolted joints	10 to 15
	·Wood structures with nailed joints.	15 to 20

NOTA: Adaptada de Earthquake Spectra and Design (p. 54) por Newmark N. M. and Hall W. J. (1982). Earthquake Engineering Research Institute.

Figura 19

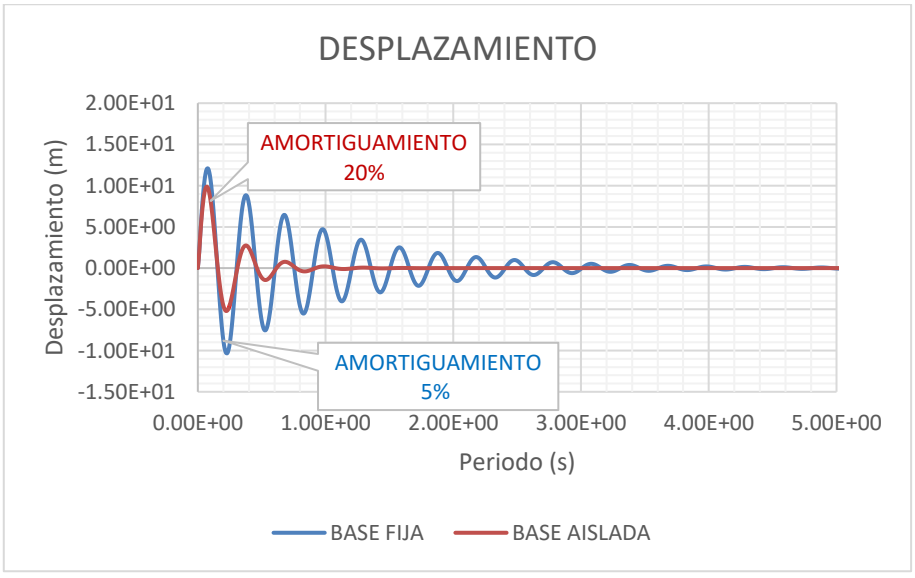
Desplazamiento de la estructura de Base Aislada y de Base Fija sometida a un registro sísmico.



NOTA: Elaboración propia.

Gráfico 2

Desplazamiento de la estructura con amortiguamiento de 5% y de una estructura con amortiguamiento del 20%. (modificar el termino de base aislada y base fija, dado que solo es una estructura con el amortiguamiento modificado)



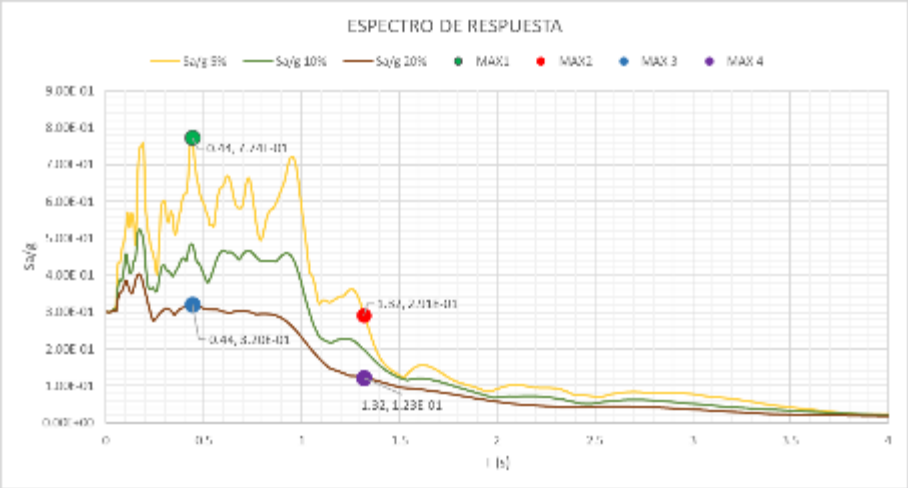
NOTA: Elaboración propia.

En la representación de la figura *gráfico 02* que muestra cómo se verían los desplazamientos en un sismo tanto para la estructura de base fija como para la estructura de base aislada, podemos observar que cuando la estructura se encuentra empotrada en el suelo, sin un sistema

de aislación, tiene deformaciones en todos sus niveles, mientras que cuando la aislamos del suelo, estas deformaciones son mucho menores. Establecido este punto desde la perspectiva del desplazamiento de las estructuras, podemos analizar el gráfico *Graf. 5.2.1*, el mismo que nos muestra los desplazamientos en función del periodo de la estructura y claramente se observa que, para el caso de una estructura, cuyo amortiguamiento es del 5% en caso esta sea de concreto armado obtenemos desplazamientos con una muy baja tendencia a reducir conforme el periodo es más alto, sin embargo al analizar la misma gráfica pero para una estructura con un amortiguamiento de 20%, podemos inducir que el desplazamiento decrece considerablemente conforme aumenta el periodo de la estructura.

Gráfico 3

Pseudo aceleración normalizada con la gravedad vs el periodo en segundos, utilizando el sismo de Arequipa bajo el método de las 8 constantes para la elaboración de espectros.



NOTA: Elaboración propia.

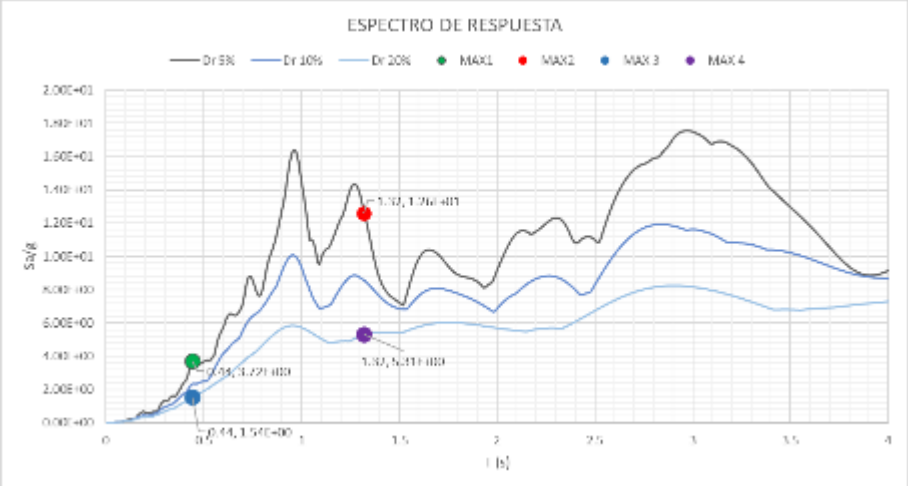
En la gráfica *gráfico 03* mostramos en color verde y azul los puntos para un periodo 0.44 segundos, dado que este es el pico máximo para el espectro modelado, teniendo en cuenta que está amortiguado en un 5% (línea amarilla) como las estructuras de concreto armado convencionales y 20% (línea marrón) como las estructuras con aislamiento en la base y nos

arroja unos valores de 0.774 Sa/g y 0.32 Sa/g respectivamente, que es la pseudo aceleración normalizada con la gravedad, esta sería la meseta de un espectro normalizado según los códigos de diseño sismorresistente. En color rojo y color morado se muestran los valores para un periodo de 1.32 segundos, el triple del valor de los puntos anteriores, que nos da unos valores de pseudo aceleración iguales a 0.291 Sa/g y 0.123 Sa/g, mucho menores que los anteriores, demostrando así que, en una estructura de base aislada con periodos mayores que el de una estructura de base fija se obtienen pseudo aceleraciones mucho más bajas, que al final de cuentas son las que usamos para calcular los desplazamientos y esfuerzos de diseño.

De la misma gráfica se puede deducir que el aumento del amortiguamiento en las estructuras de base aislada, reduce los valores para las pseudo aceleraciones.

Gráfico 4

Desplazamientos de la estructura en centímetros vs el periodo en segundos.



NOTA: Elaboración propia.

En el gráfico *04* podemos ver que para los mismos valores de periodo tomados para el gráfico anterior obtenemos que, para una estructura de concreto armado convencional con un amortiguamiento del 5% en caso de base fija y del 20% en caso de base aislada, conseguimos

valores de 3.72 cm y 1.54 cm respectivamente, mientras que al calcular los resultados de un periodo mayor, propiedad del modo fundamental del sistema de aislamiento, obtenemos valores de 12.6 y 5.31 cm respectivamente, dejando en evidencia que para estructuras con aislamiento en la base cuyos periodos son aproximadamente más del triple que de una estructura fija debido a las propiedades mecánicas de los dispositivos, obtenemos desplazamientos mayores que se ven reducidos por la cantidad de amortiguamiento que se la añade al sistema, en este caso es el cuádruple de las estructuras convencionales.

Esto nos deja entendido las siguientes expresiones a tener en cuenta para el diseño de estructuras con aislamiento en la base:

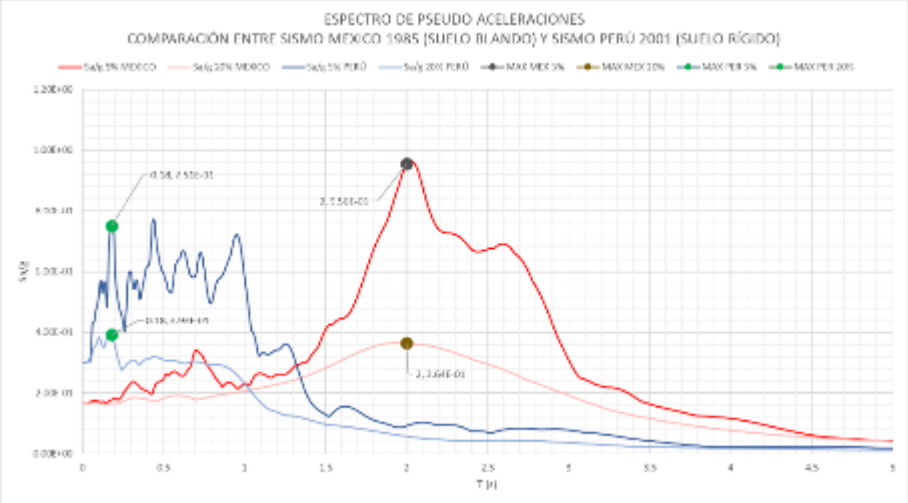
$$T_b = T_{AISLADO} \geq 3T_{BASE\ FIJA} = 3T$$

$$\beta_b = \beta_{AISLADO} \geq \beta_{BASE\ FIJA} = \beta$$

Con estas gráficas podemos inferir en que es lo que hace exactamente el sistema de aislación en las estructuras, reducir la demanda de esfuerzos y desplazamientos mediante el incremente del periodo y del amortiguamiento, sin embargo, esto no sucede así cuando trabajamos sobre suelos blandos, dado que estos espectros tienen la peculiaridad de tener pseudo aceleraciones mayores cuando el periodo aumenta, como se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico 5

Espectro De Pseudo Aceleraciones Comparación Entre Sismo México 1985 (Suelo Blando) Y Sismo Perú 2001 (Suelo Rígido)



NOTA: Elaboración propia.

De la gráfica *05* podemos observar que para un periodo de 0.18 segundos, una estructura convencional de concreto armado obtiene pseudo aceleraciones iguales a 0.7.51 Sa/g y 0.393 Sa/g para los amortiguamientos del 5% y 20% respectivamente. Esto en el caso del sismo de Perú, en el caso del sismo de México, al amentar el periodo de la estructura, que para lo que se muestra en la gráfica es 2 segundos, las pseudo aceleraciones aumentan en el caso de u amortiguamiento del 5% a 0.956 Sa/g y para el caso del amortiguamiento del 20% que hace referencia a una estructura aislada, se mantiene con una muy baja variación en comparativa con su similar de Perú 0.364 Sa/g.

Esto nos da como conclusión que, para estructuras en suelo blando como los arcillosos, el uso de aisladores no es conveniente por lo expuesto y nos deja como precaución, realizar un estudio de sitio para obtener y prevenir que la zona en la cual estemos diseñando, sea optimo para el correcto uso de los sistemas de aislación.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, y basándonos en los criterios de la norma peruana E031, podemos construir un espectro de diseño para edificaciones con aislamiento en la base, teniendo en cuenta las siguientes variables:

$$S_{aM} = 1.5ZUCS$$

$$T < 0.2T_P \rightarrow C = 1 + 7.5\left(\frac{T}{T_P}\right) \ldots\ldots 0.2T_P < T < T_P \rightarrow C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \rightarrow C = 2.5\left(\frac{T_P}{T}\right) \ldots . T > T_L \rightarrow C = 2.5\left(\frac{T_P \,.\, T_L}{T^2}\right)$$

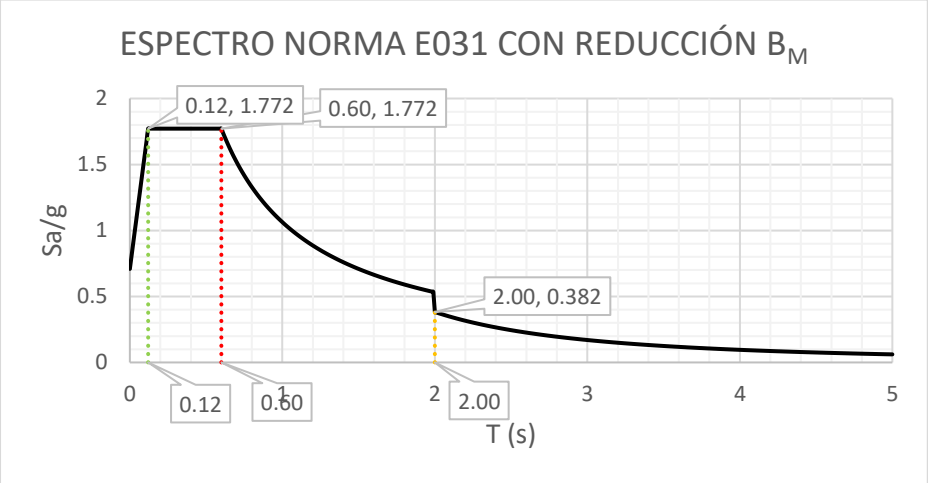
Tabla 3

Tabla Nº5. Factor de amortiguamiento B_M

Z	0.45
U	1
C	
S	1.05
R	1
B_M	1.5
T_p	0.6
T_L	2.0
$0.2T_p$	0.12

Gráfico 6

Espectro según norma peruana E031



NOTA: Elaboración propia.

De la gráfica 06 verificamos que las estructuras con aisladores en la base, al tener un mayor periodo, se les considera una pseudo aceleración menor dado que están corregidas por la variable B_M que es determinada por medio de la Tabla Nº5 del R.N.E. E031 ubicando el amortiguamiento efectivo β_M.

5.3 Evaluación de nivel de peligro sísmico

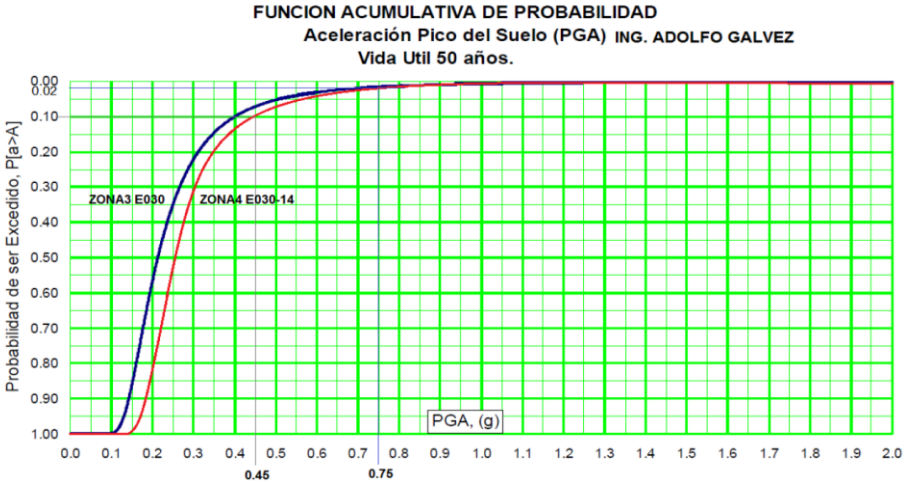
En la fórmula para el cálculo de pseudo aceleraciones, la norma nos indica que debemos ampliar el valor 1.5 veces y esto hace referencia a la relación que existe entre el Sismo Máximo Considerado (SMC) y el Sismo de Diseño (SD);

$$\frac{SMC}{SD} = 1.5$$

Este valor esta definido para que el SMC tenga una vida útil de 50 años en base a un periodo de retorno de 2475 que se dará con una probabilidad de excedencia del 2%, mientras que el SD tiene una útil de 50 años, asociado a un periodo de retorno de 475 años con una probabilidad de excedencia del 10%.

Gráfico 7

Función acumulativa de probabilidad Aceleración Pico del Suelo Ing. Adolfo Gálvez.



NOTA: Extraído de la investigación del Ing. Adolfo Gálvez.

En el gráfico 07 podemos observar la Probabilidad de ser excedido en función de la Aceleración pico del suelo en PGA, teniendo en cuenta las condiciones anteriores mencionadas y buscando el valor del 2% (0.02 en la gráfica) obtenemos que el valor de PGA para el diseño debe ser de 0.75, valor que nos servirá para escalar las aceleraciones del suelo en cada uno de los registros que decidamos utilizar para el análisis.

5.4 Métodos de diseño

5.4.1 Procedimiento de Fuerzas Estáticas Equivalentes

Según la normativa del R.N.E. 031 a la que regimos la presente tesis, tenemos los siguientes procedimientos para calcular los desplazamientos, fuerzas mínimas y características de deformación para el sistema de aislamiento.

PASO 01:

Se escoge uno de los periodos $T_{Base_{Fija}}$, bajo el criterio del mayor de los ejes calculados para obtener un periodo de estructura aislada T_M:

$$T_M = 3\ \left(T_{Base_{Fija}}\right) \qquad Eq.\ 5.4.1.1$$

PASO 02:

Realizamos el cálculo de la pseudo aceleración considerando el Sismo Máximo Esperado S_{aM}, para ello debemos tener en cuenta que nuestra constante de amplificación sísmica debe estar calculada para el periodo aislado, luego asignamos un valor de amortiguamiento β_M para que ingresando a la tabla N°5 del reglamento, obtengamos un Factor de Amortiguamiento B_M o podemos aplicar la ecuación 5.4.1.3. Esto con la finalidad de poder calcular un Desplazamiento Traslacional del sistema de aislamiento:

$$S_{aM} = 1.5\ Z\ U\ C\ S\ g \quad Eq.\ 5.4.1.3$$

$$B_M = \left(\frac{\beta_M}{5\%}\right)^{0.3} \quad Eq.5.4.1.3$$

$$D_M = \frac{S_{aM}\, {T_M}^2}{4\,\pi^2\, B_M} \quad Eq.5.4.1.4$$

PASO 03:

Calculamos la rigidez del sistema K_M considerando la masa total $M_t = m_s + m_b$ que considera la masa de la superestructura y del sistema de aislamiento y dividido entre el nnúmero de aisladores N obtenemos la rigidez efectiva K_{eff} de cada uno de ellos.

$$K_M = \left(\frac{2\,\pi}{T_M}\right)^2 M_t \quad Eq.5.4.1.5$$

$$K_{eff} = \frac{K_M}{N} \quad Eq.5.4.1.6$$

PASO 04:

Procedemos a calcular el Desplazamiento Total de un Elemento del Sistema de Aislamiento D_{TM}

$$D_{TM} = D_M\,(1 + \left(\frac{y}{P_T^2}\right)\left(\frac{12\,e}{b^2 + d^2}\right)) \quad Eq.5.4.1.7$$

$$P_T = \frac{1}{r_a}\sqrt{\frac{\sum(x^2 + y^2)}{N}} \quad Eq.5.4.1.8$$

$$r_a = \frac{1}{12}\sqrt{b^2 + d^2} \quad Eq.5.4.1.9$$

Tener en cuenta que los valores para x y para y son las posiciones de los aisladores en planta y que los valores para b y para d son los valores de las dimensiones en planta.

Debemos priorizar que el valor de D_{TM} debe ser mayor a, de lo contrario se tomará este último valor:

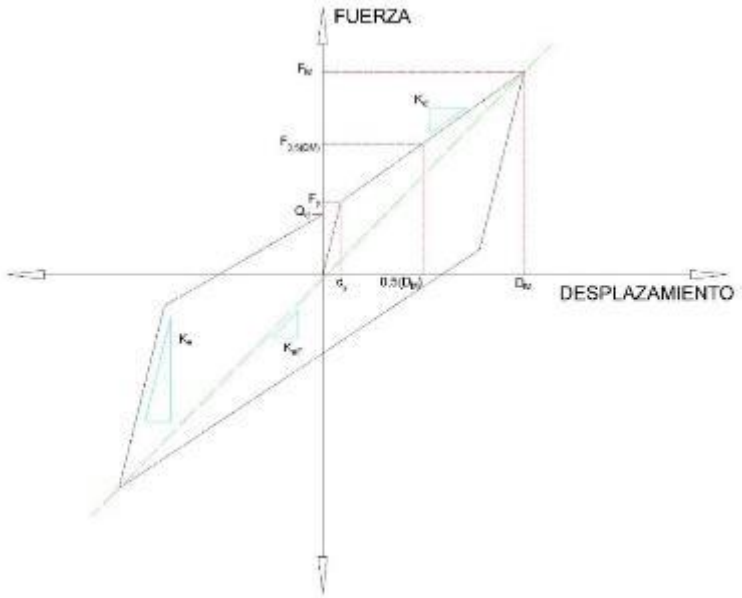
$$D_{TM} \geq 1.15\, D_M$$

PASO 05:

Utilizando la gráfica de comportamiento histerética para el sistema, el cual nos muestra las propiedades nominales del modelo bilineal fuerza-deformación del aislador, procedemos a deducir las fuerzas y desplazamientos siguientes:

Gráfico 8

Propiedades nominales del modelo bilineal fuerza-deformación del aislador



NOTA: Elaboración propia.

Aplicamos la ecuación de la recta teniendo en cuenta las variables conocidas:

$$y_1 - y_0 = \mathrm{m}\,(x_1 - x_0)$$

Partiremos desde la suposición de que la Rigidez Elástica K_e es mayor α veces que la Rigidez Secundaria de Post Fluencia K_d:

$$K_e = \alpha\, K_d \quad Eq.5.4.1.10$$

Con esto dicho y haciendo uso de la ecuación de la recta, definimos primero el área de la curva como la energía disipada por los aisladores:

$$EDC = 4\, Q_d\, (\, D_M - d_y)\;\; Eq.5.4.1.11$$

Donde $\boldsymbol{d_y}$ es el desplazamiento de fluencia y puede hallarse con la siguiente expresión:

$$\mathrm{d_y} = \frac{1}{2}\left(-\left(\frac{\pi\, \beta_M\, \mathrm{D_M}}{2} - \mathrm{D_M}\right) - \sqrt{\left(\frac{\pi\, \beta_M\, \mathrm{D_M}}{2} - \mathrm{D_M}\right)^2 - \frac{2\, \pi\, \beta_M\, \mathrm{D_M}^2}{\alpha - 1}} \right) \;\; \mathrm{Eq.\,5.4.1.12}$$

$$K_d = \frac{K_M\, D_M}{D_M + (\alpha - 1)\, d_y} \quad Eq.5.4.1.13$$

Definimos también la fuerza de fluencia $\boldsymbol{F_y}$:

$$F_y = K_e\, d_y \quad Eq.5.4.1.14$$

Para la ecuación 5.4.1.11 definimos $\boldsymbol{Q_d}$ es la fuerza requerida para activar el sistema de aislamiento y se define con la siguiente expresión:

$$Q_d = \; d_y\, K_d\, (\alpha - 1) \quad Eq.5.4.1.15$$

Definimos la variable F_M como la fuerza sísmica lateral del sistema de aislamiento o también como la Fuerza cortante total en el sistema de aislamiento sísmico o en los elementos bajo el nivel de aislamiento V_b:

$$V_b = F_M = K_M\, D_M \quad Eq.5.4.1.16$$

PASO 06: Fuerzas Laterales Mínimas para el diseño según NORMA E031

Procedemos con el cálculo de la fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos encima del nivel de aislamiento

$$V_{st} = V_b\, (\frac{m_s}{M_t})^{1-2.5\;\beta_M} \quad Eq.5.4.1.17$$

Calculamos la fuerza de corte mínima:

$$V_s = \frac{V_{st}}{R_a} \quad V_s > V_f \; y \; V_s > 1.5Q_d \quad Eq.5.4.1.18$$

$$R_a = \frac{3}{8}R \qquad 1 < R_a < 2$$

$$V_f = \frac{Z\ U\ C\ S}{R}\ m_s\ g$$

Cálculo de la fuerza de restitución lateral y verificamos que sea mayor que 2.5% del peso de la estructura

$$F_r = F_{DM} - F_{0.5DM} = V_b - \left(Q_d + K_d \frac{D_M}{2}\right) \quad F_r > 2.5\%P \quad Eq.5.4.1.19$$

Por último, verificamos el amortiguamiento asignado:

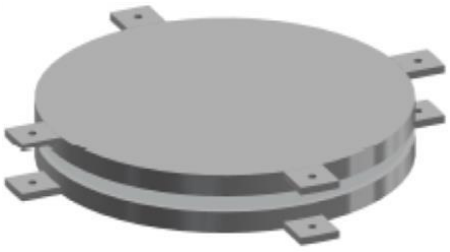
$$\beta_M = \frac{EDC}{2\ \pi\ K_M\ {D_M}^2} \quad Eq.5.4.1.20$$

5.5 Tipos de aisladores a utilizar

5.5.1 Deslizadores Friccionantes.

Figura 20

Aislador Friccionante



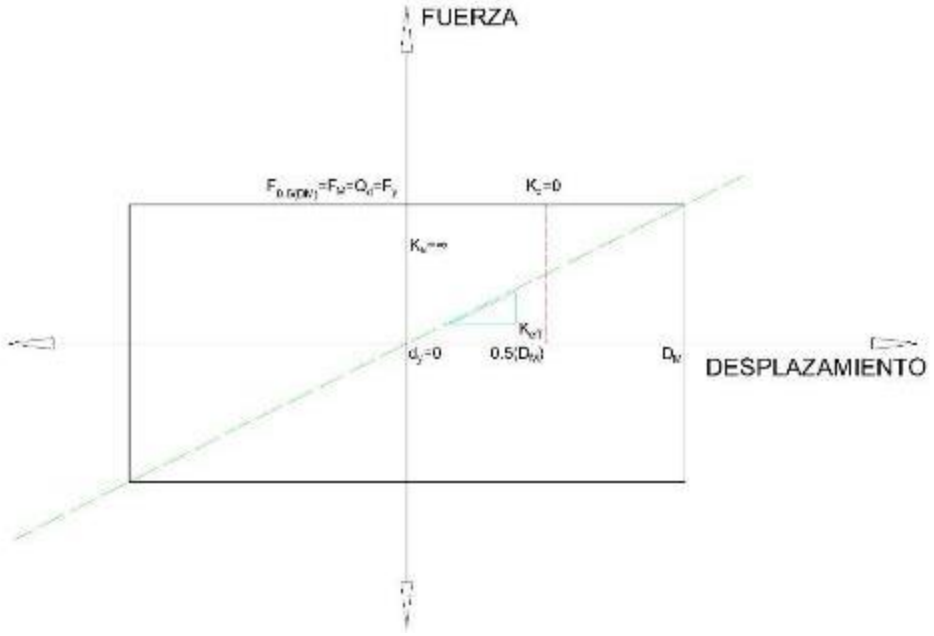
Los deslizadores Friccionantes tienen como principal función reducir la rigidez lateral del edificio, ellos no tienen curvatura en ninguna de sus partes y ni siquiera tienen tope. La restitución a estos elementos se los da el aislador de goma y poseen un alto amortiguamiento.

Como se mencionó, no tienen restitución, se debe prever el levantamiento de estos elementos y tienen muy poca capacidad de carga axial.

A continuación, se deducen las propiedades del deslizador Friccionante teniendo en cuenta su gráfica de modelo bilineal fuerza-deformación:

Gráfico 9

Propiedades nominales del modelo bilineal fuerza-deformación del Deslizador Friccionante.



NOTA: Elaboración propia.

$$Q_d = F_y = \mu\, P \quad Eq.\,5.5.1.1$$

De la ecuación 5.5.1.1 definimos las variables P como el peso que recibe y μ como el coeficiente de fricción.

$$\beta = \frac{EDC}{4\,\pi\,E_e}$$

$$E_e = \frac{D_M\,F_y}{2}$$

$$EDC = 4\,F_y\,D_M$$

$$\beta = \frac{4\,F_y\,D_M}{4\,\pi\,\frac{D_M\,F_y}{2}}$$

$$\beta = \frac{2}{\pi} = 63.33\%\ Eq.5.5.1.2$$

Para el cálculo de la fuerza de restitución:

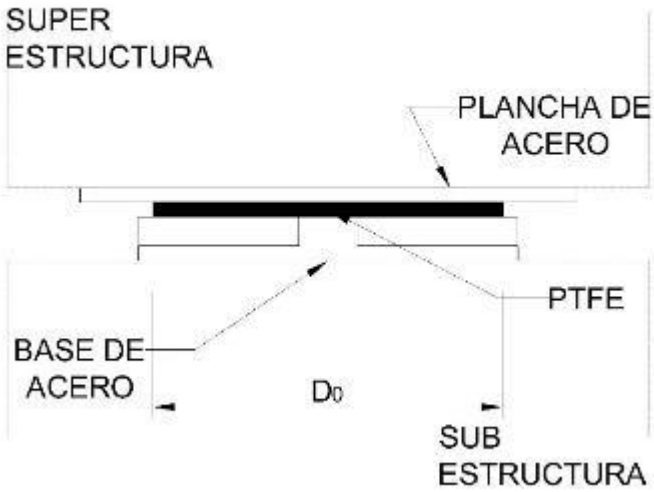
$$F_r = F_{0.5DM} - F_M = 0 \quad Eq.5.5.1.2$$

Para el cálculo de la rigidez efectiva:

$$K_{eff} = \frac{F_y}{D_M} \quad Eq.5.5.1.3$$

Figura 21

Gráfico de deslizador

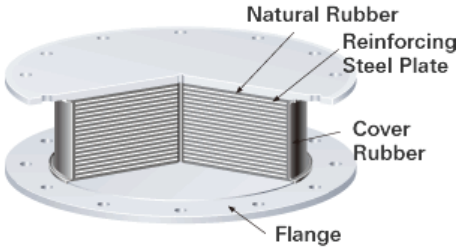


NOTA: Elaboración propia.

5.5.2 Aisladores de Caucho Sintético de Bajo Amortiguamiento (NATURAL RUBBER BEARING NRB)

Figura 22

Aislador de Caucho Sintético de Bajo Amortiguamiento.

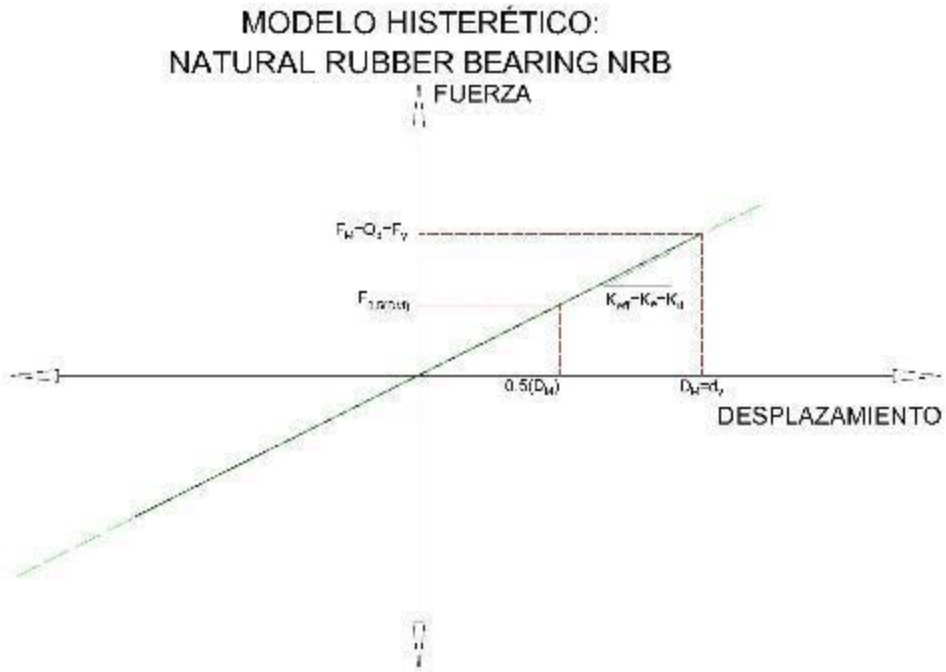


Estos elementos tienen un bajo amortiguamiento, del orden de 2% a 3% y su característica principal es que se activan con sismos moderados.

A continuación, se deducen las propiedades del deslizador Friccionante teniendo en cuenta su gráfica de modelo bilineal fuerza-deformación:

Gráfico 10

Propiedades nominales del modelo bilineal fuerza-deformación del Deslizador Friccionante.



NOTA: Elaboración propia.

$$F_M = Q_d = F_y \quad Eq.5.5.2.1$$

$$k_{eff} = k_e = k_d \quad Eq.5.5.2.2$$

$$k_{eff} = k_e = k_d = \frac{F_M}{D_M} \quad Eq.5.5.2.3$$

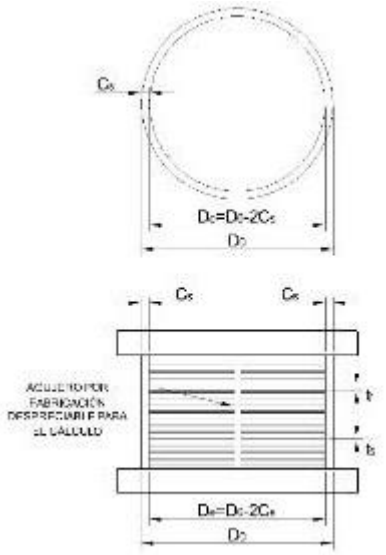
$$EDC = 0 \quad Eq.5.5.2.4$$

$$\beta = 0\% \quad Eq.5.5.2.5$$

Podemos definir las características del aislador con las dimensiones y propiedades mecánica de ellos, utilizando la siguiente gráfica, definimos:

Figura 23

Gráfico de aislador de goma natural.



NOTA: Elaboración propia.

$$A_G = \frac{\pi\, {D_e}^2}{4} \quad Eq.5.5.2.6$$

$$k_{eff} = k_e = k_d = \frac{G\, A_G}{T_r} \quad Eq.5.5.2.7$$

$$T_r = \sum t_r \quad Eq.5.5.2.8$$

$$T_s = \sum t_s \quad Eq.5.5.2.9$$

$$H = T_r + T_s \quad Eq.5.5.2.10$$

Donde:

Q_d: Fuerza característica.
K_d: Rigidez secundaria post fluencia.
F_y: Fuerza de fluencia.
k_{eff}: Rigidez efectiva.
k_e: Rigidez elástica.
EDC: Energía disipada en un ciclo de histéresis.
β: Amortiguamiento efectivo.
D_M: Desplazamiento traslacional.
d_y: Desplazamiento de fluencia.
D_0: Diámetro de goma.
A_G: Área de la goma del aislador.
G: Módulo de corte de la goma.
t_r: Espesor de lámina de goma.
T_r: Altura total de goma.
t_s: Espesor de placa de acero.
T_s: Altura total de placas de acero.

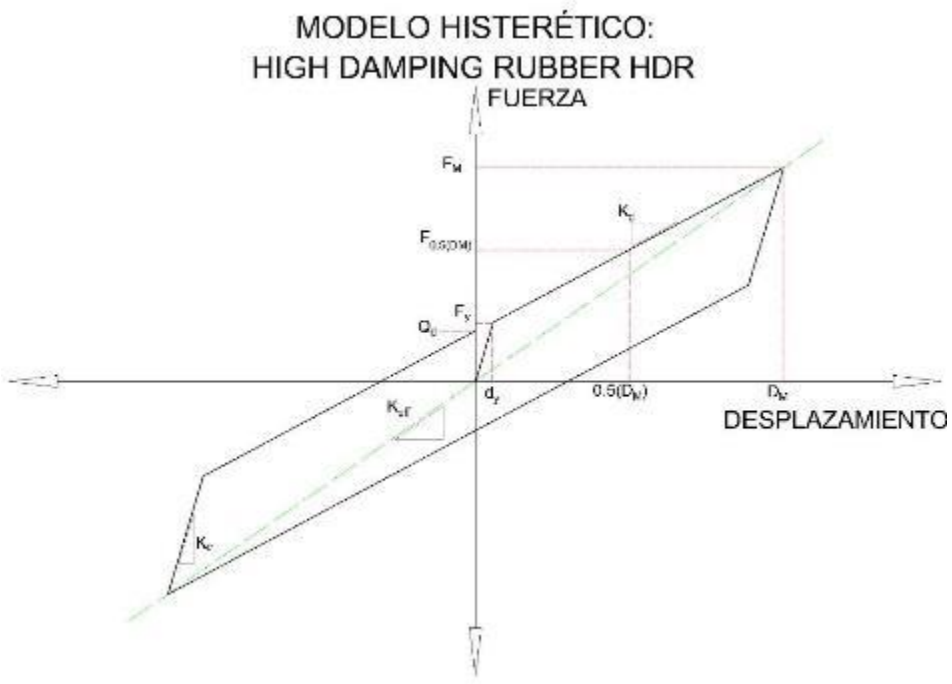
5.5.3 Aisladores de Caucho de Alto Amortiguamiento (HIGH DAMPING RUBBER HDR)

Estos aisladores tienen como característica utilizar una goma que ofrece amortiguamiento entre el 8% al 16%.

A continuación, se deducen las propiedades del aislador de caucho de alto amortiguamiento teniendo en cuenta su gráfica de modelo bilineal fuerza-deformación:

Gráfico 11

Propiedades nominales del modelo bilineal fuerza-deformación del Aislador de Caucho de Alto Amortiguamiento.



NOTA: *Elaboración propia.*

Primero se calcula la rigidez post fluencia k_d con la siguiente formula:

$$k_d = \frac{G\ A_g}{T_r} \quad Eq.5.5.3.1$$

Se calcula la rigidez de fluencia como 10 veces la rigidez post fluencia:

$$k_e = 10 \cdot k_d \quad Eq.5.5.3.2$$

Se asume un d_y que varie entre el 5% y 10% de la altura de la goma del aislador

$$d_y = 0.05 \cdot T_r \quad Eq.5.5.3.3$$

Con estos datos podemos calcular los siguientes valores:

$$Q_d = (K_e - K_d) \cdot d_y \quad Eq.5.5.3.4$$

$$F_M = F_y + K_d \cdot (D_M - d_y) \quad Eq.5.5.3.5$$

$$k_{eff} = \frac{Q_d}{D_M} + K_d \quad Eq.5.5.3.6$$

$$EDC = 4 \cdot Q_d \cdot (D_M - d_y) \quad Eq.5.5.3.7$$

$$\beta = \frac{EDC}{2 \cdot \pi \cdot k_{eff} \cdot {D_M}^2} \quad Eq.5.5.3.8$$

$$A_G = \frac{\pi {D_e}^2}{4} \quad Eq.5.5.3.9 \qquad D_e = D_0 - 2 \cdot C_s \quad Eq.5.5.3.10$$

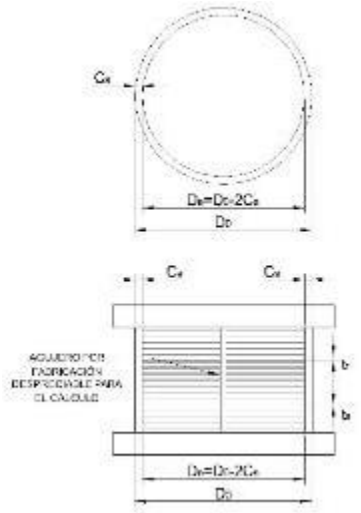
$$T_r = \sum t_r \quad Eq.5.5.3.11$$

$$T_s = \sum t_s \quad Eq.5.5.3.12$$

$$H = T_r + T_s \quad Eq.5.5.3.13$$

Figura 24

Gráfico de aislador de Caucho de Alto Amortiguamiento



NOTA: Elaboración propia

Donde:

G: Módulo de corte de la goma
Q_d: Fuerza característica.
K_d: Rigidez secundaria post fluencia.
F_y: Fuerza de fluencia.
k_{eff}: Rigidez efectiva.
k_e: Rigidez elástica.
EDC: Energía disipada en un ciclo de histéresis.
β: Amortiguamiento efectivo.
D_M: Desplazamiento traslacional.
d_y: Desplazamiento de fluencia.
D_0: Diámetro de goma.
A_G: Área de la goma del aislador.
D_e: Diámetro sin recubrimiento del aislador.
C_s: Recubrimiento.
G: Módulo de corte de la goma.
t_r: Espesor de lámina de goma.
T_r: Altura total de goma.
t_s: Espesor de placa de acero.
T_s: Altura total de placas de acero.

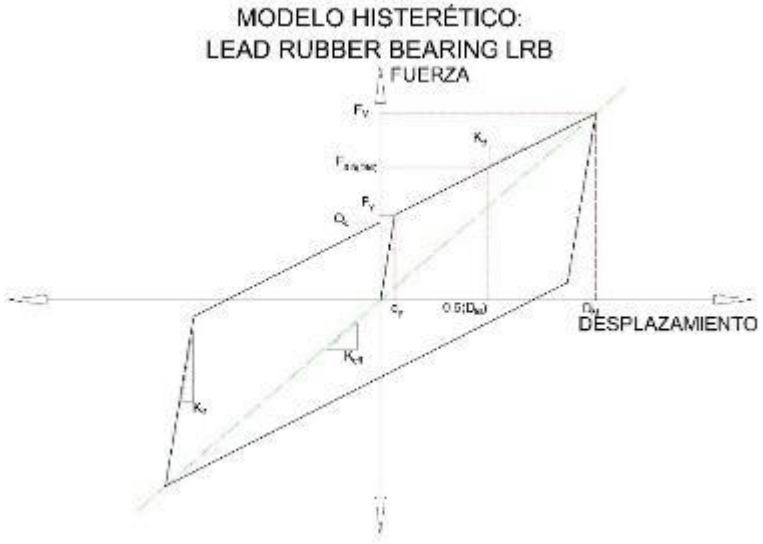
5.5.4 Aisladores de Caucho con Núcleo de Plomo (LEAD RUBBER BEARING LRB)

Los aisladores con núcleo de plomo tienen como característica principal la alta capacidad de resistencia axial debido al plomo que se ubica en el centro, el cual también agrega mayor amortiguamiento, valores que van de 15% a 20%.

A continuación, se deducen las propiedades del aislador de caucho con núcleo de plomo, teniendo en cuenta su gráfica de modelo bilineal fuerza-deformación:

Gráfico 12

Propiedades nominales del modelo bilineal fuerza-deformación del aislador de caucho con núcleo de plomo.



NOTA: Elaboración propia.

Primero se calcula la rigidez post fluencia k_d con la siguiente formula que es la misma que le caso de HDR:

$$k_d = \frac{G\ A_g}{T_r} \quad Eq.5.5.4.1$$

Se calcula la rigidez de fluencia como 10 veces la rigidez post fluencia:

$$k_e = 10 \cdot k_d \quad Eq.5.5.4.2$$

Para el caso de los aisladores LRB, la fuerza característica Q_d está definida por el núcleo de plomo como se muestra a continuación:

$$Q_d = A_P \cdot \tau_{py} \quad Eq.5.5.4.3$$

Con estos datos podemos calcular los siguientes valores:

$$F_y = Q_d \cdot \frac{k_e}{k_e - k_d} \quad Eq.5.5.4.4$$

$$F_M = F_y + K_d \cdot (D_M - d_y) \quad Eq.5.5.4.5$$

$$k_{eff} = \frac{Q_d}{D_M} + K_d \quad Eq.5.5.4.6$$

$$EDC = 4 \cdot Q_d \cdot (D_M - d_y) \quad Eq.5.5.4.7$$

$$\beta = \frac{EDC}{2 \cdot \pi \cdot k_{eff} \cdot {D_M}^2} \quad Eq.5.5.4.8$$

$$A_G = \frac{\pi \, {D_e}^2}{4} \quad Eq.5.5.4.9$$

$$D_e = D_0 - 2 \cdot C_s \quad Eq.5.5.4.10$$

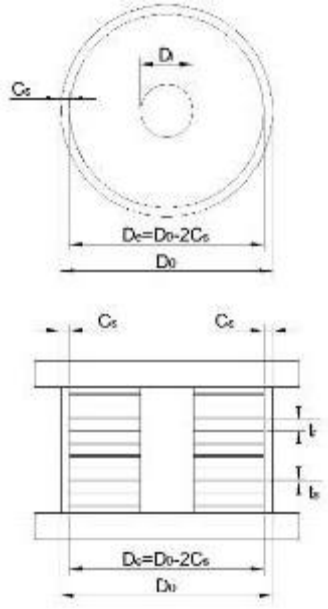
$$T_r = \sum t_r \quad Eq.5.5.4.11$$

$$T_s = \sum t_s \quad Eq.5.5.4.12$$

$$H = T_r + T_s \quad Eq.5.5.4.13$$

Figura 25

Gráfico de aislador de caucho con núcleo de plomo.



NOTA: Elaboración propia.

Donde:

G: Módulo de corte de la goma

A_P: Área del núcleo de plomo.
τ_{py}: Esfuerzo de corte del plomo.
Q_d: Fuerza característica.
K_d: Rigidez secundaria post fluencia.
F_y: Fuerza de fluencia.
k_{eff}: Rigidez efectiva.
k_e: Rigidez elástica.
EDC: Energía disipada en un ciclo de histéresis.
β: Amortiguamiento efectivo.
D_M: Desplazamiento traslacional.
d_y: Desplazamiento de fluencia.
D_0: Diámetro de goma.
A_G: Área de la goma del aislador.
D_e: Diámetro sin recubrimiento del aislador.
C_s: Recubrimiento.
G: Módulo de corte de la goma.
t_r: Espesor de lámina de goma.
T_r: Altura total de goma.
t_s: Espesor de placa de acero.
T_s: Altura total de placas de acero.

5.5.5 Área reducida y capacidad de pandeo

Cuando realizamos el análisis de los aisladores, debemos tener en cuenta que al existir una fuerza F que ocasione un desplazamiento en el dispositivo D_{TM}, el área se verá reducida tanto en planta como en sección, es por eso que se toma en cuenta esta reducción para poder calcular una carga crítica que se pueda recibir, es decir, una fuerza máxima P_{MAX}, usando un factor de seguridad que se recomienda sea de 1.1.

$$A_e = \frac{{D_e}^2 \cdot \pi}{4} \quad Eq.\,5.5.5.1$$

Para el caso de aisladores con núcleo de plomo, no se considera el área del plomo:

$$A_i = \frac{{D_i}^2 \cdot \pi}{4} \quad Eq.\,5.5.5.2$$

$$A_{ng} = A_e - A_i \quad Eq.\,5.5.5.3$$

$$ÁREA\ CARGADA = A_{ng}$$

$$ÁREA\ LIBRE\ DE\ CARGA = \pi \cdot D_e \cdot t_r$$

Estos datos son necesarios para calcular módulos y rigideces, por ahora se muestra la fórmula para el factor de forma:

$$S = \frac{ÁREA\ CARGADA}{ÁREA\ LIBRE\ DE\ CARGA} \quad Eq.5.5.5.4$$

Procedemos a mostrar la fórmula para el área reducida:

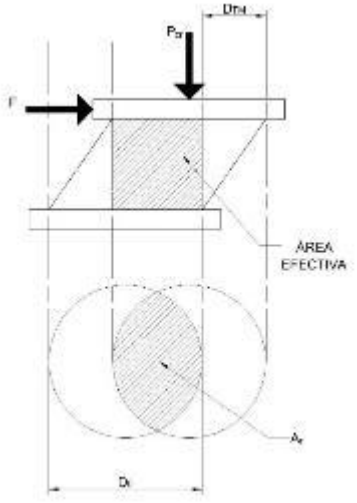
$$A_r = A_0 \cdot 2 \cdot \frac{{D_e}^2 \cdot \operatorname{asin}\left(\frac{\sqrt{{D_e}^2 - {D_{TM}}^2}}{D_e}\right) - D_{TM} \cdot \sqrt{{D_e}^2 - {D_{TM}}^2}}{\pi \cdot {D_e}^2} \quad Eq.5.5.5.5$$

Para la capacidad de pandeo utilizamos:

$$P_{cr} = \frac{\pi}{\sqrt{8}} \cdot G \cdot S \cdot \frac{D_e}{T_r} \cdot A_r \quad Eq.5.5.5.6 \qquad P_{MAX} = \frac{P_{cr}}{FS} \quad Eq.5.5.5.7$$

Figura 26

Gráfico de área reducida y área efectiva del aislador



NOTA: Elaboración propia.

5.5.6 Definición de módulos y coeficientes de amortiguamiento.

Se calcula primero los módulos, empezando por el Módulo de elasticidad:

$$E_0 = 4 \cdot G \quad Eq.5.5.6.1$$

A continuación, se calcula el Módulo de compresión del aislador:

$$E_c = E_0 \cdot (1 + 2 \cdot k \cdot S^2) \quad Eq.5.5.6.2$$

El valor de k toma un valor de 0.75. Ahora calculamos el Módulo de rigidez vertical:

$$E_v = \frac{1}{\frac{1}{6 \cdot G \cdot S^2} + \frac{4}{3 \cdot K}} \quad Eq.5.5.6.3$$

Continuamos mostrando la fórmula de Rigidez de compresión del aislador:

$$K_v = E_v \cdot \frac{A_{ng}}{T_r} \quad Eq.5.5.6.4$$

Por último, mostramos las fórmulas para los coeficientes amortiguamiento vertical y horizontal:

$$C_v = 2 \cdot 5\% \cdot \sqrt{K_v \cdot \frac{P}{g}} \quad Eq.5.5.6.5$$

$$C_h = \frac{EDC \cdot T_{eff}}{2 \cdot \pi^2 \cdot {D_M}^2} \quad Eq.5.5.6.6$$

5.5.7 Definición de las ecuaciones para deformación por corte.

Se dan 03 casos:

PRIMERO: Deformación por corte debido a deformación:

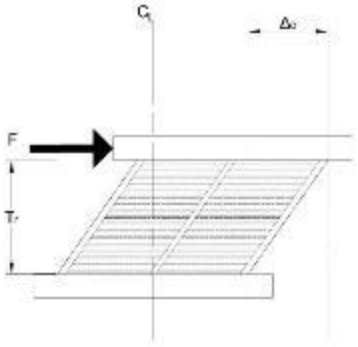
$$\gamma_D = \frac{D_{TM}}{T_r} \quad Eq.5.5.7.1$$

Donde:

$$\gamma_D \leq 2.5$$

Figura 27

Gráfico de deformación por corte debido a deformación.



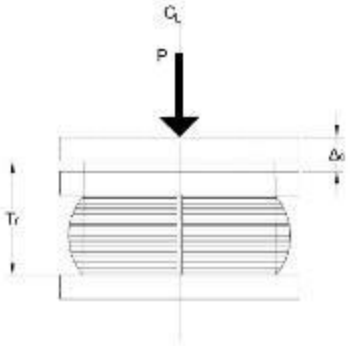
NOTA: Elaboración propia.

SEGUNDO: Deformación por corte debido a compresión:

$$\gamma_C = \frac{6 \cdot P \cdot S}{E_c \cdot A_r} \quad Eq.\,5.5.7.2$$

Figura 28

Gráfico de deformación por corte debido a compresión.



NOTA: Elaboración propia,

TERCERO: Deformación por corte debido a deformación angular:

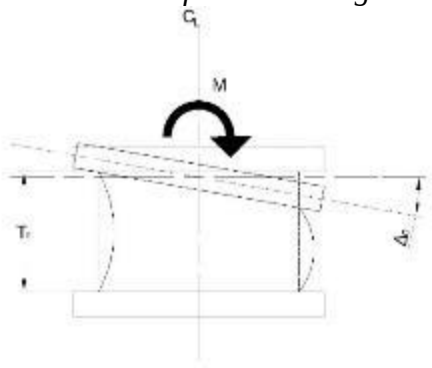
$$\gamma_\theta = \frac{0.375 \cdot {D_e}^2 \cdot \theta}{T_r \cdot t_r} \quad Eq.\,5.5.7.3$$

Donde:

$$\theta = 0.003\, rad.$$

Figura 29

Gráfico de deformación por corte debido a deformación angular.



NOTA: Elaboración propia.

La deformación total por corte será:

$$\gamma_{total} = \gamma_D + \gamma_C + 0.5 \cdot \gamma_\theta \quad Eq.\,5.5.7.4$$

$$\gamma_{total} \leq \frac{6}{FS}$$

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO DE LA EDIFICACIÓN, EDIFICIO "BAVARIA"

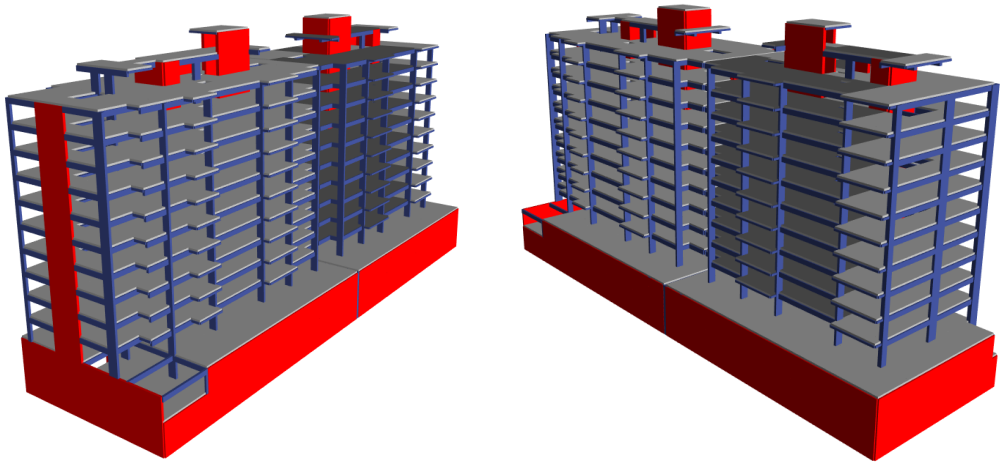
6.1 Parámetros de peligro sísmico, categoría, sistema estructural, regularidad y elaboración de espectros de la edificación en base fija.

Como introducción a la edificación a utilizar, podemos decir que, el edificio residencial "Bavaria" se encuentra ubicado en la urbanización "Asís", zona B, manzana D, lote 1, distrito de Sachaca de la provincia y departamento de Arequipa. El edificio cuenta con 10 niveles, 01 nivel adicional de azotea y 01 nivel más de tanques elevados. Está estructurado por pórticos y placas, con tabiquería en albañilería confinada y con pisos aligerados. El terreno es geomorfológicamente estable, las unidades geológicas reconocidas son: Aluvial Umacollo, material aluvial y eluvial, sin presencia de nivel freático. Para el suelo se tienen las siguientes características: D_f=1.00m; $q_a = 4.20$ kgf/cm2; Z=0.35; T_p= 0.60; T_l= 1.20.

Teniendo en cuenta las características del suelo anteriormente señaladas, procedemos a utilizar el software ETABS para el modelo matemático de la estructura como se muestra a continuación:

Figura 30

Vista 3d modelo edificio Bavaria.



Para un mejor manejo del análisis en el modelo matemático, consideraremos la división de la edificación en las 02 partes planteadas, Sector 01 y Sector 02 como se muestra a continuación:

Figura 31

Vista 3d modelo y vista con discretización del SECTOR 01 edificio Bavaria.

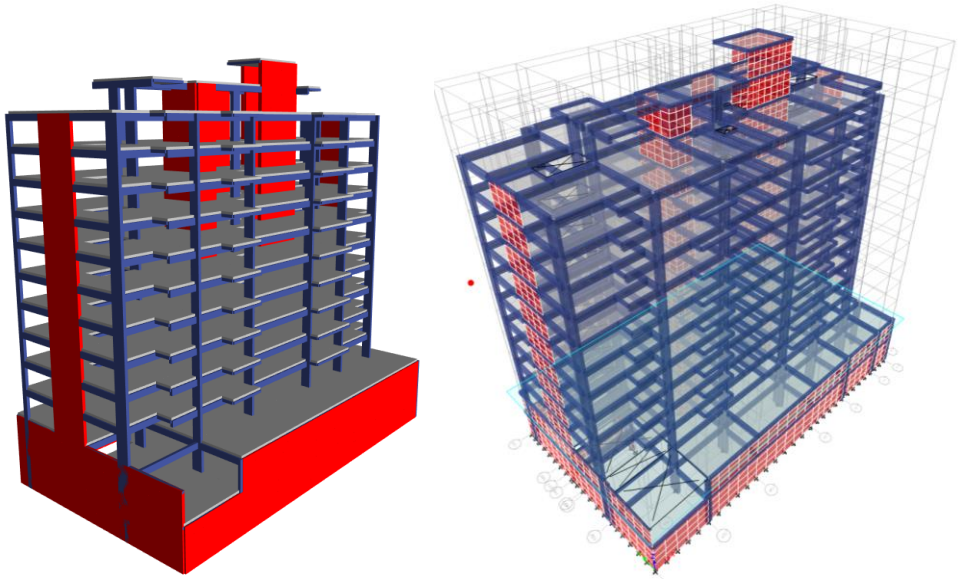


Figura 32

Planta de 2do semisótano y de 1er semisótano SECTOR 01.

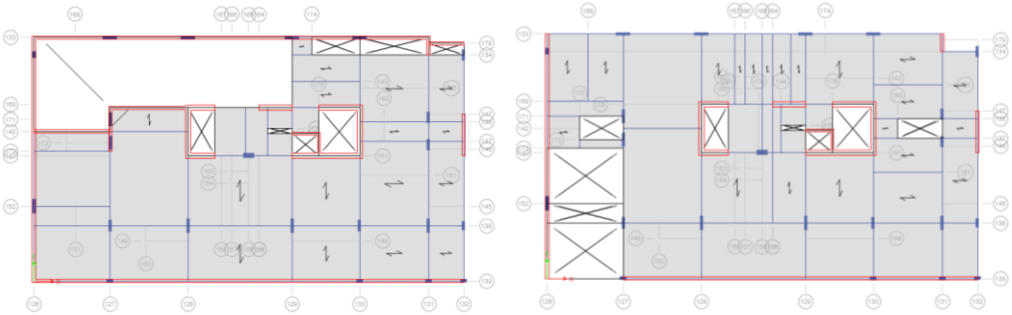


Figura 33

Planta de 1er @ 10mo piso típico y azotea SECTOR 01.

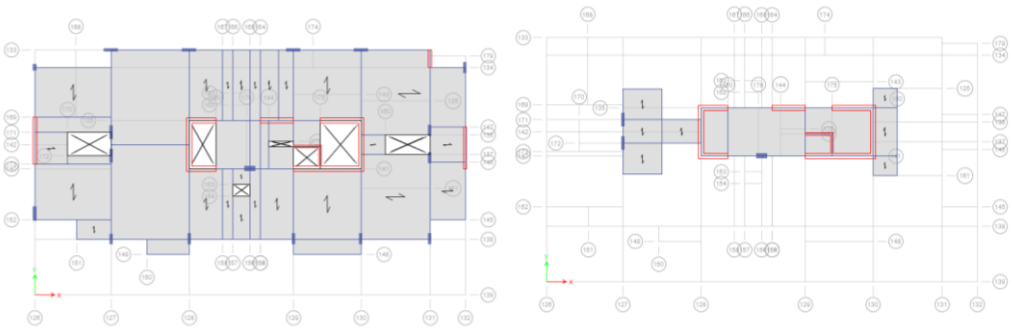


Figura 34

Techo de tanques elevados SECTOR 01.

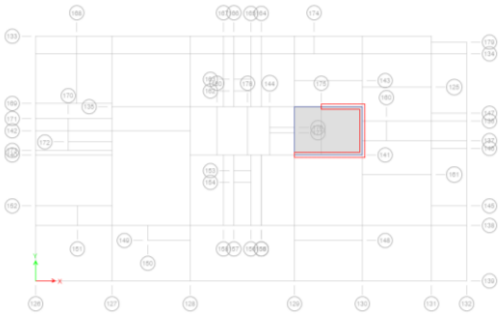


Figura 35

Vista 3d modelo y vista con discretización del SECTOR 02 edificio Bavaria.

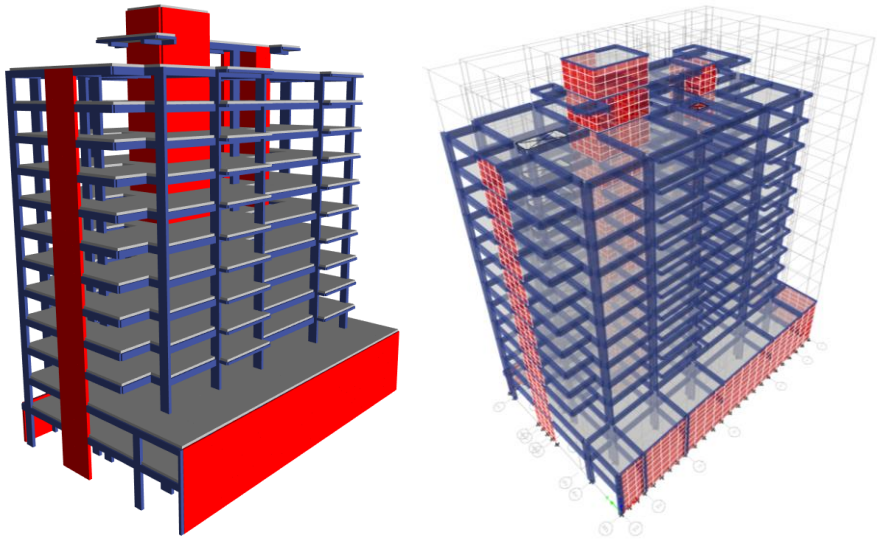


Figura 36

Planta de 2do semisótano y de 1er semisótano SECTOR 02.

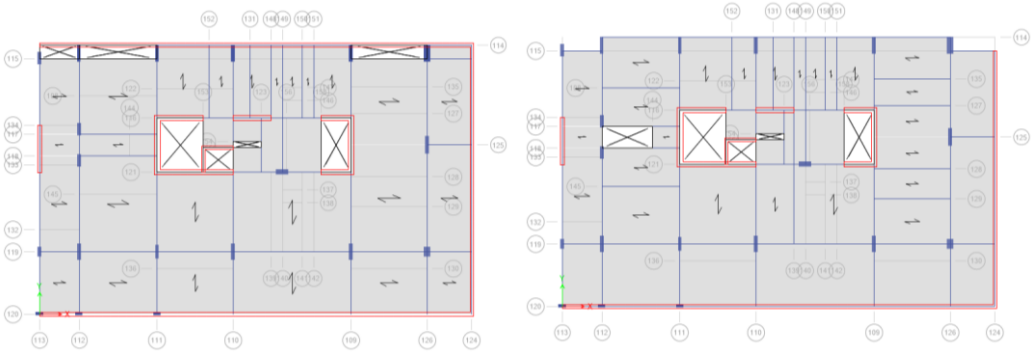


Figura 37

Planta de 1er, 3er, 5to, 7mo y 9no @ 2do, 4to, 6to, 8vo y 10mo piso típico SECTOR 02.

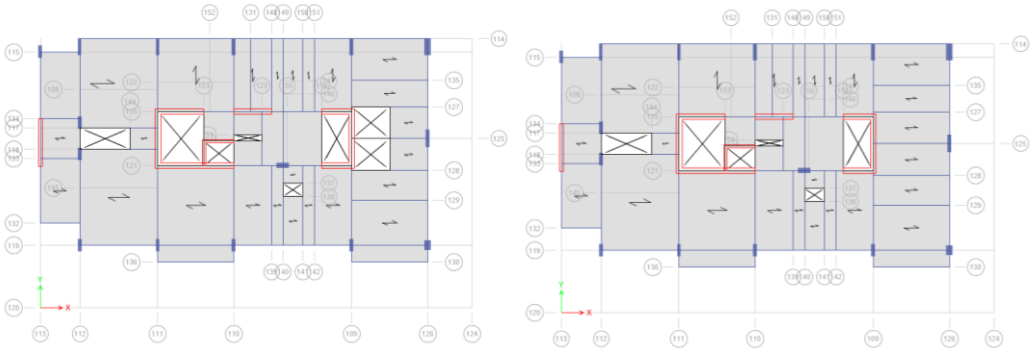
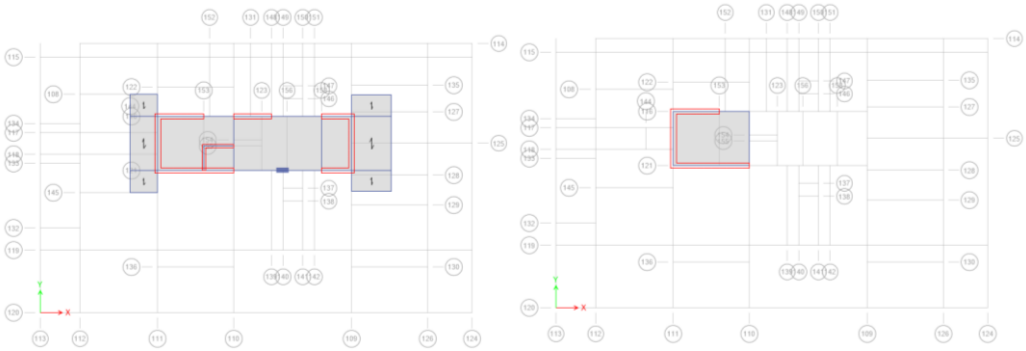


Figura 38

Planta azotea y techo de tanques típico SECTOR 02.



Para el desarrollo del modelo se consideró las características geométricas y mecánicas:

a) Elementos reticulares (vigas y columnas) tipo Frame,

b) Se consideró un nudo maestro en cada nivel de 3 grados de libertad, con las propiedades mecánicas de la losa en el caso de todos los sectores.

c) Se consideró entre las condiciones de contorno apoyos rígidos tipo empotramiento.

d) La resistencia a la compresión del concreto para los elementos estructurales es de f'c=280 Kg/cm2 desde el 2do semisótano hasta el 4to nivel, del 5to nivel hasta el techo de tanques se utilizó concreto f'c=210 Kg/cm2.

e) El esfuerzo de fluencia del acero A-60 para los elementos estructurales es de fy=4200 Kg/cm2.

Según la norma E.020 del R.N.E. dice:

> Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las caras que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que sean señalados para cada material estructural en su norma de diseño específica" (2006, cap. 1, art. 1, párr. 1)

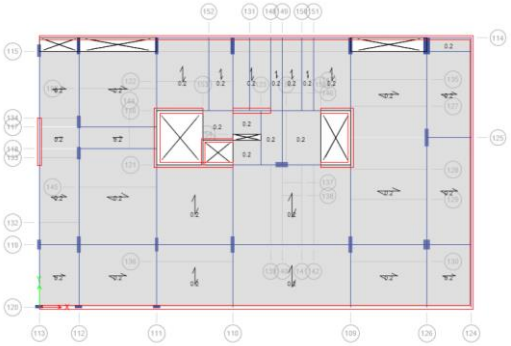
Se asignaron las cargas de acuerdo a la Norma Técnica peruana E-020 vigente de la siguiente manera:

CARGA MUERTA:

Se asignó carga distribuida sobre el elemento tipo Shell membrane con un valor de 200kgf/cm2.

Figura 39

Asignación de carga muerta tanto para el SECTOR 01 y SECTOR 02.



CARGA VIVA:

Se asignó carga distribuida sobre el elemento tipo Shell membrane con un valor de 600kgf/cm2. En semisótanos, de 200 kgf/cm2 en pisos típicos, 150 kgf/cm2 en azotea y 2000 kgf/cm2 en tanque elevado:

Figura 40

Asignación de carga viva en semisótano y plantas típicas tanto para el SECTOR 01 y SECTOR 02.

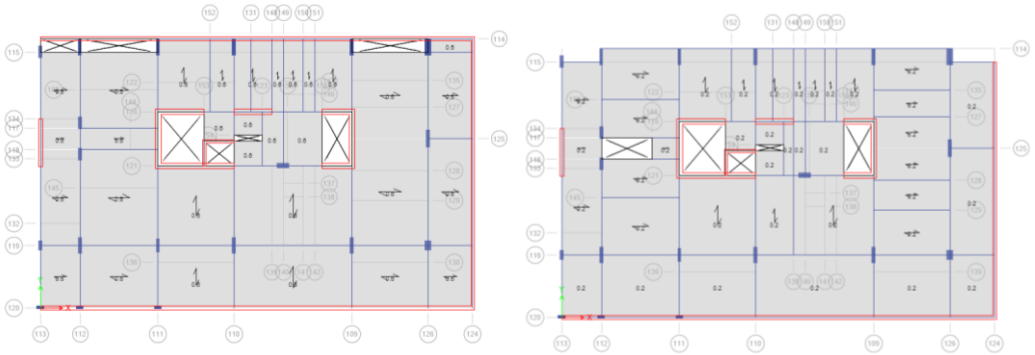
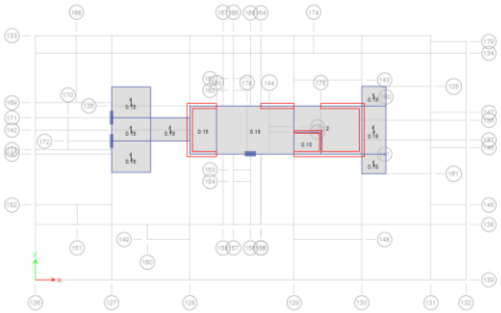


Figura 41

Asignación de carga viva en azotea y tanque elevado tanto para el SECTOR 01 y SECTOR 02.



Se realizó el Análisis Sísmico de acuerdo a la Norma Técnica peruana E-030 vigente.

Para las tablas que se mostrarán a continuación, se tuvo en cuenta hojas de cálculo de elaboración propia del autor de esta tesis y se presentan en el formato del archivo de origen con la variación de relación aspecto para poder referenciarlo en este documento, sin embargo, las tablas en formato y escala normal estarán en cada uno de los anexos para su revisión.

Comenzaremos analizando el SECTOR 01 y SECTOR 02 en conjunto para el planteamiento de los parámetros de peligro sísmico, categoría, sistema estructural y regularidad en edificaciones:

Tabla 4

Tabla de cálculo de peligro sísmico, categoría, sistema estructural y regularidad en edificaciones.

PELIGRO SÍSMICO, CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD EN EDIFICACIONES	
Zonificación	
Zona	Z3
Factor de Zona (Z)	0.350
Perfil de Suelo	S2
Parámetros de Sitio	
Factor de Suelo (S)	1.150
Factor de Amplificación Sísmica	
$T < T_P \quad C = 2{,}5 \qquad T_P < T < T_L \quad C = 2{,}5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \qquad T > T_L \quad C = 2{,}5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$	
C	1.676
Periodos	
T_P(s) Plataforma factor C	0.600
T_L(s) Inicio de zona del factor C	2.000
Periodo Fundamental de Vibración	
$T = \frac{h_n}{C_T}$	
h_n (m)	40.270
Descripción	Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
C_T	45.000
T(s)	0.895
Categoría	
Descripción	Edificaciones Comunes.
Categoría	C
U	1
Sistema Estructural	Cualquier sistema.
Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas	
$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$	
Eje X	
Sistema Estructural	Dual Pórticos y Muros de Concreto
R_0	7.000
Irregularidades Estructurales en Altura	Regular
I_a	1.000
Irregularidades Estructurales en Planta	Esquinas Entrantes
I_p	0.900
Rx	6.300
Eje Y	
Sistema Estructural	Dual Pórticos y Muros de Concreto
R_0	7.000
Irregularidades Estructurales en Altura	Regular
I_a	1.000
Irregularidades Estructurales en Planta	Esquinas Entrantes
I_p	0.900
Ry	6.300
Restricciones a la Irregularidad	
Restricciones	No se permiten irregularidades extremas

NOTA: Elaboración propia.

A continuación, procederemos con la elaboración de los espectros de pseudo aceleraciones, pseudo velocidades y pseudo desplazamientos que son tanto para el SECTOR 01 y SECTOR 02:

Tabla 5

Tabla de datos para la elaboración de los espectros de pseudo aceleraciones, pseudo velocidades y pseudo desplazamientos

ESPECTROS SÍSMICOS									
g (m/s2)		**9.81**							
Plataforma factor C			**0.600**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**
			0.600	**1.567**	**1.567**	**0.150**	**0.150**	**0.014**	**0.014**
Inicio factor C			**2.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**
			2.000	**0.470**	**0.470**	**0.150**	**0.150**	**0.048**	**0.048**
T	C	C/Rx	C/Ry	Sa X	Sa Y	Sv X	Sv Y	Sd X	Sd Y
				m/s^2	m/s^2	m/s	m/s	m	m
0.010	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.002	0.002	0.000	0.000
0.050	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.012	0.012	0.000	0.000
0.100	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.025	0.025	0.000	0.000
0.150	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.037	0.037	0.001	0.001
0.200	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.050	0.050	0.002	0.002
0.250	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.062	0.062	0.002	0.002
0.300	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.075	0.075	0.004	0.004
0.350	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.087	0.087	0.005	0.005
0.400	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.100	0.100	0.006	0.006
0.450	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.112	0.112	0.008	0.008
0.500	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.125	0.125	0.010	0.010
0.550	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.137	0.137	0.012	0.012
0.600	2.500	0.397	0.397	1.567	1.567	0.150	0.150	0.014	0.014
0.650	2.308	0.366	0.366	1.446	1.446	0.150	0.150	0.015	0.015
0.700	2.143	0.340	0.340	1.343	1.343	0.150	0.150	0.017	0.017
0.750	2.000	0.317	0.317	1.254	1.254	0.150	0.150	0.018	0.018
0.800	1.875	0.298	0.298	1.175	1.175	0.150	0.150	0.019	0.019
0.850	1.765	0.280	0.280	1.106	1.106	0.150	0.150	0.020	0.020
0.900	1.667	0.265	0.265	1.045	1.045	0.150	0.150	0.021	0.021
0.950	1.579	0.251	0.251	0.990	0.990	0.150	0.150	0.023	0.023
1.000	1.500	0.238	0.238	0.940	0.940	0.150	0.150	0.024	0.024
1.500	1.000	0.159	0.159	0.627	0.627	0.150	0.150	0.036	0.036
2.000	0.750	0.119	0.119	0.470	0.470	0.150	0.150	0.048	0.048
2.500	0.480	0.076	0.076	0.301	0.301	0.120	0.120	0.048	0.048
3.000	0.333	0.053	0.053	0.209	0.209	0.100	0.100	0.048	0.048
3.500	0.245	0.039	0.039	0.153	0.153	0.086	0.086	0.048	0.048
4.000	0.188	0.030	0.030	0.118	0.118	0.075	0.075	0.048	0.048
4.500	0.148	0.024	0.024	0.093	0.093	0.067	0.067	0.048	0.048
5.000	0.120	0.019	0.019	0.075	0.075	0.060	0.060	0.048	0.048
5.500	0.099	0.016	0.016	0.062	0.062	0.054	0.054	0.048	0.048
6.000	0.083	0.013	0.013	0.052	0.052	0.050	0.050	0.048	0.048
6.500	0.071	0.011	0.011	0.045	0.045	0.046	0.046	0.048	0.048
7.000	0.061	0.010	0.010	0.038	0.038	0.043	0.043	0.048	0.048
7.500	0.053	0.008	0.008	0.033	0.033	0.040	0.040	0.048	0.048
8.000	0.047	0.007	0.007	0.029	0.029	0.037	0.037	0.048	0.048
8.500	0.042	0.007	0.007	0.026	0.026	0.035	0.035	0.048	0.048
9.000	0.037	0.006	0.006	0.023	0.023	0.033	0.033	0.048	0.048
9.500	0.033	0.005	0.005	0.021	0.021	0.032	0.032	0.048	0.048
10.000	0.030	0.005	0.005	0.019	0.019	0.030	0.030	0.048	0.048

NOTA: Elaboración propia.

Gráfico 13

Espectro Inelástico Eje X – Pseudo aceleraciones.

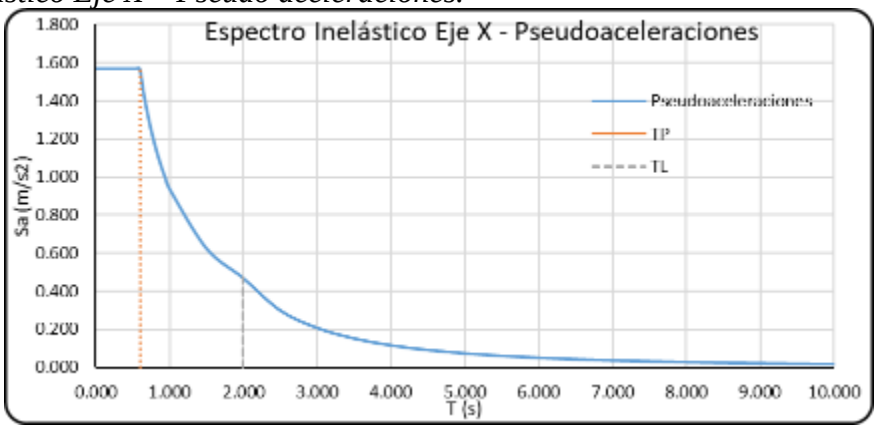


Gráfico 14

Espectro Inelástico Eje Y – Pseudo aceleraciones.

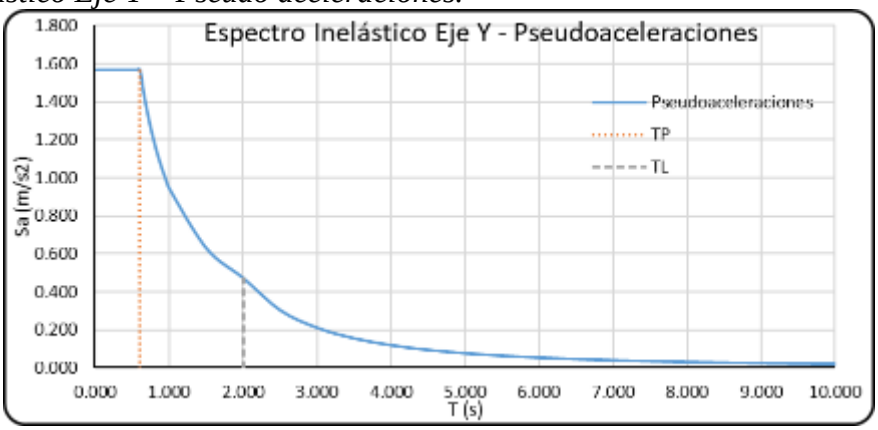


Gráfico 15

Espectro Inelástico Eje X – Pseudo aceleraciones.

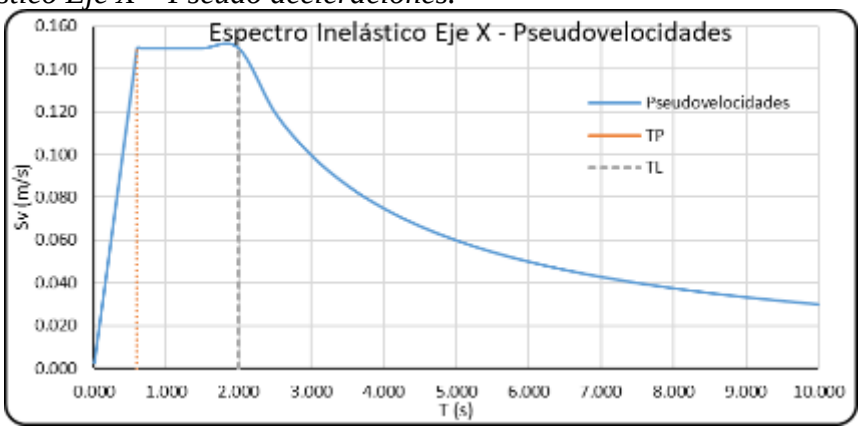


Gráfico 16

Espectro Inelástico Eje Y – Pseudo velocidades.

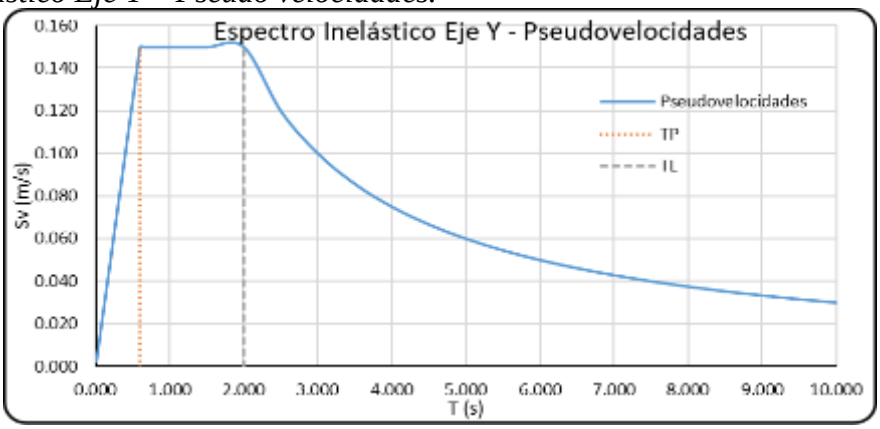


Gráfico 17

Espectro Inelástico Eje X – Pseudo desplazamientos.

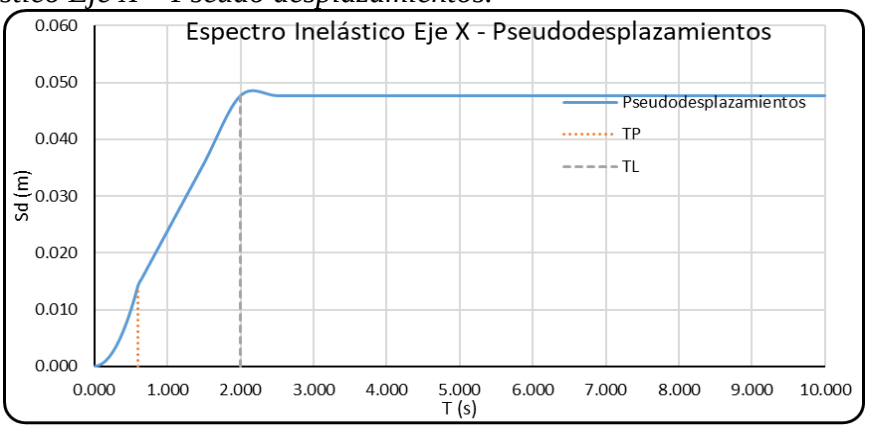
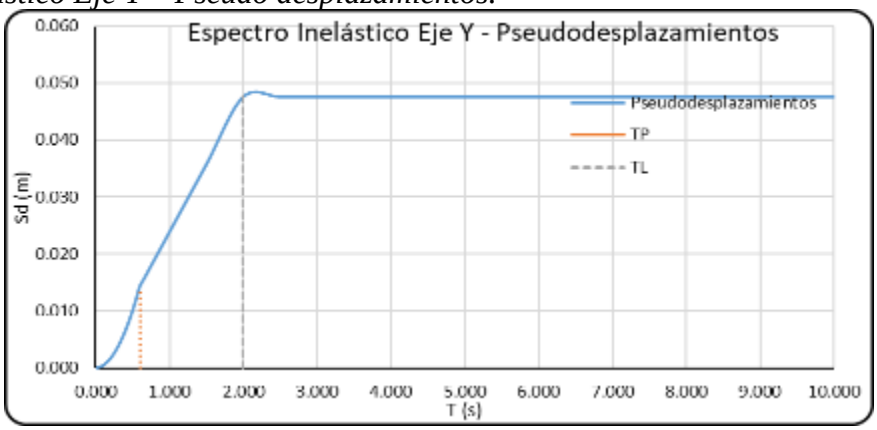


Gráfico 18

Espectro Inelástico Eje Y – Pseudo desplazamientos.



6.2 Análisis Estático de la edificación en base fija.

Empezamos analizando ambos sectores:

Tabla 6

Tabla de estimación de peso, cálculo de la fuerza cortante, periodo fundamental y peso de la estructura SECTOR 01.

ANÁLISIS ESTÁTICO

Estimación del Peso		Fuerza cortante en la base						Periodo Fundamental de Vibración		
Descripción	%	ZUCS/Rx	0.10709	ZUCS	0.675	kx	1.197	h_n (m)	40.270	
Carga Muerta	100%	ZUCS/Ry	0.10709	ZUCS	0.675	ky	1.197	C_T	45.000	
Peso Propio	100%	Vx	930.933	C/R_x	0.266			T(s)	0.895	
Carga Viva	25%	Vy	930.933	C/R_y	0.266			Rigidez no estructural		
Gravedad (m/s^2)	9.81	¿Usar criterio de periodo de E030?			NO				NO	

Cálculo del Peso de la Estructura

TABLE: Mass Summary by Story

Story	UX	UY	UZ	P_{ix}	P_{iy}
	tonf-s²/m	tonf-s²/m	tonf-s²/m	(tonf)	(tonf)
TANQUE	3.857	3.857	0.000	37.821	37.821
TECHOS	17.633	17.633	0.000	172.919	172.919
STORY10	63.448	63.448	0.000	622.214	622.214
STORY9	65.862	65.862	0.000	645.887	645.887
STORY8	65.862	65.862	0.000	645.887	645.887
STORY7	65.862	65.862	0.000	645.887	645.887
STORY6	65.862	65.862	0.000	645.887	645.887
STORY5	65.862	65.862	0.000	645.887	645.887
STORY4	65.862	65.862	0.000	645.887	645.887
STORY3	65.862	65.862	0.000	645.887	645.887
STORY2	65.862	65.862	0.000	645.887	645.887
STORY1	66.464	66.464	0.000	651.785	651.785
SOT1	82.229	82.229	0.000	806.392	806.392
SOT2	98.332	98.332	0.000	1234.797	1234.797
BASE	27.583	27.583	0.000	0.000	0.000
TOTAL (tonf-s²/r	**886.441**	**886.441**	**0.000**		
TOTAL (tonf)	**8693.021**	**8693.021**	**0.000**	**8693.021**	**8693.021**

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \qquad \alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^{n} P_j (h_j)^j}$$

$$F_i = \alpha_i \cdot V \qquad T = \frac{h_n}{C_T}$$

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

Tabla 7

Tabla de estimación de peso, cálculo de la fuerza cortante, periodo fundamental y peso de la estructura SECTOR 02.

ANÁLISIS ESTÁTICO

Estimación del Peso		Fuerza cortante en la base						Periodo Fundamental de Vibración	
Descripción	**%**	**ZUCS/Rx**	0.10709	**ZUCS**	0.675	**kx**	1.197	**h_n (m)**	40.270
Carga Muerta	**100%**	**ZUCS/Ry**	0.10709	**ZUCS**	0.675	**ky**	1.197	**C_T**	45.000
Peso Propio	**100%**	**Vx**	798.633	**C/R_x**	0.266			**T(s)**	0.895
Carga Viva	**25%**	**Vy**	798.633	**C/R_y**	0.266			**Rigidez no estructural**	
Gravedad (m/s^2)	**9.81**	**¿Usar criterio de periodo de E030?**			NO				NO

Cálculo del Peso de la Estructura

TABLE: Mass Summary by Story

Story	UX	UY	UZ	P_{ix}	P_{iy}
	tonf-s²/m	tonf-s²/m	tonf-s²/m	(tonf)	(tonf)
TANQUE	3.857	3.857	0.000	37.821	37.821
TECHOS	19.640	19.640	0.000	192.603	192.603
STORY10	52.432	52.432	0.000	514.186	514.186
STORY9	53.622	53.622	0.000	525.857	525.857
STORY8	54.495	54.495	0.000	534.414	534.414
STORY7	53.622	53.622	0.000	525.857	525.857
STORY6	54.495	54.495	0.000	534.414	534.414
STORY5	53.622	53.622	0.000	525.857	525.857
STORY4	54.495	54.495	0.000	534.414	534.414
STORY3	53.622	53.622	0.000	525.857	525.857
STORY2	54.495	54.495	0.000	534.414	534.414
STORY1	54.174	54.174	0.000	531.267	531.267
SOT1	78.321	78.321	0.000	768.071	768.071
SOT2	96.272	96.272	0.000	1172.587	1172.587
BASE	23.299	23.299	0.000	0.000	0.000
TOTAL (tonf-s²/r	**760.47**	**760.47**	**0.00**		
TOTAL (tonf)	**7457.62**	**7457.62**	**0.00**	**7457.62**	**7457.62**

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

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

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: k = 1,0.
b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0{,}75 + 0{,}5\,T) \leq 2{,}0$.

Tabla 8

Tabla de cálculo de la fuerza sísmica y cortante por nivel de la estructura para el SECTOR 01.

Cálculo de la Fuerza Sísmica y Cortante por nivel										
TABLE: Story Definitions										
Name	Height	Elevation	$P_{ix}*(h_i)^k$	$P_{iy}*(h_i)^k$	α_i X	α_i Y	F_i X	F_i Y	V X	V Y
	m	m	tonf m	tonf m			tonf	tonf	tonf	tonf
TANQUE	2.570	40.270	3159.421	3159.421	0.010	0.010	9.763	9.763	9.763	9.763
TECHOS	2.820	37.700	13348.225	13348.225	0.044	0.044	41.247	41.247	51.009	51.009
STORY10	2.770	34.880	43761.250	43761.250	0.145	0.145	135.224	135.224	186.234	186.234
STORY9	2.770	32.110	41140.951	41140.951	0.137	0.137	127.127	127.127	313.361	313.361
STORY8	2.770	29.340	36928.207	36928.207	0.123	0.123	114.110	114.110	427.471	427.471
STORY7	2.770	26.570	32793.368	32793.368	0.109	0.109	101.333	101.333	528.804	528.804
STORY6	2.770	23.800	28742.907	28742.907	0.095	0.095	88.817	88.817	617.621	617.621
STORY5	2.770	21.030	24784.651	24784.651	0.082	0.082	76.586	76.586	694.207	694.207
STORY4	2.770	18.260	20928.271	20928.271	0.069	0.069	64.669	64.669	758.876	758.876
STORY3	2.770	15.490	17186.076	17186.076	0.057	0.057	53.106	53.106	811.982	811.982
STORY2	2.770	12.720	13574.324	13574.324	0.045	0.045	41.945	41.945	853.927	853.927
STORY1	3.000	9.950	10208.031	10208.031	0.034	0.034	31.543	31.543	885.470	885.470
SOT1	2.950	6.950	8218.193	8218.193	0.027	0.027	25.395	25.395	910.865	910.865
SOT2	4.000	4.000	6494.249	6494.249	0.022	0.022	20.068	20.068	930.933	930.933
TOTAL (tonf)	**40.270**	**0.000**	**301268.124**	**301268.124**						

De las tablas 7 y 8 podemos comentar que la edificación tiene una estimación de peso en base al 100% de la carga muerta y peso propio, y 25% de la carga viva. Asumiendo los valores de la tabla 7. podemos calcular la cortante basal del edificio que tiene un valor de 930.933 tonf, el cual es el 10.709% del peso de la estructura con 8693.02 tonf en ambas direcciones para el SECTOR 01 y tomando los valores de la tabla 8, una cortante basal de 798.633 tonf, el cual también es el 10.709% del peso de la estructura con 7457.62 tonf para el SECTOR 02. Además de ello con la fórmula para periodos de la norma E030 podemos inferir que el periodo fundamental de la estructura es de 0.895 s para el SECTOR 01 y SECTOR 02.

6.2.1 Cálculo de las fuerzas actuantes y cortantes en la edificación.

A continuación, podemos repartir las fuerzas y por ende las cortantes que generan las fuerzas de sismo:

Tabla 9

Tabla de cálculo de la fuerza sísmica y cortante por nivel de la estructura para el SECTOR 02.

Cálculo de la Fuerza Sísmica y Cortante por nivel										
TABLE: Story Definitions										
Name	Height	Elevation	$P_{ix}*(h_i)^k$	$P_{iy}*(h_i)^k$	α_i X	α_i Y	F_i X	F_i Y	V X	V Y
	m	m	tonf m	tonf m			tonf	tonf	tonf	tonf
TANQUE	2.570	40.270	3159.421	3159.421	0.012	0.012	9.943	9.943	9.943	9.943
TECHOS	2.820	37.700	14867.683	14867.683	0.059	0.059	46.792	46.792	56.736	56.736
STORY10	2.770	34.880	36163.462	36163.462	0.143	0.143	113.815	113.815	170.551	170.551
STORY9	2.770	32.110	33495.414	33495.414	0.132	0.132	105.418	105.418	275.969	275.969
STORY8	2.770	29.340	30554.815	30554.815	0.120	0.120	96.164	96.164	372.133	372.133
STORY7	2.770	26.570	26699.126	26699.126	0.105	0.105	84.029	84.029	456.162	456.162
STORY6	2.770	23.800	23782.206	23782.206	0.094	0.094	74.848	74.848	531.010	531.010
STORY5	2.770	21.030	20178.730	20178.730	0.080	0.080	63.507	63.507	594.518	594.518
STORY4	2.770	18.260	17316.288	17316.288	0.068	0.068	54.499	54.499	649.016	649.016
STORY3	2.770	15.490	13992.256	13992.256	0.055	0.055	44.037	44.037	693.053	693.053
STORY2	2.770	12.720	11231.549	11231.549	0.044	0.044	35.348	35.348	728.402	728.402
STORY1	3.000	9.950	8320.514	8320.514	0.033	0.033	26.187	26.187	754.589	754.589
SOT1	2.950	6.950	7827.652	7827.652	0.031	0.031	24.636	24.636	779.224	779.224
SOT2	4.000	4.000	6167.067	6167.067	0.024	0.024	19.409	19.409	798.633	798.633
TOTAL (tonf)	**40.27**	**0.00**	**253756.18**	**253756.18**			**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

De las tablas 9 y 10 mostradas, podemos deducir las siguientes gráficas para un mejor entendimiento e ilustración de la repartición de fuerzas y cortantes producidas en cada nivel de la edificación:

Gráfico 19

Fuerza sísmica eje X SECTOR 01.

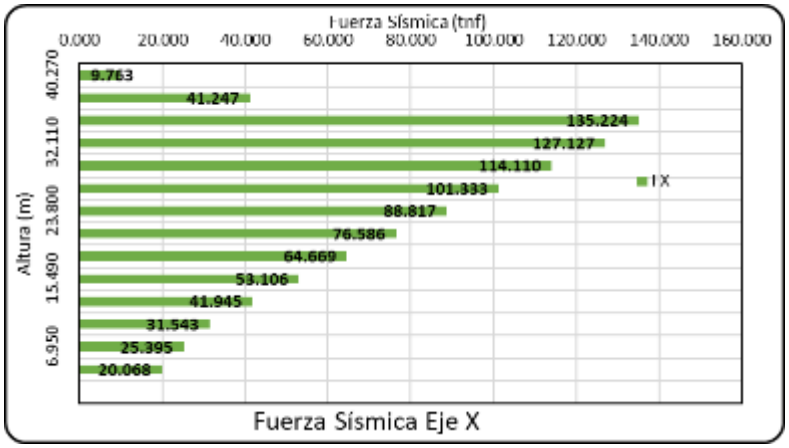


Gráfico 20

Fuerza sísmica eje Y SECTOR 01.

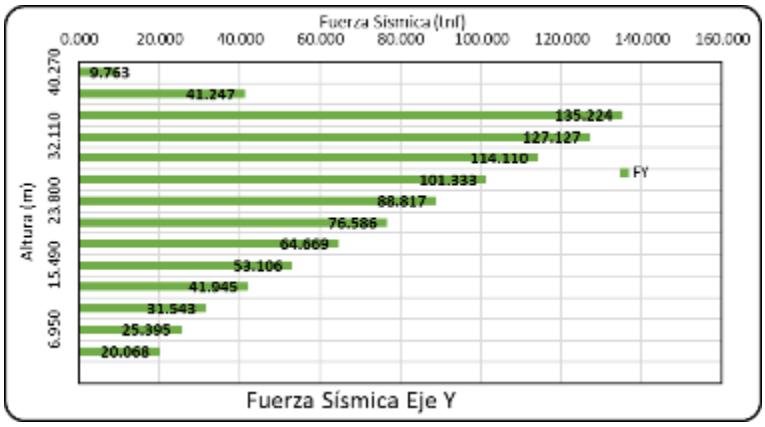


Gráfico 21

Fuerza sísmica eje X SECTOR 02.

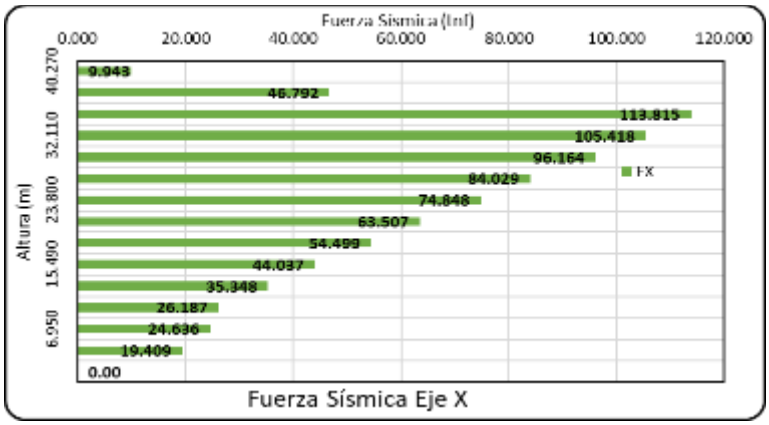


Gráfico 22

Fuerza sísmica eje Y SECTOR 02.

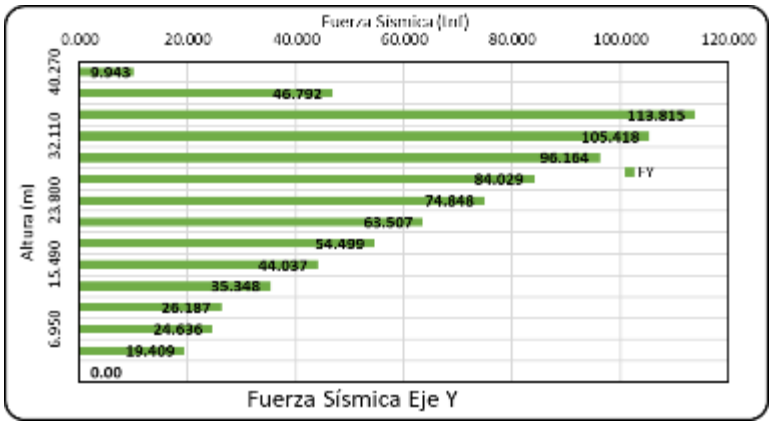


Gráfico 23

Fuerza cortante eje X SECTOR 01.

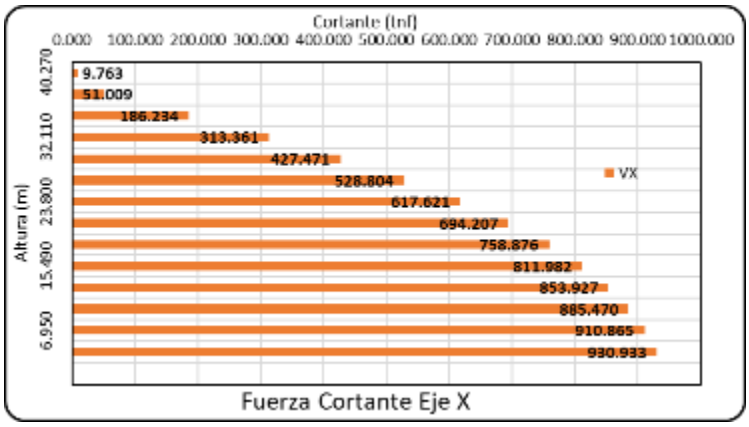


Gráfico 24

Fuerza cortante eje Y SECTOR 01.

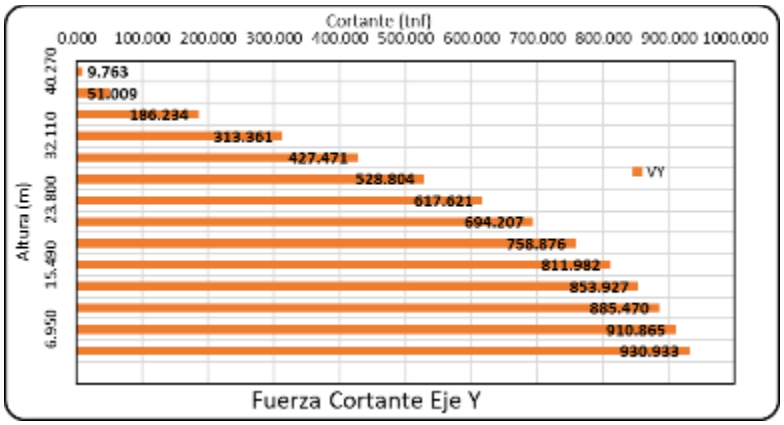


Gráfico 25

Fuerza cortante eje X SECTOR 02.

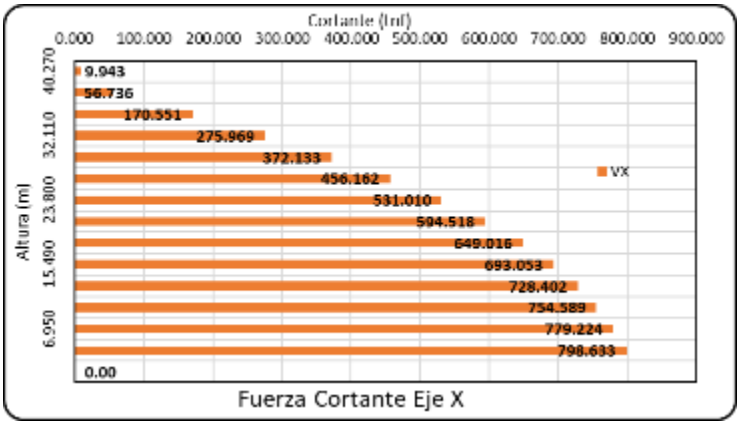
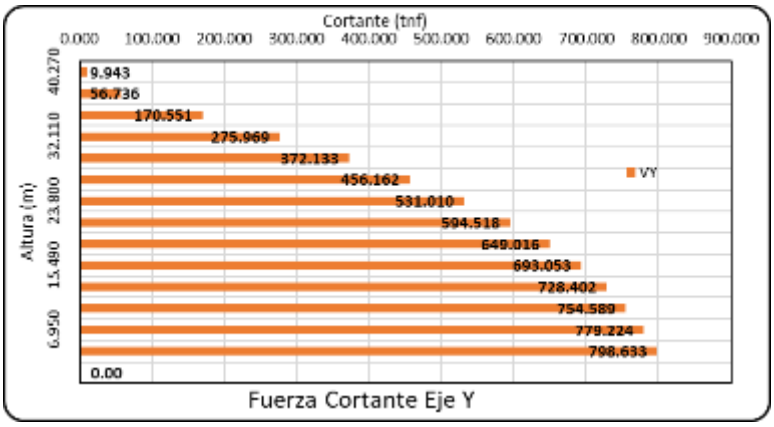


Gráfico 26

Fuerza cortante eje Y SECTOR 02.



6.2.2 Cálculo de los desplazamientos y derivas de la edificación.

Para el cálculo de los desplazamientos considerando un análisis estático, tenemos los siguientes valores obtenidos del modelo matemático computarizado:

Tabla 10

Tabla de consideraciones para el cálculo de desplazamientos.

Cálculo del Desplazamiento del Centro de Masa y Periodo Fundametal (TABLA EDITADA)					
Estructura X	Irregular				
Estructura Y	Irregular				
Mat. Predom. X	Concreto Armado		0.007		
Mat. Predom. Y	Concreto Armado		0.007		

Tabla 11

Tabla de desplazamientos y derivas elástico e inelástico en el centro del diafragma SECTOR 01.

STORY	UX ELÁSTICO	UY ELÁSTICO	UX(0.85R;0.75R) INELÁSTICO	UY(0.85R;0.75R) INELÁSTICO	Deriva X INELÁSTICA	Deriva Y INELÁSTICA	$P_i X * d_i^2 X$	$P_i Y * d_i^2 Y$	$F_i X * d_i$	$F_i Y * d_i$
	m	m	m	m						
TANQUE	0.0363	0.0509	0.1942	0.2728	0.0052	0.0106	0.0498	0.0982	0.3541	0.4974
TECHOS	0.0338	0.0459	0.1810	0.2457	0.0053	0.0071	0.1975	0.3641	1.3941	1.8926
STORY10	0.0310	0.0422	0.1661	0.2258	0.0054	0.0083	0.5986	1.1066	4.1941	5.7027
STORY9	0.0282	0.0379	0.1513	0.2028	0.0057	0.0085	0.5154	0.9262	3.5910	4.8141
STORY8	0.0253	0.0335	0.1354	0.1792	0.0061	0.0087	0.4128	0.7234	2.8849	3.8189
STORY7	0.0221	0.0290	0.1186	0.1552	0.0064	0.0088	0.3166	0.5422	2.2433	2.9360
STORY6	0.0189	0.0244	0.1009	0.1309	0.0065	0.0087	0.2295	0.3857	1.6743	2.1704
STORY5	0.0155	0.0199	0.0829	0.1068	0.0065	0.0084	0.1549	0.2567	1.1860	1.5269
STORY4	0.0121	0.0156	0.0650	0.0835	0.0062	0.0076	0.0951	0.1569	0.7848	1.0080
STORY3	0.0089	0.0116	0.0479	0.0623	0.0058	0.0070	0.0516	0.0875	0.4746	0.6182
STORY2	0.0059	0.0080	0.0318	0.0430	0.0051	0.0061	0.0228	0.0416	0.2495	0.3367
STORY1	0.0033	0.0049	0.0177	0.0261	0.0041	0.0046	0.0071	0.0155	0.1043	0.1540
SOT1	0.0010	0.0023	0.0054	0.0122	0.0015	0.0027	0.0008	0.0042	0.0254	0.0581
SOT2	0.0002	0.0008	0.0010	0.0043	0.0002	0.0011	0.0000	0.0008	0.0036	0.0160
TOTAL	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**2.6526**	**4.7097**	**19.1640**	**25.5501**

Tabla 12

Tabla de desplazamientos y derivas elástico e inelástico en el centro del diafragma SECTOR 02.

STORY	UX ELÁSTICO	UY ELÁSTICO	UX(0.85R;0.75R) INELÁSTICO	UY(0.85R;0.75R) INELÁSTICO	Deriva X INELÁSTICA	Deriva Y INELÁSTICA	$P_i X * d_i^2 X$	$P_i Y * d_i^2 Y$	$F_i X * d_i$	$F_i Y * d_i$
	m	m	m	m						
TANQUE	0.0331	0.0491	0.1773	0.2630	0.0047	0.0063	0.0414	0.0912	0.3291	0.4884
TECHOS	0.0309	0.0461	0.1653	0.2467	0.0052	0.0075	0.1835	0.4088	1.4443	2.1558
STORY10	0.0281	0.0421	0.1506	0.2257	0.0049	0.0087	0.4068	0.9135	3.2015	4.7972
STORY9	0.0256	0.0377	0.1371	0.2017	0.0052	0.0083	0.3446	0.7461	2.6985	3.9708
STORY8	0.0229	0.0334	0.1226	0.1788	0.0055	0.0088	0.2801	0.5959	2.2014	3.2110
STORY7	0.0200	0.0288	0.1073	0.1545	0.0057	0.0085	0.2111	0.4375	1.6836	2.4236
STORY6	0.0171	0.0244	0.0914	0.1309	0.0059	0.0087	0.1557	0.3192	1.2776	1.8292
STORY5	0.0140	0.0200	0.0752	0.1068	0.0058	0.0082	0.1036	0.2094	0.8915	1.2672
STORY4	0.0110	0.0157	0.0591	0.0842	0.0055	0.0078	0.0651	0.1321	0.6013	0.8568
STORY3	0.0082	0.0117	0.0437	0.0627	0.0052	0.0070	0.0351	0.0721	0.3595	0.5155
STORY2	0.0055	0.0081	0.0294	0.0434	0.0046	0.0060	0.0161	0.0352	0.1940	0.2867
STORY1	0.0031	0.0050	0.0167	0.0267	0.0038	0.0051	0.0052	0.0133	0.0816	0.1308
SOT1	0.0010	0.0022	0.0052	0.0116	0.0014	0.0025	0.0007	0.0036	0.0241	0.0532
SOT2	0.0002	0.0008	0.0012	0.0042	0.0003	0.0010	0.0001	0.0007	0.0042	0.0152
TOTAL	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**1.8490**	**3.9783**	**14.9923**	**22.0013**

Considerando los desplazamientos, utilizamos la fórmula de la norma para poder estimar el periodo fundamental en cada sentido X y Y.

Tabla 13

Tabla de cálculo de periodo fundamental de la estructura considerando y no considerando a la rigidez de los elementos no estructurales SECTOR 01.

Periodo Fundamental de Vibración Calculado para Ambas Direcciones									
Tx	0.746	kx E030	1.123						$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^{n} P_i \cdot d_i^2\right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^{n} f_i \cdot d_i\right)}}$
Ty	0.861	ky E030	1.116						
Tx E030	0.634	85% NO considera la rigidez de los elementos no estructural							
Ty E030	0.732	85% NO considera la rigidez de los elementos no estructural							

De la tabla 14 obtenemos que el periodo obtenido por el análisis estático es de Tx: 0.746 y de Ty:0.861 para el SECTOR 01.

Tabla 14

Tabla de cálculo de periodo fundamental de la estructura considerando y no considerando a la rigidez de los elementos no estructurales SECTOR 02.

Periodo Fundamental de Vibración Calculado para Ambas Direcciones									
Tx	0.705	kx E030	1.102						$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^{n} P_i \cdot d_i^2\right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^{n} f_i \cdot d_i\right)}}$
Ty	0.853	ky E030	1.113						
Tx E030	0.599	85% NO considera la rigidez de los elementos no estructural							
Ty E030	0.725	85% NO considera la rigidez de los elementos no estructural							

De la tabla 15 obtenemos que el periodo obtenido por el análisis estático es de Tx: 0.705 y de Ty:0.853.

A continuación, con los datos obtenidos y las alturas de entrepiso, podemos graficar los desplazamientos y derivas de la estructura:

Gráfico 27

Desplazamientos Eje X SECTOR 01.

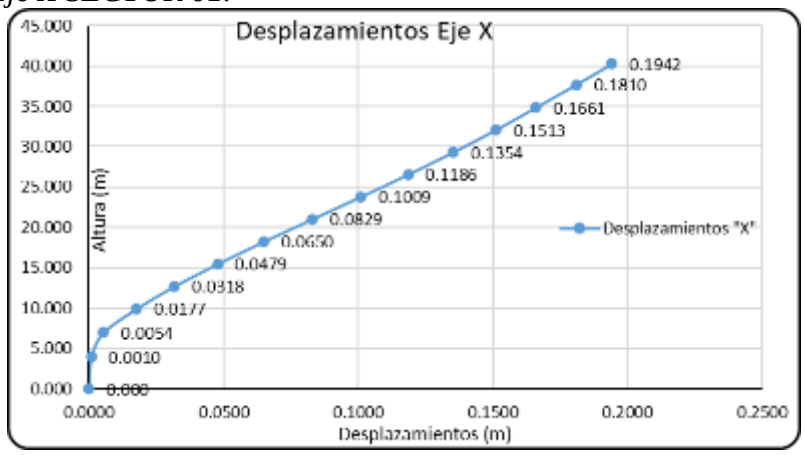


Gráfico 28

Desplazamientos Eje Y SECTOR 01.

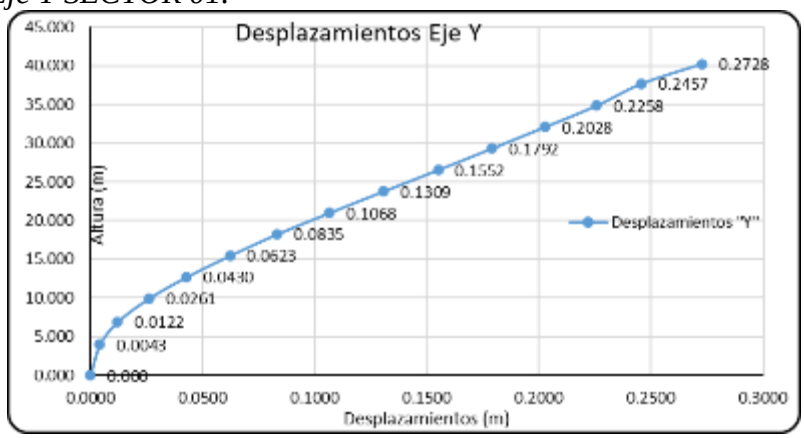


Gráfico 29

Desplazamientos Eje X SECTOR 02.

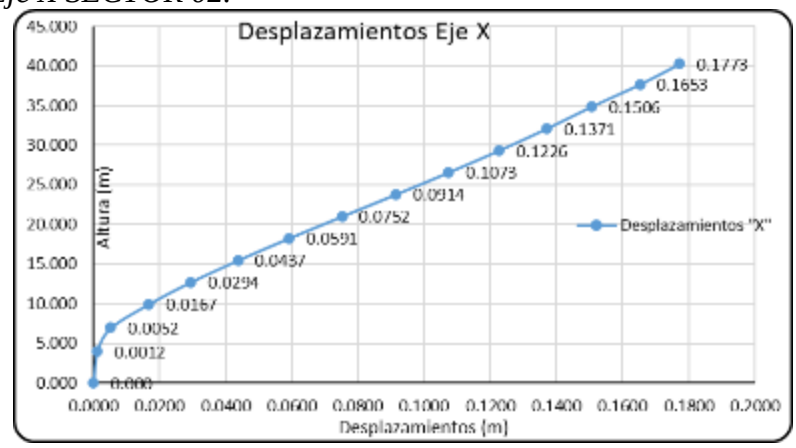


Gráfico 30

Desplazamientos Eje Y SECTOR 02.

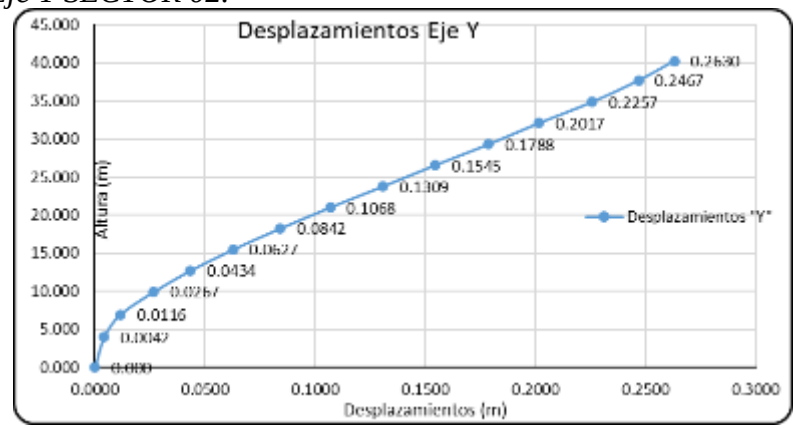


Gráfico 31

Derivas Eje X SECTOR 01.

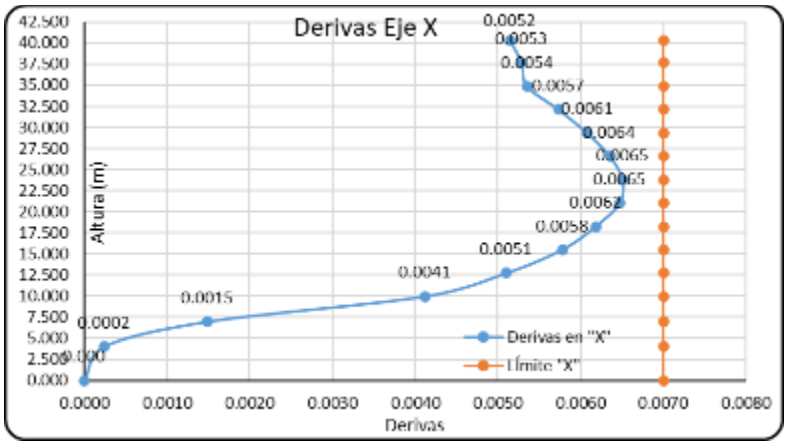


Gráfico 32

Derivas Eje Y SECTOR 01.

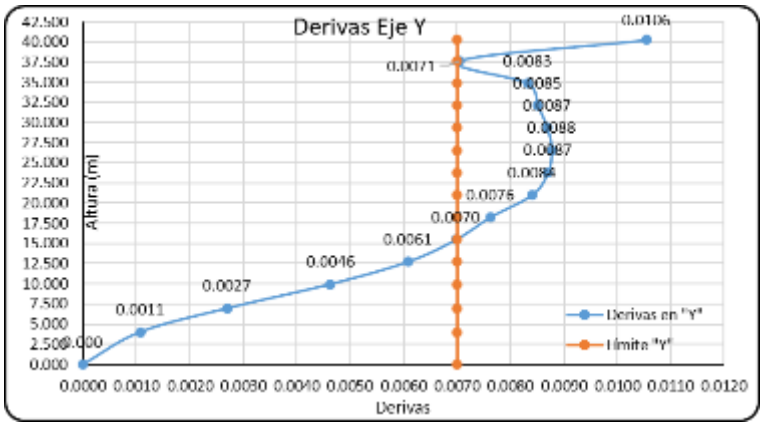


Gráfico 33

Derivas Eje X SECTOR 02.

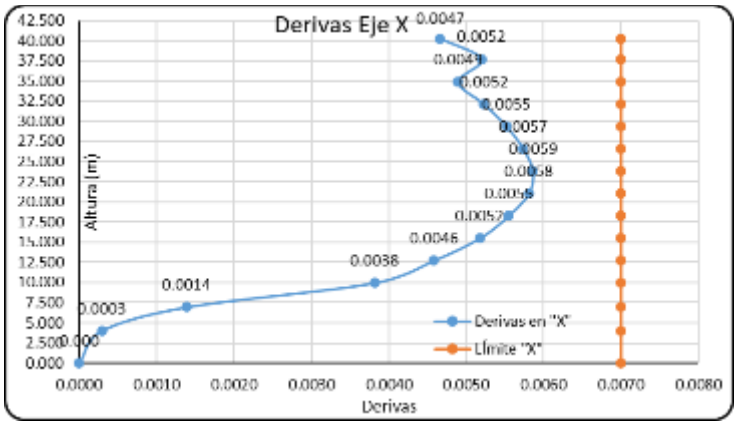
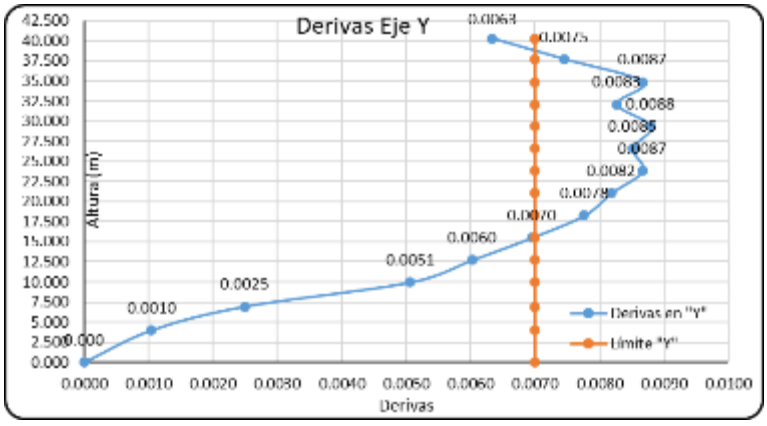


Gráfico 34

Derivas Eje Y SECTOR 02.



6.3 Análisis Dinámico de la edificación en base fija.

El análisis dinámico que a continuación presentaremos será obtenido con ayuda del programa ETABS, teniendo en cuenta diafragmas rígidos en cada nivel, determinando los modos de vibración y los periodos de vibración que a cada uno le competen, además de ello introduciremos los espectros de respuesta mostrados en los gráficos 12 y 13, elaborados con un 5% de amortiguamiento como indican las normativas nacionales e internacionales para edificaciones de concreto. Se tiene en cuenta también la excentricidad accidental del 0.05.

6.3.1 Cálculo de las fuerzas actuantes y cortantes en la edificación.

Obtenemos los valores para las cortantes dinámicas repartidas en todos los pisos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 15

Tabla de cortante dinámica por nivel SECTOR 01.

Dinámica por nivel (TABLA EDITADA)

LE: Story Definitions

Name	Height	Elevation	Story	Load Case/Combo	Load Case/Combo	P_x	P_y	V_X	V_Y	M_X	M_Y
	m	m				tonf	tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m
TANQUE	2.570	40.270	TANQUE	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	37.821	37.821	11.378	13.272	11.566	8.477
TECHOS	2.820	37.700	TECHOS	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	172.919	172.919	50.365	52.279	51.783	47.839
STORY10	2.770	34.880	STORY10	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	622.214	622.214	154.588	161.243	156.140	163.011
STORY9	2.770	32.110	STORY9	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	645.887	645.887	244.226	247.936	313.717	330.377
STORY8	2.770	29.340	STORY8	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	645.887	645.887	320.399	317.147	508.358	528.026
STORY7	2.770	26.570	STORY7	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	645.887	645.887	385.317	374.846	727.757	743.280
STORY6	2.770	23.800	STORY6	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	645.887	645.887	440.982	424.399	965.765	970.712
STORY5	2.770	21.030	STORY5	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	645.887	645.887	488.474	467.883	1220.063	1209.871
STORY4	2.770	18.260	STORY4	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	645.887	645.887	528.333	506.460	1490.316	1463.391
STORY3	2.770	15.490	STORY3	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	645.887	645.887	560.707	540.396	1776.994	1735.240
STORY2	2.770	12.720	STORY2	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	645.887	645.887	585.330	568.844	2080.530	2028.851
STORY1	3.000	9.950	STORY1	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	651.785	651.785	602.273	591.058	2427.762	2372.081
SOT1	2.950	6.950	SOT1	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	806.392	806.392	613.258	609.779	2785.772	2731.003
SOT2	4.000	4.000	SOT2	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	1234.797	1234.797	621.761	624.383	3294.496	3240.683
TOTAL (tonf)	**40.27**	**0.00**				**8693.02**	**8693.02**				

Tabla 16

Tabla de cortante dinámica por nivel SECTOR 02.

Dinámica por nivel (TABLA EDITADA)

LE: Story Definitions

Name	Height	Elevation	Story	Load Case/Combo	Load Case/Combo	P_x	P_y	V_X	V_Y	M_X	M_Y
	m	m				tonf	tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m
TANQUE	2.570	40.270	TANQUE	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	37.821	37.821	11.088	13.002	11.449	8.653
TECHOS	2.820	37.700	TECHOS	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	192.603	192.603	53.532	55.352	54.428	53.740
STORY10	2.770	34.880	STORY10	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	514.186	514.186	138.562	141.777	155.770	165.931
STORY9	2.770	32.110	STORY9	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	525.857	525.857	211.675	209.551	302.941	324.890
STORY8	2.770	29.340	STORY8	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	534.414	534.414	275.671	265.169	483.484	514.412
STORY7	2.770	26.570	STORY7	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	525.857	525.857	329.325	310.848	688.977	724.586
STORY6	2.770	23.800	STORY6	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	534.414	534.414	376.127	350.850	913.726	950.909
STORY5	2.770	21.030	STORY5	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	525.857	525.857	415.279	385.461	1156.356	1191.845
STORY4	2.770	18.260	STORY4	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	534.414	534.414	448.455	416.934	1415.694	1447.829
STORY3	2.770	15.490	STORY3	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	525.857	525.857	474.785	444.428	1691.776	1720.135
STORY2	2.770	12.720	STORY2	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	534.414	534.414	494.971	468.115	1984.165	2009.890
STORY1	3.000	9.950	STORY1	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	531.267	531.267	508.577	486.597	2318.125	2342.977
SOT1	2.950	6.950	SOT1	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	768.071	768.071	519.409	504.024	2662.749	2687.558
SOT2	4.000	4.000	SOT2	SISMOCQCXX	SISMOCQCYY	1172.587	1172.587	529.945	519.490	3151.515	3174.923
TOTAL (tonf)	40.27	0.00				7457.62	7457.62				

Gráfico 35

Fuerza cortante en "X" SECTOR 01.

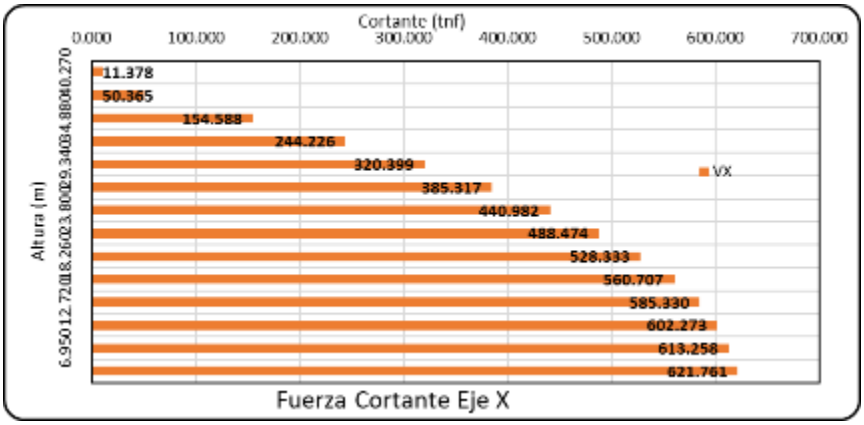


Gráfico 36

Fuerza cortante en "Y" SECTOR 01.

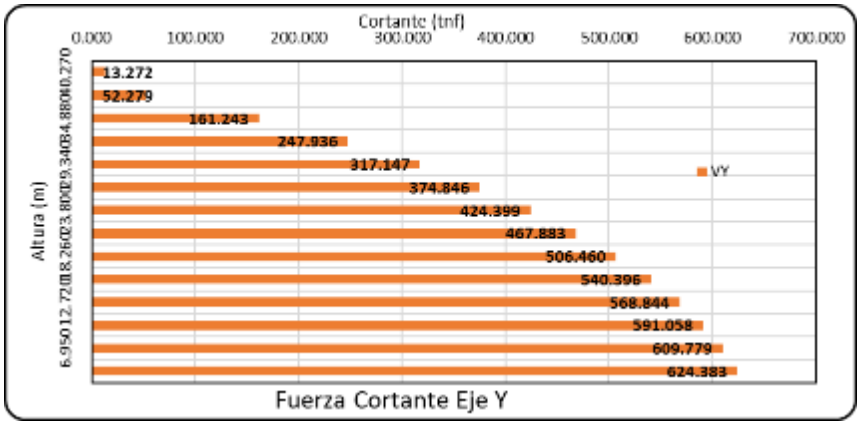


Gráfico 37

Fuerza cortante en "X" SECTOR 02.

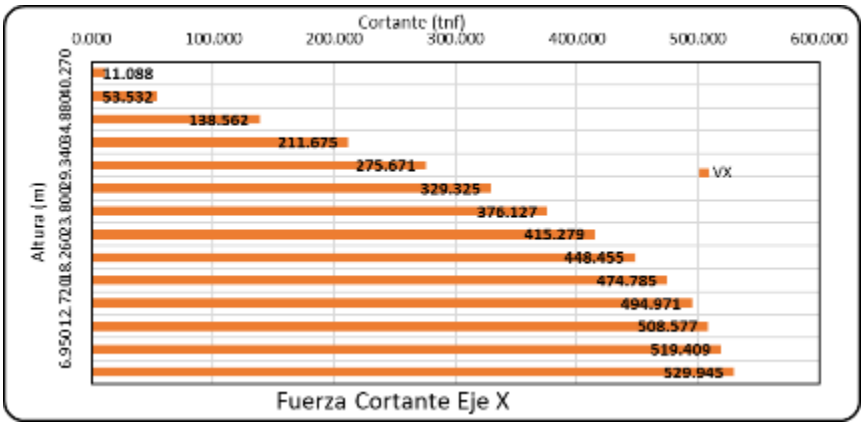
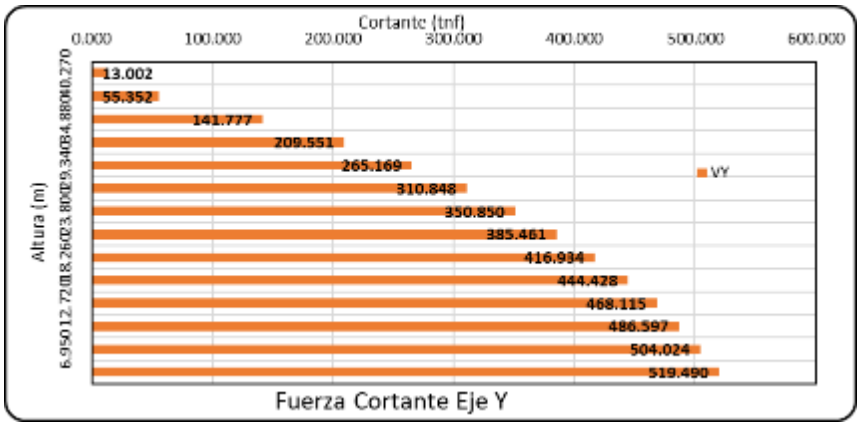


Gráfico 38

Fuerza cortante en "Y" SECTOR 02.



6.3.2 Cálculo de los porcentajes de masa participativa para cada modo de vibración.

A continuación, presentamos la tabla obtenida del programa de modelamiento matemático computarizado donde se muestran los modos de vibración asociados a 3 por nivel (Ver Anexos) con el objetivo de que las masas efectivas y participativas sumadas sean mayores al 90% de la masa total, lo cual se aprecia a continuación:

6.3.3 Cálculo de los desplazamientos y derivas de la edificación.

Para el cálculo de los desplazamientos y derivas, presentamos los valores obtenidos del programa de modelamiento matemático computarizado y su correspondiente modificación según

la normativa, es decir, multiplicando por 0.75 R para estructuras regulares ó por 0.85 R para estructuras irregulares (Ver Anexos).

A continuación, con los datos tenidos y las alturas de entrepiso, podemos graficar los desplazamientos y derivas de la estructura:

Gráfico 39

Desplazamientos Eje X SECTOR 01.

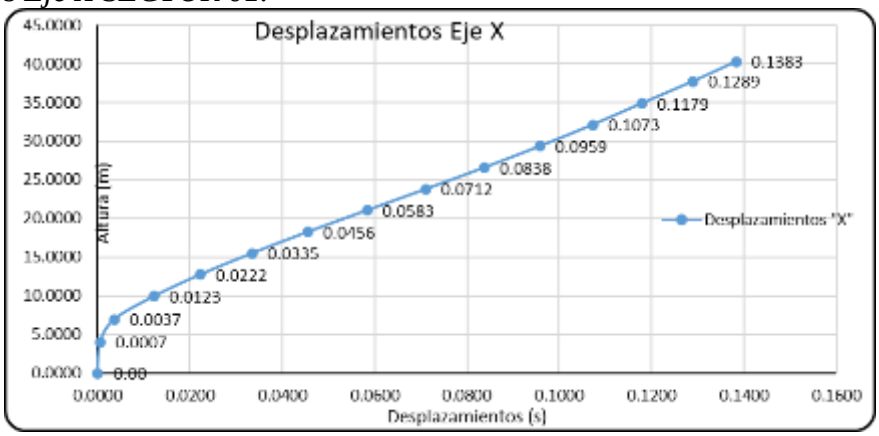


Gráfico 40

Desplazamientos Eje Y SECTOR 01.

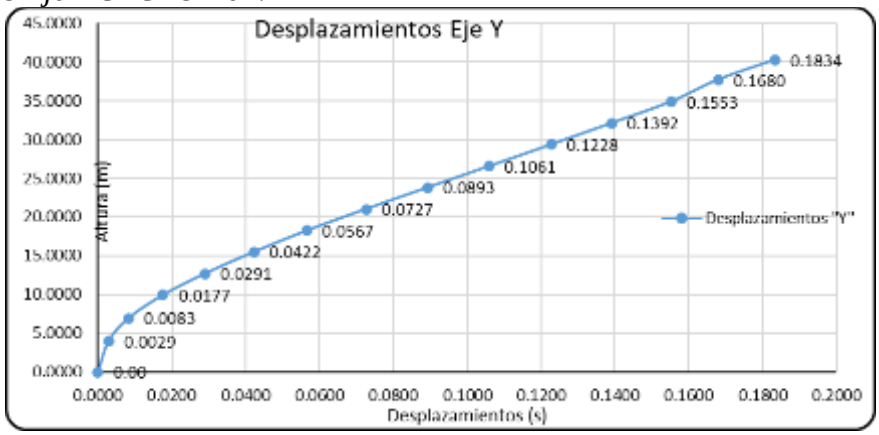


Gráfico 41

Desplazamientos Eje X SECTOR 02.

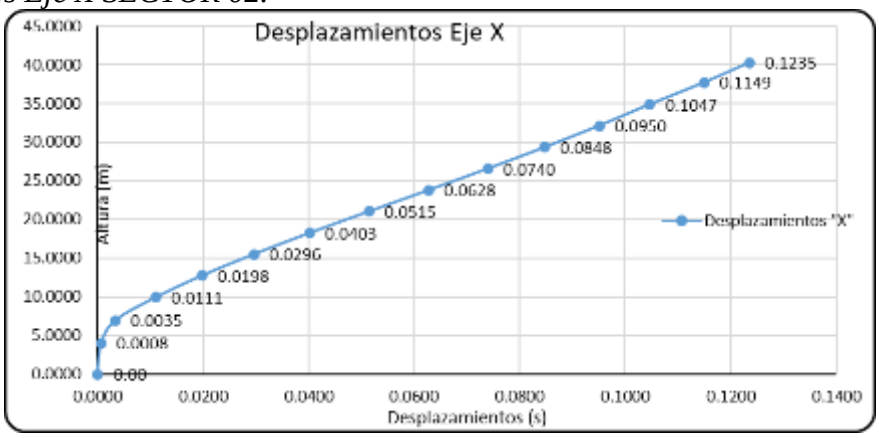


Gráfico 42

Desplazamientos Eje Y SECTOR 02.

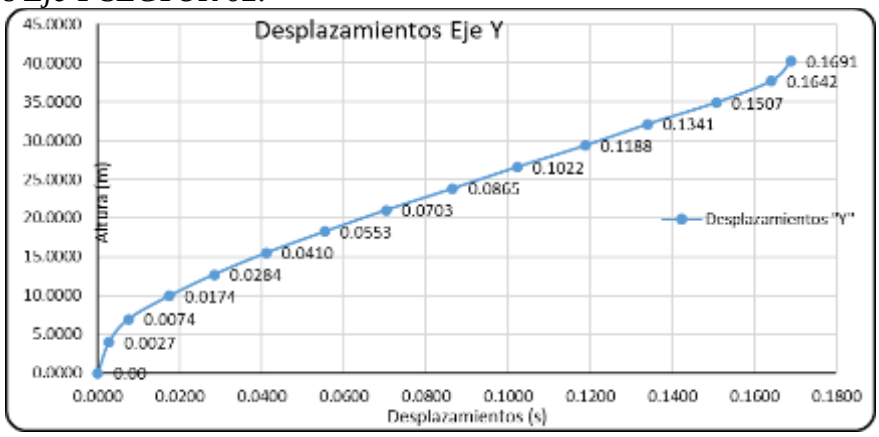


Gráfico 43

Derivas Eje X SECTOR 01.

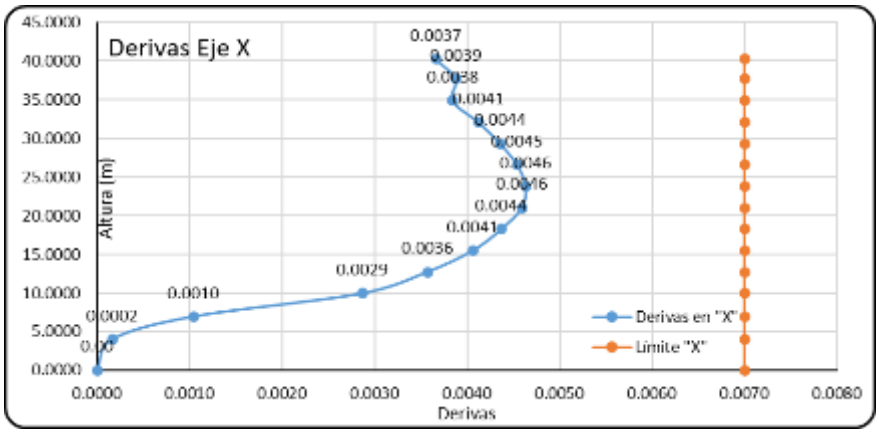


Gráfico 44

Derivas Eje Y SECTOR 01.

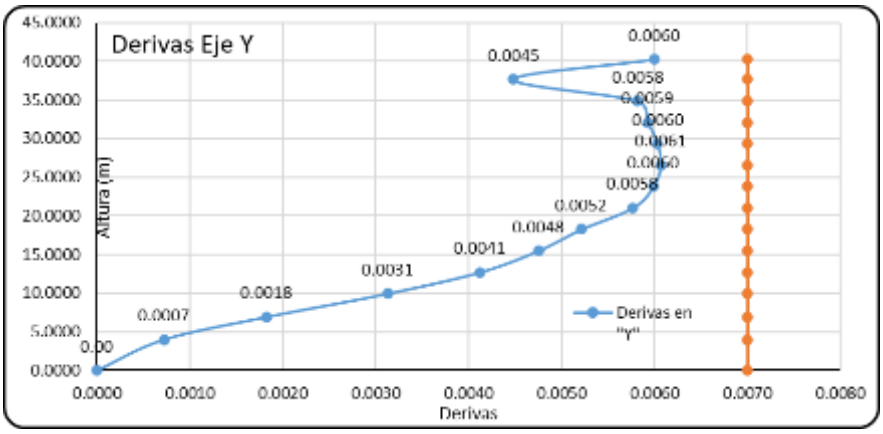


Gráfico 45

Derivas Eje X SECTOR 02.

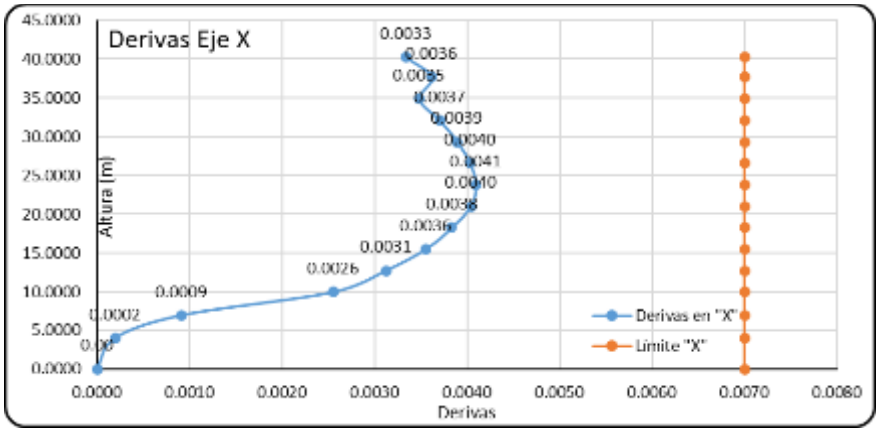
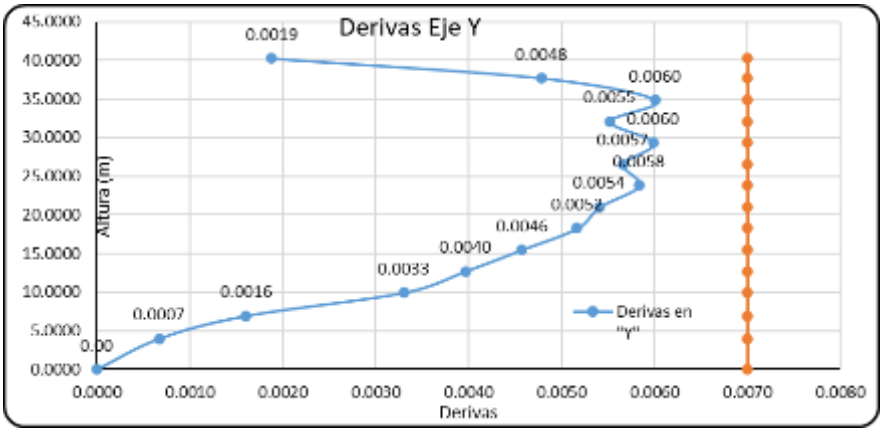


Gráfico 46

Derivas Eje Y SECTOR 02.



6.3.4 Cálculo de desplazamientos en los extremos y verificación de irregularidades torsionales

Según la normativa vigente RESOLUCIÓN MINISTERIAL N°355-2018-VIVIENDA - MODIFICAN LA NORMA TÉCNICA E0.30 DISEÑO SISMORRESISTENTE DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, dice: *"**Irregularidad Torsional**: Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ máx.) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ prom). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.*

***Irregularidad Torsional Extrema:** (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ máx.) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ prom). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11."*.

A continuación, mostramos los puntos en los extremos de la edificación que son continuos en los niveles de planta típica:

Figura 42

Planta típica SECTOR 01 y señalización de los puntos de análisis 49, 54, 191 y 197.

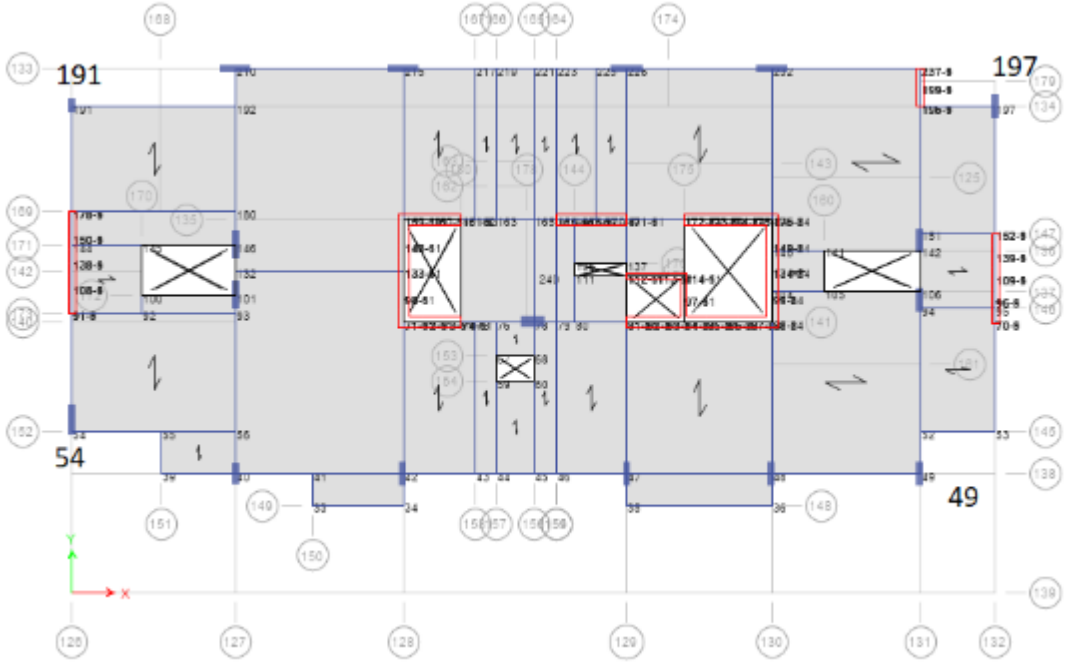
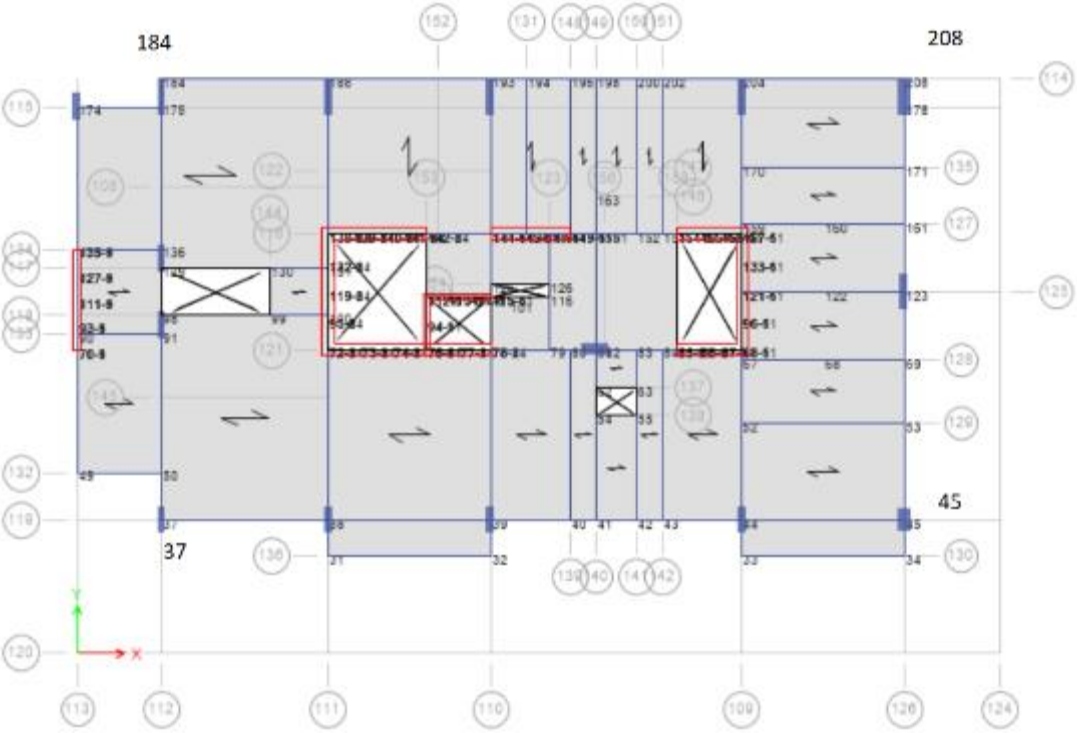


Figura 43

Planta típica SECTOR 02 y señalización de los puntos de análisis 37, 45, 184 y 208.



Mostramos los valores de los desplazamientos y derivas de los puntos indicados, así como también el cálculo según lo establecido en la norma para las irregularidades torsionales:

A continuación, con los datos obtenidos y las alturas de entrepiso, podemos graficar los desplazamientos y derivas de cada uno de los puntos:

Gráfico 47

Desplazamientos Eje X de los puntos 49, 54, 191 y 197 SECTOR 01.

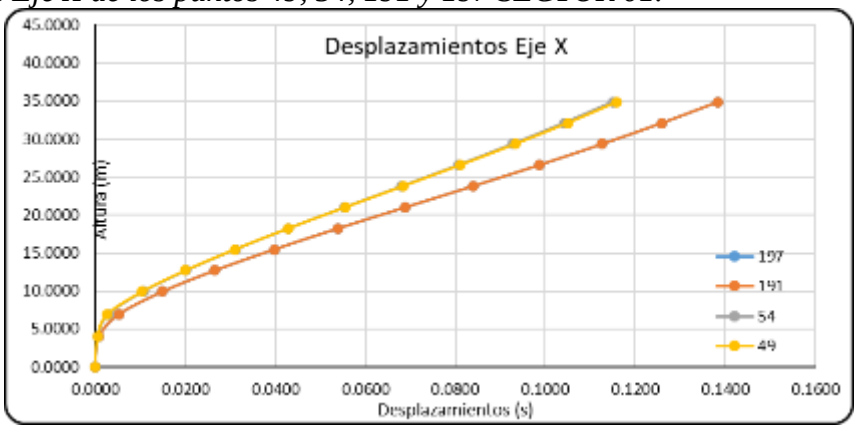


Gráfico 48

Desplazamientos Eje Y de los puntos 49, 54, 191 y 197 SECTOR 01.

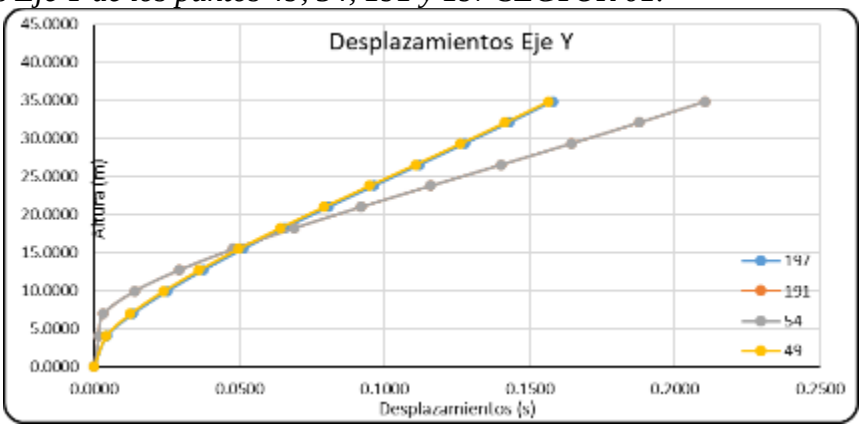


Gráfico 49

Desplazamientos Eje X de los puntos 37, 45, 184 y 208 SECTOR 02.

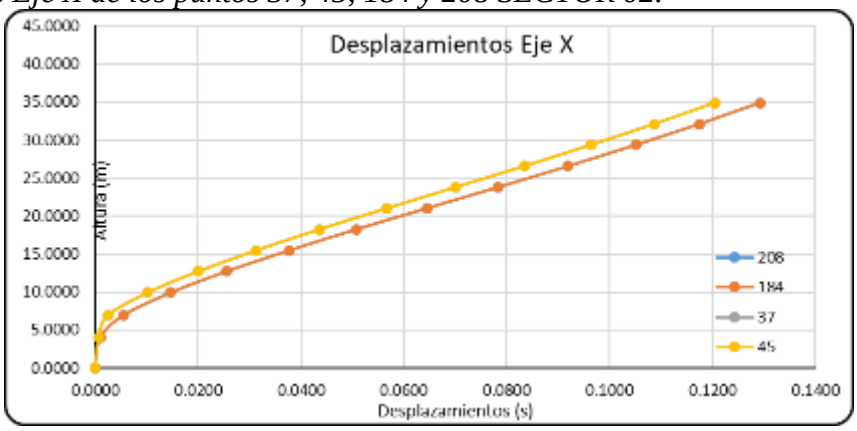


Gráfico 50

Desplazamientos Eje Y de los puntos 37, 45, 184 y 208 SECTOR 02.

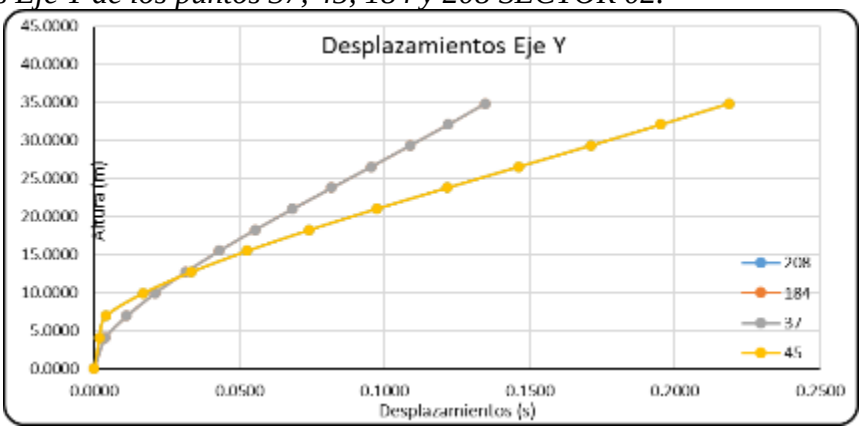


Gráfico 51

Derivas Eje X de los puntos 49, 54, 191 y 197 SECTOR 01.

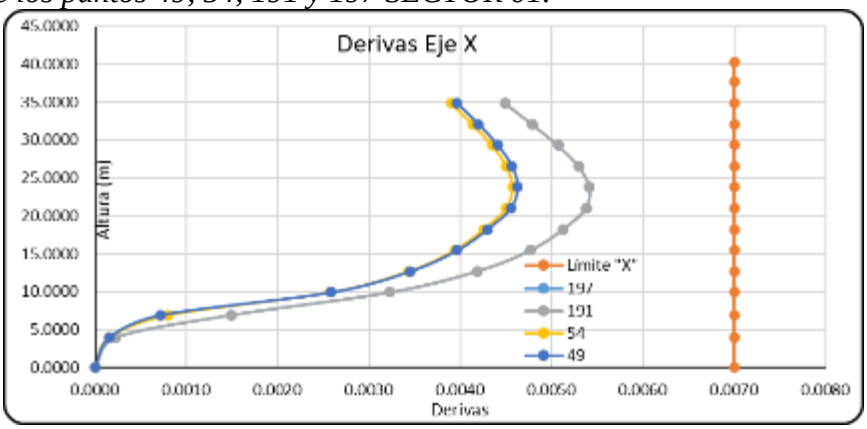


Gráfico 52

Derivas Eje Y de los puntos 49, 54, 191 y 197 SECTOR 01.

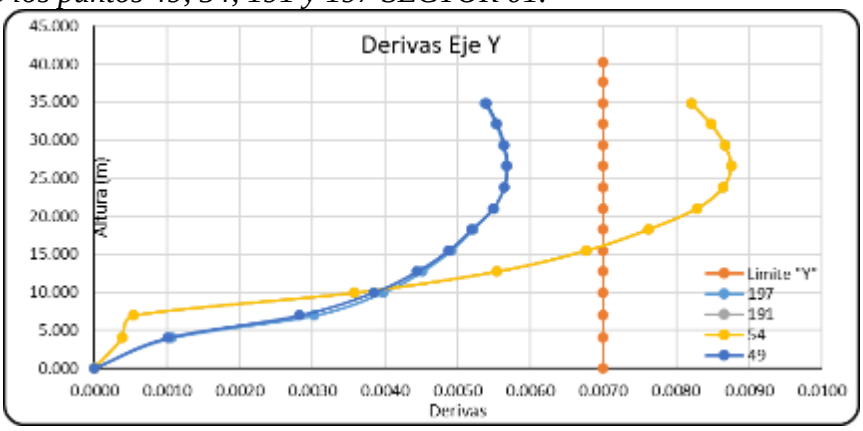


Gráfico 53

Derivas Eje X de los puntos 37, 45, 184 y 208 SECTOR 02.

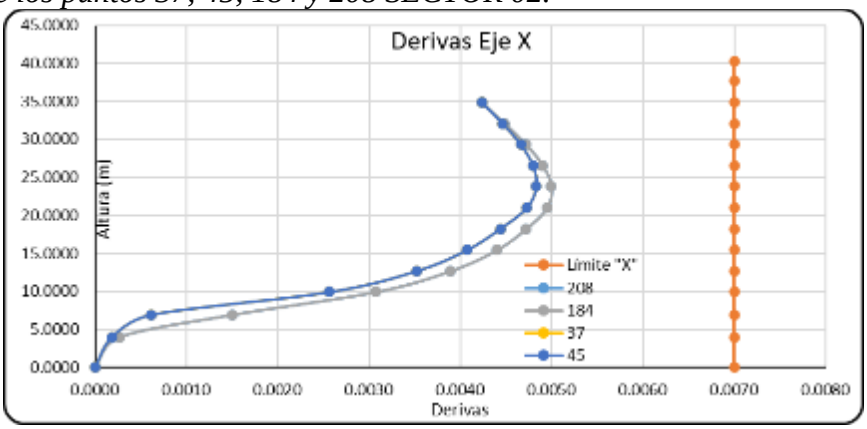
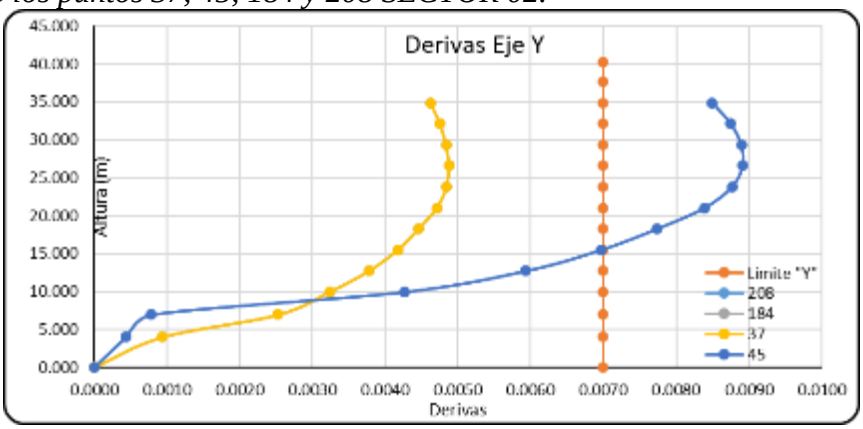


Gráfico 54

Derivas Eje Y de los puntos 37, 45, 184 y 208 SECTOR 02.



6.3.5 Cálculo del factor de amplificación de la cortante dinámica y deducción de los 3 primeros modos fundamentales de vibración:

Según normativa, para poder contemplar el diseño de los elementos de la estructura, para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, no debe ser menor que el 80% de la cortante sísmica estática para estructuras regulares, ni menor al 90% de la cortante símica estática para estructuras irregulares, por ende, es necesario amplificar las cortantes dinámicas por los valores mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 17

Tabla de factor de amplificación de cortante dinámica SECTOR 01.

Factor de Amplificación de Cortante Dinámica						
Estructura X	**Irregular**					
Estructura Y	**Irregular**					
VX DIN	621.761	**90% VX Estático**	837.839	**Factor de Amplificación X**		1.348
VY DIN	624.383	**90% VX Estático**	837.839	**Factor de Amplificación Y**		1.342

Tabla 18

Tabla de factor de amplificación de cortante dinámica SECTOR 02.

Factor de Amplificación de Cortante Dinámica						
Estructura X	**Irregular**					
Estructura Y	**Irregular**					
VX DIN	529.945	**90% VX Estático**	718.770	**Factor de Amplificación X**		1.356
VY DIN	519.490	**90% VX Estático**	718.770	**Factor de Amplificación Y**		1.384

Adicional a ello, según la tabla 6.3.2.1 y 6.3.2.2 obtenemos los periodos fundamentales para traslación en X, Y y rotación en Z.

Tabla 19

Tabla de modos de vibración, periodos fundamentales y masas participativas SECTOR 01.

Modos de Vibración, Periodos Fundamentales y Masas Participativas			
Dirección	**%**	**Modo**	**T (s)**
X	**0.39**	**2**	**0.71**
Y	**0.62**	**1**	**0.84**
Z	**0.31**	**3**	**0.67**

Tabla 20

Tabla de modos de vibración, periodos fundamentales y masas participativas SECTOR 02.

Modos de Vibración, Periodos Fundamentales y Masas Participativas			
Dirección	**%**	**Modo**	**T (s)**
X	**0.33**	**3**	**0.67**
Y	**0.57**	**1**	**0.87**
Z	**0.34**	**2**	**0.76**

CAPÍTULO VII

7. PRE-DIMENSIONAMIENTO DE AISLADORES SÍSMICOS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON ESTRUCTURA APORTICADA

7.1 Propuesta de estructura aporticada.

El concepto de mejora estructural que planteamos en esta tesis, se basa en poder reducir la rigidez de la estructura teniendo en cuenta el periodo que esta presenta. Utilizamos el criterio de que una estructura aislada debe tener un periodo fundamental de 4 veces el periodo en base fija. Teniendo en cuenta esta consideración, y considerando el análisis dinámico que realizamos anteriormente, para el SECTOR 01 tenemos un valor de 0.84s en el sentido "Y" y para el SECTOR 02 tenemos un valor de 0.87s también en el sentido "Y".

Al realizar estas operaciones obtenemos los valores de 3.36 s. y 3.48 s. para el SECTOR 01 y SECTOR 02 respectivamente, sin embargo, utilizaremos un valor de 3.6 s. para ambos sectores, esto con la finalidad de poder tener una estructura lo suficientemente rígida en la superestructura como para que la teoría de aislamiento sísmico se cumpla y no tengamos tracciones en los aisladores o por lo menos tengan esfuerzos por debajo de lo permisible.

Figura 44

Propuesta de estructuración aporticada para la superestructura del SECTOR 01 vista de planta típica, pisos del 1 al 10.

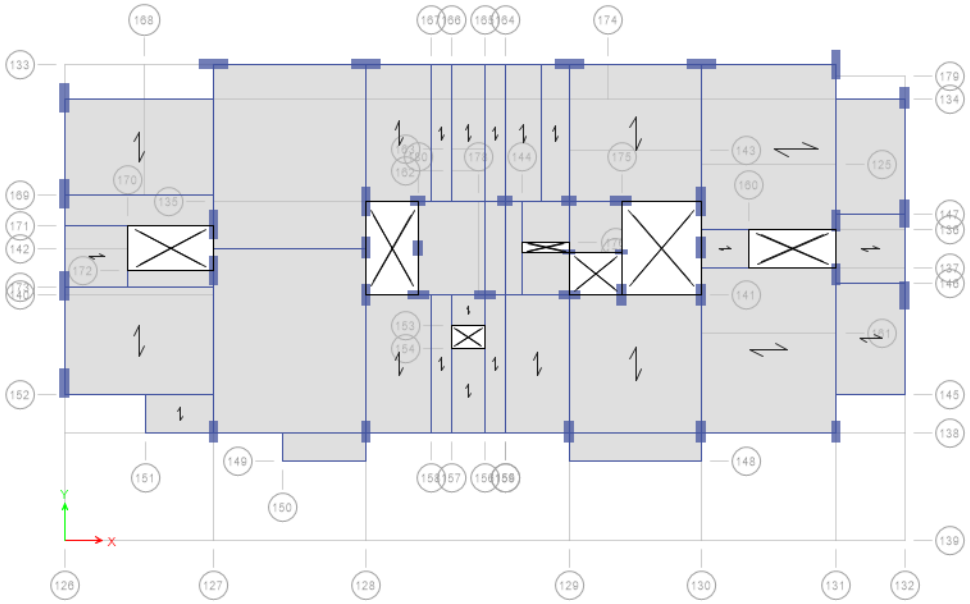


Figura 45

Propuesta de estructuración aporticada para la superestructura del SECTOR 01 vista de azotea.

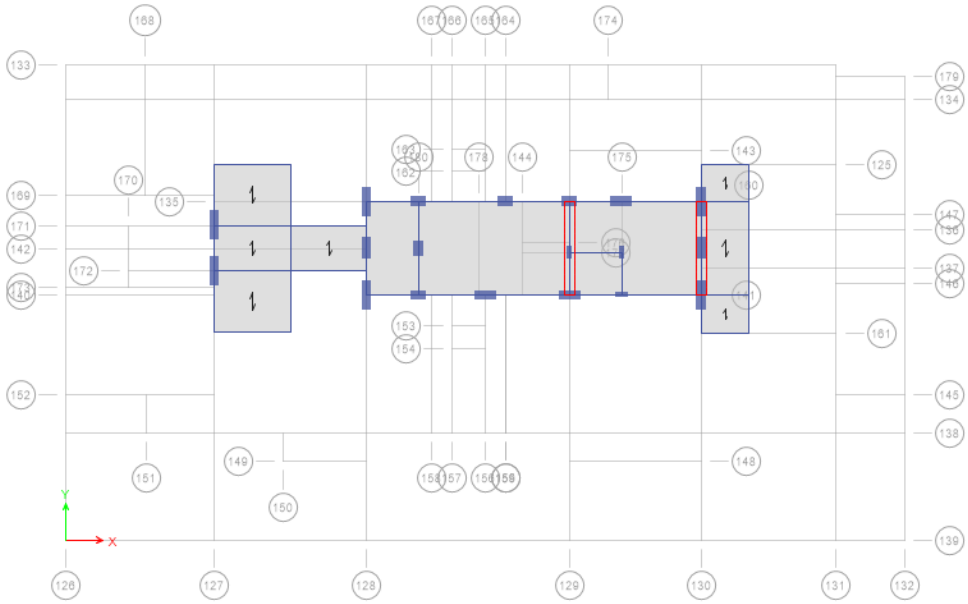


Figura 46

Propuesta de estructuración aporticada para la superestructura del SECTOR 01 vista de techos de tanques.

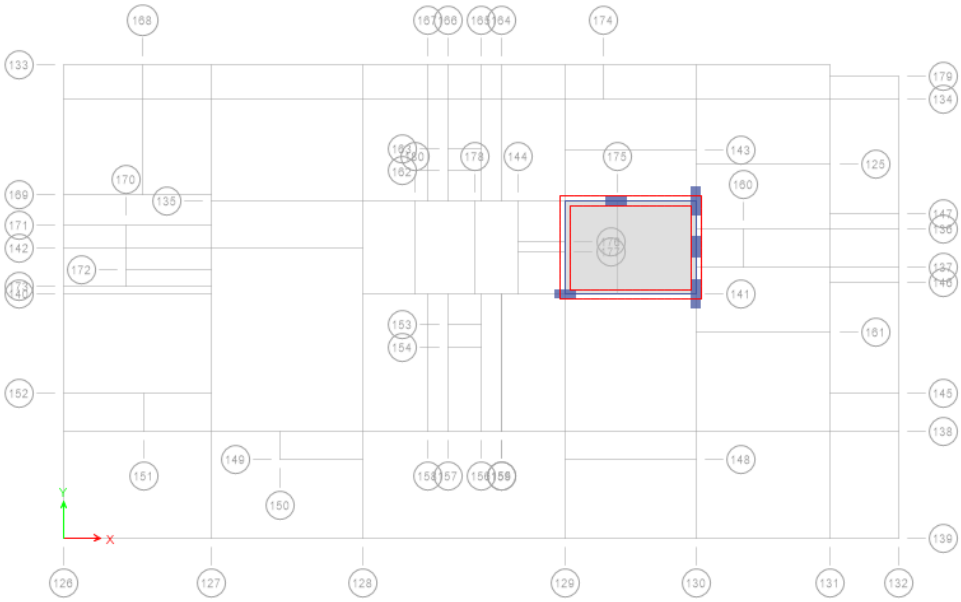


Figura 47

Propuesta de estructuración aporticada para la superestructura del SECTOR 01 vista 3D.

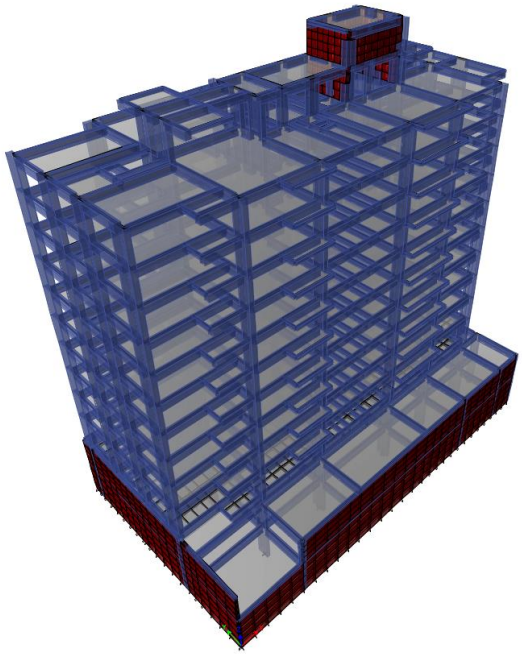


Figura 48

Propuesta de estructuración aporticada para la superestructura del SECTOR 02 vista de planta típica, pisos del 1er, 3er, 5to, 7mo y 9no.

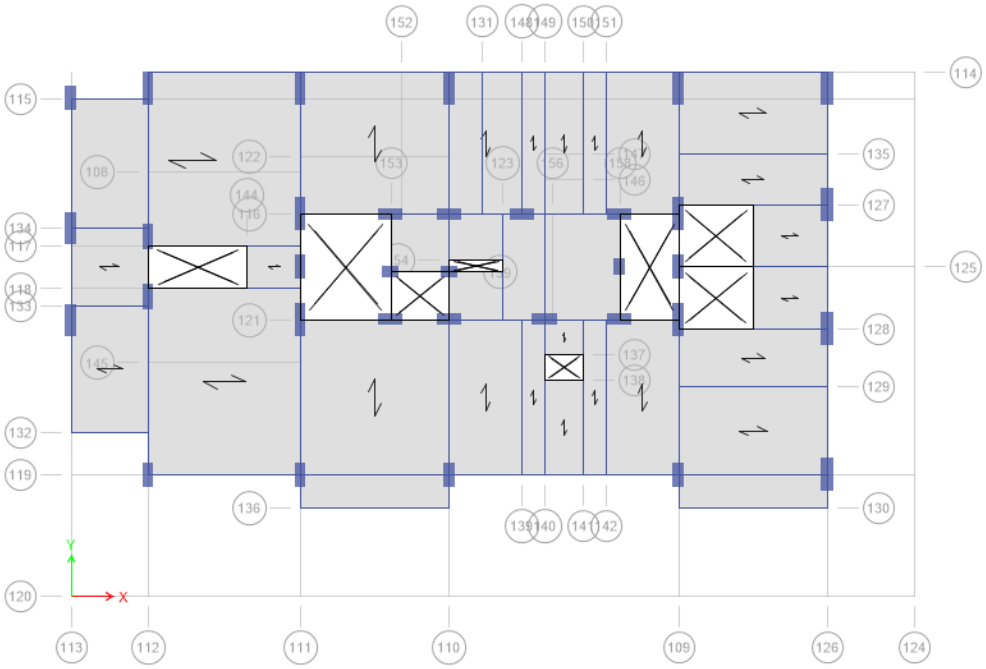


Figura 49

Propuesta de estructuración aporticada para la superestructura del SECTOR 02 vista de planta típica, pisos 2do, 4to, 6to, 8vo y 10mo

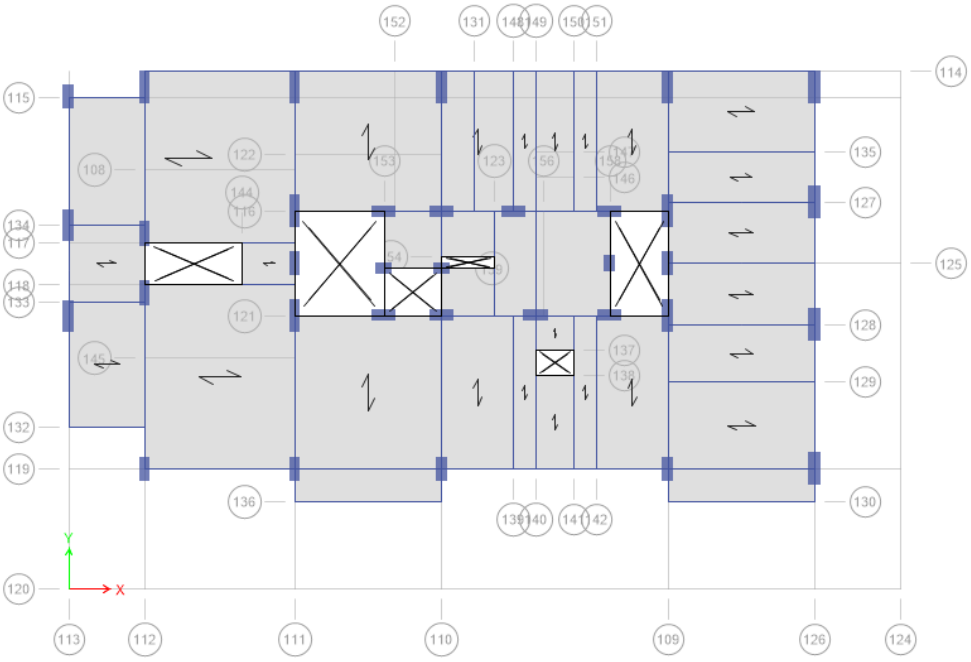


Figura 50

Propuesta de estructuración aporticada para la superestructura del SECTOR 02 vista de azotea.

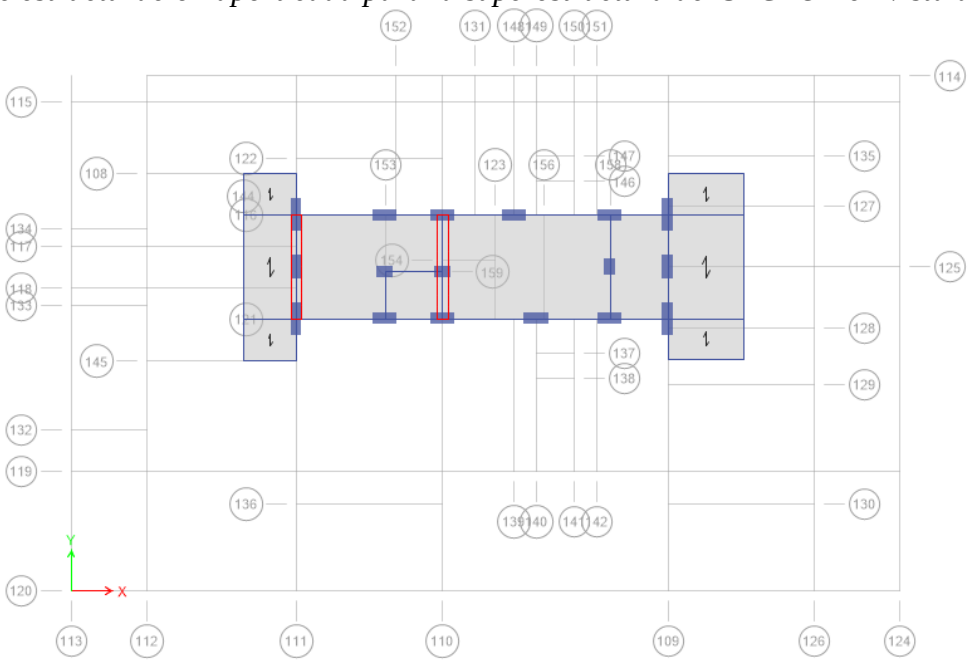


Figura 51

Propuesta de estructuración aporticada para la superestructura del SECTOR 02 vista de techos de tanques.

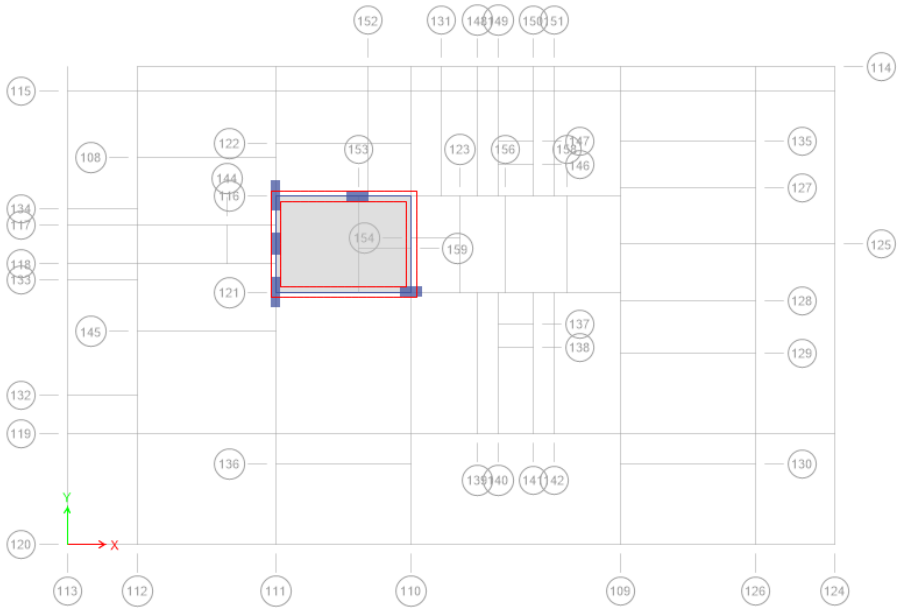
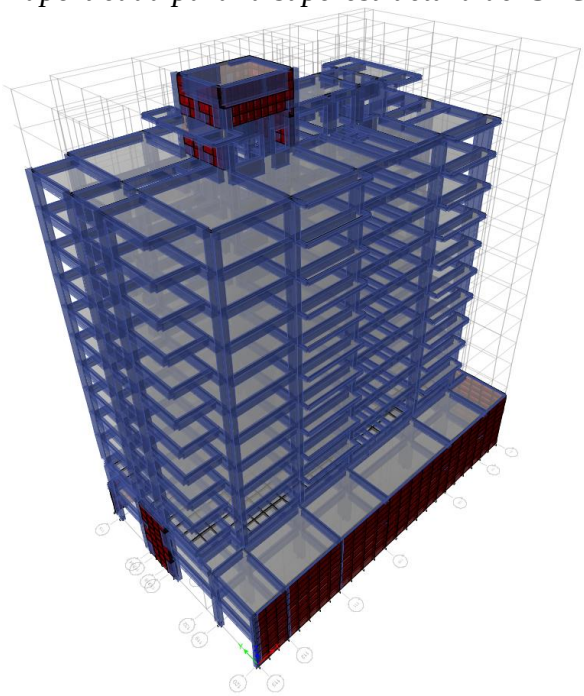


Figura 52

Propuesta de estructuración aporticada para la superestructura del SECTOR 02 vista 3D.



7.2 Pre dimensionamiento de aisladores sísmicos.

Comenzamos el capítulo indicando que los cálculos del pre dimensionamiento de aisladores sísmicos se realizaron bajo lo establecido en la presente tesis, elaborando hojas de cálculo de elaboración propia del autor que se irán mostrando en el desarrollo del documento con su formato de origen y cierta variación de relación aspecto, de no colocar alguna, se agregará la referencia para visualizar en los anexos.

Para dar inicio con el pre dimensionamiento de los aisladores sísmicos, empezamos definiendo sus ubicaciones y las etiquetas a cada punto en el que vamos a colocar un aislador, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 53

Ubicación de aisladores en la losa de aislamiento con sus respectivas etiquetas SECTOR 01.

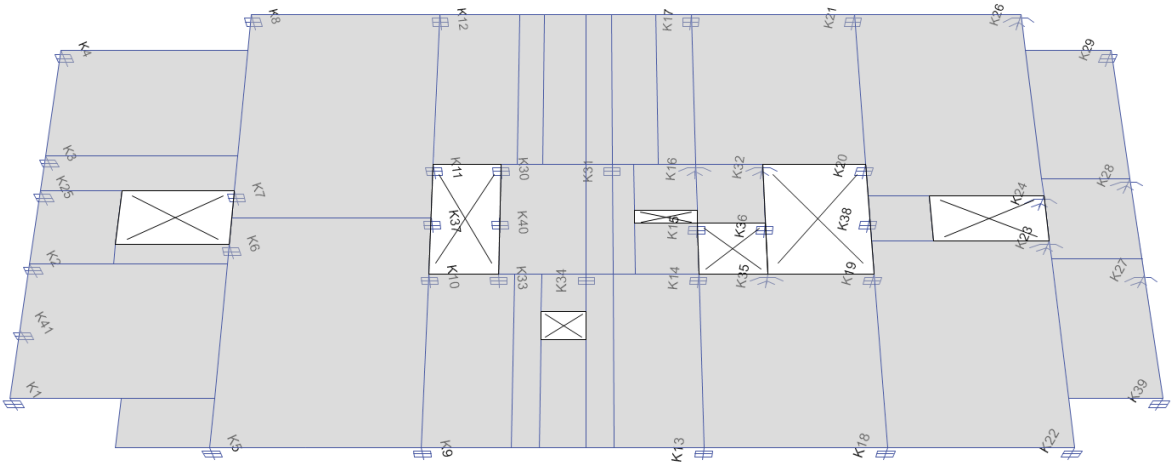
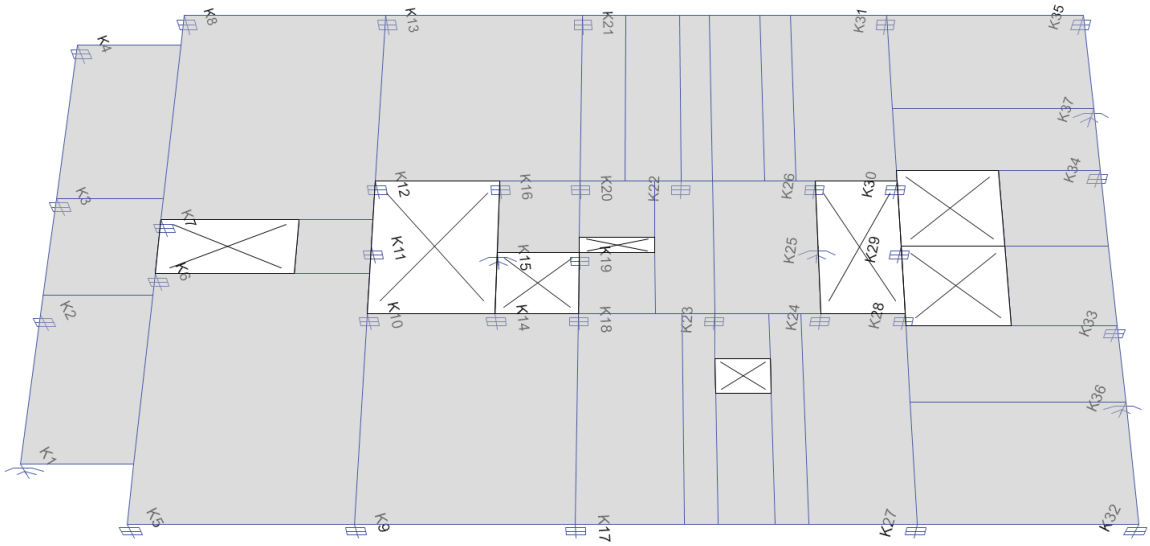


Figura 54

Ubicación de aisladores en la losa de aislamiento con sus respectivas etiquetas SECTOR 02.



Con la nueva superestructura planteada, calculamos el peso de la misma, el peso de la interfaz de aislación y por ende el peso total sobre los aisladores. Con el número total de aisladores, calculamos la carga que recibe cada uno de ellos y planteamos un periodo objetivo.

Tabla 21

Tabla de datos introductorios para el inicio del pre dimensionamiento de los aisladores SECTOR 01.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	7.243E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	7.733E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	8.016E+03	tonf	Peso total de la estructura.
N	4.10E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.767E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	0.88	s	Periodo de la estructura en base fija
T_M	3.60E+00	s	Periodo objetivo base aislada.

Tabla 22

Tabla de datos introductorios para el inicio del pre dimensionamiento de los aisladores SECTOR 02.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	6.162E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	6.415E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	6.804E+03	tonf	Peso total de la estructura.
N	3.70E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.665E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	0.88	s	Periodo de la estructura en base fija
T_M	3.60E+00	s	Periodo objetivo base aislada.

Con los valores de las rigideces y ubicaciones de los puntos en los que se colocan los aisladores, se puede calcular el desplazamiento total de la interfaz de aislamiento según lo estipulado en el R.N.E. E.031

Tabla 23

Tabla para el cálculo del desplazamiento total máximo en la interfaz de aislamiento, los valores en sumatoria se obtienen de la tabla siguiente 7.2.4. SECTOR 01.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR							
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR				
FACTOR	0.8	1	1.8				
ASUMIMOS							
d_y	1.537E+00	1.537E+00	1.537E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.		
D_M	3.029E+01	3.015E+01	3.029E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.		
D_{TM}=1.15 D_M	3.484E+01	3.467E+01	3.484E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.		
CALCULAMOS							
Q_d	1.888E+02	2.360E+02	4.249E+02	tonf	Fuerza característica.		
K_d	1.366E+03	1.707E+03	3.072E+03	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.		
F_y	2.098E+02	2.623E+02	4.721E+02	tonf	Fuerza de fluencia.		
K_M	1.989E+03	2.490E+03	4.475E+03	tonf/m	Rigidez efectiva del sistema.		
K_e	1.366E+04	1.707E+04	3.072E+04	tonf/m	Rigidez elástica.		
$\sum E_M$	2.172E+02	2.701E+02	4.888E+02	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis		
β_{eff}	18.94%	19.00%	18.94%	%	Amortiguamiento efectivo.		
B	1.491E+00	1.493E+00	1.491E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.		
T_{eff}	4.028E+00	3.60E+00	2.685E+00	s	Periodo efectivo.		
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.		
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.		
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.		
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.		
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.		
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.		
S_a	1.099E+02	1.371E+02	2.473E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.		
D_M	3.029E+01	3.015E+01	3.029E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.		
D_{TM}	3.484E+01	3.467E+01	3.484E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.		
d_y	1.537E+00	1.537E+00	1.537E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.		

Tabla 24

Tabla para el cálculo del desplazamiento total máximo en la interfaz de aislamiento, los valores en sumatoria se obtienen de la tabla siguiente 7.2.5. SECTOR 02.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR						
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR			
FACTOR	0.8	1	1.8			
ASUMIMOS						
d_y	1.537E+00	1.537E+00	1.537E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.	
D_M	3.029E+01	3.015E+01	3.029E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.	
D_{TM}=1.15 D_M	3.484E+01	3.467E+01	3.484E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.	
CALCULAMOS						
Q_d	1.603E+02	2.003E+02	3.606E+02	tonf	Fuerza característica.	
K_d	1.159E+03	1.449E+03	2.608E+03	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.	
F_y	1.781E+02	2.226E+02	4.007E+02	tonf	Fuerza de fluencia.	
K_M	1.688E+03	2.113E+03	3.798E+03	tonf/m	Rigidez efectiva del sistema.	
K_e	1.159E+04	1.449E+04	2.608E+04	tonf/m	Rigidez elástica.	
$\sum E_M$	1.844E+02	2.293E+02	4.148E+02	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis	
β_{eff}	18.94%	19.00%	18.94%	%	Amortiguamiento efectivo.	
B	1.491E+00	1.493E+00	1.491E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.	
T_{eff}	4.028E+00	3.60E+00	2.685E+00	s	Periodo efectivo.	
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.	
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.	
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.	
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.	
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.	
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.	
S_a	1.099E+02	1.371E+02	2.473E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.	
D_M	3.029E+01	3.015E+01	3.029E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.	
D_{TM}	3.484E+01	3.467E+01	3.484E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.	
d_y	1.537E+00	1.537E+00	1.537E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.	

Obtenemos la siguiente tabla que nos muestra las combinaciones de carga necesarias para el diseño de cada punto (aislador), tanto como fuerzas de servicio, fuerzas máximas y fuerzas de tracción, así como también calculamos una rigidez que será necesaria para obtener el periodo objetivo:

Tabla 25

Tabla con las fuerzas en las combinaciones indicadas para cada aislador, así como también sus ubicaciones y la rigidez que debería tener cada uno según la el cálculo que se mostrará en la siguiente tabla SECTOR 01.

STORY	UNIQUE NAME	$P_{servicio}$ E031 1.00CM+0.50CV	P_{max1} E031 (1.25+0.30)CM+1.25CV +1.00DINXX	P_{max2} E031 (1.25+0.30)CM+1.25CV +1.00DINYY	P_{min1} E031 (0.9-0.3)CM-1.00DINXX	P_{min2} E031 (0.9-0.3)CM-1.00DINYY	X	Y	$X.P_{servicio}$	$Y.P_{servicio}$	K_{eff}	$X.K_{eff}$	$Y.K_{eff}$
-	-	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	m	m	tonf.m	tonf.m	tonf/m	tonf	tonf
AISLACIÓN	K1	-1.71E+02	-3.21E+02	-3.96E+02	-5.14E+01	2.42E+01	4.13E-04	6.71E+00	-7.05E-02	-1.15E+03	6.07E+01	2.51E-02	4.07E+02
AISLACIÓN	K2	-1.73E+02	-3.12E+02	-3.15E+02	-6.58E+01	-6.22E+01	0.00E+00	1.16E+01	0.00E+00	-2.02E+03	6.07E+01	0.00E+00	7.07E+02
AISLACIÓN	K3	-1.66E+02	-3.00E+02	-3.08E+02	-6.20E+01	-5.35E+01	0.00E+00	1.59E+01	0.00E+00	-2.64E+03	6.07E+01	0.00E+00	9.65E+02
AISLACIÓN	K4	-1.58E+02	-3.05E+02	-3.97E+02	-3.92E+01	5.30E+01	0.00E+00	2.03E+01	0.00E+00	-3.21E+03	6.07E+01	0.00E+00	1.23E+03
AISLACIÓN	K5	-3.01E+02	-5.00E+02	-5.72E+02	-1.56E+02	-8.45E+01	6.85E+00	4.95E+00	-2.06E+03	-1.49E+03	6.07E+01	4.16E+02	3.00E+02
AISLACIÓN	K6	-3.44E+02	-5.77E+02	-6.62E+02	-1.73E+02	-8.75E+01	6.85E+00	1.24E+01	-2.36E+03	-4.26E+03	6.07E+01	4.16E+02	7.53E+02
AISLACIÓN	K7	-3.40E+02	-5.66E+02	-6.58E+02	-1.76E+02	-8.41E+01	6.85E+00	1.45E+01	-2.33E+03	-4.93E+03	6.07E+01	4.16E+02	8.80E+02
AISLACIÓN	K8	-2.58E+02	-4.53E+02	-4.94E+02	-1.09E+02	-6.73E+01	6.85E+00	2.19E+01	-1.77E+03	-5.64E+03	6.07E+01	4.16E+02	1.33E+03
AISLACIÓN	K9	-3.39E+02	-5.61E+02	-6.47E+02	-1.79E+02	-9.22E+01	1.39E+01	4.95E+00	-4.70E+03	-1.68E+03	6.07E+01	8.41E+02	3.00E+02
AISLACIÓN	K10	-2.40E+02	-5.04E+02	-5.10E+02	-1.92E+01	-1.28E+01	1.39E+01	1.13E+01	-3.32E+03	-2.70E+03	6.07E+01	8.41E+02	6.84E+02
AISLACIÓN	K11	-2.38E+02	-4.98E+02	-5.13E+02	-2.04E+01	-5.19E+00	1.39E+01	1.56E+01	-3.29E+03	-3.70E+03	6.07E+01	8.41E+02	9.46E+02
AISLACIÓN	K12	-3.10E+02	-5.18E+02	-6.00E+02	-1.59E+02	-7.67E+01	1.39E+01	2.19E+01	-4.30E+03	-6.79E+03	6.07E+01	8.41E+02	1.33E+03
AISLACIÓN	K13	-3.19E+02	-5.51E+02	-6.08E+02	-1.46E+02	-8.89E+01	2.32E+01	4.95E+00	-7.41E+03	-1.58E+03	6.07E+01	1.41E+03	3.00E+02
AISLACIÓN	K14	-1.67E+02	-2.88E+02	-3.20E+02	-7.58E+01	-4.34E+01	2.32E+01	1.13E+01	-3.87E+03	-1.88E+03	6.07E+01	1.41E+03	6.84E+02
AISLACIÓN	K15	-8.02E+01	-1.37E+02	-1.43E+02	-3.73E+01	-3.17E+01	2.32E+01	1.32E+01	-1.86E+03	-1.06E+03	6.07E+01	1.41E+03	8.03E+02
AISLACIÓN	K16	-2.03E+02	-3.88E+02	-4.09E+02	-5.37E+01	-3.28E+01	2.32E+01	1.56E+01	-4.70E+03	-3.16E+03	6.07E+01	1.41E+03	9.46E+02
AISLACIÓN	K17	-2.90E+02	-5.12E+02	-5.53E+02	-1.20E+02	-7.80E+01	2.32E+01	2.19E+01	-6.72E+03	-6.34E+03	6.07E+01	1.41E+03	1.33E+03
AISLACIÓN	K18	-2.55E+02	-4.25E+02	-5.03E+02	-1.30E+02	-5.23E+01	2.93E+01	4.95E+00	-7.45E+03	-1.26E+03	6.07E+01	1.78E+03	3.00E+02
AISLACIÓN	K19	-2.29E+02	-4.33E+02	-4.87E+02	-6.57E+01	-1.14E+01	2.93E+01	1.13E+01	-6.69E+03	-2.58E+03	6.07E+01	1.78E+03	6.84E+02
AISLACIÓN	K20	-2.21E+02	-4.56E+02	-4.86E+02	-2.53E+01	5.27E+00	2.93E+01	1.56E+01	-6.45E+03	-3.43E+03	6.07E+01	1.78E+03	9.46E+02
AISLACIÓN	K21	-2.28E+02	-3.92E+02	-4.61E+02	-1.06E+02	-3.60E+01	2.93E+01	2.19E+01	-6.67E+03	-4.99E+03	6.07E+01	1.78E+03	1.33E+03
AISLACIÓN	K22	-2.14E+02	-3.89E+02	-4.36E+02	-7.71E+01	-3.04E+01	3.55E+01	4.95E+00	-7.59E+03	-1.06E+03	6.07E+01	2.15E+03	3.00E+02
AISLACIÓN	K23	-2.01E+02	-3.59E+02	-4.28E+02	-8.05E+01	-1.11E+01	3.55E+01	1.25E+01	-7.14E+03	-2.53E+03	6.07E+01	2.15E+03	7.62E+02
AISLACIÓN	K24	-1.87E+02	-3.26E+02	-3.92E+02	-8.31E+01	-1.68E+01	3.55E+01	1.43E+01	-6.65E+03	-2.68E+03	6.07E+01	2.15E+03	8.68E+02
AISLACIÓN	K25	-5.98E+01	-1.08E+02	-1.10E+02	-2.19E+01	-2.03E+01	0.00E+00	1.45E+01	0.00E+00	-8.67E+02	6.07E+01	0.00E+00	8.80E+02
AISLACIÓN	K26	-1.89E+02	-3.33E+02	-4.08E+02	-7.97E+01	-4.49E+00	3.55E+01	2.19E+01	-6.72E+03	-4.15E+03	6.07E+01	2.15E+03	1.33E+03
AISLACIÓN	K27	-1.87E+02	-3.63E+02	-4.15E+02	-4.41E+01	7.73E+00	3.86E+01	1.12E+01	-7.22E+03	-2.10E+03	6.07E+01	2.34E+03	6.83E+02
AISLACIÓN	K28	-1.58E+02	-3.48E+02	-3.00E+02	5.23E+00	-4.30E+01	3.86E+01	1.50E+01	-6.08E+03	-2.36E+03	6.07E+01	2.34E+03	9.11E+02
AISLACIÓN	K29	-1.02E+02	-2.33E+02	-2.46E+02	1.04E+01	2.33E+01	3.86E+01	2.03E+01	-3.95E+03	-2.08E+03	6.07E+01	2.34E+03	1.23E+03
AISLACIÓN	K30	-1.72E+02	-2.87E+02	-3.53E+02	-8.65E+01	-2.07E+01	1.63E+01	1.56E+01	-2.79E+03	-2.67E+03	6.07E+01	9.87E+02	9.46E+02
AISLACIÓN	K31	-1.75E+02	-3.10E+02	-3.14E+02	-7.10E+01	-6.64E+01	2.02E+01	1.56E+01	-3.53E+03	-2.72E+03	6.07E+01	1.23E+03	9.46E+02
AISLACIÓN	K32	-2.11E+02	-4.27E+02	-3.98E+02	-3.40E+01	-6.34E+01	2.56E+01	1.56E+01	-5.41E+03	-3.29E+03	6.07E+01	1.55E+03	9.46E+02
AISLACIÓN	K33	-1.89E+02	-3.30E+02	-3.70E+02	-8.22E+01	-4.23E+01	1.63E+01	1.13E+01	-3.07E+03	-2.13E+03	6.07E+01	9.87E+02	6.84E+02
AISLACIÓN	K34	-2.04E+02	-3.47E+02	-3.76E+02	-9.72E+01	-6.81E+01	1.93E+01	1.13E+01	-3.93E+03	-2.30E+03	6.07E+01	1.17E+03	6.84E+02
AISLACIÓN	K35	-2.30E+02	-4.48E+02	-4.39E+02	-5.30E+01	-6.21E+01	2.56E+01	1.13E+01	-5.88E+03	-2.59E+03	6.07E+01	1.55E+03	6.84E+02
AISLACIÓN	K36	-5.50E+01	-1.10E+02	-9.38E+01	-1.02E+01	-2.64E+01	2.56E+01	1.32E+01	-1.41E+03	-7.27E+02	6.07E+01	1.55E+03	8.03E+02
AISLACIÓN	K37	-2.14E+02	-4.20E+02	-3.54E+02	-4.66E+01	-1.13E+02	1.39E+01	1.34E+01	-2.97E+03	-2.87E+03	6.07E+01	8.41E+02	8.15E+02
AISLACIÓN	K38	-1.73E+02	-3.26E+02	-2.87E+02	-5.07E+01	-8.92E+01	2.93E+01	1.34E+01	-5.05E+03	-2.32E+03	6.07E+01	1.78E+03	8.15E+02
AISLACIÓN	K39	-6.09E+00	-1.55E+01	-1.84E+01	2.23E+00	5.11E+00	3.86E+01	6.70E+00	-2.35E+02	-4.08E+01	6.07E+01	2.34E+03	4.07E+02
AISLACIÓN	K40	-1.69E+01	-2.95E+01	-2.83E+01	-7.39E+00	-8.64E+00	1.63E+01	1.34E+01	-2.75E+02	-2.27E+02	6.07E+01	9.87E+02	8.15E+02
AISLACIÓN	K41	-4.21E+01	-7.76E+01	-8.16E+01	-1.42E+01	-1.02E+01	2.06E-04	9.18E+00	-8.69E-03	-3.87E+02	6.07E+01	1.25E-02	5.57E+02
TOTALES		**8.02E+03**	**-1.46E+04**	**-1.59E+04**	**-2.89E+03**	**-1.58E+03**			**-1.56E+05**	**-1.07E+05**	**2.49E+03**	**4.98E+04**	**3.32E+04**

Tabla 26

Tabla con las fuerzas en las combinaciones indicadas para cada aislador, así como también sus ubicaciones y la rigidez que debería tener cada uno según la el cálculo que se mostrará en la siguiente tabla SECTOR 02.

STORY	UNIQUE NAME	$P_{servicio}$ E031 1.00CM+0.50CV	P_{max1} E031 (1.25+0.30)CM+1.25CV +1.00DINXX	P_{max2} E031 (1.25+0.30)CM+1.25CV +1.00DINYY	P_{min1} E031 (0.9-0.3)CM-1.00DINXX	P_{min2} E031 (0.9-0.3)CM-1.00DINYY	X	Y	TIPO AISLADOR	$X.P_{servicio}$	$Y.P_{servicio}$	K_{eff}	$X.K_{eff}$	$Y.K_{eff}$
-	-	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	m	m	-	tonf.m	tonf.m	tonf/m	tonf	tonf
AISLACIÓN	K1	-6.57E+00	-1.25E+01	-1.53E+01	-1.79E+00	1.04E+00	-4.53E-05	6.70E+00	HDR	2.98E-04	-4.40E+01	5.71E+01	-2.59E-03	3.82E+02
AISLACIÓN	K2	-1.97E+02	-3.63E+02	-4.76E+02	-6.51E+01	4.78E+01	-4.53E-05	1.12E+01	HDR	8.91E-03	-2.21E+03	5.71E+01	-2.59E-03	6.42E+02
AISLACIÓN	K3	-1.77E+02	-3.58E+02	-3.82E+02	-2.66E+01	-3.20E+00	-4.53E-05	1.50E+01	HDR	8.01E-03	-2.65E+03	5.71E+01	-2.59E-03	8.57E+02
AISLACIÓN	K4	-9.73E+01	-1.99E+02	-2.15E+02	-1.25E+01	3.24E+00	0.00E+00	2.03E+01	HDR	0.00E+00	-1.98E+03	5.71E+01	0.00E+00	1.16E+03
AISLACIÓN	K5	-2.15E+02	-3.78E+02	-4.14E+02	-9.05E+01	-5.38E+01	3.15E+00	4.95E+00	HDR	-6.77E+02	-1.06E+03	5.71E+01	1.80E+02	2.82E+02
AISLACIÓN	K6	-1.78E+02	-3.06E+02	-3.43E+02	-8.31E+01	-4.57E+01	3.15E+00	1.25E+01	HDR	-5.62E+02	-2.24E+03	5.71E+01	1.80E+02	7.17E+02
AISLACIÓN	K7	-1.71E+02	-2.88E+02	-3.22E+02	-8.47E+01	-5.14E+01	3.15E+00	1.43E+01	HDR	-5.39E+02	-2.45E+03	5.71E+01	1.80E+02	8.17E+02
AISLACIÓN	K8	-1.85E+02	-3.09E+02	-3.83E+02	-9.24E+01	-1.88E+01	3.15E+00	2.13E+01	HDR	-5.81E+02	-3.94E+03	5.71E+01	1.80E+02	1.22E+03
AISLACIÓN	K9	-2.55E+02	-4.27E+02	-4.82E+02	-1.29E+02	-7.42E+01	9.35E+00	4.95E+00	HDR	-2.38E+03	-1.26E+03	5.71E+01	5.34E+02	2.82E+02
AISLACIÓN	K10	-2.77E+02	-5.79E+02	-6.19E+02	-2.36E+01	1.67E+01	9.35E+00	1.13E+01	HDR	-2.59E+03	-3.12E+03	5.71E+01	5.34E+02	6.44E+02
AISLACIÓN	K11	-1.84E+02	-3.87E+02	-3.00E+02	-1.35E+01	-1.01E+02	9.35E+00	1.34E+01	HDR	-1.72E+03	-2.47E+03	5.71E+01	5.34E+02	7.67E+02
AISLACIÓN	K12	-2.52E+02	-5.51E+02	-5.81E+02	2.53E+00	3.22E+01	9.35E+00	1.56E+01	HDR	-2.36E+03	-3.93E+03	5.71E+01	5.34E+02	8.89E+02
AISLACIÓN	K13	-2.20E+02	-3.75E+02	-4.40E+02	-1.05E+02	-3.97E+01	9.35E+00	2.13E+01	HDR	-2.06E+03	-4.70E+03	5.71E+01	5.34E+02	1.22E+03
AISLACIÓN	K14	-1.97E+02	-3.50E+02	-3.92E+02	-7.85E+01	-3.66E+01	1.30E+01	1.13E+01	HDR	-2.57E+03	-2.22E+03	5.71E+01	7.44E+02	6.44E+02
AISLACIÓN	K15	-1.02E+02	-1.78E+02	-1.67E+02	-4.27E+01	-5.34E+01	1.30E+01	1.32E+01	HDR	-1.32E+03	-1.34E+03	5.71E+01	7.44E+02	7.55E+02
AISLACIÓN	K16	-1.61E+02	-2.75E+02	-3.16E+02	-7.59E+01	-3.46E+01	1.30E+01	1.56E+01	HDR	-2.10E+03	-2.51E+03	5.71E+01	7.44E+02	8.89E+02
AISLACIÓN	K17	-3.23E+02	-5.50E+02	-5.93E+02	-1.55E+02	-1.12E+02	1.54E+01	4.95E+00	HDR	-4.98E+03	-1.60E+03	5.71E+01	8.80E+02	2.82E+02
AISLACIÓN	K18	-1.99E+02	-3.92E+02	-3.93E+02	-4.07E+01	-3.99E+01	1.54E+01	1.13E+01	HDR	-3.07E+03	-2.24E+03	5.71E+01	8.80E+02	6.44E+02
AISLACIÓN	K19	-1.35E+02	-2.37E+02	-2.30E+02	-5.62E+01	-6.33E+01	1.54E+01	1.32E+01	HDR	-2.08E+03	-1.78E+03	5.71E+01	8.80E+02	7.55E+02
AISLACIÓN	K20	-1.70E+02	-2.84E+02	-3.30E+02	-8.55E+01	-3.87E+01	1.54E+01	1.56E+01	HDR	-2.61E+03	-2.64E+03	5.71E+01	8.80E+02	8.89E+02
AISLACIÓN	K21	-2.85E+02	-4.80E+02	-5.41E+02	-1.40E+02	-7.94E+01	1.54E+01	2.13E+01	HDR	-4.38E+03	-6.08E+03	5.71E+01	8.80E+02	1.22E+03
AISLACIÓN	K22	-2.07E+02	-4.33E+02	-3.82E+02	-1.75E+01	-6.93E+01	1.84E+01	1.56E+01	HDR	-3.81E+03	-3.23E+03	5.71E+01	1.05E+03	8.89E+02
AISLACIÓN	K23	-1.72E+02	-2.92E+02	-3.19E+02	-8.17E+01	-5.46E+01	1.93E+01	1.13E+01	HDR	-3.31E+03	-1.93E+03	5.71E+01	1.10E+03	6.44E+02
AISLACIÓN	K24	-1.64E+02	-2.97E+02	-3.40E+02	-5.90E+01	-1.63E+01	2.23E+01	1.13E+01	HDR	-3.66E+03	-1.85E+03	5.71E+01	1.28E+03	6.44E+02
AISLACIÓN	K25	-1.14E+02	-1.92E+02	-1.87E+02	-5.72E+01	-6.18E+01	2.23E+01	1.34E+01	HDR	-2.56E+03	-1.54E+03	5.71E+01	1.28E+03	7.67E+02
AISLACIÓN	K26	-1.53E+02	-2.75E+02	-3.36E+02	-5.91E+01	2.60E+00	2.23E+01	1.56E+01	HDR	-3.43E+03	-2.39E+03	5.71E+01	1.28E+03	8.89E+02
AISLACIÓN	K27	-3.06E+02	-5.16E+02	-5.72E+02	-1.52E+02	-9.58E+01	2.48E+01	4.95E+00	HDR	-7.58E+03	-1.52E+03	5.71E+01	1.41E+03	2.82E+02
AISLACIÓN	K28	-2.58E+02	-5.32E+02	-5.90E+02	-3.05E+01	2.80E+01	2.48E+01	1.13E+01	HDR	-6.39E+03	-2.91E+03	5.71E+01	1.41E+03	6.44E+02
AISLACIÓN	K29	-1.78E+02	-3.63E+02	-2.93E+02	-2.34E+01	-9.31E+01	2.48E+01	1.34E+01	HDR	-4.39E+03	-2.38E+03	5.71E+01	1.41E+03	7.67E+02
AISLACIÓN	K30	-1.98E+02	-4.21E+02	-4.64E+02	-9.76E+00	3.26E+01	2.48E+01	1.56E+01	HDR	-4.90E+03	-3.08E+03	5.71E+01	1.41E+03	8.89E+02
AISLACIÓN	K31	-2.60E+02	-4.33E+02	-5.11E+02	-1.34E+02	-5.59E+01	2.48E+01	2.13E+01	HDR	-6.44E+03	-5.55E+03	5.71E+01	1.41E+03	1.22E+03
AISLACIÓN	K32	-2.06E+02	-3.75E+02	-4.07E+02	-7.43E+01	-4.19E+01	3.08E+01	4.95E+00	HDR	-6.36E+03	-1.02E+03	5.71E+01	1.76E+03	2.82E+02
AISLACIÓN	K33	-2.18E+02	-3.99E+02	-4.76E+02	-7.46E+01	2.11E+00	3.08E+01	1.09E+01	HDR	-6.71E+03	-2.37E+03	5.71E+01	1.76E+03	6.22E+02
AISLACIÓN	K34	-1.99E+02	-3.76E+02	-4.33E+02	-5.67E+01	6.39E-01	3.08E+01	1.59E+01	HDR	-6.13E+03	-3.17E+03	5.71E+01	1.76E+03	9.11E+02
AISLACIÓN	K35	-1.52E+02	-2.91E+02	-3.27E+02	-3.95E+01	-3.44E+00	3.08E+01	2.13E+01	HDR	-4.68E+03	-3.24E+03	5.71E+01	1.76E+03	1.22E+03
AISLACIÓN	K36	-1.39E+01	-2.53E+01	-2.90E+01	-4.90E+00	-1.22E+00	3.08E+01	8.55E+00	HDR	-4.27E+02	-1.19E+02	5.71E+01	1.76E+03	4.88E+02
AISLACIÓN	K37	-1.65E+01	-3.18E+01	-3.59E+01	-4.13E+00	-3.71E-02	3.08E+01	1.80E+01	HDR	-5.09E+02	-2.98E+02	5.71E+01	1.76E+03	1.03E+03
TOTALES		**6.80E+03**	**-1.25E+04**	**-1.36E+04**	**-2.28E+03**	**-1.17E+03**				**-1.08E+05**	**-8.91E+04**	**2.11E+03**	**3.36E+04**	**2.81E+04**

A su vez, con estos datos preliminares, obtenemos las primeras gráficas del modelo bilineal fuerza vs desplazamiento para el sistema de aislación.

Gráfico 55

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento para el sistema de aislamiento planteado SECTOR 01.

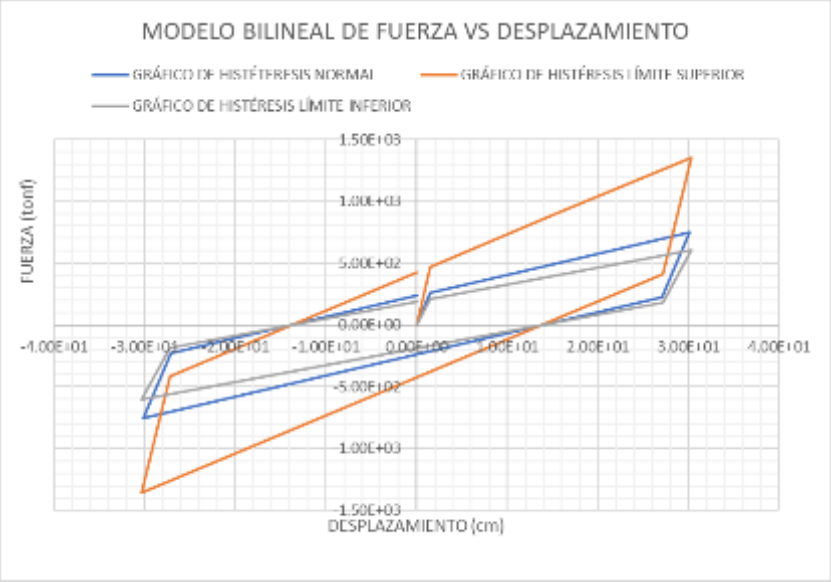
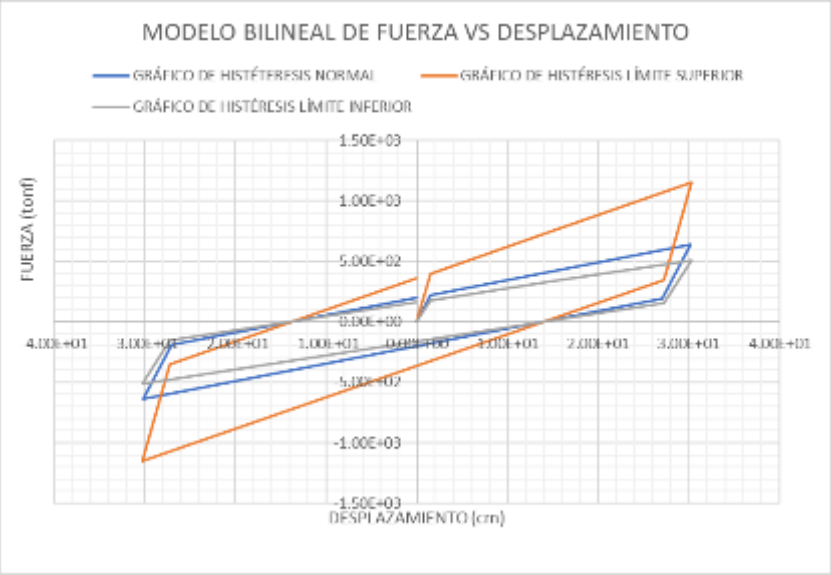


Gráfico 56

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento para el sistema de aislamiento planteado SECTOR 02.



Una vez planteado los primeros pasos como el cálculo de la rigidez del sistema requerido y así poder llegar al periodo objetivo para evitar tracciones y tener los desplazamientos requeridos, comenzamos a proponer los aisladores y deslizadores necesarios para cada bloque, de esta manera vamos a ir trabajando bajo prueba y error que se verá reflejado en una tabla final.

7.2.1 Aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01

Con los datos obtenidos para cada punto en donde pensamos colocar un aislador, procedemos a pre dimensionar los tipos que utilizaremos para cada sector.

Tabla 27

Tabla con las propiedades físicas de los materiales aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
K	2.000E+05	tonf/m2	Módulo volumétrico de la goma
G	3.000E+01	tonf/m2	Módulo de corte de la goma
T_{py}	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo de corte del plomo
G_p	1.433E+04	tonf/m2	Módulo de corte del plomo
$\sigma_{máx}$	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo axial permisible del aislador

Tabla 28

Tabla con los datos introductorios para el diseño aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	7.243E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	7.733E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	8.016E+03	tonf	Peso total de la estructura.
$P_{promedio}$	3.438E+02	tonf	1.00CM+0.50CV
$P_{máxima}$	6.623E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
$P_{mínima}$	5.301E+01	tonf	0.90CM-1.00(CSH+CSV)
N	4.100E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.767E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	1	s	Periodo de la estructura en base fija

Tabla 29

Tabla con las propiedades aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01.

PROPIEDADES Y LÍMITES DE LAS DIMENSIONES DEL AISLADOR			
$A_{MIN.}$	6.623E-01	m2	Área mínima del aislador
$D_{0_MIN.}$	9.183E+01	cm	Diámetro mínimo del aislador.
$D_{0_MIN.}$	5.492E+01		$D_0 > 1.5\ D_{TM}$
D_0	9.000E+01	cm	Diámetro exterior elegido del aislador.
$D_{i_MIN.}=D_0/6$	1.500E+01	cm	Diámetro mínimo del núcleo de plomo.
$D_{i_MAX.}=D_0/3$	3.000E+01	cm	Diámetro máximo del núcleo de plomo.
D_i	0.000E+00	cm	Diámetro elegido del núcleo de plomo.
C_s	2.500E+00	cm	Recubrimiento
N_{CAPAS}	4.500E+01	cm	Número de láminas de caucho y de acero
T_{r_min}	1.465E+01	cm	$T_r >= dy/0.05$
t_{r_min}	6.855E-01		S 31
t_r	5.500E-01	cm	Espesor de lámina de caucho
$T_r = \Sigma t_r$	2.475E+01	cm	Espesor total de láminas de caucho
t_s	2.000E-01	cm	Espesor de lámina de acero.
$T_s = \Sigma t_s$	9.000E+00	cm	Espesor total de láminas de acero
t	3.200E+00	cm	Espesor de las planchas de acero
$H_{AISLADOR}$	4.015E+01	cm	Altura del aislador
D_e	8.500E+01	cm	Diámetro sin recubrimiento del aislador
A_0	6.362E+03	cm2	Área total del aislador
A_i	0.000E+00	cm2	Área total del núcleo de plomo
A_e	5.675E+03	cm2	Área sin recubrimiento del aislador
A_g	6.362E+03	cm2	Área de caucho considerando recubrimiento del aislador
A_{ng}	5.675E+03	cm2	Área de caucho sin considerar recubrimiento del aislado
S	3.864E+01	-	Módulo volumétrico efectivo del aislador.

Tabla 30

Tabla con el cálculo del diagrama de histéresis del aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR	0.8	1	2	1.7	
ASUMIMOS					
d_y	1.238E+00	1.238E+00	1.246E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	3.200E+01	3.184E+01	3.206E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
$D_{TM}=1.15\ D_M$	3.680E+01	3.662E+01	3.687E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamient
CALCULAMOS					
Q_d	6.128E+00	7.661E+00	1.532E+01	tonf	Fuerza característica.
K_d	5.503E+01	6.878E+01	1.376E+02	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	6.809E+00	8.512E+00	1.714E+01	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	7.418E+01	9.284E+01	1.854E+02	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	5.503E+02	6.878E+02	1.376E+03	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	7.540E+00	9.377E+00	1.888E+01	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	15.80%	15.86%	15.78%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	1.412E+00	1.414E+00	1.412E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	4.319E+00	3.861E+00	2.732E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	9.562E+01	1.192E+02	2.383E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	3.200E+01	3.184E+01	3.193E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	3.680E+01	3.662E+01	3.672E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamient
d_y	1.238E+00	1.238E+00	1.232E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

Tabla 31

Tabla con las fuerzas laterales mínimas para el diseño del aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01.

FUERZAS LATERALES MÍNIMAS PARA EL DISEÑO					
$F_M=V_b$	2.373E+01	2.956E+01	5.919E+01	tonf	Fuerza lateral del aislador que es igual a la fuerza lateral mínima V_b
V_{st}	1.587E+01	1.978E+01	3.955E+01	tonf	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base
R	8.000E+00	8.000E+00	8.000E+00		Coeficiente de reducción en condiciones de estructura con base fija.
R_a	1.412E+00	1.414E+00	1.412E+00		Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico
V_s	1.123E+01	1.399E+01	2.802E+01	tonf	Fuerza de corte mínima.
C	1.608E-01	2.013E-01	4.018E-01		Factor de amplificación sísmica.
V_f	2.781E+00	3.481E+00	6.950E+00	tonf	Fuerza cortante en condiciones de estructura con base fija.
$V_s>V_f$	4.039E+00	4.019E+00	4.031E+00		V_s/V_f
	OK	OK	OK		
$V_s=\%W$	5.75%	7.16%	14.33%	W	Porcentaje del peso W que es igual a V_s
$V_s>1.5Q_d$	1.833E+00	1.826E+00	1.829E+00		
	OK	OK	OK		
$Q_d=\%W$	1.78%	2.23%	4.46%	W	Porcentaje del peso W que es igual a Q_d
F_r	8.803E+00	1.095E+01	2.190E+01		
$F_r>2.5\%W$	2.56%	3.19%	6.37%	W	Porcentaje del peso W que es igual a F_r
	OK	OK	OK		
$3\ T_{BASE_FIJA}$	4.32 Teff	3.86 Teff	2.73 Teff	s	3 veces el periodo en base fija.
$T_{eff}>3\ T_{BASE_FIJA}$	OK	OK	OK		

Tabla 32

Tabla con el área reducida y capacidad de pandeo del aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01.

ÁREA REDUCIDA Y CAPACIDAD DE PANDEO					
S	3.864E+01	3.864E+01	3.864E+01	-	Relación entre AREA CARGADA/AREA LIBRE DE CARGA
A_r	2.968E+03	2.984E+03	2.974E+03	cm2	Área reducida de la goma.
A_r/A_g	46.66%	46.90%	46.76%	%	
FS	1.100E+00	1.100E+00	1.100E+00	-	Factor de seguridad
P_{cr}	1.312E+03	1.319E+03	1.315E+03	tonf	Carga crítica
P_{cr}/FS	1.193E+03	1.199E+03	1.196E+03	-	
$P_{máxima}$	6.623E+02	6.623E+02	6.623E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
	OK	OK	OK	-	

Tabla 33

Tabla con la definición de módulos y coeficientes de amortiguamiento del aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01.

DEFINICIÓN DE MÓDULOS Y COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO					
E_0	9.600E+01	1.200E+02	2.400E+02	tonf/m2	Módulo Elástico
k	7.500E-01	7.500E-01	7.500E-01	-	Constante empírica en función de G
E_c	2.151E+05	2.688E+05	5.376E+05	tonf/m2	Módulo de Compresión del Aislador
E_v	7.701E+04	9.626E+04	1.925E+05	tonf/m2	Módulo de Rigidez Vertical
K_v	1.766E+05	2.207E+05	4.414E+05	tonf/m	Rigidez de Compresión del Aislador
C_v	2.488E+02	2.781E+02	3.934E+02	tonf.s/m	Coeficiente de Amortiguamiento Vertical
C_h	1.612E+01	1.809E+01	2.564E+01	tonf.s/m	Coeficiente de Amortiguamiento Horizontal

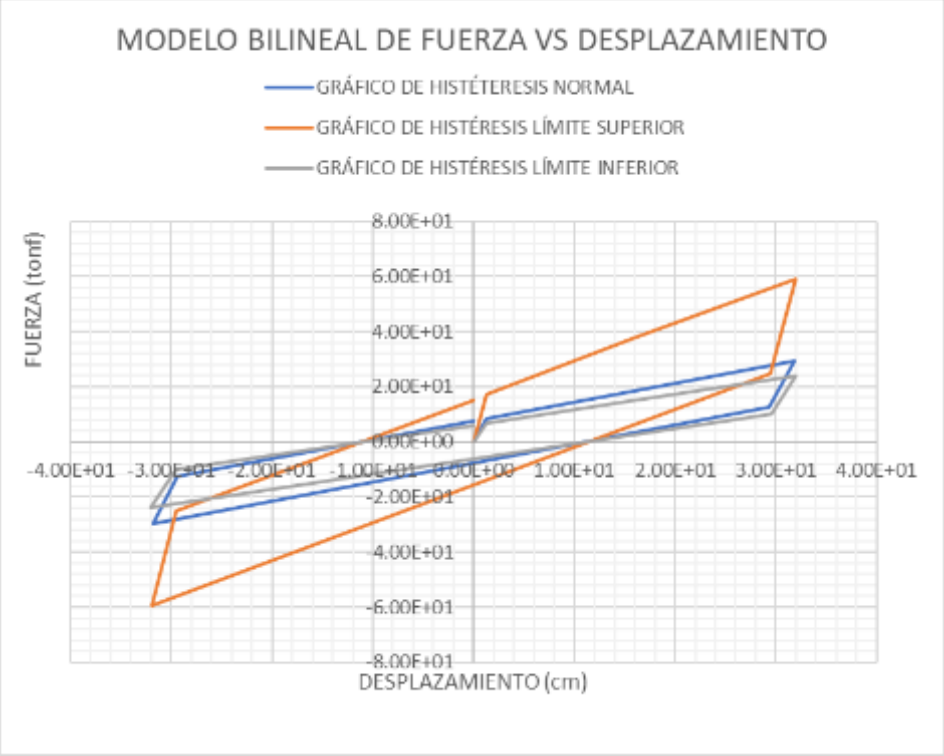
Tabla 34

Tabla con las deformaciones por corte del aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01.

DEFORMACIÓN POR CORTE								
Y_D	1.487E+00	1.479E+00	1.484E+00	-	Deformación por corte debido a deformación.			
	OK	OK	OK					
Y_C	2.405E+00	1.914E+00	9.601E-01	-	Deformación por corte debido a compresión.			
Θ	5.000E-03	5.000E-03	5.000E-03	rad	Angulo de deformación.			
Y_Θ	9.952E-01	9.952E-01	9.952E-01	-	Deformación por corte debido a deformación angu			
Y_{TOTAL}	4.390E+00	3.891E+00	2.941E+00	-	Deformación total por corte.			
6/FS	5.455E+00	5.455E+00	5.455E+00					
	OK	OK	OK					

Gráfico 57

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del aislador HDR DIÁMETRO 90 CM SECTOR 01.



7.2.2 Aislador HDR DIÁMETRO 72.5 CM SECTOR 01

Tabla 35

Tabla con las propiedades físicas de los materiales HDR DIÁMETRO 72.5 CM SECTOR 01.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
K	2.000E+05	tonf/m2	Módulo volumétrico de la goma
G	3.000E+01	tonf/m2	Módulo de corte de la goma
T_{py}	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo de corte del plomo
G_p	1.433E+04	tonf/m2	Módulo de corte del plomo
$\sigma_{máx}$	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo axial permisible del aislador

Tabla 36

Tabla con los datos introductorios para el diseño HDR DIÁMETRO 72.5 CM SECTOR 01.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	7.243E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	7.733E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	8.016E+03	tonf	Peso total de la estructura.
$P_{promedio}$	2.101E+02	tonf	1.00CM+0.50CV
$P_{máxima}$	4.005E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
$P_{mínima}$	5.301E+01	tonf	0.90CM-1.00(CSH+CSV)
N	4.100E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.767E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	1	s	Periodo de la estructura en base fija

Tabla 37

Tabla con las propiedades del aislador HDR DIÁMETRO 72.5 CM SECTOR 01.

PROPIEDADES Y LÍMITES DE LAS DIMENSIONES DEL AISLADOR			
$A_{MIN.}$	4.005E-01	m2	Área mínima del aislador
$D_{0_MIN.}$	7.141E+01	cm	Diámetro mínimo del aislador.
$D_{0_MIN.}$	5.537E+01		$D_0 > 1.5\ D_{TM}$
D_0	7.250E+01	cm	Diámetro exterior elegido del aislador.
$D_{i_MIN.}=D_0/6$	1.208E+01	cm	Diámetro mínimo del núcleo de plomo.
$D_{i_MAX.}=D_0/3$	2.417E+01	cm	Diámetro máximo del núcleo de plomo.
D_i	0.000E+00	cm	Diámetro elegido del núcleo de plomo.
C_s	2.500E+00	cm	Recubrimiento
N_{CAPAS}	5.500E+01	cm	Número de láminas de caucho y de acero
T_{r_min}	1.465E+01	cm	$T_r >= dy/0.05$
t_{r_min}	5.444E-01		S 31
t_r	4.500E-01	cm	Espesor de lámina de caucho
$T_r = \Sigma t_r$	2.475E+01	cm	Espesor total de láminas de caucho
t_s	2.000E-01	cm	Espesor de lámina de acero.
$T_s = \Sigma t_s$	1.100E+01	cm	Espesor total de láminas de acero
t	3.200E+00	cm	Espesor de las planchas de acero
$H_{AISLADOR}$	4.215E+01	cm	Altura del aislador
D_e	6.750E+01	cm	Diámetro sin recubrimiento del aislador
A_0	4.128E+03	cm2	Área total del aislador
A_i	0.000E+00	cm2	Área total del núcleo de plomo
A_e	3.578E+03	cm2	Área sin recubrimiento del aislador
A_g	4.128E+03	cm2	Área de caucho considerando recubrimiento del aislador
A_{ng}	3.578E+03	cm2	Área de caucho sin considerar recubrimiento del aislado
S	3.750E+01	-	Módulo volumétrico efectivo del aislador.

Tabla 38

Tabla con el cálculo del diagrama de histéresis del aislador HDR DIÁMETRO 72.5 CM SECTOR 01.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR	0.8	1	2	1.7	
ASUMIMOS					
d_y	1.243E+00	1.238E+00	1.240E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	3.197E+01	3.184E+01	3.210E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}=1.15 D_M	3.676E+01	3.662E+01	3.691E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
CALCULAMOS					
Q_d	3.865E+00	4.831E+00	9.662E+00	tonf	Fuerza característica.
K_d	3.470E+01	4.338E+01	8.675E+01	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	4.312E+00	5.368E+00	1.076E+01	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	4.679E+01	5.855E+01	1.169E+02	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	3.470E+02	4.338E+02	8.675E+02	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	4.749E+00	5.914E+00	1.193E+01	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	15.81%	15.86%	15.77%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	1.413E+00	1.414E+00	1.411E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	4.252E+00	3.801E+00	2.690E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	9.834E+01	1.230E+02	2.455E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	3.188E+01	3.184E+01	3.189E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	3.666E+01	3.662E+01	3.667E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
d_y	1.234E+00	1.238E+00	1.229E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

Tabla 39

Tabla con las fuerzas laterales mínimas para el diseño del aislador HDR DIÁMETRO 72.5 CM SECTOR 01

FUERZAS LATERALES MÍNIMAS PARA EL DISEÑO					
$F_M=V_b$	1.497E+01	1.864E+01	3.753E+01	tonf	Fuerza lateral del aislador que es igual a la fuerza lateral mínima V_b
V_{st}	1.348E+01	1.679E+01	3.379E+01	tonf	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base
R	8.000E+00	8.000E+00	8.000E+00		Coeficiente de reducción en condiciones de estructura con base fija.
R_a	1.414E+00	1.414E+00	1.412E+00		Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico
V_s	9.538E+00	1.188E+01	2.393E+01	tonf	Fuerza de corte mínima.
C	1.661E-01	2.077E-01	4.147E-01		Factor de amplificación sísmica.
V_f	1.756E+00	2.195E+00	4.384E+00	tonf	Fuerza cortante en condiciones de estructura con base fija.
$V_s>V_f$	5.431E+00	5.410E+00	5.459E+00		V_s/V_f
	OK	OK	OK		
V_s=%W	4.88%	6.07%	12.24%	W	Porcentaje del peso W que es igual a V_s
$V_s>1.5Q_d$	2.468E+00	2.458E+00	2.477E+00		
	OK	OK	OK		
Q_d=%W	1.84%	2.30%	4.60%	W	Porcentaje del peso W que es igual a Q_d
F_r	5.562E+00	6.905E+00	1.394E+01		
$F_r>2.5\%W$	2.65%	3.29%	6.64%	W	Porcentaje del peso W que es igual a F_r
	OK	OK	OK		
3 T_{BASE_FIJA}	4.25 Teff	3.8 Teff	2.69 Teff	s	3 veces el periodo en base fija.
$T_{eff}>3\ T_{BASE_FIJA}$	OK	OK	OK		

Tabla 40

Tabla con el área reducida y capacidad de pandeo del aislador HDR DIÁMETRO 72.5 CM.

ÁREA REDUCIDA Y CAPACIDAD DE PANDEO					
S	3.750E+01	3.750E+01	3.750E+01	-	**Relación entre AREA CARGADA/AREA LIBRE DE CARGA**
A_r	1.414E+03	1.424E+03	1.404E+03	**cm2**	**Área reducida de la goma.**
A_r/A_g	34.26%	34.49%	34.02%	**%**	
FS	1.100E+00	1.100E+00	1.100E+00	-	**Factor de seguridad**
P_{cr}	4.820E+02	4.852E+02	4.786E+02	**tonf**	**Carga crítica**
P_{cr}/FS	4.382E+02	4.411E+02	4.351E+02	-	
$P_{máxima}$	4.005E+02	4.005E+02	4.005E+02	**tonf**	**1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN**
	OK	OK	OK	-	

Tabla 41

Tabla con la definición de módulos y coeficientes de amortiguamiento del aislador HDR DIÁMETRO 72.5 CM SECTOR 01.

DEFINICIÓN DE MÓDULOS Y COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO					
E_0	9.600E+01	1.200E+02	2.400E+02	**tonf/m2**	**Módulo Elástico**
k	7.500E-01	7.500E-01	7.500E-01	-	**Constante empírica en función de G**
E_c	2.026E+05	2.532E+05	5.065E+05	**tonf/m2**	**Módulo de Compresión del Aislador**
E_v	7.535E+04	9.419E+04	1.884E+05	**tonf/m2**	**Módulo de Rigidez Vertical**
K_v	1.089E+05	1.362E+05	2.724E+05	**tonf/m**	**Rigidez de Compresión del Aislador**
C_v	1.528E+02	1.708E+02	2.416E+02	**tonf.s/m**	**Coeficiente de Amortiguamiento Vertical**
C_h	9.966E+00	1.123E+01	1.574E+01	**tonf.s/m**	**Coeficiente de Amortiguamiento Horizontal**

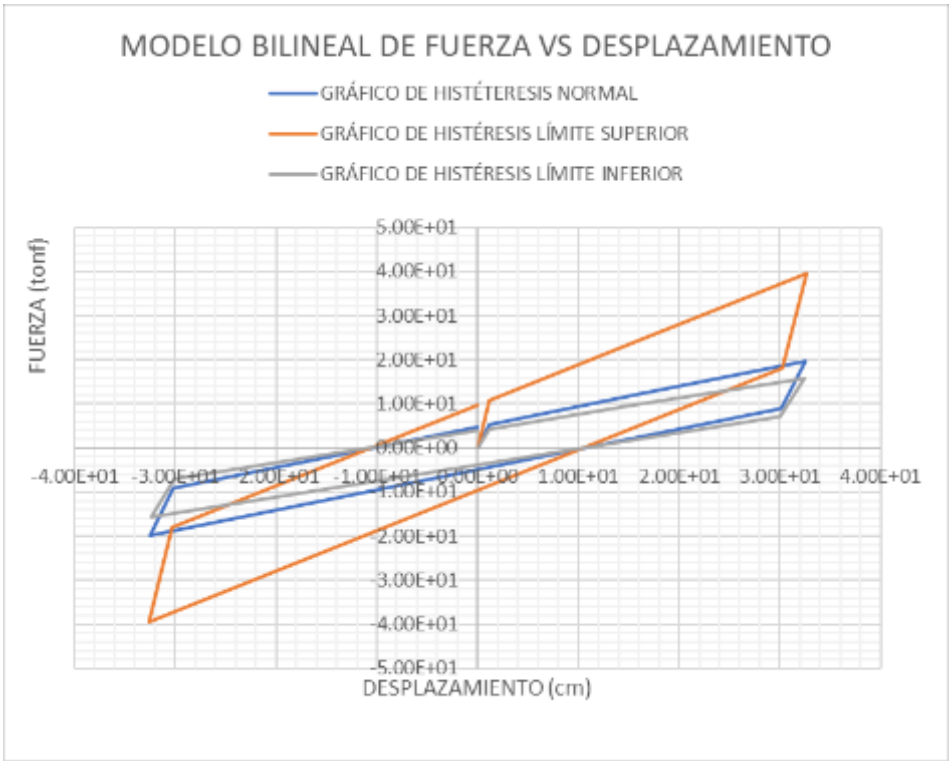
Tabla 42

Tabla con las deformaciones por corte del aislador HDR DIÁMETRO 72.5 CM SECTOR 01.

DEFORMACIÓN POR CORTE					
Υ_D	1.481E+00	1.479E+00	1.482E+00	-	**Deformación por corte debido a deformación.**
	OK	OK	OK		
Υ_C	3.130E+00	2.499E+00	1.253E+00	-	**Deformación por corte debido a compresión.**
Θ	5.000E-03	5.000E-03	5.000E-03	**rad**	**Angulo de deformación.**
Υ_Θ	7.670E-01	7.670E-01	7.670E-01	-	**Deformación por corte debido a deformación angular.**
Υ_{TOTAL}	4.995E+00	4.362E+00	3.118E+00	-	**Deformación total por corte.**
6/FS	5.455E+00	5.455E+00	5.455E+00		
	OK	OK	OK		

Gráfico 58

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del aislador HDR DIÁMETRO 72.5 CM SECTOR 01.



7.2.3 Aislador HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01

Tabla 43

Tabla con las propiedades físicas de los materiales HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
K	2.000E+05	tonf/m2	Módulo volumétrico de la goma
G	3.000E+01	tonf/m2	Módulo de corte de la goma
T_{py}	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo de corte del plomo
G_p	1.433E+04	tonf/m2	Módulo de corte del plomo
$\sigma_{máx}$	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo axial permisible del aislador

Tabla 44

Tabla con los datos introductorios para el diseño HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	7.243E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	7.733E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	8.016E+03	tonf	Peso total de la estructura.
$P_{promedio}$	2.769E+02	tonf	1.00CM+0.50CV
$P_{máxima}$	5.314E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
$P_{mínima}$	5.301E+01	tonf	0.90CM-1.00(CSH+CSV)
N	4.100E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.767E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	1	s	Periodo de la estructura en base fija

Tabla 45

Tabla con las propiedades del aislador HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01.

PROPIEDADES Y LÍMITES DE LAS DIMENSIONES DEL AISLADOR			
$A_{MIN.}$	5.314E-01	m2	Área mínima del aislador
$D_{0_MIN.}$	8.226E+01	cm	Diámetro mínimo del aislador.
$D_{0_MIN.}$	5.455E+01		$D_0 > 1.5\ D_{TM}$
D_0	8.250E+01	cm	Diámetro exterior elegido del aislador.
$D_{i_MIN.}=D_0/6$	1.375E+01	cm	Diámetro mínimo del núcleo de plomo.
$D_{i_MAX.}=D_0/3$	2.750E+01	cm	Diámetro máximo del núcleo de plomo.
D_i	0.000E+00	cm	Diámetro elegido del núcleo de plomo.
C_s	2.500E+00	cm	Recubrimiento
N_{CAPAS}	5.000E+01	cm	Número de láminas de caucho y de acero
T_{r_min}	1.450E+01	cm	$T_r >= dy/0.05$
t_{r_min}	6.250E-01		S 31
t_r	5.150E-01	cm	Espesor de lámina de caucho
$T_r = \Sigma t_r$	2.575E+01	cm	Espesor total de láminas de caucho
t_s	2.000E-01	cm	Espesor de lámina de acero.
$T_s = \Sigma t_s$	1.000E+01	cm	Espesor total de láminas de acero
t	3.200E+00	cm	Espesor de las planchas de acero
$H_{AISLADOR}$	4.215E+01	cm	Altura del aislador
D_e	7.750E+01	cm	Diámetro sin recubrimiento del aislador
A_0	5.346E+03	cm2	Área total del aislador
A_i	0.000E+00	cm2	Área total del núcleo de plomo
A_e	4.717E+03	cm2	Área sin recubrimiento del aislador
A_g	5.346E+03	cm2	Área de caucho considerando recubrimiento del aislador
A_{ng}	4.717E+03	cm2	Área de caucho sin considerar recubrimiento del aislado
S	3.762E+01	-	Módulo volumétrico efectivo del aislador.

Tabla 46

Tabla con el cálculo del diagrama de histéresis del aislador HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR	0.8	1	2	1.7	
ASUMIMOS					
d_y	1.288E+00	1.288E+00	1.288E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	3.164E+01	3.152E+01	3.162E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
$D_{TM}=1.15\ D_M$	3.639E+01	3.625E+01	3.637E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
CALCULAMOS					
Q_d	5.095E+00	6.368E+00	1.274E+01	tonf	Fuerza característica.
K_d	4.397E+01	5.496E+01	1.099E+02	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	5.661E+00	7.076E+00	1.415E+01	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	6.007E+01	7.516E+01	1.502E+02	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	4.397E+02	5.496E+02	1.099E+03	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	6.186E+00	7.701E+00	1.545E+01	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	16.37%	16.41%	16.38%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	1.427E+00	1.428E+00	1.428E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	4.308E+00	3.851E+00	2.724E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	9.607E+01	1.198E+02	2.401E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	3.164E+01	3.152E+01	3.162E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	3.639E+01	3.625E+01	3.637E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
d_y	1.288E+00	1.288E+00	1.288E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

Tabla 47

Tabla con las fuerzas laterales mínimas para el diseño del aislador HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01.

FUERZAS LATERALES MÍNIMAS PARA EL DISEÑO					
$F_M=V_b$	1.901E+01	2.369E+01	4.750E+01	tonf	Fuerza lateral del aislador que es igual a la fuerza lateral mínima V_b
V_{st}	1.457E+01	1.817E+01	3.642E+01	tonf	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base
R	8.000E+00	8.000E+00	8.000E+00		Coeficiente de reducción en condiciones de estructura con base fija.
R_a	1.427E+00	1.428E+00	1.428E+00		Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico
V_s	1.021E+01	1.272E+01	2.551E+01	tonf	Fuerza de corte mínima.
C	1.616E-01	2.023E-01	4.042E-01		Factor de amplificación sísmica.
V_f	2.252E+00	2.818E+00	5.632E+00	tonf	Fuerza cortante en condiciones de estructura con base fija.
$V_s>V_f$	4.533E+00	4.514E+00	4.530E+00		V_s/V_f
	OK	OK	OK		
$V_s=\%W$	5.22%	6.51%	13.05%	W	Porcentaje del peso W que es igual a V_s
$V_s>1.5Q_d$	2.004E+00	1.998E+00	2.003E+00		
	OK	OK	OK		
$Q_d=\%W$	1.84%	2.30%	4.60%	W	Porcentaje del peso W que es igual a Q_d
F_r	6.956E+00	8.661E+00	1.738E+01		
$F_r>2.5\%W$	2.51%	3.13%	6.28%	W	Porcentaje del peso W que es igual a F_r
	OK	OK	OK		
$3\ T_{BASE_FIJA}$	4.31 Teff	3.85 Teff	2.72 Teff	s	3 veces el periodo en base fija.
$T_{eff}>3\ T_{BASE_FIJA}$	OK	OK	OK		

Tabla 48

Tabla con el área reducida y capacidad de pandeo del aislador HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01.

ÁREA REDUCIDA Y CAPACIDAD DE PANDEO					
S	3.762E+01	3.762E+01	3.762E+01	-	Relación entre AREA CARGADA/AREA LIBRE DE CARGA
A_r	2.272E+03	2.283E+03	2.273E+03	cm2	Área reducida de la goma.
A_r/A_g	42.49%	42.70%	42.53%	%	
FS	1.100E+00	1.100E+00	1.100E+00	-	Factor de seguridad
P_{cr}	8.570E+02	8.612E+02	8.577E+02	tonf	Carga crítica
P_{cr}/FS	7.791E+02	7.829E+02	7.797E+02	-	
$P_{máxima}$	5.314E+02	5.314E+02	5.314E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
	OK	OK	OK	-	

Tabla 49

Tabla con la definición de módulos y coeficientes de amortiguamiento del aislador HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01.

DEFINICIÓN DE MÓDULOS Y COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO					
E_0	9.600E+01	1.200E+02	2.400E+02	tonf/m2	Módulo Elástico
k	7.500E-01	7.500E-01	7.500E-01	-	Constante empírica en función de G
E_c	2.039E+05	2.549E+05	5.098E+05	tonf/m2	Módulo de Compresión del Aislador
E_v	7.553E+04	9.441E+04	1.888E+05	tonf/m2	Módulo de Rigidez Vertical
K_v	1.384E+05	1.730E+05	3.459E+05	tonf/m	Rigidez de Compresión del Aislador
C_v	1.977E+02	2.210E+02	3.125E+02	tonf.s/m	Coeficiente de Amortiguamiento Vertical
C_h	1.348E+01	1.512E+01	2.133E+01	tonf.s/m	Coeficiente de Amortiguamiento Horizontal

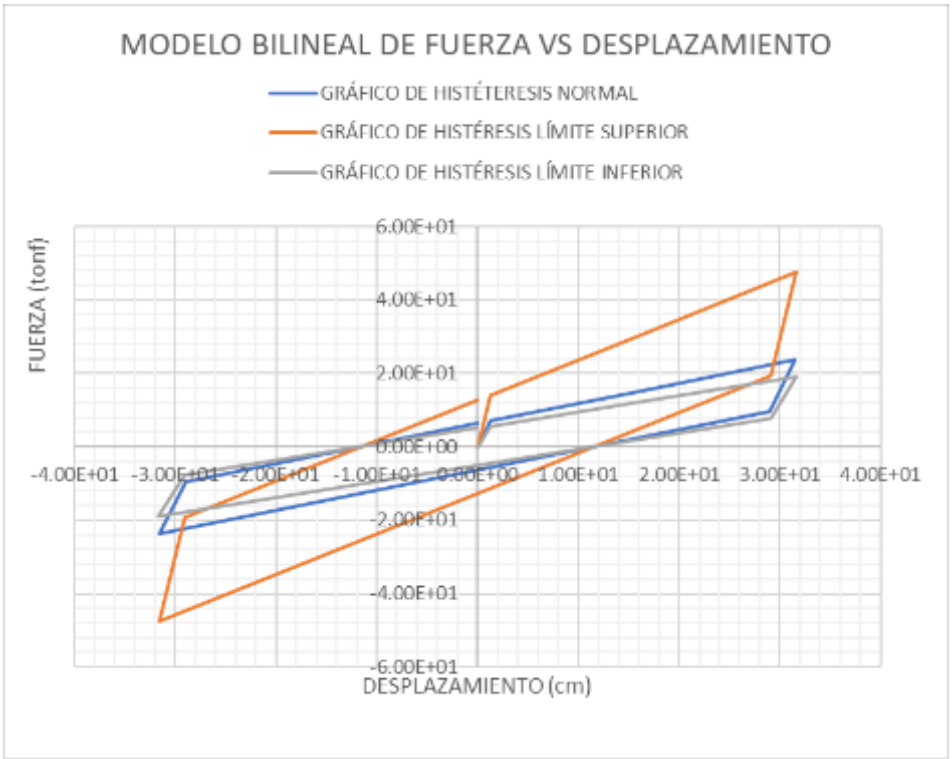
Tabla 50

Tabla con las deformaciones por corte del aislador HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01.

DEFORMACIÓN POR CORTE					
Υ_D	1.413E+00	1.408E+00	1.412E+00	-	Deformación por corte debido a deformación.
	OK	OK	OK		
Υ_C	2.590E+00	2.062E+00	1.035E+00	-	Deformación por corte debido a compresión.
Θ	5.000E-03	5.000E-03	5.000E-03	rad	Angulo de deformación.
Υ_Θ	8.492E-01	8.492E-01	8.492E-01	-	Deformación por corte debido a deformación angular.
Υ_{TOTAL}	4.428E+00	3.894E+00	2.872E+00	-	Deformación total por corte.
6/FS	5.455E+00	5.455E+00	5.455E+00		
	OK	OK	OK		

Gráfico 59

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del aislador HDR DIÁMETRO 82.5 CM SECTOR 01.



7.2.4 Aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01

Tabla 51

Tabla con las propiedades físicas de los materiales aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
K	2.000E+05	tonf/m2	Módulo volumétrico de la goma
G	3.000E+01	tonf/m2	Módulo de corte de la goma
T_{py}	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo de corte del plomo
G_p	1.433E+04	tonf/m2	Módulo de corte del plomo
$\sigma_{máx}$	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo axial permisible del aislador

Tabla 52

Tabla con los datos introductorios para el diseño aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	7.243E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	7.733E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	8.016E+03	tonf	Peso total de la estructura.
$P_{promedio}$	1.051E+02	tonf	1.00CM+0.50CV
$P_{máxima}$	2.002E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
$P_{mínima}$	5.301E+01	tonf	0.90CM-1.00(CSH+CSV)
N	4.100E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.767E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	1	s	Periodo de la estructura en base fija

Tabla 53

Tabla con las propiedades del aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01.

PROPIEDADES Y LÍMITES DE LAS DIMENSIONES DEL AISLADOR			
$A_{MIN.}$	2.002E-01	m2	Área mínima del aislador
$D_{0_MIN.}$	5.049E+01	cm	Diámetro mínimo del aislador.
$D_{0_MIN.}$	5.654E+01		$D_0 > 1.5\ D_{TM}$
D_0	6.500E+01	cm	Diámetro exterior elegido del aislador.
$D_{i_MIN.}=D_0/6$	1.083E+01	cm	Diámetro mínimo del núcleo de plomo.
$D_{i_MAX.}=D_0/3$	2.167E+01	cm	Diámetro máximo del núcleo de plomo.
D_i	0.000E+00	cm	Diámetro elegido del núcleo de plomo.
C_s	2.500E+00	cm	Recubrimiento
N_{CAPAS}	5.000E+01	cm	Número de láminas de caucho y de acero
T_{r_min}	1.514E+01	cm	$T_r >= dy/0.05$
t_{r_min}	4.839E-01		S 31
t_r	4.500E-01	cm	Espesor de lámina de caucho
$T_r = \Sigma t_r$	2.250E+01	cm	Espesor total de láminas de caucho
t_s	2.000E-01	cm	Espesor de lámina de acero.
$T_s = \Sigma t_s$	1.000E+01	cm	Espesor total de láminas de acero
t	3.200E+00	cm	Espesor de las planchas de acero
$H_{AISLADOR}$	3.890E+01	cm	Altura del aislador
D_e	6.000E+01	cm	Diámetro sin recubrimiento del aislador
A_0	3.318E+03	cm2	Área total del aislador
A_i	0.000E+00	cm2	Área total del núcleo de plomo
A_e	2.827E+03	cm2	Área sin recubrimiento del aislador
A_g	3.318E+03	cm2	Área de caucho considerando recubrimiento del aislador
A_{ng}	2.827E+03	cm2	Área de caucho sin considerar recubrimiento del aislado
S	3.333E+01	-	Módulo volumétrico efectivo del aislador.

Tabla 54

Tabla con el cálculo del diagrama de histéresis del aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR	0.8	1	2	1.7	
ASUMIMOS					
d_y	1.125E+00	1.125E+00	1.122E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	3.272E+01	3.292E+01	3.268E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}=1.15 D_M	3.763E+01	3.786E+01	3.759E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
CALCULAMOS					
Q_d	3.054E+00	3.817E+00	7.634E+00	tonf	Fuerza característica.
K_d	3.016E+01	3.770E+01	7.540E+01	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	3.393E+00	4.241E+00	8.461E+00	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	3.949E+01	4.929E+01	9.875E+01	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	3.016E+02	3.770E+02	7.540E+02	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	3.859E+00	4.854E+00	9.638E+00	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	14.53%	14.46%	14.54%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	1.377E+00	1.375E+00	1.377E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	3.272E+00	2.929E+00	2.069E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	1.661E+02	2.083E+02	4.186E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	3.272E+01	3.292E+01	3.296E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	3.763E+01	3.786E+01	3.791E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
d_y	1.125E+00	1.125E+00	1.135E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

Tabla 55

Tabla con las fuerzas laterales mínimas para el diseño del aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01.

FUERZAS LATERALES MÍNIMAS PARA EL DISEÑO					
$F_M=V_b$	1.292E+01	1.623E+01	3.255E+01	tonf	Fuerza lateral del aislador que es igual a la fuerza lateral mínima V_b
V_{st}	1.799E+01	2.261E+01	4.532E+01	tonf	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base
R	8.000E+00	8.000E+00	8.000E+00		Coeficiente de reducción en condiciones de estructura con base fija.
R_a	1.377E+00	1.375E+00	1.377E+00		Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico
V_s	1.307E+01	1.644E+01	3.290E+01	tonf	Fuerza de corte mínima.
C	2.801E-01	3.497E-01	7.006E-01		Factor de amplificación sísmica.
V_f	1.481E+00	1.848E+00	3.703E+00	tonf	Fuerza cortante en condiciones de estructura con base fija.
$V_s>V_f$	8.824E+00	8.896E+00	8.885E+00		V_s/V_f
	OK	OK	OK		
V_s=%W	6.68%	8.41%	16.83%	W	Porcentaje del peso W que es igual a V_s
$V_s>1.5Q_d$	4.279E+00	4.307E+00	4.309E+00		
	OK	OK	OK		
Q_d=%W	2.91%	3.63%	7.27%	W	Porcentaje del peso W que es igual a Q_d
F_r	4.934E+00	6.205E+00	1.249E+01		
$F_r>2.5\%W$	4.70%	5.91%	11.89%	W	Porcentaje del peso W que es igual a F_r
	OK	OK	OK		
3 T_{BASE_FIJA}	3.27 Teff	2.93 Teff	2.07 Teff	s	3 veces el periodo en base fija.
$T_{eff}>3\ T_{BASE_FIJA}$	OK	OK	OK		

Tabla 56

Tabla con el área reducida y capacidad de pandeo del aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01.

ÁREA REDUCIDA Y CAPACIDAD DE PANDEO					
S	3.333E+01	3.333E+01	3.333E+01	-	Relación entre AREA CARGADA/AREA LIBRE DE CARGA
A_r	8.543E+02	8.419E+02	8.566E+02	cm2	Área reducida de la goma.
A_r/A_g	25.74%	25.37%	25.82%	%	
FS	1.100E+00	1.100E+00	1.100E+00	-	Factor de seguridad
P_{cr}	2.530E+02	2.494E+02	2.537E+02	tonf	Carga crítica
P_{cr}/FS	2.300E+02	2.267E+02	2.307E+02	-	
$P_{máxima}$	2.002E+02	2.002E+02	2.002E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
	OK	OK	OK	-	

Tabla 57

Tabla con la definición de módulos y coeficientes de amortiguamiento del aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01.

DEFINICIÓN DE MÓDULOS Y COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO					
E_0	9.600E+01	1.200E+02	2.400E+02	tonf/m2	Módulo Elástico
k	7.500E-01	7.500E-01	7.500E-01	-	Constante empírica en función de G
E_c	1.601E+05	2.001E+05	4.002E+05	tonf/m2	Módulo de Compresión del Aislador
E_v	6.857E+04	8.571E+04	1.714E+05	tonf/m2	Módulo de Rigidez Vertical
K_v	8.617E+04	1.077E+05	2.154E+05	tonf/m	Rigidez de Compresión del Aislador
C_v	9.608E+01	1.074E+02	1.519E+02	tonf.s/m	Coeficiente de Amortiguamiento Vertical
C_h	5.976E+00	6.647E+00	9.490E+00	tonf.s/m	Coeficiente de Amortiguamiento Horizontal

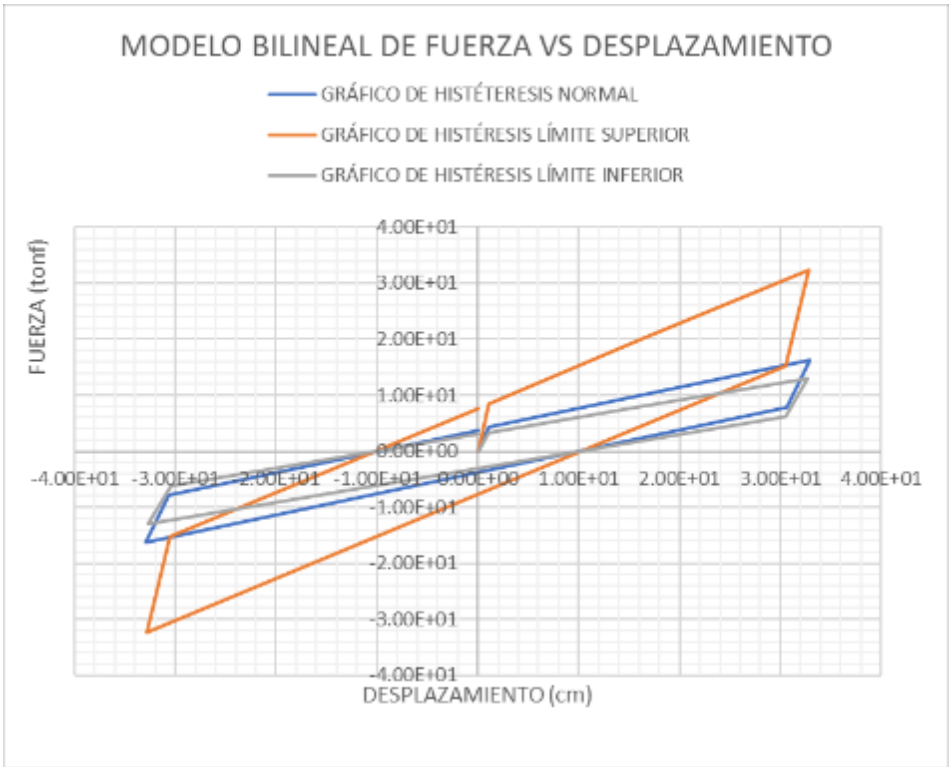
Tabla 58

Tabla con las deformaciones por corte del aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01.

DEFORMACIÓN POR CORTE					
Υ_D	1.672E+00	1.683E+00	1.671E+00	-	Deformación por corte debido a deformación.
	OK	OK	OK		
Υ_C	2.928E+00	2.377E+00	1.168E+00	-	Deformación por corte debido a compresión.
Θ	5.000E-03	5.000E-03	5.000E-03	rad	Angulo de deformación.
Υ_Θ	6.667E-01	6.667E-01	6.667E-01	-	Deformación por corte debido a deformación angular.
Υ_{TOTAL}	4.934E+00	4.393E+00	3.172E+00	-	Deformación total por corte.
6/FS	5.455E+00	5.455E+00	5.455E+00		
	OK	OK	OK		

Gráfico 60

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del aislador HDR DIÁMETRO 65 CM SECTOR 01.



7.2.5 DESLIZADOR SL DIÁMETRO 70 CM SECTOR 01

Tabla 59

Tabla con las propiedades físicas de los materiales deslizador SL DIÁMETRO 70 CM SECTOR 01.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
K	2.109E+05	tonf/m2	Módulo volumétrico del PTFE (Politetrafluoretileno)
G	5.950E+01	tonf/m2	Módulo de corte de la goma
μ	4.00%	%	Coeficiente de fricción
σ_s	1.433E+04	tonf/m2	Módulo de corte del plomo
σ_u	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo axial permisible del aislador

Tabla 60

Tabla con los datos introductorios para el diseño del deslizador SL DIÁMETRO 70 CM SECTOR 01.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	5.517E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	5.517E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	6.069E+03	tonf	Peso total de la estructura.
$P_{promedio}$	2.101E+02	tonf	1.00CM+0.50CV
$P_{máxima}$	4.005E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
$P_{mínima}$	1.789E+02	tonf	0.90CM-1.00(CSH+CSV)
N	3.600E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.533E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	0.88	s	Periodo de la estructura en base fija

Tabla 61

Tabla con las propiedades del deslizador SL DIÁMETRO 70 CM SECTOR 01.

PROPIEDADES Y LÍMITES DE LAS DIMENSIONES DEL AISLADOR			
$A_{MIN1.}$	1.466E-02	m2	Área mínima del deslizador carga promedio.
$A_{MIN2.}$	4.005E-01	m2	Área mínima del deslizador carga máxima.
$A_{MIN.}$	4.005E-01	m2	$D_0 > 1.5\ D_{TM}$
$D_{t_MIN.}$	7.141E+01	cm	Diámetro total mínimo del Teflón.
D_t	7.000E+01	cm	Diámetro total del Teflón.
C_s	2.500E+00	cm	Recubrimiento
D_r	7.500E+01	cm	Diámetro total del POT.
t_r	5.000E+00	cm	Espesor de lámina de caucho

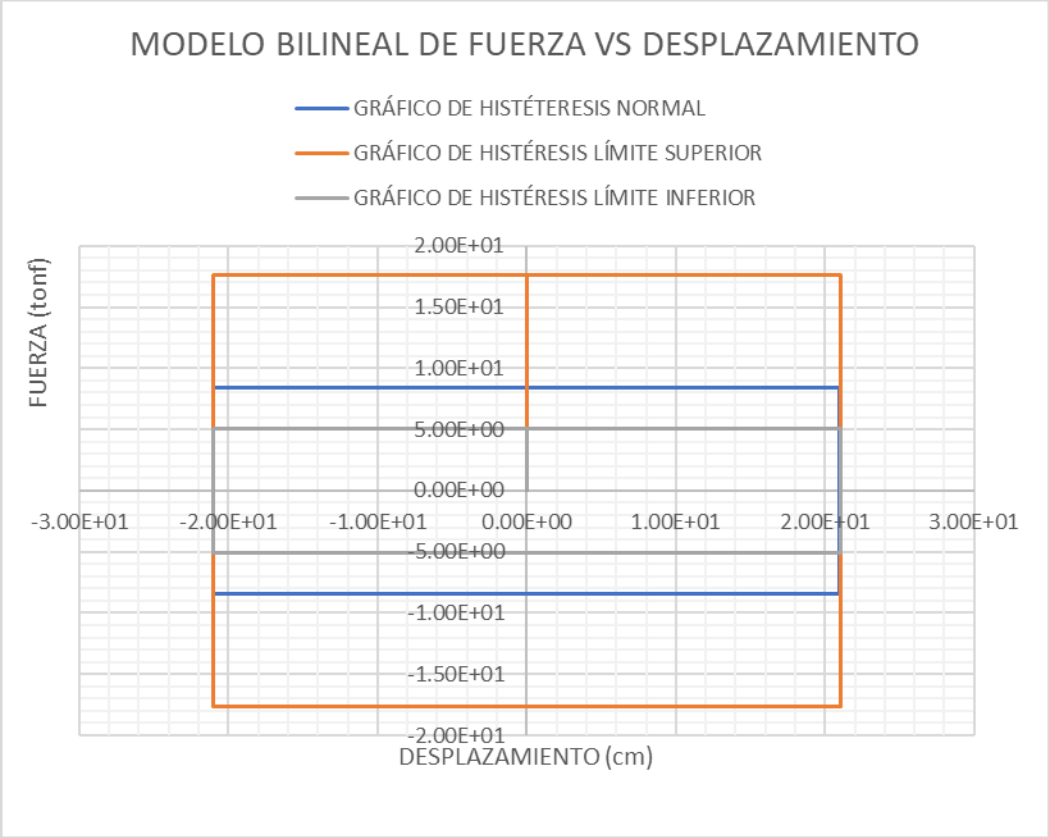
Tabla 62

Tabla con el cálculo del diagrama de histéresis del deslizador SL DIÁMETRO 70 CM SECTOR 01.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR	0.6	1	2.1		
ASUMIMOS					
d_y	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	2.098E+01	2.102E+01	2.106E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
$D_{TM}=1.15\ D_M$	2.413E+01	2.417E+01	2.422E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
CALCULAMOS					
Q_d	5.043E+00	8.404E+00	1.765E+01	tonf	Fuerza característica.
K_d	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	5.043E+00	8.404E+00	1.765E+01	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	2.404E+01	3.998E+01	8.380E+01	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	-	-	-	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	4.232E+00	7.066E+00	1.487E+01	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	63.66%	63.66%	63.66%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	2.145E+00	2.145E+00	2.145E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	5.932E+00	4.599E+00	3.177E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	5.051E+01	8.431E+01	1.768E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	2.099E+01	2.106E+01	2.107E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	2.414E+01	2.422E+01	2.423E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
d_y	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

Gráfico 61

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del deslizador SL DIÁMETRO 70 CM SECTOR 01.



7.2.6 Aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02

Tabla 63

Tabla con las propiedades físicas de los materiales aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
K	2.000E+05	tonf/m2	Módulo volumétrico de la goma
G	3.000E+01	tonf/m2	Módulo de corte de la goma
T_{py}	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo de corte del plomo
G_p	1.433E+04	tonf/m2	Módulo de corte del plomo
$\sigma_{máx}$	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo axial permisible del aislador

Tabla 64

Tabla con los datos introductorios para el diseño aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	6.162E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	6.415E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	6.804E+03	tonf	Peso total de la estructura.
$P_{promedio}$	3.231E+02	tonf	1.00CM+0.50CV
$P_{máxima}$	6.194E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
$P_{mínima}$	4.780E+01	tonf	0.90CM-1.00(CSH+CSV)
N	3.700E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.665E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	1.000	s	Periodo de la estructura en base fija

Tabla 65

Tabla con las propiedades del aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02.

PROPIEDADES Y LÍMITES DE LAS DIMENSIONES DEL AISLADOR			
$A_{MIN.}$	6.194E-01	m2	Área mínima del aislador
$D_{0_MIN.}$	8.881E+01	cm	Diámetro mínimo del aislador.
$D_{0_MIN.}$	5.595E+01		D_0> 1.5 D_{TM}
D_0	8.500E+01	cm	Diámetro exterior elegido del aislador.
$D_{i_MIN.}=D_0/6$	1.417E+01	cm	Diámetro mínimo del núcleo de plomo.
$D_{i_MAX.}=D_0/3$	2.833E+01	cm	Diámetro máximo del núcleo de plomo.
D_i	0.000E+00	cm	Diámetro elegido del núcleo de plomo.
C_s	2.500E+00	cm	Recubrimiento
N_{CAPAS}	5.300E+01	cm	Número de láminas de caucho y de acero
T_{r_min}	1.485E+01	cm	T_r >= dy/0.05
t_{r_min}	6.452E-01		S 31
t_r	4.500E-01	cm	Espesor de lámina de caucho
$T_r = \Sigma t_r$	2.385E+01	cm	Espesor total de láminas de caucho
t_s	2.000E-01	cm	Espesor de lámina de acero.
$T_s = \Sigma t_s$	1.060E+01	cm	Espesor total de láminas de acero
t	3.200E+00	cm	Espesor de las planchas de acero
$H_{AISLADOR}$	4.085E+01	cm	Altura del aislador
D_e	8.000E+01	cm	Diámetro sin recubrimiento del aislador
A_0	5.675E+03	cm2	Área total del aislador
A_i	0.000E+00	cm2	Área total del núcleo de plomo
A_e	5.027E+03	cm2	Área sin recubrimiento del aislador
A_g	5.675E+03	cm2	Área de caucho considerando recubrimiento del aislador
A_{ng}	5.027E+03	cm2	Área de caucho sin considerar recubrimiento del aislador
S	4.444E+01	-	Módulo volumétrico efectivo del aislador.

Tabla 66

Tabla con el cálculo del diagrama de histéresis del aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR	0.8	1	2	1.7	
ASUMIMOS					
d_y	1.193E+00	1.193E+00	1.193E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	3.215E+01	3.232E+01	3.244E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}=1.15 D_M	3.698E+01	3.717E+01	3.730E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
CALCULAMOS					
Q_d	5.429E+00	6.786E+00	1.357E+01	tonf	Fuerza característica.
K_d	5.058E+01	6.323E+01	1.265E+02	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	6.032E+00	7.540E+00	1.508E+01	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	6.746E+01	8.422E+01	1.683E+02	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	5.058E+02	6.323E+02	1.265E+03	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	6.723E+00	8.448E+00	1.696E+01	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	15.34%	15.29%	15.25%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	1.400E+00	1.398E+00	1.397E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	4.391E+00	3.930E+00	2.780E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	9.217E+01	1.156E+02	2.315E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	3.215E+01	3.234E+01	3.244E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	3.698E+01	3.719E+01	3.730E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
d_y	1.193E+00	1.193E+00	1.193E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

Tabla 67

Tabla con las fuerzas laterales mínimas para el diseño del aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02.

FUERZAS LATERALES MÍNIMAS PARA EL DISEÑO					
$F_M=V_b$	2.169E+01	2.723E+01	5.459E+01	tonf	Fuerza lateral del aislador que es igual a la fuerza lateral mínima V_b
V_{st}	1.442E+01	1.808E+01	3.622E+01	tonf	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base
R	8.000E+00	8.000E+00	8.000E+00		Coeficiente de reducción en condiciones de estructura con base fija.
R_a	1.400E+00	1.398E+00	1.397E+00		Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico
V_s	1.030E+01	1.293E+01	2.593E+01	tonf	Fuerza de corte mínima.
C	1.556E-01	1.943E-01	3.882E-01		Factor de amplificación sísmica.
V_f	2.530E+00	3.158E+00	6.310E+00	tonf	Fuerza cortante en condiciones de estructura con base fija.
$V_s>V_f$	4.072E+00	4.095E+00	4.109E+00		V_s/V_f
	OK	OK	OK		
V_s=%W	5.60%	7.03%	14.10%	W	Porcentaje del peso W que es igual a V_s
$V_s>1.5Q_d$	1.897E+00	1.906E+00	1.910E+00		
	OK	OK	OK		
Q_d=%W	1.68%	2.10%	4.20%	W	Porcentaje del peso W que es igual a Q_d
F_r	8.132E+00	1.022E+01	2.051E+01		
$F_r>2.5\%W$	2.52%	3.16%	6.35%	W	Porcentaje del peso W que es igual a F_r
	OK	OK	OK		
3 T_{BASE_FIJA}	4.39 Teff	3.93 Teff	2.78 Teff	s	3 veces el periodo en base fija.
$T_{eff}>3\ T_{BASE_FIJA}$	OK	OK	OK		

Tabla 68

Tabla con el área reducida y capacidad de pandeo del aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02

ÁREA REDUCIDA Y CAPACIDAD DE PANDEO								
S	4.444E+01	4.444E+01	4.444E+01	**-**	**Relación entre AREA CARGADA/AREA LIBRE DE CARGA**			
A_r	2.458E+03	2.455E+03	2.432E+03	**cm2**	**Área reducida de la goma.**			
A_r/A_g	43.32%	43.27%	42.86%	**%**				
FS	1.100E+00	1.100E+00	1.100E+00	**-**	**Factor de seguridad**			
P_{cr}	1.221E+03	1.220E+03	1.208E+03	**tonf**	**Carga crítica**			
P_{cr}/FS	1.110E+03	1.109E+03	1.098E+03	**-**				
$P_{máxima}$	6.194E+02	6.194E+02	6.194E+02	**tonf**	**1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN**			
	OK	OK	OK	**-**				

Tabla 69

Tabla con la definición de módulos y coeficientes de amortiguamiento del aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02.

DEFINICIÓN DE MÓDULOS Y COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO								
E_0	9.600E+01	1.200E+02	2.400E+02	**tonf/m2**	**Módulo Elástico**			
k	7.500E-01	7.500E-01	7.500E-01	-	**Constante empírica en función de G**			
E_c	2.845E+05	3.557E+05	7.114E+05	**tonf/m2**	**Módulo de Compresión del Aislador**			
E_v	8.440E+04	1.055E+05	2.110E+05	**tonf/m2**	**Módulo de Rigidez Vertical**			
K_v	1.779E+05	2.223E+05	4.447E+05	**tonf/m**	**Rigidez de Compresión del Aislador**			
C_v	2.421E+02	2.706E+02	3.828E+02	**tonf.s/m**	**Coeficiente de Amortiguamiento Vertical**			
C_h	1.446E+01	1.625E+01	2.270E+01	**tonf.s/m**	**Coeficiente de Amortiguamiento Horizontal**			

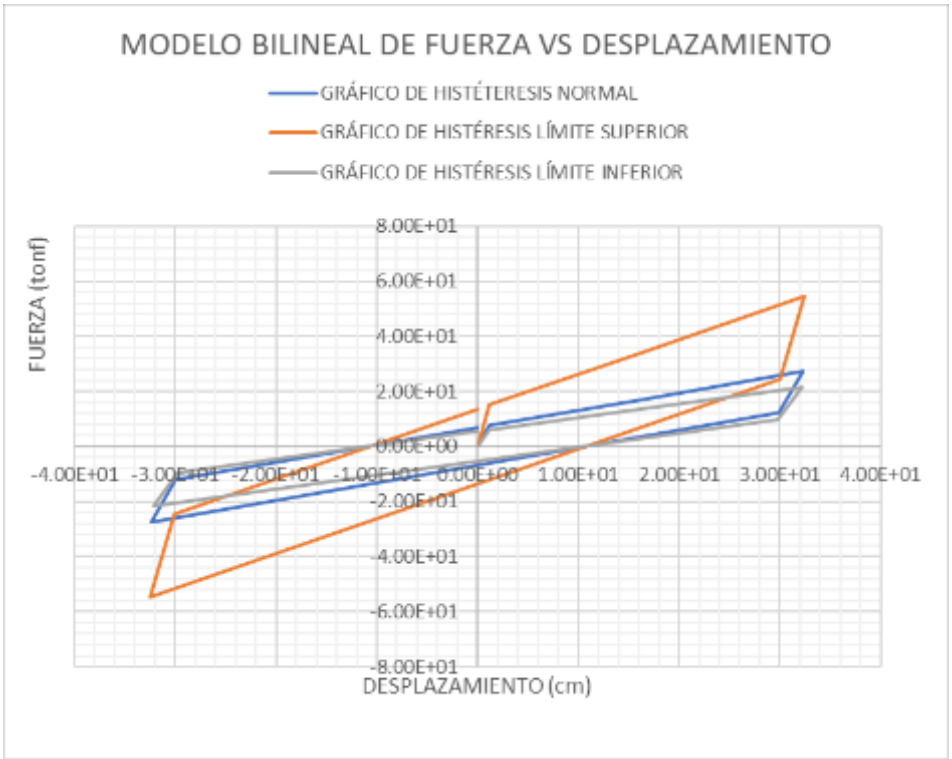
Tabla 70

Tabla con las deformaciones por corte del aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02.

DEFORMACIÓN POR CORTE								
Υ_D	1.550E+00	1.552E+00	1.564E+00	**-**	**Deformación por corte debido a deformación.**			
	OK	OK	OK					
Υ_C	2.362E+00	1.891E+00	9.547E-01	**-**	**Deformación por corte debido a compresión.**			
Θ	5.000E-03	5.000E-03	5.000E-03	**rad**	**Angulo de deformación.**			
Υ_θ	1.118E+00	1.118E+00	1.118E+00	**-**	**Deformación por corte debido a deformación angular**			
Υ_{TOTAL}	4.471E+00	4.002E+00	3.078E+00	**-**	**Deformación total por corte.**			
6/FS	5.455E+00	5.455E+00	5.455E+00					
	OK	OK	OK					

Gráfico 62

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del aislador HDR DIÁMETRO 85 CM SECTOR 02.



7.2.7 Aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02

Tabla 71

Tabla con las propiedades físicas de los materiales aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
K	2.000E+05	tonf/m2	Módulo volumétrico de la goma
G	3.000E+01	tonf/m2	Módulo de corte de la goma
T_{py}	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo de corte del plomo
G_p	1.433E+04	tonf/m2	Módulo de corte del plomo
$\sigma_{máx}$	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo axial permisible del aislador

Tabla 72

Tabla con los datos introductorios para el diseño aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	6.162E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	6.415E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	6.804E+03	tonf	Peso total de la estructura.
$P_{promedio}$	1.885E+02	tonf	1.00CM+0.50CV
$P_{máxima}$	3.625E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
$P_{mínima}$	4.780E+01	tonf	0.90CM-1.00(CSH+CSV)
N	3.700E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.665E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	1	s	Periodo de la estructura en base fija

Tabla 73

Tabla con las propiedades del aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02.

PROPIEDADES Y LÍMITES DE LAS DIMENSIONES DEL AISLADOR			
$A_{MIN.}$	3.625E-01	m2	Área mínima del aislador
$D_{0_MIN.}$	6.794E+01	cm	Diámetro mínimo del aislador.
$D_{0_MIN.}$	5.447E+01		$D_0 > 1.5\ D_{TM}$
D_0	7.000E+01	cm	Diámetro exterior elegido del aislador.
$D_{i_MIN.}=D_0/6$	1.167E+01	cm	Diámetro mínimo del núcleo de plomo.
$D_{i_MAX.}=D_0/3$	2.333E+01	cm	Diámetro máximo del núcleo de plomo.
D_i	0.000E+00	cm	Diámetro elegido del núcleo de plomo.
C_s	2.500E+00	cm	Recubrimiento
N_{CAPAS}	6.000E+01	cm	Número de láminas de caucho y de acero
T_{r_min}	1.461E+01	cm	$T_r >= dy/0.05$
t_{r_min}	5.242E-01		S 31
t_r	4.250E-01	cm	Espesor de lámina de caucho
$T_r = \Sigma t_r$	2.550E+01	cm	Espesor total de láminas de caucho
t_s	2.000E-01	cm	Espesor de lámina de acero.
$T_s = \Sigma t_s$	1.200E+01	cm	Espesor total de láminas de acero
t	3.200E+00	cm	Espesor de las planchas de acero
$H_{AISLADOR}$	4.390E+01	cm	Altura del aislador
D_e	6.500E+01	cm	Diámetro sin recubrimiento del aislador
A_0	3.848E+03	cm2	Área total del aislador
A_i	0.000E+00	cm2	Área total del núcleo de plomo
A_e	3.318E+03	cm2	Área sin recubrimiento del aislador
A_g	3.848E+03	cm2	Área de caucho considerando recubrimiento del aislador
A_{ng}	3.318E+03	cm2	Área de caucho sin considerar recubrimiento del aislado
S	3.824E+01	-	Módulo volumétrico efectivo del aislador.

Tabla 74

Tabla con el cálculo del diagrama de histéresis del aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR	0.8	1	2	1.7	
ASUMIMOS					
d_y	1.275E+00	1.275E+00	1.275E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	3.162E+01	3.177E+01	3.158E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}=1.15 D_M	3.637E+01	3.653E+01	3.631E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamient
CALCULAMOS					
Q_d	3.584E+00	4.480E+00	8.959E+00	tonf	Fuerza característica.
K_d	3.123E+01	3.904E+01	7.808E+01	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	3.982E+00	4.977E+00	9.955E+00	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	4.256E+01	5.314E+01	1.065E+02	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	3.123E+02	3.904E+02	7.808E+02	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	4.350E+00	5.463E+00	1.086E+01	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	16.27%	16.22%	16.28%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	1.425E+00	1.423E+00	1.425E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	4.223E+00	3.779E+00	2.670E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	9.974E+01	1.250E+02	2.492E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	3.162E+01	3.177E+01	3.158E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	3.637E+01	3.653E+01	3.631E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamient
d_y	1.275E+00	1.275E+00	1.275E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

Tabla 75

Tabla con las fuerzas laterales mínimas para el diseño del aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02.

FUERZAS LATERALES MÍNIMAS PARA EL DISEÑO					
$F_M=V_b$	1.346E+01	1.688E+01	3.361E+01	tonf	Fuerza lateral del aislador que es igual a la fuerza lateral mínima V_b
V_{st}	1.251E+01	1.568E+01	3.123E+01	tonf	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base
R	8.000E+00	8.000E+00	8.000E+00		Coeficiente de reducción en condiciones de estructura con base fija.
R_a	1.425E+00	1.423E+00	1.425E+00		Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico
V_s	8.778E+00	1.102E+01	2.192E+01	tonf	Fuerza de corte mínima.
C	1.683E-01	2.101E-01	4.208E-01		Factor de amplificación sísmica.
V_f	1.596E+00	1.993E+00	3.991E+00	tonf	Fuerza cortante en condiciones de estructura con base fija.
$V_s>V_f$	5.500E+00	5.529E+00	5.491E+00		V_s/V_f
	OK	OK	OK		
V_s=%W	4.77%	5.99%	11.92%	W	Porcentaje del peso W que es igual a V_s
$V_s>1.5Q_d$	2.449E+00	2.459E+00	2.446E+00		
	OK	OK	OK		
Q_d=%W	1.90%	2.38%	4.75%	W	Porcentaje del peso W que es igual a Q_d
F_r	4.938E+00	6.200E+00	1.233E+01		
F_r>2.5%W	2.62%	3.29%	6.54%	W	Porcentaje del peso W que es igual a F_r
	OK	OK	OK		
3 T_{BASE_FIJA}	4.22 Teff	3.78 Teff	2.67 Teff	s	3 veces el periodo en base fija.
$T_{eff}>3\ T_{BASE_FIJA}$	OK	OK	OK		

Tabla 76

Tabla con el área reducida y capacidad de pandeo del aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02.

ÁREA REDUCIDA Y CAPACIDAD DE PANDEO					
S	3.824E+01	3.824E+01	3.824E+01	-	**Relación entre AREA CARGADA/AREA LIBRE DE CARGA**
A_r	1.258E+03	1.247E+03	1.261E+03	cm2	**Área reducida de la goma.**
A_r/A_g	32.68%	32.41%	32.77%	%	
FS	1.100E+00	1.100E+00	1.100E+00	-	**Factor de seguridad**
P_{cr}	4.084E+02	4.051E+02	4.095E+02	tonf	**Carga crítica**
P_{cr}/FS	3.713E+02	3.683E+02	3.723E+02	-	
$P_{máxima}$	3.625E+02	3.625E+02	3.625E+02	tonf	**1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN**
	OK	OK	OK	-	

Tabla 77

Tabla con la definición de módulos y coeficientes de amortiguamiento del aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02.

DEFINICIÓN DE MÓDULOS Y COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO					
E_0	9.600E+01	1.200E+02	2.400E+02	tonf/m2	**Módulo Elástico**
k	7.500E-01	7.500E-01	7.500E-01	-	**Constante empírica en función de G**
E_c	2.106E+05	2.633E+05	5.265E+05	tonf/m2	**Módulo de Compresión del Aislador**
E_v	7.643E+04	9.554E+04	1.911E+05	tonf/m2	**Módulo de Rigidez Vertical**
K_v	9.946E+04	1.243E+05	2.487E+05	tonf/m	**Rigidez de Compresión del Aislador**
C_v	1.383E+02	1.546E+02	2.186E+02	tonf.s/m	**Coeficiente de Amortiguamiento Vertical**
C_h	9.307E+00	1.037E+01	1.473E+01	tonf.s/m	**Coeficiente de Amortiguamiento Horizontal**

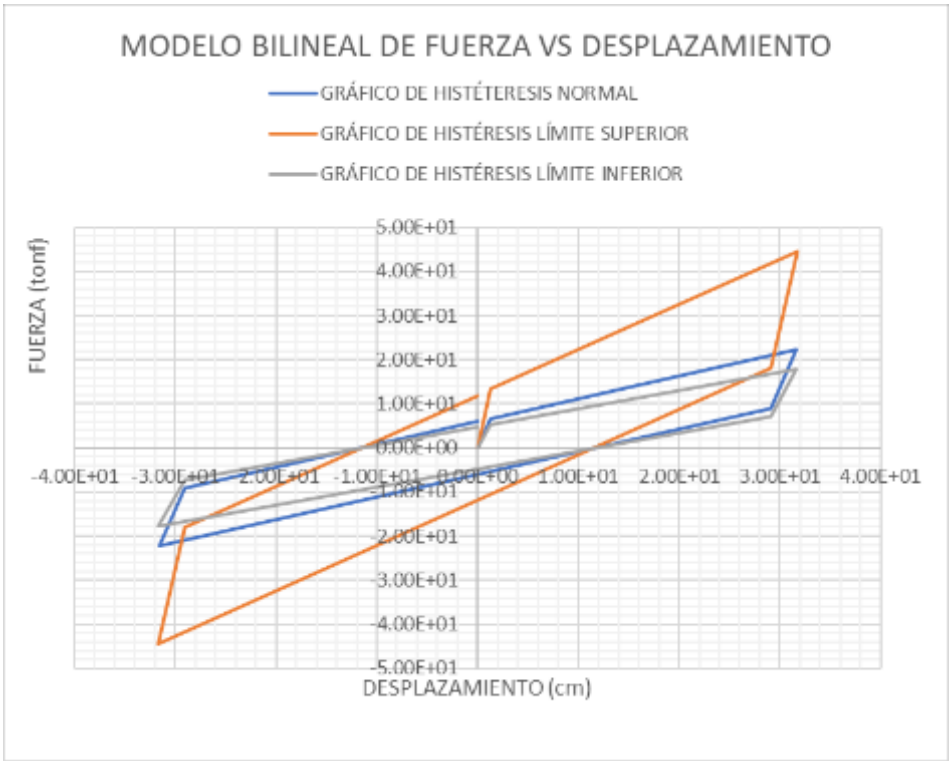
Tabla 78

Tabla con las deformaciones por corte del aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02.

DEFORMACIÓN POR CORTE					
Υ_D	1.426E+00	1.433E+00	1.424E+00	-	**Deformación por corte debido a deformación.**
	OK	OK	OK		
Υ_C	3.140E+00	2.532E+00	1.253E+00	-	**Deformación por corte debido a compresión.**
Θ	5.000E-03	5.000E-03	5.000E-03	rad	**Angulo de deformación.**
Υ_Θ	7.310E-01	7.310E-01	7.310E-01	-	**Deformación por corte debido a deformación angular.**
Υ_{TOTAL}	4.931E+00	4.330E+00	3.042E+00	-	**Deformación total por corte.**
6/FS	5.455E+00	5.455E+00	5.455E+00		
	OK	OK	OK		

Gráfico 63

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del aislador HDR DIÁMETRO 70 CM SECTOR 02.



7.2.8 Aislador HDR DIÁMETRO 80 CM SECTOR 02

Tabla 79

Tabla con las propiedades físicas de los materiales aislador HDR DIÁMETRO 80 CM SECTOR 02.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
K	2.000E+05	tonf/m2	Módulo volumétrico de la goma
G	3.000E+01	tonf/m2	Módulo de corte de la goma
T_{py}	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo de corte del plomo
G_p	1.433E+04	tonf/m2	Módulo de corte del plomo
$\sigma_{máx}$	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo axial permisible del aislador

Tabla 80

Tabla con los datos introductorios para el diseño aislador HDR DIÁMETRO 80 CM SECTOR 02.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	6.162E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	6.415E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	6.804E+03	tonf	Peso total de la estructura.
$P_{promedio}$	2.558E+02	tonf	1.00CM+0.50CV
$P_{máxima}$	4.910E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
$P_{mínima}$	4.780E+01	tonf	0.90CM-1.00(CSH+CSV)
N	3.700E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.665E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	1	s	Periodo de la estructura en base fija

Tabla 81

Tabla con las propiedades del aislador HDR DIÁMETRO 80 CM SECTOR 02.

PROPIEDADES Y LÍMITES DE LAS DIMENSIONES DEL AISLADOR			
$A_{MIN.}$	4.910E-01	m2	Área mínima del aislador
$D_{0_MIN.}$	7.906E+01	cm	Diámetro mínimo del aislador.
$D_{0_MIN.}$	5.465E+01		$D_0 > 1.5\ D_{TM}$
D_0	8.000E+01	cm	Diámetro exterior elegido del aislador.
$D_{i_MIN.}=D_0/6$	1.333E+01	cm	Diámetro mínimo del núcleo de plomo.
$D_{i_MAX.}=D_0/3$	2.667E+01	cm	Diámetro máximo del núcleo de plomo.
D_i	0.000E+00	cm	Diámetro elegido del núcleo de plomo.
C_s	2.500E+00	cm	Recubrimiento
N_{CAPAS}	5.000E+01	cm	Número de láminas de caucho y de acero
T_{r_min}	1.455E+01	cm	$T_r >= dy/0.05$
t_{r_min}	6.048E-01		S 31
t_r	5.150E-01	cm	Espesor de lámina de caucho
$T_r = \Sigma t_r$	2.575E+01	cm	Espesor total de láminas de caucho
t_s	2.000E-01	cm	Espesor de lámina de acero.
$T_s = \Sigma t_s$	1.000E+01	cm	Espesor total de láminas de acero
t	3.200E+00	cm	Espesor de las planchas de acero
$H_{AISLADOR}$	4.215E+01	cm	Altura del aislador
D_e	7.500E+01	cm	Diámetro sin recubrimiento del aislador
A_0	5.027E+03	cm2	Área total del aislador
A_i	0.000E+00	cm2	Área total del núcleo de plomo
A_e	4.418E+03	cm2	Área sin recubrimiento del aislador
A_g	5.027E+03	cm2	Área de caucho considerando recubrimiento del aislador
A_{ng}	4.418E+03	cm2	Área de caucho sin considerar recubrimiento del aislado
S	3.641E+01	-	Módulo volumétrico efectivo del aislador.

Tabla 82

Tabla con el cálculo del diagrama de histéresis del aislador HDR DIÁMETRO 80 CM SECTOR 02

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR	0.8	1	2		
ASUMIMOS					
d_y	1.288E+00	1.288E+00	1.288E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	3.166E+01	3.163E+01	3.168E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}=1.15 D_M	3.640E+01	3.637E+01	3.643E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamient
CALCULAMOS					
Q_d	4.771E+00	5.964E+00	1.193E+01	tonf	Fuerza característica.
K_d	4.118E+01	5.147E+01	1.029E+02	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	5.301E+00	6.627E+00	1.325E+01	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	5.625E+01	7.033E+01	1.406E+02	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	4.118E+02	5.147E+02	1.029E+03	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	5.796E+00	7.239E+00	1.450E+01	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	16.37%	16.37%	16.36%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	1.427E+00	1.427E+00	1.427E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	4.279E+00	3.827E+00	2.706E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	9.742E+01	1.217E+02	2.437E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	3.166E+01	3.163E+01	3.168E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	3.640E+01	3.637E+01	3.643E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamient
d_y	1.288E+00	1.288E+00	1.288E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

Tabla 83

Tabla con las fuerzas laterales mínimas para el diseño del aislador HDR DIÁMETRO 80 CM SECTOR 02.

FUERZAS LATERALES MÍNIMAS PARA EL DISEÑO					
$F_M=V_b$	1.781E+01	2.224E+01	4.454E+01	tonf	Fuerza lateral del aislador que es igual a la fuerza lateral mínima V_b
V_{st}	1.382E+01	1.726E+01	3.456E+01	tonf	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base
R	8.000E+00	8.000E+00	8.000E+00		Coeficiente de reducción en condiciones de estructura con base fija.
R_a	1.427E+00	1.427E+00	1.427E+00		Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico
V_s	9.682E+00	1.209E+01	2.422E+01	tonf	Fuerza de corte mínima.
C	1.639E-01	2.049E-01	4.096E-01		Factor de amplificación sísmica.
V_f	2.109E+00	2.637E+00	5.271E+00	tonf	Fuerza cortante en condiciones de estructura con base fija.
$V_s>V_f$	4.590E+00	4.587E+00	4.595E+00		V_s/V_f
	OK	OK	OK		
V_s=%W	5.26%	6.58%	13.17%	W	Porcentaje del peso W que es igual a V_s
$V_s>1.5Q_d$	2.029E+00	2.028E+00	2.031E+00		
	OK	OK	OK		
Q_d=%W	1.87%	2.33%	4.66%	W	Porcentaje del peso W que es igual a Q_d
F_r	6.517E+00	8.140E+00	1.631E+01		
$F_r>2.5\%W$	2.55%	3.18%	6.37%	W	Porcentaje del peso W que es igual a F_r
	OK	OK	OK		
3 T_{BASE_FIJA}	4.28 Teff	3.83 Teff	2.71 Teff	s	3 veces el periodo en base fija.
$T_{eff}>3\ T_{BASE_FIJA}$	OK	OK	OK		

Tabla 84

Tabla con el área reducida y capacidad de pandeo del aislador HDR DIÁMETRO 80 CM SECTOR 02.

ÁREA REDUCIDA Y CAPACIDAD DE PANDEO					
S	3.641E+01	3.641E+01	3.641E+01	-	Relación entre AREA CARGADA/AREA LIBRE DE CARGA
A_r	2.047E+03	2.049E+03	2.045E+03	cm2	Área reducida de la goma.
A_r/A_g	40.72%	40.76%	40.68%	%	
FS	1.100E+00	1.100E+00	1.100E+00	-	Factor de seguridad
P_{cr}	7.232E+02	7.240E+02	7.224E+02	tonf	Carga crítica
P_{cr}/FS	6.575E+02	6.582E+02	6.568E+02	-	
$P_{máxima}$	4.910E+02	4.910E+02	4.910E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
	OK	OK	OK	-	

Tabla 85

Tabla con la definición de módulos y coeficientes de amortiguamiento del aislador HDR DIÁMETRO 80 CM.

DEFINICIÓN DE MÓDULOS Y COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO					
E_0	9.600E+01	1.200E+02	2.400E+02	tonf/m2	Módulo Elástico
k	7.500E-01	7.500E-01	7.500E-01	-	Constante empírica en función de G
E_c	1.910E+05	2.387E+05	4.774E+05	tonf/m2	Módulo de Compresión del Aislador
E_v	7.368E+04	9.210E+04	1.842E+05	tonf/m2	Módulo de Rigidez Vertical
K_v	1.264E+05	1.580E+05	3.160E+05	tonf/m	Rigidez de Compresión del Aislador
C_v	1.816E+02	2.030E+02	2.871E+02	tonf.s/m	Coeficiente de Amortiguamiento Vertical
C_h	1.254E+01	1.403E+01	1.981E+01	tonf.s/m	Coeficiente de Amortiguamiento Horizontal

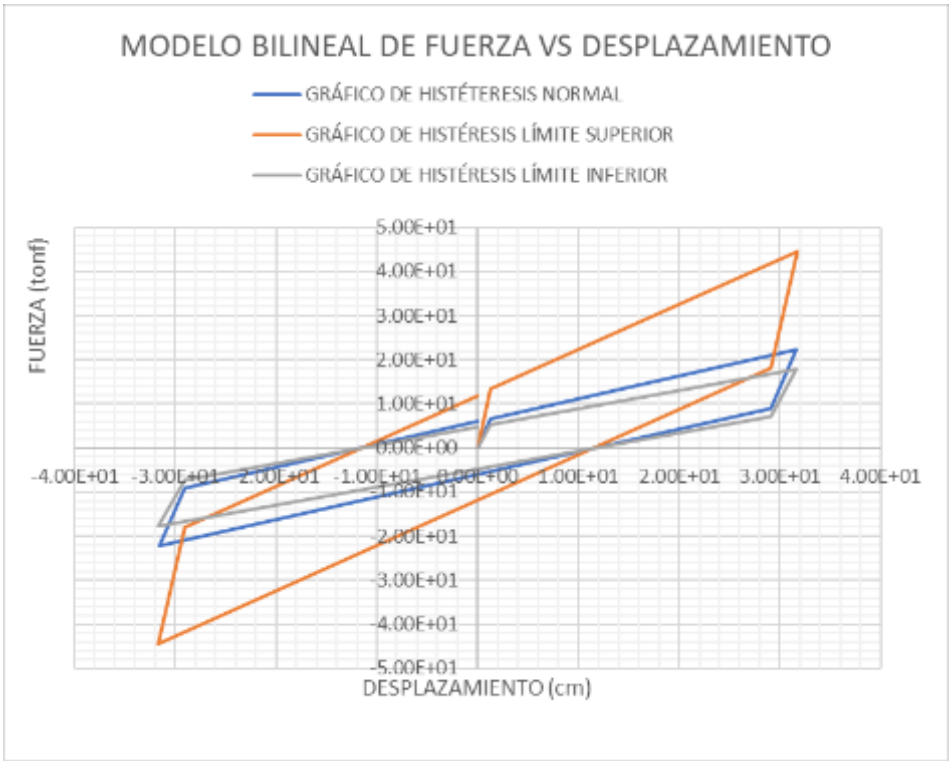
Tabla 86

Tabla con las deformaciones por corte del aislador HDR DIÁMETRO 80 CM SECTOR 02.

DEFORMACIÓN POR CORTE					
γ_D	1.414E+00	1.413E+00	1.415E+00	-	Deformación por corte debido a deformación.
	OK	OK	OK		
γ_C	2.744E+00	2.193E+00	1.099E+00	-	Deformación por corte debido a compresión.
Θ	5.000E-03	5.000E-03	5.000E-03	rad	Angulo de deformación.
γ_θ	7.953E-01	7.953E-01	7.953E-01	-	Deformación por corte debido a deformación angu
γ_{TOTAL}	4.555E+00	4.003E+00	2.911E+00	-	Deformación total por corte.
6/FS	5.455E+00	5.455E+00	5.455E+00		
	OK	OK	OK		

Gráfico 64

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del aislador HDR DIÁMETRO 80 CM SECTOR 02.



7.2.9 Aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM SECTOR 02

Tabla 87

Tabla con las propiedades físicas de los materiales aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM SECTOR 02.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
K	2.000E+05	tonf/m2	Módulo volumétrico de la goma
G	3.000E+01	tonf/m2	Módulo de corte de la goma
T_{py}	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo de corte del plomo
G_p	1.433E+04	tonf/m2	Módulo de corte del plomo
$\sigma_{máx}$	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo axial permisible del aislador

Tabla 88

Tabla con los datos introductorios para el diseño aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM SECTOR 02.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	6.162E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	6.415E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	6.804E+03	tonf	Peso total de la estructura.
$P_{promedio}$	1.225E+02	tonf	1.00CM+0.50CV
$P_{máxima}$	2.356E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
$P_{mínima}$	4.780E+01	tonf	0.90CM-1.00(CSH+CSV)
N	3.700E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.665E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	1	s	Periodo de la estructura en base fija

Tabla 89

Tabla con las propiedades del aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM SECTOR 02.

PROPIEDADES Y LÍMITES DE LAS DIMENSIONES DEL AISLADOR			
$A_{MIN.}$	2.356E-01	m2	Área mínima del aislador
$D_{0_MIN.}$	5.477E+01	cm	Diámetro mínimo del aislador.
$D_{0_MIN.}$	5.385E+01		$D_0 > 1.5\ D_{TM}$
D_0	6.750E+01	cm	Diámetro exterior elegido del aislador.
$D_{i_MIN.}=D_0/6$	1.125E+01	cm	Diámetro mínimo del núcleo de plomo.
$D_{i_MAX.}=D_0/3$	2.250E+01	cm	Diámetro máximo del núcleo de plomo.
D_i	0.000E+00	cm	Diámetro elegido del núcleo de plomo.
C_s	2.500E+00	cm	Recubrimiento
N_{CAPAS}	5.500E+01	cm	Número de láminas de caucho y de acero
T_{r_min}	1.433E+01	cm	$T_r >= dy/0.05$
t_{r_min}	5.040E-01		S 31
t_r	5.000E-01	cm	Espesor de lámina de caucho
$T_r = \Sigma t_r$	2.750E+01	cm	Espesor total de láminas de caucho
t_s	2.000E-01	cm	Espesor de lámina de acero.
$T_s = \Sigma t_s$	1.100E+01	cm	Espesor total de láminas de acero
t	3.200E+00	cm	Espesor de las planchas de acero
$H_{AISLADOR}$	4.490E+01	cm	Altura del aislador
D_e	6.250E+01	cm	Diámetro sin recubrimiento del aislador
A_0	3.578E+03	cm2	Área total del aislador
A_i	0.000E+00	cm2	Área total del núcleo de plomo
A_e	3.068E+03	cm2	Área sin recubrimiento del aislador
A_g	3.578E+03	cm2	Área de caucho considerando recubrimiento del aislador
A_{ng}	3.068E+03	cm2	Área de caucho sin considerar recubrimiento del aislado
S	3.125E+01	-	Módulo volumétrico efectivo del aislador.

Tabla 90

Tabla con el cálculo del diagrama de histéresis del aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM SECTOR 02.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR	0.8	1	2	1.7	
ASUMIMOS					
d_y	1.370E+00	1.375E+00	1.375E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	3.102E+01	3.116E+01	3.121E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}=1.15 D_M	3.567E+01	3.583E+01	3.590E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamient
CALCULAMOS					
Q_d	3.313E+00	4.142E+00	8.283E+00	tonf	Fuerza característica.
K_d	2.677E+01	3.347E+01	6.694E+01	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	3.667E+00	4.602E+00	9.204E+00	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	3.746E+01	4.676E+01	9.347E+01	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	2.677E+02	3.347E+02	6.694E+02	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	3.930E+00	4.935E+00	9.887E+00	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	17.35%	17.30%	17.28%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	1.453E+00	1.451E+00	1.451E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	3.629E+00	3.248E+00	2.297E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	1.355E+02	1.692E+02	3.387E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	3.113E+01	3.116E+01	3.121E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	3.580E+01	3.583E+01	3.590E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamient
d_y	1.380E+00	1.375E+00	1.375E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

Tabla 91

Tabla con las fuerzas laterales mínimas para el diseño del aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM SECTOR 02.

FUERZAS LATERALES MÍNIMAS PARA EL DISEÑO					
F_M=V_b	1.166E+01	1.457E+01	2.918E+01	tonf	Fuerza lateral del aislador que es igual a la fuerza lateral mínima V_b
V_{st}	1.387E+01	1.734E+01	3.473E+01	tonf	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base
R	8.000E+00	8.000E+00	8.000E+00		Coeficiente de reducción en condiciones de estructura con base fija.
R_a	1.453E+00	1.451E+00	1.451E+00		Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico
V_s	9.551E+00	1.195E+01	2.394E+01	tonf	Fuerza de corte mínima.
C	2.278E-01	2.844E-01	5.684E-01		Factor de amplificación sísmica.
V_f	1.404E+00	1.753E+00	3.505E+00	tonf	Fuerza cortante en condiciones de estructura con base fija.
V_s>V_f	6.800E+00	6.816E+00	6.832E+00		V_s/V_f
	OK	OK	OK		
V_s=%W	5.19%	6.50%	13.02%	W	Porcentaje del peso W que es igual a V_s
V_s>1.5Q_d	2.883E+00	2.885E+00	2.891E+00		
	OK	OK	OK		
Q_d=%W	2.70%	3.38%	6.76%	W	Porcentaje del peso W que es igual a Q_d
F_r	4.180E+00	5.215E+00	1.045E+01		
F_r>2.5%W	3.41%	4.26%	8.53%	W	Porcentaje del peso W que es igual a F_r
	OK	OK	OK		
3 T_{BASE_FIJA}	3.63 Teff	3.25 Teff	2.3 Teff	s	3 veces el periodo en base fija.
T_{eff}>3 T_{BASE_FIJA}	OK	OK	OK		

Tabla 92

Tabla con el área reducida y capacidad de pandeo del aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM SECTOR 02.

ÁREA REDUCIDA Y CAPACIDAD DE PANDEO					
S	3.125E+01	3.125E+01	3.125E+01	-	Relación entre AREA CARGADA/AREA LIBRE DE CARGA
A_r	1.119E+03	1.117E+03	1.114E+03	cm2	Área reducida de la goma.
A_r/A_g	31.28%	31.22%	31.12%	%	
FS	1.100E+00	1.100E+00	1.100E+00	-	Factor de seguridad
P_{cr}	2.649E+02	2.644E+02	2.635E+02	tonf	Carga crítica
P_{cr}/FS	2.408E+02	2.404E+02	2.396E+02	-	
$P_{máxima}$	2.356E+02	2.356E+02	2.356E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
	OK	OK	OK	-	

Tabla 93

Tabla con la definición de módulos y coeficientes de amortiguamiento del aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM.

DEFINICIÓN DE MÓDULOS Y COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO					
E_0	9.600E+01	1.200E+02	2.400E+02	tonf/m2	Módulo Elástico
k	7.500E-01	7.500E-01	7.500E-01	-	Constante empírica en función de G
E_c	1.407E+05	1.759E+05	3.518E+05	tonf/m2	Módulo de Compresión del Aislador
E_v	6.475E+04	8.094E+04	1.619E+05	tonf/m2	Módulo de Rigidez Vertical
K_v	7.223E+04	9.029E+04	1.806E+05	tonf/m	Rigidez de Compresión del Aislador
C_v	9.501E+01	1.062E+02	1.502E+02	tonf.s/m	Coeficiente de Amortiguamiento Vertical
C_h	7.454E+00	8.362E+00	1.181E+01	tonf.s/m	Coeficiente de Amortiguamiento Horizontal

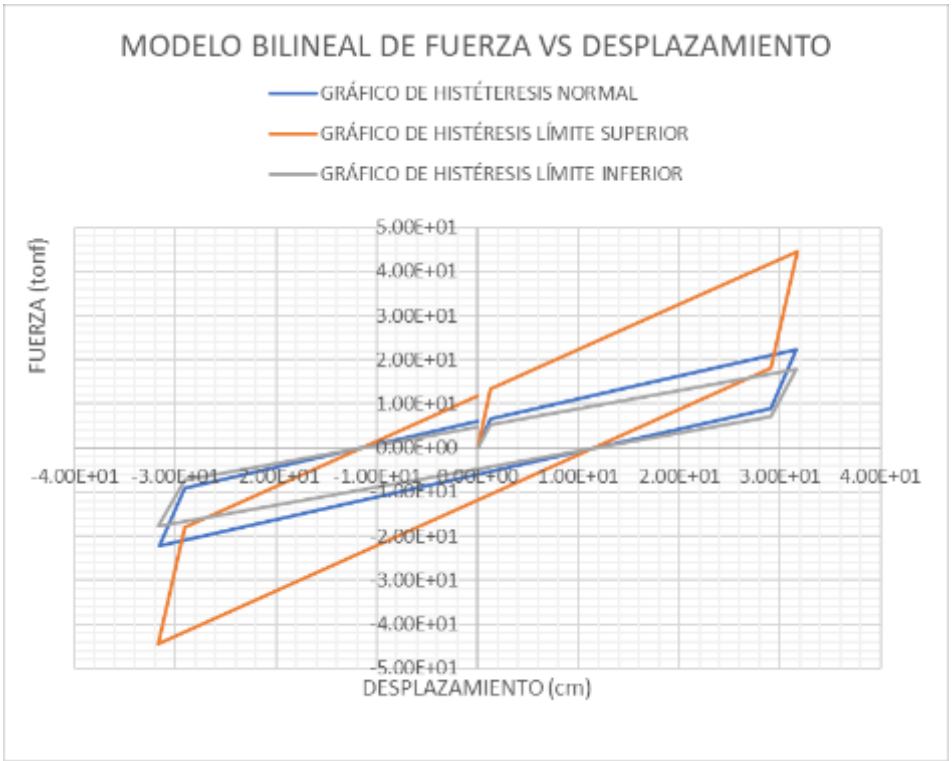
Tabla 94

Tabla con las deformaciones por corte del aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM SECTOR 02.

DEFORMACIÓN POR CORTE					
Υ_D	1.302E+00	1.303E+00	1.305E+00	-	Deformación por corte debido a deformación.
	OK	OK	OK		
Υ_C	2.805E+00	2.248E+00	1.128E+00	-	Deformación por corte debido a compresión.
Θ	5.000E-03	5.000E-03	5.000E-03	rad	Angulo de deformación.
Υ_Θ	5.327E-01	5.327E-01	5.327E-01	-	Deformación por corte debido a deformación angular.
Υ_{TOTAL}	4.373E+00	3.817E+00	2.699E+00	-	Deformación total por corte.
6/FS	5.455E+00	5.455E+00	5.455E+00		
	OK	OK	OK		

Gráfico 65

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del aislador HDR DIÁMETRO 67.5 CM SECTOR 02.



7.2.10 DESLIZADOR SL DIÁMETRO 55 CM SECTOR 02.

Tabla 95

Tabla con las propiedades físicas de los materiales deslizador SL DIÁMETRO 55 CM SECTOR 02.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
K	2.109E+05	tonf/m2	Módulo volumétrico del PTFE (Politetrafluoretileno)
G	5.950E+01	tonf/m2	Módulo de corte de la goma
μ	4.00%	%	Coeficiente de fricción
σ_s	1.433E+04	tonf/m2	Módulo de corte del plomo
σ_u	1.000E+03	tonf/m2	Esfuerzo axial permisible del aislador

Tabla 96

Tabla con los datos introductorios para el diseño del deslizador SL DIÁMETRO 55 CM SECTOR 02.

DATOS INTRODUCTORIOS			
W_s	5.517E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	5.517E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	6.069E+03	tonf	Peso total de la estructura.
$P_{promedio}$	1.225E+02	tonf	1.00CM+0.50CV
$P_{máxima}$	2.356E+02	tonf	1.25(CM+CV)+1.00(CSH+CSV)+0.2CN
$P_{mínima}$	1.548E+02	tonf	0.90CM-1.00(CSH+CSV)
N	3.600E+01	und	Número de aisladores
W_N	1.533E+02	tonf	Peso que recibo cada aislador
g	9.807	m/s2	Gravedad
T_{BASE_FIJA}	0.88	s	Periodo de la estructura en base fija

Tabla 97

Tabla con las propiedades del deslizador SL DIÁMETRO 55 CM SECTOR 02.

PROPIEDADES Y LÍMITES DE LAS DIMENSIONES DEL AISLADOR			
$A_{MIN1.}$	8.552E-03	m2	Área mínima del deslizador carga promedio.
$A_{MIN2.}$	2.356E-01	m2	Área mínima del deslizador carga máxima.
$A_{MIN.}$	2.356E-01	m2	$D_0 > 1.5\ D_{TM}$
$D_{t_MIN.}$	5.477E+01	cm	Diámetro total mínimo del Teflón.
D_t	5.500E+01	cm	Diámetro total del Teflón.
C_s	2.500E+00	cm	Recubrimiento
D_r	6.000E+01	cm	Diámetro total del POT.
t_r	5.000E+00	cm	Espesor de lámina de caucho

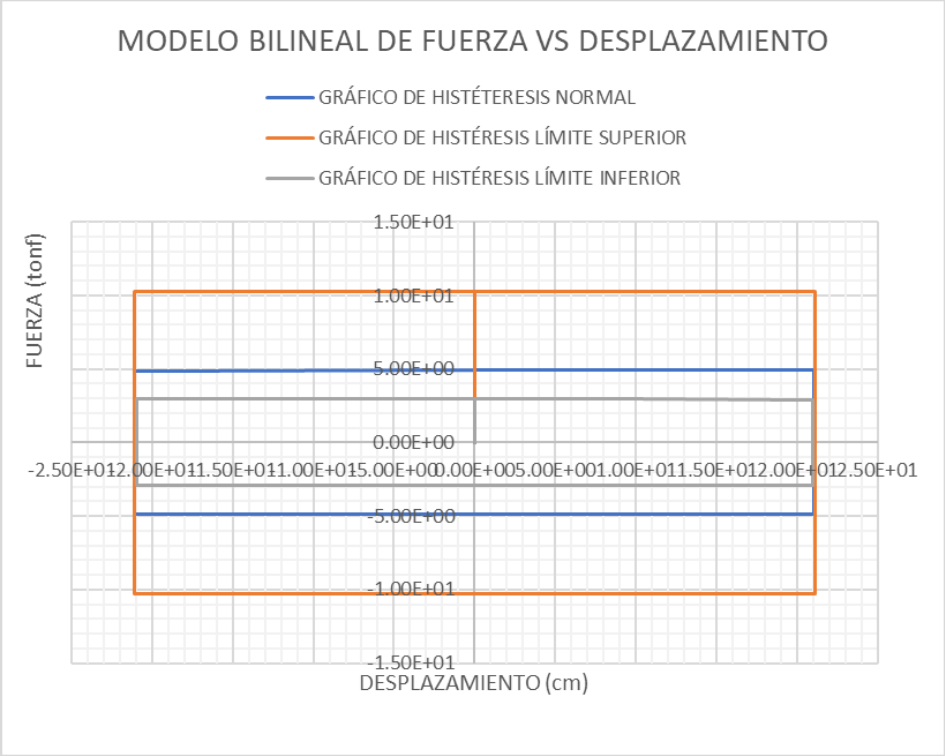
Tabla 98

Tabla con el cálculo del diagrama de histéresis del deslizador SL DIÁMETRO 55 CM SECTOR 02.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR	0.6	1	2.1		
ASUMIMOS					
d_y	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	2.104E+01	2.102E+01	2.108E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
$D_{TM}=1.15\ D_M$	2.419E+01	2.417E+01	2.425E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento
CALCULAMOS					
Q_d	2.941E+00	4.902E+00	1.029E+01	tonf	Fuerza característica.
K_d	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	2.941E+00	4.902E+00	1.029E+01	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	1.398E+01	2.332E+01	4.882E+01	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	-	-	-	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	2.475E+00	4.121E+00	8.681E+00	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	63.66%	63.66%	63.66%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	2.145E+00	2.145E+00	2.145E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	5.940E+00	4.599E+00	3.179E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	5.034E+01	8.431E+01	1.768E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	2.098E+01	2.106E+01	2.109E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	2.412E+01	2.422E+01	2.425E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento
d_y	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

Gráfico 66

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del deslizador SL DIÁMETRO 55 CM SECTOR 02.



7.2.11 ASIGNACIÓN DE PROPIEDADES DE LOS AISLADORES Y DESLIZADORES COMO SISTEMA DEL EDIFICIO

A continuación, mostraremos la asignación de cada uno de los aisladores según el tipo escogido, teniendo en cuenta los pesos que reciben cada uno de ellos y la rigidez que aportan al sistema de aislamiento, con la intención de llegar al periodo objetivo, teniendo en cuenta no generar tracciones en ninguno de los elementos o tener menos de lo permisible que es de 0.75 MPa a 1.00 MPa (76.48 tonf/m2 a 102 tonf/m2).

Comenzaremos mostrando los valores y asignación de aisladores para el SECTOR 01.

Tabla 99

Tabla con las fuerzas que recibe cada punto donde existe un aislador y la asignación del tipo de aislador calculado SECTOR 01.

		-2.10E+02	-3.81E+02	-4.20E+02	-7.71E+01	-3.78E+01			
STORY	**UNIQUE NAME**	**$P_{servicio}$ E031 1.00CM+0.50CV**	**P_{max1} E031 (1.25+0.30)CM+1.25CV+1.00DINXX**	**P_{max2} E031 (1.25+0.30)CM+1.25CV+1.00DINYY**	**P_{min1} E031 (0.9-0.3)CM-1.00DINXX**	**P_{min2} E031 (0.9-0.3)CM-1.00DINYY**	**X**	**Y**	**TIPO AISLADOR**
-	-	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	m	m	-
AISLACIÓN	K1	-1.71E+02	-3.21E+02	-3.96E+02	-5.14E+01	2.42E+01	4.13E-04	6.71E+00	HDR1
AISLACIÓN	K2	-1.73E+02	-3.12E+02	-3.15E+02	-6.58E+01	-6.22E+01	0.00E+00	1.16E+01	HDR1
AISLACIÓN	K3	-1.66E+02	-3.00E+02	-3.08E+02	-6.20E+01	-5.35E+01	0.00E+00	1.59E+01	HDR1
AISLACIÓN	K4	-1.58E+02	-3.05E+02	-3.97E+02	-3.92E+01	5.30E+01	0.00E+00	2.03E+01	HDR1
AISLACIÓN	K5	-3.01E+02	-5.00E+02	-5.72E+02	-1.56E+02	-8.45E+01	6.85E+00	4.95E+00	HDR
AISLACIÓN	K6	-3.44E+02	-5.77E+02	-6.62E+02	-1.73E+02	-8.75E+01	6.85E+00	1.24E+01	HDR
AISLACIÓN	K7	-3.40E+02	-5.66E+02	-6.58E+02	-1.76E+02	-8.41E+01	6.85E+00	1.45E+01	HDR
AISLACIÓN	K8	-2.58E+02	-4.53E+02	-4.94E+02	-1.09E+02	-6.73E+01	6.85E+00	2.19E+01	HDR2
AISLACIÓN	K9	-3.39E+02	-5.61E+02	-6.47E+02	-1.79E+02	-9.22E+01	1.39E+01	4.95E+00	HDR
AISLACIÓN	K10	-2.40E+02	-5.04E+02	-5.10E+02	-1.92E+01	-1.28E+01	1.39E+01	1.13E+01	HDR2
AISLACIÓN	K11	-2.38E+02	-4.98E+02	-5.13E+02	-2.04E+01	-5.19E+00	1.39E+01	1.56E+01	HDR2
AISLACIÓN	K12	-3.10E+02	-5.18E+02	-6.00E+02	-1.59E+02	-7.67E+01	1.39E+01	2.19E+01	HDR
AISLACIÓN	K13	-3.19E+02	-5.51E+02	-6.08E+02	-1.46E+02	-8.89E+01	2.32E+01	4.95E+00	HDR
AISLACIÓN	K14	-1.67E+02	-2.88E+02	-3.20E+02	-7.58E+01	-4.34E+01	2.32E+01	1.13E+01	HDR1
AISLACIÓN	K15	-8.02E+01	-1.37E+02	-1.43E+02	-3.73E+01	-3.17E+01	2.32E+01	1.32E+01	HDR3
AISLACIÓN	K16	-2.03E+02	-3.88E+02	-4.09E+02	-5.37E+01	-3.28E+01	2.32E+01	1.56E+01	SL
AISLACIÓN	K17	-2.90E+02	-5.12E+02	-5.53E+02	-1.20E+02	-7.80E+01	2.32E+01	2.19E+01	HDR
AISLACIÓN	K18	-2.55E+02	-4.25E+02	-5.03E+02	-1.30E+02	-5.23E+01	2.93E+01	4.95E+00	HDR2
AISLACIÓN	K19	-2.29E+02	-4.33E+02	-4.87E+02	-6.57E+01	-1.14E+01	2.93E+01	1.13E+01	HDR2
AISLACIÓN	K20	-2.21E+02	-4.56E+02	-4.86E+02	-2.53E+01	5.27E+00	2.93E+01	1.56E+01	HDR2
AISLACIÓN	K21	-2.28E+02	-3.92E+02	-4.61E+02	-1.06E+02	-3.60E+01	2.93E+01	2.19E+01	HDR2
AISLACIÓN	K22	-2.14E+02	-3.89E+02	-4.36E+02	-7.71E+01	-3.04E+01	3.55E+01	4.95E+00	HDR2
AISLACIÓN	K23	-2.01E+02	-3.59E+02	-4.28E+02	-8.05E+01	-1.11E+01	3.55E+01	1.25E+01	SL
AISLACIÓN	K24	-1.87E+02	-3.26E+02	-3.92E+02	-8.31E+01	-1.68E+01	3.55E+01	1.43E+01	SL
AISLACIÓN	K25	-5.98E+01	-1.08E+02	-1.10E+02	-2.19E+01	-2.03E+01	0.00E+00	1.45E+01	HDR3
AISLACIÓN	K26	-1.89E+02	-3.33E+02	-4.08E+02	-7.97E+01	-4.49E+00	3.55E+01	2.19E+01	SL
AISLACIÓN	K27	-1.87E+02	-3.63E+02	-4.15E+02	-4.41E+01	7.73E+00	3.86E+01	1.12E+01	SL
AISLACIÓN	K28	-1.58E+02	-3.48E+02	-3.00E+02	5.23E+00	-4.30E+01	3.86E+01	1.50E+01	SL
AISLACIÓN	K29	-1.02E+02	-2.33E+02	-2.46E+02	1.04E+01	2.33E+01	3.86E+01	2.03E+01	HDR1
AISLACIÓN	K30	-1.72E+02	-2.87E+02	-3.53E+02	-8.65E+01	-2.07E+01	1.63E+01	1.56E+01	HDR1
AISLACIÓN	K31	-1.75E+02	-3.10E+02	-3.14E+02	-7.10E+01	-6.64E+01	2.02E+01	1.56E+01	HDR1
AISLACIÓN	K32	-2.11E+02	-4.27E+02	-3.98E+02	-3.40E+01	-6.34E+01	2.56E+01	1.56E+01	SL
AISLACIÓN	K33	-1.89E+02	-3.30E+02	-3.70E+02	-8.22E+01	-4.23E+01	1.63E+01	1.13E+01	HDR1
AISLACIÓN	K34	-2.04E+02	-3.47E+02	-3.76E+02	-9.72E+01	-6.81E+01	1.93E+01	1.13E+01	HDR1
AISLACIÓN	K35	-2.30E+02	-4.48E+02	-4.39E+02	-5.30E+01	-6.21E+01	2.56E+01	1.13E+01	SL
AISLACIÓN	K36	-5.50E+01	-1.10E+02	-9.38E+01	-1.02E+01	-2.64E+01	2.56E+01	1.32E+01	HDR3
AISLACIÓN	K37	-2.14E+02	-4.20E+02	-3.54E+02	-4.66E+01	-1.13E+02	1.39E+01	1.34E+01	HDR2
AISLACIÓN	K38	-1.73E+02	-3.26E+02	-2.87E+02	-5.07E+01	-8.92E+01	2.93E+01	1.34E+01	HDR1
AISLACIÓN	K39	-6.09E+00	-1.55E+01	-1.84E+01	2.23E+00	5.11E+00	3.86E+01	6.70E+00	HDR1
AISLACIÓN	K40	-1.69E+01	-2.95E+01	-2.83E+01	-7.39E+00	-8.64E+00	1.63E+01	1.34E+01	HDR3
AISLACIÓN	K41	-4.21E+01	-7.76E+01	-8.16E+01	-1.42E+01	-1.02E+01	2.06E-04	9.18E+00	HDR3
TOTALES		**8.02E+03**	**1.46E+04**	**1.59E+04**	**2.89E+03**	**1.58E+03**			

Tabla 100

Tabla con las fuerzas, rigideces y energía disipada para cada aislador SECTOR 01.

		LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.
STORY	UNIQUE NAME	K_{eff}	K_{eff}	K_{eff}	Q_d	Q_d	Q_d	F_y	F_y	F_y	$\sum E_M$	$\sum E_M$	$\sum E_M$	F_M	F_M	F_M	F_r	F_r	F_r	K_d	K_d	K_d	K_e	K_e	K_e
-	-	tonf/m	tonf/m	tonf/m	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf.m	tonf.m	tonf.m	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf/m	tonf/m	tonf/m	tonf/m	tonf/m	tonf/m
AISLACIÓN	K1	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K2	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K3	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K4	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K5	7.42E+01	9.28E+01	1.86E+02	6.13E+00	7.66E+00	1.53E+01	6.81E+00	8.51E+00	1.70E+01	7.54E+00	9.38E+00	1.88E+01	2.37E+01	2.96E+01	5.95E+01	8.80E+00	1.09E+01	2.22E+01	5.50E+01	6.88E+01	1.38E+02	5.50E+02	6.88E+02	1.38E+03
AISLACIÓN	K6	7.42E+01	9.28E+01	1.86E+02	6.13E+00	7.66E+00	1.53E+01	6.81E+00	8.51E+00	1.70E+01	7.54E+00	9.38E+00	1.88E+01	2.37E+01	2.96E+01	5.95E+01	8.80E+00	1.09E+01	2.22E+01	5.50E+01	6.88E+01	1.38E+02	5.50E+02	6.88E+02	1.38E+03
AISLACIÓN	K7	7.42E+01	9.28E+01	1.86E+02	6.13E+00	7.66E+00	1.53E+01	6.81E+00	8.51E+00	1.70E+01	7.54E+00	9.38E+00	1.88E+01	2.37E+01	2.96E+01	5.95E+01	8.80E+00	1.09E+01	2.22E+01	5.50E+01	6.88E+01	1.38E+02	5.50E+02	6.88E+02	1.38E+03
AISLACIÓN	K8	6.01E+01	7.52E+01	1.50E+02	5.09E+00	6.37E+00	1.27E+01	5.66E+00	7.08E+00	1.42E+01	6.19E+00	7.70E+00	1.55E+01	1.90E+01	2.37E+01	4.75E+01	6.96E+00	8.66E+00	1.74E+01	4.40E+01	5.50E+01	1.10E+02	4.40E+02	5.50E+02	1.10E+03
AISLACIÓN	K9	7.42E+01	9.28E+01	1.86E+02	6.13E+00	7.66E+00	1.53E+01	6.81E+00	8.51E+00	1.70E+01	7.54E+00	9.38E+00	1.88E+01	2.37E+01	2.96E+01	5.95E+01	8.80E+00	1.09E+01	2.22E+01	5.50E+01	6.88E+01	1.38E+02	5.50E+02	6.88E+02	1.38E+03
AISLACIÓN	K10	6.01E+01	7.52E+01	1.50E+02	5.09E+00	6.37E+00	1.27E+01	5.66E+00	7.08E+00	1.42E+01	6.19E+00	7.70E+00	1.55E+01	1.90E+01	2.37E+01	4.75E+01	6.96E+00	8.66E+00	1.74E+01	4.40E+01	5.50E+01	1.10E+02	4.40E+02	5.50E+02	1.10E+03
AISLACIÓN	K11	6.01E+01	7.52E+01	1.50E+02	5.09E+00	6.37E+00	1.27E+01	5.66E+00	7.08E+00	1.42E+01	6.19E+00	7.70E+00	1.55E+01	1.90E+01	2.37E+01	4.75E+01	6.96E+00	8.66E+00	1.74E+01	4.40E+01	5.50E+01	1.10E+02	4.40E+02	5.50E+02	1.10E+03
AISLACIÓN	K12	7.42E+01	9.28E+01	1.86E+02	6.13E+00	7.66E+00	1.53E+01	6.81E+00	8.51E+00	1.70E+01	7.54E+00	9.38E+00	1.88E+01	2.37E+01	2.96E+01	5.95E+01	8.80E+00	1.09E+01	2.22E+01	5.50E+01	6.88E+01	1.38E+02	5.50E+02	6.88E+02	1.38E+03
AISLACIÓN	K13	7.42E+01	9.28E+01	1.86E+02	6.13E+00	7.66E+00	1.53E+01	6.81E+00	8.51E+00	1.70E+01	7.54E+00	9.38E+00	1.88E+01	2.37E+01	2.96E+01	5.95E+01	8.80E+00	1.09E+01	2.22E+01	5.50E+01	6.88E+01	1.38E+02	5.50E+02	6.88E+02	1.38E+03
AISLACIÓN	K14	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K15	3.95E+01	4.93E+01	9.86E+01	3.05E+00	3.82E+00	7.63E+00	3.39E+00	4.24E+00	8.56E+00	3.86E+00	4.85E+00	9.72E+00	1.29E+01	1.62E+01	3.23E+01	4.93E+00	6.21E+00	1.23E+01	3.02E+01	3.77E+01	7.54E+01	3.02E+02	3.77E+02	7.54E+02
AISLACIÓN	K16	2.40E+01	4.00E+01	8.38E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	4.24E+00	7.06E+00	1.49E+01	5.04E+00	8.42E+00	1.77E+01	2.15E-03	1.59E-02	4.37E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K17	7.42E+01	9.28E+01	1.86E+02	6.13E+00	7.66E+00	1.53E+01	6.81E+00	8.51E+00	1.70E+01	7.54E+00	9.38E+00	1.88E+01	2.37E+01	2.96E+01	5.95E+01	8.80E+00	1.09E+01	2.22E+01	5.50E+01	6.88E+01	1.38E+02	5.50E+02	6.88E+02	1.38E+03
AISLACIÓN	K18	6.01E+01	7.52E+01	1.50E+02	5.09E+00	6.37E+00	1.27E+01	5.66E+00	7.08E+00	1.42E+01	6.19E+00	7.70E+00	1.55E+01	1.90E+01	2.37E+01	4.75E+01	6.96E+00	8.66E+00	1.74E+01	4.40E+01	5.50E+01	1.10E+02	4.40E+02	5.50E+02	1.10E+03
AISLACIÓN	K19	6.01E+01	7.52E+01	1.50E+02	5.09E+00	6.37E+00	1.27E+01	5.66E+00	7.08E+00	1.42E+01	6.19E+00	7.70E+00	1.55E+01	1.90E+01	2.37E+01	4.75E+01	6.96E+00	8.66E+00	1.74E+01	4.40E+01	5.50E+01	1.10E+02	4.40E+02	5.50E+02	1.10E+03
AISLACIÓN	K20	6.01E+01	7.52E+01	1.50E+02	5.09E+00	6.37E+00	1.27E+01	5.66E+00	7.08E+00	1.42E+01	6.19E+00	7.70E+00	1.55E+01	1.90E+01	2.37E+01	4.75E+01	6.96E+00	8.66E+00	1.74E+01	4.40E+01	5.50E+01	1.10E+02	4.40E+02	5.50E+02	1.10E+03
AISLACIÓN	K21	6.01E+01	7.52E+01	1.50E+02	5.09E+00	6.37E+00	1.27E+01	5.66E+00	7.08E+00	1.42E+01	6.19E+00	7.70E+00	1.55E+01	1.90E+01	2.37E+01	4.75E+01	6.96E+00	8.66E+00	1.74E+01	4.40E+01	5.50E+01	1.10E+02	4.40E+02	5.50E+02	1.10E+03
AISLACIÓN	K22	6.01E+01	7.52E+01	1.50E+02	5.09E+00	6.37E+00	1.27E+01	5.66E+00	7.08E+00	1.42E+01	6.19E+00	7.70E+00	1.55E+01	1.90E+01	2.37E+01	4.75E+01	6.96E+00	8.66E+00	1.74E+01	4.40E+01	5.50E+01	1.10E+02	4.40E+02	5.50E+02	1.10E+03
AISLACIÓN	K23	2.40E+01	4.00E+01	8.38E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	4.24E+00	7.06E+00	1.49E+01	5.04E+00	8.42E+00	1.77E+01	2.15E-03	1.59E-02	4.37E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K24	2.40E+01	4.00E+01	8.38E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	4.24E+00	7.06E+00	1.49E+01	5.04E+00	8.42E+00	1.77E+01	2.15E-03	1.59E-02	4.37E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K25	3.95E+01	4.93E+01	9.86E+01	3.05E+00	3.82E+00	7.63E+00	3.39E+00	4.24E+00	8.56E+00	3.86E+00	4.85E+00	9.72E+00	1.29E+01	1.62E+01	3.23E+01	4.93E+00	6.21E+00	1.23E+01	3.02E+01	3.77E+01	7.54E+01	3.02E+02	3.77E+02	7.54E+02
AISLACIÓN	K26	2.40E+01	4.00E+01	8.38E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	4.24E+00	7.06E+00	1.49E+01	5.04E+00	8.42E+00	1.77E+01	2.15E-03	1.59E-02	4.37E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K27	2.40E+01	4.00E+01	8.38E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	4.24E+00	7.06E+00	1.49E+01	5.04E+00	8.42E+00	1.77E+01	2.15E-03	1.59E-02	4.37E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K28	2.40E+01	4.00E+01	8.38E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	4.24E+00	7.06E+00	1.49E+01	5.04E+00	8.42E+00	1.77E+01	2.15E-03	1.59E-02	4.37E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K29	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K30	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K31	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K32	2.40E+01	4.00E+01	8.38E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	4.24E+00	7.06E+00	1.49E+01	5.04E+00	8.42E+00	1.77E+01	2.15E-03	1.59E-02	4.37E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K33	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K34	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K35	2.40E+01	4.00E+01	8.38E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	5.04E+00	8.40E+00	1.76E+01	4.24E+00	7.06E+00	1.49E+01	5.04E+00	8.42E+00	1.77E+01	2.15E-03	1.59E-02	4.37E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K36	3.95E+01	4.93E+01	9.86E+01	3.05E+00	3.82E+00	7.63E+00	3.39E+00	4.24E+00	8.56E+00	3.86E+00	4.85E+00	9.72E+00	1.29E+01	1.62E+01	3.23E+01	4.93E+00	6.21E+00	1.23E+01	3.02E+01	3.77E+01	7.54E+01	3.02E+02	3.77E+02	7.54E+02
AISLACIÓN	K37	6.01E+01	7.52E+01	1.50E+02	5.09E+00	6.37E+00	1.27E+01	5.66E+00	7.08E+00	1.42E+01	6.19E+00	7.70E+00	1.55E+01	1.90E+01	2.37E+01	4.75E+01	6.96E+00	8.66E+00	1.74E+01	4.40E+01	5.50E+01	1.10E+02	4.40E+02	5.50E+02	1.10E+03
AISLACIÓN	K38	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K39	4.68E+01	5.85E+01	1.17E+02	3.86E+00	4.83E+00	9.66E+00	4.29E+00	5.37E+00	1.08E+01	4.73E+00	5.91E+00	1.19E+01	1.50E+01	1.86E+01	3.75E+01	5.56E+00	6.91E+00	1.39E+01	3.47E+01	4.34E+01	8.68E+01	3.47E+02	4.34E+02	8.68E+02
AISLACIÓN	K40	3.95E+01	4.93E+01	9.86E+01	3.05E+00	3.82E+00	7.63E+00	3.39E+00	4.24E+00	8.56E+00	3.86E+00	4.85E+00	9.72E+00	1.29E+01	1.62E+01	3.23E+01	4.93E+00	6.21E+00	1.23E+01	3.02E+01	3.77E+01	7.54E+01	3.02E+02	3.77E+02	7.54E+02
AISLACIÓN	K41	3.95E+01	4.93E+01	9.86E+01	3.05E+00	3.82E+00	7.63E+00	3.39E+00	4.24E+00	8.56E+00	3.86E+00	4.85E+00	9.72E+00	1.29E+01	1.62E+01	3.23E+01	4.93E+00	6.21E+00	1.23E+01	3.02E+01	3.77E+01	7.54E+01	3.02E+02	3.77E+02	7.54E+02
TOTALES		2.01E+03	2.60E+03	5.22E+03	1.91E+02	2.55E+02	5.17E+02	2.07E+02	2.76E+02	5.60E+02	2.18E+02	2.87E+02	5.81E+02	6.22E+02	7.92E+02	1.60E+03	2.16E+02	2.69E+02	5.40E+02	1.35E+03	1.69E+03	3.37E+03	1.35E+04	1.69E+04	3.37E+04

Con los datos obtenidos, definimos los valores nuevamente del peso de la superestructura, interfaz de aislamiento, peso total, y número de aisladores.

Tabla 101

Tabla con los valores peso de la superestructura, interfaz de aislamiento, peso total, y número de aisladores SECTOR 01.

T_{BASE_FIJA}	8.80E-01	s	Periodo de la estructura en base fija
W_s	7.243E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	7.733E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	8.016E+03	tonf	Peso total de la estructura.
g	9.81E+00	m/s2	Gravedad
N	4.10E+01	und	Número de aisladores

Con la sumatoria de los datos vistos en la Tabla 102 procedemos a calcular los valores que forman parte del diagrama de histéresis.

Tabla 102

Tabla con los valores para el diagrama de histéresis del sistema para el SECTOR 01.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR					
ASUMIMOS					
d_y	1.521E+00	1.598E+00	1.623E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	3.032E+01	3.000E+01	2.998E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}=1.15 D_M	3.487E+01	3.450E+01	3.447E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
CALCULAMOS					
Q_d	1.907E+02	2.552E+02	5.172E+02	tonf	Fuerza característica.
K_d	1.348E+03	1.685E+03	3.370E+03	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	2.077E+02	2.761E+02	5.584E+02	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	2.011E+03	2.595E+03	5.218E+03	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	1.348E+04	1.685E+04	3.370E+04	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	2.186E+02	2.867E+02	5.810E+02	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	18.81%	19.55%	19.72%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	1.488E+00	1.505E+00	1.509E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	4.006E+00	3.526E+00	2.487E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	1.110E+02	1.434E+02	2.888E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	3.032E+01	3.000E+01	2.998E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	3.487E+01	3.450E+01	3.447E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
d_y	1.521E+00	1.600E+00	1.622E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

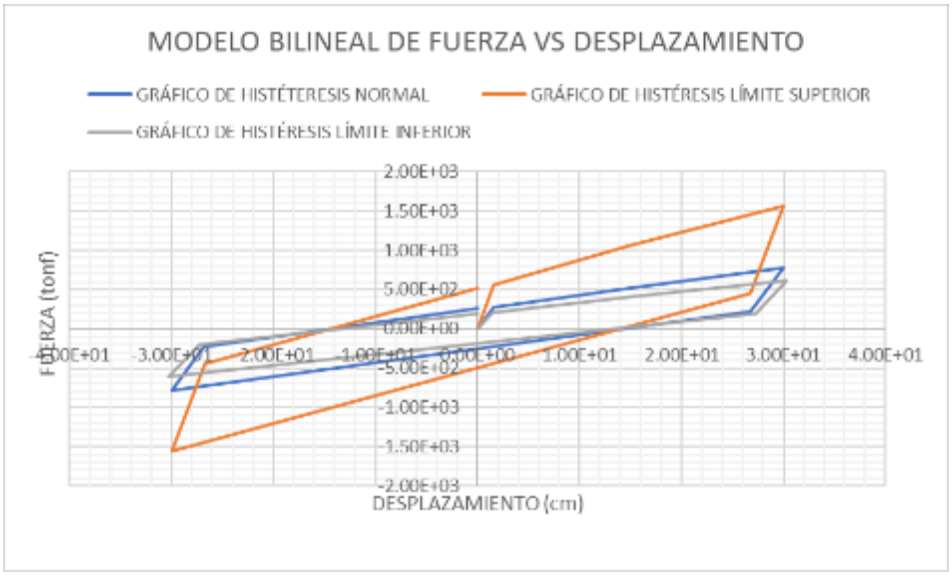
Tabla 103

Tabla con las fuerzas laterales mínimas para el diseño del sistema en el SECTOR 01.

FUERZAS LATERALES MÍNIMAS PARA EL DISEÑO					
$F_M=V_b$	6.210E+02	7.920E+02	1.598E+03	tonf	Fuerza lateral del aislador que es igual a la fuerza lateral mínima V_b
V_{st}	5.886E+02	7.520E+02	1.518E+03	tonf	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base
R	8.000E+00	8.000E+00	8.000E+00		Coeficiente de reducción en condiciones de estructura con base fija.
R_a	1.488E+00	1.506E+00	1.508E+00		Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico
V_s	3.955E+02	4.995E+02	1.006E+03	tonf	Fuerza de corte mínima.
C	1.870E-01	2.412E-01	4.854E-01		Factor de amplificación sísmica.
V_f	7.541E+01	9.729E+01	1.958E+02	tonf	Fuerza cortante en condiciones de estructura con base fija.
$V_s>V_f$	5.245E+00	5.135E+00	5.141E+00		V_s/V_f
	OK	OK	OK		
V_s=%W	4.93%	6.23%	12.56%	W	Porcentaje del peso W que es igual a V_s
$V_s>1.5Q_d$	2.074E+00	1.957E+00	1.946E+00		
	OK	OK	OK		
Q_d=%W	2.38%	3.18%	6.45%	W	Porcentaje del peso W que es igual a Q_d
F_r	2.259E+02	2.841E+02	5.755E+02		
$F_r>2.5\%W$	2.82%	3.54%	7.18%	W	Porcentaje del peso W que es igual a F_r
	OK	OK	OK		
3 T_{BASE_FIJA}	4.55 Teff	4.01 Teff	2.83 Teff	s	3 veces el periodo en base fija.
$T_{eff}>3\ T_{BASE_FIJA}$	OK	OK	OK		

Gráfico 67

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del sistema de aislamiento para el SECTOR 01.



A continuación, mostraremos los valores y asignación de aisladores para el SECTOR 02.

Tabla 104

Tabla con las fuerzas que recibe cada punto donde existe un aislador y la asignación del tipo de aislador calculado SECTOR 02.

STORY	UNIQUE NAME	$P_{servicio}$ E031 1.00CM+0.50CV	P_{max1} E031 (1.25+0.30)CM +1.25CV+1.00 DINXX	P_{max2} E031 (1.25+0.30)CM +1.25CV+1.00 DINYY	P_{min1} E031 (0.9-0.3)CM-1.00DINXX	P_{min2} E031 (0.9-0.3)CM-1.00DINYY	X	Y	TIPO AISLADOR
-	-	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	m	m	-
AISLACIÓN	K1	-6.57E+00	-1.25E+01	-1.53E+01	-1.79E+00	1.04E+00	-4.53E-05	6.70E+00	SL
AISLACIÓN	K2	-1.97E+02	-3.63E+02	-4.76E+02	-6.51E+01	4.78E+01	-4.53E-05	1.12E+01	HDR2
AISLACIÓN	K3	-1.77E+02	-3.58E+02	-3.82E+02	-2.66E+01	-3.20E+00	-4.53E-05	1.50E+01	HDR2
AISLACIÓN	K4	-9.73E+01	-1.99E+02	-2.15E+02	-1.25E+01	3.24E+00	0.00E+00	2.03E+01	HDR3
AISLACIÓN	K5	-2.15E+02	-3.78E+02	-4.14E+02	-9.05E+01	-5.38E+01	3.15E+00	4.95E+00	HDR2
AISLACIÓN	K6	-1.78E+02	-3.06E+02	-3.43E+02	-8.31E+01	-4.57E+01	3.15E+00	1.25E+01	HDR1
AISLACIÓN	K7	-1.71E+02	-2.88E+02	-3.22E+02	-8.47E+01	-5.14E+01	3.15E+00	1.43E+01	HDR1
AISLACIÓN	K8	-1.85E+02	-3.09E+02	-3.83E+02	-9.24E+01	-1.88E+01	3.15E+00	2.13E+01	HDR1
AISLACIÓN	K9	-2.55E+02	-4.27E+02	-4.82E+02	-1.29E+02	-7.42E+01	9.35E+00	4.95E+00	HDR2
AISLACIÓN	K10	-2.77E+02	-5.79E+02	-6.19E+02	-2.36E+01	1.67E+01	9.35E+00	1.13E+01	HDR
AISLACIÓN	K11	-1.84E+02	-3.87E+02	-3.00E+02	-1.35E+01	-1.01E+02	9.35E+00	1.34E+01	HDR2
AISLACIÓN	K12	-2.52E+02	-5.51E+02	-5.81E+02	2.53E+00	3.22E+01	9.35E+00	1.56E+01	HDR
AISLACIÓN	K13	-2.20E+02	-3.75E+02	-4.40E+02	-1.05E+02	-3.97E+01	9.35E+00	2.13E+01	HDR2
AISLACIÓN	K14	-1.97E+02	-3.50E+02	-3.92E+02	-7.85E+01	-3.66E+01	1.30E+01	1.13E+01	HDR2
AISLACIÓN	K15	-1.02E+02	-1.78E+02	-1.67E+02	-4.27E+01	-5.34E+01	1.30E+01	1.32E+01	SL
AISLACIÓN	K16	-1.61E+02	-2.75E+02	-3.16E+02	-7.59E+01	-3.46E+01	1.30E+01	1.56E+01	HDR1
AISLACIÓN	K17	-3.23E+02	-5.50E+02	-5.93E+02	-1.55E+02	-1.12E+02	1.54E+01	4.95E+00	HDR
AISLACIÓN	K18	-1.99E+02	-3.92E+02	-3.93E+02	-4.07E+01	-3.99E+01	1.54E+01	1.13E+01	HDR2
AISLACIÓN	K19	-1.35E+02	-2.37E+02	-2.30E+02	-5.62E+01	-6.33E+01	1.54E+01	1.32E+01	HDR1
AISLACIÓN	K20	-1.70E+02	-2.84E+02	-3.30E+02	-8.55E+01	-3.87E+01	1.54E+01	1.56E+01	HDR1
AISLACIÓN	K21	-2.85E+02	-4.80E+02	-5.41E+02	-1.40E+02	-7.94E+01	1.54E+01	2.13E+01	HDR
AISLACIÓN	K22	-2.07E+02	-4.33E+02	-3.82E+02	-1.75E+01	-6.93E+01	1.84E+01	1.56E+01	HDR2
AISLACIÓN	K23	-1.72E+02	-2.92E+02	-3.19E+02	-8.17E+01	-5.46E+01	1.93E+01	1.13E+01	HDR1
AISLACIÓN	K24	-1.64E+02	-2.97E+02	-3.40E+02	-5.90E+01	-1.63E+01	2.23E+01	1.13E+01	HDR1
AISLACIÓN	K25	-1.14E+02	-1.92E+02	-1.87E+02	-5.72E+01	-6.18E+01	2.23E+01	1.34E+01	SL
AISLACIÓN	K26	-1.53E+02	-2.75E+02	-3.36E+02	-5.91E+01	2.60E+00	2.23E+01	1.56E+01	HDR1
AISLACIÓN	K27	-3.06E+02	-5.16E+02	-5.72E+02	-1.52E+02	-9.58E+01	2.48E+01	4.95E+00	HDR
AISLACIÓN	K28	-2.58E+02	-5.32E+02	-5.90E+02	-3.05E+01	2.80E+01	2.48E+01	1.13E+01	HDR
AISLACIÓN	K29	-1.78E+02	-3.63E+02	-2.93E+02	-2.34E+01	-9.31E+01	2.48E+01	1.34E+01	HDR2
AISLACIÓN	K30	-1.98E+02	-4.21E+02	-4.64E+02	-9.76E+00	3.26E+01	2.48E+01	1.56E+01	HDR2
AISLACIÓN	K31	-2.60E+02	-4.33E+02	-5.11E+02	-1.34E+02	-5.59E+01	2.48E+01	2.13E+01	HDR2
AISLACIÓN	K32	-2.06E+02	-3.75E+02	-4.07E+02	-7.43E+01	-4.19E+01	3.08E+01	4.95E+00	HDR2
AISLACIÓN	K33	-2.18E+02	-3.99E+02	-4.76E+02	-7.46E+01	2.11E+00	3.08E+01	1.09E+01	HDR2
AISLACIÓN	K34	-1.99E+02	-3.76E+02	-4.33E+02	-5.67E+01	6.39E-01	3.08E+01	1.59E+01	HDR2
AISLACIÓN	K35	-1.52E+02	-2.91E+02	-3.27E+02	-3.95E+01	-3.44E+00	3.08E+01	2.13E+01	HDR1
AISLACIÓN	K36	-1.39E+01	-2.53E+01	-2.90E+01	-4.90E+00	-1.22E+00	3.08E+01	8.55E+00	SL
AISLACIÓN	K37	-1.65E+01	-3.18E+01	-3.59E+01	-4.13E+00	-3.71E-02	3.08E+01	1.80E+01	SL
TOTALES		**6.80E+03**	**1.25E+04**	**1.36E+04**	**2.28E+03**	**1.17E+03**			

Tabla 105

Tabla con las fuerzas, rigideces y energía disipada para cada aislador SECTOR 02.

		LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.	LÍM.INF.	NOMINAL	LÍM.SUP.
STORY	UNIQUE NAME	K_{eff}	K_{eff}	K_{eff}	Q_d	Q_d	Q_d	F_y	F_y	F_y	$\sum E_M$	$\sum E_M$	$\sum E_M$	F_M	F_M	F_M	F_r	F_r	F_r	K_d	K_d	K_d	K_e	K_e	K_e
-	-	tonf/m	tonf/m	tonf/m	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf.m	tonf.m	tonf.m	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf	tonf/m	tonf/m	tonf/m	tonf/m	tonf/m	tonf/m
AISLACIÓN	K1	1.40E+01	2.33E+01	4.88E+01	2.94E+00	4.90E+00	1.03E+01	2.94E+00	4.90E+00	1.03E+01	2.47E+00	4.13E+00	8.68E+00	2.94E+00	4.89E+00	1.03E+01	1.25E-03	-1.21E-02	2.55E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K2	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K3	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K4	3.74E+01	4.68E+01	9.35E+01	3.31E+00	4.14E+00	8.28E+00	3.70E+00	4.60E+00	9.20E+00	3.94E+00	4.93E+00	9.89E+00	1.16E+01	1.46E+01	2.92E+01	4.14E+00	5.21E+00	1.04E+01	2.68E+01	3.35E+01	6.69E+01	2.68E+02	3.35E+02	6.69E+02
AISLACIÓN	K5	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K6	4.26E+01	5.31E+01	1.06E+02	3.58E+00	4.48E+00	8.96E+00	3.98E+00	4.98E+00	9.95E+00	4.35E+00	5.46E+00	1.09E+01	1.35E+01	1.69E+01	3.36E+01	4.94E+00	6.20E+00	1.23E+01	3.12E+01	3.90E+01	7.81E+01	3.12E+02	3.90E+02	7.81E+02
AISLACIÓN	K7	4.26E+01	5.31E+01	1.06E+02	3.58E+00	4.48E+00	8.96E+00	3.98E+00	4.98E+00	9.95E+00	4.35E+00	5.46E+00	1.09E+01	1.35E+01	1.69E+01	3.36E+01	4.94E+00	6.20E+00	1.23E+01	3.12E+01	3.90E+01	7.81E+01	3.12E+02	3.90E+02	7.81E+02
AISLACIÓN	K8	4.26E+01	5.31E+01	1.06E+02	3.58E+00	4.48E+00	8.96E+00	3.98E+00	4.98E+00	9.95E+00	4.35E+00	5.46E+00	1.09E+01	1.35E+01	1.69E+01	3.36E+01	4.94E+00	6.20E+00	1.23E+01	3.12E+01	3.90E+01	7.81E+01	3.12E+02	3.90E+02	7.81E+02
AISLACIÓN	K9	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K10	6.75E+01	8.43E+01	1.68E+02	5.43E+00	6.79E+00	1.36E+01	6.03E+00	7.54E+00	1.51E+01	6.72E+00	8.44E+00	1.70E+01	2.17E+01	2.72E+01	5.46E+01	8.13E+00	1.02E+01	2.05E+01	5.06E+01	6.32E+01	1.26E+02	5.06E+02	6.32E+02	1.26E+03
AISLACIÓN	K11	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K12	6.75E+01	8.43E+01	1.68E+02	5.43E+00	6.79E+00	1.36E+01	6.03E+00	7.54E+00	1.51E+01	6.72E+00	8.44E+00	1.70E+01	2.17E+01	2.72E+01	5.46E+01	8.13E+00	1.02E+01	2.05E+01	5.06E+01	6.32E+01	1.26E+02	5.06E+02	6.32E+02	1.26E+03
AISLACIÓN	K13	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K14	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K15	1.40E+01	2.33E+01	4.88E+01	2.94E+00	4.90E+00	1.03E+01	2.94E+00	4.90E+00	1.03E+01	2.47E+00	4.13E+00	8.68E+00	2.94E+00	4.89E+00	1.03E+01	1.25E-03	-1.21E-02	2.55E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K16	4.26E+01	5.31E+01	1.06E+02	3.58E+00	4.48E+00	8.96E+00	3.98E+00	4.98E+00	9.95E+00	4.35E+00	5.46E+00	1.09E+01	1.35E+01	1.69E+01	3.36E+01	4.94E+00	6.20E+00	1.23E+01	3.12E+01	3.90E+01	7.81E+01	3.12E+02	3.90E+02	7.81E+02
AISLACIÓN	K17	6.75E+01	8.43E+01	1.68E+02	5.43E+00	6.79E+00	1.36E+01	6.03E+00	7.54E+00	1.51E+01	6.72E+00	8.44E+00	1.70E+01	2.17E+01	2.72E+01	5.46E+01	8.13E+00	1.02E+01	2.05E+01	5.06E+01	6.32E+01	1.26E+02	5.06E+02	6.32E+02	1.26E+03
AISLACIÓN	K18	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K19	4.26E+01	5.31E+01	1.06E+02	3.58E+00	4.48E+00	8.96E+00	3.98E+00	4.98E+00	9.95E+00	4.35E+00	5.46E+00	1.09E+01	1.35E+01	1.69E+01	3.36E+01	4.94E+00	6.20E+00	1.23E+01	3.12E+01	3.90E+01	7.81E+01	3.12E+02	3.90E+02	7.81E+02
AISLACIÓN	K20	4.26E+01	5.31E+01	1.06E+02	3.58E+00	4.48E+00	8.96E+00	3.98E+00	4.98E+00	9.95E+00	4.35E+00	5.46E+00	1.09E+01	1.35E+01	1.69E+01	3.36E+01	4.94E+00	6.20E+00	1.23E+01	3.12E+01	3.90E+01	7.81E+01	3.12E+02	3.90E+02	7.81E+02
AISLACIÓN	K21	6.75E+01	8.43E+01	1.68E+02	5.43E+00	6.79E+00	1.36E+01	6.03E+00	7.54E+00	1.51E+01	6.72E+00	8.44E+00	1.70E+01	2.17E+01	2.72E+01	5.46E+01	8.13E+00	1.02E+01	2.05E+01	5.06E+01	6.32E+01	1.26E+02	5.06E+02	6.32E+02	1.26E+03
AISLACIÓN	K22	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K23	4.26E+01	5.31E+01	1.06E+02	3.58E+00	4.48E+00	8.96E+00	3.98E+00	4.98E+00	9.95E+00	4.35E+00	5.46E+00	1.09E+01	1.35E+01	1.69E+01	3.36E+01	4.94E+00	6.20E+00	1.23E+01	3.12E+01	3.90E+01	7.81E+01	3.12E+02	3.90E+02	7.81E+02
AISLACIÓN	K24	4.26E+01	5.31E+01	1.06E+02	3.58E+00	4.48E+00	8.96E+00	3.98E+00	4.98E+00	9.95E+00	4.35E+00	5.46E+00	1.09E+01	1.35E+01	1.69E+01	3.36E+01	4.94E+00	6.20E+00	1.23E+01	3.12E+01	3.90E+01	7.81E+01	3.12E+02	3.90E+02	7.81E+02
AISLACIÓN	K25	1.40E+01	2.33E+01	4.88E+01	2.94E+00	4.90E+00	1.03E+01	2.94E+00	4.90E+00	1.03E+01	2.47E+00	4.13E+00	8.68E+00	2.94E+00	4.89E+00	1.03E+01	1.25E-03	-1.21E-02	2.55E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K26	4.26E+01	5.31E+01	1.06E+02	3.58E+00	4.48E+00	8.96E+00	3.98E+00	4.98E+00	9.95E+00	4.35E+00	5.46E+00	1.09E+01	1.35E+01	1.69E+01	3.36E+01	4.94E+00	6.20E+00	1.23E+01	3.12E+01	3.90E+01	7.81E+01	3.12E+02	3.90E+02	7.81E+02
AISLACIÓN	K27	6.75E+01	8.43E+01	1.68E+02	5.43E+00	6.79E+00	1.36E+01	6.03E+00	7.54E+00	1.51E+01	6.72E+00	8.44E+00	1.70E+01	2.17E+01	2.72E+01	5.46E+01	8.13E+00	1.02E+01	2.05E+01	5.06E+01	6.32E+01	1.26E+02	5.06E+02	6.32E+02	1.26E+03
AISLACIÓN	K28	6.75E+01	8.43E+01	1.68E+02	5.43E+00	6.79E+00	1.36E+01	6.03E+00	7.54E+00	1.51E+01	6.72E+00	8.44E+00	1.70E+01	2.17E+01	2.72E+01	5.46E+01	8.13E+00	1.02E+01	2.05E+01	5.06E+01	6.32E+01	1.26E+02	5.06E+02	6.32E+02	1.26E+03
AISLACIÓN	K29	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K30	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K31	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K32	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K33	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K34	5.62E+01	7.03E+01	1.41E+02	4.77E+00	5.96E+00	1.19E+01	5.30E+00	6.63E+00	1.33E+01	5.80E+00	7.24E+00	1.45E+01	1.78E+01	2.22E+01	4.45E+01	6.52E+00	8.14E+00	1.63E+01	4.12E+01	5.15E+01	1.03E+02	4.12E+02	5.15E+02	1.03E+03
AISLACIÓN	K35	4.26E+01	5.31E+01	1.06E+02	3.58E+00	4.48E+00	8.96E+00	3.98E+00	4.98E+00	9.95E+00	4.35E+00	5.46E+00	1.09E+01	1.35E+01	1.69E+01	3.36E+01	4.94E+00	6.20E+00	1.23E+01	3.12E+01	3.90E+01	7.81E+01	3.12E+02	3.90E+02	7.81E+02
AISLACIÓN	K36	1.40E+01	2.33E+01	4.88E+01	2.94E+00	4.90E+00	1.03E+01	2.94E+00	4.90E+00	1.03E+01	2.47E+00	4.13E+00	8.68E+00	2.94E+00	4.89E+00	1.03E+01	1.25E-03	-1.21E-02	2.55E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
AISLACIÓN	K37	1.40E+01	2.33E+01	4.88E+01	2.94E+00	4.90E+00	1.03E+01	2.94E+00	4.90E+00	1.03E+01	2.47E+00	4.13E+00	8.68E+00	2.94E+00	4.89E+00	1.03E+01	1.25E-03	-1.21E-02	2.55E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-	-	-
TOTALES		1.78E+03	2.26E+03	4.52E+03	1.58E+02	2.04E+02	4.10E+02	1.74E+02	2.24E+02	4.50E+02	1.87E+02	2.39E+02	4.81E+02	5.58E+02	7.05E+02	1.41E+03	2.00E+02	2.51E+02	5.01E+02	1.26E+03	1.58E+03	3.15E+03	1.26E+04	1.58E+04	3.15E+04

Con los datos obtenidos, definimos los valores nuevamente del peso de la superestructura, interfaz de aislamiento, peso total, y número de aisladores.

Tabla 106

Tabla con los valores peso de la superestructura, interfaz de aislamiento, peso total, y número de aisladores SECTOR 02.

T_{BASE_FIJA}	0.88	s	Periodo de la estructura en base fija
W_s	6.162E+03	tonf	Peso de la superestructura.
W_b	6.415E+02	tonf	Peso del sistema de aislamiento.
W	6.804E+03	tonf	Peso total de la estructura.
g	9.81E+00	m/s2	Gravedad
N	3.70E+01	und	Número de aisladores

Con la sumatoria de los datos vistos en la Tabla 7.2.11.7 procedemos a calcular los valores que forman parte del diagrama de histéresis.

Tabla 107

Tabla con los valores para el diagrama de histéresis del sistema para el SECTOR 02.

CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE HISTERESIS DEL AISLADOR					
	LÍMITE INFERIOR	NOMINAL	LÍMITE SUPERIOR		
FACTOR					
ASUMIMOS					
d_y	1.000E+00	1.415E+00	1.000E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.
D_M	3.000E+01	3.086E+01	3.000E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}=1.15 D_M	3.450E+01	3.549E+01	3.450E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
CALCULAMOS					
Q_d	1.580E+02	2.036E+02	4.097E+02	tonf	Fuerza característica.
K_d	1.260E+03	1.575E+03	3.151E+03	tonf/m	Rigidez secundaria post fluencia.
F_y	1.739E+02	2.235E+02	4.495E+02	tonf	Fuerza de fluencia.
K_{eff}	1.782E+03	2.255E+03	4.521E+03	tonf/m	Rigidez efectiva.
K_e	1.260E+04	1.575E+04	3.151E+04	tonf/m	Rigidez elástica.
$\sum E_M$	1.871E+02	2.395E+02	4.812E+02	tonf.m	Energía disipada en un ciclo de histéresis
β_{eff}	18.57%	17.75%	18.82%	%	Amortiguamiento efectivo.
B	1.482E+00	1.463E+00	1.488E+00	-	Factor de reducción para periodos largos.
T_{eff}	3.921E+00	3.485E+00	2.461E+00	s	Periodo efectivo.
Z	0.35	0.35	0.35	-	Factor de zona sísmica.
U	1.00	1.00	1.00	-	Factor de uso de edificación.
S	1.15	1.15	1.15	-	Facotr del tipo de suelo.
T_p	0.60	0.60	0.60	s	Periodo de termino de plataforma del espectro.
T_L	2.00	2.00	2.00	s	Periodo largo del espectro.
MCE/DBE	1.50	1.50	1.50		Coeficiente entre Sismo Máximo Esperado/ Sismo de Diseño.
S_a	1.156E+02	1.467E+02	2.935E+02	cm/s^2	Pseudo aceleración.
D_M	3.037E+01	3.086E+01	3.026E+01	cm	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez.
D_{TM}	3.492E+01	3.549E+01	3.480E+01	cm	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento.
d_y	1.493E+00	1.416E+00	1.520E+00	cm	Desplazamiento de fluencia.

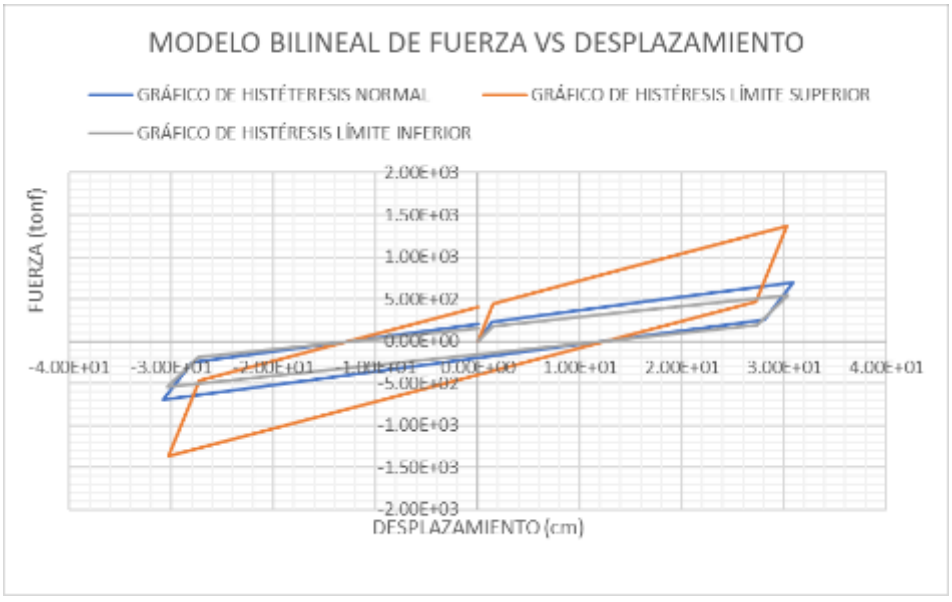
Tabla 108

Tabla con las fuerzas laterales mínimas para el diseño del sistema en el SECTOR 02.

FUERZAS LATERALES MÍNIMAS PARA EL DISEÑO					
$F_M=V_b$	5.581E+02	7.042E+02	1.412E+03	tonf	Fuerza lateral del aislador que es igual a la fuerza lateral mínima V_b
V_{st}	5.293E+02	6.665E+02	1.340E+03	tonf	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base
R	8.000E+00	8.000E+00	8.000E+00		Coeficiente de reducción en condiciones de estructura con base fija.
R_a	1.482E+00	1.462E+00	1.488E+00		Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico
V_s	3.570E+02	4.557E+02	9.005E+02	tonf	Fuerza de corte mínima.
C	1.951E-01	2.470E-01	4.952E-01		Factor de amplificación sísmica.
V_f	6.680E+01	8.455E+01	1.695E+02	tonf	Fuerza cortante en condiciones de estructura con base fija.
$V_s>V_f$	5.345E+00	5.390E+00	5.313E+00		V_s/V_f
	OK	OK	OK		
V_s=%W	5.25%	6.70%	13.24%	W	Porcentaje del peso W que es igual a V_s
$V_s>1.5Q_d$	2.260E+00	2.238E+00	2.198E+00		
	OK	OK	OK		
Q_d=%W	2.32%	2.99%	6.02%	W	Porcentaje del peso W que es igual a Q_d
F_r	2.088E+02	2.575E+02	5.260E+02		
F_r>2.5%W	3.07%	3.79%	7.73%	W	Porcentaje del peso W que es igual a F_r
	OK	OK	OK		
3 T_{BASE_FIJA}	4.46 Teff	3.96 Teff	2.8 Teff	s	3 veces el periodo en base fija.
$T_{eff}>3\ T_{BASE_FIJA}$	OK	OK	OK		

Gráfico 68

Gráfica del modelo bilineal de fuerza vs desplazamiento del sistema de aislamiento para el SECTOR 02.



CAPÍTULO XIII

8. ANÁLISIS DE LA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO AISLADORES SÍSMICOS

8.1 Asignación de aisladores para el modelo matemático computarizado.

Con los aisladores y deslizadores calculados en las hojas de cálculo realizadas y representadas en las tablas anteriormente mostradas, procedemos a utilizar el programa ETABS para obtener resultados como fuerzas, cortantes y desplazamientos y compararlos con los permisibles según normativa, para ello mostramos el resumen de los aisladores asignados con sus propiedades y la asignación en el software.

8.1.1 Aislador HDR SECTOR 01.

Los datos obtenidos son:

Tabla 109

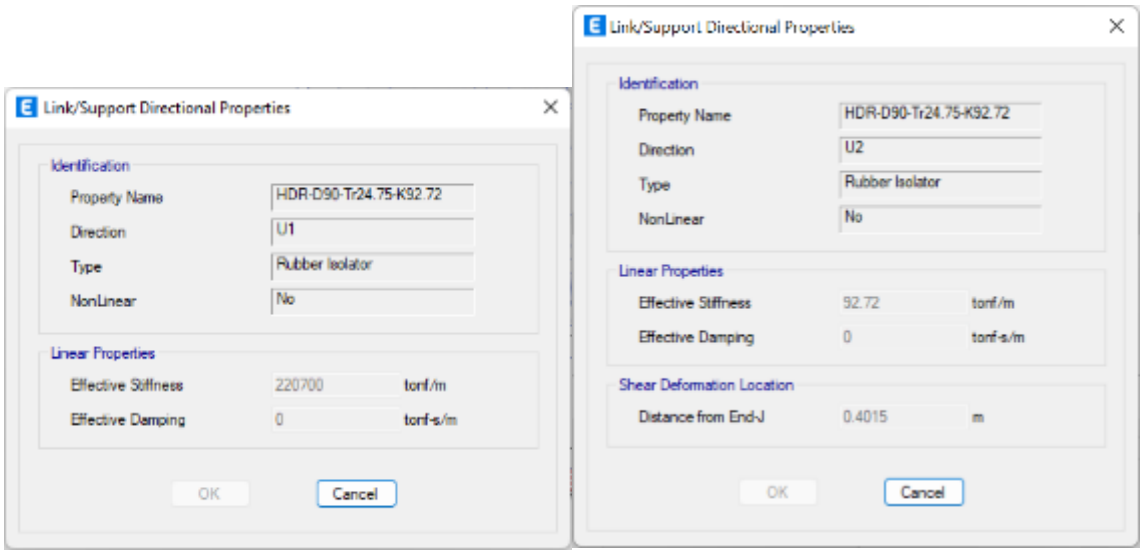
Tabla con los valores de para el software del aislador HDR 90 CM SECTOR 01.

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	1.766E+05	2.207E+05	4.414E+05	**tonf/m**
Effective Damping	2.488E+02	2.781E+02	3.934E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	7.418E+01	9.284E+01	1.854E+02	**tonf/m**
Effective Damping	1.612E+01	1.809E+01	2.564E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.015E-01	4.015E-01	4.015E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	5.503E+02	6.878E+02	1.376E+03	**tonf/m**
Yield Strenght	6.809E+00	8.512E+00	1.714E+01	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Procedemos a colocarlos en propiedades link en el software ETABS, en el rango lineal para la dirección U1, U2 y U3.

Figura 55

Ventanas del software donde se asignan las propiedades del aislador HDR 90 CM SECTOR 01.



8.1.2 Aislador HDR1 SECTOR 01.

Los datos obtenidos son:

Tabla 110

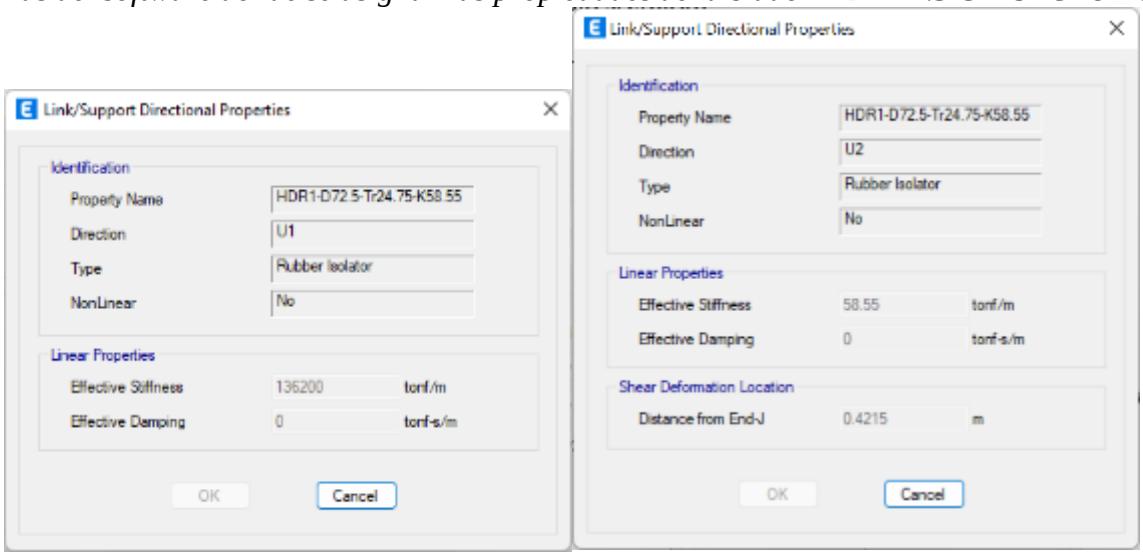
Tabla con los valores de para el software del aislador HDR 72.5 CM SECTOR 01.

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	1.089E+05	1.362E+05	2.724E+05	**tonf/m**
Effective Damping	1.528E+02	1.708E+02	2.416E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	4.679E+01	5.855E+01	1.169E+02	**tonf/m**
Effective Damping	1.007E+01	1.123E+01	1.598E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.215E-01	4.215E-01	4.215E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	3.470E+02	4.338E+02	8.675E+02	**tonf/m**
Yield Strenght	4.312E+00	5.368E+00	1.076E+01	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Procedemos a colocarlos en propiedades link en el software ETABS, en el rango lineal para la dirección U1, U2 y U3.

Figura 56

Ventanas del software donde se asignan las propiedades del aislador HDR 72.5 CM SECTOR 01.



8.1.3 Aislador HDR2 SECTOR 01.

Los datos obtenidos son:

Tabla 111

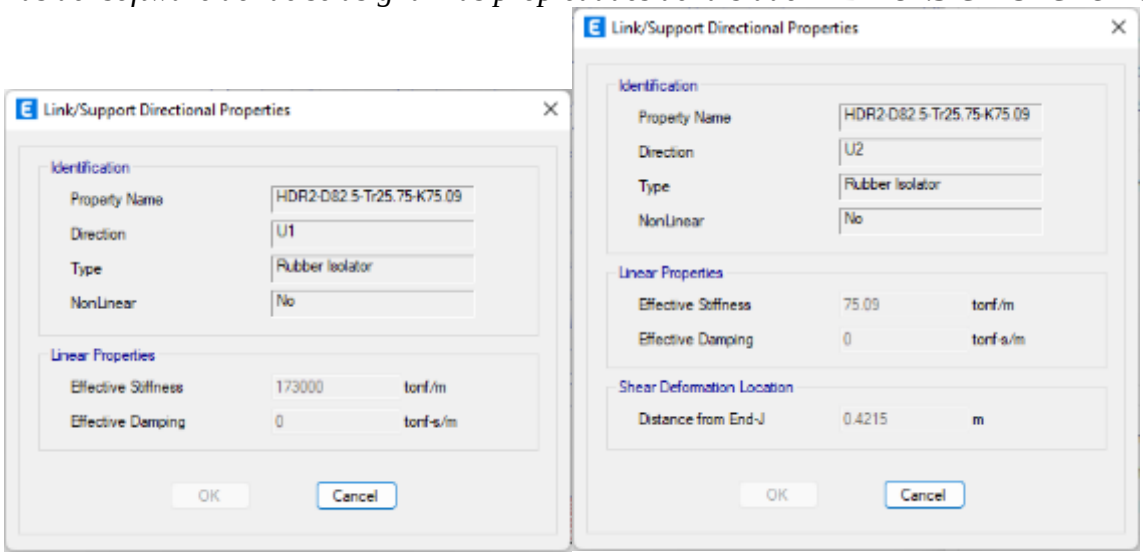
Tabla con los valores de para el software del aislador HDR2 82.5 CM SECTOR 01.

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	1.384E+05	1.730E+05	3.459E+05	**tonf/m**
Effective Damping	1.977E+02	2.210E+02	3.125E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	6.007E+01	7.516E+01	1.502E+02	**tonf/m**
Effective Damping	1.348E+01	1.512E+01	2.133E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.215E-01	4.215E-01	4.215E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	4.397E+02	5.496E+02	1.099E+03	**tonf/m**
Yield Strenght	5.661E+00	7.076E+00	1.415E+01	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Procedemos a colocarlos en propiedades link en el software ETABS, en el rango lineal para la dirección U1, U2 y U3.

Figura 57

Ventanas del software donde se asignan las propiedades del aislador HDR 82.5 CM SECTOR 01.



8.1.4 Aislador HDR3 SECTOR 01.

Los datos obtenidos son:

Tabla 112

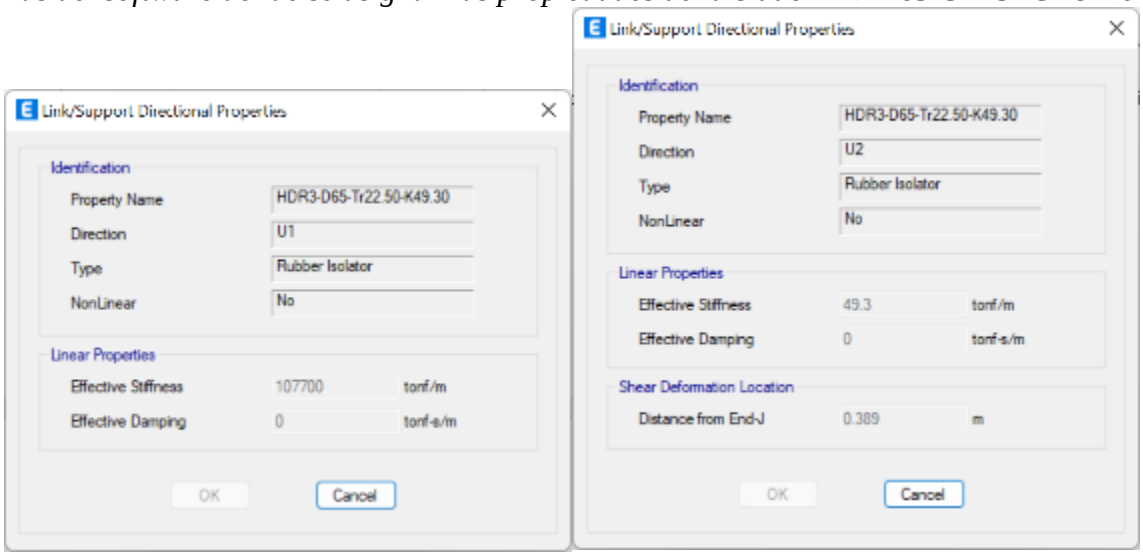
Tabla con los valores de para el software del aislador HDR2 65 CM SECTOR 01.

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	8.617E+04	1.077E+05	2.154E+05	**tonf/m**
Effective Damping	9.608E+01	1.074E+02	1.519E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	3.949E+01	4.929E+01	9.869E+01	**tonf/m**
Effective Damping	5.976E+00	6.647E+00	9.490E+00	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	3.890E-01	3.890E-01	3.890E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	3.016E+02	3.770E+02	7.540E+02	**tonf/m**
Yield Strenght	3.393E+00	4.241E+00	8.430E+00	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Procedemos a colocarlos en propiedades link en el software ETABS, en el rango lineal para la dirección U1, U2 y U3.

Figura 58

Ventanas del software donde se asignan las propiedades del aislador HDR 65 CM SECTOR 01.



8.1.5 Aislador DESLIZADOR SL SECTOR 01.

Los datos obtenidos son:

Tabla 113

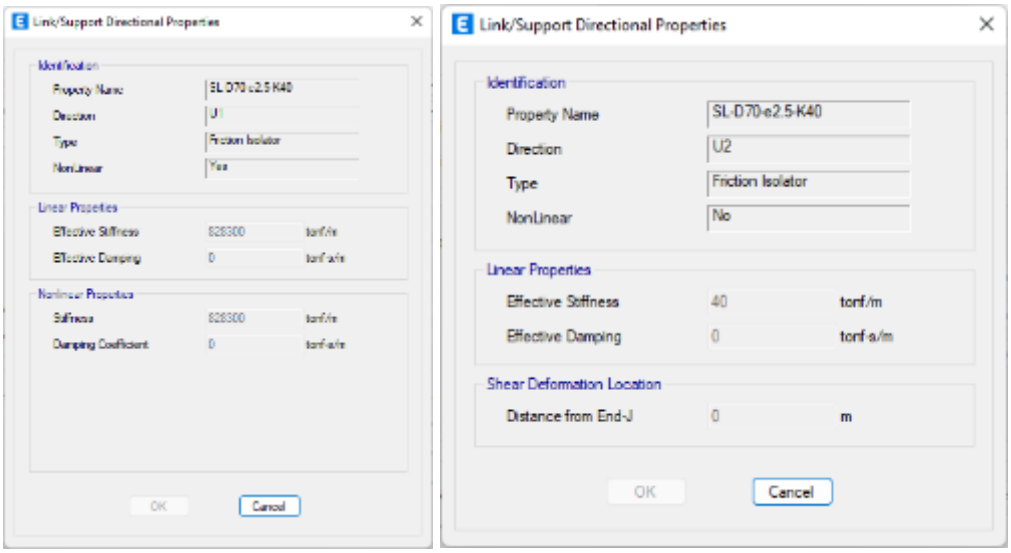
Tabla con los valores de para el software del DESLIZADOR SL 70 CM SECTOR 01.

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	8.283E+05	8.283E+05	8.283E+05	**tonf/m**
Effective Damping	4.213E+02	4.213E+02	4.213E+02	**tonf.s/m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Effective Stiffness	8.283E+05	8.283E+05	8.283E+05	
Effective Damping	4.213E+02	4.213E+02	4.213E+02	
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	2.403E+01	4.002E+01	8.386E+01	**tonf/m**
Effective Damping	2.887E-03	3.714E-03	5.394E-03	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	∞	∞	∞	**tonf/m**
Friction Coefficient. Slow	4.00%	4.00%	4.00%	**%**
Friction Coefficient. Fast	4.00%	4.00%	4.00%	**%**
Rate Parameter	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	**s/m**
Net Pendulum Radius	∞	∞	∞	**m**

Procedemos a colocarlos en propiedades link en el software ETABS, en el rango lineal para la dirección U1, U2 y U3.

Figura 59

Ventanas del software donde se asignan las propiedades del DESLIZADOR SL 75 CM SECTOR 01.



8.1.6 Aislador HDR SECTOR 02.

Los datos obtenidos son:

Tabla 114

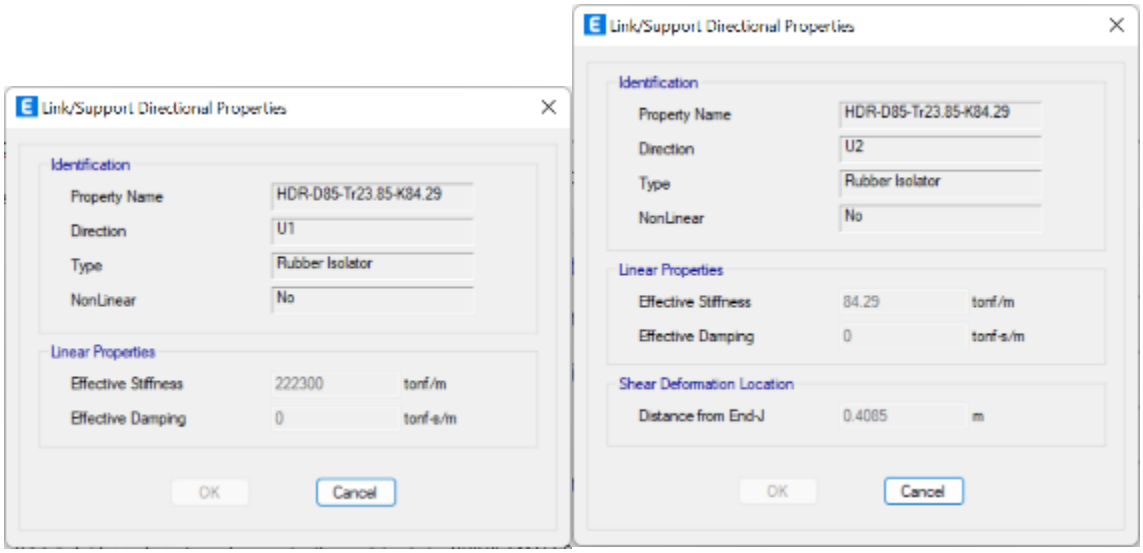
Tabla con los valores de para el software del aislador HDR 85 CM SECTOR 02.

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	1.779E+05	2.223E+05	4.447E+05	**tonf/m**
Effective Damping	2.421E+02	2.706E+02	3.828E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	6.746E+01	8.425E+01	1.683E+02	**tonf/m**
Effective Damping	1.446E+01	1.608E+01	2.270E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.085E-01	4.085E-01	4.085E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	5.058E+02	6.323E+02	1.265E+03	**tonf/m**
Yield Strenght	6.032E+00	7.540E+00	1.508E+01	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Procedemos a colocarlos en propiedades link en el software ETABS, en el rango lineal para la dirección U1, U2 y U3.

Figura 60

Ventanas del software donde se asignan las propiedades del aislador HDR 85 CM SECTOR 02.



8.1.7 Aislador HDR1 SECTOR 02.

Los datos obtenidos son:

Tabla 115

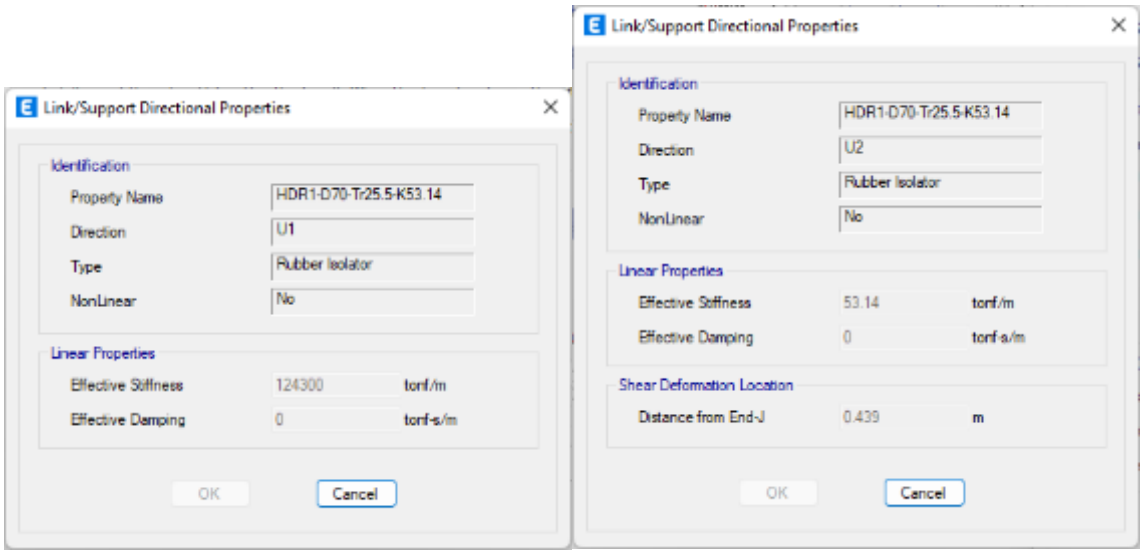
Tabla con los valores de para el software del aislador HDR 70 CM SECTOR 02.

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	9.946E+04	1.243E+05	2.487E+05	**tonf/m**
Effective Damping	1.383E+02	1.546E+02	2.186E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	4.256E+01	5.314E+01	1.065E+02	**tonf/m**
Effective Damping	9.307E+00	1.037E+01	1.473E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.390E-01	4.390E-01	4.390E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	3.123E+02	3.904E+02	7.808E+02	**tonf/m**
Yield Strenght	3.982E+00	4.977E+00	9.955E+00	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Procedemos a colocarlos en propiedades link en el software ETABS, en el rango lineal para la dirección U1, U2 y U3.

Figura 61

Ventanas del software donde se asignan las propiedades del aislador HDR1 70 CM SECTOR 02.



8.1.7.1 Aislador HDR2 SECTOR 02.

Los datos obtenidos son:

Tabla 116

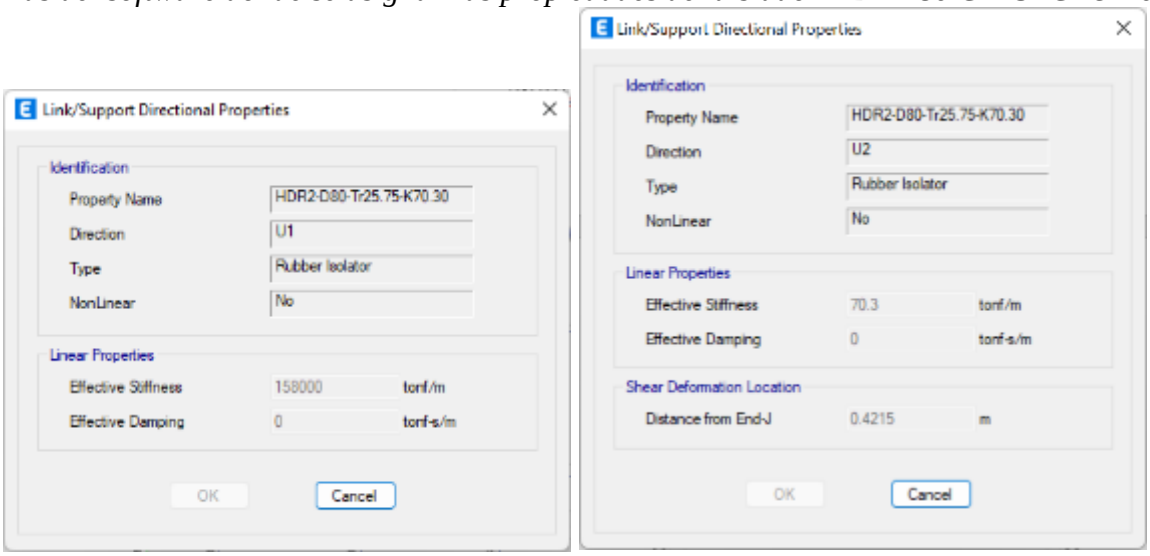
Tabla con los valores de para el software del aislador HDR 80 CM SECTOR 02.

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	1.264E+05	1.580E+05	3.160E+05	**tonf/m**
Effective Damping	1.816E+02	2.030E+02	2.871E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	5.625E+01	7.033E+01	1.406E+02	**tonf/m**
Effective Damping	1.254E+01	1.403E+01	1.981E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.215E-01	4.215E-01	4.215E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	4.118E+02	5.147E+02	1.029E+03	**tonf/m**
Yield Strenght	5.301E+00	6.627E+00	1.325E+01	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Procedemos a colocarlos en propiedades link en el software ETABS, en el rango lineal para la dirección U1, U2 y U3.

Figura 62

Ventanas del software donde se asignan las propiedades del aislador HDR1 80 CM SECTOR 02



8.1.8 Aislador HDR3 SECTOR 02.

Los datos obtenidos son:

Tabla 117

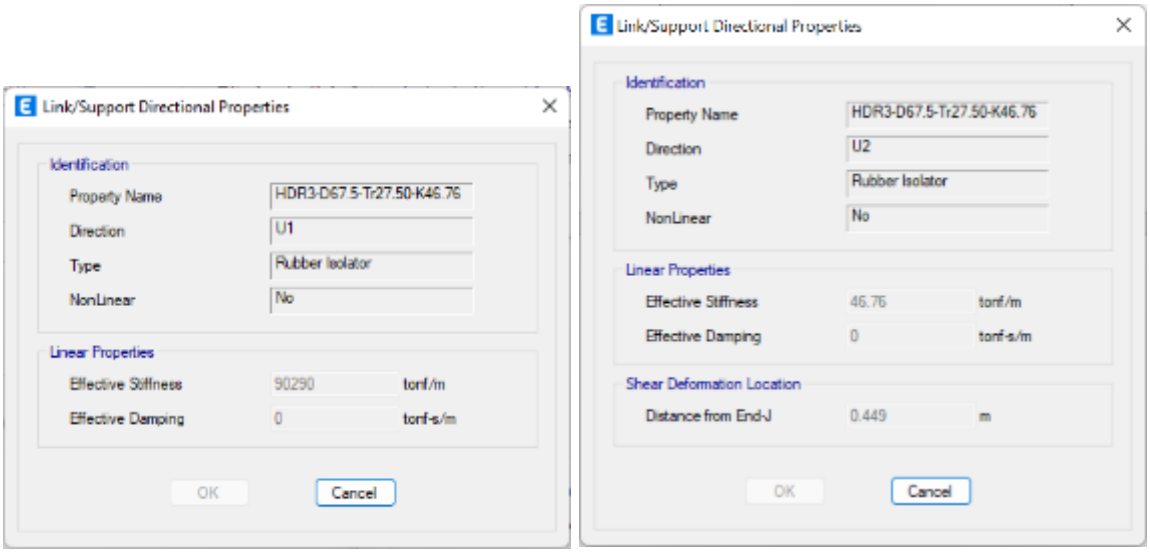
Tabla con los valores de para el software del aislador HDR 67.5 CM SECTOR 02.

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	7.223E+04	9.029E+04	1.806E+05	**tonf/m**
Effective Damping	9.501E+01	1.062E+02	1.502E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	3.746E+01	4.676E+01	9.347E+01	**tonf/m**
Effective Damping	7.454E+00	8.362E+00	1.181E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.490E-01	4.490E-01	4.490E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	2.677E+02	3.347E+02	6.694E+02	**tonf/m**
Yield Strenght	3.667E+00	4.602E+00	9.204E+00	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Procedemos a colocarlos en propiedades link en el software ETABS, en el rango lineal para la dirección U1, U2 y U3.

Figura 63

Ventanas del software donde se asignan las propiedades del aislador HDR3 67.5 CM SECTOR 02.



8.1.9 DESLIZADOR SL SECTOR 02.

Los datos obtenidos son:

Tabla 118

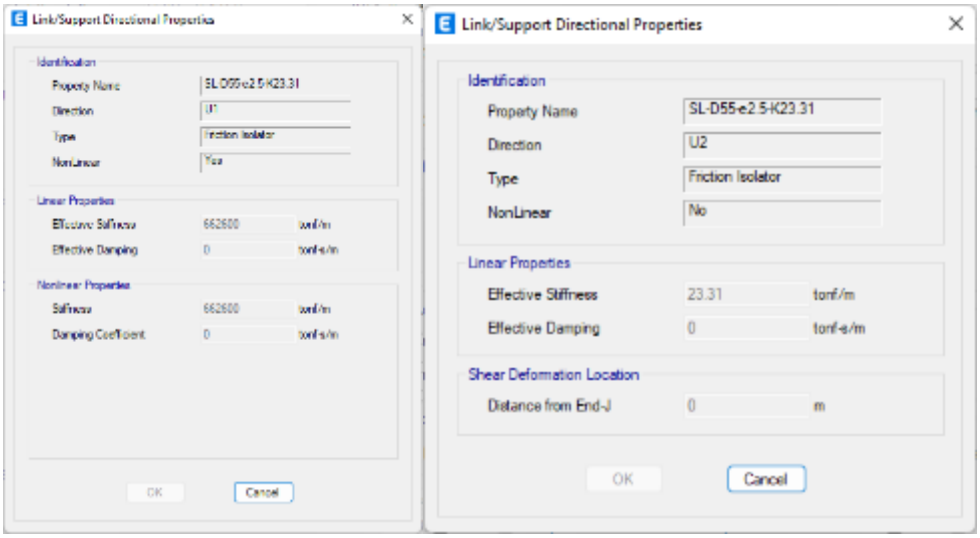
Tabla con los valores de para el software del DESLIZADOR SL 55 CM SECTOR 02.

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	6.626E+05	6.626E+05	6.626E+05	**tonf/m**
Effective Damping	2.878E+02	2.878E+02	2.878E+02	**tonf.s/m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Effective Stiffness	6.626E+05	6.626E+05	6.626E+05	
Effective Damping	2.878E+02	2.878E+02	2.878E+02	
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	1.398E+01	2.330E+01	4.881E+01	**tonf/m**
Effective Damping	1.693E-03	2.183E-03	3.143E-03	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	∞	∞	∞	**tonf/m**
Friction Coefficient. Slow	4.00%	4.00%	4.00%	**%**
Friction Coefficient. Fast	4.00%	4.00%	4.00%	**%**
Rate Parameter	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	**s/m**
Net Pendulum Radius	∞	∞	∞	**m**

Procedemos a colocarlos en propiedades link en el software ETABS, en el rango lineal para la dirección U1, U2 y U3.

Figura 64

Ventanas del software donde se asignan las propiedades del DESLIZADOR SL 55 CM SECTOR 02.

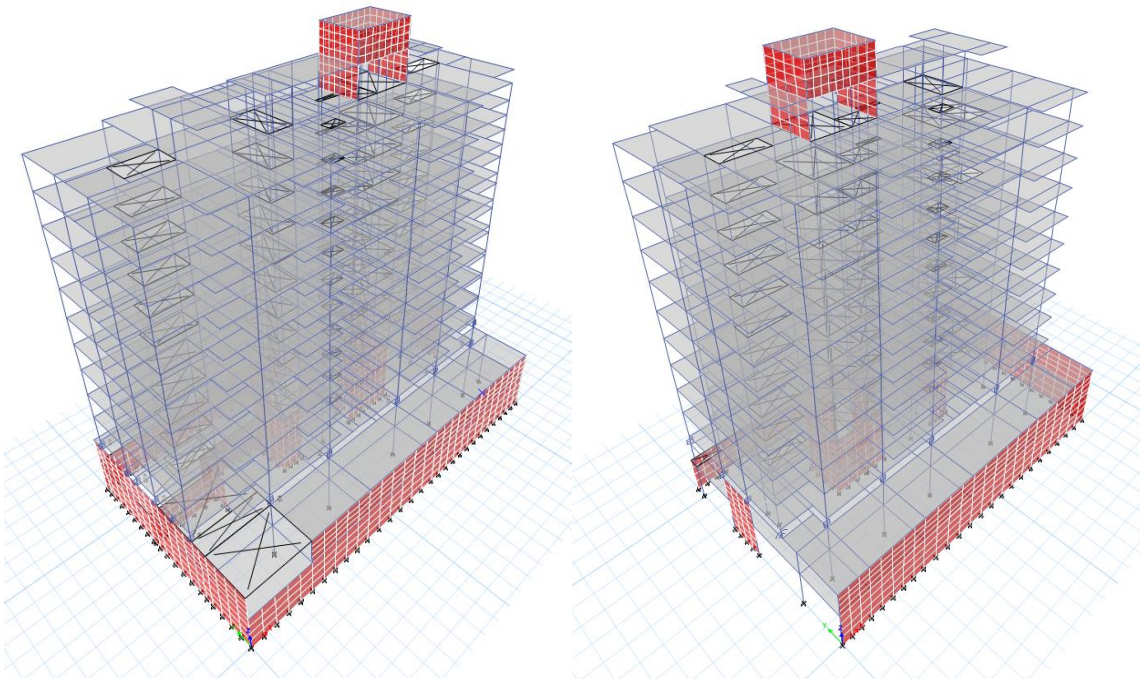


8.2 Parámetros de peligro sísmico, categoría, sistema estructural, regularidad y elaboración de espectros de la edificación en base fija.

Iniciamos el análisis mostrando los dos sectores del edificio modelados en el software:

Figura 65

SECTOR 01 y SECTOR 02 del edificio BAVARIA con la asignación de los aisladores sísmicos.



A continuación, analizaremos el SECTOR 01 y SECTOR 02 en conjunto para el planteamiento de los parámetros de peligro sísmico, categoría, sistema estructural y regularidad en edificaciones:

De la misma manera que en la presentación del análisis sísmico estático desarrollado en la edificación {on en base fija, procedemos a mostrar tablas obtenidas en base a hojas de cálculo elaboradas por el autor de la presente tesis, las mismas que se encontrará en los anexos del documento.

Tabla 119

Tabla de cálculo de peligro sísmico, categoría, sistema estructural y regularidad en edificaciones.

PELIGRO SÍSMICO, CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD EN EDIFICACIONES	
Zonificación	
Zona	Z3
Factor de Zona (Z)	0.350
Perfil de Suelo	S2
Parámetros de Sitio	
Factor de Suelo (S)	1.150
Factor de Amplificación Sísmica	
$T < 0{,}2\ T_P \rightarrow C = 1 + 7{,}5 \cdot \left(\frac{T}{T_P}\right)$ $0{,}2\ T_P < T < T_P \rightarrow C = 2{,}5$	$T_P < T < T_L \rightarrow C = 2{,}5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$ $T > T_L \rightarrow C = 2{,}5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$
C	1.676
Periodos	
T_P(s) Plataforma factor C	0.600
T_L(s) Inicio de zona del factor C	2.000
Periodo Fundamental de Vibración	
$T = \frac{h_n}{C_T}$	
h_n (m)	40.270
Descripción	Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
C_T	45.000
T(s)	0.895
Categoría	
Descripción	Edificaciones Comunes con Aislamiento.
Categoría	C
U	1.5
Sistema Estructural	Cualquier sistema.
Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas	
$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$	
Eje X	
Sistema Estructural	Fuerza Lateral
R_0	1.000
Irregularidades Estructurales en Altura	Regular
I_a	1.000
Irregularidades Estructurales en Planta	Regular
I_p	1.000
Rx	1.000
Eje Y	
Sistema Estructural	Fuerza Lateral
R_0	1.000
Irregularidades Estructurales en Altura	Regular
I_a	1.000
Irregularidades Estructurales en Planta	Regular
I_p	1.000
Ry	1.000
Restricciones a la Irregularidad	
Restricciones	No se permiten irregularidades extremas

Procedemos con la elaboración de los espectros de pseudo aceleraciones, pseudo velocidades y pseudo desplazamientos que son tanto para el SECTOR 01 y SECTOR 02:

Tabla 120

Tabla de datos para la elaboración de los espectros de pseudo aceleraciones, pseudo velocidades y pseudo desplazamientos

ESPECTROS SÍSMICOS									
g (m/s2)		**9.81**							
Plataforma factor C			**0.600**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**
			0.600	**14.807**	**14.807**	**1.414**	**1.414**	**0.135**	**0.135**
Inicio factor C			**2.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**
			2.000	**2.976**	**2.976**	**0.947**	**0.947**	**0.302**	**0.302**
T	C	C/Rx	C/Ry	Sa X	Sa Y	Sv X	Sv Y	Sd X	Sd Y
				m/s^2	m/s^2	m/s	m/s	m	m
0.000	1.000	1.000	1.000	5.923	5.923	0.000	0.000	0.000	0.000
0.010	1.125	1.125	1.125	6.663	6.663	0.011	0.011	0.000	0.000
0.020	1.250	1.250	1.250	7.403	7.403	0.024	0.024	0.000	0.000
0.030	1.375	1.375	1.375	8.144	8.144	0.039	0.039	0.000	0.000
0.040	1.500	1.500	1.500	8.884	8.884	0.057	0.057	0.000	0.000
0.050	1.625	1.625	1.625	9.625	9.625	0.077	0.077	0.001	0.001
0.060	1.750	1.750	1.750	10.365	10.365	0.099	0.099	0.001	0.001
0.070	1.875	1.875	1.875	11.105	11.105	0.124	0.124	0.001	0.001
0.080	2.000	2.000	2.000	11.846	11.846	0.151	0.151	0.002	0.002
0.090	2.125	2.125	2.125	12.586	12.586	0.180	0.180	0.003	0.003
0.100	2.250	2.250	2.250	13.326	13.326	0.212	0.212	0.003	0.003
0.110	2.375	2.375	2.375	14.067	14.067	0.246	0.246	0.004	0.004
0.120	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.283	0.283	0.005	0.005
0.130	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.306	0.306	0.006	0.006
0.140	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.330	0.330	0.007	0.007
0.150	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.353	0.353	0.008	0.008
0.160	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.377	0.377	0.010	0.010
0.170	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.401	0.401	0.011	0.011
0.180	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.424	0.424	0.012	0.012
0.190	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.448	0.448	0.014	0.014
0.200	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.471	0.471	0.015	0.015
0.210	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.495	0.495	0.017	0.017
0.220	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.518	0.518	0.018	0.018
0.230	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.542	0.542	0.020	0.020
0.240	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.566	0.566	0.022	0.022
0.250	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.589	0.589	0.023	0.023
0.260	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.613	0.613	0.025	0.025
0.270	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.636	0.636	0.027	0.027
0.280	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.660	0.660	0.029	0.029
0.290	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.683	0.683	0.032	0.032
0.300	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.707	0.707	0.034	0.034
0.310	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.731	0.731	0.036	0.036
0.320	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.754	0.754	0.038	0.038
0.330	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.778	0.778	0.041	0.041
0.340	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.801	0.801	0.043	0.043
0.350	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.825	0.825	0.046	0.046
0.360	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.848	0.848	0.049	0.049
0.370	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.872	0.872	0.051	0.051
0.380	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.896	0.896	0.054	0.054
0.390	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.919	0.919	0.057	0.057
0.400	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.943	0.943	0.060	0.060
0.410	2.500	2.500	2.500	14.807	14.807	0.966	0.966	0.063	0.063

Gráfico 69

Espectro Inelástico Eje X – Pseudo aceleraciones.

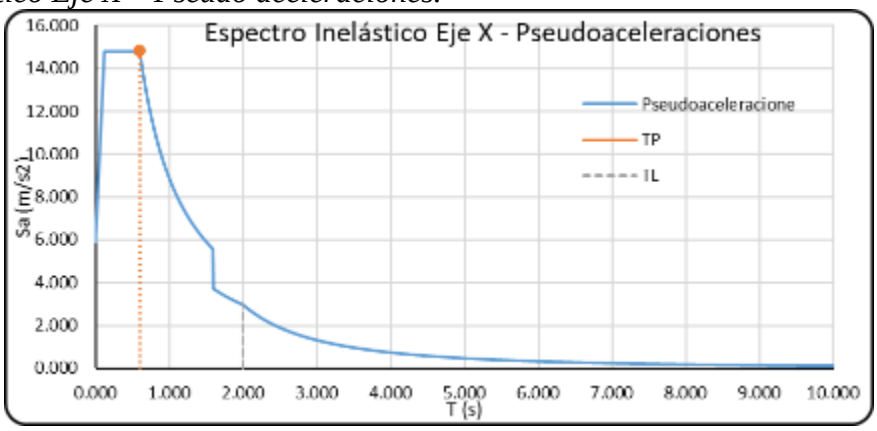
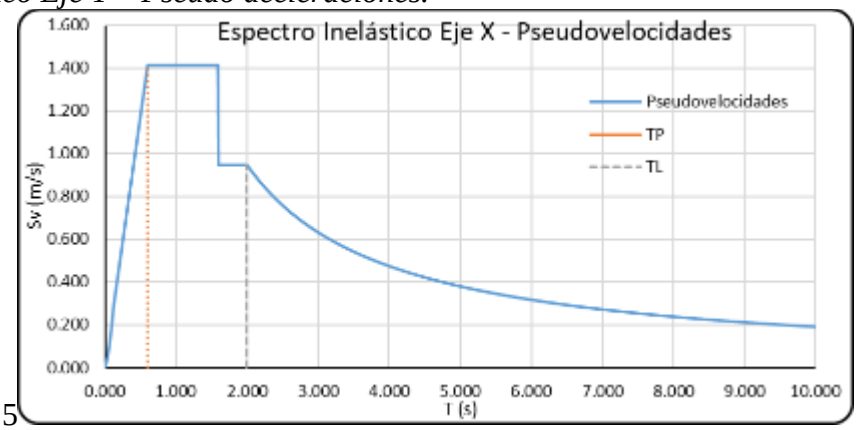


Gráfico 70

Espectro Inelástico Eje Y – Pseudo aceleraciones.



5

Gráfico 71

Espectro Inelástico Eje X – Pseudo aceleraciones.

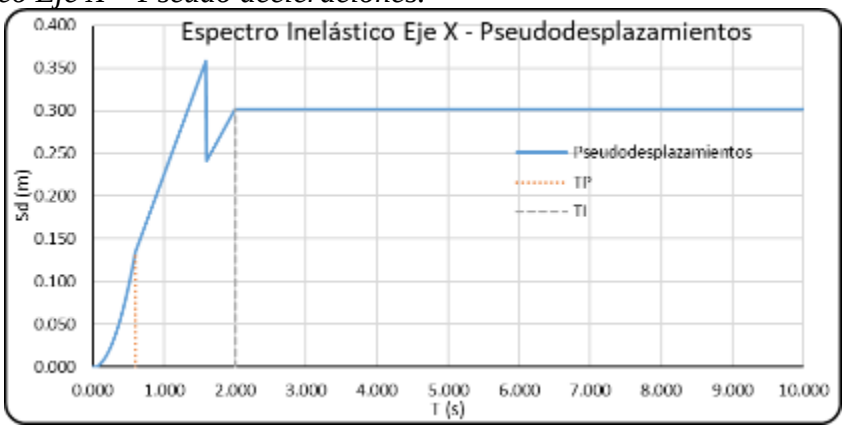


Gráfico 72

Espectro Inelástico Eje Y – Pseudo aceleraciones.

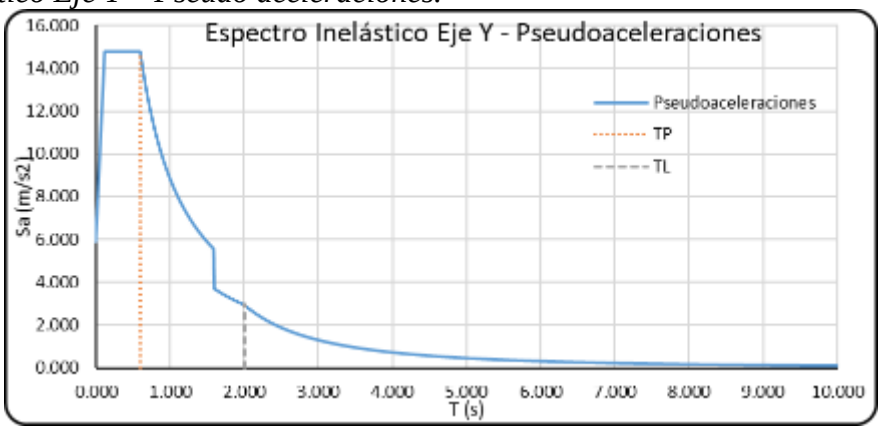


Gráfico 73

Espectro Inelástico Eje Y – Pseudo aceleraciones.

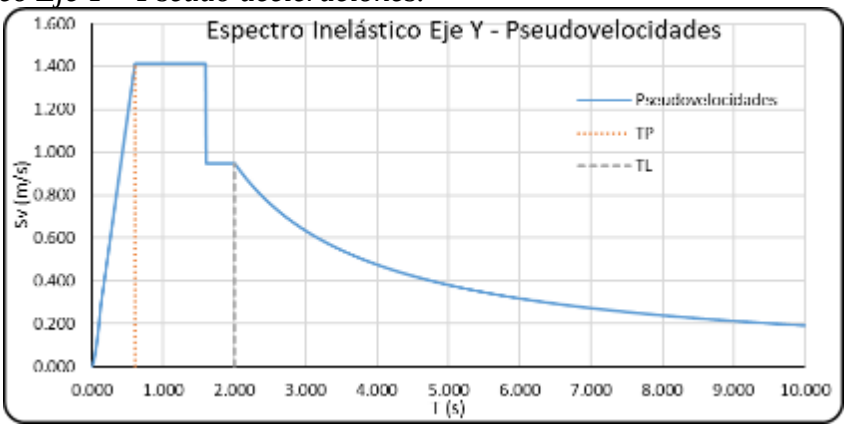
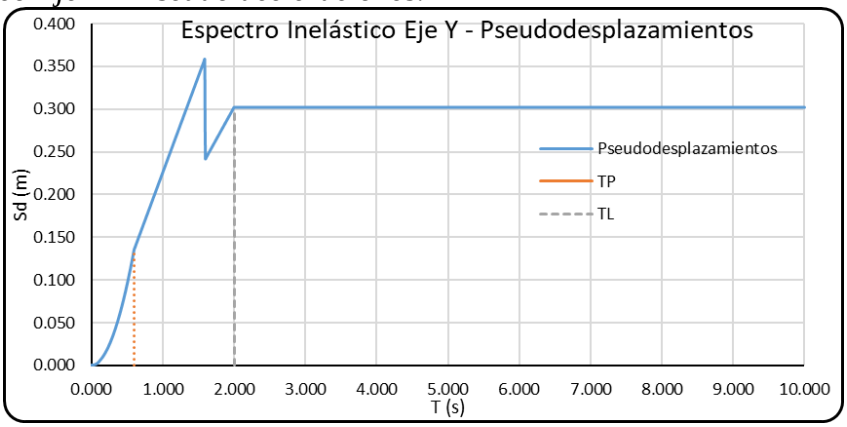


Gráfico 74

Espectro Inelástico Eje Y – Pseudo aceleraciones.



8.3 Análisis Estático de la edificación en base aislada.

Empezamos analizando ambos sectores:

Tabla 121

Tabla de estimación de peso, cálculo de la fuerza cortante, periodo fundamental y peso de la estructura SECTOR 01.

ANÁLISIS ESTÁTICO										
Estimación del Peso		**Fuerza cortante en la base**						**Periodo Fundamental de Vibración**		
Descripción	**%**	**ZUCS/Rx**	1.01200	**ZUCS**	1.012	**kx**	1.197	**h_n (m)**	40.270	
Carga Muerta	**100%**	**ZUCS/Ry**	1.01200	**ZUCS**	1.012	**ky**	1.197	**C_T**	45.000	
Peso Propio	**100%**	**Vx**	2334.40201	**C/R_x**	1.676	**β_{eff}**	19%	**T(s)**	0.895	
Carga Viva	**50%**	**Vy**	2334.40201	**C/R_y**	1.676	**Ra=B**	1.493	**T_{eff}**	3.6	
K_M (tonf/m)	**2453.524**	**V_{bx}**	739.62240	**V_{stx}**	701.263	**V_{sx}**	469.835	**Ws**	7242.610	
D_M (cm)	**30.145**	**V_{by}**	739.62240	**V_{sty}**	701.263	**V_{sy}**	469.835	**Wb**	773.267	
Gravedad (m/s^2)	**9.81**	**¿Usar criterio de periodo de E030?**		NO				**Rigidez no estructural**		
kx Sup. Est	2.380	**FACTOR X**	0.321			**FACTOR X**	0.065		NO	
ky Sup. Est	2.380	**FACTOR Y**	0.321			**FACTOR Y**	0.065			

Cálculo del Peso de la Estructura

TABLE: Mass Summary by Story

Story	UX	UY	UZ	P_{ix}	P_{iy}
	tonf-s²/m	tonf-s²/m	tonf-s²/m	(tonf)	(tonf)
TANQUE	6.46809	6.46809	0.000	63.430	63.430
TECHOS	21.32848	21.32848	0.000	209.161	209.161
STORY10	69.11322	69.11322	0.000	677.769	677.769
STORY9	71.09184	71.09184	0.000	697.173	697.173
STORY8	71.09184	71.09184	0.000	697.173	697.173
STORY7	71.09184	71.09184	0.000	697.173	697.173
STORY6	71.09184	71.09184	0.000	697.173	697.173
STORY5	70.97111	70.97111	0.000	695.989	695.989
STORY4	71.13275	71.13275	0.000	697.574	697.574
STORY3	71.18358	71.18358	0.000	698.072	698.072
STORY2	71.73086	71.73086	0.000	703.439	703.439
STORY1	72.24527	72.24527	0.000	708.484	708.484
AISLACIÓN	78.85131	78.85131	0.000	773.267	773.267
SOT1	44.91114	44.91114	0.000	440.428	440.428
SOT2	111.45833	111.45833	0.000	1363.525	1363.525
TOTAL (tonf)	**2306.73**	**2306.73**	**0.00**	**9819.83**	**9819.83**

$$D_M = \frac{S_{aM}\, T_M^2}{4\pi^2\, B_M} \qquad T_M = 2\pi\sqrt{\frac{P}{k_M\, g}}$$

$$V_{st} = V_b \left(\frac{P_s}{P}\right)^{(1-2,5\beta_M)} \qquad V_b = k_M\, D_M \qquad V_s = \frac{V_{st}}{R_a}$$

$$F_1 = (V_b - V_{st})/R_a \qquad k = 14\,\beta_M\, T_f$$

$$F_i = \frac{p_i\, h_i^k}{\sum_{j=2}^{n} p_j\, h_j^k}\, V_s$$

Tabla 122

Tabla de estimación de peso, cálculo de la fuerza cortante, periodo fundamental y peso de la estructura SECTOR 02.

ANÁLISIS ESTÁTICO										
Estimación del Peso		**Fuerza cortante en la base**						**Periodo Fundamental de Vibración**		
Descripción	**%**	**ZUCS/Rx**	1.01200	**ZUCS**	1.012	**kx**	1.197	**h_n (m)**	40.270	
Carga Muerta	**100%**	**ZUCS/Ry**	1.01200	**ZUCS**	1.012	**ky**	1.197	**C_T**	45.000	
Peso Propio	**100%**	**Vx**	2328.62646	**C/R_x**	1.676	**β_{eff}**	19%	**T(s)**	0.895	
Carga Viva	**50%**	**Vy**	2328.62646	**C/R_y**	1.676	**Ra=B**	1.493	**T_{eff}**	3.6	
K_M (tonf/m)	**2113.355**	**V_{bx}**	637.07729	**V_{stx}**	604.799	**V_{sx}**	405.206	**Ws**	6162.074	
D_M (cm)	**30.145**	**V_{by}**	637.07729	**V_{sty}**	604.799	**V_{sy}**	405.206	**Wb**	641.518	
Gravedad (m/s^2)	**9.81**	**¿Usar criterio de periodo de E030?**		NO				**Rigidez no estructural**		
kx Sup. Est	2.380	**FACTOR X**	0.277			**FACTOR X**	0.066		NO	
ky Sup. Est	2.380	**FACTOR Y**	0.277			**FACTOR Y**	0.066			

Cálculo del Peso de la Estructura

TABLE: Mass Summary by Story

Story	UX	UY	UZ	P_{ix}	P_{iy}
	tonf-s²/m	tonf-s²/m	tonf-s²/m	(tonf)	(tonf)
TANQUE	7.17981	7.17981	0.000	70.410	70.410
TECHOS	23.2913	23.2913	0.000	228.410	228.410
STORY10	58.59366	58.59366	0.000	574.608	574.608
STORY9	59.46271	59.46271	0.000	583.130	583.130
STORY8	60.41317	60.41317	0.000	592.451	592.451
STORY7	59.46271	59.46271	0.000	583.130	583.130
STORY6	60.41317	60.41317	0.000	592.451	592.451
STORY5	59.30082	59.30082	0.000	581.542	581.542
STORY4	60.41317	60.41317	0.000	592.451	592.451
STORY3	59.46271	59.46271	0.000	583.130	583.130
STORY2	60.41317	60.41317	0.000	592.451	592.451
STORY1	59.95031	59.95031	0.000	587.912	587.912
AISLACIÓN	65.41667	65.41667	0.000	641.518	641.518
SOT1	49.35191	49.35191	0.000	483.977	483.977
SOT2	119.87024	119.87024	0.000	1465.034	1465.034
TOTAL (tonf)	**2301.02**	**2301.02**	**0.00**	**8752.60**	**8752.60**

$$D_M = \frac{S_{aM}\, T_M^2}{4\pi^2\, B_M} \qquad T_M = 2\pi\sqrt{\frac{P}{k_M\, g}}$$

$$V_{st} = V_b \left(\frac{P_s}{P}\right)^{(1-2{,}5\beta_M)} \qquad V_b = k_M\, D_M \qquad V_s = \frac{V_{st}}{R_a}$$

$$F_1 = (V_b - V_{st})/R_a \qquad k = 14\,\beta_M\, T_f$$

$$F_i = \frac{p_i\, h_i^k}{\sum_{j=2}^{n} p_j\, h_j^k}\, V_s$$

De las tablas mostradas podemos recalcar que el peso de la edificación considera un 100% del peso de carga muerta y un 50% de carga viva, planteamos un periodo objetivo de 3.6 s con lo que calculamos una rigidez total del sistema de 2453.524 tonf m para el sector 01 y 2113.355 tonf m para el sector 02

8.3.1 Cálculo de las fuerzas actuantes y cortantes en la edificación.

A continuación, podemos repartir las fuerzas y por ende las cortantes que generan las fuerzas de sismo:

Tabla 123

Tabla de cálculo de la fuerza sísmica y cortante por nivel de la estructura para el SECTOR 01.

Cálculo de la Fuerza Sísmica y Cortante por nivel

TABLE: Story Definitions

Name	Height	Elevation	$P_{ix}*(h_i)^k$	$P_{iy}*(h_i)^k$	α_i X	α_i Y	F_i X	F_i Y	V X	V Y
	m	m	tonf m	tonf m			tonf	tonf	tonf	tonf
TANQUE	2.570	41.370	447365.129	447365.129	0.027	0.027	12.484	12.484	12.484	12.484
TECHOS	2.820	38.800	1266317.716	1266317.716	0.075	0.075	35.339	35.339	47.823	47.823
STORY10	2.770	35.980	3428756.956	3428756.956	0.204	0.204	95.685	95.685	143.508	143.508
STORY9	2.770	33.210	2914577.602	2914577.602	0.173	0.173	81.336	81.336	224.843	224.843
STORY8	2.770	30.440	2368856.014	2368856.014	0.141	0.141	66.107	66.107	290.950	290.950
STORY7	2.770	27.670	1887580.324	1887580.324	0.112	0.112	52.676	52.676	343.626	343.626
STORY6	2.770	24.900	1468451.345	1468451.345	0.087	0.087	40.979	40.979	384.605	384.605
STORY5	2.770	22.130	1107138.641	1107138.641	0.066	0.066	30.896	30.896	415.501	415.501
STORY4	2.770	19.360	807133.729	807133.729	0.048	0.048	22.524	22.524	438.026	438.026
STORY3	2.770	16.590	559278.675	559278.675	0.033	0.033	15.608	15.608	453.633	453.633
STORY2	2.770	13.820	364835.532	364835.532	0.022	0.022	10.181	10.181	463.814	463.814
STORY1	3.000	11.050	215751.735	215751.735	0.013	0.013	6.021	6.021	469.835	469.835
AISLACIÓN	1.100	8.050	9396.580	9396.580	0.446	0.446	312.944	312.944	782.779	782.779
SOT1	2.950	6.950	4488.537	4488.537	0.213	0.213	149.486	149.486	932.266	932.266
SOT2	4.000	4.000	7171.276	7171.276	0.341	0.341	238.832	238.832	1171.098	1171.098
TOTAL (tonf)	**41.37**	**0.00**	**16857099.79**	**16857099.79**			**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

Tabla 124

Tabla de cálculo de la fuerza sísmica y cortante por nivel de la estructura para el SECTOR 02.

Cálculo de la Fuerza Sísmica y Cortante por nivel

TABLE: Story Definitions

Name	Height	Elevation	$P_{ix}*(h_i)^k$	$P_{iy}*(h_i)^k$	α_i X	α_i Y	F_i X	F_i Y	V X	V Y
	m	m	tonf m	tonf m			tonf	tonf	tonf	tonf
TANQUE	2.570	41.370	496591.208	496591.208	0.034	0.034	13.756	13.756	13.756	13.756
TECHOS	2.820	38.800	1382854.559	1382854.559	0.095	0.095	38.306	38.306	52.062	52.062
STORY10	2.770	35.980	2906873.957	2906873.957	0.199	0.199	80.523	80.523	132.585	132.585
STORY9	2.770	33.210	2437813.998	2437813.998	0.167	0.167	67.530	67.530	200.115	200.115
STORY8	2.770	30.440	2013031.328	2013031.328	0.138	0.138	55.763	55.763	255.877	255.877
STORY7	2.770	27.670	1578811.878	1578811.878	0.108	0.108	43.734	43.734	299.612	299.612
STORY6	2.770	24.900	1247875.998	1247875.998	0.085	0.085	34.567	34.567	334.179	334.179
STORY5	2.770	22.130	925083.873	925083.873	0.063	0.063	25.626	25.626	359.805	359.805
STORY4	2.770	19.360	685500.099	685500.099	0.047	0.047	18.989	18.989	378.794	378.794
STORY3	2.770	16.590	467189.564	467189.564	0.032	0.032	12.942	12.942	391.735	391.735
STORY2	2.770	13.820	307271.807	307271.807	0.021	0.021	8.512	8.512	400.247	400.247
STORY1	3.000	11.050	179034.329	179034.329	0.012	0.012	4.959	4.959	405.206	405.206
AISLACIÓN	1.100	8.050	7795.597	7795.597	0.382	0.382	230.742	230.742	635.948	635.948
SOT1	2.950	6.950	4932.359	4932.359	0.241	0.241	145.993	145.993	781.941	781.941
SOT2	4.000	4.000	7705.151	7705.151	0.377	0.377	228.065	228.065	1010.005	1010.005
TOTAL (tonf)	**41.37**	**0.00**	**14648365.70**	**14648365.70**			**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

Gráfico 75

Fuerza sísmica eje X SECTOR 01.

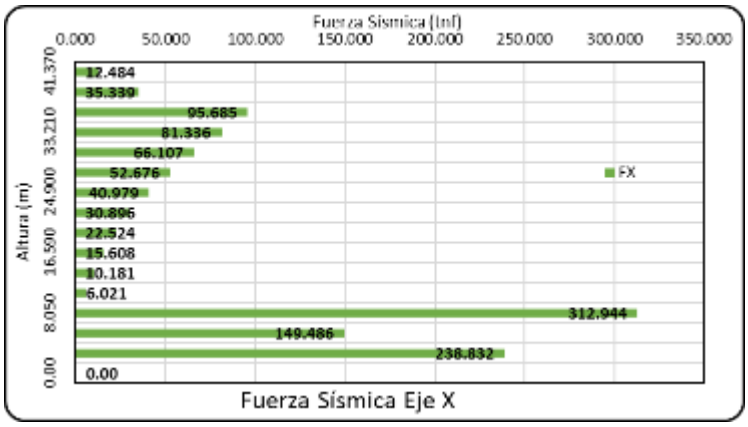


Gráfico 76

Fuerza sísmica eje Y SECTOR 01.

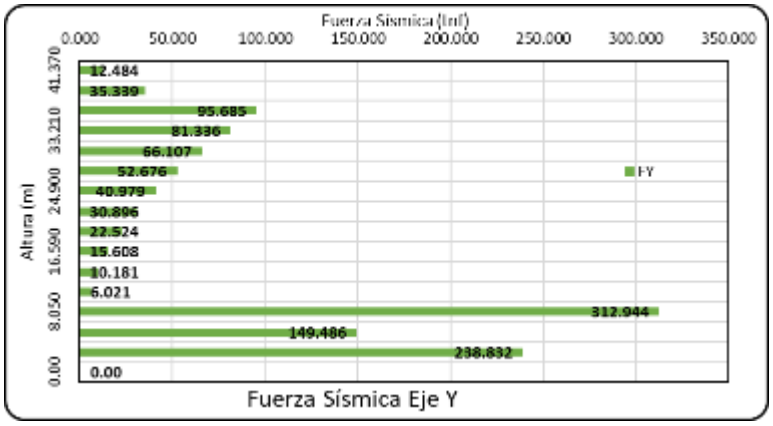


Gráfico 77

Fuerza sísmica eje X SECTOR 02.

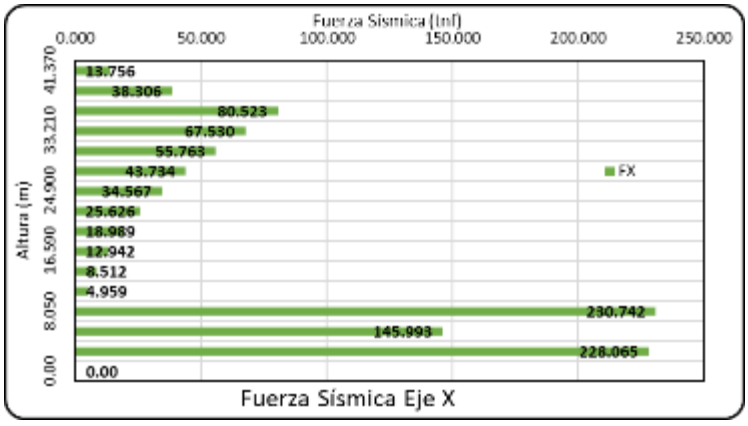


Gráfico 78

Fuerza sísmica eje Y SECTOR 02.

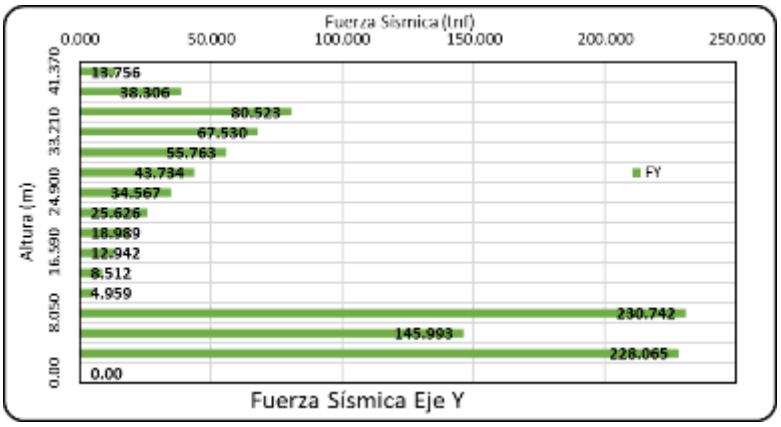


Gráfico 79

Fuerza cortante eje X SECTOR 01.

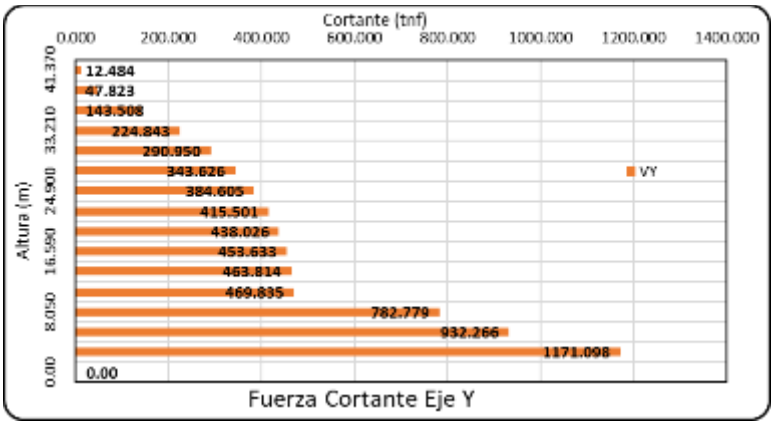


Gráfico 80

Fuerza cortante eje Y SECTOR 01.

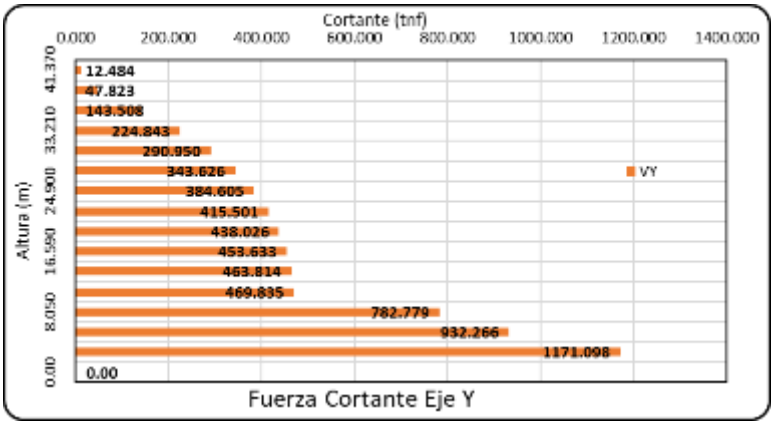


Gráfico 81

Fuerza cortante eje X SECTOR 02.

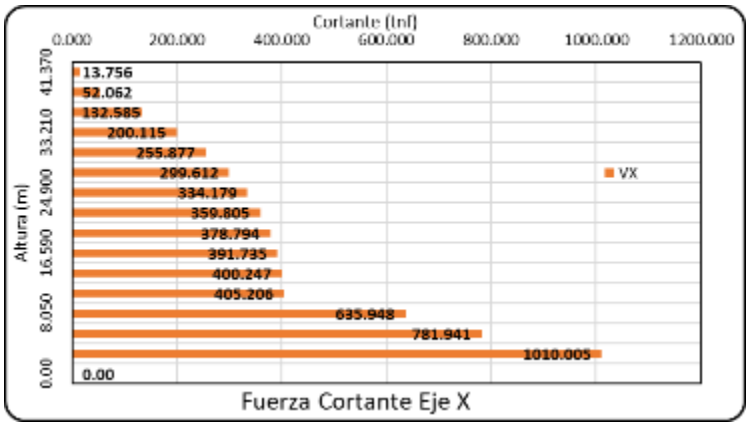
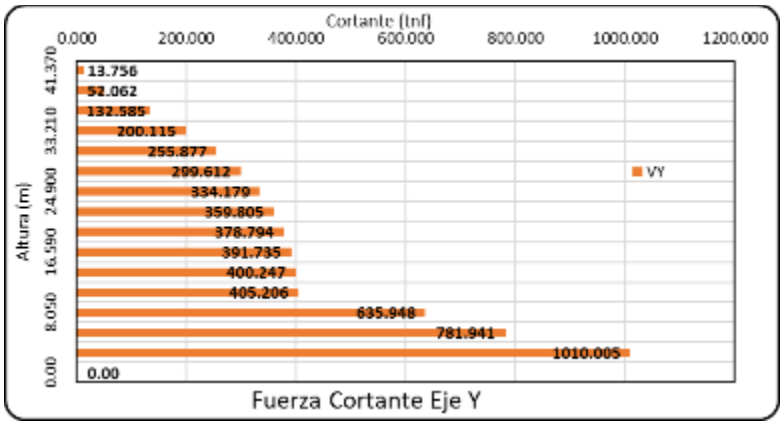


Gráfico 82

Fuerza cortante eje Y SECTOR 02.



8.3.2 Cálculo de los desplazamientos y derivas de la edificación.

Para el cálculo de los desplazamientos considerando un análisis estático, tenemos los siguientes valores obtenidos del modelo matemático computarizado:

Tabla 125

Definición de material y limite de derivas para el SECTOR 01 y SECTOR 02.

Cálculo del Desplazamiento del Centro de Masa y Periodo Fundametal (TABLA EDITADA)					
Estructura X	Regular				
Estructura Y	Regular				
Mat. Predom. X	Edificio Concreto Aislado		0.0035		
Mat. Predom. Y	Edificio Concreto Aislado		0.0035		

Tabla 126

Valores obtenido del modelo matemático computarizado y cálculo del periodo según sus desplazamientos SECTOR 01.

STORY	UX ELÁSTICO	UY ELÁSTICO	UX(Ra) INELÁSTICO	UY(Ra) INELÁSTICO	Deriva X INELÁSTICA	Deriva Y INELÁSTICA	$P_i X * d_i^2 X$	$P_i Y * d_i^2 Y$	$F_i X * d_i$	$F_i Y * d_i$
	m	m	m	m						
TANQUE	0.3287	0.3391	0.4905	0.5061	0.0004	0.0013	6.8514	7.2937	4.1031	4.2334
TECHOS	0.3279	0.3369	0.4894	0.5028	0.0008	0.0013	22.4919	23.7365	11.5883	11.9047
STORY10	0.3264	0.3344	0.4872	0.4991	0.0012	0.0016	72.2248	75.7786	31.2352	31.9944
STORY9	0.3242	0.3315	0.4838	0.4947	0.0016	0.0018	73.2553	76.5979	26.3652	26.9600
STORY8	0.3211	0.3281	0.4793	0.4896	0.0019	0.0021	71.9034	75.0293	21.2299	21.6865
STORY7	0.3175	0.3242	0.4739	0.4839	0.0022	0.0022	70.2934	73.2860	16.7262	17.0786
STORY6	0.3135	0.3201	0.4679	0.4778	0.0023	0.0023	68.5052	71.4306	12.8457	13.1171
STORY5	0.3091	0.3158	0.4614	0.4714	0.0024	0.0023	66.5013	69.4128	9.5504	9.7572
STORY4	0.3047	0.3115	0.4548	0.4650	0.0022	0.0022	64.7818	67.7016	6.8641	7.0171
STORY3	0.3006	0.3074	0.4487	0.4588	0.0022	0.0022	63.0752	65.9609	4.6915	4.7976
STORY2	0.2966	0.3034	0.4427	0.4528	0.0021	0.0021	61.8839	64.7329	3.0198	3.0885
STORY1	0.2928	0.2995	0.4370	0.4471	0.0018	0.0018	60.7250	63.5599	1.7627	1.8034
AISLACIÓN	0.2891	0.2958	0.4314	0.4415	0.3915	0.3992	64.6092	67.6717	90.4584	92.5775
SOT1	0.0005	0.0016	0.0008	0.0024	0.0002	0.0005	0.0001	0.0012	0.0767	0.2417
SOT2	0.0002	0.0007	0.0002	0.0010	0.0001	0.0003	0.0000	0.0006	0.0366	0.1609
TOTAL	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**767.1019**	**802.1941**	**240.5538**	**246.4185**

Periodo Fundamental de Vibración Calculado para Ambas Direcciones										
Tx	3.583	**kx E030**	2.000						$T = 2\pi \cdot \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} P_i \cdot d_i^2\right) / \left(g \cdot \sum_{i=1}^{n} f_i \cdot d_i\right)}$	
Ty	3.620	**ky E030**	2.000							
Tx E030	3.046	**85% NO considera la rigidez de los elementos no estructural**								
Ty E030	3.077	**85% NO considera la rigidez de los elementos no estructural**								

Tabla 127

Valores obtenido del modelo matemático computarizado y cálculo del periodo según sus desplazamientos SECTOR 02.

STORY	UX ELÁSTICO	UY ELÁSTICO	UX(Ra) INELÁSTICO	UY(Ra) INELÁSTICO	Deriva X INELÁSTICA	Deriva Y INELÁSTICA	$P_i X * d_i^2 X$	$P_i Y * d_i^2 Y$	$F_i X * d_i$	$F_i Y * d_i$
	m	m	m	m						
TANQUE	0.2942	0.3962	0.4391	0.5913	0.0006	0.0016	6.0942	11.0500	4.0470	5.4495
TECHOS	0.2932	0.3935	0.4376	0.5873	0.0008	0.0016	19.6298	35.3603	11.2297	15.0720
STORY10	0.2917	0.3905	0.4354	0.5829	0.0009	0.0017	48.9044	87.6238	23.4913	31.4445
STORY9	0.2900	0.3873	0.4329	0.5781	0.0011	0.0019	49.0507	87.4924	19.5855	26.1575
STORY8	0.2879	0.3838	0.4297	0.5729	0.0013	0.0021	49.1106	87.2822	16.0548	21.4033
STORY7	0.2855	0.3800	0.4261	0.5672	0.0014	0.0022	47.5274	84.2000	12.4857	16.6187
STORY6	0.2829	0.3759	0.4222	0.5611	0.0015	0.0023	47.4002	83.7182	9.7775	12.9942
STORY5	0.2801	0.3717	0.4181	0.5547	0.0015	0.0023	45.6265	80.3283	7.1778	9.5240
STORY4	0.2774	0.3674	0.4140	0.5484	0.0014	0.0022	45.5800	79.9750	5.2670	6.9767
STORY3	0.2748	0.3633	0.4102	0.5423	0.0013	0.0021	44.0380	76.9803	3.5565	4.7021
STORY2	0.2723	0.3594	0.4064	0.5364	0.0013	0.0020	43.9309	76.5174	2.3178	3.0589
STORY1	0.2699	0.3556	0.4028	0.5308	0.0012	0.0018	42.8242	74.3473	1.3385	1.7636
AISLACIÓN	0.2675	0.3519	0.3993	0.5252	0.3623	0.4757	45.9043	79.4451	61.7232	81.1999
SOT1	0.0005	0.0014	0.0007	0.0020	0.0002	0.0004	0.0001	0.0009	0.0705	0.1971
SOT2	0.0002	0.0006	0.0002	0.0009	0.0001	0.0002	0.0000	0.0005	0.0381	0.1341
TOTAL	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**535.6212**	**944.3217**	**178.1609**	**236.6960**

Periodo Fundamental de Vibración Calculado para Ambas Direcciones										
Tx	3.479	**kx E030**	2.000						$T = 2\pi \cdot \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} P_i \cdot d_i^2\right) / \left(g \cdot \sum_{i=1}^{n} f_i \cdot d_i\right)}$	
Ty	4.008	**ky E030**	2.000							
Tx E030	2.957	**85% NO considera la rigidez de los elementos no estructural**								
Ty E030	3.406	**85% NO considera la rigidez de los elementos no estructural**								

Gráfico 83

Desplazamientos Eje X SECTOR 01.

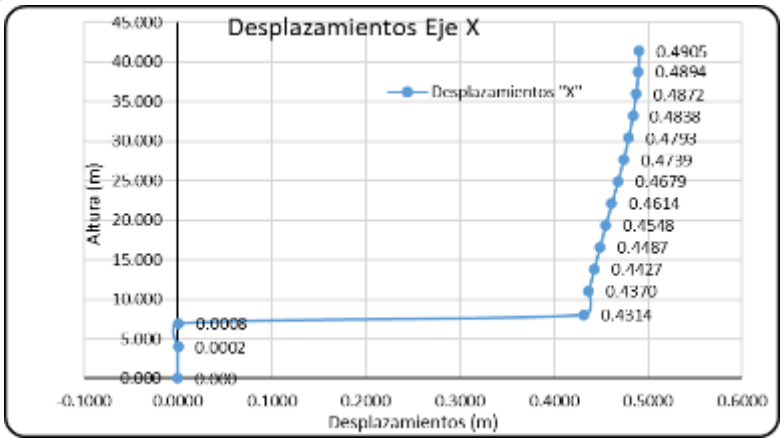


Gráfico 84

Desplazamientos Eje Y SECTOR 01.

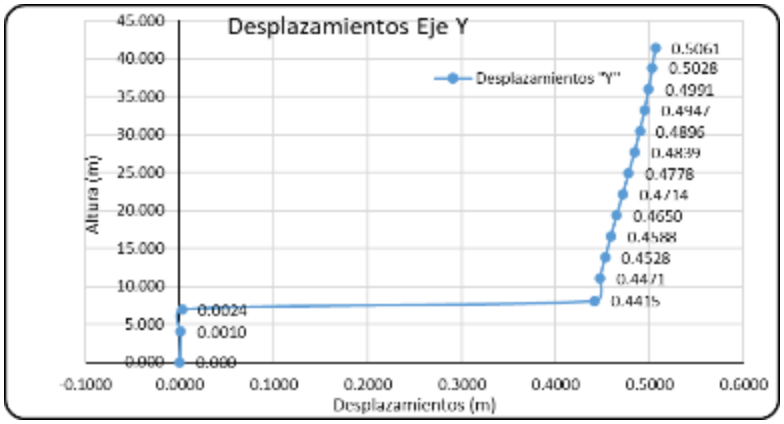


Gráfico 85

Desplazamientos Eje X SECTOR 02.

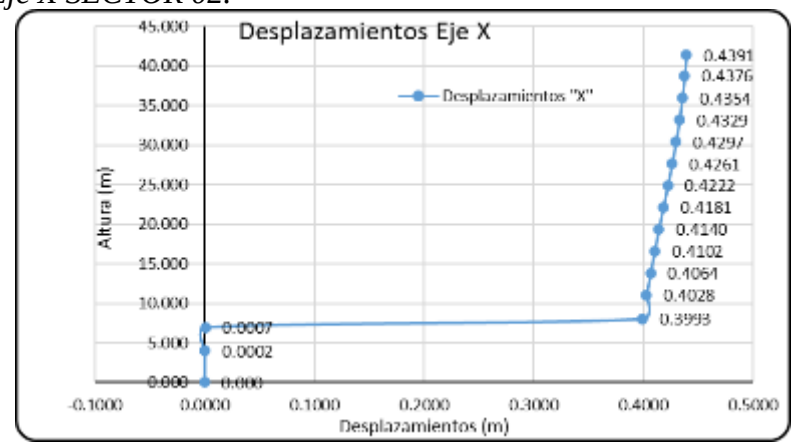


Gráfico 86

Desplazamientos Eje Y SECTOR 02.

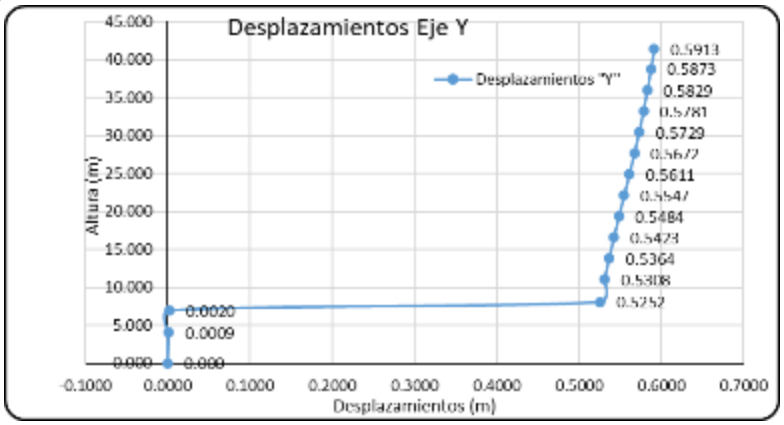


Gráfico 87

Derivas Eje X SECTOR 01 para la SUPERESTRUCTURA.

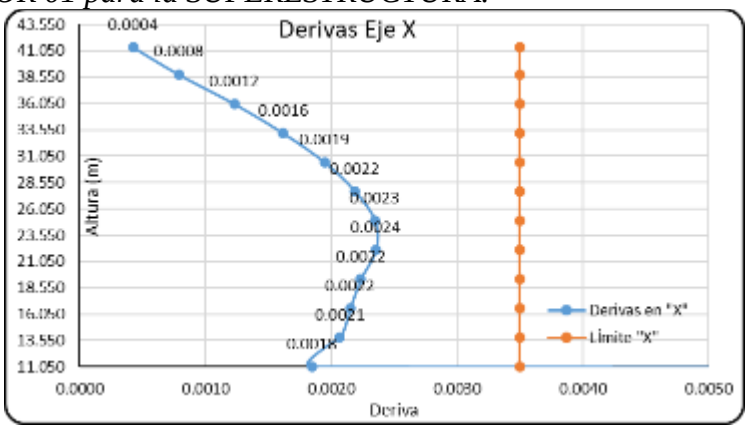


Gráfico 88

Derivas Eje Y SECTOR 01 para la SUPERESTRUCTURA.

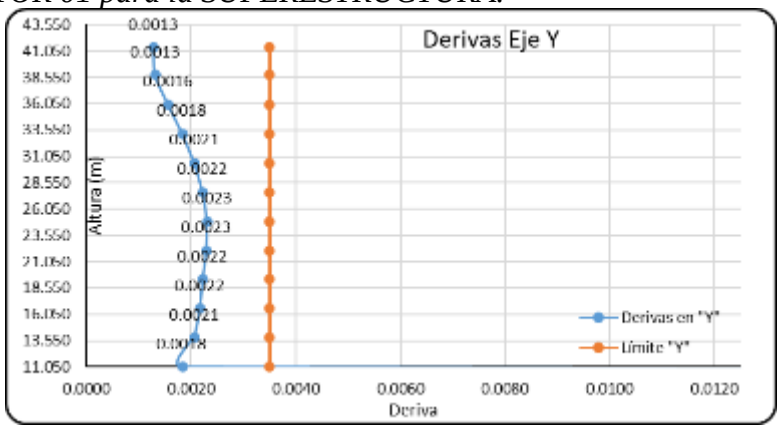


Gráfico 89

Derivas Eje X SECTOR 01 para la SUBESTRUCTURA.

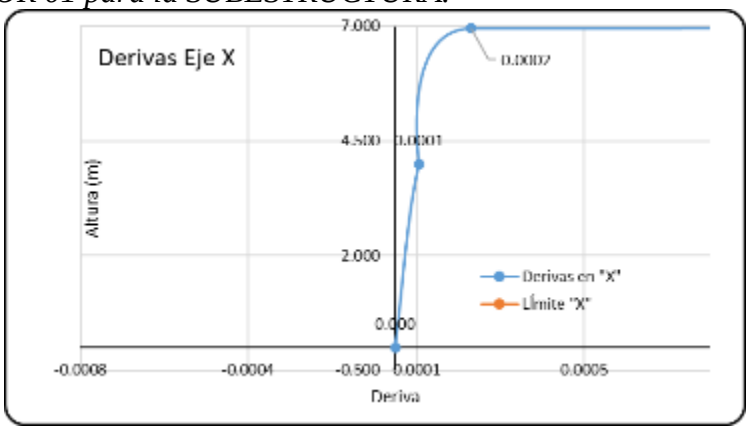


Gráfico 90

Derivas Eje Y SECTOR 01 para la SUBESTRUCTURA.

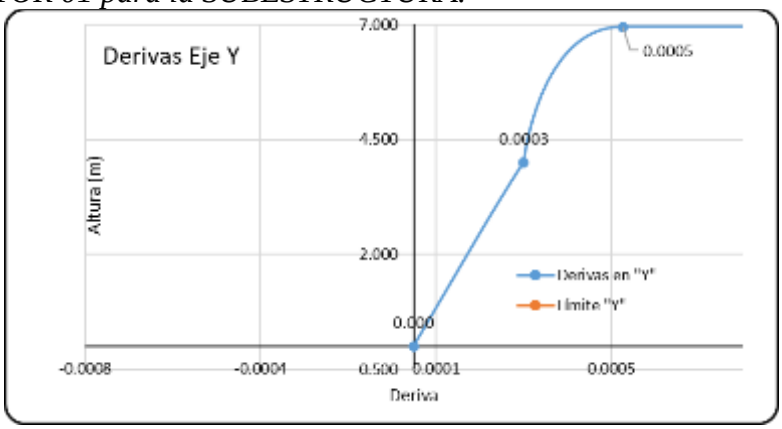


Gráfico 91

Derivas Eje X SECTOR 02 para la SUPERESTRUCTURA.

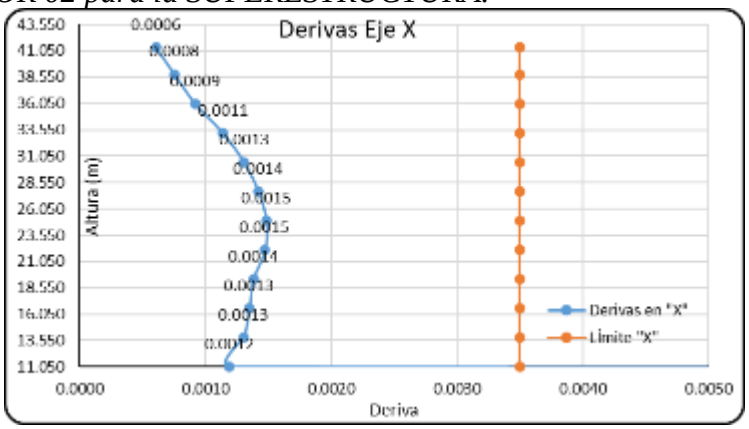


Gráfico 92

Derivas Eje Y SECTOR 02 para la SUPERESTRUCTURA.

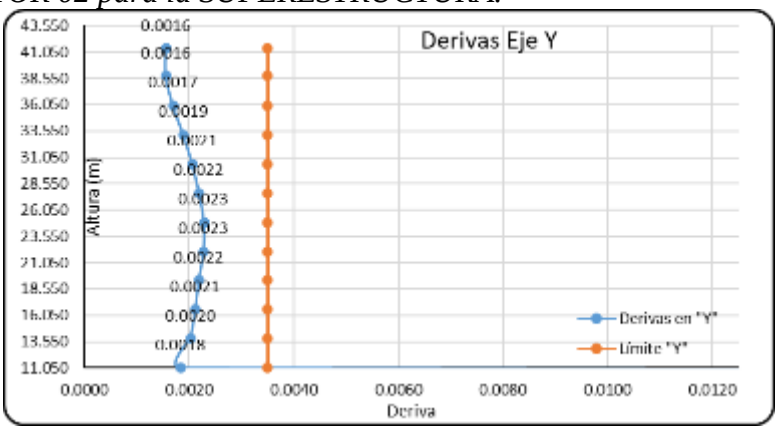


Gráfico 93

Derivas Eje X SECTOR 02 para la SUBESTRUCTURA.

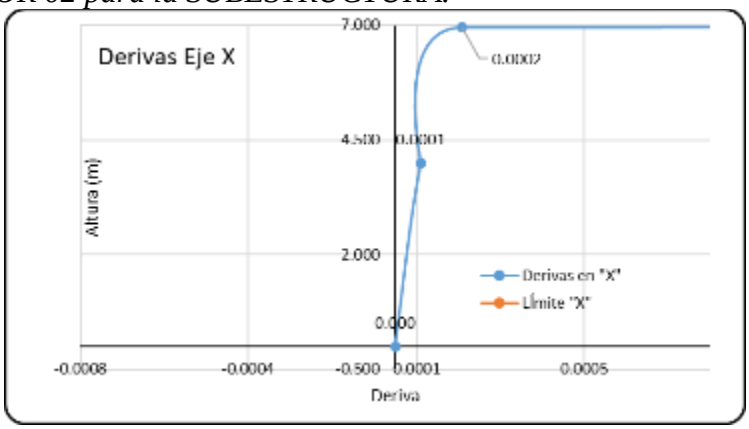
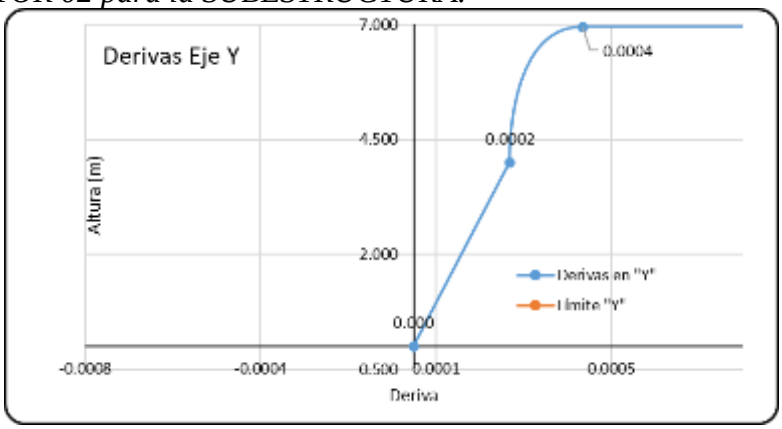


Gráfico 94

Derivas Eje Y SECTOR 02 para la SUBESTRUCTURA.



8.4 Análisis Dinámico de la edificación en base aislada.

El análisis dinámico que a continuación presentaremos será obtenido con ayuda del programa ETABS, teniendo en cuenta diafragmas rígidos en cada nivel, determinando los modos de vibración y los periodos de vibración que a cada uno le competen, además de ello introduciremos los espectros de respuesta mostrados en los gráficos 8.2.1 y 8.4.2. Se tiene en cuenta también la excentricidad accidental del 0.05.

8.4.1 Cálculo de las fuerzas actuantes y cortantes en la edificación.

Obtenemos los valores para las cortantes dinámicas repartidas en todos los pisos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 128

Tabla de cortante dinámica por nivel SECTOR 01.

Cálculo de la Cortante Dinámica por nivel (TABLA EDITADA)

TABLE: Story Definitions

Name	Height	Elevation	Story	Load Case/Combo	Load Case/Combo	P_x	P_y	V_X	V_Y	M_X	M_Y
	m	m				tonf	tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m
TANQUE	2.570	37.370	TANQUE	SISMOE031XX	SISMOE031YY	63.430	63.430	12.444	13.476	2.800	6.480
TECHOS	2.820	34.800	TECHOS	SISMOE031XX	SISMOE031YY	209.161	209.161	36.807	43.895	9.396	14.971
STORY10	2.770	31.980	STORY10	SISMOE031XX	SISMOE031YY	677.769	677.769	122.840	124.607	18.866	18.057
STORY9	2.770	29.210	STORY9	SISMOE031XX	SISMOE031YY	697.173	697.173	205.202	204.582	33.325	29.314
STORY8	2.770	26.440	STORY8	SISMOE031XX	SISMOE031YY	697.173	697.173	279.810	276.990	53.723	49.045
STORY7	2.770	23.670	STORY7	SISMOE031XX	SISMOE031YY	697.173	697.173	346.182	340.289	77.339	72.920
STORY6	2.770	20.900	STORY6	SISMOE031XX	SISMOE031YY	697.173	697.173	404.837	397.395	102.320	97.517
STORY5	2.770	18.130	STORY5	SISMOE031XX	SISMOE031YY	695.989	695.989	457.194	447.353	128.254	122.835
STORY4	2.770	15.360	STORY4	SISMOE031XX	SISMOE031YY	697.574	697.574	505.930	494.612	153.534	147.813
STORY3	2.770	12.590	STORY3	SISMOE031XX	SISMOE031YY	698.072	698.072	553.845	540.977	176.732	171.220
STORY2	2.770	9.820	STORY2	SISMOE031XX	SISMOE031YY	703.439	703.439	603.669	589.085	198.187	192.166
STORY1	3.000	7.050	STORY1	SISMOE031XX	SISMOE031YY	708.484	708.484	657.135	641.234	219.533	212.557
AISLACIÓN	1.100	4.050	AISLACIÓN	SISMOE031XX	SISMOE031YY	773.267	773.267	720.260	702.234	225.858	219.149
SOT1	2.950	2.950	SOT1	SISMOE031XX	SISMOE031YY	440.428	440.428	876.581	880.133	414.814	266.999
SOT2	4.000	4.000	SOT2	SISMOE031XX	SISMOE031YY	1363.525	1363.525	1304.886	1482.778	409.047	479.797
TOTAL (tonf)	**37.37**	**0.00**				**8456.31**	**8456.31**				

Tabla 129

Tabla de cortante dinámica por nivel SECTOR 02.

Cálculo de la Cortante Dinámica por nivel (TABLA EDITADA)

TABLE: Story Definitions

Name	Height	Elevation	Story	Load Case/Combo	Load Case/Combo	P_x	P_y	V_X	V_Y	M_X	M_Y
	m	m				tonf	tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m
TANQUE	2.570	37.370	TANQUE	SISMOE031XX	SISMOE031YY	70.410	70.410	9.125	13.548	1.880	4.155
TECHOS	2.820	34.800	TECHOS	SISMOE031XX	SISMOE031YY	228.410	228.410	35.348	43.276	8.016	11.894
STORY10	2.770	31.980	STORY10	SISMOE031XX	SISMOE031YY	574.608	574.608	99.915	105.457	21.762	24.128
STORY9	2.770	29.210	STORY9	SISMOE031XX	SISMOE031YY	583.130	583.130	162.728	170.331	43.459	44.146
STORY8	2.770	26.440	STORY8	SISMOE031XX	SISMOE031YY	592.451	592.451	223.179	230.376	70.879	71.079
STORY7	2.770	23.670	STORY7	SISMOE031XX	SISMOE031YY	583.130	583.130	279.374	285.790	101.438	102.053
STORY6	2.770	20.900	STORY6	SISMOE031XX	SISMOE031YY	592.451	592.451	333.533	339.042	133.251	134.202
STORY5	2.770	18.130	STORY5	SISMOE031XX	SISMOE031YY	581.542	581.542	384.461	387.828	164.005	164.573
STORY4	2.770	15.360	STORY4	SISMOE031XX	SISMOE031YY	592.451	592.451	435.041	436.903	191.459	191.633
STORY3	2.770	12.590	STORY3	SISMOE031XX	SISMOE031YY	583.130	583.130	484.492	484.610	213.843	214.011
STORY2	2.770	9.820	STORY2	SISMOE031XX	SISMOE031YY	592.451	592.451	535.141	533.907	229.709	230.355
STORY1	3.000	7.050	STORY1	SISMOE031XX	SISMOE031YY	587.912	587.912	586.334	583.958	238.493	239.450
AISLACIÓN	1.100	4.050	AISLACIÓN	SISMOE031XX	SISMOE031YY	641.518	641.518	643.419	639.699	237.716	238.831
SOT1	2.950	2.950	SOT1	SISMOE031XX	SISMOE031YY	483.977	483.977	852.169	852.244	311.101	258.593
SOT2	4.000	4.000	SOT2	SISMOE031XX	SISMOE031YY	1465.034	1465.034	1459.169	1554.959	360.761	416.906
TOTAL (tonf)	**37.37**	**0.00**				**7287.57**	**7287.57**				

Gráfico 95

Fuerza cortante en "X" SECTOR 01.

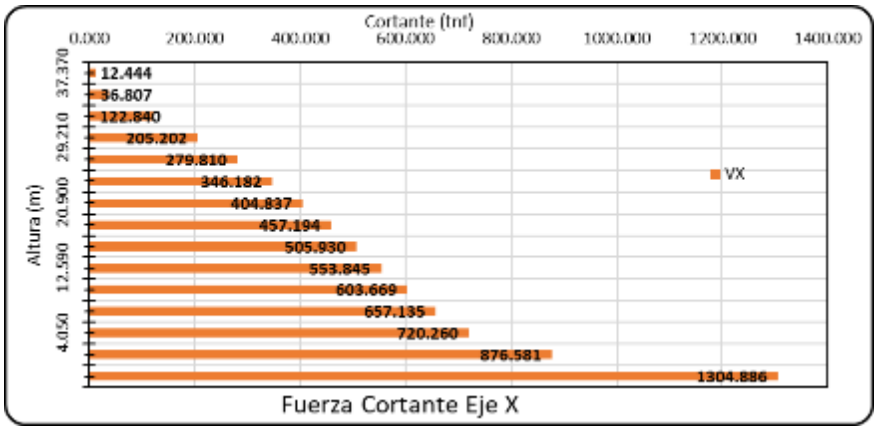


Gráfico 96

Fuerza cortante en "Y" SECTOR 01.

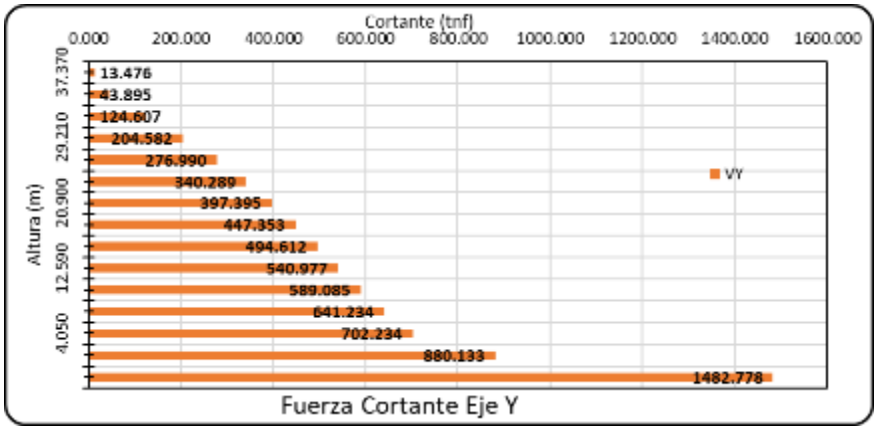


Gráfico 97

Fuerza cortante en "X" SECTOR 02.

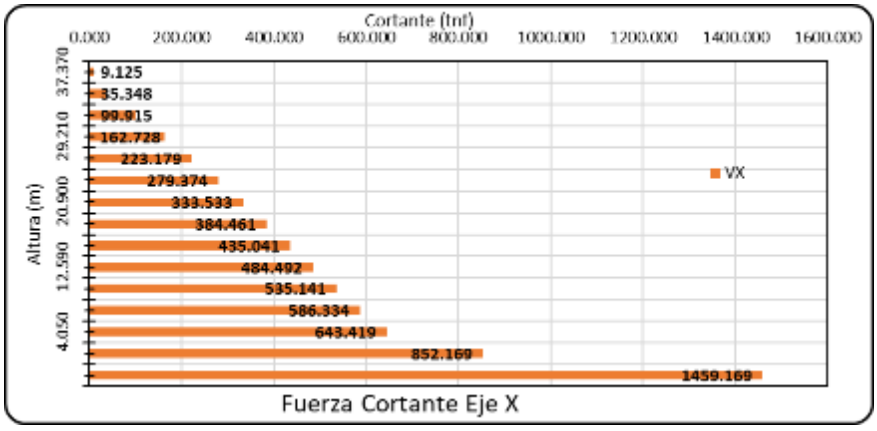
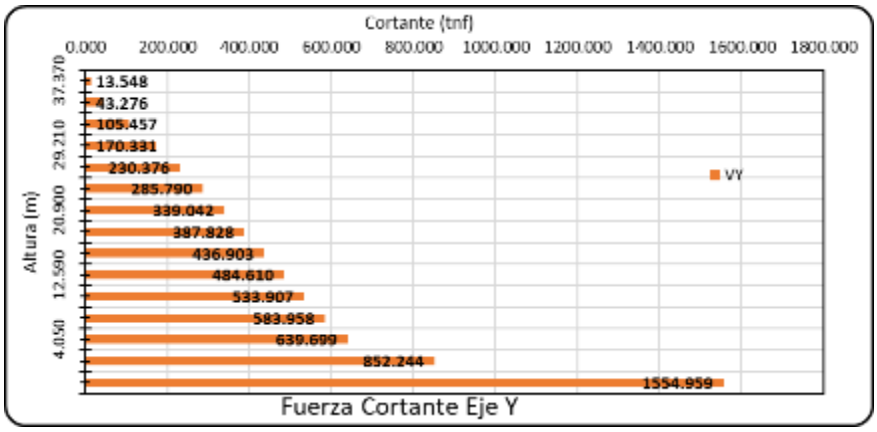


Gráfico 98

Fuerza cortante en "Y" SECTOR 02.



8.4.2 Cálculo de los porcentajes de masa participativa para cada modo de vibración.

A continuación, presentamos la tabla obtenida del programa ETABS donde se muestran los modos de vibración asociados a 3 por nivel, con el objetivo de que las masas efectivas y participativas sumadas sean mayores al 90% de la masa total, lo cual se aprecia a continuación:

Tabla 130

Tabla de porcentajes de masa participativa para cada modo de vibración SECTOR 01.

Cálculo de los Porcentajes de Masa Participativa para cada Modo de Vibración (TABLA EDITADA)											
TABLE: Modal Participating Mass Ratios											
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
		sec									
Modal	1	3.64000	0.02900	0.73260	0.00000	0.02900	0.73260	0.00000	0.09240	0.00340	0.07750
Modal	2	3.63400	0.80680	0.03140	0.00000	0.83580	0.76400	0.00000	0.00390	0.09920	0.00170
Modal	3	3.45300	0.00240	0.07470	0.00000	0.83820	0.83860	0.00000	0.00720	0.00040	0.72390
Modal	4	0.59800	0.00120	0.00010	0.00000	0.83940	0.83880	0.00000	0.04940	0.54320	0.00000
Modal	5	0.59200	0.00010	0.00120	0.00000	0.83950	0.84000	0.00000	0.54970	0.04810	0.00001
Modal	6	0.50100	0.00001	0.00000	0.00000	0.83950	0.84000	0.00000	0.00020	0.00740	0.00080
Modal	7	0.27500	0.00010	0.00000	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00000	0.00090	0.00000
Modal	8	0.24500	0.00000	0.00004	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00150	0.00000	0.00000
Modal	9	0.21300	0.00000	0.00000	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00003
Modal	10	0.17400	0.00001	0.00000	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00000	0.00780	0.00000
Modal	11	0.14900	0.00000	0.00000	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00330	0.00000	0.00000
Modal	12	0.12600	0.00000	0.00000	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00000	0.00010	0.00000
Modal	13	0.12100	0.00000	0.00000	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	14	0.10900	0.00000	0.00000	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	15	0.09500	0.00000	0.00000	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00000	0.00070	0.00000
Modal	16	0.08900	0.00000	0.00000	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	17	0.08200	0.00000	0.00001	0.00000	0.83960	0.84000	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000
Modal	18	0.07800	0.00000	0.00050	0.00000	0.83960	0.84060	0.00000	0.00020	0.00000	0.00010
Modal	19	0.07100	0.00004	0.12440	0.00000	0.83970	0.96490	0.00000	0.21630	0.00010	0.03030
Modal	20	0.06400	0.00000	0.00040	0.00000	0.83970	0.96530	0.00000	0.00060	0.00004	0.00010
Modal	21	0.06200	0.00000	0.00030	0.00000	0.83970	0.96560	0.00000	0.00050	0.00003	0.00010
Modal	22	0.06100	0.00000	0.00000	0.00000	0.83970	0.96560	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	23	0.05400	0.00000	0.00000	0.00000	0.83970	0.96560	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000
Modal	24	0.05000	0.00000	0.00001	0.00000	0.83970	0.96560	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000
Modal	25	0.04900	0.00000	0.00001	0.00000	0.83970	0.96560	0.00000	0.00010	0.00000	0.00000
Modal	26	0.04500	0.00000	0.00000	0.00000	0.83970	0.96560	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	27	0.04300	0.00000	0.00000	0.00000	0.83970	0.96560	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	28	0.04000	0.00001	0.00000	0.00000	0.83970	0.96560	0.00000	0.00000	0.00002	0.00000
Modal	29	0.03900	0.00001	0.00000	0.00000	0.83970	0.96560	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000
Modal	30	0.03600	0.13090	0.00050	0.00000	0.97060	0.96610	0.00000	0.00140	0.21730	0.01330
Modal	31	0.03500	0.00003	0.00000	0.00000	0.97060	0.96610	0.00000	0.00000	0.00010	0.00000
Modal	32	0.03300	0.00000	0.00000	0.00000	0.97060	0.96610	0.00000	0.00001	0.00000	0.00001
Modal	33	0.03300	0.00001	0.00001	0.00000	0.97060	0.96610	0.00000	0.00004	0.00001	0.00003
Modal	34	0.03000	0.00220	0.03100	0.00000	0.97280	0.99710	0.00000	0.05960	0.00450	0.12420
Modal	35	0.02900	0.00000	0.00000	0.00000	0.97280	0.99710	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	36	0.02800	0.00000	0.00000	0.00000	0.97280	0.99710	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	37	0.02700	0.00000	0.00000	0.00000	0.97280	0.99710	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	38	0.02500	0.00040	0.00000	0.00000	0.97320	0.99710	0.00000	0.00000	0.00130	0.00010
Modal	39	0.02500	0.01020	0.00180	0.00000	0.98350	0.99890	0.00000	0.00910	0.01850	0.02220
Modal	40	0.02300	0.00000	0.00000	0.00000	0.98350	0.99890	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	41	0.02200	0.00000	0.00000	0.00000	0.98350	0.99890	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	42	0.02200	0.01650	0.00040	0.00000	0.99990	0.99930	0.00000	0.00160	0.04630	0.00100
Modal	43	0.02000	0.00000	0.00000	0.00000	0.99990	0.99930	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	44	0.01500	0.00010	0.00070	0.00000	1.00000	1.00000	0.00000	0.00300	0.00060	0.00470
Modal	45	0.01100	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Tabla 131

Tabla de porcentajes de masa participativa para cada modo de vibración SECTOR 02.

Cálculo de los Porcentajes de Masa Participativa para cada Modo de Vibración (TABLA EDITADA)											
TABLE: Modal Participating Mass Ratios											
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
		sec									
Modal	1	3.59200	0.00160	0.80220	0.00000	0.00160	0.80220	0.00000	0.13000	0.00020	0.00110
Modal	2	3.58000	0.79470	0.00150	0.00000	0.79630	0.80370	0.00000	0.00030	0.12630	0.00120
Modal	3	3.43500	0.00730	0.00000	0.00000	0.80360	0.80370	0.00000	0.00003	0.00110	0.72990
Modal	4	0.52600	0.00001	0.00070	0.00000	0.80360	0.80440	0.00000	0.53850	0.00600	0.00002
Modal	5	0.48700	0.00060	0.00001	0.00000	0.80410	0.80440	0.00000	0.00770	0.54340	0.00000
Modal	6	0.42300	0.00000	0.00001	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00800	0.00760	0.00030
Modal	7	0.21200	0.00002	0.00000	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00003	0.00120	0.00000
Modal	8	0.19100	0.00000	0.00000	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00190	0.00000	0.00000
Modal	9	0.16600	0.00000	0.00000	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00010	0.00000	0.00000
Modal	10	0.13500	0.00000	0.00000	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00000	0.00500	0.00000
Modal	11	0.11500	0.00000	0.00002	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00190	0.00001	0.00000
Modal	12	0.10100	0.00000	0.00001	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00010	0.00001	0.00000
Modal	13	0.09600	0.00000	0.00000	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000
Modal	14	0.07700	0.00000	0.00002	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	15	0.07500	0.00000	0.00000	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00000	0.00040	0.00000
Modal	16	0.06700	0.00000	0.00002	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00005	0.00000	0.00000
Modal	17	0.06100	0.00000	0.00001	0.00000	0.80410	0.80450	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	18	0.05900	0.00000	0.00150	0.00000	0.80410	0.80610	0.00000	0.00130	0.00000	0.00010
Modal	19	0.05500	0.00001	0.16080	0.00000	0.80420	0.96690	0.00000	0.24510	0.00001	0.01270
Modal	20	0.05100	0.00001	0.00003	0.00000	0.80420	0.96690	0.00000	0.00004	0.00003	0.00000
Modal	21	0.05100	0.00000	0.00000	0.00000	0.80420	0.96690	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	22	0.04800	0.00000	0.00003	0.00000	0.80420	0.96690	0.00000	0.00010	0.00000	0.00000
Modal	23	0.04400	0.00000	0.00000	0.00000	0.80420	0.96690	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	24	0.04200	0.00000	0.00000	0.00000	0.80420	0.96690	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	25	0.03900	0.00003	0.00000	0.00000	0.80420	0.96690	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000
Modal	26	0.03800	0.00002	0.00002	0.00000	0.80420	0.96700	0.00000	0.00010	0.00002	0.00000
Modal	27	0.03500	0.04210	0.00010	0.00000	0.84630	0.96710	0.00000	0.00020	0.06220	0.00140
Modal	28	0.03500	0.13480	0.00030	0.00000	0.98110	0.96740	0.00000	0.00060	0.19910	0.00510
Modal	29	0.03500	0.00002	0.00000	0.00000	0.98110	0.96740	0.00000	0.00000	0.00002	0.00000
Modal	30	0.03200	0.00000	0.00000	0.00000	0.98110	0.96740	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000
Modal	31	0.03100	0.00010	0.00120	0.00000	0.98120	0.96860	0.00000	0.00200	0.00010	0.01010
Modal	32	0.03100	0.00130	0.02310	0.00000	0.98250	0.99170	0.00000	0.03500	0.00200	0.22080
Modal	33	0.02900	0.00000	0.00000	0.00000	0.98250	0.99170	0.00000	0.00000	0.00000	0.00004
Modal	34	0.02600	0.00000	0.00000	0.00000	0.98250	0.99170	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	35	0.02400	0.00000	0.00000	0.00000	0.98250	0.99170	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	36	0.02300	0.00000	0.00000	0.00000	0.98250	0.99170	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	37	0.02100	0.00000	0.00000	0.00000	0.98250	0.99170	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	38	0.02100	0.00000	0.00000	0.00000	0.98250	0.99170	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	39	0.02000	0.00170	0.00210	0.00000	0.98430	0.99380	0.00000	0.00680	0.00410	0.00250
Modal	40	0.02000	0.00240	0.00460	0.00000	0.98670	0.99840	0.00000	0.01460	0.00420	0.00450
Modal	41	0.02000	0.00001	0.00001	0.00000	0.98670	0.99840	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001
Modal	42	0.01500	0.01260	0.00120	0.00000	0.99930	0.99960	0.00000	0.00390	0.03340	0.00330
Modal	43	0.01300	0.00000	0.00000	0.00000	0.99930	0.99960	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modal	44	0.01200	0.00070	0.00040	0.00000	1.00000	1.00000	0.00000	0.00170	0.00350	0.00690
Modal	45	0.01100	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

8.4.3 Cálculo de los desplazamientos y derivas de la edificación.

Para el cálculo de los desplazamientos y derivas, presentamos los valores obtenidos del programa de cálculo computarizado y su correspondiente modificación según la normativa, es

decir, multiplicando por 0.75 R para estructuras regulares ó por 0.85 R para estructuras irregulares, esta vez debemos tener en cuenta que el límite para la superestructura es de 0.035 que es la mitad de lo permisible en el material de concreto armado.

Tabla 132

Tabla de desplazamientos y derivas elástico e inelástico en el centro del diafragma SECTOR 01.

STORY	ALTURA	ELEVACIÓN	Load Case/Combo	Load Case/Combo	UX ELÁSTICO	UY ELÁSTICO	UX(0.85R;0.75R) INELÁSTICO	UY(0.85R;0.75R) INELÁSTICO	Δ_x	Δ_y	Deriva X INELÁSTICA	Deriva Y INELÁSTICA
	m	m			m	m	m	m	m	m		
TANQUE	2.5700	41.3700	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.320	0.335	0.2400	0.2511	0.0004	0.0014	0.0002	0.0005
TECHOS	2.8200	38.8000	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.319	0.333	0.2396	0.2497	0.0007	0.0015	0.0003	0.0005
STORY10	2.7700	35.9800	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.318	0.331	0.2389	0.2481	0.0011	0.0017	0.0004	0.0006
STORY9	2.7700	33.2100	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.317	0.329	0.2377	0.2465	0.0015	0.0020	0.0006	0.0007
STORY8	2.7700	30.4400	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.315	0.326	0.2362	0.2445	0.0020	0.0023	0.0007	0.0008
STORY7	2.7700	27.6700	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.312	0.323	0.2342	0.2422	0.0025	0.0026	0.0009	0.0010
STORY6	2.7700	24.9000	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.309	0.319	0.2317	0.2396	0.0029	0.0029	0.0011	0.0011
STORY5	2.7700	22.1300	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.305	0.315	0.2288	0.2366	0.0033	0.0032	0.0012	0.0011
STORY4	2.7700	19.3600	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.301	0.311	0.2255	0.2334	0.0034	0.0033	0.0012	0.0012
STORY3	2.7700	16.5900	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.296	0.307	0.2221	0.2301	0.0036	0.0035	0.0013	0.0013
STORY2	2.7700	13.8200	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.291	0.302	0.2184	0.2266	0.0038	0.0036	0.0014	0.0013
STORY1	3.0000	11.0500	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.286	0.297	0.2146	0.2230	0.0039	0.0036	0.0013	0.0012
AISLACIÓN	1.1000	8.0500	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.281	0.293	0.2108	0.2195	0.2104	0.2180	0.1912	0.1982
SOT1	2.9500	6.9500	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.001	0.002	0.0004	0.0014	0.0003	0.0007	0.0001	0.0003
SOT2	4.0000	4.0000	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.000	0.001	0.0001	0.0007	0.0001	0.0007	0.0000	0.0002
TOTAL (tonf)	**41.37**	**0.00**			**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

Tabla 133

Tabla de desplazamientos y derivas elástico e inelástico en el centro del diafragma SECTOR 02.

STORY	ALTURA	ELEVACIÓN	Load Case/Combo	Load Case/Combo	UX ELÁSTICO	UY ELÁSTICO	UX(0.85R;0.75R) INELÁSTICO	UY(0.85R;0.75R) INELÁSTICO	Δ_x	Δ_y	Deriva X INELÁSTICA	Deriva Y INELÁSTICA
	m	m			m	m	m	m	m	m		
TANQUE	2.5700	41.3700	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.318	0.320	0.2386	0.2400	0.0007	0.0014	0.0003	0.0006
TECHOS	2.8200	38.8000	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.317	0.318	0.2379	0.2386	0.0008	0.0015	0.0003	0.0005
STORY10	2.7700	35.9800	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.316	0.316	0.2371	0.2371	0.0009	0.0016	0.0003	0.0006
STORY9	2.7700	33.2100	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.315	0.314	0.2361	0.2355	0.0012	0.0018	0.0004	0.0006
STORY8	2.7700	30.4400	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.313	0.312	0.2349	0.2337	0.0015	0.0019	0.0005	0.0007
STORY7	2.7700	27.6700	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.311	0.309	0.2335	0.2318	0.0017	0.0021	0.0006	0.0008
STORY6	2.7700	24.9000	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.309	0.306	0.2318	0.2297	0.0020	0.0023	0.0007	0.0008
STORY5	2.7700	22.1300	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.306	0.303	0.2298	0.2273	0.0021	0.0024	0.0008	0.0009
STORY4	2.7700	19.3600	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.304	0.300	0.2277	0.2249	0.0022	0.0024	0.0008	0.0009
STORY3	2.7700	16.5900	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.301	0.297	0.2255	0.2225	0.0023	0.0025	0.0008	0.0009
STORY2	2.7700	13.8200	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.297	0.293	0.2231	0.2200	0.0025	0.0025	0.0009	0.0009
STORY1	3.0000	11.0500	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.294	0.290	0.2207	0.2175	0.0026	0.0025	0.0009	0.0008
AISLACIÓN	1.1000	8.0500	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.291	0.287	0.2181	0.2150	0.2176	0.2139	0.1979	0.1945
SOT1	2.9500	6.9500	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.001	0.001	0.0004	0.0010	0.0003	0.0005	0.0001	0.0002
SOT2	4.0000	4.0000	SISMOE031XX	SISMOE031YY	0.000	0.001	0.0002	0.0005	0.0002	0.0005	0.0000	0.0001
TOTAL (tonf)	**41.37**	**0.00**			**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

A continuación, con los datos obtenidos y las alturas de entrepiso, podemos graficar los desplazamientos y derivas de la estructura:

Gráfico 99

Desplazamientos Eje X SECTOR 01.

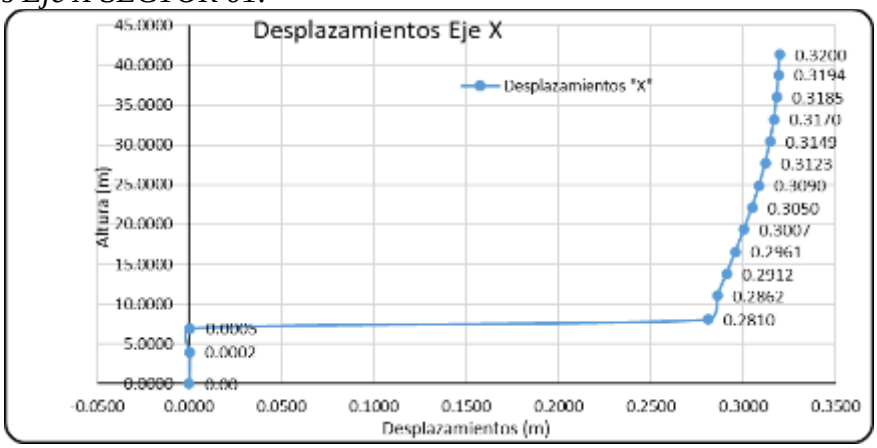


Gráfico 100

Desplazamientos Eje Y SECTOR 01.

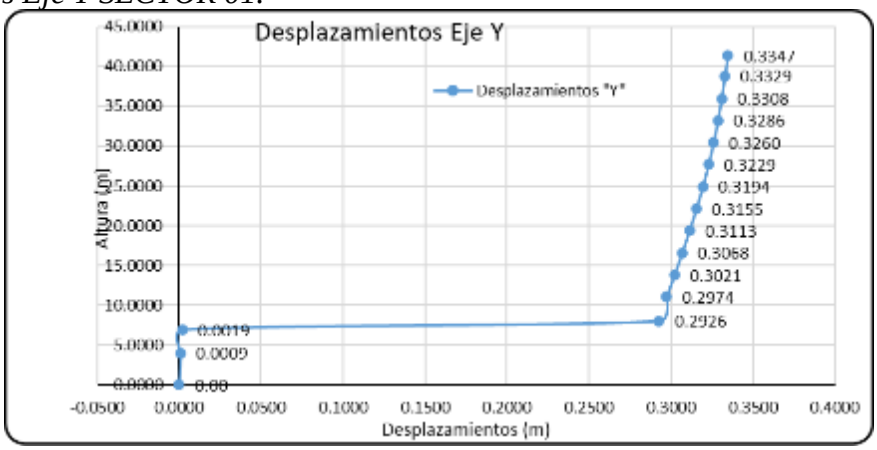


Gráfico 101

Derivas Eje X SECTOR 01 para la SUPERESTRUCTURA.

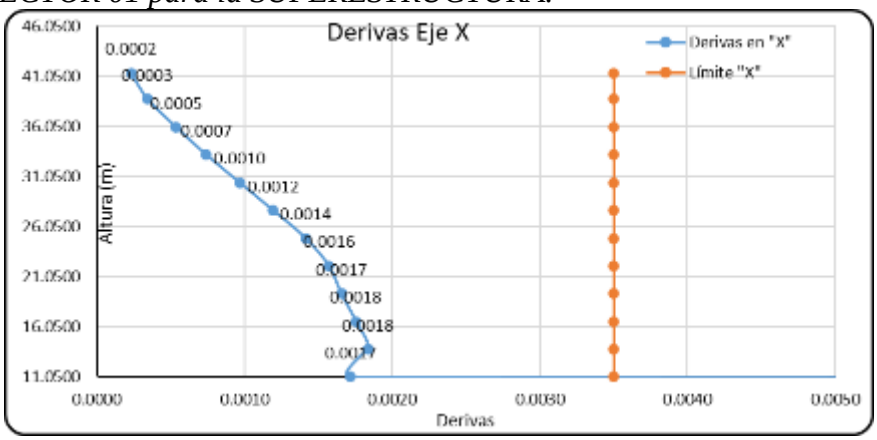


Gráfico 102

Derivas Eje Y SECTOR 01 para la SUPERESTRUCTURA.

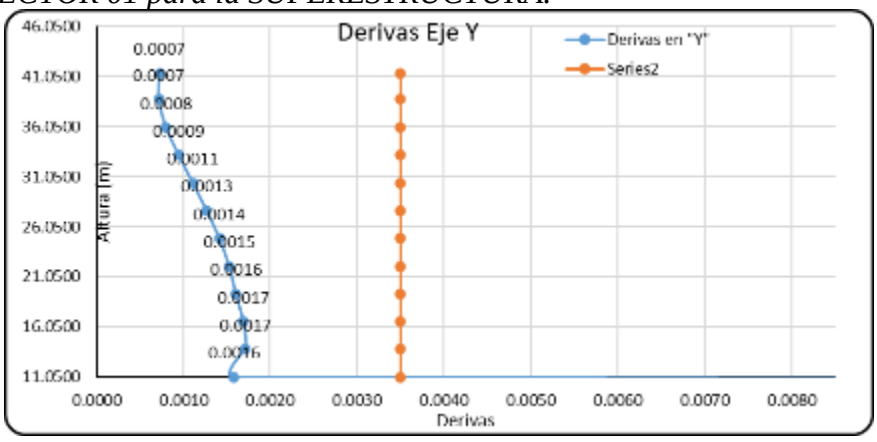


Gráfico 103

Derivas Eje X SECTOR 01 para la SUBESTRUCTURA.

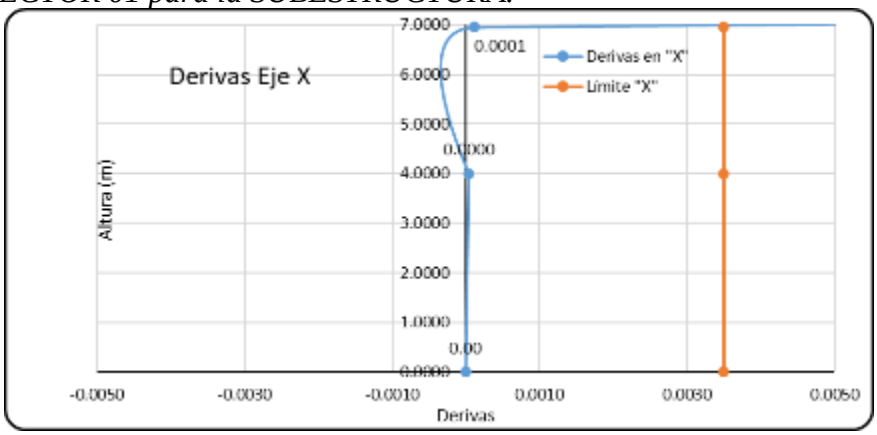


Gráfico 104

Derivas Eje Y SECTOR 01 para la SUBESTRUCTURA.

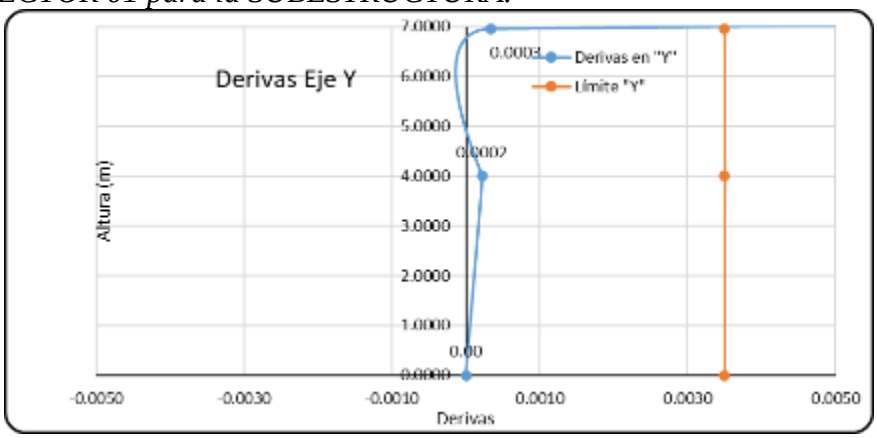


Gráfico 105

Desplazamientos Eje X SECTOR 02.

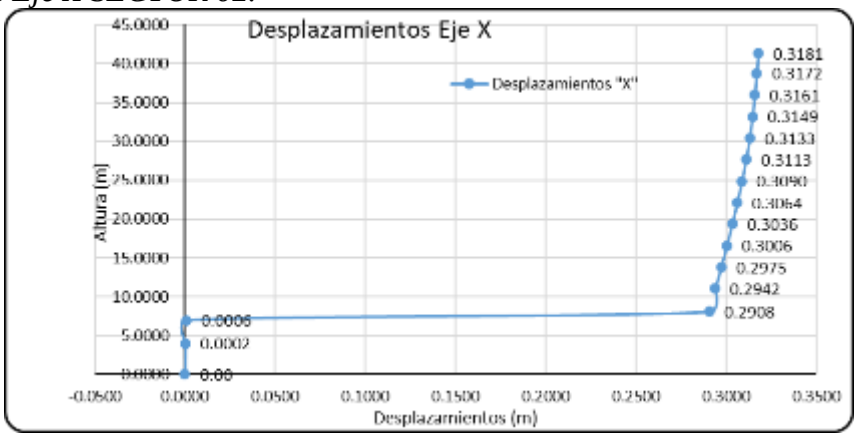


Gráfico 106

Desplazamientos Eje Y SECTOR 02.

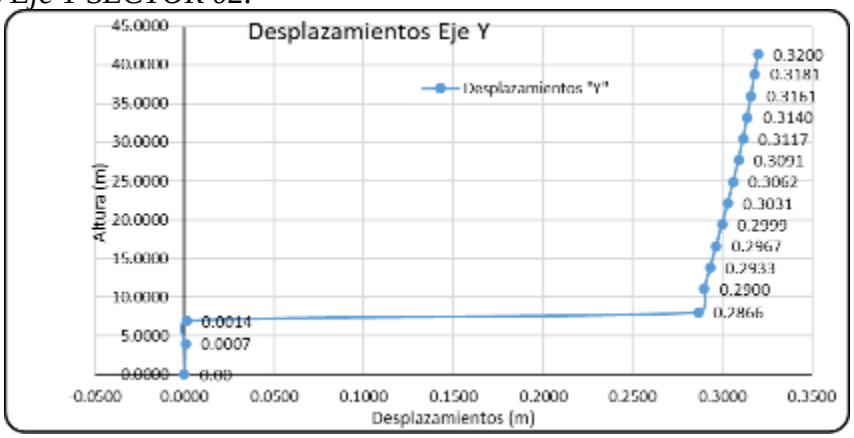


Gráfico 107

Derivas Eje X SECTOR 02 para la SUPERESTRUCTURA.

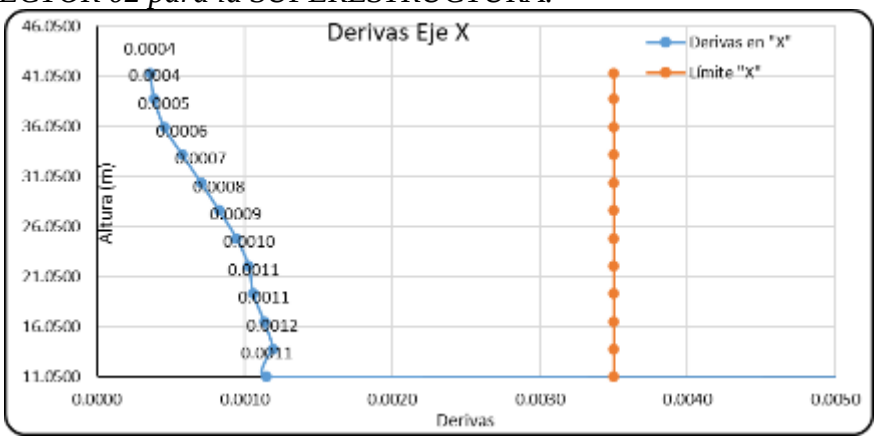


Gráfico 108

Derivas Eje Y SECTOR 02 para la SUPERESTRUCTURA.

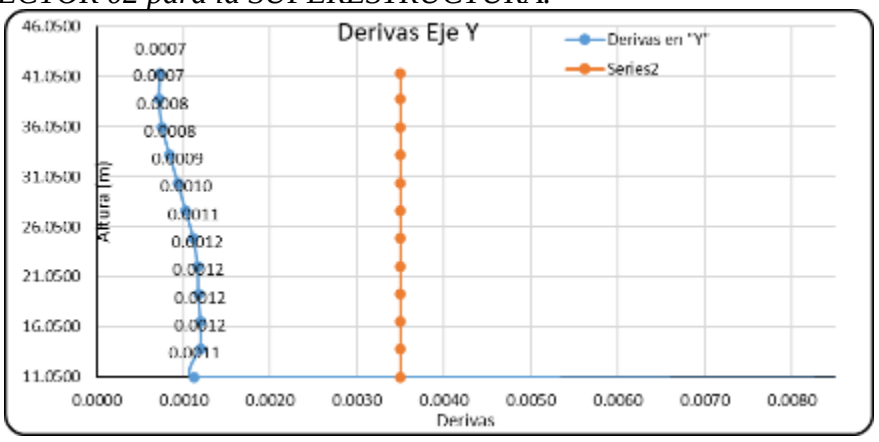


Gráfico 109

Derivas Eje X SECTOR 02 para la SUBESTRUCTURA.

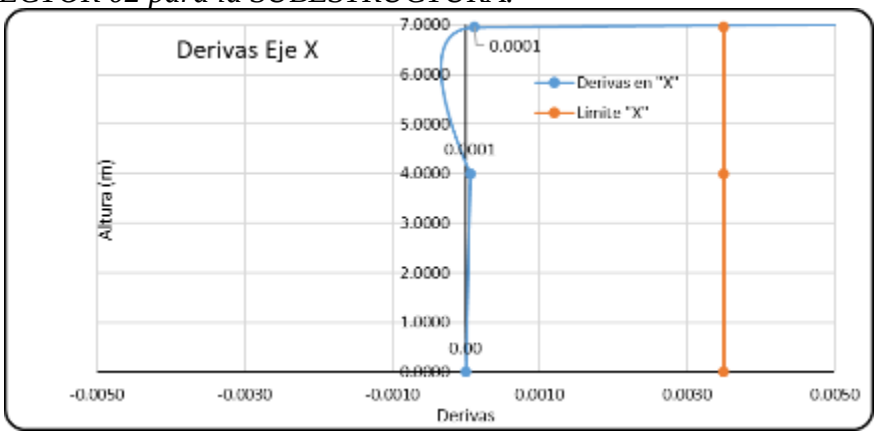
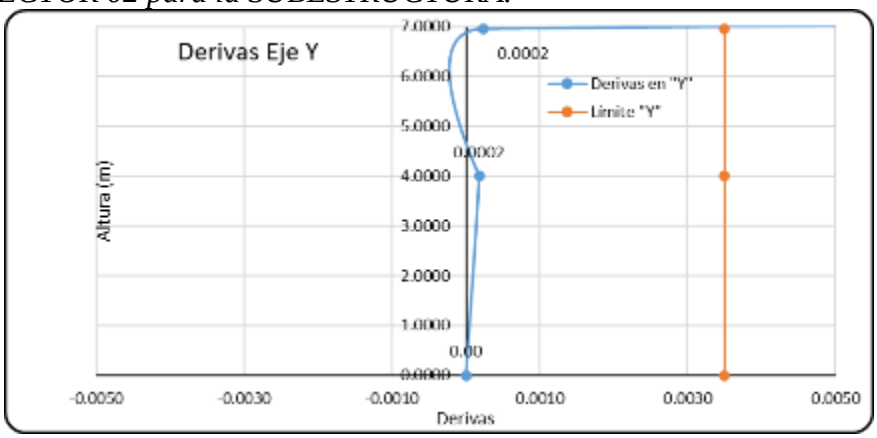


Gráfico 110

Derivas Eje Y SECTOR 02 para la SUBESTRUCTURA.



8.5 Análisis Tiempo Historia

Para el análisis consideraremos los aisladores como elementos en el rango de la no linealidad, por ende, no será necesario asumir amortiguamiento en el espectro objetivo, únicamente consideraremos un amortiguamiento inherente del 3% en la creación de los registros sísmicos que serán escalados.

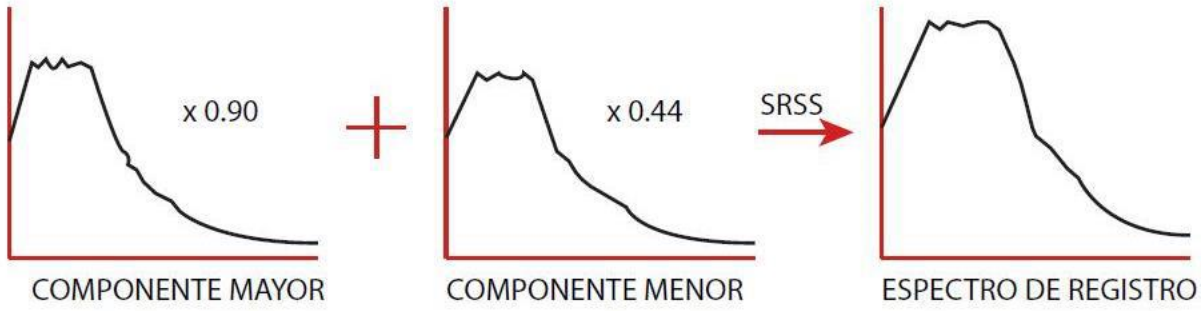
Teniendo en cuenta la normativa de la ASCE 7, para los registros compatibles, cada componente del par se debe escalar en el rango de período de 0 2 TM λmax a 1 25 TM λmin el espectro de respuesta de un componente escalado del par debe ser al menos el 90 de la ordenada correspondiente del espectro de respuesta utilizado en el diseño.

$$SRSS = \sqrt{(0.90\ EO)^2 + (0.44\ NS)^2}\ y\ \sqrt{(0.90\ NS)^2 + (0.44\ EO)^2}$$

Según la fórmula indicada, se debe usar el 90% de la señal de una componente más el 44% de su par en el otro sentido.

Figura 66

Gráfico de combinación de señales SRSS.



Empezamos por definir el espectro objetivo con los siguientes parámetros:

Tabla 134

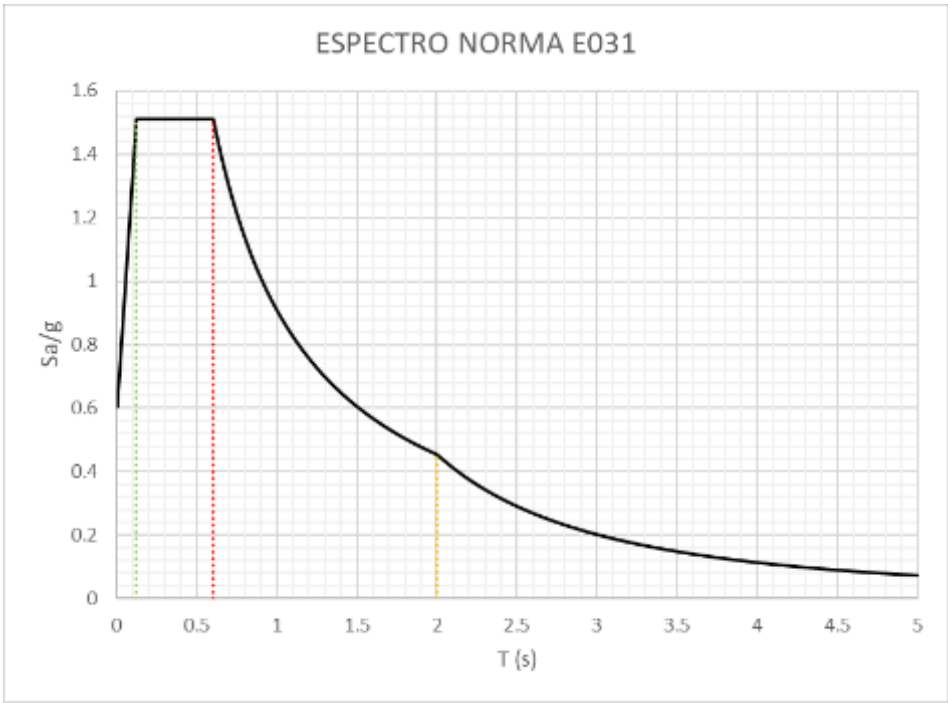
Parámetros para la elaboración del espectro de respuesta objetivo.

	ESTRUCTURA BASE AISLADA
Z	0.35
U	1
C	
S	1.15
R	1
B_M	1
T_p	0.6
	0.6
T_L	2
	2
$0.2T_p$	0.12
	0.12

Con estos datos graficamos el espectro objetivo:

Gráfico 111

Espectro objetivo.



Seguidamente con ayuda de los programas Seismo Signal y Seismo Match, procedemos a ingresar los acelerogramas y escalarlos en el rango de periodos que estamos analizando, es decir, como el periodo de nuestra estructura oscila entre los 3.6 s, debemos intervenir entre 0.72s hasta 4.5s para el escalamiento de los acelerogramas según la normativa.

Mostramos los acelerogramas escalados que ingresarán al programa de cálculo computarizado:

Gráfico 112

Acelerograma escalado del sismo de ANCASH 1970

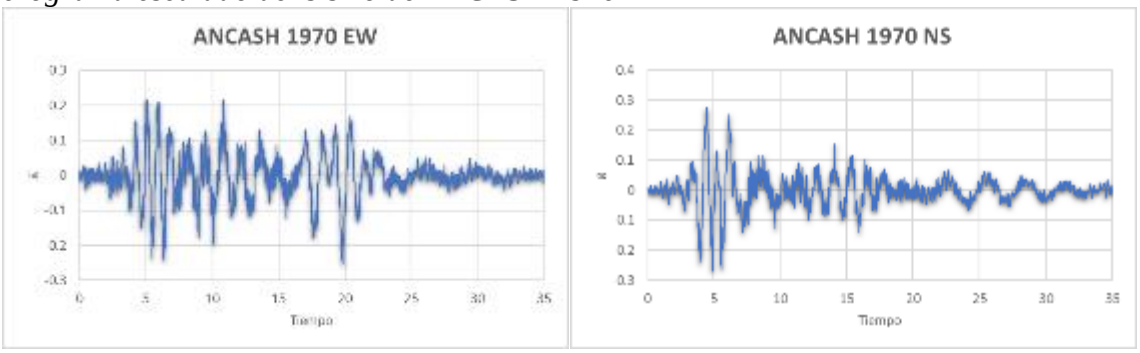


Gráfico 113

Acelerograma escalado del sismo de CARAVELÍ 2017

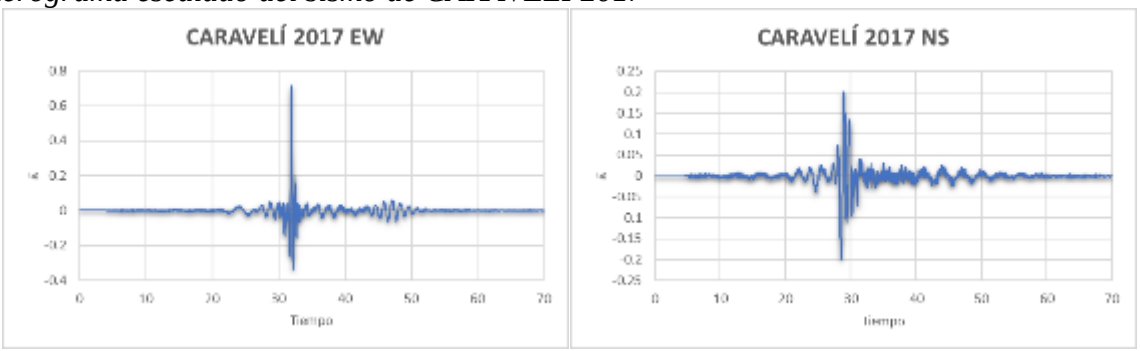


Gráfico 114

Acelerograma escalado del sismo de LIMA 1966.

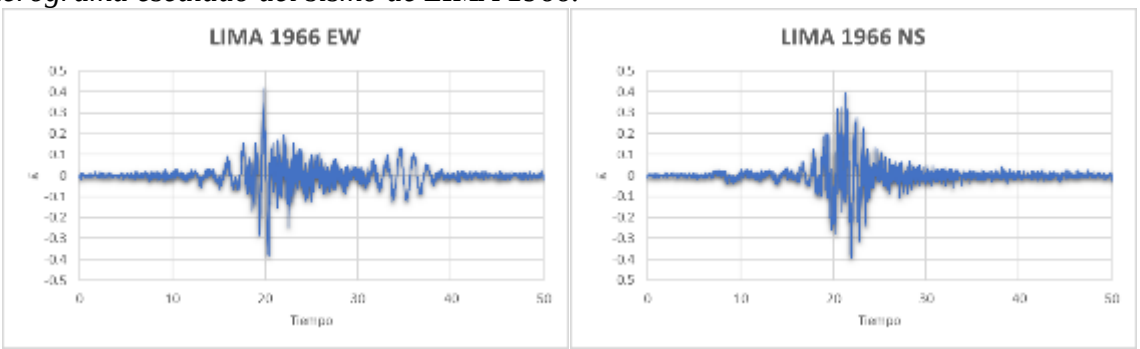


Gráfico 115

Acelerograma escalado del sismo de LIMA 1974.

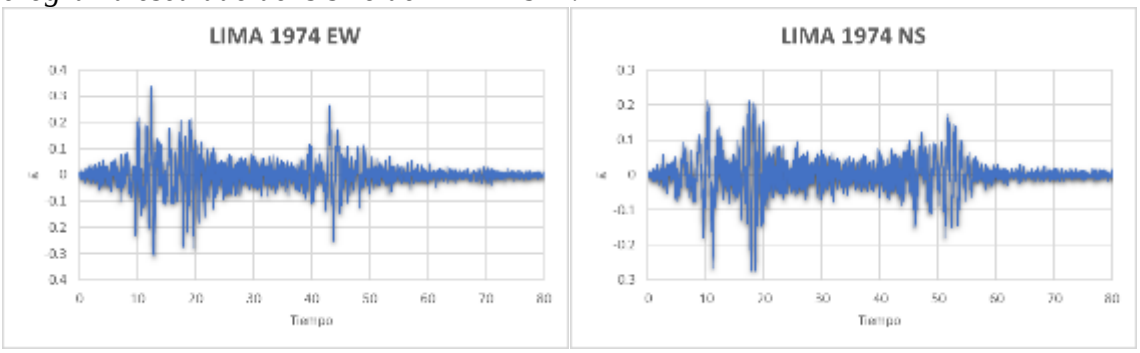


Gráfico 116

Acelerograma escalado del sismo de MAULE CHILE 2010.

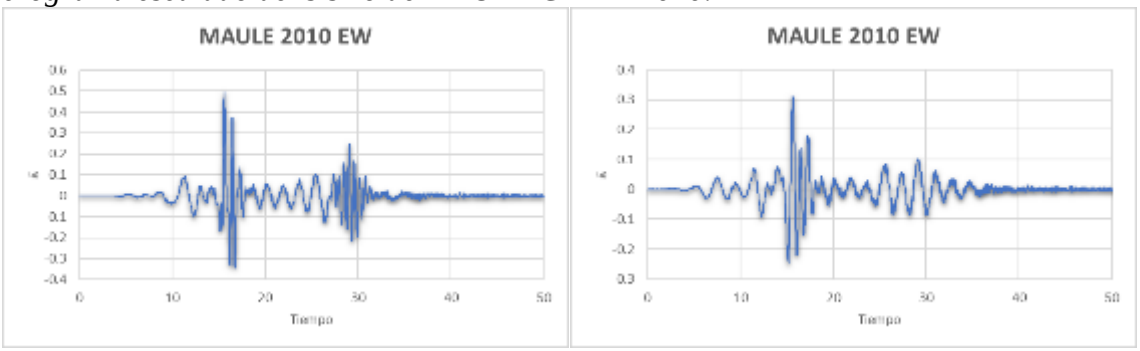


Gráfico 117

Acelerograma escalado del sismo de ICA 2007.

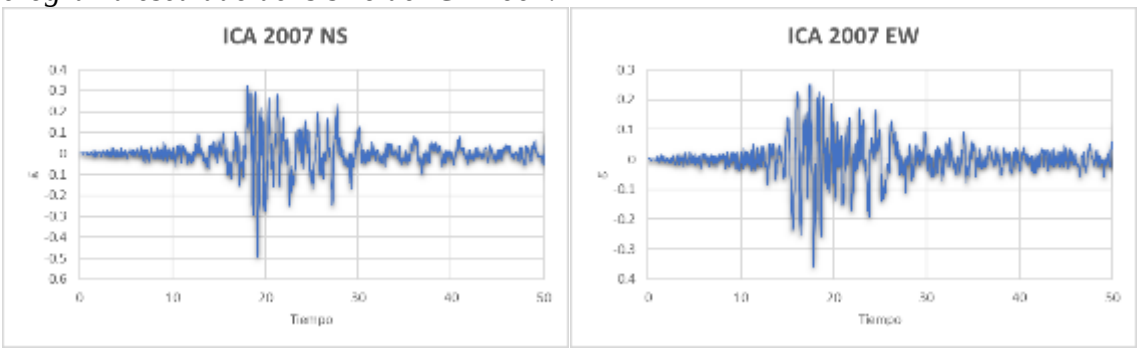
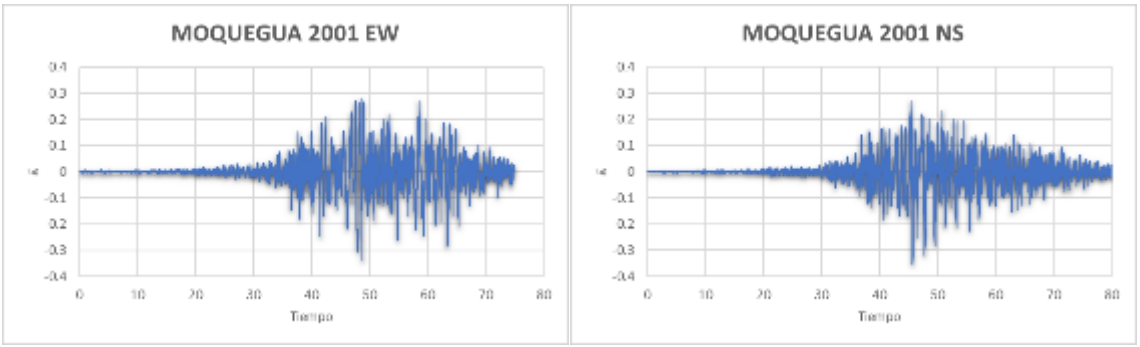


Gráfico 118

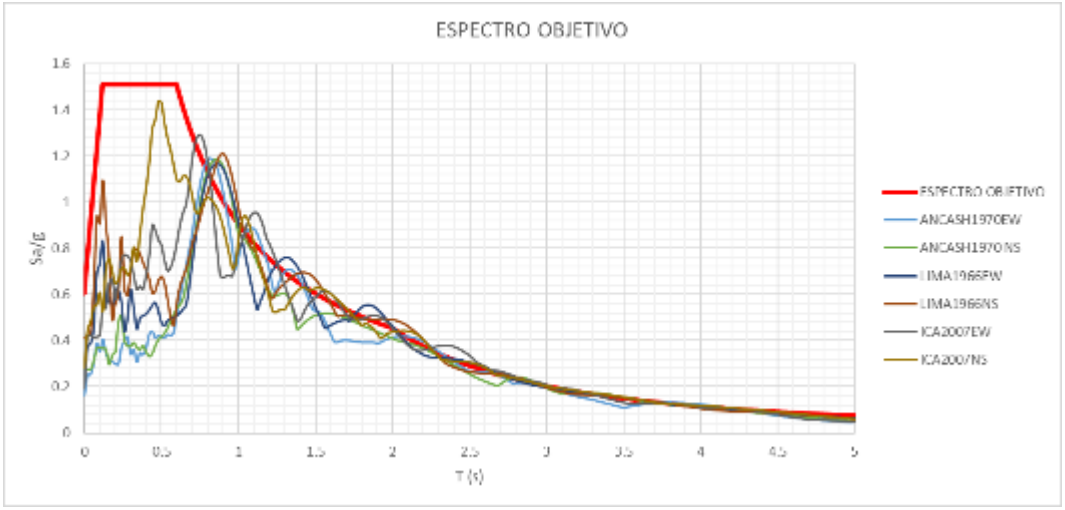
Acelerograma escalado del sismo de MOQUEGUA 2001.



Lo que se pretende es construir una lista de registros que estén escalados a nivel del espectro objetivo calculado anteriormente, en el siguiente gráfico se muestras los escalamientos de los sismos indicados para mejor interpretación:

Gráfico 119

Espectros objetivos de aceleraciones vs tiempo con los sismos indicados y escalados para mejor apreciación.



A continuación, se ingresan los datos al programa, haciendo hincapié en que debemos asignar las propiedades no lineales de los aisladores que se muestran a continuación:

Tabla 135

SECTOR 01 HDR 90CM

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	1.766E+05	2.207E+05	4.414E+05	**tonf/m**
Effective Damping	2.488E+02	2.781E+02	3.934E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	7.418E+01	9.284E+01	1.854E+02	**tonf/m**
Effective Damping	1.612E+01	1.809E+01	2.564E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.015E-01	4.015E-01	4.015E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	5.503E+02	6.878E+02	1.376E+03	**tonf/m**
Yield Strenght	6.809E+00	8.512E+00	1.715E+01	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Tabla 136

SECTOR 01 HDR1 72.5CM

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	1.089E+05	1.362E+05	2.724E+05	**tonf/m**
Effective Damping	1.528E+02	1.708E+02	2.416E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	4.684E+01	5.855E+01	1.169E+02	**tonf/m**
Effective Damping	9.966E+00	1.123E+01	1.574E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.215E-01	4.215E-01	4.215E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	3.470E+02	4.338E+02	8.675E+02	**tonf/m**
Yield Strenght	4.289E+00	5.368E+00	1.079E+01	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Tabla 137

SECTOR 01 HDR2 82.5CM

		LINEAR PROPERTIES		
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	1.384E+05	1.730E+05	3.459E+05	**tonf/m**
Effective Damping	1.977E+02	2.210E+02	3.125E+02	**tonf.s/m**
		LINEAR PROPERTIES		
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	6.007E+01	7.516E+01	1.502E+02	**tonf/m**
Effective Damping	1.348E+01	1.512E+01	2.133E+01	**tonf.s/m**
		SHEAR DEFORMATION LOCATION		
Distance form End-J	4.215E-01	4.215E-01	4.215E-01	**m**
		NONLINEAR PROPERTIES		
Stiffness	4.397E+02	5.496E+02	1.099E+03	**tonf/m**
Yield Strenght	5.661E+00	7.076E+00	1.415E+01	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Tabla 138

SECTOR 01 HDR3 65CM

		LINEAR PROPERTIES		
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	8.617E+04	1.077E+05	2.154E+05	**tonf/m**
Effective Damping	9.608E+01	1.074E+02	1.519E+02	**tonf.s/m**
		LINEAR PROPERTIES		
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	3.949E+01	4.929E+01	9.869E+01	**tonf/m**
Effective Damping	5.976E+00	6.647E+00	9.490E+00	**tonf.s/m**
		SHEAR DEFORMATION LOCATION		
Distance form End-J	3.890E-01	3.890E-01	3.890E-01	**m**
		NONLINEAR PROPERTIES		
Stiffness	3.016E+02	3.770E+02	7.540E+02	**tonf/m**
Yield Strenght	3.393E+00	4.241E+00	8.430E+00	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Tabla 139

SECTOR 01 DESLIZADOR

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	8.283E+05	8.283E+05	8.283E+05	**tonf/m**
Effective Damping	4.213E+02	4.213E+02	4.213E+02	**tonf.s/m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Effective Stiffness	8.283E+05	8.283E+05	8.283E+05	
Effective Damping	4.213E+02	4.213E+02	4.213E+02	
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	2.404E+01	3.990E+01	8.410E+01	**tonf/m**
Effective Damping	2.887E-03	3.741E-03	5.402E-03	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	1.000E+01	1.000E+01	1.000E+01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	∞	∞	∞	**tonf/m**
Friction Coefficient. Slow	4.00%	4.00%	4.00%	**%**
Friction Coefficient. Fast	4.00%	4.00%	4.00%	**%**
Rate Parameter	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	**s/m**
Net Pendulum Radius	∞	∞	∞	**m**

Tabla 140

SECTOR 02 HDR 85CM

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	1.779E+05	2.223E+05	4.447E+05	**tonf/m**
Effective Damping	2.421E+02	2.706E+02	3.828E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	6.746E+01	8.421E+01	1.683E+02	**tonf/m**
Effective Damping	1.446E+01	1.625E+01	2.270E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			

Distance form End-J	4.085E-01	4.085E-01	4.085E-01	**m**
		NONLINEAR PROPERTIES		
Stiffness	5.058E+02	6.323E+02	1.265E+03	**tonf/m**
Yield Strenght	6.032E+00	7.540E+00	1.508E+01	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Tabla 141

SECTOR 02 HDR1 70CM

		LINEAR PROPERTIES		
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	9.946E+04	1.243E+05	2.487E+05	**tonf/m**
Effective Damping	1.383E+02	1.546E+02	2.186E+02	**tonf.s/m**
		LINEAR PROPERTIES		
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	4.256E+01	5.314E+01	1.065E+02	**tonf/m**
Effective Damping	9.307E+00	1.037E+01	1.473E+01	**tonf.s/m**
		SHEAR DEFORMATION LOCATION		
Distance form End-J	4.390E-01	4.390E-01	4.390E-01	**m**
		NONLINEAR PROPERTIES		
Stiffness	3.123E+02	3.904E+02	7.808E+02	**tonf/m**
Yield Strenght	3.982E+00	4.977E+00	9.955E+00	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Tabla 142

SECTOR 02 HDR2 80 CM

		LINEAR PROPERTIES		
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	1.264E+05	1.580E+05	3.160E+05	**tonf/m**
Effective Damping	1.816E+02	2.030E+02	2.871E+02	**tonf.s/m**
		LINEAR PROPERTIES		
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	5.625E+01	7.033E+01	1.406E+02	**tonf/m**
Effective Damping	1.254E+01	1.403E+01	1.981E+01	**tonf.s/m**

	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.215E-01	4.215E-01	4.215E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	4.118E+02	5.147E+02	1.029E+03	**tonf/m**
Yield Strenght	5.301E+00	6.627E+00	1.325E+01	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Tabla 143

SECTOR 02 HDR2 67.5 CM

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	7.223E+04	9.029E+04	1.806E+05	**tonf/m**
Effective Damping	9.501E+01	1.062E+02	1.502E+02	**tonf.s/m**
	LINEAR PROPERTIES			
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	3.742E+01	4.676E+01	9.347E+01	**tonf/m**
Effective Damping	7.539E+00	8.362E+00	1.181E+01	**tonf.s/m**
	SHEAR DEFORMATION LOCATION			
Distance form End-J	4.490E-01	4.490E-01	4.490E-01	**m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Stiffness	2.677E+02	3.347E+02	6.694E+02	**tonf/m**
Yield Strenght	3.696E+00	4.602E+00	9.204E+00	**tonf**
Post YIELD Stiffness Ratio	1.000E-01	1.000E-01	1.000E-01	

Tabla 144

SECTOR 02 DESLIZADOR

	LINEAR PROPERTIES			
	U1	**U1**	**U1**	
Effective Stiffness	6.626E+05	6.626E+05	6.626E+05	**tonf/m**
Effective Damping	2.878E+02	2.878E+02	2.878E+02	**tonf.s/m**
	NONLINEAR PROPERTIES			
Effective Stiffness	6.626E+05	6.626E+05	6.626E+05	

Effective Damping	2.878E+02	2.878E+02	2.878E+02	
		LINEAR PROPERTIES		
	U2, U3	**U2, U3**	**U2, U3**	
Effective Stiffness	1.400E+01	2.329E+01	4.892E+01	**tonf/m**
Effective Damping	1.683E-03	2.183E-03	3.146E-03	**tonf.s/m**
		SHEAR DEFORMATION LOCATION		
Distance form End-J	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	**m**
		NONLINEAR PROPERTIES		
Stiffness	∞	∞	∞	**tonf/m**
Friction Coefficient. Slow	4.00%	4.00%	4.00%	**%**
Friction Coefficient. Fast	4.00%	4.00%	4.00%	**%**
Rate Parameter	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	**s/m**
Net Pendulum Radius	∞	∞	∞	**m**

Una vez ingresados los datos, obtenemos los desplazamientos para compararlos con los obtenidos por el análisis estático y dinámico.

Para el SECTOR 01 tenemos los siguientes gráficos:

Gráfico 120

Gráfico de desplazamientos en sentido X debido a la combinación de acelerogramas para el SECTOR 01:

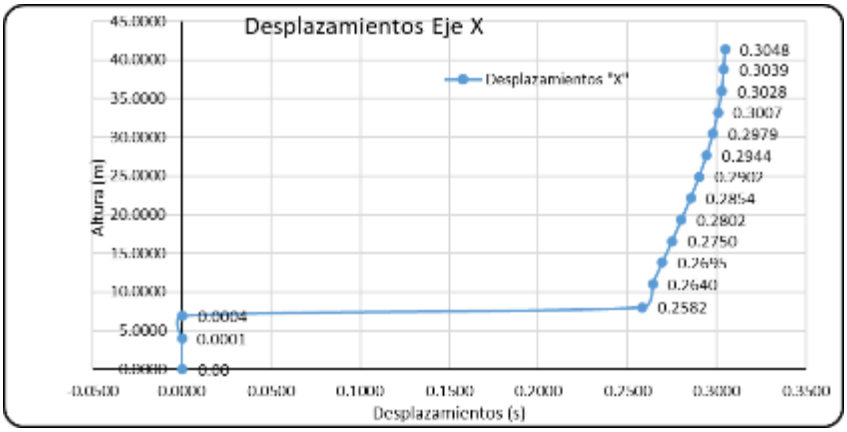


Gráfico 121

Gráfico de desplazamientos en sentido Y debido a la combinación de acelerogramas para el SECTOR 01:

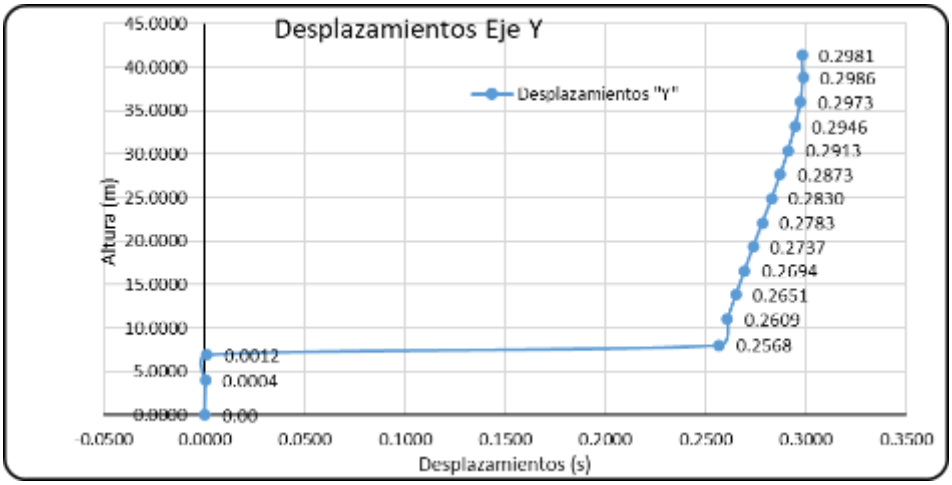


Gráfico 122

Gráfico de derivas de la superestructura en sentido X debido a la combinación de acelerogramas para el SECTOR 01:

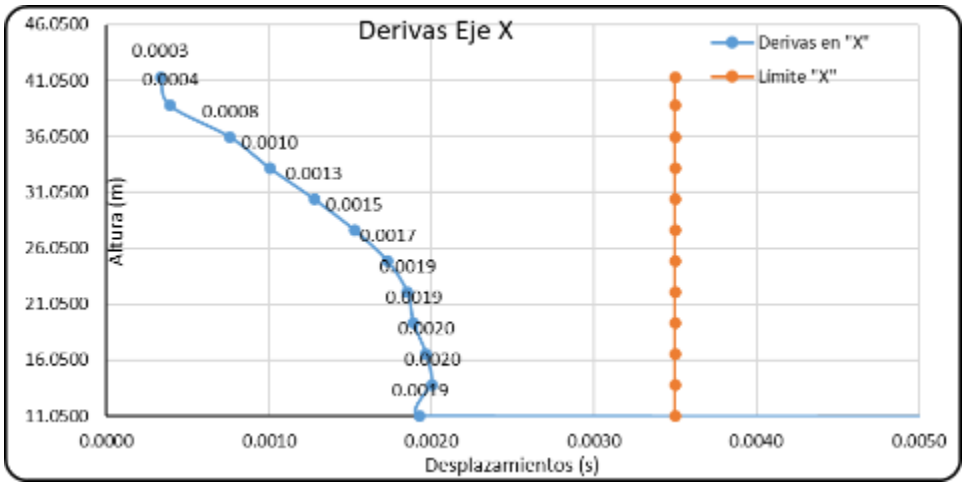
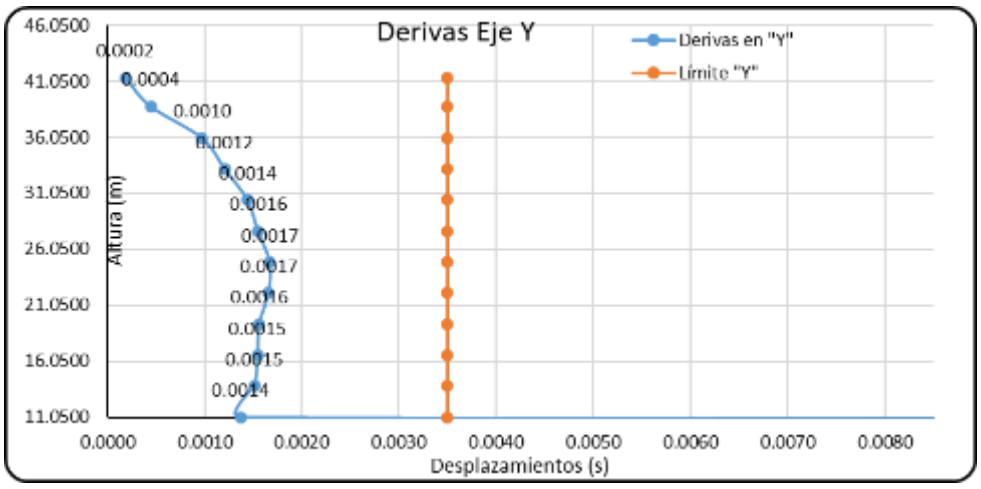


Gráfico 123

Gráfico de derivas de la superestructura en sentido Y debido a la combinación de acelerogramas para el SECTOR 01:



Para el SECTOR 02 tenemos los siguientes gráficos:

Gráfico 124

Gráfico de desplazamientos en sentido X debido a la combinación de acelerogramas para el SECTOR 02:

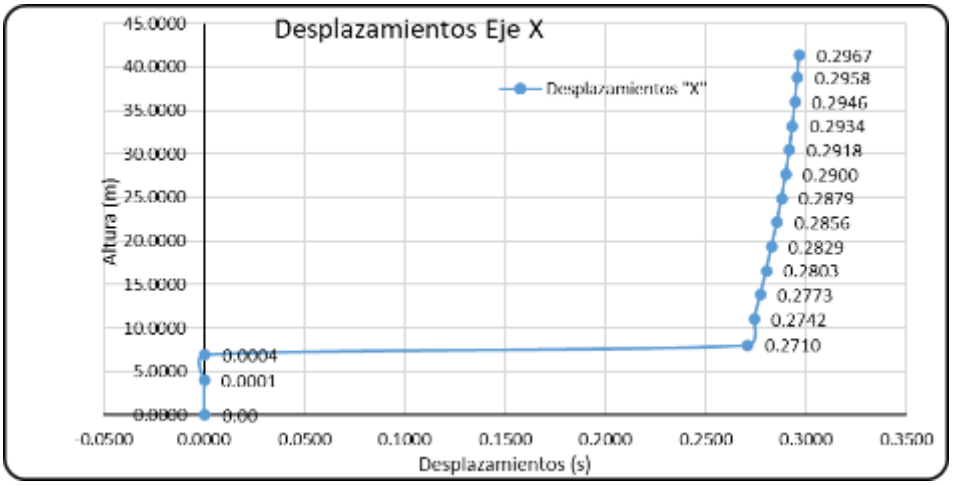


Gráfico 125

Gráfico de desplazamientos en sentido Y debido a la combinación de acelerogramas para el SECTOR 02:

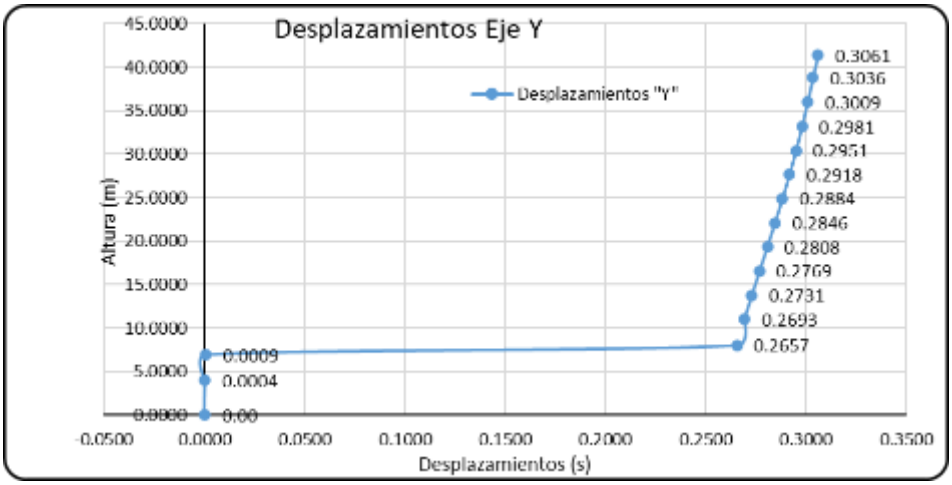


Gráfico 126

Gráfico de derivas de la superestructura en sentido X debido a la combinación de acelerogramas para el SECTOR 02:

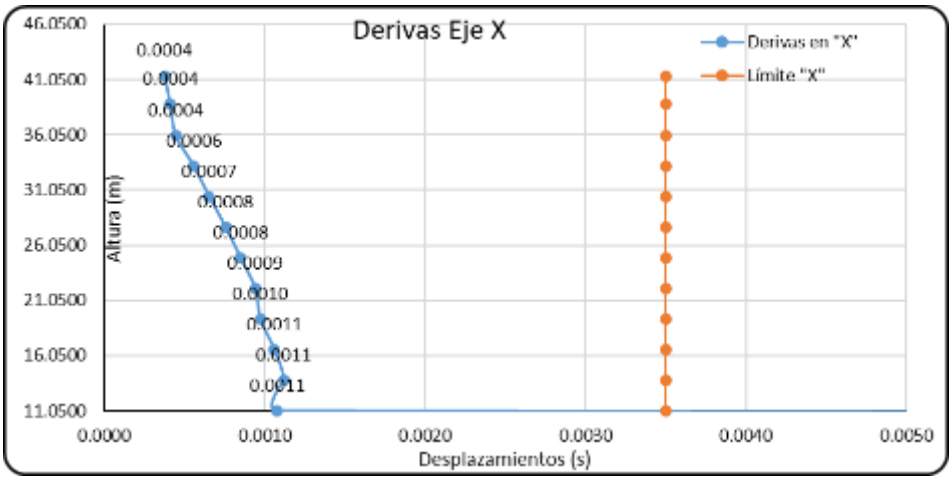
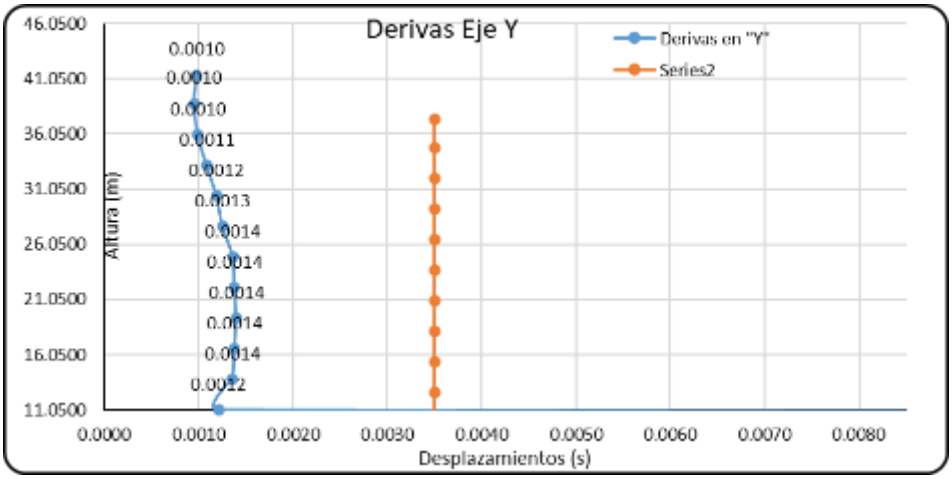


Gráfico 127

Gráfico de derivas de la superestructura en sentido Y debido a la combinación de acelerogramas para el SECTOR 02:



De los resultados de desplazamientos, podemos deducir que los valores obtenidos son muy parecidos a los que obtuvimos en el cálculo manual por hojas de cálculo y del análisis modal espectral.

CAPÍTULO IX

9. DISEÑO DE LA INTERFAZ DE AISLACIÓN

Para el diseño de los elementos, tendremos en cuenta que estaremos tomando los elementos con mayor carga de los siguientes ítems.

a) Interfaz de aislación

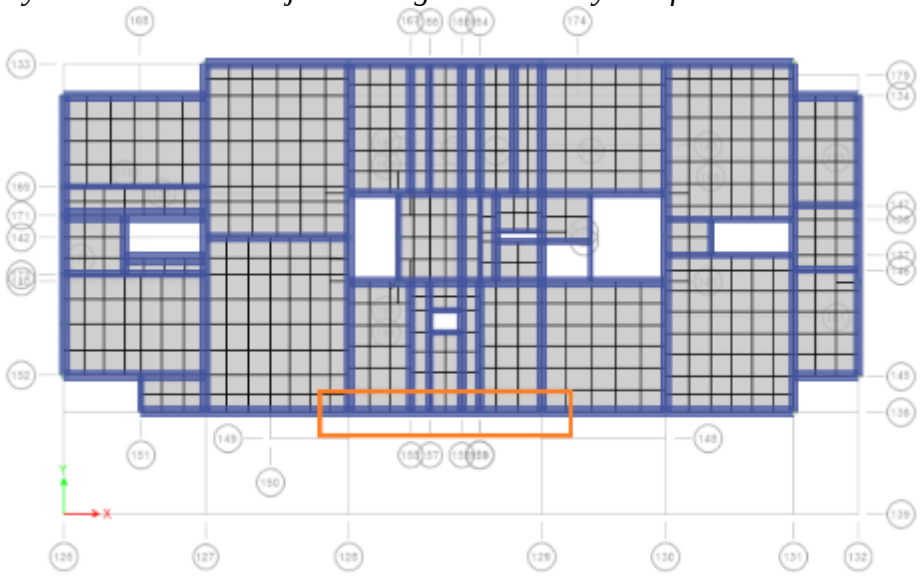
Diseño de viga y de losa de aislación.

9.1 Diseño de vigas de la interfaz de aislación.

Para el diseño de vigas de la interfaz de aislación, tomaremos en cuenta los valores que nos ofrece el modelo matemático computarizado. Para iniciar el diseño, mostramos las fuerzas obtenidas, comenzando por mostrar el panorama general de cada uno de los valores a analizar.

Figura 67

Vista en planta y selección en naranja de la viga con las mayores fuerzas.

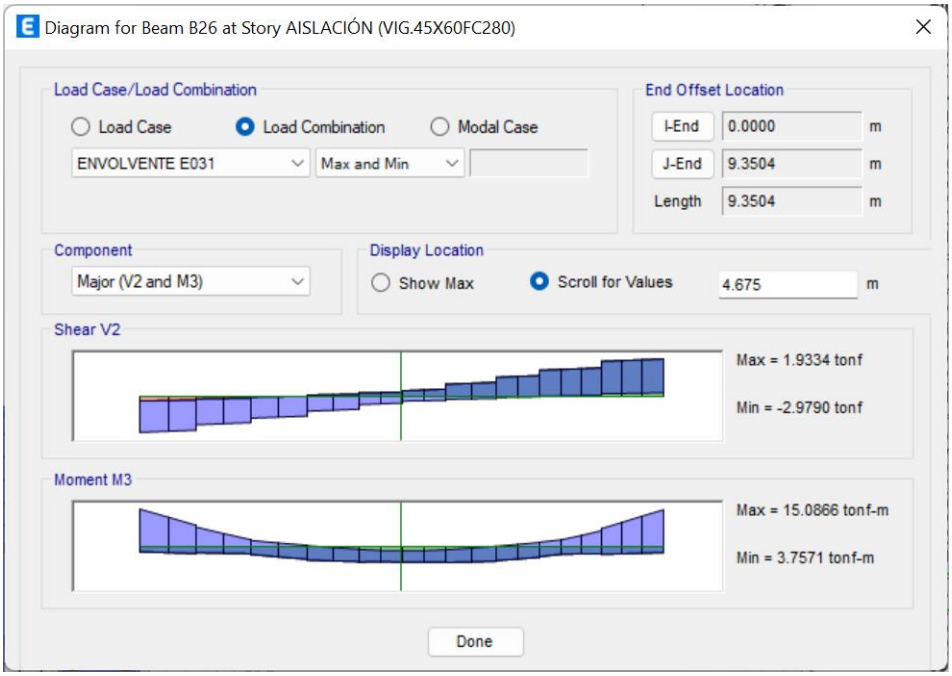


Mostramos las momentos y fuerzas que se dan en la viga para su diseño:

Figura 68

Diagrama de Momentos flectores en tonf.m y Fuerzas cortantes en tonf.



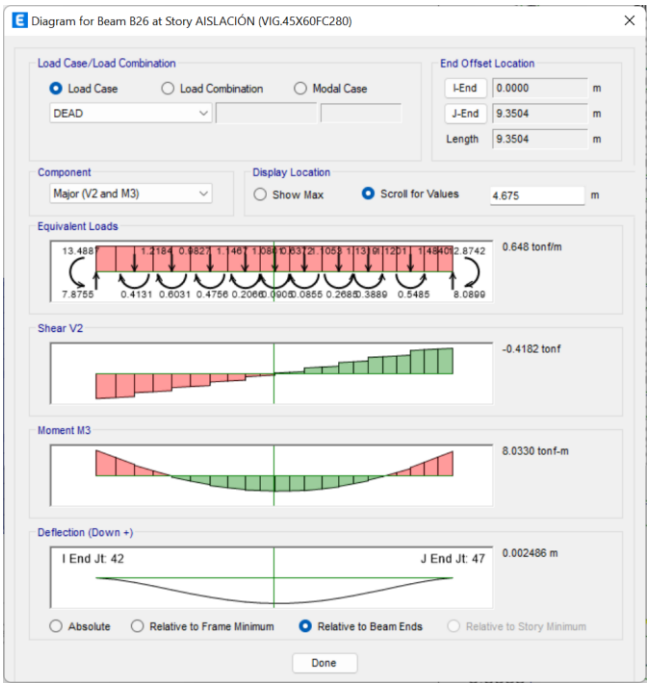


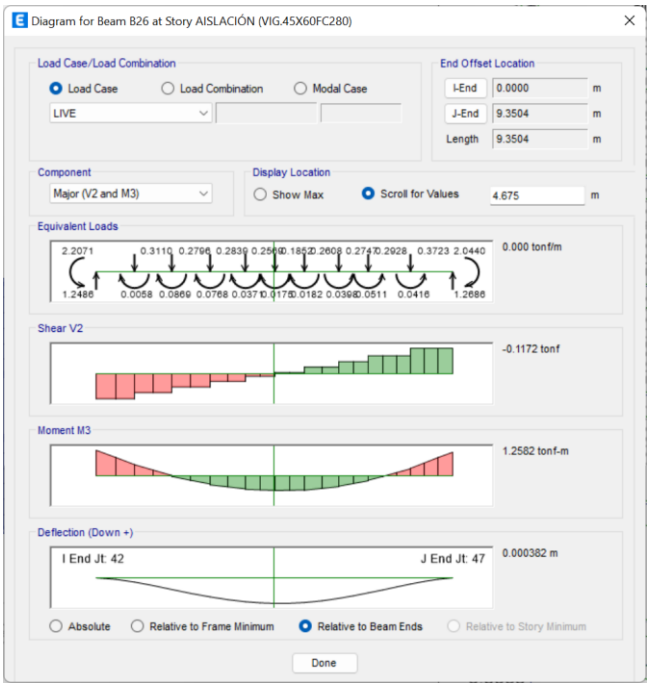
De las figuras mostradas podemos obtener que los valores necesarios para poder comenzar con el diseño de las vigas son: En momento positivo tenemos el valor de 15.0866 tonf.m y para el

momento negativo tenemos -36.7102 tonf.m. Además de ello para las fuerzas cortantes tenemos que para el lado izquierdo el valor es de -16.5136 tonf y para el lado derecho 17.2801.

Figura 69

Momentos y deflexiones por carga muerta y viva obtenidos del programa para el diseño de la viga más cargada.





De la figura mostrada podemos obtener los valores necesarios para el cálculo de deflexiones y fisuraciones que, para carga muerta tenemos un momento de 8.0330 tonf.m y una deflexión de 0.002486 m y para la carga viva un momento de 1.2582 tonf.m y una deflexión de 0.000382 m.

Con los valores mostrados iniciamos con el diseño de la sección planteada, planteado en el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES:

Tabla 145

Datos de entrada para momento positivo.

01.- DATOS DE ENTRADA PARA MOMENTO (+)		
01.01.- Propiedades geométricas de la sección.		
B (cm)	45.000	Ancho de viga.
H (cm)	60.000	Peralte total de la viga.
Num. Capas	1.000	Número de capas en la sección.
R (cm)	6.000	Recubrimiento inferior de la viga.
D (cm)	54.000	Peralte efectivo de la viga.
D' (cm)	6.000	Recubrimiento superior de la viga.
01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.		
F'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
F_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Módulo de elasticidad del acero.
E_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.
E_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
B_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión
$Ø_{flexión}$	0.900	
M_u (tonf.m)	15.087	

01.- DATOS DE ENTRADA PARA MOMETNO (-).		
01.01.- Propiedades geométricas de la sección.		
b (cm)	45.000	Ancho de viga.
h (cm)	65.000	Peralte total de la viga.

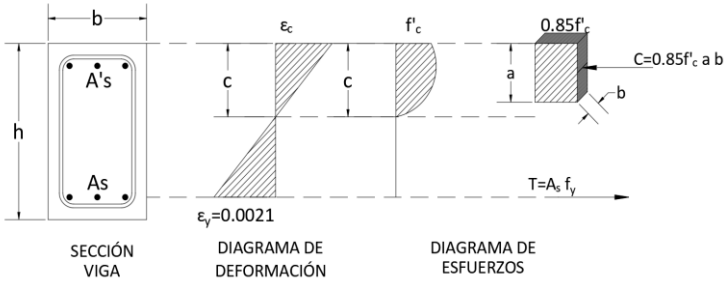
Num. Capas	2.000	Número de capas en la sección.
r (cm)	9.000	Recubrimiento inferior de la viga.
d (cm)	56.000	Peralte efectivo de la viga.
d' (cm)	6.000	Recubrimiento superior de la viga.
01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.		
f'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
f_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Módulo de elasticidad del acero.
ε_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.
ε_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
β_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión
$Ø_{flexión}$	0.900	
M_u (tonf.m)	42.797	

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el diseño en flexión, usaremos los lineamientos de las fórmulas de Whitney para vigas simplemente reforzadas.

Figura 70

HIPÓTESIS DE LAS FÓRMULAS DE WHITNEY PARA VIGAS SIMPLEMENTE REFORZADAS



$$C = 0.85\, f'_c\, a\, b \;\; \therefore a = \beta_1\, c$$

$$T = A_s\, f_y$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow 0.85\, f'_c\, a\, b = \ A_s\, f_y \ \rightarrow a = \frac{A_s\, f_y}{0.85\, f'_c\, a\, b}$$

$$\sum M = 0 \rightarrow M_n = \ A_s\, f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0.85\, f'_c\, a\, b \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_n = \ A_s\, f_y \left(d - \frac{A_s\, f_y}{1.70\, f'_c\, b}\right) \rightarrow M_n = A_s\, f_y \left(d - \frac{A_s\, f_y}{1.70\, f'_c\, b} \ \frac{d}{d}\right)$$

$$\rho = \ \frac{A_s}{b\, d} \ \therefore \ \omega = \ \rho\ \frac{f_y}{f'_c} \ \rightarrow \ \rho = \omega\ \frac{f'_c}{f_y}$$

$$M_n = \ A_s\, f_y \left(d - \frac{\rho f_y}{1.70\, f'_c\, b}\right) \rightarrow M_n = A_s\, f_y \left(d - \frac{\omega}{1.70\ d}\ \right)$$

$$M_n = \ \rho\, b\, d\, f_y\, d\, (1 - 0.59\, \omega) \rightarrow M_n = b\, d^2\, f'_c\, (\omega - 0.59\, \omega^2)$$

$$M_n = \ \emptyset\, b\, d^2\, f'_c\, (\omega - 0.59\, \omega^2) \rightarrow M_n = 0.59\, \omega^2 - \omega + \ \frac{M_n}{\emptyset\, b\, d^2\, f'_c} = 0$$

Además de las fórmulas mostradas, debemos tener en cuenta el módulo de ruptura del concreto y el momento de agrietamiento de la sección, así como también las cuantías mínimas definidas a continuación:

$$f_r = \ \sqrt{f'_c}$$

$$M_{cr} = \ \frac{f_r\, I_g}{Y_t}$$

$$\rho_{min} = \ \frac{0.85\, f'_c}{f_y} \ \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\ \frac{\emptyset\, M_n}{\emptyset_{flexión}\, b\, d^2}}{0.85\, f'_c}}\right)$$

$$\rho_{min} = \frac{0.70\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

Con estos valores podemos definir la siguiente tabla:

Tabla 146

Refuerzo mínimo de elementos sometidos a flexión:

02.- REFUERZO MÍNIMO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN.		
02.01.- Refuerzo mínimo según artículo 10.5.1.		
f_r (kgf/cm2)	33.466	Módulo de ruptura del concreto.
I_g (cm4)	810000.000	Inercia bruta de la sección.
Y_t (cm)	30.000	Centroide de la sección (h/2).
M_{cr} (tonf.m)	9.036	Momento de agrietamiento de la sección.
ØM_n (tonf.m)	10.843	Verificación de ØM_n >= 1.2 M_{cr}
ρ_{min_1}	0.0022	Cuantía mínima de refuerzo por agrietamiento.
A_{smin_1} (cm2)	5.419	Acero mínimo por agrietamiento.
02.02.- Refuerzo mínimo según artículo 10.5.2.		
ρ_{min}	0.0028	
A_{smin_2} (cm2)	6.400	Acero mínimo por normativa.
02.03.- Refuerzo mínimo requerido.		
A_{smin} (cm2)	6.400	Acero mínimo de refuerzo requerido.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

A continuación, definimos la fórmula para cuantía balanceada y poder definir la tabla con la cuantía mínima necesaria:

$$\rho_b = 0.85\,\beta_1\,\frac{f'_c}{f_y}\left(\frac{\varepsilon_c\,E_s}{\varepsilon_c\,E_s + f_y}\right)$$

Tabla 147

Refuerzo máximo en elementos sometidos a flexión.

03.- REFUERZO MÁXIMO EN ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN ARTÍCULO 10.3.4.		
ρ_b	0.0289	Cuantía balanceada.

A_{sb} (cm2)	70.227	Acero que produce la falla balanceada.
A_{smax} (cm2)	52.67025	Acero máximo de refuerzo requerido ($0.75\rho_b$).

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Con ello definimos la ecuación con la cuantía requerida:

$$\rho_{req} = \frac{\omega\, f'_c}{f}$$

Tabla 148

Refuerzo de acero requerido y verificaciones

04.- REFUERZO DE ACERO REQUERIDO Y VERIFICACIONES		
04.01.- Refuerzo en la zona a tracción.		
Ω_1	1.648	
ω_2	0.047	
ω	0.047	Índice de refuerzo de la sección.
P_{req}	0.003	Cuantía requerida.
$A_{s\ req}$ (cm2)	7.601	Acero requerido.
Verificación	**Bien!**	
04.01.- Acero a colocar y separación máxima.		
$Ø_{db}$ (in)	3/4	Diámetro de la varilla
$Ø_{dbestribo}$ (in)	3/8	Diámetro de estribo.
A_{db} (cm2)	2.850	Área de la varilla a utilizar
Núm. Var.	3	
Num. Var. 1ra capa	3	
Num. Var. 2da capa	0	
s_1 (cm)	14.690	
s_2 (cm)	No requiere!	
Verificación	**Bien!**	Verificación de espaciamiento en 1ra capa
Verificación	**No requiere!**	Verificación de espaciamiento en 2da capa
$A_{s\ colocado}$ (cm2)	8.551	Área de acero colocado.
04.02.- Verificación de la fluencia.		
A (cm)	3.353	Altura del bloque de compresiones.
C (cm)	3.945	Distancia al eje neutro de la sección.
E_s	0.038	Deformación unitaria del acero.

M	18.126	Ductilidad de la sección.
Tipo	**Ductil!**	Tipo de falla.
M_r (tonf.m)	18.791	Momento resistente de la sección.
Verificación	**Bien!**	Verificación de $M_r > M_u$

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

De la misma manera utilizamos las tablas obtenidas de la hoja de cálculo que se podrá verificar en los anexos de esta tesis, y procedemos a calcular el acero necesario en flexión para el momento negativo, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 149

Refuerzo de acero requerido y verificaciones para el diseño del acero en flexión según el momento negativo.

04.- REFUERZO DE ACERO REQUERIDO Y VERIFICACIONES		
04.01.- Refuerzo en la zona a tracción.		
Ω_1	1.560	
ω_2	0.135	
ω	0.135	Índice de refuerzo de la sección.
P_{req}	0.009	Cuantía requerida.
$A_{s\ req}$ (cm2)	20.694	Acero requerido.
Verificación	**Bien!**	
04.01.- Acero a colocar y separación máxima.		
$Ø_{db}$ (in)	¾	Diámetro de la varilla
$Ø_{dbestribo}$ (in)	3/8	Diámetro de estribo.
A_{db} (cm2)	2.850	Área de la varilla a utilizar
Núm. Var.	8	
Num. Var. 1ra capa	6	
Num. Var. 2da capa	2	
s_1 (cm)	4.733	
s_2 (cm)	31.285	
Verificación	**Bien!**	Verificación de espaciamiento en 1ra capa
Verificación	**Bien!**	Verificación de espaciamiento en 2da capa
$A_{s\ colocado}$ (cm2)	22.802	Área de acero colocado.
04.02.- Verificación de la fluencia.		

A (cm)	8.942	Altura del bloque de compresiones.
C (cm)	10.520	Distancia al eje neutro de la sección.
E_s	0.012	Deformación unitaria del acero.
M	5.497	Ductilidad de la sección.
Tipo	**Ductil!**	Tipo de falla.
M_r (tonf.m)	44.560	Momento resistente de la sección.
Verificación	**Bien!**	Verificación de $M_r > M_u$

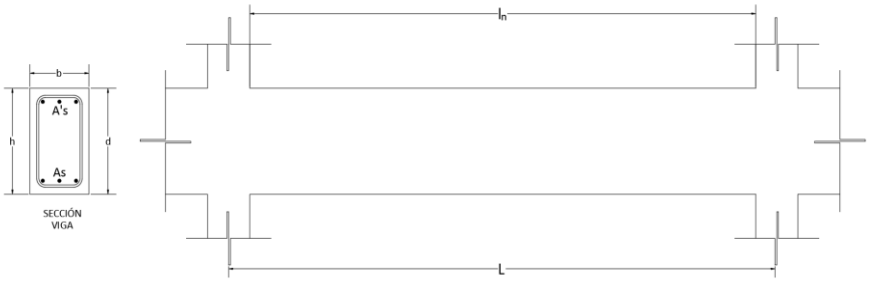
NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

A continuación, procedemos con el diseño por corte de la viga:

Tabla 150

Datos de entrada para el diseño por corte.

01.- DATOS DE ENTRADA.		
01.01.- Propiedades geométricas de la sección.		
B (cm)	45.000	Ancho de viga.
H (cm)	60.000	Peralte total de la viga.
Num. Capas	2.000	Número de capas en la sección.
R (cm)	9.000	Recubrimiento inferior de la viga.
D (cm)	51.000	Peralte efectivo de la viga.
D' (cm)	6.000	Recubrimiento superior de la viga.
L (m)	9.350	Luz de eje a eje de la viga.
L_n (m)	8.900	Luz libre de la viga.
A_t (m)	3.500	Ancho tributario del elemento.
Sistema	Pórticos	Sistema estructural de la edificación.



01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.		
F'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
F_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
Υ_c (tonf/m3)	2.400	Peso específico del concreto.
$Ø_{flexión}$	0.900	Factor de reducción por capacidad de flexión.
$Ø_{corte}$	0.850	Factor de reducción por capacidad de corte.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Procedemos a mostrar el metrado de cargas:

Tabla 151

Metrado de cargas para el diseño por corte de la viga.

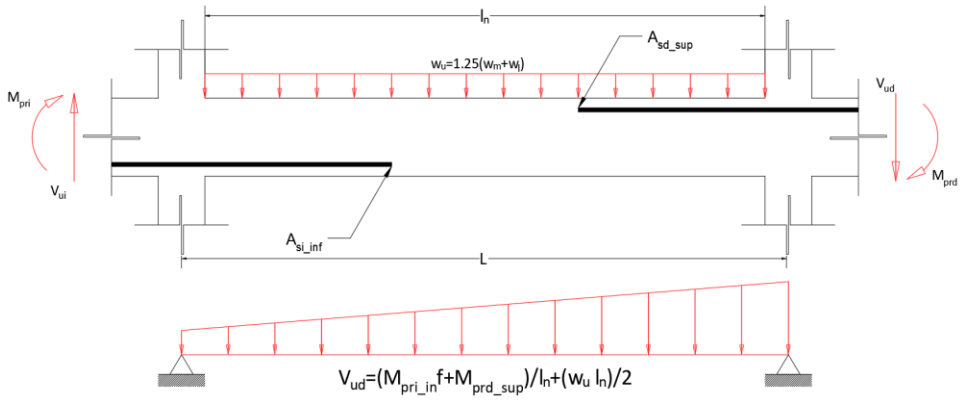
02.- METRADO DE CARGAS		
02.01.- Peso propio de la viga.		
Ω_{viga} (tonf/m)	0.648	Carga de peso de la viga por metro lineal.
02.02.- Peso de losas.		
Losa	Maciza	Tipo de losa.
Dirección	02 Direcciones	Tipo de losa y dirección.
E_{losa} (cm)	30.000	Espesor de la losa.
Ω_{losa} (tonf/m2)	0.720	Carga de la losa.
02.03.- Peso de tabiquería		
$\omega_{tabiques}$ (tonf/m2)	0.200	Carga de tabiquería por metro cuadrado.
02.04.- Peso de acabados.		
$\Omega_{acabados}$ (tonf/m2)	0.100	Carga de acabados por metro cuadrado.
02.05.- Sobre carga de uso o CARGA VIVA.		
Ω_{live} (tonf/m2)	0.25	Sobre carga de uso o carga viva según norma E.020
02.06.- Resumen de cargas.		
Ω_m (tonf/m)	4.218	Carga muerta por metro lineal.
Ω_l (tonf/m)	0.875	Carga viva por metro lineal.
Ω_u (tonf/m)	6.366	Carga última amplificada por metro lineal ($1.25\omega_m+1.25\omega_l$).

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 152

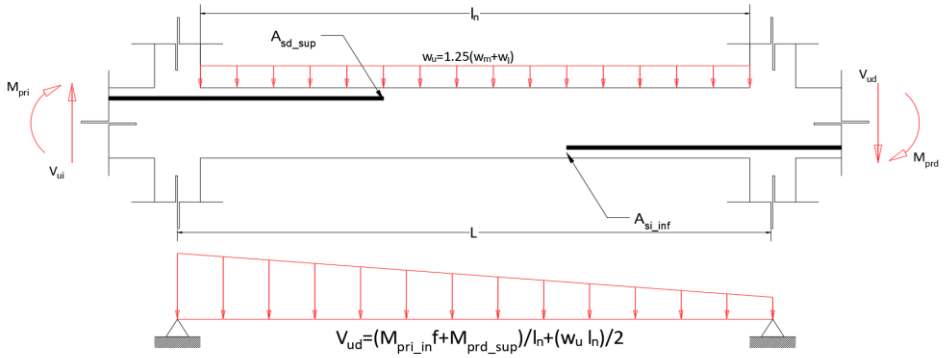
Diseño por cortante considerando lo establecido en el R.N.E. para diseño sísmico:

03.- CORTANTE SÍSMICO EN LAS VIGAS
03.01.- Efecto del cortante sísmico según norma.
03.01.01- Sismo de izquierda a derecha.



	Extremo izquierdo Acero Inferior		Extremo derecho Acero superior
Ø$_{dbinf}$ (in)	¾	**Ø$_{dbinf}$ (in)**	¾
Num. Varillas	3	**Num. Varillas**	8
Num. Capas	1	**Num. Capas**	2
A$_{s\ inf}$ (cm2)	8.551	**A$_{s\ inf}$ (cm2)**	22.802
d$_{inf}$ (cm)	54.000	**d$_{inf}$ (cm)**	51.000
a$_{inf}$ (cm)	3.353	**a$_{inf}$ (cm)**	8.942
M$_{n\ inf}$ (tonf.m)	18.791	**M$_{n\ inf}$ (tonf.m)**	44.560
M$_{pri\ inf}$ (tonf.m)	23.489	**M$_{pri\ inf}$ (tonf.m)**	55.700
V$_{ud}$ (tonf)	37.227		

03.01.01- Sismo de derecha a izquierda.



	Extremo izquierdo		Extremo derecho

Acero Superior		Acero Inferior	
$Ø_{dbinf}$ (in)	¾	**$Ø_{dbinf}$ (in)**	¾
Num. Varillas	8	**Num. Varillas**	3
Num. Capas	2	**Num. Capas**	1
$A_{s\ inf}$ (cm2)	22.802	**$A_{s\ inf}$ (cm2)**	8.551
d_{inf} (cm)	51.000	**d_{inf} (cm)**	54.000
a_{inf} (cm)	8.942	**a_{inf} (cm)**	3.353
$M_{n\ inf}$ (tonf.m)	44.560	**$M_{n\ inf}$ (tonf.m)**	18.791
$M_{pri\ inf}$ (tonf.m)	55.700	**$M_{pri\ inf}$ (tonf.m)**	23.489
V_{ui} (tonf)	37.227		

03.02.- Cortantes máximo de diseño.

V_{ud} (tonf)	37.227	Fuerza cortante última (Sismo izquierda a derecha)
V_{ui} (tonf)	37.227	Fuerza cortante última (Sismo derecha a izquierda)

03.03.- Cortantes obtenidas del modelo matemático computarizado.

V_{ud_mod} (tonf)	16.5136	Fuerza cortante última derecha (Modelo)
V_{ui_mod} (tonf)	17.2801	Fuerza cortante última izquierda (Modelo)

03.04.- Resultado de cortantes finales.

V_{ud_i} (tonf)	37.227	Fuerza cortante última lado derecho.
V_{ui_i} (tonf)	37.227	Fuerza cortante última lado izquierdo.
V_u (tonf)	37.227	Fuerza cortante última.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el diseño por cortante, tomaremos en cuenta las siguientes fórmulas para definir la resistencia del concreto y del acero:

$$Ø_{Corte}\ (V_c + V_s)\ \geq\ V_u$$

$$V_c = 0.53\ \sqrt{f'_c}\ \text{b d}$$

$$V_{s_max} = 2.10\ \sqrt{f'_c}\ \text{b d}$$

$$V_s = \frac{V_u}{Ø_{Corte}} - V_c$$

Tabla 153

Cortante resistente en vigas.

04.- CORTANTE RESISTENTE EN VIGAS		
04.01.- Cortante resistente del concreto Artículo 11.3.1.1.		
V_c (tonf)	20.353	Cortante resistente del concreto.
Verificación	**Requiere!**	Verificación si se requiere o no estribos en la sección.
04.02.- Cortante resistente del acero.		
V_s (tonf)	23.443	Cortante resistente del acero en corte.
V_{s_max} (tonf)	80.646	Cortante máximo resistente del acero en corte.
Verificación	**Bien!**	Verificación si el cortante máximo del acero es mayor.
Tipo	**Ductil!**	Tipo de falla.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

A continuación, definiremos el espaciamiento necesario tanto en la zona de confinamiento como en la zona central, teniendo en cuenta la resistencia límite del acero en corte, así como también el máximo valor de los mínimos establecidos en la norma. También definiremos los espaciamientos iniciales y consideraciones del reglamento con las fórmulas que se muestran a continuación:

$$V_{s_lim} = 1.10 \sqrt{f'_c}\ \text{b d}$$

$$A_v = 2\ A_{db\ estribo}$$

$$s_{0_inicial} = \frac{A_v\ f_y\ d}{V_s}$$

$$s_1 = \frac{d}{4}$$

$$s_2 = 8\ \emptyset_{max}\ \text{ó}\ 10\ \emptyset_{max}$$

$$s_3 = 24\ \emptyset_{dbestribo}$$

$$s_4 = 300\ mm$$

$$l_0 = 2\,h$$

$$V_{u_max} = 0.5\,\emptyset_{Corte}\,V_c$$

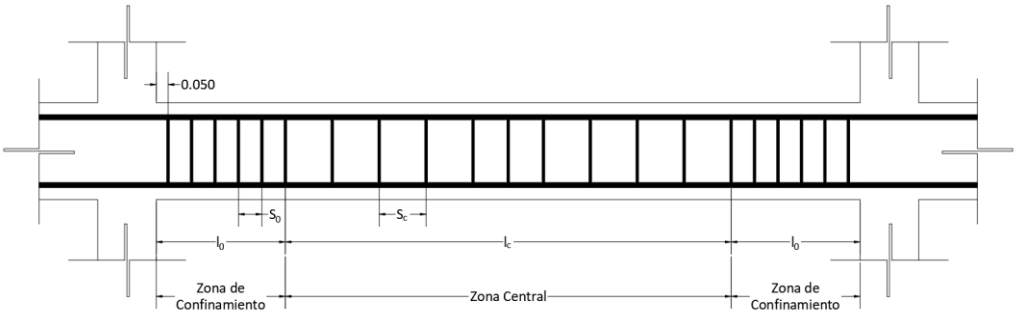
$$A_{v_min} = \ 0.2\,\sqrt{f'_c}\ \frac{b\,s_0}{f_y}$$

$$A_{v_min} = \ 3.5\ \frac{b\,s_0}{f_y}$$

Tabla 154

Separación de estribos en zona de confinamiento y zona central.

05.- SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONA DE CONFINAMIENTO Y ZONAL CENTRAL



05.01.- Límite de espaciamientos máximos Artículo 11.5.5.

V_{s_lim} (tonf)	42.243	Cortante del acero límite para espaciamiento máximo.
$S_{máx_1}$ (cm)	25.500	Espaciamiento máximo 1 en la zona de confinamiento.
$S_{máx_2}$ (cm)	60.000	Espaciamiento máximo 2 en la zona de confinamiento.
$S_{máx}$ (cm)	25.500	Espaciamiento máximo en la zona de confinamiento.

05.02.- Acero a colocar en los estribos

$Ø_{dbestribo}$ (in)	3/8
$A_{db\ estribo}$ (cm2)	0.713
A_v (cm2)	1.425

05.03.- Separación de estribos		
05.03.01.- Separación de estribos en la zona de confinamiento inicial.		
$S_{0\ inicial}$ (cm)	13.021	
l_0 (cm)	120.000	
05.03.02.- Requerimiento sísmico de estribos en vigas.		
S_1 (cm)	12.750	
s_2 (cm)	15.240	
s_3 (cm)	22.860	
s_4 (cm)	30.000	
05.03.03.- Resultados finales en la zona de confinamiento.		
Adicionar	Si	"Si" Disminuye el espaciamiento en 2.5cm
s_0 (cm)	10.000	Separación de estribos final en la zona de confinamiento.
Num. Estribos	12.000	Número de estribos en la zona de confinamiento
05.03.03.- Resultados finales en la zona de central.		
S_c (cm)	25.000	Separación de estribos final en la zona central.
L_c (cm)	640.000	Longitud de la zona central.
Num. Estribos	25.000	Número de estribos en la zona central
05.04.- Verificaciones finales		
05.04.01.- Verificación del refuerzo máximo por corte.		
Verificación	**Bien!**	Verificación del espaciamiento máximo.
05.04.02.- Verificación del refuerzo mínimo de cortante según Artículo 11.5.6.		
V_{u_max} (tonf)	8.650	Cortante último según Artículo 11.5.6.1.
Verificación	**Área mínima!**	Verificación si requiere área mínima de refuerzo
A_{v_min} (cm2)	0.375	
Verificación	**Bien!**	Verificación del acero mínimo por cortante.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Por último, revisamos las resistencias finales al corte, considerando las siguientes fórmulas:

$$\emptyset_{Corte}\ (V_u + V_s) \geq\ V_u$$

$$V_{s_final}\ \ =\ \ \frac{A_v\ f_y\ d}{s_0}$$

$$V_n = \emptyset_{Corte}\ (V_c + V_{s_final})$$

Tabla 155

Resistencia final al cortante.

06.- RESISTENCIA FINAL AL CORTANTE.		
V_c (tonf)	20.353	Resistencia al corte del concreto
V_{s_final} (tonf)	30.526	Resistencia al corte final del acero.
V_n (tonf)	43.247	Resistencia nominal al cortante (Reducida)
V_u (tonf)	37.227	Fuerza cortante última (Amplificada).
Verificación	**Bien!**	Verificación de resistencia al corte nominal (V_n>V_u).

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Seguidamente, tomaremos en cuenta el control de deflexiones, empezando por mostrar los datos con los que estamos trabajando, la distribución de acero en flexión y cortante que hemos calculado previamente y el metrado de cargas en la siguiente tabla:

Tabla 156

Datos de entrada, aceros de refuerzo y cargas actuantes para el control de deflexiones:

01.- DATOS DE ENTRADA.		
01.01.- Propiedades geométricas de la sección.		
B (cm)	45.000	Ancho de viga.
H (cm)	60.000	Peralte total de la viga.
Num. Capas	1.000	Número de capas en la sección.
R (cm)	6.000	Recubrimiento inferior de la viga.
D (cm)	54.000	Peralte efectivo de la viga.
D' (cm)	6.000	Recubrimiento superior de la viga.
L (m)	9.350	Luz de eje a eje de la viga.
A_t (m)	3.500	Ancho tributario del elemento.
01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.		
F'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
F_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Modulo de elasticidad del acero.
E_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.

E_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
B_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión
Υ_c (tonf/m3)	2.400	Peso específico del concreto.
N	8.367	Razón modular de la sección (E_s/E_c)

01.03.- Aceros de refuerzo.

$Ø_{db_1}$ (in)	¾	Diámetro de varilla de acero en tracción.
A_{db_1} (cm2)	2.850	Área de la varilla de acero en tracción.
Núm. Var.	3	Número de varillas colocadas en acero a tracción.
A_s (cm2)	8.551	Área de acero en tracción.
$Ø_{db_2}$ (in)	¾	Diámetro de varilla de acero en compresión.
A_{db_2} (cm2)	2.850	Área de la varilla de acero en compresión.
Núm. Var.	3	Número de varillas colocadas en acero a compresión.
A'_s (cm2)	8.551	Área de acero en compresión.

01.04.- Cargas actuantes.

01.04.01.- Metrado de carga muerta.

Ω_{viga} (tonf/m)	0.648	Carga de peso de la viga por metro lineal.

01.04.02.- Peso de losas.

Losa	Maciza	Tipo de losa.
Dirección	02 Direcciones	Tipo de losa y dirección.
E_{losa} (cm)	30.000	Espesor de la losa.
Ω_{losa} (tonf/m2)	0.720	

01.04.03.- Peso de tabiquería

$\omega_{tabiques}$ (tonf/m2)	0.200	Carga de tabiquería por metro cuadrado.

01.04.04.- Peso de acabados.

$\Omega_{acabados}$ (tonf/m2)	0.100	Carga de acabados por metro cuadrado.

01.04.05.- Peso carga muerta puntual.

$P_{cm_puntual}$ (tonf)	0.000	Carga muerta puntual.

01.04.06.- Sobre carga de uso o CARGA VIVA.

Ω_{live} (tonf/m2)	0.250	Sobre carga de uso o carga viva según norma E.020

01.04.07.- Sobre carga de uso puntual o CARGA VIVA.

$P_{cv_puntual}$ (tonf)	0.000	Sobre carga de uso o carga viva según norma E.020

01.04.08.- Resumen de cargas.

Ω_m (tonf/m)	4.218	Carga muerta por metro lineal.
Ω_l (tonf/m)	0.875	Carga viva por metro lineal.
Ω_u (tonf/m)	6.366	Carga última amplificada por metro lineal ($1.25\omega_m+1.25\omega_l$).

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Procedemos a calcular las inercias de las secciones transformadas:

Tabla 157

Cálculo de las inercias para las secciones transformadas:

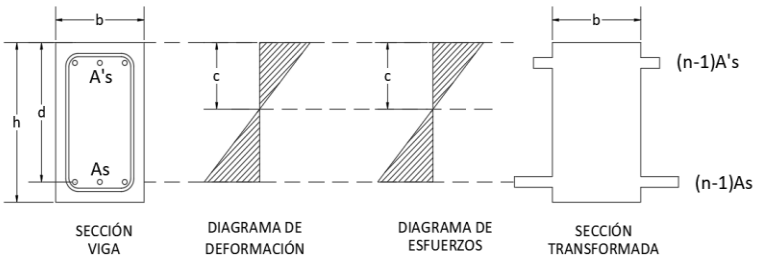
02.- CÁLCULO DE LAS INERCIAS: SECCIONES TRANSFORMADAS.

02.01.- Sección antes del agrietamiento.

02.01.01.- Sección netamente de concreto.

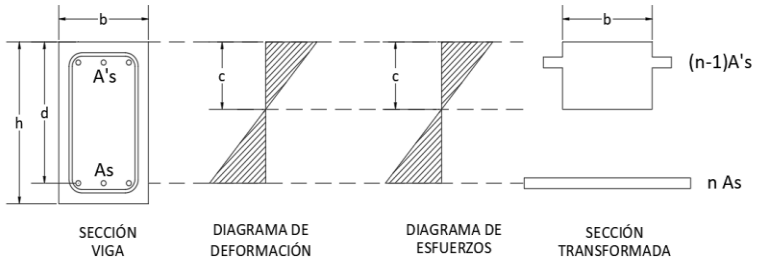
I_{g1} (cm4)	810000.000	Inercia de la sección bruta.

02.01.02.- Considerando el aporte del concreto.



Y_{cg} (cm)	30.000	Centroide de la sección transformada.
I_{g2} (cm4)	882563.911	Inercia bruta de la sección transformada.

02.02.- Sección después del agrietamiento.



c (cm)	13.921	Eje neutro de la sección transformada.
I_{cr} (cm4)	163822.836	Inercia agrietada sección.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Con ello calculamos el momento de agrietamiento de la sección:

Tabla 158

Momento de agrietamiento de la sección:

03.- MOMENTO DE AGRIETAMIENTO CAPÍTULO 9.6.2.3		
$I_g=I_{g2}$ (cm4)	882563.911	Inercia bruta de la sección.
Y_t (cm)	30.000	Centroide de la sección.
F_r (kgf/cm2)	33.466	Módulo de rotura de la sección.
M_{cr} (tonf.m2)	9.845	Momento de agrietamiento de la sección.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Y con ello calculamos la inercia efectiva:

Tabla 159

Cálculo de la inercia efectiva:

04.- CÁLCULO DE LA INERCIA EFECTIVA		
M_a (tonf.m)	9.288	Momento de servicio actuante (Modelo D+L).
I_e (cm4)	882563.911	Inercia efectiva de la sección
Verificación	**Bien!**	Verificación de inercia efectiva ($I_g>I_e$).

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

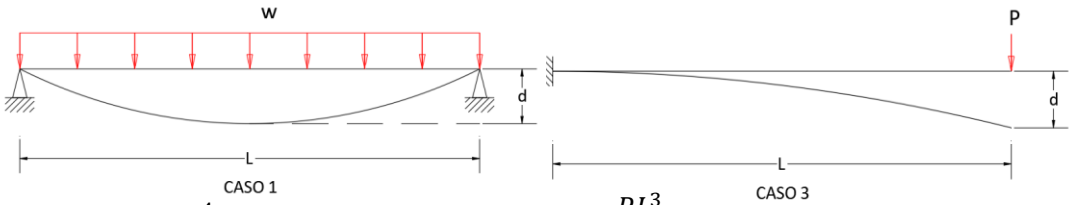
Con estos valore, mostramos los casos que según el análisis estructural, son los más probables que sucedan en nuestra edificación y usando las ecuaciones de análisis, obtenemos los valores de defelxión tanto para cargas muertas como para cargas vivas:

Tabla 160

Cálculo de deflexiones de la viga.

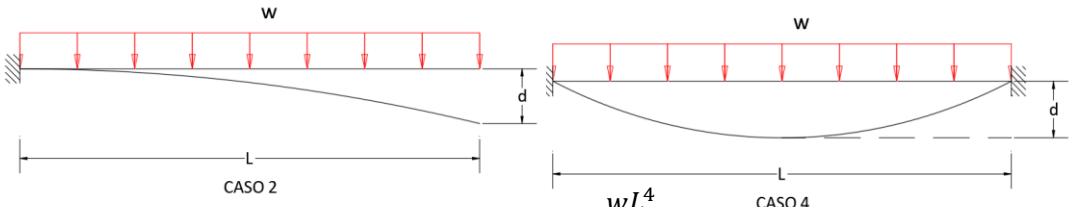
05.- CÁLCULO DE DEFLEXIONES

05.01.- Deflexiones inmediatas.



$$d = \frac{5wL^4}{384\,E_cI}$$

$$d = \frac{PL^3}{3E_cI}$$



$$d = \frac{wL^4}{8\,E_cI}$$

$$d = \frac{wL^4}{384\,E_cI}$$

CASO	CAS0 1	Definición de caso según el análisis a realizar
δ_{inst_cm} (cm)	1.895	Deflexión inmediata debido a la carga muerta.

05.02.- Deflexiones diferidas.

Δ_{inst_cv} (cm)	0.393	Deflexión inmediata debido a la carga viva.
P'	0.004	Cuantía de la sección a compresión.
Ξ $\lambda\Delta = \frac{\xi}{1+50\rho'}$	2.000	Factor que depende del tiempo para cargas sostenidas.
λΔ	1.701	Factor de deflexiones adicionales a largo plazo.

05.03.- Deflexiones últimas.

Δ_{ETABS} (cm)	0.001	Deflexión total del programa.
Δ_{MANUAL} (cm)	3.616	Deflexión total del cálculo manual.
Δ_{TOTAL} (cm)	3.616	Deflexión total en la viga.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

A continuación, definimos los límites establecidos en el reglamento:
Tabla 161

Deflexiones máximas en vigas.

06.- DEFLEXIÓN MÁXIMA EN VIGAS

06.01.- Techos planos que no soporten a elementos no estructurales.		
Δ_{max1} (cm)	5.194	Deflexión máxima admisible 01 L/180.
Verificación	**Bien!**	Se usa para Deflexión inmediata debido a la carga viva.
06.02.- Pisos que no soporten a elementos no estructurales.		
Δ_{max2} (cm)	2.597	Deflexión máxima admisible 01 L/360.
Verificación	**Bien!**	Se usa para Deflexión inmediata debido a la carga viva.
06.03.- Pisos o techos ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes		
δ_{max3} (cm)	1.948	Deflexión máxima admisible 01 L/480.
Verificación	**Revisar!**	Se usa para Deflexión total en la viga.
06.04.- Pisos o techos ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes		
δ_{max4} (cm)	3.896	Deflexión máxima admisible 01 L/240.
Verificación	**Bien!**	Se usa para Deflexión total en la viga.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Como podemos notar en la tabla mostrada, el item 06.03 nos sale mayor a lo establecido como límite, sin embargo, esto no aplicaría en nuestro caso dado que sobre la losa de aislamiento no tenemos equipos que sean susceptibles a sufrir daños.

Continuando con las verificaciones, procedemos a revisar los agrietamientos, mostrando los datos de entrada usados para la viga que estamos considerando:

Tabla 162

Datos de entrada, distribución de acero y momentos de servicio calculados.

01.- DATOS DE ENTRADA.		
01.01.- Propiedades geométricas de la sección.		
B (cm)	45.000	Ancho de viga.
H (cm)	60.000	Peralte total de la viga.
Num. Capas	1.000	Número de capas en la sección.
R (cm)	6.000	Recubrimiento inferior de la viga.
D (cm)	54.000	Peralte efectivo de la viga.
D' (cm)	6.000	Recubrimiento superior de la viga.
L (m)	9.350	Luz de eje a eje de la viga.

01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.		
F'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
F_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Módulo de elasticidad del acero.
B_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión
Υ_c (tonf/m3)	2.400	Peso específico del concreto.
N	8.367	Razón modular de la sección (E_s/E_c)

01.03.- Aceros de refuerzo.

01.03.01.- Refuerzo de acero en tracción 1ra capa.

$Ø_{db_1}$ (in)	¾	Diámetro de varilla de acero en tracción.
A_{db_1} (cm2)	2.850	Área de la varilla de acero en tracción.
Núm. Var.	4	Número de varillas colocadas en acero a tracción.
A_{s1} (cm2)	11.401	Área de acero en tracción.

01.03.02.- Refuerzo de acero en tracción 2da capa.

$Ø_{db_2}$ (in)	0	Diámetro de varilla de acero en compresión.
A_{db_2} (cm2)	0.000	Área de la varilla de acero en compresión.
Núm. Var.	0	Número de varillas colocadas en acero a compresión.
A_{s2} (cm2)	0.000	Área de acero en compresión.

01.03.03.- Refuerzo por corte, estribos.

$Ø_{db_3}$ (in)	3/8	Diámetro de varilla de acero de estribo.
A_{db_3} (cm2)	0.713	Área de la varilla de acero de estribo.

01.04.- Momentos de servicio actuantes.

M_{cm} (tonf.m)	8.030	Momento de servicio de carga muerta.
M_{cv} (tonf.m)	1.258	Momento de servicio de varga viva.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Comenzamos determinando el parámetro Z máximo según el reglamento:

Tabla 163

Determinación del parámetro Z máximo.

02.- DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO "Z_{max}" (Artículo 9.9.3)

Condición	Exterior	Condición de exposición del elemento a analizar.
Z_{max}	26000.000	Coeficiente o parámetro "Z_{max}"

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Ahora determinamos el parámetro Z y verificamos:

Tabla 164

Determinación del parámetro Z.

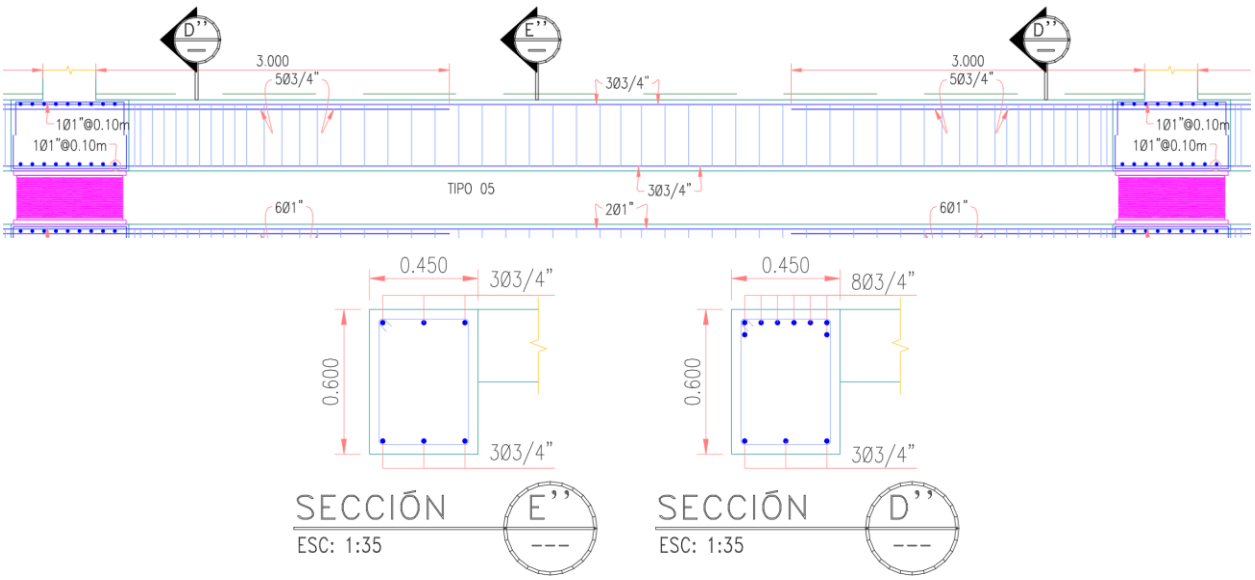
03.- DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO "Z" (Artículo 9.9.3)		
03.01.- Cálculo del centroide para refuerzo principal.		
Num. Capas	1.000	Número de capas en la sección.
Y_s (cm)	7.905	Centroide para el refuerzo principal a flexión.
03.02.- Cálculo del área efectiva del concreto en tracción.		
N_b	4	Número de barras en la zona de tracción.
A_{ct} (cm2)	177.8625	Área efectiva del concreto en tracción.
03.03.- Cálculo del esfuerzo del acero.		
M_s (tonf.m)	9.288	Momento máximo por cargas de servicio.
F_s (kgf/cm2)	1676.278	Esfuerzo en el refuerzo para cargas de servicio.
03.04.- Cálculo del parámetro "Z".		
d_c (cm)	7.905	Espesor del recubirmiento desde la fibra extrema.
Z	18779.104	Coeficiente o parámetro "Z".
Verificación	**Bien!**	$Z<Z_{max}$

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Como podemos observar, en las consideraciones iniciales, hemos colocado 4 aceros de ¾" y no 3 como en el diseño por flexión inicial, esto con la finalidad de cumplir con la verificación de agrietamiento, obteniendo la siguiente sección de diseño:

Figura 71

Sección de diseño para viga de interfaz de aislación 0.45x0.60 con estribos 1@0.05, 12@0.10, Rto. @0.25m


D''
E''
D''
3.000
5Ø3/4"
3Ø3/4"
3.000
5Ø3/4"
1Ø1"@0.10m
1Ø1"@0.10m
1Ø1"@0.10m
1Ø1"@0.10m
TIPO 05
3Ø3/4"
6Ø1"
2Ø1"
6Ø1"
0.450
3Ø3/4"
0.600
3Ø3/4"
SECCIÓN E''
ESC: 1:35
0.450
8Ø3/4"
0.600
3Ø3/4"
SECCIÓN D''
ESC: 1:35

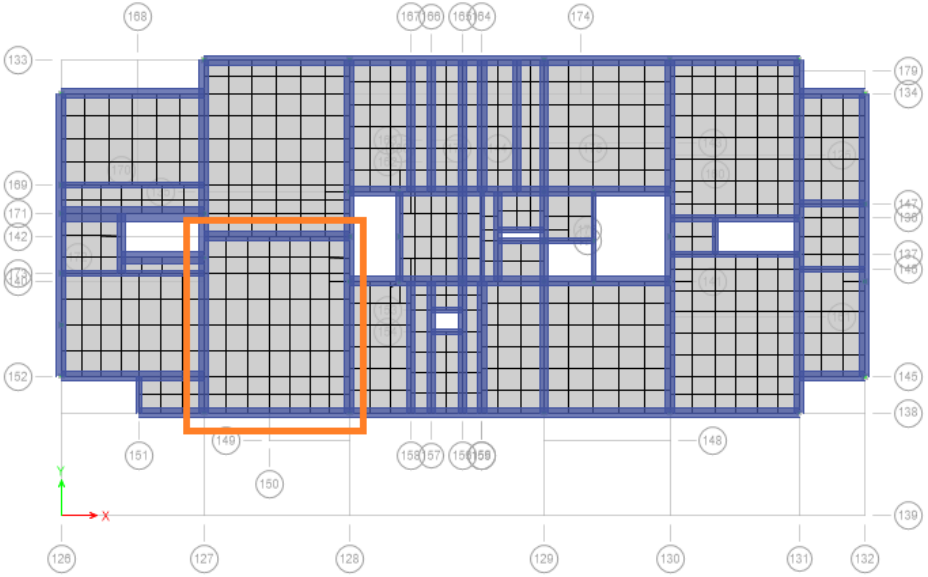
9.2 Diseño de losa de la interfaz de aislación

La losa que compone la interfaz de aislación está modelada con un peralte de 30 cm, con lo que hemos conseguido de que el sistema de aislamiento trabaje de manera correcta. En esta sección mostraremos el proceso de diseño de la losa bidireccional utilizando el método de los coeficientes.

Comenzamos mostrando el tramo de losa que tiene las luces más grandes para proceder con el diseño:

Figura 72

Tramo de losa bidireccional a diseñar de la interfaz de aislación.



Con el tramo mostrados, indicamos las propiedades y datos de entrada de la sección de losa que estamos diseñando:

Tabla 165

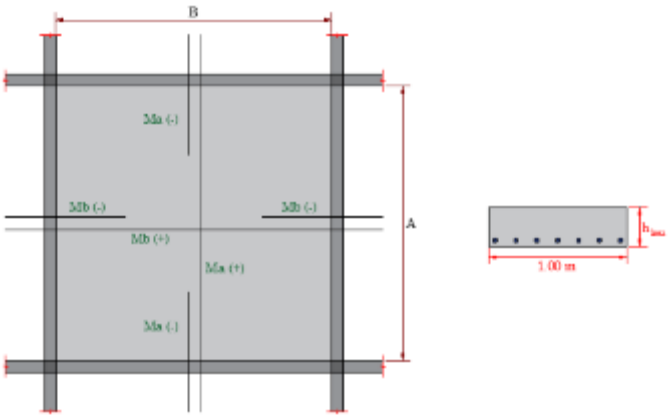
Datos de entrada para el diseño de losas macizas según el método de los coeficientes del Reglamento Nacional de Edificaciones.

DISEÑO DE LOSAS MACIZAS ARMADAS EN 02 DIRECCIONES

MÉTODO DE LOS COEFICIENTES EN BASE AL R.N.E. E.060

01.- DATOS DE ENTRADA

01.01.- Propiedades geométricas de la sección.



h_{losa} (cm)	30.000	Peralte total de la losa maciza.
B_{losa} (cm)	100.000	Ancho efectivo de la losa maciza.
A (cm)	590.000	Dimensión más corta de la losa maciza.
B (cm)	880.000	Dimensión más larga de la losa maciza.
R (cm)	3.000	Recubrimiento mínimo para la losa maciza.
D (cm)	27.000	Peralte mínimo para la losa maciza.

01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.

F'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
F_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Módulo de elasticidad del acero.
E_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.
E_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
B_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión
ϒ (tonf/m3)	2.400	Peso específico del concreto.
$Ø_{flexión}$	0.900	Coeficiente de diseño por flexión.
$Ø_{corte}$	0.850	Coeficiente de diseño por corte.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

A continuación, pre dimensionamos el espesor de la losa:

Tabla 166

Pre dimensionamiento de losa bidireccional

02.- Pre dimensionamiento de la losa		
02.01.- Cálculo del espesor de la losa.		
H_{losa_1} (cm)	18.375	Módulo de ruptura del concreto.
H_{losa_2} (cm)	17.294	Inercia bruta de la sección.
H_{losa_3} (cm)	16.333	Centroide de la sección (h/2).
H_{losa_final} (cm)	19.000	Momento de agrietamiento de la sección.
02.02.- Verificación del espesor de la losa		
Verificación	**Bien!**	Verificación del espesor de la losa.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Seguimos con el metrado de cargas del tramo de losa bidireccional a analizar:

Tabla 167

Metrado de cargas en la losa bidireccional.

03.- METRADO DE CARGAS		
03.01.- Carga muerta.		
P_{Propio} (tonf/m2)	0.720	Peso propio de la losa.
$P_{Tabiqueria}$ (tonf/m2)	0.210	Peso de la tabiquería sobre la losa.
$P_{acabados}$ (tonf/m2)	0.100	Peso de los acabados de la losa.
ω_{cm} (tonf/m2)	1.030	Peso por m2 de la carga muerta sobre la losa.
03.02.- Carga viva.		
$P_{s/c}$ (tonf/m2)	0.250	Peso de la sobrecarga de la losa.
ω_{cv} (tonf/m2)	0.250	Peso por m2 de la carga viva sobre la losa.

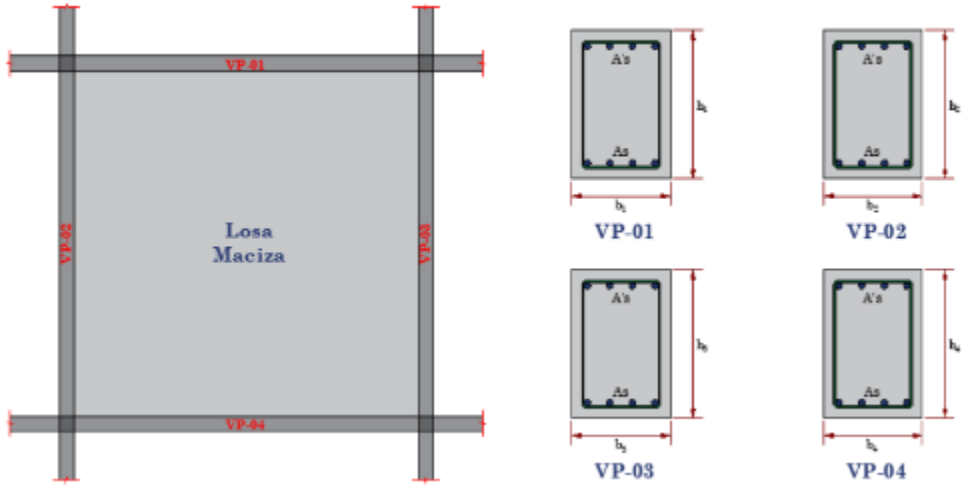
NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Seguidamente realizamos el pre dimensionamiento y calculamos los coeficientes de relación de las vigas que bordean la losa:

Tabla 168

Pre dimensionamiento para el cálculo de deflexiones en la losa bidireccional:

04.- PRE DIMENSIONAMIENTO PARA EL CÁLCULO DE DEFLEXIONES (ARTÍCULO 9.6.3.3)



04.01.- Propiedades geométricas de las vigas perimetrales.

VIGA VP-01	**b_{v1} (cm)**	45.000	**h_{v1} (cm)**	60.000	**I_{v1} (cm4)**	810000.000
VIGA VP-02	**b_{v2} (cm)**	45.000	**h_{v2} (cm)**	70.000	**I_{v2} (cm4)**	1286250.000
VIGA VP-03	**b_{v3} (cm)**	45.000	**h_{v3} (cm)**	70.000	**I_{v3} (cm4)**	1286250.000
VIGA VP-04	**b_{v4} (cm)**	45.000	**h_{v4} (cm)**	60.000	**I_{v4} (cm4)**	810000.000

04.02.- Cálculo del factor α_f por cada viga.

F'$_{cv}$ (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a la compresión del concreto de las vigas.
E_{cv} (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto de las vigas.
I_l (cm4)	1980000.000	Inercia de la losa – sección bruta.

VIGA VP-01	**α_{f1}**	0.409
VIGA VP-02	**α_{f2}**	0.650
VIGA VP-03	**α_{f3}**	0.650
VIGA VP-04	**α_{f4}**	0.409

04.03.- Cálculo del factor α_{fm} y espesor mínimo.

A_{fm}	0.529	Relación de la rigidez a flexión de viga y franja de losa
β	1.492	Relación entre la longitud mayor y menor de la losa.

H_{min} (cm)	25.171	Espesor mínimo de la losa para no calcular deflexiones.
Verificación	**Bien!**	Verificación de chequeo de deflexiones.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Debemos calcular los momentos últimos según el método de los coeficientes y para ello mostramos la tabla correspondiente y las limitaciones del uso de esta metodología.

Tabla 169

Cálculo de momentos últimos según el método de los coeficientes.

05.- CÁLCULO DE MOMENTOS ÚLTIMOS – MÉTODO DE LOS COEFICIENTES		
05.01.- Limitaciones del uso del método de los coeficientes – Artículo 13.7.1		
Observación: Para que se pueda aplicar el "Método de los Coeficientes", la losa debe de cumplir con las siguientes limitaciones: -La losa debe estar apoyada en todo su perímetro sobre vigas peraltadas o muros, el peralte de las vigas será como mínimo 1/15 de la luz libre o 1,5 veces el espesor de la losa, el que sea mayor.		
h_{v_min}	60.000	Peralte mínimo de vigas perimetrales.
Verificación	**Bien!**	Verificación de si aplica o no el método de los coeficientes.
Los paños de las losas deben ser rectangulares, con una relación entre la luz mayor y menor, medidas centro a centro de los apoyos, no mayor de 2.		
B	1.492	Relación entre la longitud mayor y menor de la losa.
Verificación	**Bien!**	Verificación de si aplica o no el método de los coeficientes.
Las longitudes de paños contiguos medidos centro a centro de los apoyos en cada dirección no deben diferir en más de un tercio de la luz mayor.		
ω_{cm} (tonf/m2)	1.030	Peso por m2 de la carga muerta sobre la losa.
ω_{cv} (tonf/m2)	0.250	Peso por m2 de la carga viva sobre la losa.
Verificación	**Bien!**	Verificación de si aplica o no el método de los coeficientes.
Todas las cargas deben ser de gravedad y estar uniformemente distribuidas en todo el paño. La carga viva no debe exceder de dos veces la carga muerta, ambas en servicio.		

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Seguidamente calculamos las cargas y los momentos:

Tabla 170

Cálculo de carga repartida y momentos en cada lado de la losa:

05.02.- Cálculo de la carga uniformemente repartida.
05.02.01.- Carga muerta + Carga viva – Momentos negativos.

ω_{u1} (tonf/m2)	1.867	Combinación de carga $1.40\omega_{cm}+1.70\omega_{cv}$

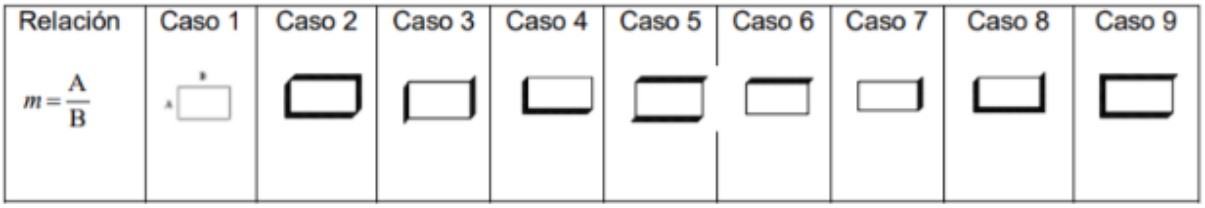
05.02.02.- Carga muerta - Momentos positivos.

ω_{u2} (tonf/m2)	1.442	Combinación de carga $1.40\omega_{cm}$

05.02.03.- Carga viva – Momentos positivos.

ω_{u3} (tonf/m2)	0.425	Combinación de carga $1.70\omega_{cv}$

05.03.- Cálculo de coeficientes para momentos.



Caso	CASO 02	Caso de análisis de la losa maciza.
M	0.7	Relación entre la luz menor y la mayor.

05.03.01.- Coeficientes para Momentos Negativos.

C_{a_neg}	0.074	Coeficiente de momento negativo para la dirección corta.
C_{b_neg}	0.017	Coeficiente de momento negativo para la dirección larga.

05.03.02.- Coeficientes para Momento Positivo debido a la Carga Muerta.

$C_{a_pos_cm}$	0.030	Coeficiente de Momento Positivo (C.M.) para Dirección Corta.
$C_{b_pos_cm}$	0.007	Coeficiente de Momento Positivo (C.M.) para Dirección Larga.

05.03.03.- Coeficientes para Momento Positivo debido a la Carga Viva.

$C_{a_pos_cv}$	0.049	Coeficiente de Momento Positivo (C.V.) para Dirección Corta.
$C_{b_pos_cv}$	0.012	Coeficiente de Momento Positivo (C.V.) para Dirección Larga.

05.04.- Cálculo de Momentos para el diseño.

05.04.01.- Momentos en Flexión Negativos

M_{a_neg} (tonf.m)	4.809	Momento de flexión negativo en la dirección “A”.
M_{b_neg} (tonf.m)	2.458	Momento de flexión negativo en la dirección “B”.

05.04.02.- Momentos en Flexión Positivos

$M_{a_pos_cm}$ (tonf.m)	1.506	Momento de flexión positivo (CM) en la dirección “A”.
$M_{b_pos_cm}$ (tonf.m)	0.782	Momento de flexión positivo (CM) en la dirección “B”.
$M_{a_pos_cv}$ (tonf.m)	0.725	Momento de flexión positivo (CV) en la dirección “A”.
$M_{b_pos_cv}$ (tonf.m)	0.395	Momento de flexión positivo (CV) en la dirección “B”.
M_{a_pos} (tonf.m)	2.231	Momento de Flexión Positivo en Dirección “A”
M_{b_pos} (tonf.m)	1.177	Momento de Flexión Positivo en Dirección “B”

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el diseño por cortante en la losa, tomamos en cuenta las siguientes fórmulas:

$$V_{ud} = \omega_{u1}\left(\frac{A}{2} - d\right)\left(1 - 0.50\frac{A}{B}\right)$$

$$V_c = 1.10\ (0.53)\sqrt{f'_c}\, b_{losa} d$$

Tabla 171

Verificación por corte

06.- VERIFICACIÓN POR CORTE.		
06.01.- Verificación por corte en 01 dirección.		
06.01.01.- Cortante último a una distancia “d” (Artículo 13.7.3.1)		
V_{ud} (tonf)	3.326	Cortante Último de la Losa a una Distancia “d”
06.01.02.- Cortante admisible del concreto.		
V_c (tonf)	26.340	Resistencia Nominal al Corte por el Concreto
$Ø_{corte}$ Vc (tonf)	22.389	Resistencia Nominal al Corte Reducida
Verificación	**Bien!**	Verificación de cortante en la losa de concreto.
06.02.- Verificación por corte en 02 direcciones-Punzonamiento.		
Observación: En losas que se encuentren apoyadas en sus 4 bordes por vigas peraltadas, el Corte por Punzonamiento no es predominante, solo el corte en 01 dirección.		

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Par el diseño propiamente por flexión, utilizamos las fórmulas indicadas en el capítulo de diseño de vigas y obtenermos los siguientes resultamos:

Tabla 172

Diseño por flexión de la losa bidireccional

07.- DISEÑO POR FLEXIÓN.		
07.01.- Refuerzo Mínimo en Elementos Sometidos a Flexión (Artículo 10.5.).		
ρ_{min_1}	0.0028	Cuantía Mínima de Refuerzo a Tracción 01
ρ_{min_2}	0.0018	Cuantía Mínima de Refuerzo a Tracción 02
ρ_{min}	0.0028	Cuantía Mínima de Refuerzo a Tracción
A_{smin} (cm2)	7.530	Acero Mínimo por Tracción
07.02.- Diseño del Refuerzo Negativo en la Dirección Corta.		
07.02.01.- Cálculo del acero requerido.		
$\mathbf{k_{u_A_neg}}$	6.597	Parámetro para cálculo de cuantía.
$\boldsymbol{\rho_{A_neg}}$	0.0018	Cuanría requerida de acero.
$\mathbf{A_{sA_neg_req}}$ **(cm2)**	4.787	Acero Requerido de la Sección.
$\mathbf{A_{sA_neg}}$ **(cm2)**	7.530	Acero a colocar en la sección.
07.02.02.- Verificación de fluencia y resistencia.		
$\mathbf{a_{A_neg}}$ **(cm)**	1.329	Altura del bloque de compresiones.
$\mathbf{c_{A_nega}}$ **(cm)**	1.563	Distancia al eje neutro de la sección.
$\boldsymbol{\xi_{A_neg}}$ **(cm)**	0.049	Deformación unitaria del acero.
Tipo de Falla	**Ductil!**	Comportamiento de la sección, Dúctil o Frágil.
$\mathbf{M_{n_A_neg}}$ **(tonf.m)**	8.329	Momento nominal resistente de la sección.
$\mathbf{Ø_{flexión}M_{n_A_neg}}$ **(tonf.m)**	7.496	Momento nominal reducido.
Verificación	**Bien!**	Verifiación de momento nominal reducido vs actuante.
07.02.03.- Acero a colocar y separación máxima.		
$\mathbf{Ø_{db_A_neg}}$ **(in)**	1/2	Diámetro de la varilla a utilizar.
$\mathbf{A_{db_A_neg}}$ **(cm2)**	1.267	Área de la varilla a utilizar.
$\mathbf{S_{db_A_neg}}$ **(cm)**	15.000	Separación de la varilla a utilizar.
07.03.- Diseño del Refuerzo Positivo en la Dirección Corta.		
07.03.01.- Cálculo del acero requerido.		
$\mathbf{k}_{u_A_pos}$	3.060	Parámetro para cálculo de cuantía.

ρ_{A_pos}	0.0008	Cuanría requerida de acero.
$A_{sA_pos_req}$ (cm2)	2.202	Acero Requerido de la Sección.
A_{sA_pos} (cm2)	7.530	Acero a colocar en la sección.

07.03.02.- Verificación de fluencia y resistencia.

a_{B_neg} (cm)	1.329	Altura del bloque de compresiones.
c_{A_nega} (cm)	1.563	Distancia al eje neutro de la sección.
ξ_{A_pos} (cm)	0.049	Deformación unitaria del acero.
Tipo de Falla	**Ductil!**	Comportamiento de la sección, Dúctil o Frágil.
$M_{n_A_pos}$ (tonf.m)	8.329	Momento nominal resistente de la sección.
$Ø_{flexión}M_{n_A_pos}$ (tonf.m)	7.496	Momento nominal reducido.
Verificación	**Bien!**	Verifiación de momento nominal reducido vs actuante.

07.03.03.- Acero a colocar y separación máxima.

$Ø_{db_A_pos}$ (in)	1/2	Diámetro de la varilla a utilizar.
$A_{db_A_pos}$ (cm2)	1.267	Área de la varilla a utilizar.
$S_{db_A_pos}$ (cm)	15.000	Separación de la varilla a utilizar.

07.04.- Diseño del Refuerzo Negativo en la Dirección Larga.

07.04.01.- Cálculo del acero requerido.

$k_{u_B_neg}$	3.372	Parámetro para cálculo de cuantía.
ρ_{B_neg}	0.0009	Cuanría requerida de acero.
$A_{sB_neg_req}$ (cm2)	2.428	Acero Requerido de la Sección.
A_{sB_neg} (cm2)	7.530	Acero a colocar en la sección.

07.04.02.- Verificación de fluencia y resistencia.

a_{B_neg} (cm)	1.329	Altura del bloque de compresiones.
c_{B_neg} (cm)	1.563	Distancia al eje neutro de la sección.
ξ_{B_neg} (cm)	0.049	Deformación unitaria del acero.
Tipo de Falla	**Ductil!**	Comportamiento de la sección, Dúctil o Frágil.
$M_{n_B_neg}$ (tonf.m)	8.329	Momento nominal resistente de la sección.
$Ø_{flexión}M_{n_B_neg}$ (tonf.m)	7.496	Momento nominal reducido.
Verificación	**Bien!**	Verifiación de momento nominal reducido vs actuante.

07.04.03.- Acero a colocar y separación máxima.

$Ø_{db_B_neg}$ (in)	1/2	Diámetro de la varilla a utilizar.
$A_{db_B_neg}$ (cm2)	1.267	Área de la varilla a utilizar.

$\mathbf{S}_{db_B_neg}$ (cm)	15.000	Separación de la varilla a utilizar.

07.05.- Diseño del Refuerzo Positivo en la Dirección Larga.

07.05.01.- Cálculo del acero requerido.

$\mathbf{k}_{u_B_pos}$	1.614	Parámetro para cálculo de cuantía.
$\boldsymbol{\rho}_{B_pos}$	0.0004	Cuanría requerida de acero.
$\mathbf{A}_{sB_pos_req}$ (cm2)	1.157	Acero Requerido de la Sección.
$\mathbf{A}_{sB_pos}$ (cm2)	7.530	Acero a colocar en la sección.

07.05.02.- Verificación de fluencia y resistencia.

$\mathbf{a}_{B_pos}$ (cm)	1.329	Altura del bloque de compresiones.
$\mathbf{c}_{B_pos}$ (cm)	1.563	Distancia al eje neutro de la sección.
$\boldsymbol{\xi}_{B_pos}$ (cm)	0.049	Deformación unitaria del acero.
Tipo de Falla	**Ductil!**	Comportamiento de la sección, Dúctil o Frágil.
$\mathbf{M}_{n_B_pos}$ (tonf.m)	8.329	Momento nominal resistente de la sección.
$\boldsymbol{\emptyset}_{flexión}\mathbf{M}_{n_B_pos}$ (tonf.m)	7.496	Momento nominal reducido.
Verificación	**Bien!**	Verifiación de momento nominal reducido vs actuante.

07.05.03.- Acero a colocar y separación máxima.

$\boldsymbol{\emptyset}_{db_B_pos}$ (in)	1/2	Diámetro de la varilla a utilizar.
$\mathbf{A}_{db_B_pos}$ (cm2)	1.267	Área de la varilla a utilizar.
$\mathbf{S}_{db_B_pos}$ (cm)	15.000	Separación de la varilla a utilizar.

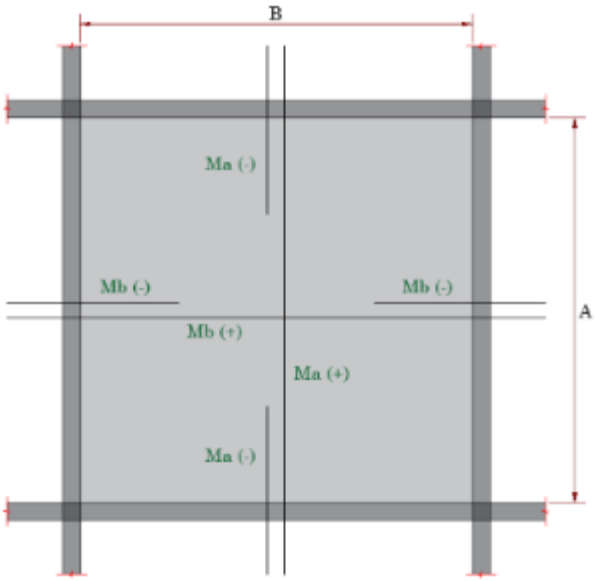
NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Por último, mostramos los resultados obtenidos:

Tabla 173

Resumen de resultados.

08.- RESUMEN DE RESULTADOS.

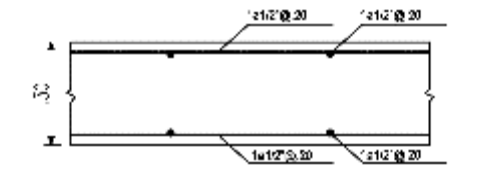


Momento Negativo A (tonf.m)	4.809
Diámetro de varilla (in)	1/2
Espaciamiento de varillas (cm)	15.000
Momento Positivo A (tonf.m)	2.231
Diámetro de varilla (in)	1/2
Espaciamiento de varillas (cm)	15.000
Momento Negativo B (tonf.m)	2.458
Diámetro de varilla (in)	1/2
Espaciamiento de varillas (cm)	15.000
Momento Positivo B (tonf.m)	1.177
Diámetro de varilla (in)	1/2
Espaciamiento de varillas (cm)	15.000

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Figura 73

Corte de losa maciza con acero en ambas direcciones de 1Ø1/2" @0.20m.



DETALLE LOSA MACIZA

CAPÍTULO X

10. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES CONSIDERANDO LA NUEVA SUPERESTRUCTURA CON AISLADORES SÍSMICOS

Para el diseño de la los elementos, comenzaremos indicando que se presentarán en esta tesis en 2 partes, tomando los elementos con mayor carga de cada uno de ellos. Estas partes serán:

a) Sub estructura.

Diseño de viga, columna, zapata y muro de corte.

Figura 74

Imagen en 3d de la sub estructura SECTOR 01.

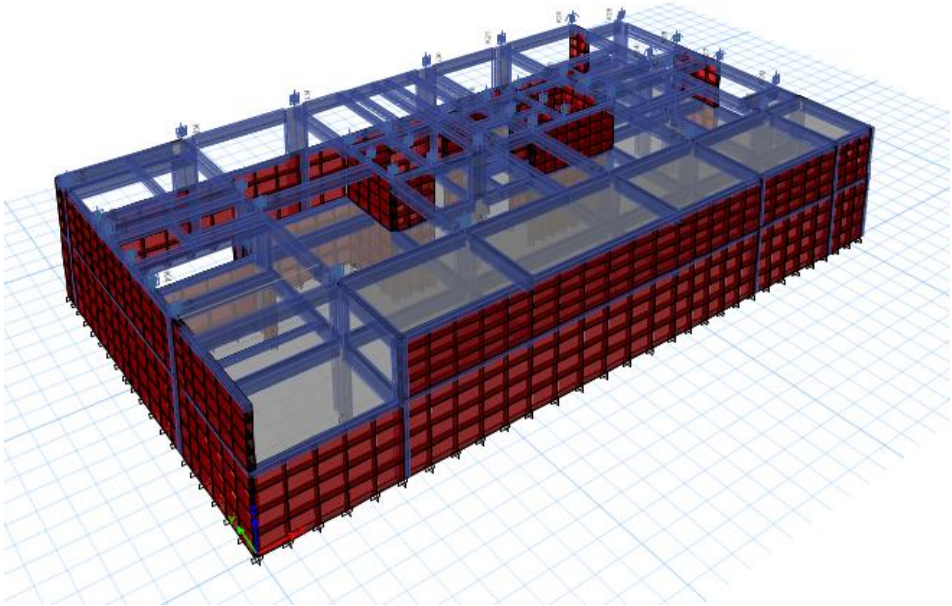
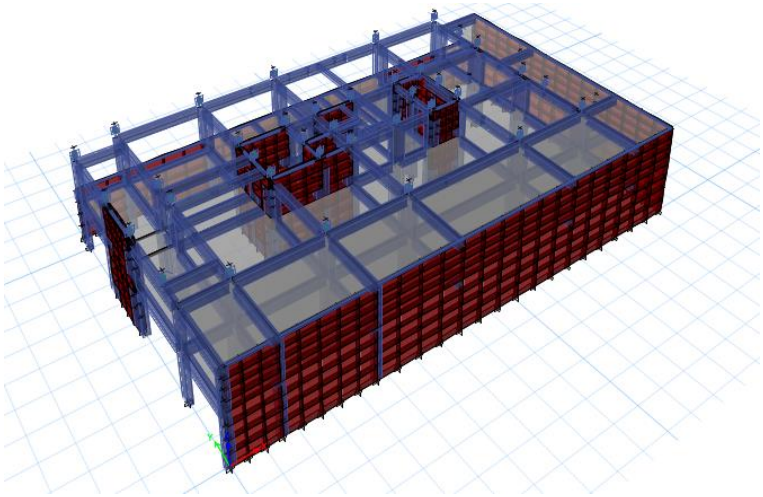


Figura 75

Imagen en 3d de la sub estructura SECTOR 02.



b) Super estructura.

Diseño de viga y de columna.

Figura 76

Imagen en 3d de la super estructura SECTOR 01.

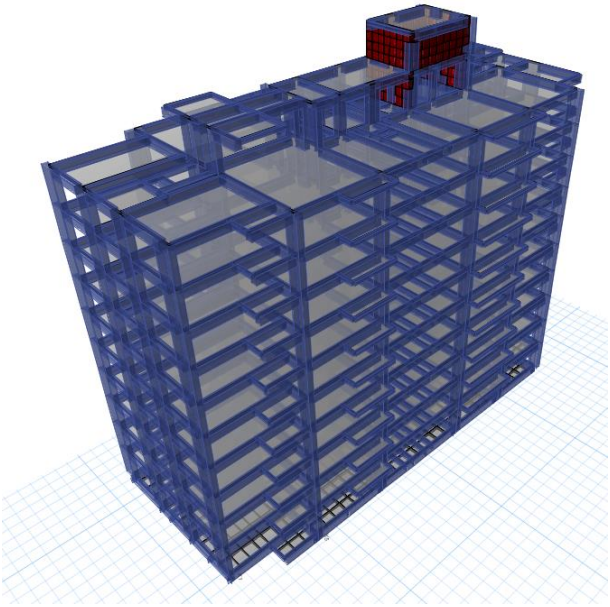
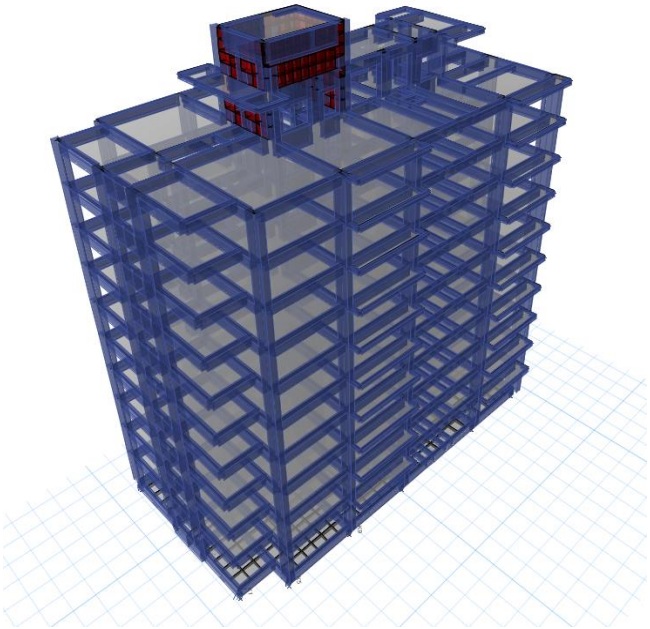


Figura 77

Imagen en 3d de la super estructura SECTOR 02.



10.1 Diseño de viga de la sub estructura

Para la sub estructura, utilizaremos el modelo matemático computarizado que nos brinda las fuerzas y momentos de diseño. Para ello nos centraremos en la viga con mayor carga:

Figura 78

Ubicación de la viga más cargada en el SECTOR 02, CON DIMENSIONES DE 45X60cm.

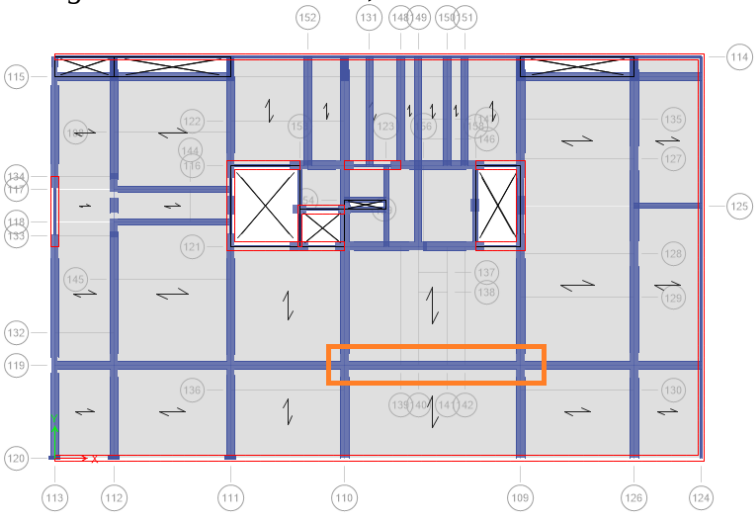
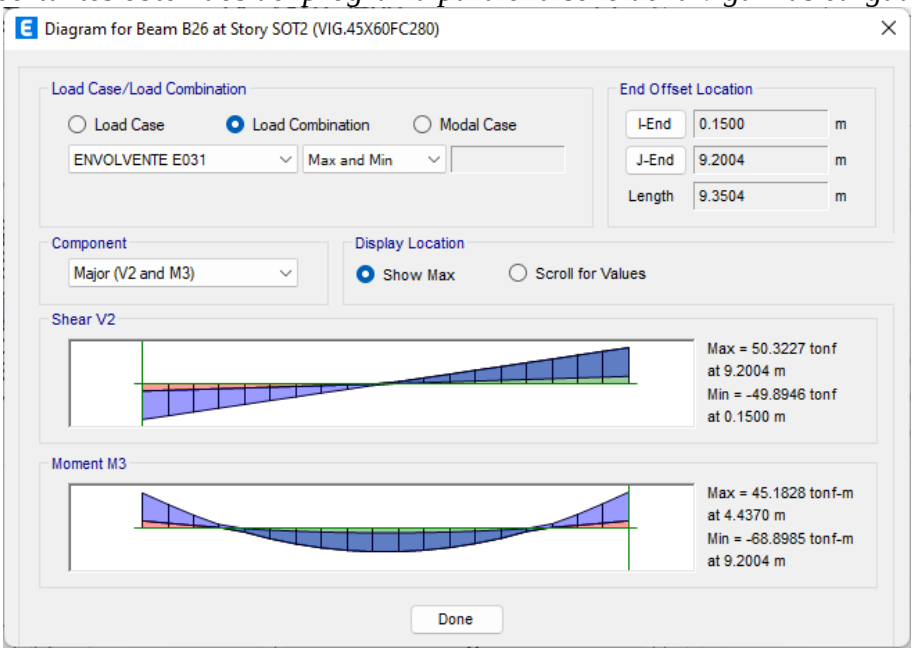
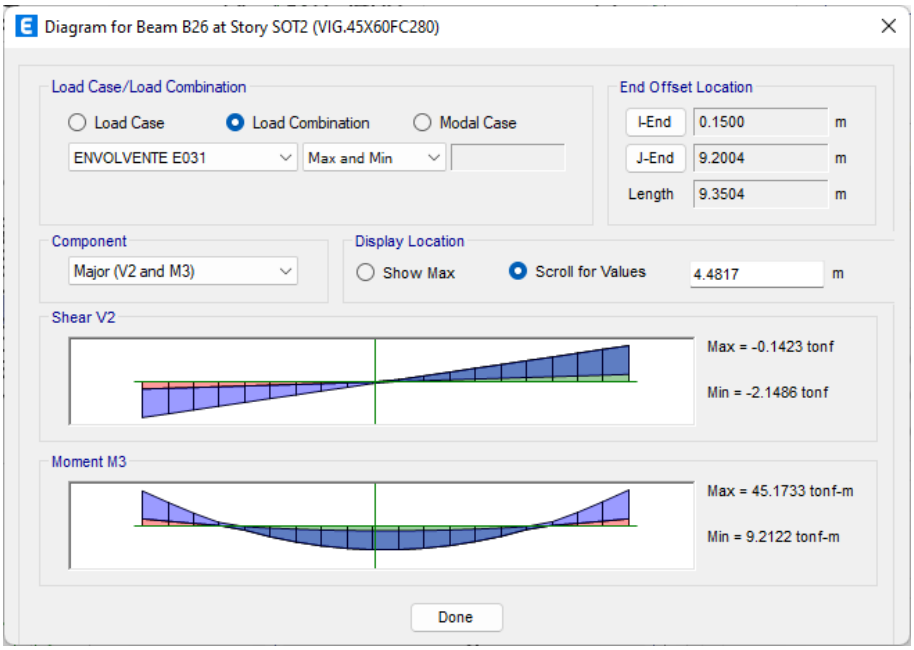


Figura 79

Momentos y cortantes obtenidos del programa para el diseño de la viga más cargada.



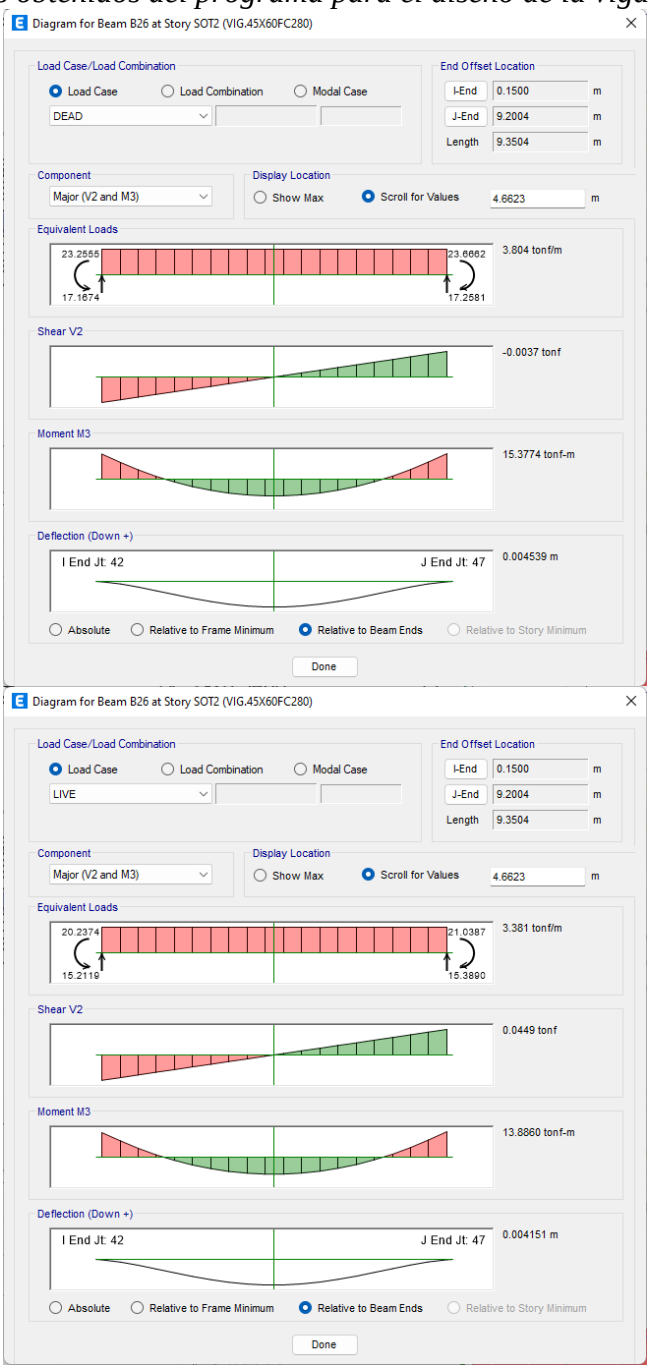


De las figuras mostradas podemos obtener que los valores necesarios para poder comenzar con el diseño de las vigas son: En momento positivo tenemos el valor de 45.1733 tonf.m y para el

momento negativo tenemos -68.8985 tonf.m. Además de ello para las fuerzas cortantes tenemos que para el lado izquierdo el valor es de -49.8946 tonf y para el lado derecho 50.3227.

Figura 80

Momentos y deflexiones obtenidos del programa para el diseño de la viga más cargada.



De la figura mostrada podemos obtener los valores necesarios para el cálculo de deflexiones y fisuraciones que, para carga muerta tenemos un momento de 15.3774 tonf.m y una deflexión de 0.0045296 m y para la carga viva un momento de 13.8860 tonf.m y una deflexión de 0.004151 m.

Con los valores mostrados iniciamos con el diseño de la sección planteada, planteado en el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES:

Teniendo en cuenta las ecuaciones que mostramos en el diseño de la viga de aislación procedemos a analizar la viga para la sub estructura, los cálculos se pueden revisar en los anexos de la tesis, a continuación, mostraremos en primer lugar la tabla de datos introductorios para luego mostrar la tabla con el diseño por flexión para el momento positivo y negativo:

Tabla 174

Datos de entrada para el momento positivo.

01.- DATOS DE ENTRADA PARA MOMENTO (+)		
01.01.- Propiedades geométricas de la sección.		
b (cm)	45.000	Ancho de viga.
h (cm)	65.000	Peralte total de la viga.
Num. Capas	2.000	Número de capas en la sección.
r (cm)	9.000	Recubrimiento inferior de la viga.
d (cm)	56.000	Peralte efectivo de la viga.
d' (cm)	6.000	Recubrimiento superior de la viga.
01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.		
f'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
f_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Módulo de elasticidad del acero.
ε_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.
ε_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
β_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión
$Ø_{flexión}$	0.900	Factor de castigo por flexión.
M_u (tonf.m)	45.173	Momento del análisis.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 175

Refuerzo de acero requerido para el momento positivo.

04.- REFUERZO DE ACERO REQUERIDO Y VERIFICACIONES		
04.01.- Refuerzo en la zona a tracción.		
ω_1	1.557	
ω_2	0.138	
ω	0.138	Índice de refuerzo de la sección.
ρ_{req}	0.009	Cuantía requerida.
$A_{s\ req}$ (cm2)	23.237	Acero requerido.
Verificación	**Bien!**	
04.01.- Acero a colocar y separación máxima.		
$Ø_{db}$ (in)	1	Diámetro de la varilla
$Ø_{dbestribo}$ (in)	1/2	Diámetro de estribo.
A_{db} (cm2)	5.067	Área de la varilla a utilizar
Núm. Var.	5	
Num. Var. 1ra capa	3	
Num. Var. 2da capa	2	
s_1 (cm)	13.420	
s_2 (cm)	29.380	
Verificación	**Bien!**	Verificación de espaciamiento en 1ra capa
Verificación	**Bien!**	Verificación de espaciamiento en 2da capa
$A_{s\ colocado}$ (cm2)	25.335	Área de acero colocado.
04.02.- Verificación de la fluencia.		
a (cm)	9.935	Altura del bloque de compresiones.
c (cm)	11.689	Distancia al eje neutro de la sección.
ε_s	0.011	Deformación unitaria del acero.
μ	5.416	Ductilidad de la sección.
Tipo	**Ductil!**	Tipo de falla.
M_r (tonf.m)	54.303	Momento resistente de la sección.
Verificación	**Bien!**	Verificación de $M_r > M_u$

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 176

Datos de entrada para momento negativo.

01.- DATOS DE ENTRADA PARA MOMENTO (-).		
01.01.- Propiedades geométricas de la sección.		
b (cm)	45.000	Ancho de viga.

h (cm)	65.000	Peralte total de la viga.
Num. Capas	2.000	Número de capas en la sección.
r (cm)	9.000	Recubrimiento inferior de la viga.
d (cm)	56.000	Peralte efectivo de la viga.
d' (cm)	6.000	Recubrimiento superior de la viga.
01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.		
f'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
f_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Módulo de elasticidad del acero.
ε_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.
ε_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
β_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión
$Ø_{flexión}$	0.900	Factor de castigo por flexión.
M_u (tonf.m)	68.899	Momento del análisis.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 177

Refuerzo de acero requerido para el momento negativo.

04.- REFUERZO DE ACERO REQUERIDO Y VERIFICACIONES		
04.01.- Refuerzo en la zona a tracción.		
ω_1	1.472	
ω_2	0.223	
ω	0.223	Índice de refuerzo de la sección.
ρ_{req}	0.015	Cuantía requerida.
$A_{s\ req}$ (cm2)	37.482	Acero requerido.
Verificación	**Bien!**	
04.01.- Acero a colocar y separación máxima.		
$Ø_{db}$ (in)	1	Diámetro de la varilla
$Ø_{dbestribo}$ (in)	1/2	Diámetro de estribo.
A_{db} (cm2)	5.067	Área de la varilla a utilizar
Núm. Var.	8	
Num. Var. 1ra capa	6	
Num. Var. 2da capa	2	
s_1 (cm)	3.844	

s_2 (cm)	29.380	
Verificación	**Bien!**	Verificación de espaciamiento en 1ra capa
Verificación	**Bien!**	Verificación de espaciamiento en 2da capa
$A_{s\ colocado}$ (cm2)	40.537	Área de acero colocado.
04.02.- Verificación de la fluencia.		
a (cm)	15.897	Altura del bloque de compresiones.
c (cm)	18.702	Distancia al eje neutro de la sección.
ε_s	0.006	Deformación unitaria del acero.
μ	2.849	Ductilidad de la sección.
Tipo	**Ductil!**	Tipo de falla.
M_r (tonf.m)	81.810	Momento resistente de la sección.
Verificación	**Bien!**	Verificación de $M_r > M_u$

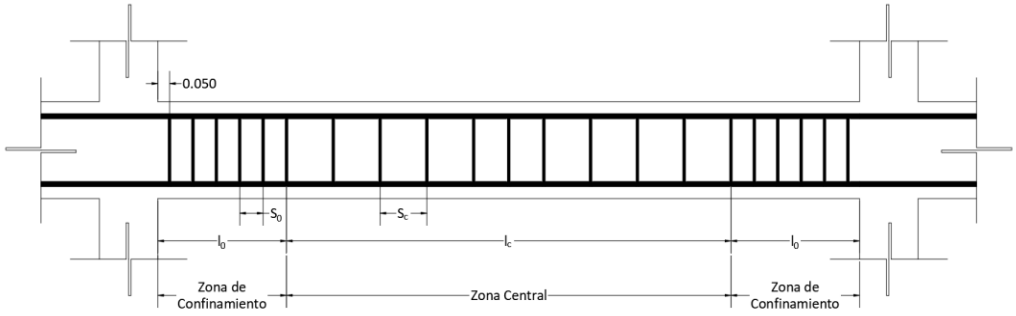
NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el diseño por cortante, utilizamos la misma plantilla de diseño de vigas que se podrá verificar en los anexos de esta tesis y obtenemos los siguientes valores de estribos y espaciamientos.

Tabla 178

Separación de estribos por confinamiento y zona central

05.- SEPARACIÓN DE ESTRIBOS POR CONFINAMIENTO Y ZONAL CENTRAL



05.01.- Límite de espaciamientos máximos Artículo 11.5.5.

V_{s_lim} (tonf)	46.384	Cortante del acero límite para espaciamiento máximo.
$s_{máx_1}$ (cm)	28.000	Espaciamiento máximo 1 en la zona de confinamiento.
$s_{máx_2}$ (cm)	60.000	Espaciamiento máximo 2 en la zona de confinamiento.
$s_{máx}$ (cm)	28.000	Espaciamiento máximo en la zona de confinamiento.

05.02.- Acero a colocar en los estribos

$Ø_{dbestribo}$ (in)	1/2	
$A_{db\ estribo}$ (cm2)	1.267	
A_v (cm2)	2.534	

05.03.- Separación de estribos

05.03.01.- Separación de estribos en la zona de confinamiento inicial.

$s_{0\ inicial}$ (cm)	15.273	
l_0 (cm)	130.000	

05.03.02.- Requerimiento sísmico de estribos en vigas.

s_1 (cm)	14.000	
s_2 (cm)	25.400	
s_3 (cm)	30.480	
s_4 (cm)	30.000	

05.03.03.- Resultados finales en la zona de confinamiento.

Adicionar	Si	"Si" Disminuye el espaciamiento en 2.5cm
s_0 (cm)	12.500	Separación de estribos final en la zona de confinamiento.
Num. Estribos	10.000	Número de estribos en la zona de confinamiento

05.03.03.- Resultados finales en la zona de central.

s_c (cm)	30.000	Separación de estribos final en la zona central.
l_c (cm)	620.000	Longitud de la zona central.
Num. Estribos	20.000	Número de estribos en la zona central

05.04.- Verificaciones finales

05.04.01.- Verificación del refuerzo máximo por corte.

Verificación	**Bien!**	Verificación del espaciamiento máximo.

05.04.02.- Verificación del refuerzo mínimo de cortante según Artículo 11.5.6.

V_{u_max} (tonf)	9.498	Cortante último según Artículo 11.5.6.1.
Verificación	**Área mínima!**	Verificación si requiere área mínima de refuerzo
A_{v_min} (cm2)	0.469	
Verificación	**Bien!**	Verificación del acero mínimo por cortante.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el cálculo de las deflexiones se muestran las obtenidas y los límites establecidos:

Tabla 179

Cálculo de las deflexiones.

05.- CÁLCULO DE DEFLEXIONES		
05.01.- Deflexiones inmediatas.		
CASO	CAS0 1	Definición de caso según el análisis a realizar
δ_{inst_cm} (cm)	0.084	Deflexión inmediata debido a la carga muerta.
05.02.- Deflexiones diferidas.		
δ_{inst_cv} (cm)	0.050	Deflexión inmediata debido a la carga viva.
ρ'	0.006	Cuantía de la sección a compresión.
ξ	2.000	Factor que depende del tiempo para cargas sostenidas.
λΔ	1.537	Factor de deflexiones adicionales a largo plazo.
05.03.- Deflexiones últimas.		
δ_{ETABS} (cm)	0.869	Deflexión total del programa.
δ_{MANUAL} (cm)	0.179	Deflexión total del cálculo manual.
δ_{TOTAL} (cm)	0.869	Deflexión total en la viga.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 180

Deflexiones máximas en vigas

06.- DEFLEXIÓN MÁXIMA EN VIGAS		
06.01.- Techos planos que no soporten a elementos no estructurales.		
δ_{max1} (cm)	2.361	Deflexión máxima admisible 01 L/180.
Verificación	**Bien!**	Se usa para Deflexión inmediata debido a la carga viva.
06.02.- Pisos que no soporten a elementos no estructurales.		
δ_{max2} (cm)	1.181	Deflexión máxima admisible 01 L/360.
Verificación	**Bien!**	Se usa para Deflexión inmediata debido a la carga viva.
06.03.- Pisos o techos ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes		
δ_{max3} (cm)	0.885	Deflexión máxima admisible 01 L/480.
Verificación	**Bien!**	Se usa para Deflexión total en la viga.
06.04.- Pisos o techos ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes		
δ_{max4} (cm)	1.771	Deflexión máxima admisible 01 L/240.

Verificación	**Bien!**	Se usa para Deflexión total en la viga.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Por último, revisamos las fisuras:

Tabla 181

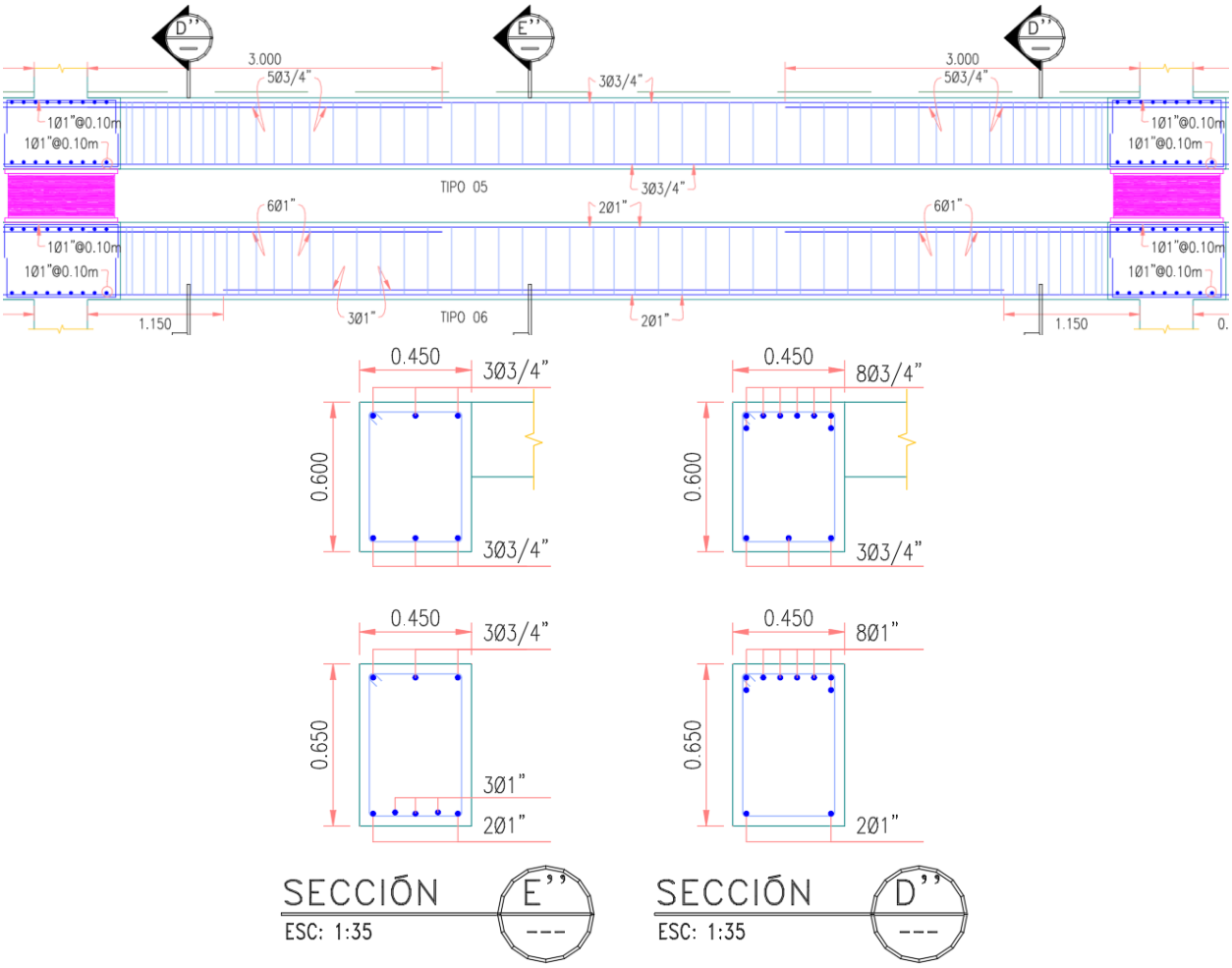
Determinación de parámetro Z para la revisión de fisuras.

02.- DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO "Z_{max}" (Artículo 9.9.3)		
Condición	Exterior	Condición de exposición del elemento a analizar.
Z_{max}	26000.000	Coeficiente o parámetro "Z_{max}"
03.- DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO "Z" (Artículo 9.9.3)		
03.01.- Cálculo del centroide para refuerzo principal.		
Num. Capas	2.000	Número de capas en la sección.
y_s (cm)	12.991	Centroide para el refuerzo principal a flexión.
03.02.- Cálculo del área efectiva del concreto en tracción.		
n_b	7	Número de barras en la zona de tracción.
A_{ct} (cm2)	167.0326531	Área efectiva del concreto en tracción.
03.03.- Cálculo del esfuerzo del acero.		
M_s (tonf.m)	29.263	Momento máximo por cargas de servicio.
f_s (kgf/cm2)	1636.963	Esfuerzo en el refuerzo para cargas de servicio.
03.04.- Cálculo del parámetro "Z".		
d_c (cm)	11.540	Espesor del recubrimiento desde la fibra extrema.
Z	20372.357	Coeficiente o parámetro "Z".
Verificación	**Bien!**	$Z<Z_{max}$

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Figura 81

Sección de diseño para viga de interfaz de aislación 0.45x0.60 con estribos 1@0.05, 12@0.10, Rto. @0.25m

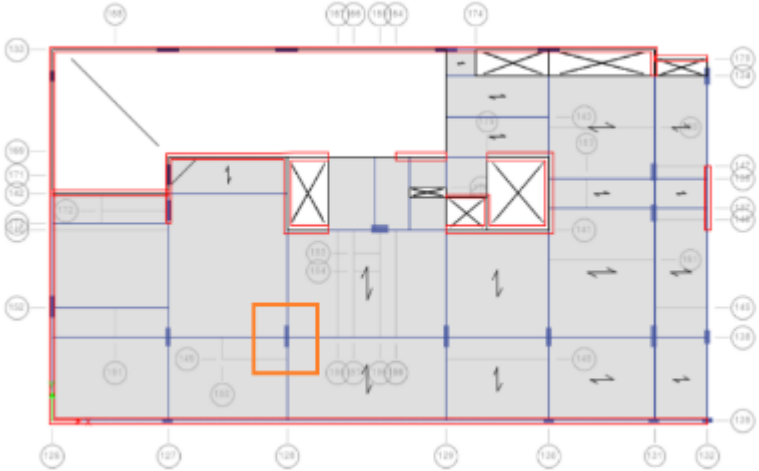


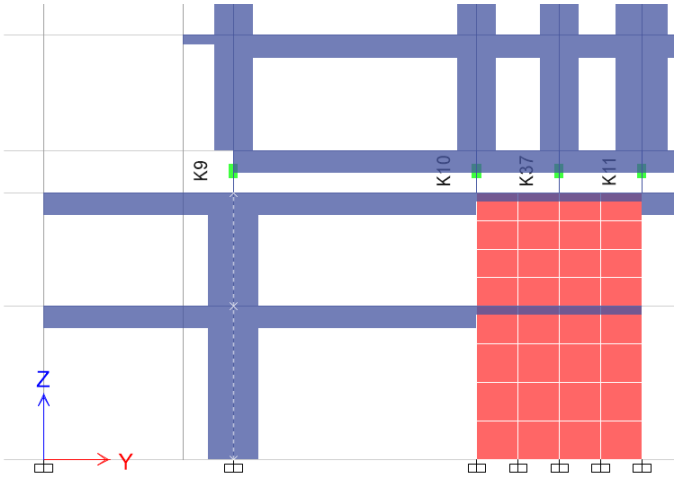
10.2 Diseño de columna de la sub estructura

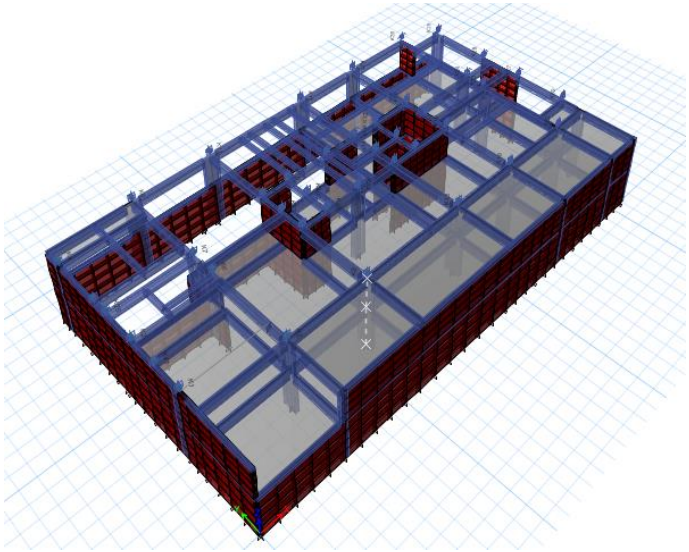
Designamos la columna que vamos a mostrar en el diseño:

Figura 82

Vista en planta, elevación y en 3D de la columna a diseñar:







A continuación, mostraremos las tablas obtenidas de la hoja de cálculo de elaboración propia y que se puede verificar y revisar en los anexos de la presente tesis:

Tabla 182

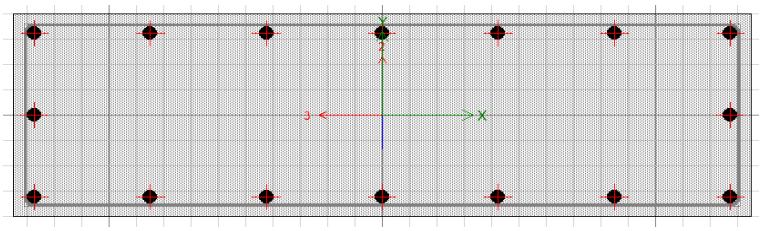
Datos de entrada para la construcción del diagrama de iteración.

DISEÑO DE COLUMNAS

CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

01.- DATOS DE ENTRADA

01.01.- Propiedades geométricas de la sección.



b_{col} (cm)	45.000	Peralte total de la columna.
h_{col} (cm)	130.000	Ancho efectivo de la columna
r (cm)	4.000	Recubrimiento mínimo para la columna.
$d_{3\text{-}3}$ (cm)	126.000	Peralte mínimo para la columna 3-3.
$d_{2\text{-}2}$ (cm)	41.000	Peralte mínimo para la columna 2-2.
L (m)	4.000	Longitud efectiva de la columna.

01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.

f'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
f_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Módulo de elasticidad del acero.
ε_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.
ε_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
Υ (tonf/m3)	2.400	Peso específico del concreto.
$Ø_{flexión}$	0.900	Coeficiente de castigo por flexión.
$Ø_{corte}$	0.850	Coeficiente de castigo por corte.
$Ø_{estribo}$	0.650	Coeficiente de castigo en estribaje normal.
$Ø_{espiral}$	0.750	Coeficiente de castigo en estribaje en espiral.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 183

Esquema general del refuerzo.

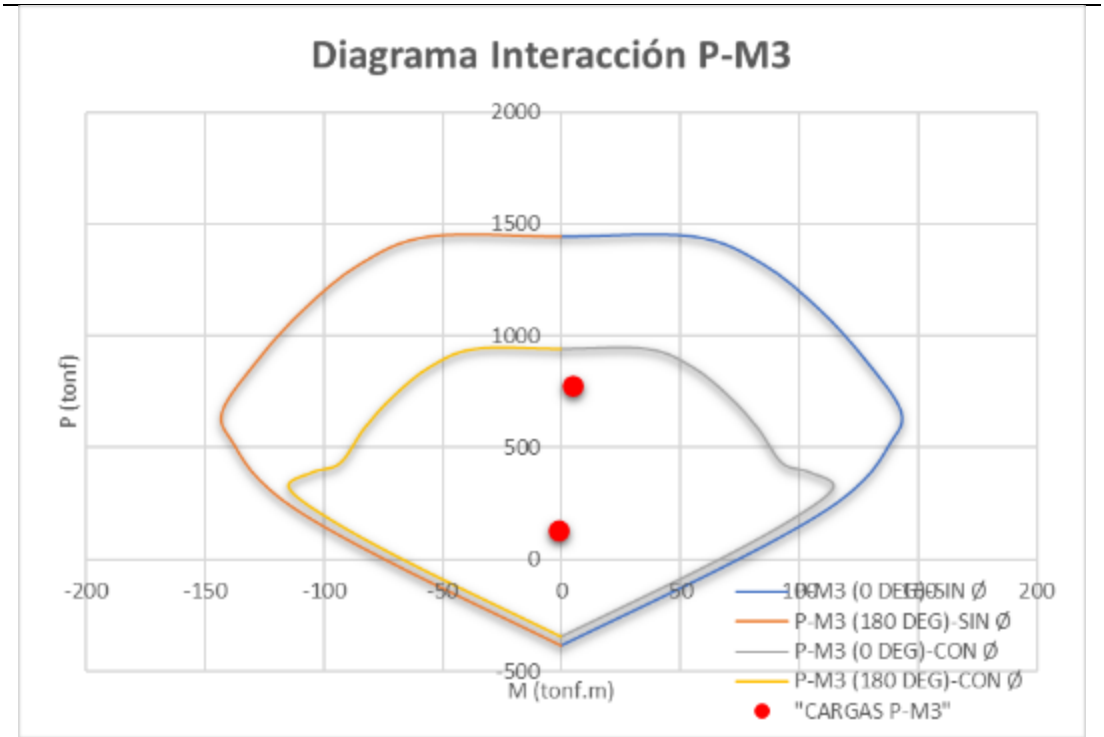
02.- ESQUEMA GENERAL DEL REFUERZO			
$Ø_{db_esquinas}$ (in)	1	ρ	0.0139
$\#_{db_esquinas}$	4.000	Verificación	Bien!
$A_{db_esquinas}$ (cm2)	20.268		
$Ø_{db_bordes}$ (in)	1		
$\#_{db_bordes}$	12.000		
A_{db_bordes} (cm2)	60.805		

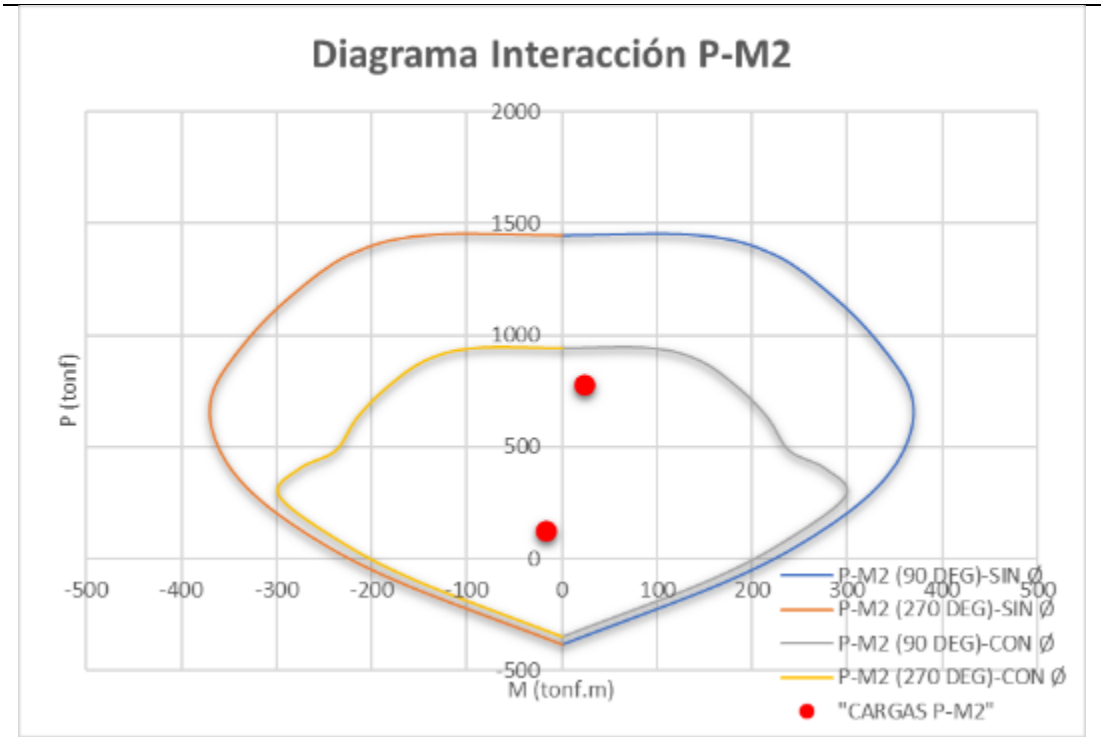
NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 184

Construcción del diagrama de interacción.

03.- CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN





NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Definimos las cargas que actuan en la columna.

Tabla 185

Definición de cargas.

04.- DEFINICIÓN DE CARGAS			
	MAX	**MIN**	
P (tonf)	780.073	127.701	Carga axial máxima y mínima.
V2 (tonf)	3.342	0.379	Cortante en sentido largo de la columna.
V3 (tonf)	9.122	-5.214	Cortante en sentido corto de la columna.
T (tonf)	0.061	-0.064	Torsión de la columna.
M2 (tonf.m)	22.897	-17.446	Momento girando alrededor del eje 2-2 de la columna.
M3 (tonf.m)	4.444	-1.264	Momento girando alrededor del eje 3-3 de la columna.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Seguidamente, definimos las fórmulas necesarias para el diseño por cortante en columnas como se muestra a continuación:

$$\emptyset_{Corte}\,(V_c + V_s)\ \geq\ V_u$$

$$V_c = 0.53\,\sqrt{f'_c}\ \text{b d}$$

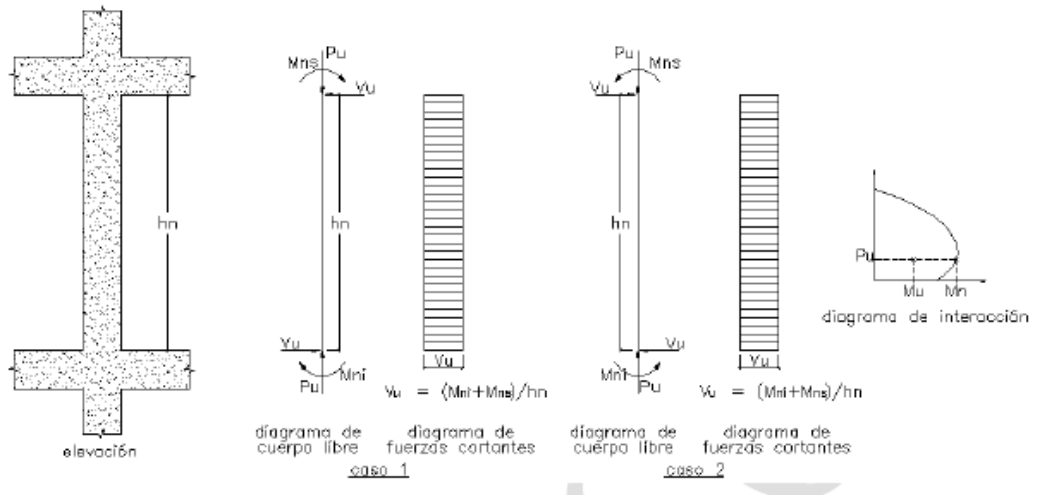
$$V_{s_max} = 2.10\,\sqrt{f'_c}\ \text{b d}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\emptyset_{Corte}} - V_c$$

Tabla 186

Diseño por cortante sísmico en columnas:

05.- DISEÑO POR CORTANTE SÍSMICO DE LA COLUMNA



05.01.- Cálculo de los momentos nominales.

$M_{ns3\text{-}3}$	142.9655	Momento máximo nominal superior en 3-3
$M_{ni3\text{-}3}$	-142.9655	Momento máximo nominal inferior en 3-3
$M_{ns2\text{-}2}$	366.9286	Momento máximo nominal superior en 2-2
$M_{ni2\text{-}2}$	-366.9286	Momento máximo nominal inferior en 2-2

05.02.- Cortantes máximas de diseño.

$V_{u3\text{-}3}$	71.48275

V_{u2-2}	183.4643	

05.03.- Cortantes resistentes en columnas.

05.03.01.- Cortantes resistentes del concreto.

V_{c3-3} (tonf)	47.2696182	
V_{c2-2} (tonf)	50.2849409	
Verificación	**Requiere!**	Verificación si se requiere o no estribos en la sección.

05.03.02.- Cortantes resistentes del acero.

V_{s3-3} (tonf)	36.828	Cortante resistente del acero en corte 3-3.
V_{s2-2} (tonf)	165.555	Cortante resistente del acero en corte 2-2.
V_{s_max3-3} (tonf)	187.295	Cortante máximo resistente del acero en corte 3-3.
V_{s_max2-2} (tonf)	199.242	Cortante máximo resistente del acero en corte 2-2.
Verificación	**Bien!**	Verificación si el cortante máximo del acero es mayor.
Tipo	**Ductil!**	Tipo de falla.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el cálculo de los espaciamientos de los estribos y para la resistencia del acero en corte, tenemos las siguientes fórmulas:

$$V_{s_lim} = 1.10\sqrt{f'_c}\ \text{b d}$$

$$s_{max1} = 16\ \emptyset_{long}$$

$$s_{max2} = 48\ \emptyset_{estribo}$$

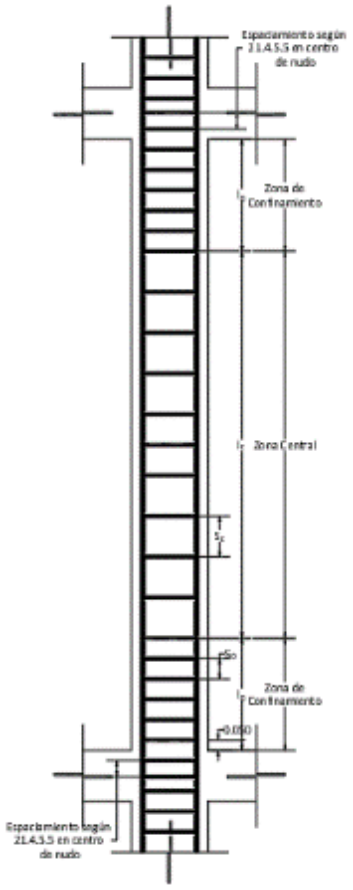
$$s_{max3} = menor(b\ \text{ó}\ h)$$

$$s_{0_inicial} = \frac{A_v\ f_y\ d}{V_s}$$

$$s_1 = 8\ \emptyset_{min}$$

$$s_2 = menor(b\ \text{ó}\ h)/2$$

$$l_{01} = \frac{L}{6}$$



$$l_{02} = mayor(b \text{ ó } h)$$

$$l_{03} = 500\, mm$$

$$s_3 = 100\, mm$$

Para la zona del nodo, tenemos las siguientes fórmulas:

$$V_{cn} = 0.17 \sqrt{f'_c}\ \text{b d}$$

$$s_{0\,nodo} = \frac{A_v\, f_y\, d}{V_s}$$

Tabla 187

Separación de estribos en zona de confinamiento y zona central, así como también en zona de nodo con viga.

05.04.- Separación de estribos por confinamiento y zona central.			
05.04.01.- Acero a colocar en los estribos			
$Ø_{dblong}$ (in)	1		
$Ø_{dblong\ menor}$ (in)	1		
$Ø_{dbestribo}$ (in)	1/2		
$A_{db\ estribo}$ (cm2)	1.267		
A_v (cm2)	2.534		
05.04.02.- Límite de espaciamientos máximos.			
V_{s_lim} (tonf)	104.365	Cortante del acero límite para espaciamiento máximo.	
$S_{máx_1}$ (cm)	40.640	Espaciamiento máximo 1 en la zona de confinamiento.	
$S_{máx_2}$ (cm)	60.960	Espaciamiento máximo 2 en la zona de confinamiento.	
$S_{máx_3}$ (cm)	45.000	Espaciamiento máximo 3 en la zona de confinamiento.	
$S_{máx}$ (cm)	20.320	Espaciamiento máximo en la zona de confinamiento.	
05.04.03.- Separación de estribos en la zona de confinamiento inicial.			
$S_{0\ inicial}$ (cm)	8.098	**l_0 (cm)**	50.000

s_1 (cm)	20.320	**l_{01} (cm)**	66.667
s_2 (cm)	45.000	**l_{02} (cm)**	130.000
s_3 (cm)	10.000	**l_{03} (cm)**	50.000

05.04.04.- Resultados finales en la zona de confinamiento.

s_0 (cm)	7.500	Separación zona de confinamiento.
Num. Estribos	6.000	Número de estribos.

05.04.05.- Resultados finales en la zona de central.

s_c (cm)	20.320	Separación final en zona de confinamiento.
l_c (cm)	290.000	Longitud en zona central.
Num. Estribos	14.000	Número de estribos en la zona de confinamiento

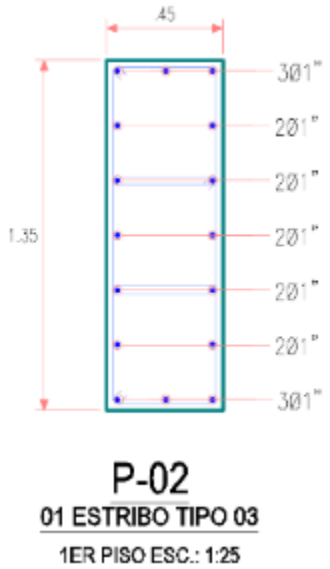
05.04.06.- Resultados finales en la zona de del nodo

V_{cn} (tonf)	16.129	Fuerza cortante en el nodo.
$s_{0\ nodo}$ (cm)	83.126	Separación inicial de los estribos en el nodo.
$s_{0\ nodo\ final}$ (cm)	15.000	Separación final de los estribos en el nodo.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Figura 83

Vista en planta de la columna en análisis con los aceros finales.



10.3 Diseño de zapata de la sub estructura

Para el diseño de zapata, usaremos la columna mostrada en el sub capítulo anterior, de la misma manera, el cálculo está desarrollado en una hoja de cálculo de elaboración propia mostrada en los anexos de la presente tesis y la desarrollaremos en tablas como se muestra a continuación:

Tabla 188

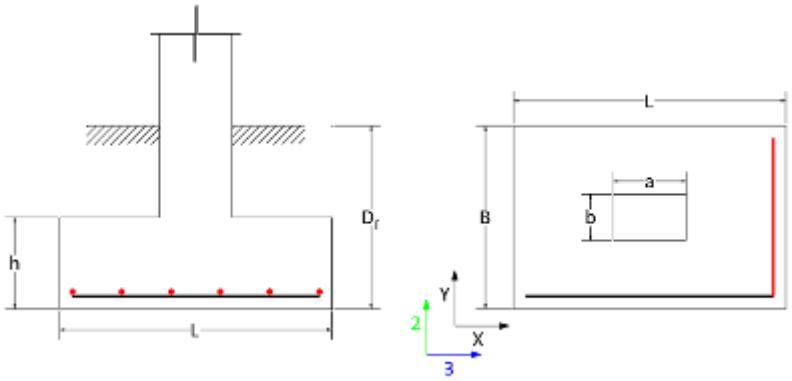
Datos de entrada, propiedades de la columna, zapata planteada y propiedades del suelo

DISEÑO DE ZAPATAS

VERIFICACIONES PREVIAS

01.- DATOS DE ENTRADA

01.01.- Propiedades geométricas de la sección.



a_{col} (cm)	100.000	Peralte total de la columna.
b_{col} (cm)	45.000	Ancho efectivo de la columna
r (cm)	7.000	Recubrimiento mínimo para la columna.
d_{3-3} (cm)	38.000	Peralte mínimo para la columna 3-3.
d_{2-2} (cm)	128.000	Peralte mínimo para la columna 2-2.

01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.

f'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
f_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Módulo de elasticidad del acero.
ε_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.

ε_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
β_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión
ϒ (tonf/m3)	2.400	Peso específico del concreto.
$Ø_{flexión}$	0.900	Coeficiente de castigo por flexión.
$Ø_{corte}$	0.850	Coeficiente de castigo por corte.
$Ø_{aplastamiento}$	0.650	Coeficiente de castigo por aplastamiento.
01.03.- Propiedades mecánicas del suelo.		
q (kgf/cm2)	4.200	Capacidad de resistencia del suelo.
Df (m)	1.300	Profundidad de cimentación.
01.04.- Dimensiones de las zapatas.		
L (m)	3.850	Largo de la zapata.
B (m)	2.950	Ancho de la zapata.
h (m)	1.00	Altura o peralte de la zapata.
d (m)	0.730	Peralte efectivo de la zapata.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 189

Fuerzas que se aplican en la zapata.

02.- FUERZAS QUE SE APLICAN EN LA ZAPATA		
02.01.- Cargas Axiales.		
P_{cm} **(tonf)**	370.118	Carga axial debida a carga muerta.
P_{cv} **(tonf)**	91.144	Carga axial debida a carga viva.
P_{sismo} **(tonf)**	92.460	Carga axial debida a sismo.
02.02.- Momentos en sentido "X".		
M_{cm_X} **(tonf.m)**	2.142	Momento debido a carga muerta alrededor del eje X.
M_{cv_X} **(tonf.m)**	2.321	Momento debido a carga viva alrededor del eje X.
M_{sismo_X} **(tonf.m)**	0.488	Momento debido a carga de sismo alrededor del eje X.
02.03.- Momentos en sentido "Y".		
M_{cm_Y} **(tonf.m)**	2.864	Momento debido a carga muerta alrededor del eje Y.
M_{cv_Y} **(tonf.m)**	1.344	Momento debido a carga viva alrededor del eje Y.
M_{sismo_Y} **(tonf.m)**	18.665	Momento debido a carga de sismo alrededor del eje Y.
02.04.- Cargas totales actuantes SIN AMPLIFICAR.		
P.P. (tonf)	21.806	Peso propio de la zapata propuesta
P (tonf)	553.722	Carga axial sin amplificar.
M_X **(tonf.m)**	4.951	Momento sin amplificar alrededor del eje X.

M_Y (tonf.m)	22.872	Momento sin amplificar alrededor del eje Y.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el cálculo de las presiones que se dan en la zapata, tenemos en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$e = \frac{M}{P}$$

$$\sigma P = \frac{P}{A}$$

$$\sigma M = \frac{6\ \sigma P\ e}{B\ \acute{o}\ L}$$

Tabla 190

Cálculo de las presiones en la zapata.

03.-CÁLCULO DE LAS PRESIONES EN LA ZAPATA		
e_x	0.041	Excentricidad en el eje X.
e_{x_max}	0.642	Excentricidad máxima para no tener tracciones en el eje X.
Verificación	**Compresiones !**	Verificación de tracciones o compresiones en la zapata.
e_y	0.009	Excentricidad en el eje Y.
e_{y_max}	0.492	Excentricidad máxima para no tener tracciones en el eje Y.
Verificación	**Compresiones !**	Verificación de tracciones o compresiones en la zapata.
A (m2)	11.358	Área total de la zapata.
σP (tonf/m2)	48.754	Esfuerzo producido por la carga axial.
σM_X (tonf/m2)	0.887	Esfuerzo producido por el momento en X.
σM_Y (tonf/m2)	3.138	Esfuerzo producido por el momento en Y.
σ_1 (tonf/m2)	52.779	Alternancia de esfuerzos 1.
σ_2 (tonf/m2)	46.502	Alternancia de esfuerzos 2.
σ_3 (tonf/m2)	44.729	Alternancia de esfuerzos 3.
σ_4 (tonf/m2)	51.006	Alternancia de esfuerzos 4.
$q_{actuante}$ (kgf/cm2)	5.278	Esfuerzo actuante en el suelo.

$q_{admisible}$ (kgf/cm2)	5.460	Esfuerzo de suelo admisible, amplificado 1.3 por sismo.
Verificación	**Bien!**	Verificación de presión actuante vs presión admisible.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 191

Combinaciones de carga para el diseño.

04.-CÁLCULO DE LAS CARGAS DE DISEÑO.		
04.01-Combinación de carga COMB1=1.4D+1.70L.		
P_{COMB1} (tonf)	673.110	Combinación de carga 01 para fuerza axial.
M_{X_COMB1} (tonf.m)	6.294	Combinación de carga 01 para momento en eje X.
M_{Y_COMB1} (tonf.m)	6.248	Combinación de carga 01 para momento en eje Y.
04.02-Combinación de carga COMB2=1.25D+1.25L+1.00SISMO		
P_{COMB2} (tonf)	669.037	Combinación de carga 02 para fuerza axial.
M_{X_COMB2} (tonf.m)	23.924	Combinación de carga 02 para momento en eje X.
M_{Y_COMB2} (tonf.m)	6.067	Combinación de carga 02 para momento en eje Y.
04.03-Combinación de carga COMB3=0.9D+1.00SISMO		
P_{COMB3} (tonf)	425.566	Combinación de carga 03 para fuerza axial.
M_{X_COMB3} (tonf.m)	21.242	Combinación de carga 03 para momento en eje X.
M_{Y_COMB3} (tonf.m)	2.416	Combinación de carga 03 para momento en eje Y.
04.04-Envolvente de diseño.		
P_{ENVOL} (tonf)	673.110	Carga axial máxima según envolvente de diseño.
M_{X_ENVOL} (tonf.m)	23.924	Momento en X máximo según envolvente de diseño.
M_{Y_ENVOL} (tonf.m)	6.248	Momento en Y máximo según envolvente de diseño.
e_x	0.009	Excentricidad en el eje X.
e_y	0.036	Excentricidad en el eje Y.
σP (tonf/m2)	59.266	Esfuerzo producido por la carga axial.
$σM_X$ (tonf/m2)	4.284	Esfuerzo producido por el momento en X.
$σM_Y$ (tonf/m2)	0.857	Esfuerzo producido por el momento en Y.
$σ_1$ (tonf/m2)	64.407	Alternancia de esfuerzos 1.
$σ_2$ (tonf/m2)	62.693	Alternancia de esfuerzos 2.
$σ_3$ (tonf/m2)	54.124	Alternancia de esfuerzos 3.
$σ_4$ (tonf/m2)	55.839	Alternancia de esfuerzos 4.
$q_{actuante}$ (kgf/cm2)	6.441	Esfuerzo actuante en el suelo.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el diseño por punzonamiento, tenemos las siguientes ecuaciones:

$$V_u = \left(A_{zap} - A_0\right) q_{act}$$

$$V_{c1} = \left(0.53 + \frac{1.06}{\beta_c}\right) \sqrt{f'_c}\ b_0\ d$$

$$V_{c2} = 1.06 \sqrt{f'_c}\ b_0\ d$$

Tabla 192

Diseño por punzonamiento.

05.-DISEÑO POR PUNZONAMIENTO.		
x_0 (m)	2.080	Peralte de zapata + lado "a" de columna.
y_0 (m)	1.180	Peralte de zapata + lado "b" de columna.
b_0 (m)	6.520	$b_0=2*(x_0+y_0)$
A_0 (m)	2.454	Área de zona de punzonamiento $(x_0)(y_0)$
V_u (tonf)	573.426	Fuerza cortante aplicada.
β_c	3.000	Relación entre lados de la columna a_{col}/b_{col}.
V_{c1} (tonf)	703.52	Fuerza cortante en relación al punzonamiento
V_{c2} (tonf)	844.22	Fuerza cortante en relación al punzonamiento
V_c (tonf)	703.516	Fuerza menor aplicada en relación al punzonamiento
ØV_c (tonf)	597.989	Fuerza menor en relación al punzonamiento reducida.
Verificación	**Bien!**	Verificación de fuerza cortante de apuntalamiento.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Por medio de la fórmula de resistencia a cortante del concreto, definimos el diseño por cortaten de la zapata:

Tabla 193

Diseño por corte de la zapata.

06.-DISEÑO POR CORTE.		
V_u (tonf)	33.49	Fuerza cortante última aplicada
V_c (tonf)	64.74	Fuerza cortante resistente del concreto.
ØV_c (tonf)	55.03	Fuerza cortante resistente del concreto reducida.
Verificación	**Bien!**	Verificación de fuerza cortante actuante.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 194

Diseño por flexión en los dos sentidos de la zapata.

07.-DISEÑO POR FLEXIÓN.			
07.01.- Cálculo del acero requerido.			
ω (tonf/m)	64.407	**ω (tonf/m)**	64.407
L (m)	1.250	**B (m)**	1.250
M_u (tonf.m)	50.318	**M_u (tonf.m)**	50.318
$M_{Y_ENVOL_M}$ (tonf.m)	2.118	**$M_{X_ENVOL_M}$ (tonf.m)**	6.214
$M_{DISEÑO}$ (tonf.m)	50.318	**$M_{DISEÑO}$ (tonf.m)**	50.318
k_u	9.442	**k_u**	9.442
ρ_{zapata}	0.0026	**ρ_{zapata}**	0.0026
ρ_{min}	0.0024	**ρ_{min}**	0.0024
Verificación	**Bien!**	**Verificación**	**Bien!**
A_{s_zapata} (cm2)	18.656	**A_{s_zapata}** (cm2)	18.656
$Ø_{db}$ (in)	3/4	**$Ø_{db}$ (in)**	3/4
A_{s_db} (cm2)	2.850	**A_{s_db}** (cm2)	2.850
#db	7.000	**#db**	7.000
$A_{s_zpata_col}$ (cm2)	19.952	**$A_{s_zpata_col}$** (cm2)	19.952
s_0 (cm)	15.000	**s_0 (cm)**	15.000
07.02.- Verificación de fluencia y resistencia.			
a_{zapata} (cm)	4.823	**a_{zapata}** (cm)	4.82311208
c_{zapata} (cm)	5.674	**c_{zapata}** (cm)	5.674
ξ_{zapata} (cm)	0.036	**ξ_{zapata}** (cm)	0.036
Tipo de Falla	**Ductil!**	**Tipo de Falla**	**Ductil!**
M_{n_zapata} (tonf.m)	59.151	**M_{n_zapata}** (tonf.m)	59.151
$Ø_f M_{n_zapata}$ (tonf.m)	53.236	**$Ø_f M_{n_zapata}$** (tonf.m)	53.236
Verificación	**Bien!**	**Verificación**	**Bien!**

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 195

Revisión por aplastamiento de la zapata.

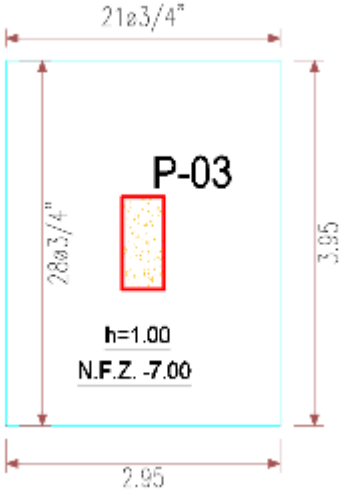
08.-DISEÑO POR APLASTAMIENTO		
A_1	0.608	Área de columna.
A_2	11.358	Área de zapata.
RAÍZ(A_1/A_2)	2	Raíz de la relación de áreas.
P_{u_adm}	1879.61	Fuerza admisible.

P_{u_act}	673.110	Fuerza actuante.
Verificación	**Bien!**	Verificación de fuerza admisible.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Figura 84

Vista en planta de la zapata en análisis.

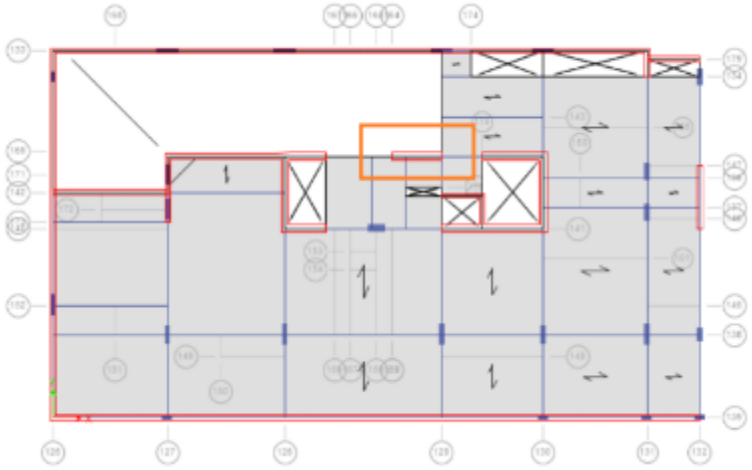


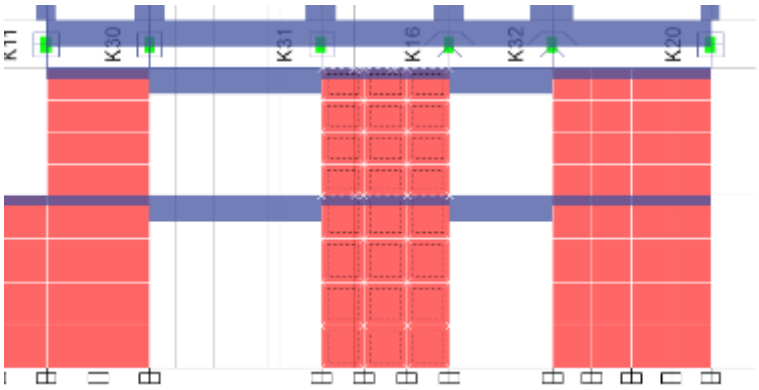
10.4 Diseño de placa o muro de corte de la sub estructura

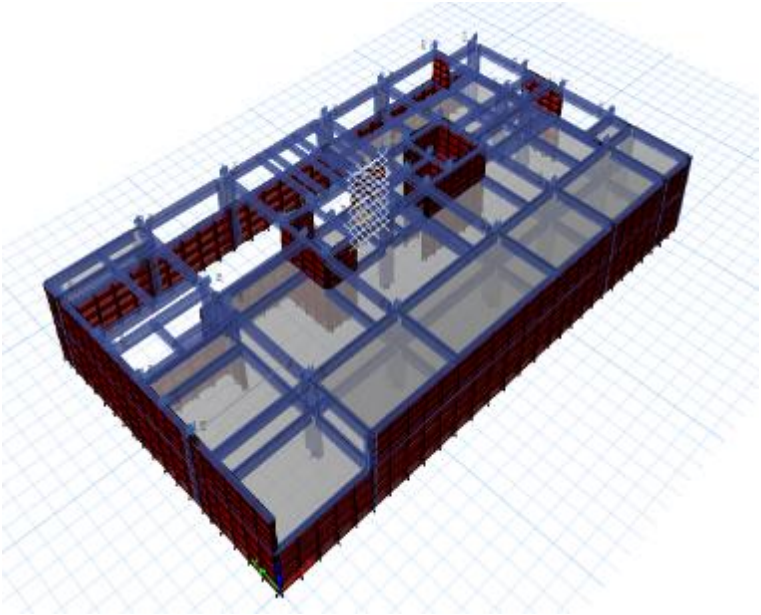
Para el diseño de placas, se toma como referencia la placa que se muestra a continuación:

Figura 85

Vista en planta, elevación y 3D de la placa a diseñar.







Para el diseño de la placa utilizaremos la hoja de cálculo de elaboración propia, que se estará adjuntando como anexo de la presente tesis y que desarrollaremos en tablas como sigue:

Tabla 196

Datos de entrada y propiedades de los materiales a utilizar en el diseño de muros.

DISEÑO DE PLACAS O MUROS DE CORTE		
VERIFICACIONES PREVIAS		
01.- DATOS DE ENTRADA		
01.01.- Propiedades geométricas de la sección.		
l_w (cm)	425.000	Longitud del muro.
h_m (cm)	315.000	Altura del muro arriostrada.

h (cm)	25.000	Espesor del muro.
h_w (cm)	3757.500	Altura total del muro.
h_w/l_w	8.841	Relación Altura total/Largo del muro.
r	85.000	Recubrimiento.
d	340.000	Peralte efectivo del muro (0.80 l_w)

01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.

f'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
f_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
ν	0.170	Módulo de Poisson del concreto.
A_g (cm2)	10625.000	Área bruta de concreto.
I_g (cm4)	159928385.417	Inercia de la sección de concreto.
ε_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.
ε_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
$Ø_{flexión}$	0.900	Factor de castigo por flexión.
$Ø_{corte}$	0.850	Factor de castigo por corte.
$Ø_{compresión}$	0.650	Factor de castigo por compresión.
β_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 197

Definición de cargas y verificación de diseño por flexión o compresión.

02.- DEFINICIÓN DE CARGAS

	MAX	MIN	
P (tonf)	827.747	98.986	Carga axial máxima y mínima.
V2 (tonf)	59.023	-88.719	Cortante en sentido largo de la placa.
V3 (tonf)	4.161	-4.434	Cortante en sentido corto de la placa.
T (tonf)	6.414	-14.406	Torsión de la placa.
M2 (tonf.m)	11.805	-12.678	Momento girando del eje 2-2 de la placa.
M3 (tonf.m)	157.484	-104.928	Momento girando del eje 3-3 de la placa.
e_{2-2} (cm)	1.426	-12.808	Excentricidad en base a cargas últimas en 2-2.
e_{3-3} (cm)	19.026	-106.002	Excentricidad en base a cargas últimas en 3-3.

lim $h_{2\text{-}2}$ (cm)	4.167	Límite de L/6 para flexocompresión 2-2.
lim $h_{3\text{-}3}$ (cm)	70.833	Límite de L/6 para flexocompresión 3-3.
Verificación	**Flexión!**	Verificación de tipo de diseño 2-2.
Verificación	**Flexión!**	Verifiacación de tipo de diseño 3-3.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para verificar que efectivamente la compresión en la placa no es un problema, revisamos la fórmula:

$$\emptyset P_{nw} = 0.55\ \emptyset\ f'_c\ A_g \left(1 - \left(\frac{K\ l_c}{32\ h}\right)^2\right)$$

Tabla 198

Método empírico para resistencia del muro a compresión.

03.- MÉTODO EMPÍRICO PARA RESISTENCIA DEL MURO A COMPRESIÓN

donde: ϕ: Factor de reducción de resistencia igual a 0.65 pues la solicitación es flexo-compresión.

k: Factor de longitud efectiva. En la Tabla 11.2 se muestran los valores de este parámetro para diferentes condiciones.

l_c: Altura libre del muro.

A_g: Área de la sección transversal del muro.

Tipo de muro	Condiciones de apoyo	k
Muro apoyado arriba y abajo	Si uno de los apoyos tiene el giro restringido	0.8
	Si ambos apoyos tienen el giro restringido	1.0
Muro con apoyos que admite desplazamiento relativo	Si los apoyos superior e inferior tienen desplazamiento relativo	2.0

Tabla 11.2 Factor de altura efectiva para diferentes muros y condiciones de apoyo

K	1.000	Factor de altura efectiva.
l_w (cm)	425.000	Altura libre del muro.
øP_{nw} (tonf)	763.397	Fuerza resistente máxima a compresión del muro.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Verificamos el diseño por flexión con las fórmulas ya definidas en sub capítulos anteriores:

Tabla 199

Diseño por flexion en placas.

04.- DISEÑO POR FLEXIÓN		
04.01.- Cálculo del acero requerido.		
$\mathbf{k}_u$	5.449	
$\boldsymbol{\rho}_{muro}$	0.0015	
$\mathbf{A}_{smuro}$ (cm2)	12.414	Acero Requerido de la Sección.
$\boldsymbol{Ø}_{db}$ **(in)**	3/4	Diámetro de la varilla a utilizar.
$\mathbf{A}_{s_db}$ (cm2)	2.850	
$\#_{db}$	5.000	
$\mathbf{A}_{smuro\ col}$ (cm2)	14.251	Área de la varilla a utilizar.
04.02.- Verificación de fluencia y resistencia.		
$\mathbf{a}_{muro}$ (cm)	8.763	Altura del bloque de compresiones.
$\mathbf{c}_{muro}$ (cm)	10.309	Distancia al eje neutro de la sección.
ξ_{muro} (cm)	0.096	Deformación unitaria del acero.
Tipo de Falla	**Ductil!**	Comportamiento de la sección, Dúctil o Frágil.
$\mathbf{M}_{n_muro}$ (tonf.m)	200.884	Momento nominal resistente de la sección.
$\boldsymbol{Ø}_f M_{n_muro}$ (tonf.m)	180.796	Momento nominal reducido.
Verificación	**Bien!**	Verificación de momento nominal reducido vs actuante.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

De misma forma realizamos al revisión mediante el método general de diseño de muros con las siguientes fórmulas:

$$EI = \frac{E_c I_g}{\beta}\left(0.5 - \frac{e}{h}\right)$$

$$EI \geq 0.1 \frac{E_c I_g}{\beta}$$

$$EI \leq 0.4 \frac{E_c I_g}{\beta}$$

Tabla 200

Método general del diseño de muros.

05.- MÉTODO GENERAL DE DISEÑO DE MUROS	
βd	0.650
β	1.094
ρ	0.001
EI_1 (tonf.m2)	367018.299
EI_2 (tonf.m2)	1468073.195
EI (tonf.m2)	600023.238
Verificación	**Bien!**

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el diseño por cortante en los núcleos, utilizamos las mismas fórmulas que en columnas, obteniendo las siguientes tablas:

Tabla 201

Diseño por cortante en placas

06.- DISEÑO POR CORTANTE Y REFUERZO EN PANTALLA		
06.02.- Cortantes máximas de diseño.		
V_{u3-3}	88.719	
V_{u2-2}	4.4338	
06.03.- Cortantes resistentes.		
06.03.01.- Cortantes resistentes del concreto.		
V_{c3-3} (tonf)	75.38306839	
V_{c2-2} (tonf)	75.38306839	
Verificación	**No requiere!**	Verificación si se requiere o no estribos en la sección.
06.03.02.- Cortantes resistentes del acero.		
V_{s3-3} (tonf)	0.000	Cortante resistente del acero en corte 3-3.
V_{s2-2} (tonf)	0.000	Cortante resistente del acero en corte 2-2.
V_{s_max3-3} (tonf)	88903.484	Cortante máximo resistente del acero en corte 3-3.
V_{s_max2-2} (tonf)	0.095	Cortante máximo resistente del acero en corte 2-2.
Verificación	**Bien!**	Verificación si el cortante máximo del acero es mayor.
Tipo	**Ductil!**	Tipo de falla.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 202

Separación en zona de confinamiento, central y en nodo de los extremos confinados de la placa

06.04.- Separación de estribos por confinamiento y zona central.		
06.04.01.- Acero a colocar en los estribos		
$Ø_{dblong}$ (in)	3/4	
$Ø_{dblong\ menor}$ (in)	3/4	
$Ø_{dbestribo}$ (in)	3/8	
$A_{db\ estribo}$ (cm2)	0.713	
A_v (cm2)	1.425	
06.04.02.- Límite de espaciamientos máximos.		
V_{s_lim} (tonf)	156.455	Cortante del acero límite para espaciamiento máximo.
$s_{máx_1}$ (cm)	30.480	Espaciamiento máximo 1 en la zona de confinamiento.
$s_{máx_2}$ (cm)	45.720	Espaciamiento máximo 2 en la zona de confinamiento.
$s_{máx_3}$ (cm)	25.000	Espaciamiento máximo 3 en la zona de confinamiento.
$s_{máx}$ (cm)	25.000	Espaciamiento máximo en la zona de confinamiento.
06.04.03.- Separación de estribos en la zona de confinamiento inicial.		
$s_{0\ inicial}$ (cm)	0.000	**l_0 (cm)** 50.000
s_1 (cm)	15.240	**l_{01} (cm)** 52.500
s_2 (cm)	25.000	**l_{02} (cm)** 425.000
s_3 (cm)	10.000	**l_{03} (cm)** 50.000
06.04.04.- Resultados finales en la zona de confinamiento.		
s_0 (cm)	10.000	Separación zona de confinamiento.
Num. Estribos	5.000	Número de estribos.
06.04.05.- Resultados finales en la zona de central.		
s_c (cm)	25.000	Separación final en zona de confinamiento.
l_c (cm)	315.000	Longitud central de confinamiento.
Num. Estribos	12.000	Número de estribos en la zona de confinamiento
06.04.06.- Resultados finales en la zona de del nodo		
V_{cn} (tonf)	0.008	Fuerza cortante que se desarrolla en el nodo.
$s_{0\ nodo}$ (cm)	0.021	Espaciamiento calculado para el nodo.
$s_{0\ nodo\ final}$ (cm)	0.021	Espaciamiento requerido para el acero del nodo.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Ahora revisamos la distribución de aceros en la pantalla.

Tabla 203

Refuerzos vertical y horizontal en la pantalla del muro.

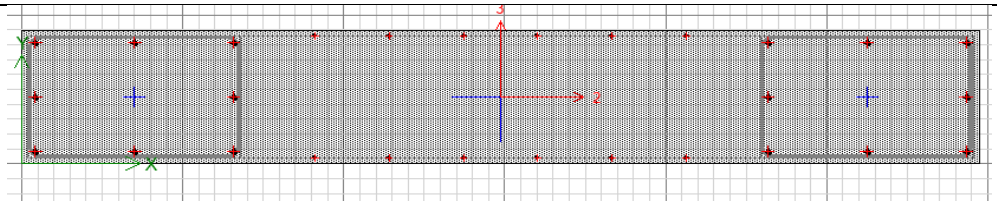
06.04.07.- Refuerzo horizontal en pantalla de muro		
ρ_h	0.0023	Cuantía horizontal requerida en acero horizontal.
ρh_{min}	0.0020	Cuantía horizontal mínima requerida en acero horizontal.
A_{smuro} (cm2)	24.227	Acero necesario.
$Ø_{dblong}$ (in)	3/8	Diámetro del acero a utilizar.
$A_{db\ estribo}$ (cm2)	0.713	Área del acero elegido
#capas	2.000	Número de capas a colocar
s_c (cm)	25.000	Separación final acero horizontal de pantalla muro
06.04.08.- Refuerzo vertical en pantalla de muro		
ρ_v	0.0007	Cuantía vertical requerida en acero vertical.
ρv_{min}	0.0012	Cuantía vertical mínima requerida en acero vertical.
A_{smuro} (cm2)	12.750	Acero necesario.
$Ø_{dblong}$ (in)	3/8	Diámetro del acero a utilizar.
$A_{db\ estribo}$ (cm2)	0.713	Área del acero elegido
#capas	1.000	Número de capas a colocar
s_c (cm)	25.000	Separación final acero vertical de pantalla muro

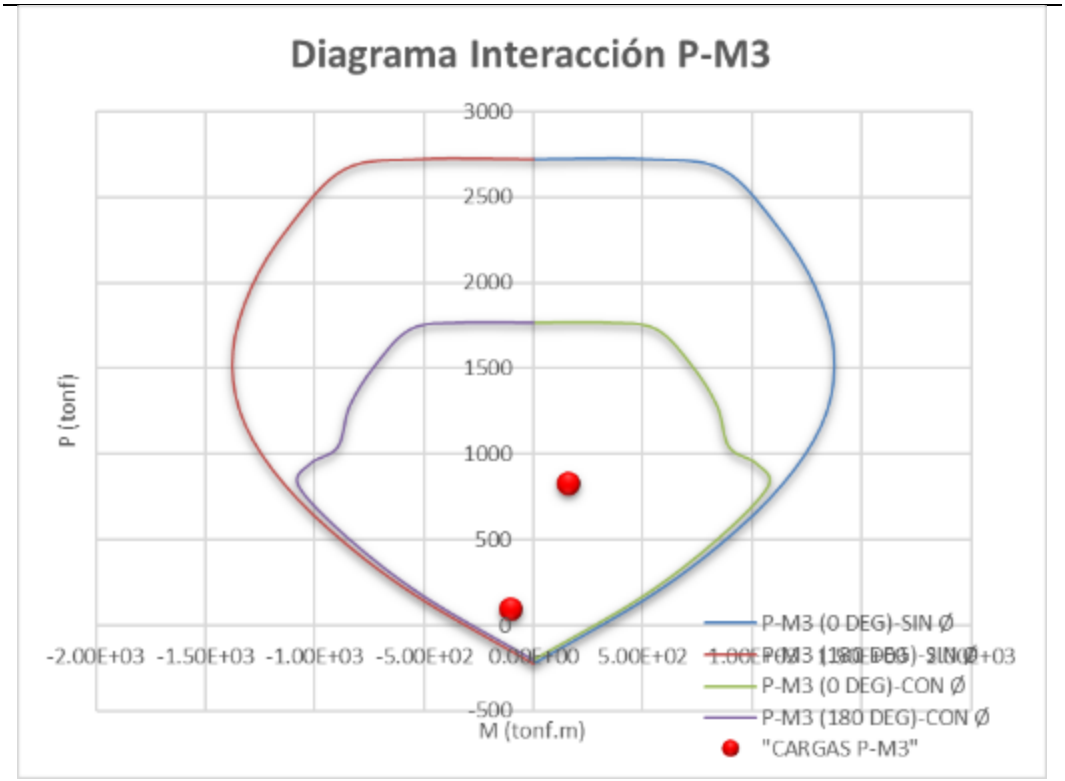
NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

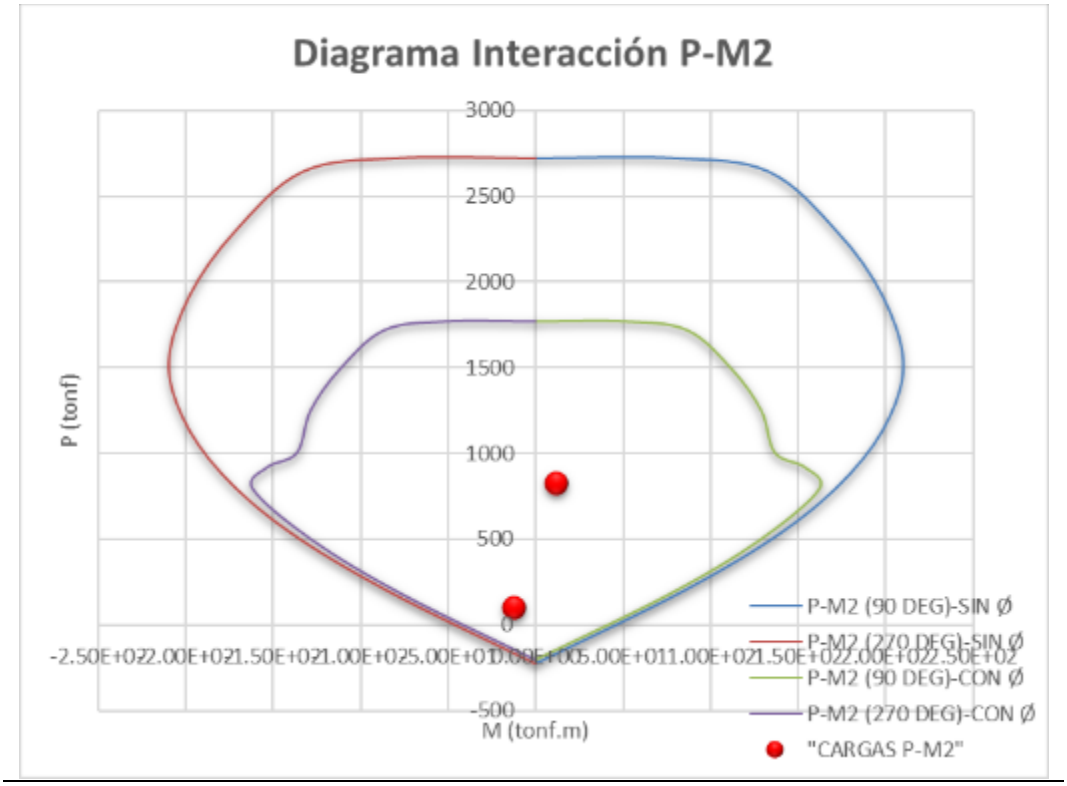
Ahora definimos la sección propuesta y verificamos mediante su diagrama de interacción:

Tabla 204

Sección propuesta y diagrama de interacción.

07.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN






NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

10.5 Diseño de viga de la super estructura

Para la super estructura, utilizaremos el modelo matemático computarizado que nos brinda las fuerzas y momentos de diseño. Para ello nos centraremos en la viga con mayor carga:

Figura 86

Ubicación de la viga más cargada en el SECTOR 01, CON DIMENSIONES DE 45X60cm.

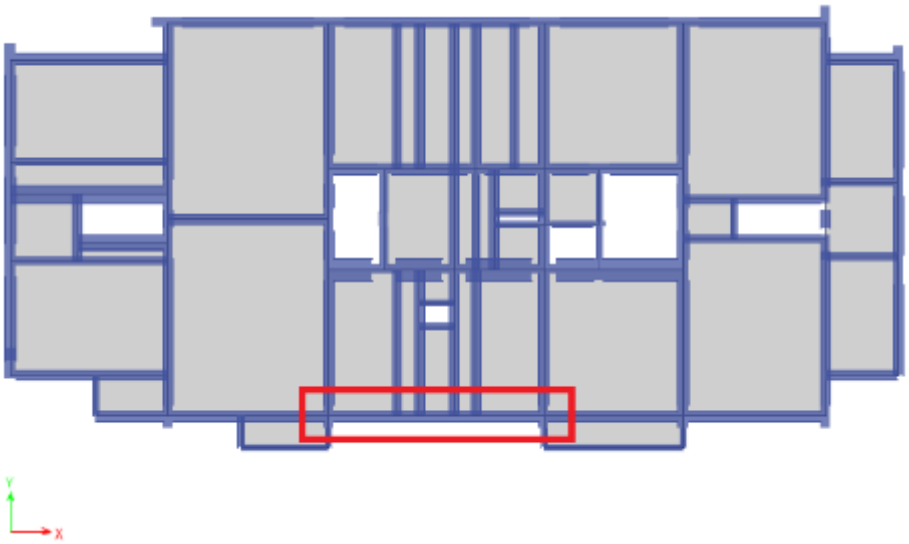
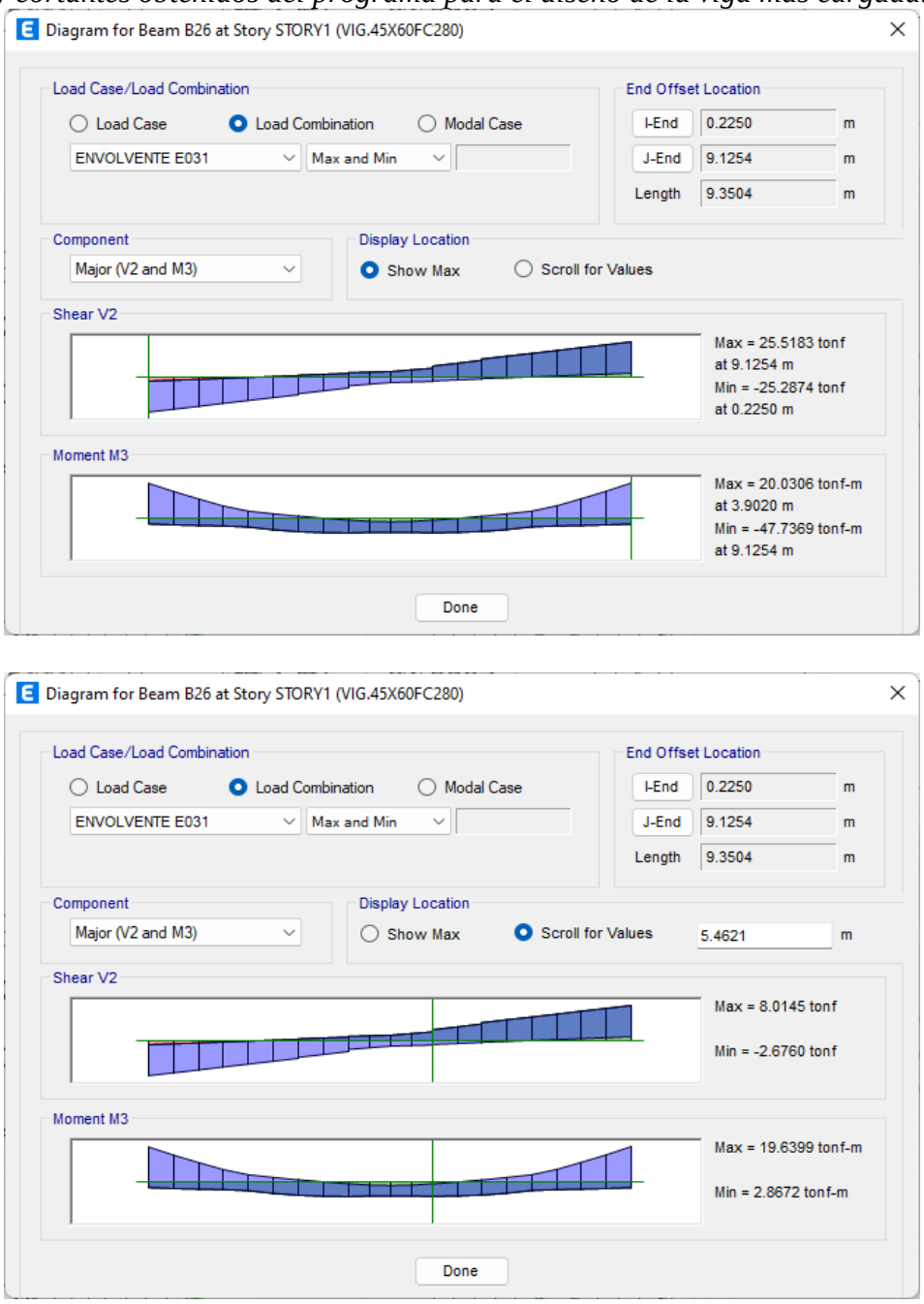


Figura 87

Momentos y cortantes obtenidos del programa para el diseño de la viga más cargada.

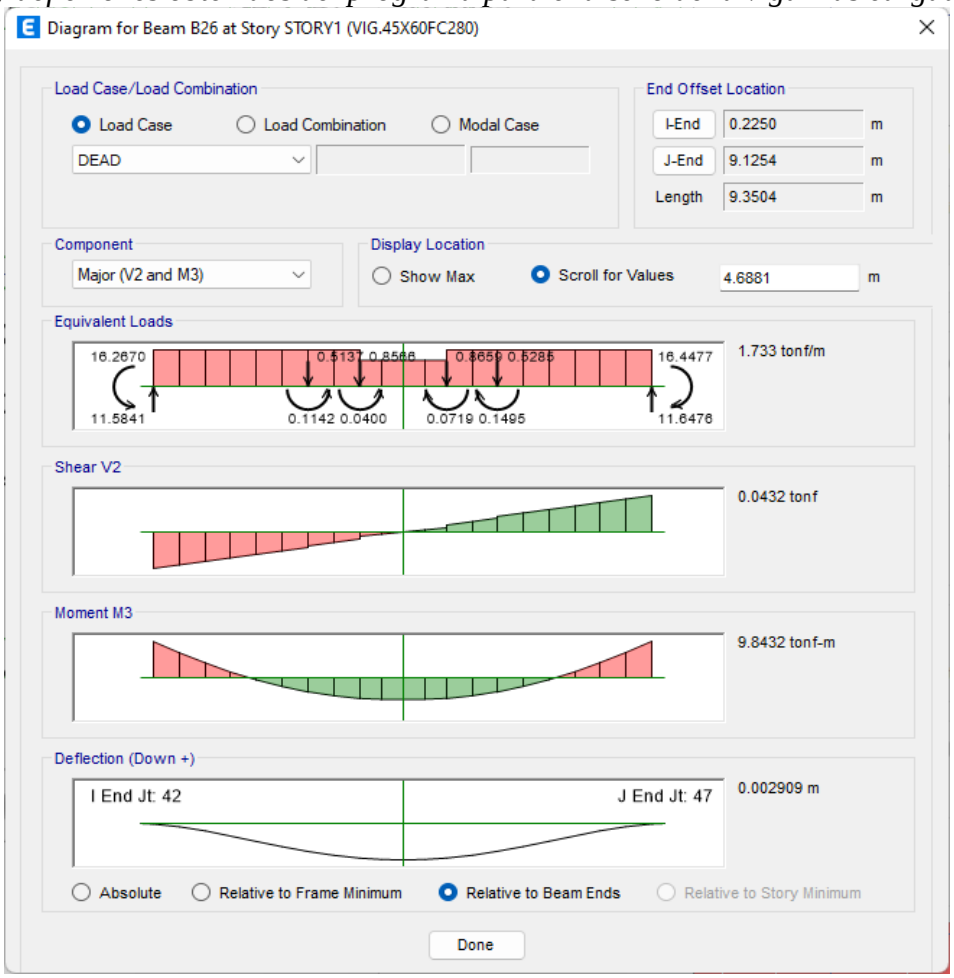


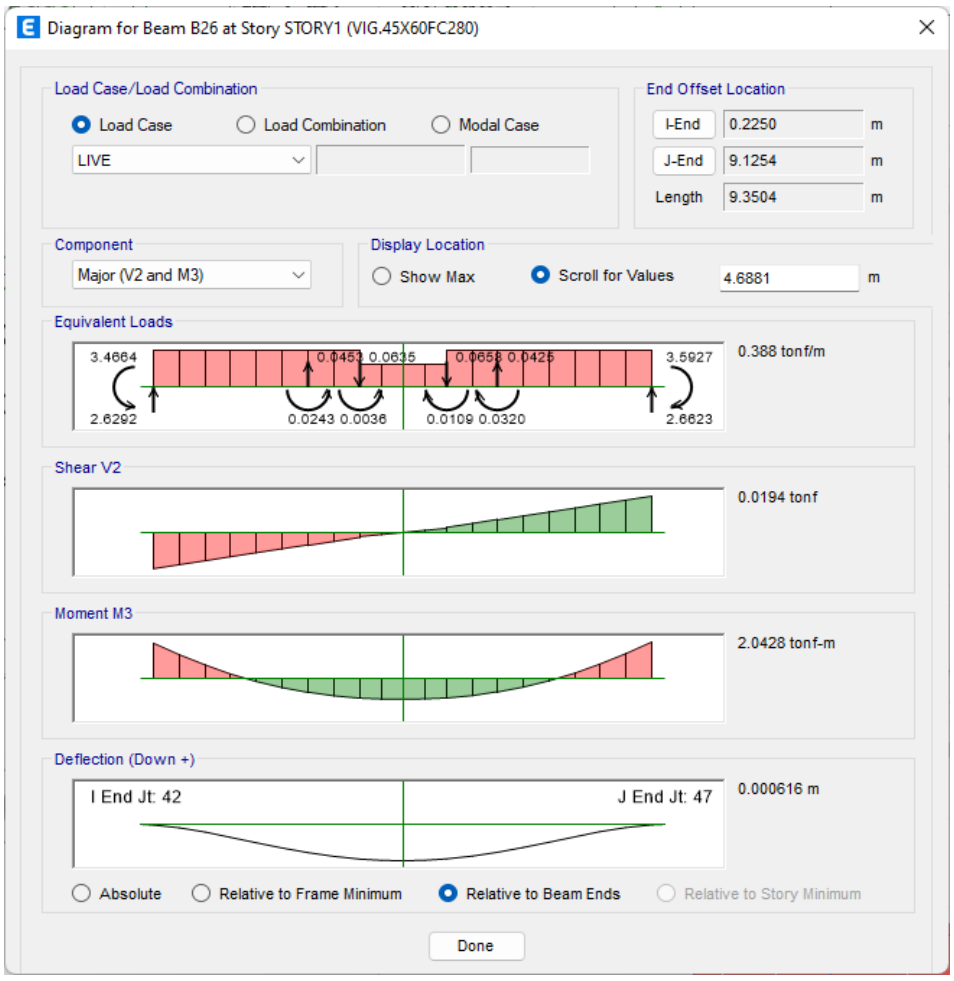
De las figuras mostradas podemos obtener que los valores necesarios para poder comenzar con el diseño de las vigas son: En momento positivo tenemos el valor de 19.6399 tonf.m y para el

momento negativo tenemos -47.7369 tonf.m. Además de ello para las fuerzas cortantes tenemos que para el lado izquierdo el valor es de -25.2874 tonf y para el lado derecho 25.5183.

Figura 88

Momentos y deflexiones obtenidos del programa para el diseño de la viga más cargada.





De la figura mostrada podemos obtener los valores necesarios para el cálculo de deflexiones y fisuraciones que, para carga muerta tenemos un momento de 9.8432 tonf.m y una deflexión de 0.002909 m y para la carga viva un momento de 2.0428 tonf.m y una deflexión de 0.000616 m.

Con los valores mostrados iniciamos con el diseño de la sección planteada, planteado en el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES:

Teniendo en cuenta las ecuaciones que mostramos en el diseño de la viga de aislación procedemos a analizar la viga para la super estructura, los cálculos se pueden revisar en los anexos de la tesis, a continuación, mostraremos en primer lugar la tabla de datos introductorios para luego mostrar la tabla con el diseño por flexión para el momento positivo y negativo:

Tabla 205

Datos de entrada para el momento positivo.
NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

01.- DATOS DE ENTRADA PARA MOMENTO (+)		
01.01.- Propiedades geométricas de la sección.		
b (cm)	45.000	Ancho de viga.
h (cm)	60.000	Peralte total de la viga.
Num. Capas	1.000	Número de capas en la sección.
r (cm)	6.000	Recubrimiento inferior de la viga.
d (cm)	54.000	Peralte efectivo de la viga.
d' (cm)	6.000	Recubrimiento superior de la viga.
01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.		
f'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
f_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Modulo de elasticidad del acero.
ε_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.
ε_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
β_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión
$Ø_{flexión}$	0.900	Factor de castigo a flexión.
M_u (tonf.m)	19.640	Momento del análisis.

Tabla 206

Refuerzo de acero requerido para el momento positivo.

04.- REFUERZO DE ACERO REQUERIDO Y VERIFICACIONES		
04.01.- Refuerzo en la zona a tracción.		
ω_1	1.633	
ω_2	0.062	
ω	0.062	Índice de refuerzo de la sección.
ρ_{req}	0.004	Cuantía requerida.
$A_{s\ req}$ (cm2)	9.985	Acero requerido.
Verificación	**Bien!**	
04.01.- Acero a colocar y separación máxima.		

$Ø_{db}$ (in)	3/4	Diámetro de la varilla
$Ø_{dbestribo}$ (in)	3/8	Diámetro de estribo.
A_{db} (cm2)	2.850	Área de la varilla a utilizar
Núm. Var.	4	
Num. Var. 1ra capa	4	
Num. Var. 2da capa	0	
s_1 (cm)	9.158	
s_2 (cm)	**No requiere!**	
Verificación	**Bien!**	Verificación de espaciamiento en 1ra capa
Verificación	**No requiere!**	Verificación de espaciamiento en 2da capa
$A_{s\ colocado}$ (cm2)	11.401	Área de acero colocado.
04.02.- Verificación de la fluencia.		
a (cm)	4.471	Altura del bloque de compresiones.
c (cm)	5.260	Distancia al eje neutro de la sección.
$ε_s$	0.028	Deformación unitaria del acero.
μ	13.238	Ductilidad de la sección.
Tipo	**Ductil!**	Tipo de falla.
M_r (tonf.m)	24.787	Momento resistente de la sección.
Verificación	**Bien!**	Verificación de $M_r > M_u$

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 207

Datos de entrada para momento negativo.

01.- DATOS DE ENTRADA PARA MOMETNO (-).		
01.01.- Propiedades geométricas de la sección.		
b (cm)	45.000	Ancho de viga.
h (cm)	60.000	Peralte total de la viga.
Num. Capas	2.000	Número de capas en la sección.
r (cm)	9.000	Recubrimiento inferior de la viga.
d (cm)	51.000	Peralte efectivo de la viga.
d' (cm)	6.000	Recubrimiento superior de la viga.
01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.		
f'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
f_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Modulo de elasticidad del acero.

ε_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.
ε_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
β_1	0.850	Factor de relación de profundidad del bloque rectangular equivalente a esfuerzos de compresión
$\text{Ø}_{\text{flexión}}$	0.900	Factor de castigo a flexión.
M_u (tonf.m)	47.737	Momento del análisis.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 208

Refuerzo de acero requerido para el momento negativo.

04.- REFUERZO DE ACERO REQUERIDO Y VERIFICACIONES		
04.01.- Refuerzo en la zona a tracción.		
ω_1	1.514	
ω_2	0.181	
ω	0.181	Índice de refuerzo de la sección.
ρ_{req}	0.012	Cuantía requerida.
$A_{s\ req}$ (cm2)	27.727	Acero requerido.
Verificación	**Bien!**	
04.01.- Acero a colocar y separación máxima.		
Ø_{db} (in)	3/4	Diámetro de la varilla
$\text{Ø}_{dbestribo}$ (in)	3/8	Diámetro de estribo.
A_{db} (cm2)	2.850	Área de la varilla a utilizar
Núm. Var.	10	
Num. Var. 1ra capa	7	
Num. Var. 2da capa	3	
s_1 (cm)	3.627	
s_2 (cm)	14.690	
Verificación	**Bien!**	Verificación de espaciamiento en 1ra capa
Verificación	**Bien!**	Verificación de espaciamiento en 2da capa
$A_{s\ colocado}$ (cm2)	28.502	Área de acero colocado.
04.02.- Verificación de la fluencia.		
a (cm)	11.177	Altura del bloque de compresiones.
c (cm)	13.150	Distancia al eje neutro de la sección.
ε_s	0.009	Deformación unitaria del acero.

μ	4.112	Ductilidad de la sección.
Tipo	**Ductil!**	Tipo de falla.
M_r (tonf.m)	54.362	Momento resistente de la sección.
Verificación	**Bien!**	Verificación de $M_r > M_u$

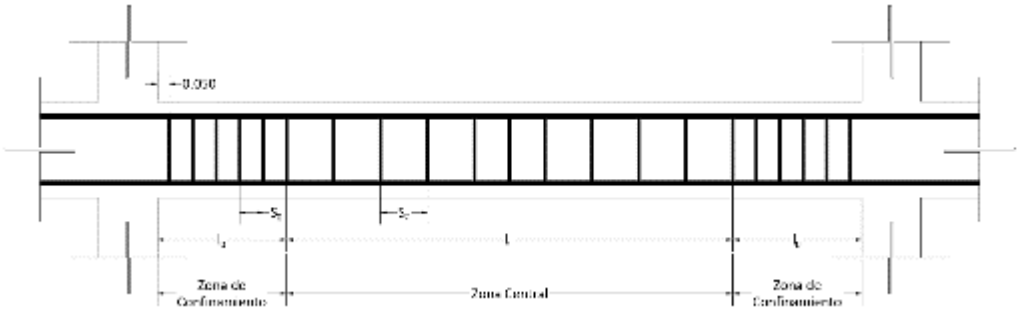
NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el diseño por cortante, utilizamos la misma plantilla de diseño de vigas que se podrá verificar en los anexos de esta tesis y obtenemos los siguientes valores de estribos y espaciamientos.

Tabla 209

Separación de estribos por confinamiento y zona central

05.- SEPARACIÓN DE ESTRIBOS POR CONFINAMIENTO Y ZONAL CENTRAL



05.01.- Límite de espaciamientos máximos Artículo 11.5.5.

V_{s_lim} (tonf)	46.384	Cortante del acero límite para espaciamiento máximo.
$s_{máx_1}$ (cm)	28.000	Espaciamiento máximo 1 en la zona de confinamiento.
$s_{máx_2}$ (cm)	60.000	Espaciamiento máximo 2 en la zona de confinamiento.
$s_{máx}$ (cm)	28.000	Espaciamiento máximo en la zona de confinamiento.

05.02.- Acero a colocar en los estribos

$Ø_{dbestribo}$ (in)	3/8
$A_{db\ estribo}$ (cm2)	0.713
A_v (cm2)	1.425

05.03.- Separación de estribos

05.03.01.- Separación de estribos en la zona de confinamiento inicial.

$s_{0\ inicial}$ (cm)	20.650
l_0 (cm)	130.000

05.03.02.- Requerimiento sísmico de estribos en vigas.		
s_1 (cm)	14.000	
s_2 (cm)	15.240	
s_3 (cm)	22.860	
s_4 (cm)	30.000	
05.03.03.- Resultados finales en la zona de confinamiento.		
Adicionar	Si	"Si" Disminute el espaciamiento en 2.5cm
s_0 (cm)	12.500	Separación de estribos final en la zona de confinamiento.
Num. Estribos	10.000	Número de estribos en la zona de confinamiento
05.03.03.- Resultados finales en la zona de central.		
s_c (cm)	30.000	Separación de estribos final en la zona central.
l_c (cm)	620.000	Longitud de la zona central.
Num. Estribos	20.000	Número de estribos en la zona central
05.04.- Verificaciones finales		
05.04.01.- Verificación del refuerzo máximo por corte.		
Verificación	**Bien!**	Verificación del espaciamiento máximo.
05.04.02.- Verificación del refuerzo mínimo de cortante según Artículo 11.5.6.		
V_{u_max} (tonf)	9.498	Cortante último según Artículo 11.5.6.1.
Verificación	**Área mínima!**	Verificación si requiere área mínima de refuerzo

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Para el cálculo de las deflexiones se muestran las obtenidas y los límites establecidos:

Tabla 210

Cálculo de las deflexiones.

05.- CÁLCULO DE DEFLEXIONES		
05.01.- Deflexiones inmediatas.		
CASO	CAS0 1	Definición de caso según el análisis a realizar
δ_{inst_cm} (cm)	1.867	Deflexión inmediata debido a la carga muerta.
05.02.- Deflexiones diferidas.		
δ_{inst_cv} (cm)	0.559	Deflexión inmediata debido a la carga viva.
ρ'	0.004	Cuantía de la sección a compresión.
ξ	2.000	Factor que depende del tiempo para cargas sostenidas.
λΔ	1.701	Factor de deflexiones adicionales a largo plazo.

05.03.- Deflexiones últimas.		
δ_{ETABS} (cm)	0.353	Deflexión total del programa.
δ_{MANUAL} (cm)	3.733	Deflexión total del cálculo manual.
δ_{TOTAL} (cm)	3.733	Deflexión total en la viga.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 211

Deflexiones máximas en vigas

06.- DEFLEXIÓN MÁXIMA EN VIGAS		
06.01.- Techos planos que no soporten a elementos no estructurales.		
δ_{max1} (cm)	5.194	Deflexión máxima admisible 01 L/180.
Verificación	**Bien!**	Se usa para Deflexión inmediata debido a la carga viva.
06.02.- Pisos que no soporten a elementos no estructurales.		
δ_{max2} (cm)	2.597	Deflexión máxima admisible 01 L/360.
Verificación	**Bien!**	Se usa para Deflexión inmediata debido a la carga viva.
06.03.- Pisos o techos ligados a elementos no estructurales susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes		
δ_{max3} (cm)	1.948	Deflexión máxima admisible 01 L/480.
Verificación	**Revisar!**	Se usa para Deflexión total en la viga.
06.04.- Pisos o techos ligados a elementos no estructurales no susceptibles a sufrir daños debido a deflexiones grandes		
δ_{max4} (cm)	3.896	Deflexión máxima admisible 01 L/240.
Verificación	**Bien!**	Se usa para Deflexión total en la viga.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Por último, revisamos las fisuras:

Tabla 212

Determinación de parámetro Z para la revisión de fisuras.

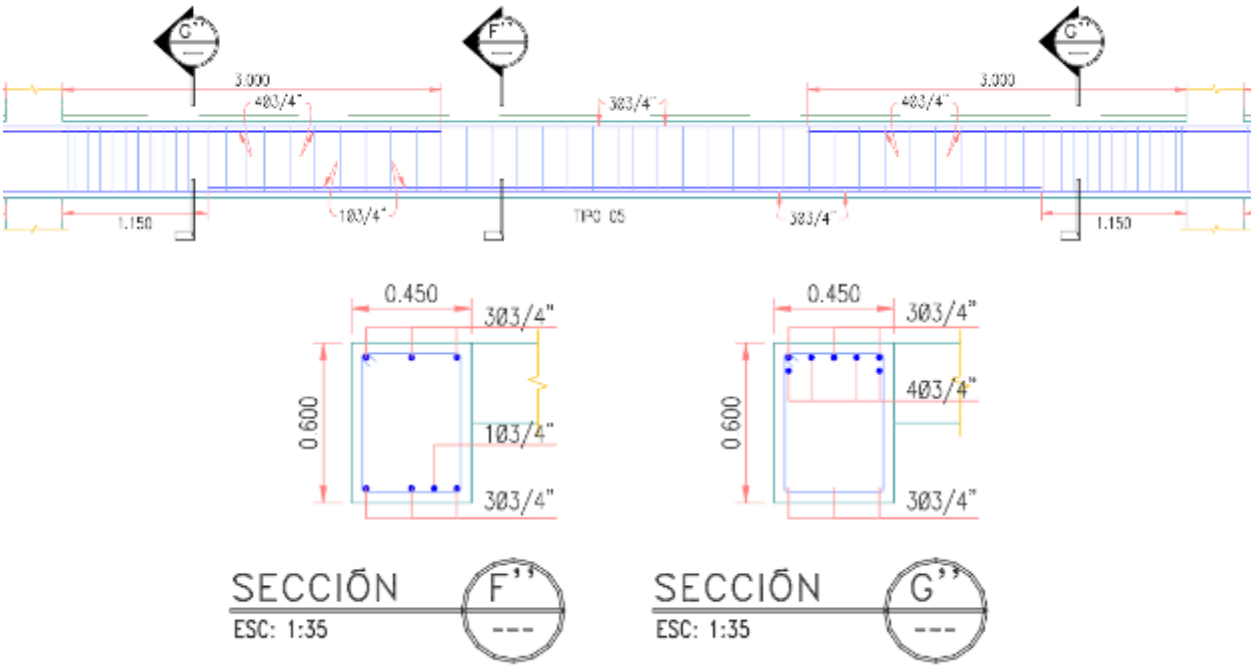
02.- DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO "Z_{max}" (Artículo 9.9.3)		
Condición	Exterior	Condición de exposición del elemento a analizar.
Z_{max}	26000.000	Coeficiente o parámetro "Z_{max}"
03.- DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO "Z" (Artículo 9.9.3)		
03.01.- Cálculo del centroide para refuerzo principal.		
Num. Capas	1.000	Número de capas en la sección.
y_s (cm)	7.905	Centroide para el refuerzo principal a flexión.

03.02.- Cálculo del área efectiva del concreto en tracción.		
n_b	4	Número de barras en la zona de tracción.
A_{ct} (cm2)	177.8625	Área efectiva del concreto en tracción.
03.03.- Cálculo del esfuerzo del acero.		
M_s (tonf.m)	11.886	Momento máximo por cargas de servicio.
f_s (kgf/cm2)	2145.160	Esfuerzo en el refuerzo para cargas de servicio.
03.04.- Cálculo del parámetro "Z".		
d_c (cm)	7.905	Espesor del recubrimiento desde la fibra extrema.
Z	24031.915	Coeficiente o parámetro "Z".
Verificación	**Bien!**	$Z<Z_{max}$

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Figura 89

Sección de diseño para viga de interfaz de aislación 0.45x0.60 con estribos 1@0.05, 12@0.10, Rto. @0.25m

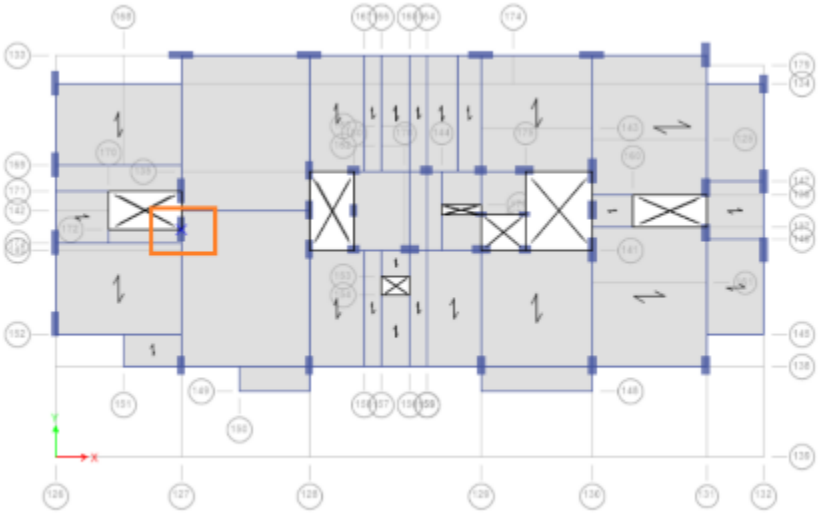


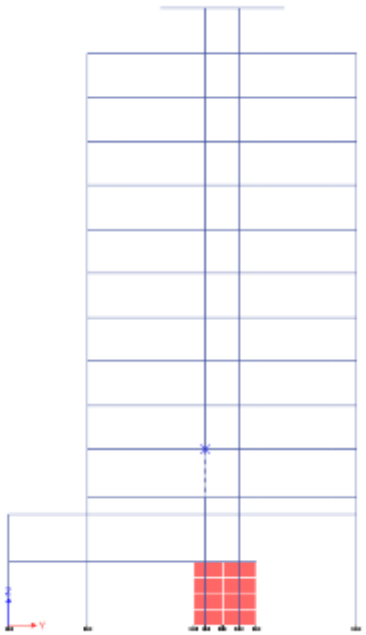
10.6 Diseño de columna de la super estructura

Designamos la columna que vamos a mostrar en el diseño:

Figura 90

Vista en planta y elevación de la columna a diseñar:





A continuación, mostraremos las tablas obtenidas de la hoja de cálculo de elaboración propia y que se puede verificar y revisar en los anexos de la presente tesis, además comentaremos que se tendrán en cuenta el mismo procedimiento que para diseñar la columna de la sub estructura.

Tabla 213

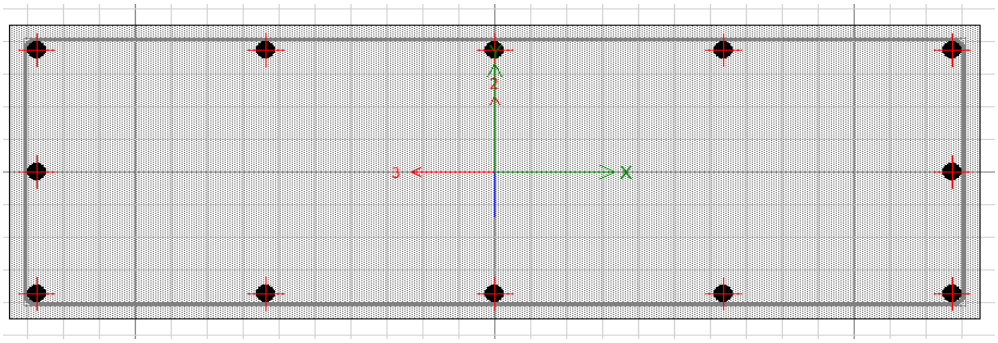
Diseño de columna, datos de entrada y propiedades de los materiales.

DISEÑO DE COLUMNAS

CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

01.- DATOS DE ENTRADA

01.01.- Propiedades geométricas de la sección.



b_{col} (cm)	45.000	Peralte total de la columna.
h_{col} (cm)	130.000	Ancho efectivo de la columna
r (cm)	4.000	Recubrimiento mínimo para la columna.
$d_{3\text{-}3}$ (cm)	126.000	Peralte mínimo para la columna 3-3.
$d_{2\text{-}2}$ (cm)	41.000	Peralte mínimo para la columna 2-2.
L (m)	4.000	Longitud efectiva de la columna.

01.02.- Propiedades mecánicas de los materiales.

f'_c (kgf/cm2)	280.000	Resistencia a compresión del concreto.
E_c (kgf/cm2)	250998.008	Módulo de elasticidad del concreto.
f_y (kgf/cm2)	4200.000	Esfuerzo de tracción del acero.
E_s (kgf/cm2)	2100000.000	Modulo de elasticidad del acero.
ε_c	0.0030	Deformación unitaria del concreto a compresión.
ε_{sy}	0.0021	Deformación unitaria del acero a fluencia.
Υ (tonf/m3)	2.400	Peso específico del concreto.
$Ø_{flexión}$	0.900	Coeficiente de castigo por flexión.

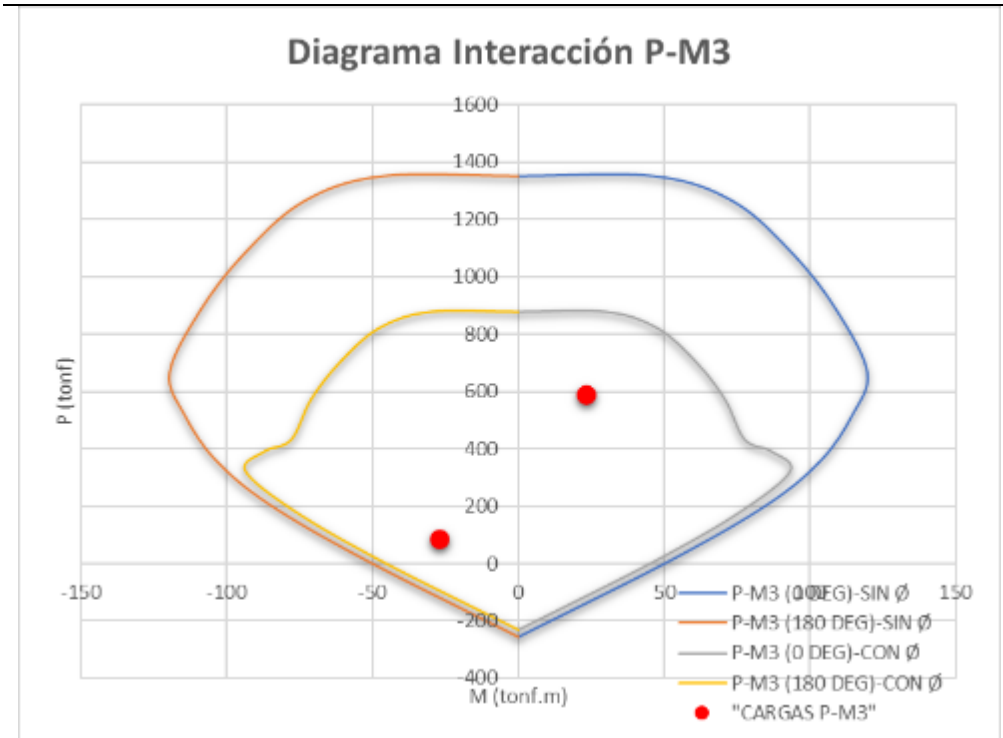
$Ø_{corte}$	0.850	Coeficiente de castigo por corte.
$Ø_{estribo}$	0.650	Coeficiente de castigo en estribaje normal.
$Ø_{espiral}$	0.750	Coeficiente de castigo en estribaje en espiral.

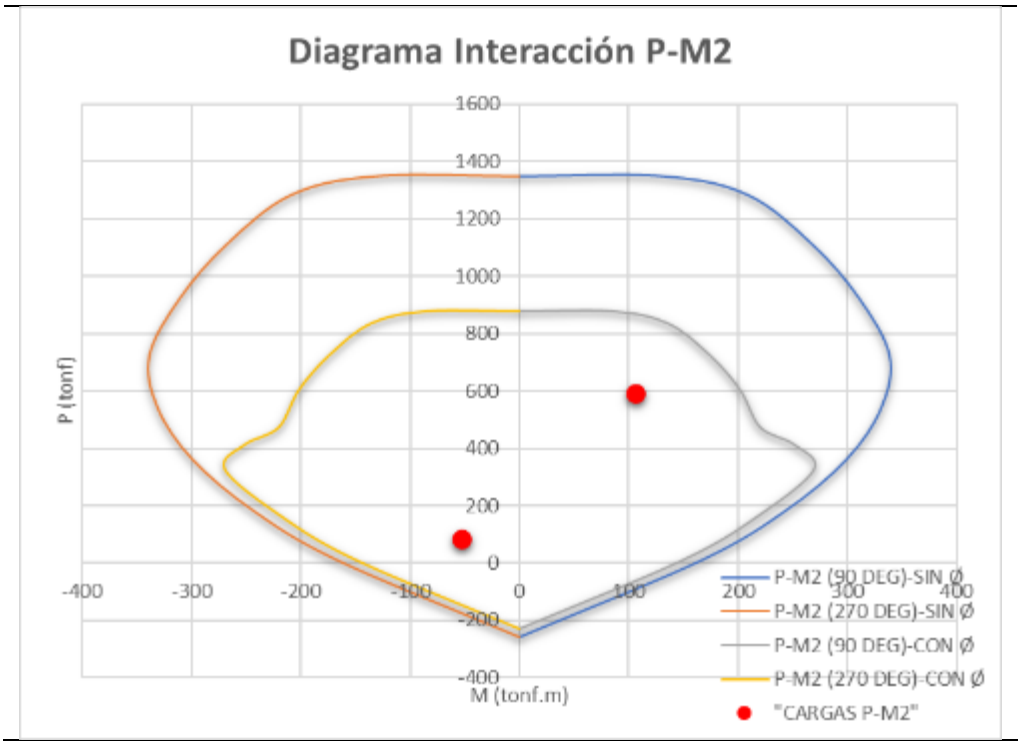
NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 214

Construcción del diagrama de interacción.

03.- CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN





NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 215

Definición de cargas.

04.- DEFINICIÓN DE CARGAS			
	MAX	**MIN**	
P (tonf)	591.164	85.911	Carga axial máxima y mínima.
V2 (tonf)	12.092	-13.220	Cortante en sentido largo de la columna.
V3 (tonf)	49.860	-23.135	Cortante en sentido corto de la columna.
T (tonf)	1.197	-1.343	Torsión de la columna.
M2 (tonf.m)	105.828	-53.142	Momento girando alrededor del eje 2-2 de la columna.
M3 (tonf.m)	23.007	-27.020	Momento girando alrededor del eje 3-3 de la columna.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Tabla 216

Resultados finales en zona de confinamiento, central y nodo.

05.04.04.- Resultados finales en la zona de confinamiento.		
s_0 (cm)	10.000	Separación zona de confinamiento.
Num. Estribos	5.000	Número de estribos.

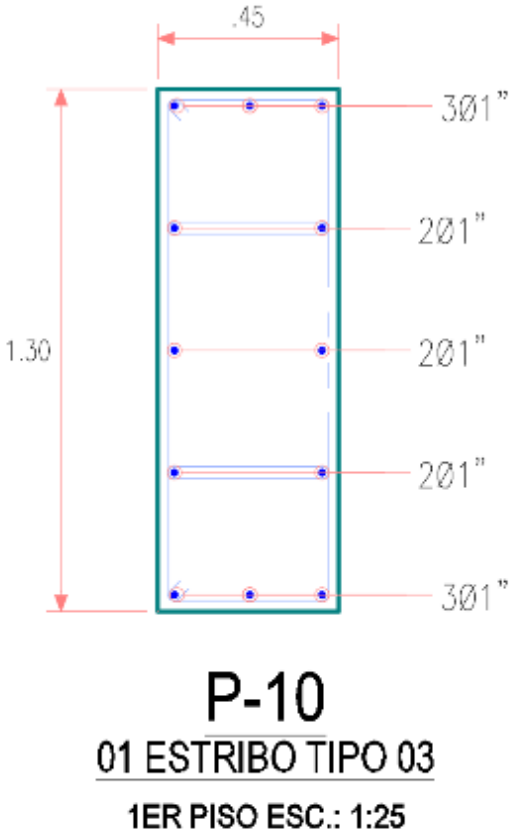
05.04.05.- Resultados finales en la zona de central.

s_c (cm)	20.320	Separación final en zona de confinamiento.
l_c (cm)	290.000	
Num. Estribos	14.000	Número de estribos en la zona de confinamiento
05.04.06.- Resultados finales en la zona de del nodo		
V_{cn} (tonf)	16.129	Fuerza cortante en el nodo.
$s_{0\ nodo}$ (cm)	83.126	Separación inicial de los estribos en el nodo.
$s_{0\ nodo\ final}$ (cm)	15.000	Separación final de los estribos en el nodo.

NOTA: Tabla obtenido de hoja de cálculo de elaboración propia.

Figura 91

Vista en planta de la columna en análisis con los aceros finales.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1) En relación a los objetivos principales planteados, podemos comentar que hemos desarrollado un proceso adecuado de análisis parala elección de un tipo de aislador, cumpliendo con las normativas vigentes y las teorías correspondientes a los modelos referidos a sistemas de asilamiento.

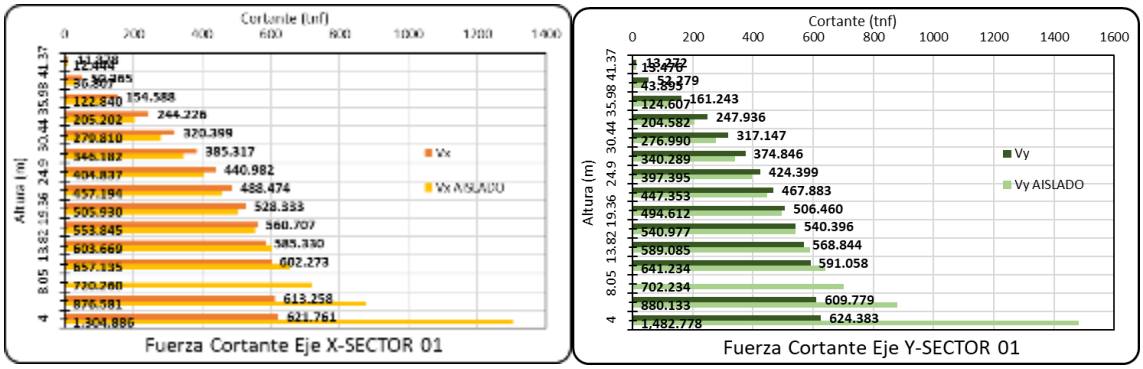
2) El desempeño sísmico en su totalidad mejoró considerablemente, sin embargo, la relación de precio – seguridad aumento dada la mayor masa, rigidez y por ende costos que genera la completa aplicación del sistema de aislamiento.

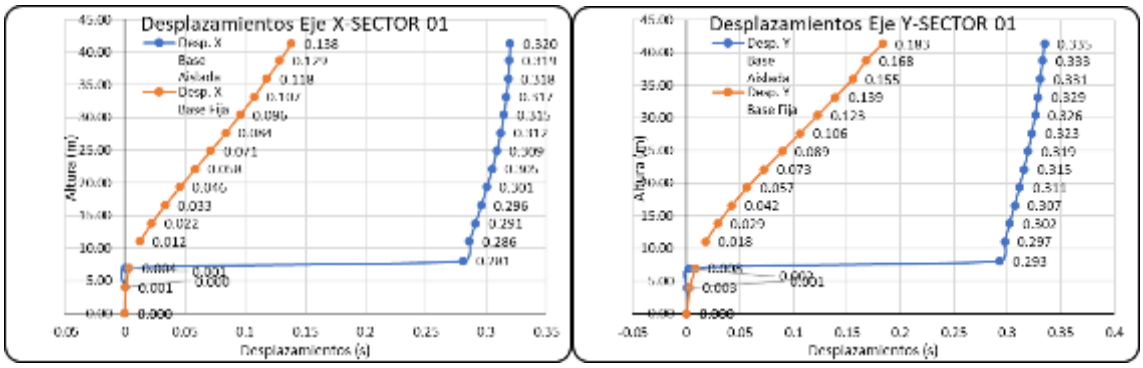
3) Podemos indicar que para la elaboración de este trabajo de investigación, se cumplieron con todos los parámetros, límites y procedimientos establecidos en la norma vigente peruana E031, cumpliendo así con el último objetivo principal planteado en un inicio.

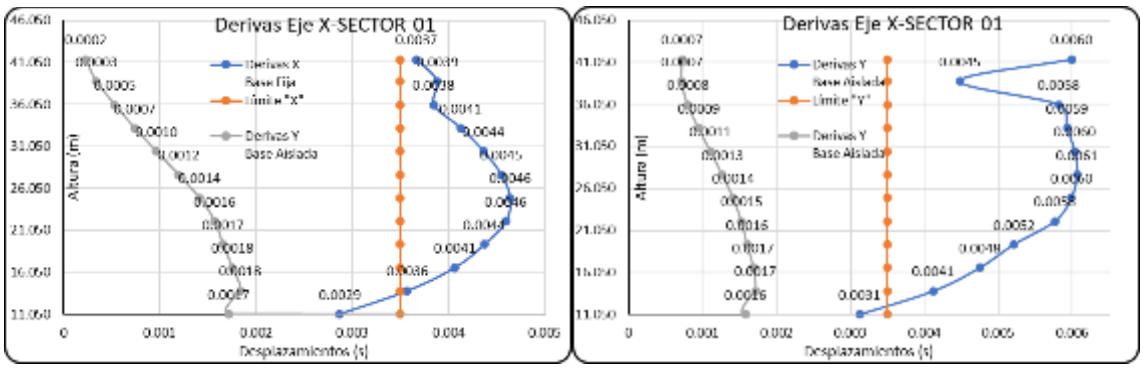
Para abordar las conclusiones secundarias y reforzar las indicadas previamente en esta tesis, iniciaremos realizando las comparaciones de las fuerzas cortantes, desplazamientos y derivas para cada caso, es decir, para el sector 01 y sector 02, mostradas en el siguiente gráfico:

Gráfico 128

Gráficas de cortantes, desplazamientos y derivas tanto para base aislada como para base fija del SECTOR 01.







De las gráficas podemos obtener el siguiente cuadro que relaciona los resultados en base aislada sobre los resultados en base fija para el SECTOR 01:

Tabla 217

Cuadro comparative entre los resultados obtenidos en cortantes, desplazamientos y derivas de base aislada sobre base fija del SECTOR 01.

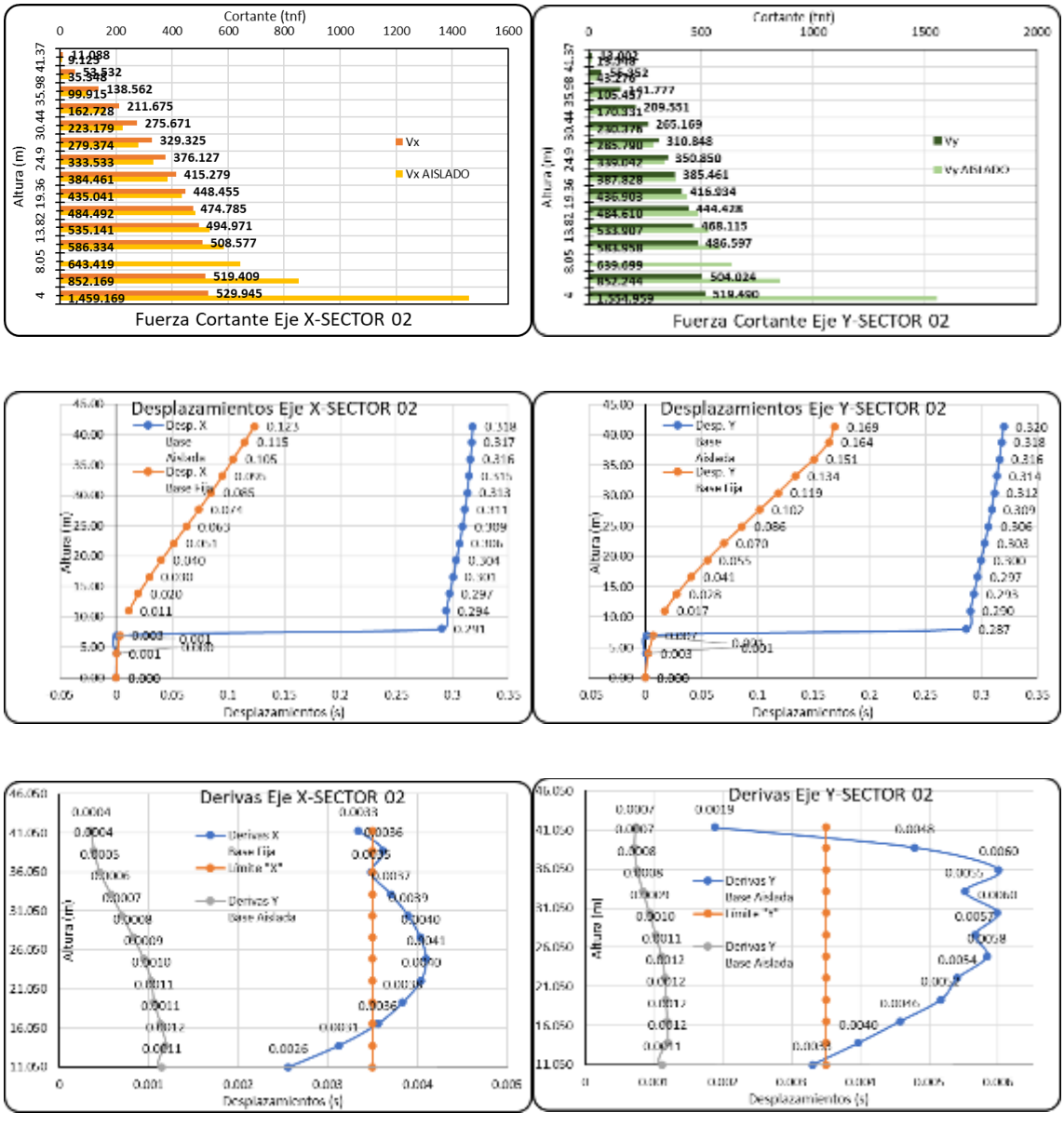
CUADRO COMPARATIVO BASE AISLADA/BASE FIJA SECTOR 01

Elevación	Vx Aislado/ Vx	Vy Aislado/ Vy	Desp. X Aislado/Desp. X	Desp. Y Aislado/Des. Y	Deriva X Aislado/Deriva X	Deriva Y Aislado/Deriva Y
41.370	109.4%	101.5%	173.5%	136.9%	4.7%	9.1%
38.800	73.1%	84.0%	185.9%	148.6%	6.6%	12.0%
35.980	79.5%	77.3%	202.5%	159.8%	10.4%	10.3%
33.210	84.0%	82.5%	221.6%	177.1%	13.5%	12.0%
30.440	87.3%	87.3%	246.4%	199.1%	16.6%	13.8%
27.670	89.8%	90.8%	279.5%	228.4%	19.7%	15.7%
24.900	91.8%	93.6%	325.5%	268.4%	22.9%	17.7%
22.130	93.6%	95.6%	392.2%	325.7%	25.6%	19.9%
19.360	95.8%	97.7%	494.5%	411.8%	28.4%	23.1%
16.590	98.8%	100.1%	663.0%	544.7%	32.4%	26.7%

13.820	103.1%	103.6%	982.6%	779.0%	38.6%	31.2%
11.050	109.1%	108.5%	1739.8%	1262.5%	44.9%	38.0%
8.050						
6.950	142.9%	144.3%	10.5%	17.2%	8.5%	13.8%
4.000	209.9%	237.5%	20.0%	23.5%	20.0%	23.5%

Gráfico 129

Gráficas de cortantes, desplazamientos y derivas tanto para base aislada como para base fija del SECTOR 02.



De las gráficas podemos obtener el siguiente cuadro que relaciona los resultados en base aislada sobre los resultados en base fija para el SECTOR 02:

Tabla 218

Cuadro comparative entre los resultados obtenidos en cortantes, desplazamientos y derivas de base aislada sobre base fija del SECTOR 02.

CUADRO COMPARATIVO BASE AISLADA/BASE FIJA SECTOR 02						
Elevación	**Vx Aislado/ Vx**	**Vy Aislado/ Vy**	**Desp. X Aislado/Desp. X**	**Desp. Y Aislado/Des. Y**	**Deriva X Aislado/Deriva X**	**Deriva Y Aislado/Deriva Y**
41.370	82.3%	104.2%	193.2%	142.0%	8.0%	29.4%
38.800	66.0%	78.2%	207.1%	145.3%	8.0%	11.3%
35.980	72.1%	74.4%	226.5%	157.3%	9.8%	9.4%
33.210	76.9%	81.3%	248.5%	175.6%	11.7%	11.5%
30.440	81.0%	86.9%	277.2%	196.8%	13.5%	11.7%
27.670	84.8%	91.9%	315.6%	226.8%	15.4%	13.6%
24.900	88.7%	96.6%	369.0%	265.5%	17.3%	14.3%
22.130	92.6%	100.6%	446.5%	323.3%	19.1%	16.1%
19.360	97.0%	104.8%	565.3%	406.4%	20.7%	17.0%
16.590	102.0%	109.0%	760.5%	542.3%	23.8%	19.6%
13.820	108.1%	114.1%	1127.2%	775.9%	28.6%	22.6%
11.050	115.3%	120.0%	1979.8%	1252.9%	33.7%	25.5%
8.050						
6.950	164.1%	169.1%	12.3%	14.0%	9.4%	10.7%
4.000	275.3%	299.3%	22.6%	19.9%	22.6%	19.9%

4) Podemos comentar de las tablas obtenidas que, las cortantes en una edificación aislada, no muestran un mejor desempeño en los primeros niveles de la super estructura, y esto es debido al incremento en la rigidez de la edificación, con la finalidad de cumplir con la teoría del aislamiento sísmico, es decir, lograr que el bloque encima de los aisladores se comporte como una masa en conjunto, lo que origina que no tengamos tracciones en ninguno de los aisladores propuestos, además de ello, debemos considerar que el espectro de diseño se multiplico por 1.5 por solicitudes del R.N.E. E.031, esto se ve reflejado en el incremento de las cortantes en la subestructura, que también tiene repercusión en la cantidad de masa participativa, dado que ahora, al considerar como Edificación importante, debemos calcular las masas con el 50% de carga viva, ese incremento se ve reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 219

Cuadro comparative de masas del SECTOR 01 y 02.

CUADRO DE MASAS SECTOR 01			
BASE FIJA SECTOR 01		**BASE AISLADA SECTOR 01**	**VARIACIÓN**
TOTAL (tonf-s²/m)	**678.30**	**738.54**	8.16%
TOTAL (tonf-s²/m)	**208.14**	**262.80**	20.80%
TOTAL (tonf)	**8695.99**	**9823.18**	11.47%
CUADRO DE MASAS SECTOR 02			
BASE FIJA SECTOR 02		**BASE AISLADA SECTOR 02**	**VARIACIÓN**
TOTAL (tonf-s²/m)	**562.57**	**628.36**	10.47%
TOTAL (tonf-s²/m)	**197.89**	**264.16**	25.09%
TOTAL (tonf)	**7460.16**	**8755.59**	14.80%

El incremento total de la masa en el SECTOR 01 es del 11.47% y del SECTOR 02 es de 14.80%

5) Podemos comentar respecto al uso de aisladores sísmicos que: estos dispositivos cumplen con la función de disminuir las aceleraciones en la superestructura, lo cual se ve reflejado en los métodos numéricos y de análisis estructural que hemos mostrado en la presente tesis, sin embargo, para suelos blandos o espectros de respuesta elaborados en base a acelerogramas cuyo suelo tenga aceleraciones más altas a mayores periodos, este método no es de gran utilidad, y por ende se recomienda el uso de otro sistema de protección sísmica como disipadores de fluido viscos, afortunadamente, este tipo de suelo blando cuyas respuestas máximas de aceleración se dan en periodos altos no abundan en las zonas urbanas de nuestro país, y como recomendación adicional, se requiere hacer el estudio de microzonificación sísmica para evaluar la edificación que tendrá aisladores.

6) Durante el proceso de análisis, podemos comentar que la edificación del edificio BAVARIA, al ser modelada bajo los criterios mostrados y sometida a un análisis dinámico según el Reglamento Nacional de Edificaciones, percatamos que las derivas producidas en la edificación en el sentido “Y”, no cumplen con los límites establecidos en la norma, adicional a ello, podemos

observar que las distorsiones que generan IRREGULARIDAD TORSIONAL en las plantas son consideradas, dado que los desplazamientos dividida la altura son mayores a la mitad del límite permisibles y por ende se deben tomar en cuenta. Esto puede haberse generado, debido a que la normativa con la que se diseñó la edificación analizada es anterior a la vigente y el análisis realizado en esta tesis es la actual. Esto nos permite ahondar más en los beneficios que los aisladores traen a las edificaciones.

7) Durante el cálculo iterativo del dimensionamiento de los aisladores, se puede observar que la norma establece límites superiores e inferiores para obtener las propiedades de cada uno de los dispositivos, estas propiedades como hemos mencionado, afectan a la fuerza característica y la rigidez inelástica para el caso de los aisladores elastoméricos y a la fricción en el caso de los deslizadores. Por deducción deberíamos obtener que a mayor rigidez menor desplazamiento y por ende mayor coeficiente de amortiguamiento que es el caso del límite superior, lo mismo para el límite inferior, a menor rigidez, mayor desplazamiento y por ende, menor amortiguamiento. Sin embargo en nuestra edificación no se muestra de esta manera, si bien es cierto que los límites si establecen una variación correspondiente a los límites propuestos, el desplazamiento no se ve muy alterado, tanque que se mantiene igual en el análisis realizado y esto se debe a que nuestra estructura en base fija de por sí, ya tiene un periodo alto, de manera que, al introducirle a la estructura el sistema de aislamiento, obtendremos el desplazamiento máximo de los espectros de pseudo desplazamiento, es por ello que la super estructura debe tener la rigidez necesaria para que la teoría de aislamiento se cumpla y obtengamos resultados lo más reales posibles.

8) Existe una relación entre la rigidez que necesitamos en el sistema de aislamiento y la rigidez y peso de la super estructura para que no se produzcan tracciones en los aisladore. En el caso de nuestra edificación, podemos notar que hemos realizado los cálculos necesarios para poder

encontrar este equilibrio, teniendo en cuenta que el mejor parámetro para definir estos valores es el periodo de la estructura y que una buena relación para cumplir inclusive con los límites que nos solicita la norma es de 4 veces el periodo de la estructura en base fija. Con este periodo obtendremos un desplazamiento objetivo necesario para que nuestro modelo matemático cumpla con los requerimientos de la teoría de aislamiento, sin embargo, y haciendo hincapié en lo mencionado en el punto c), debemos tener presente que, para estructura de periodo muy alto, el sistema de aislamiento ya no es viable y se deben proponer otras soluciones de protección sísmica.

9) Al realizar el análisis estático y dinámico del edificio BAVARIA con el sistema de aislamiento, podemos observar las mejoras a nivel estructural, sobre todo en las derivas, que disminuyen en hasta en cinco veces menos que la estructura en base fija, inclusive al tener derivas menores a la permisible, el chequeo de irregularidad torsional ya no es necesario. También debemos tener en cuenta que las aceleraciones en una edificación aislada disminuyen, haciendo que la sensación de movimiento sea mucho menor en este tipo de edificaciones.

10) Las fuerzas de diseño para una edificación aislada, se ven reducidas para la zona que hemos denominado como SUPERESTRUCTURA, haciendo que los desplazamientos, derivas y aceleraciones en cada uno de los niveles superiores e vean reducidos, sin embargo las fuerzas de diseño para la zona denominada como SUB ESTRUCTURA, se ven mayorados, esto debido a que la estructura que recibe a la edificación aislada debe cumplir con los requerimientos de control de diseño por rigidez y durabilidad, lo cual implica a aumentar las secciones o las cuantías de acero de estos elementos situados en por debajo de la interfaz de aislación, esto para asegurar la correcta durabilidad y performance de los dispositivos ante un evento sísmico.

11) Durante el proceso de diseño de los principales elementos de concreto armado, pudimos corroborar que lo mencionado en el punto anterior se cumple, es decir, las fuerzas para el diseño

de los elementos de la SUB ESTRUCTURA son mayores, lo que nos obliga a tener elementos con mayores cuantías de acero que las planteadas en una edificación de base fija. Y que los elementos que conforman la SUPER ESTRUCTURA, en nuestro caso, tienen cuantías de acero menores, y esto debido en gran parte a las nuevas fuerzas reducidas con las que se diseña, dado que, para fuerzas gravitacionales, el cálculo sigue siendo el mismo.

REFERENCIAS

American Society of Civil Engineers (2022). “Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures”. (ASCE/SEI 7 -22)

Azer A. Kasimzade, Erdal Safak, Carlos E. Ventura, Farzad Naeim, Yoichi Mukai (2019). Seismic Isolation, Structural Health Monitoring, and Performance Based Seismic Design in Earthquake Engineering. Spinger.

Chopra, A.K. (2014). Dinámica de Estructuras (4ta ed.). Atlacomulco: Pearson Educación de México.

Christopoulos, C., Filiatrault, A. (2006). Principles of Passive Supplemental Damping and Seismic Isolation. Pavia, Italy: IUSS PRESS.

Christopoulos, C., Soong, T.T., Dargush, G.F. (1998). Passive Energy Dissipation System for Structural Design and Retrofit. State University of New York: MCEER.

Newmark N. M. and Hall W. J. (1982). Earthquake Spectra and Design. Earthquake Engineering Research Institute.

Farzad Naeim and James M. Kelly (1999). Design of Seismic Isolated Structures From Theory to Practice. JHON WILEY & SONS, INC.

Harmsen T.E. (2005). Diseño de Estructuras de Concreto Armado (4ta ed.). Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

James M. Kelly y Dimitrios A. Konstantinidis (2011). Mechanics of Rubber Bearings for Seismic and Vibration Isolation. WILEY.

Jack C. McCormac and Stephen F. Cserak (2012). Structural Steel Design 5th Ed. PEARSON.

Masahiko Higashino and Shin Okamoto (2006). Response Control and Seismic Isolation of Buildings. TAYLOR & FRANCIS.

Ministerio de Vivienda (2018). Norma Técnica E020 “Cargas” (E020)

Ministerio de Vivienda (2018). Norma Técnica E050 “Suelos y Cimentaciones” (E050)

Ministerio de Vivienda (2009). Norma Técnica E060 “Concreto Armado” (E060)

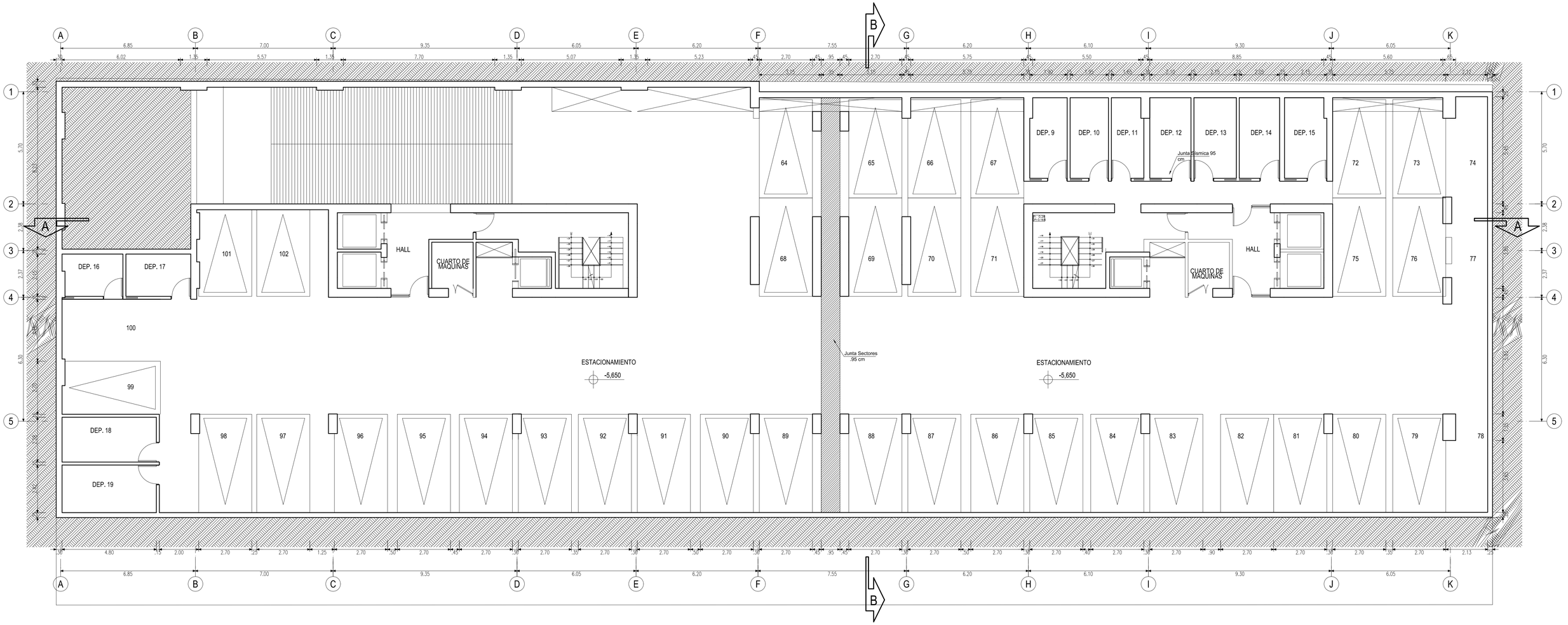
Ministerio de Vivienda (2018). Norma Técnica E030 “Diseño Sismorresistente” (E030)

Ministerio de Vivienda (2019). Norma Técnica E031 “Aislamiento Sìsmico” (E031)

Ramirez, M., Christopoulos, C., Kircher, C.A., Whittaker, A.S., Johnson, M.W., Gomez, J.D., Chrysostomou, C. Z. (2001). Development and Evaluation of Simplifies Procedures for Analysis and Design of Buildings with Passive Energy Dissipation System. State University of New York: MCEER.

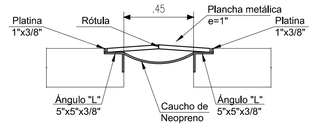
Wai-Fah Chen and Charles Scawthorn (2003). Earthquake Enginnering Handbook, CRC Press LLC

ANEXOS



PLANTA DISTRIBUCION SEGUNDO SOTANO

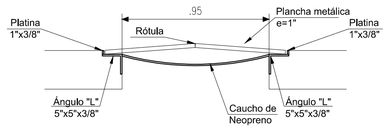
ESC. 1/100



JUNTA PERÍMETRO

(45cm)

ESC.: 1:25



JUNTA SECTORES

(95cm)

ESC.: 1:25

Universidad Católica de Santa Maria

TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	PLANTA DISTRIBUCION SEGUNDO SOTANO
ESCALA:	1/100
LAMINA:	A-1
FECHA:	NOVIEMBRE 2022

PENDIENTE: 12.40 %

PENDIENTE: 15.00 %

PENDIENTE: 15.00 %

SALIDA

DEPÓSITO 1

DEPÓSITO 2

HALL

CUARTO DE BASURA

DEPÓSITO 3

DEPÓSITO 4

SALIDA

S.H.

DEPÓSITO 5

MANTENIMIENTO

DEPÓSITO 6

DEPÓSITO 7

DEPÓSITO 8

HALL

CUARTO DE BASURA

ESTACIONAMIENTO -2,950

ESTACIONAMIENTO -2,950

ESTACIONAMIENTO -2,950

ESTACIONAMIENTO 41 PLAZAS

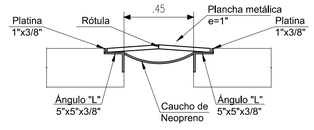
Junta Sectores .95 cm

SUB ESTACION ELECTRICA

SÓTAN

PLANTA DISTRIBUCION PRIMER SOTANO

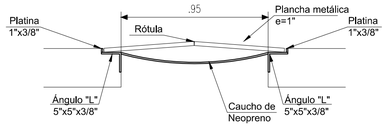
ESC. 1/100



JUNTA PERÍMETRO

(45cm)

ESC.: 1:25



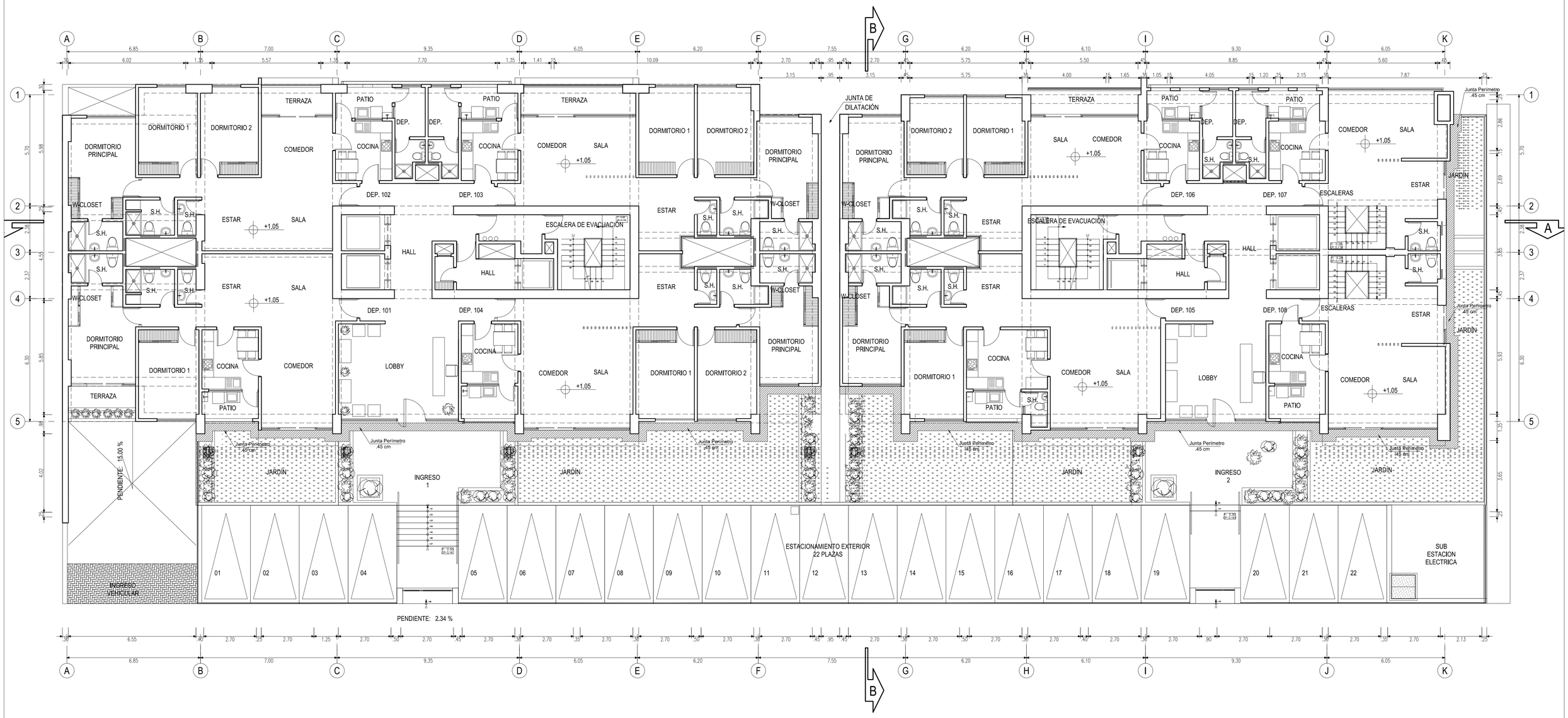
JUNTA SECTORES

(95cm)

ESC.: 1:25

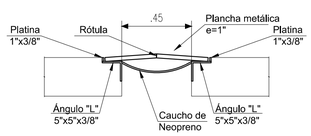
Universidad Católica de Santa Maria

TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	PLANTA DISTRIBUCION PRIMER SOTANO
ESCALA:	1/100
LAMINA:	A-2
FECHA:	NOVIEMBRE 2022



PLANTA DISTRIBUCION PRIMER NIVEL

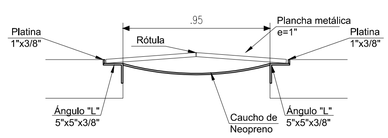
ESC. 1/100



JUNTA PERÍMETRO

(45cm)

ESC.: 1:25



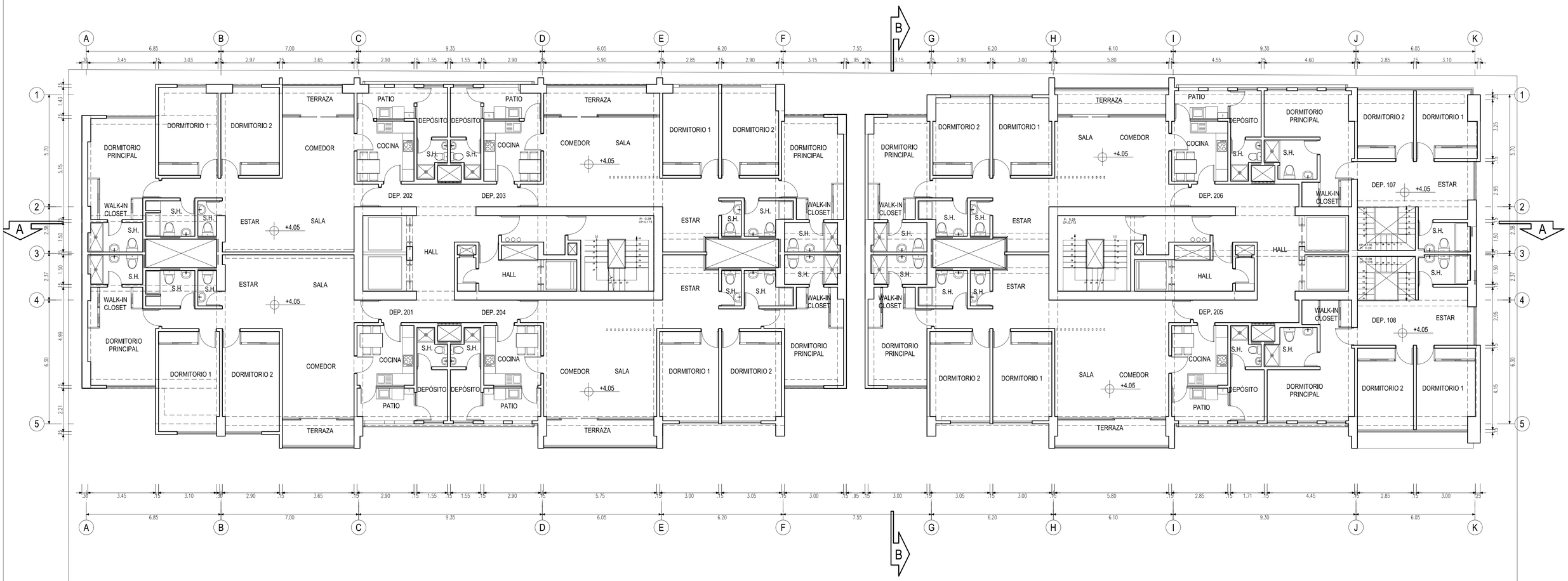
JUNTA SECTORES

(95cm)

ESC.: 1:25

Universidad Católica de Santa Maria

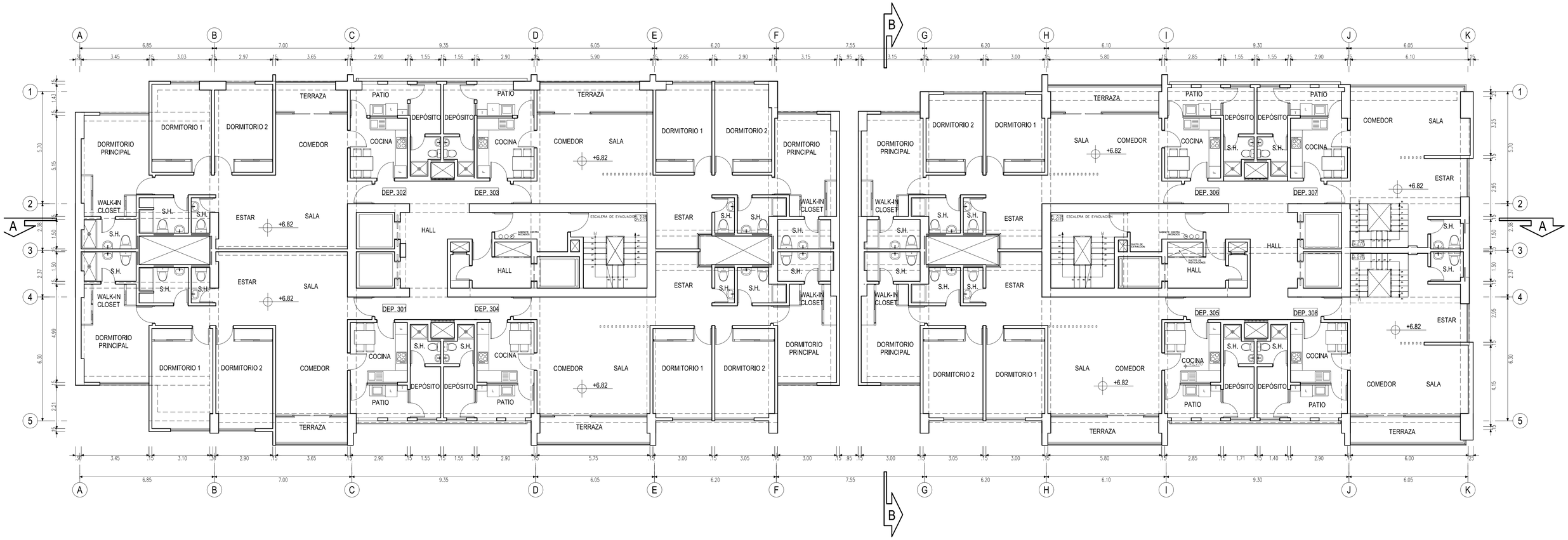
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	PLANTA DISTRIBUCION PRIMER NIVEL
ESCALA:	1/100
FECHA:	NOVIEMBRE 2022
LAMINA:	A-3



PLANTA DISTRIBUCION 2do, 4to, 6to, 8vo y 10mo NIVEL

ESC. 1/100

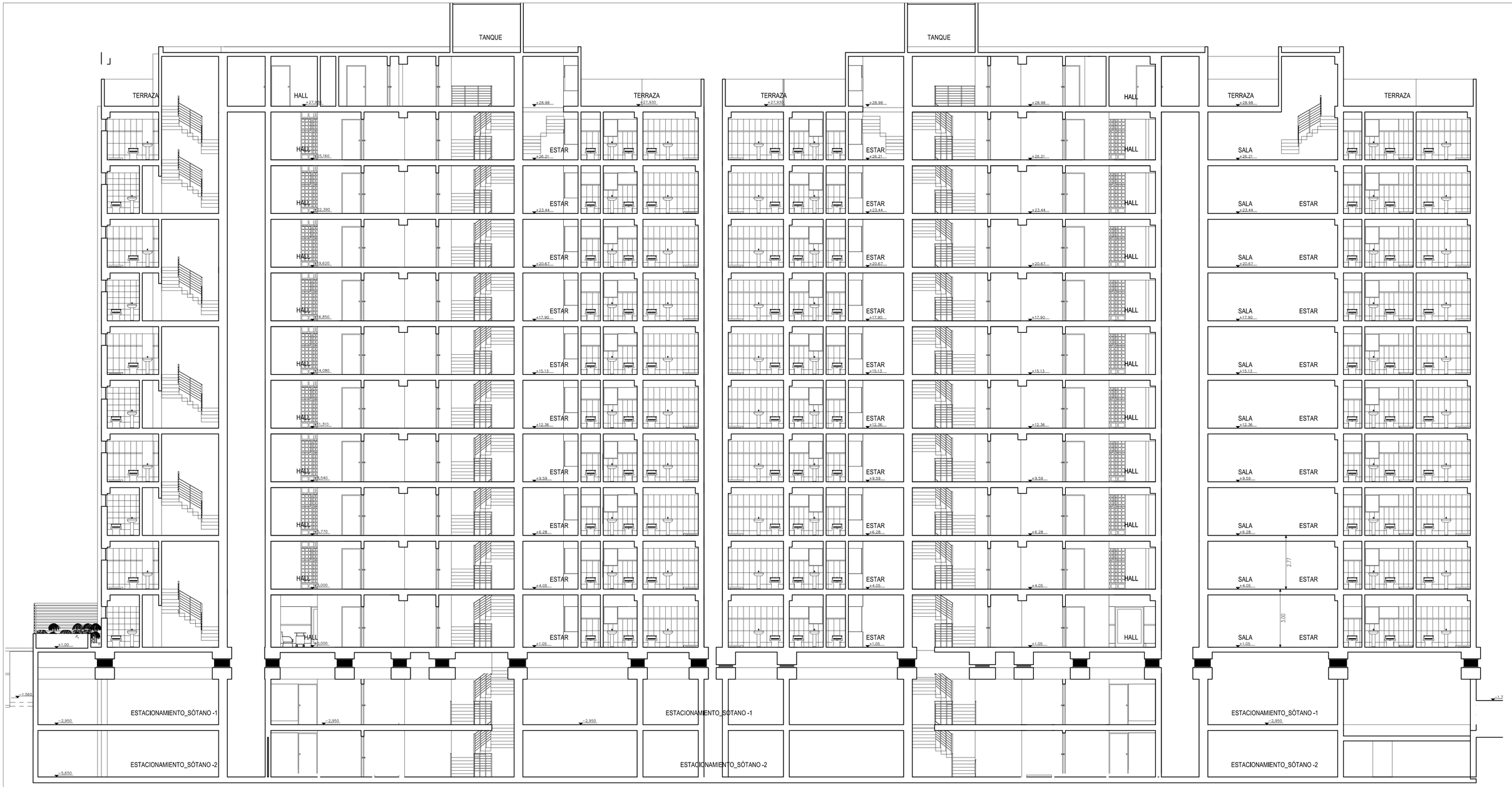
Universidad Católica de Santa Maria	TESISTA : ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ		LAMINA: A-4
	PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"		
	PLANO : PLANTA DISTRIBUCION 2do, 4to, 6to, 8vo y 10mo NIVEL	ESCALA: 1/100	FECHA: NOVIEMBRE 2022



PLANTA DISTRIBUCION 3ro, 5to, 7mo y 9no NIVEL

ESC. 1/100

Universidad Católica de Santa Maria	TESISTA : ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ		LAMINA: A-5
	PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"		
	PLANO : PLANTAS DISTRIBUCION 3ro, 5to, 7mo y 9no NIVEL		
		ESCALA: 1/100	FECHA: NOVIEMBRE 2022



CORTE A - A

ESC. 1/100

Universidad Católica de Santa Maria

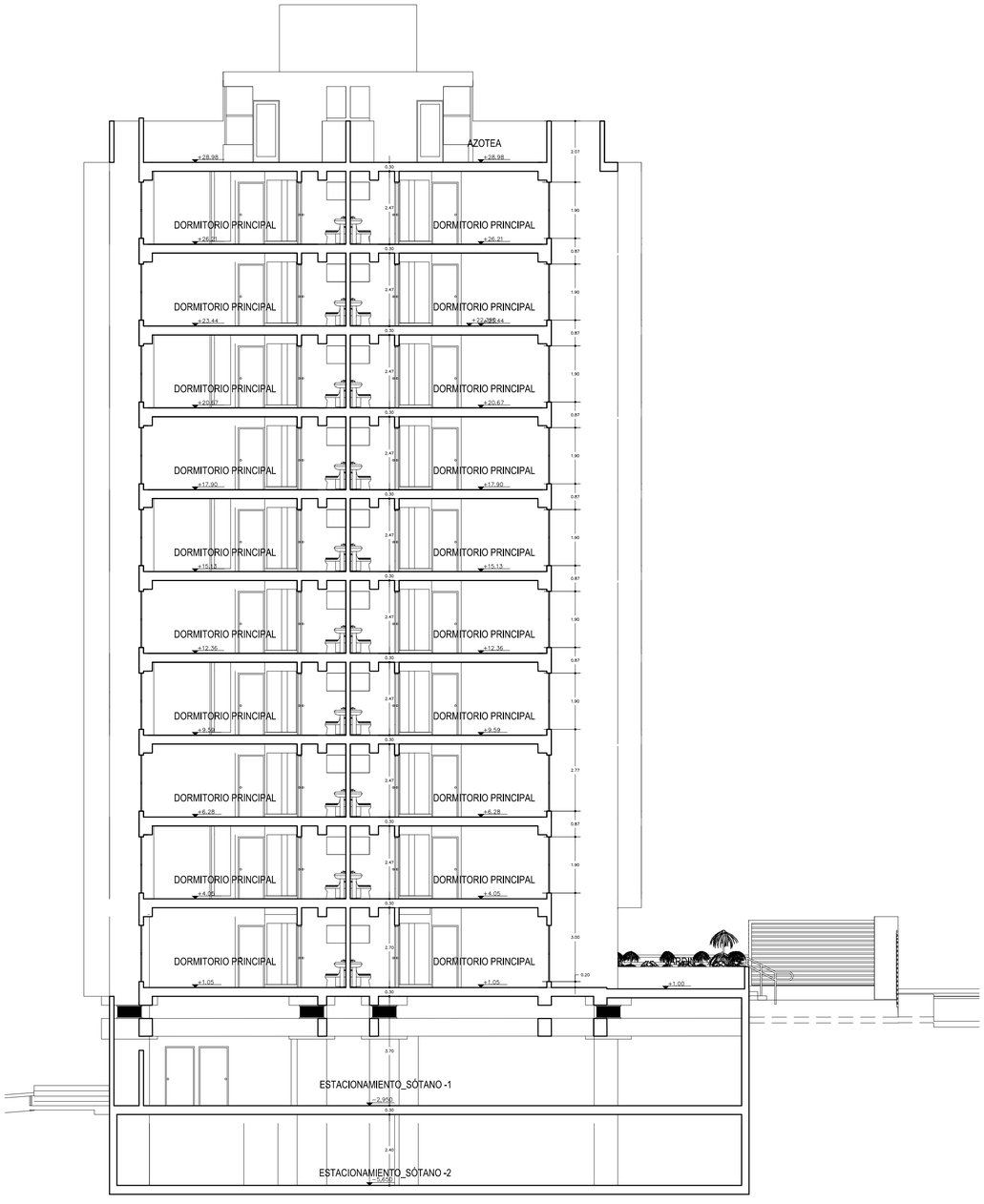
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	CORTE A - A
ESCALA:	1/100
FECHA:	NOVIEMBRE 2022
LAMINA:	A-6



ELEVACION PRINCIPAL (ESTE)

ESC. 1/100

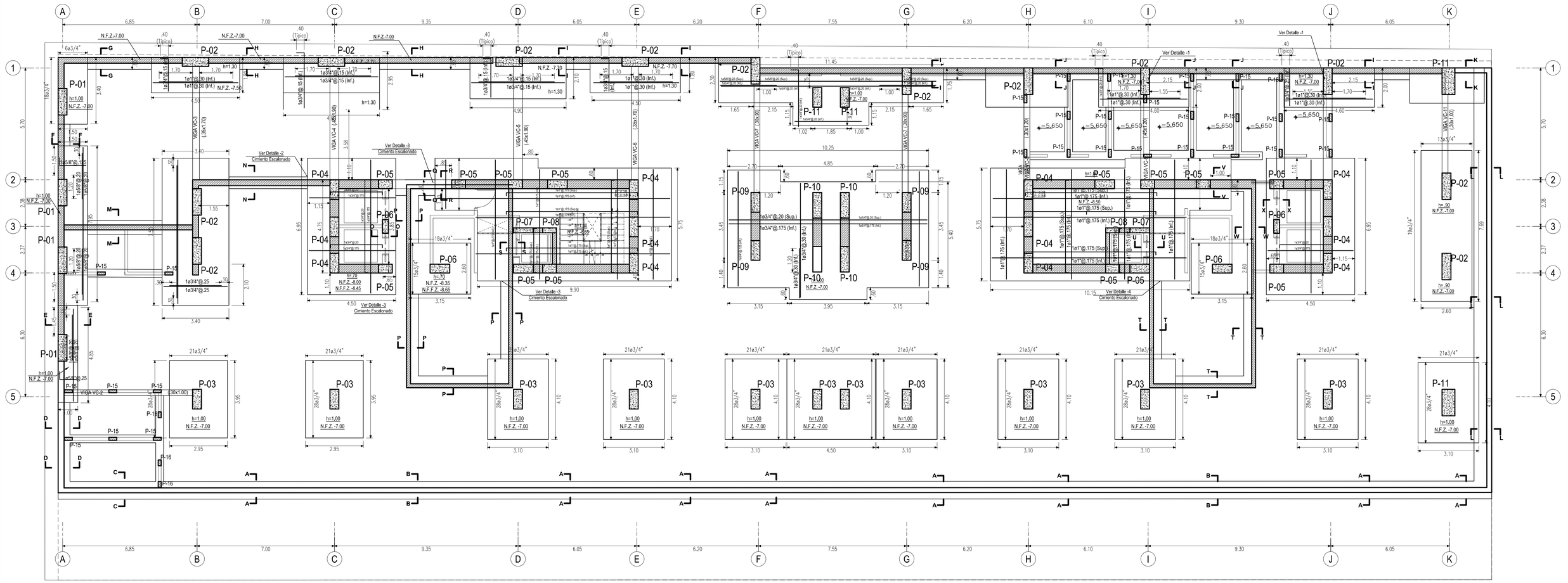
Universidad Católica de Santa Maria	TESISTA : ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ	LAMINA: A-7
	PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"	
	PLANO : ELEVACION PRINCIPAL	
	ESCALA: 1/100	FECHA: NOVIEMBRE 2022



SECCION B - B

ESC. 1/100

Universidad Católica de Santa Maria	TESISTA : ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ		LAMINA: A-8
	PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"		
	PLANO : CORTE B - B		
		ESCALA: 1/100	FECHA: NOVIEMBRE 2022



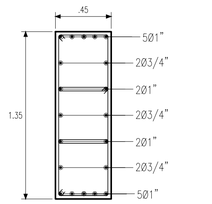
ESTRUCTURAS SEGUNDO SÓTANO

S/C: 200 kgf/m2 ESC: 1:100

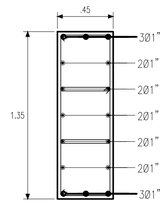
CUADRO DE COLUMNAS

NIVEL	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	P-11
2Sot.	0.45x1.35 14Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 14Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 14Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.30 12Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)
1Sot.	0.45x1.35 14Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 14Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 14Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.30 12Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)
Aislado											
1°	0.45x1.35 14Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 14Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 14Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.30 12Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)
2°	0.45x1.35 14Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 14Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 3Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 14Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.30 12Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø1" 2Ø3/8"@.25 (III)
3°	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.30 8Ø1"+4Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)
4°	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.30 8Ø1"+4Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)
5°	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.30 8Ø1"+4Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)
6°	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.30 8Ø1"+4Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)
7°	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.30 8Ø1"+4Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)
8°	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.30 8Ø1"+4Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)
9°	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.30 8Ø1"+4Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)
10°	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.35 10Ø1"+10Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 12Ø1"+4Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 3Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 18Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.25x0.70 10Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)	0.45x1.00 6Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.30 8Ø1"+4Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (II)	0.45x1.00 12Ø1"+6Ø3/4" 2Ø3/8"@.25 (III)

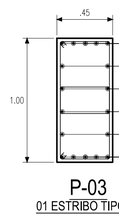
Notas: Para el trazo de cimentación ver plano de Arquitectura
Los números entre paréntesis indican la forma de distribución de fierros y estribos en columnas
Ver confinamiento de estribos en detalles: Andaje, Remate de columnas.
Las columnas que suben al techo de Azotea, tendrán la misma armadura del décimo piso.



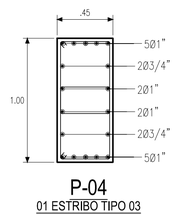
P-01
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25



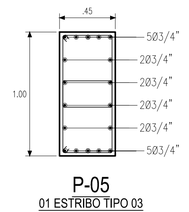
P-02
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25



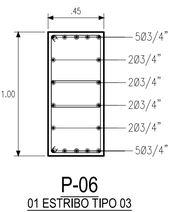
P-03
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25



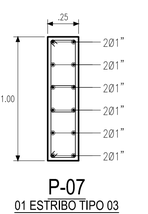
P-04
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25



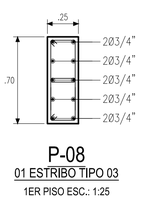
P-05
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25



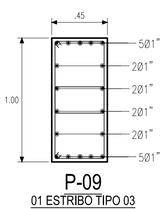
P-06
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25



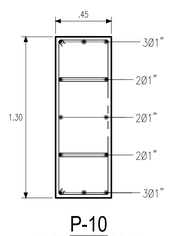
P-07
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25



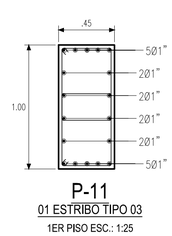
P-08
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25



P-09
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25



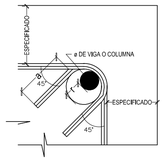
P-10
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25



P-11
01 ESTRIBO TIPO 03
1ER PISO ESC.: 1:25

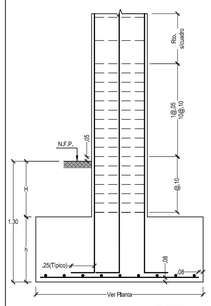
Universidad Católica de Santa Maria

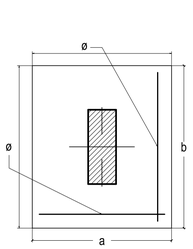
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	CIMENTACION SEGUNDO SOTANO
ESCALA:	1/100
LAMINA:	E-1
FECHA:	NOVIEMBRE 2022



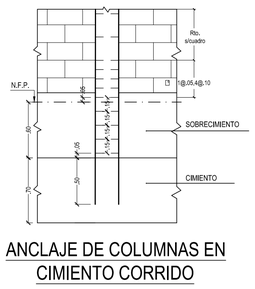
ø	r	a
1/4"	2cm	8cm
3/8"	3cm	13cm

DETALLE DOBLADO ESTRIBOS EN COLUMNAS O VIGAS

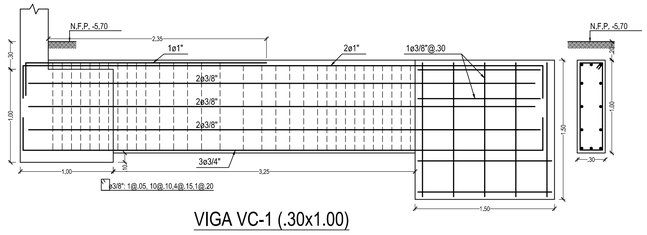




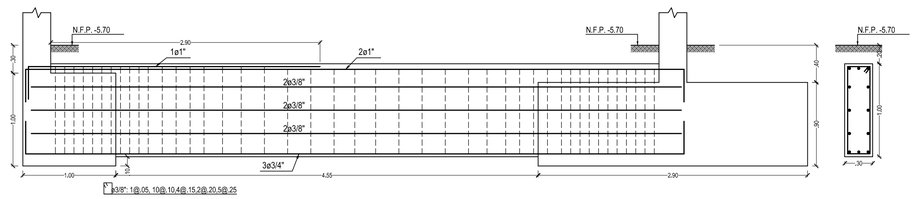
DETALLE DE ZAPATAS



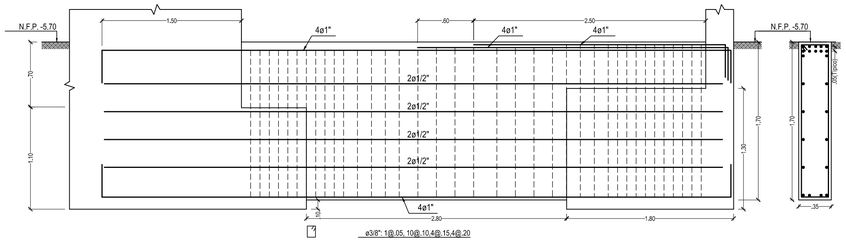
ANCLAJE DE COLUMNAS EN CIMIENTO CORRIDO



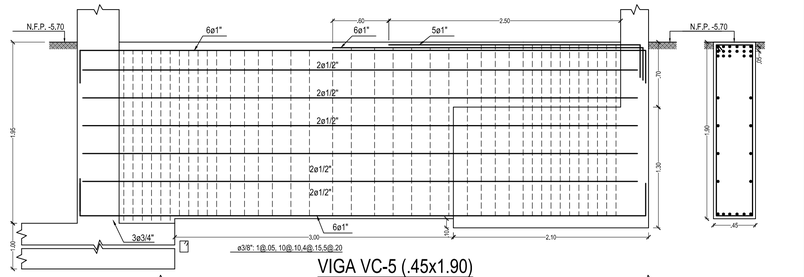
VIGA VC-1 (.30x1.00)



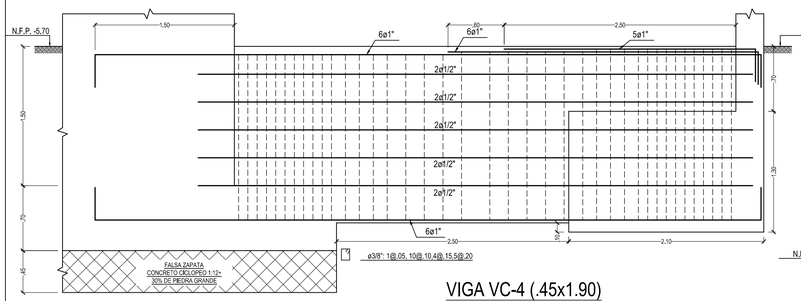
VIGA VC-2 (.30x1.00)



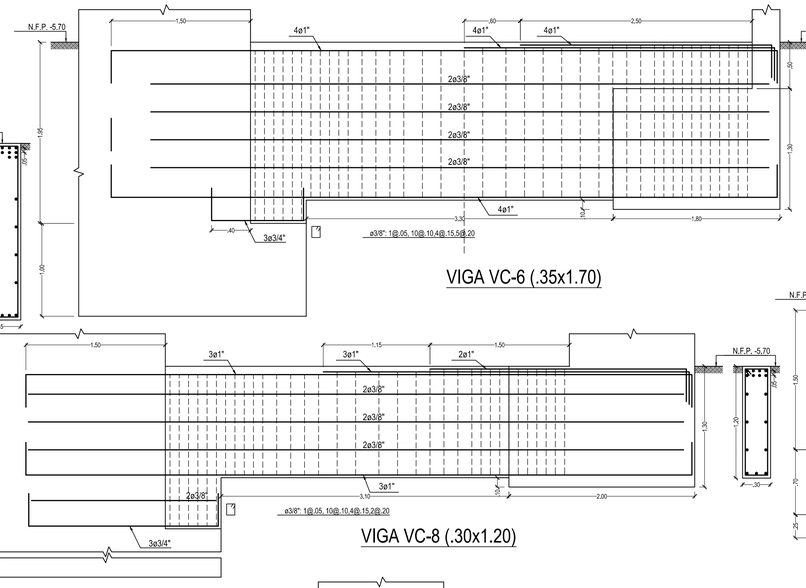
VIGA VC-3 (.35x1.70)



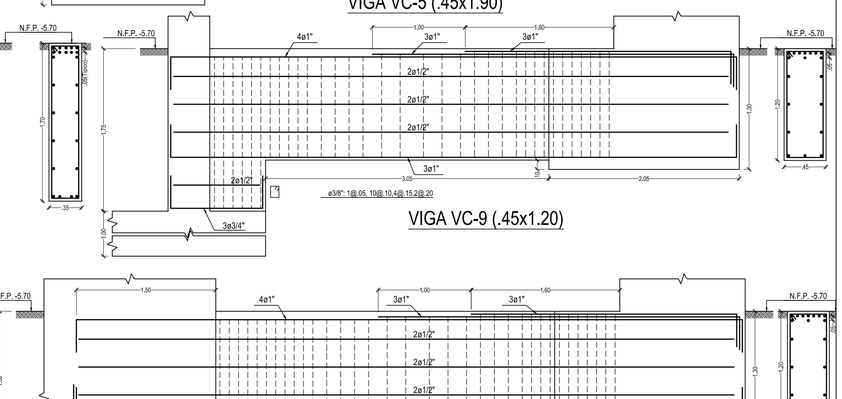
VIGA VC-5 (.45x1.90)



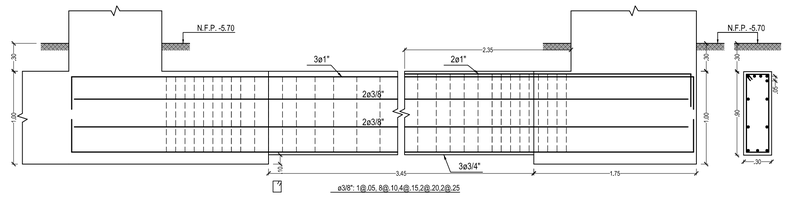
VIGA VC-4 (.45x1.90)



VIGA VC-6 (.35x1.70)

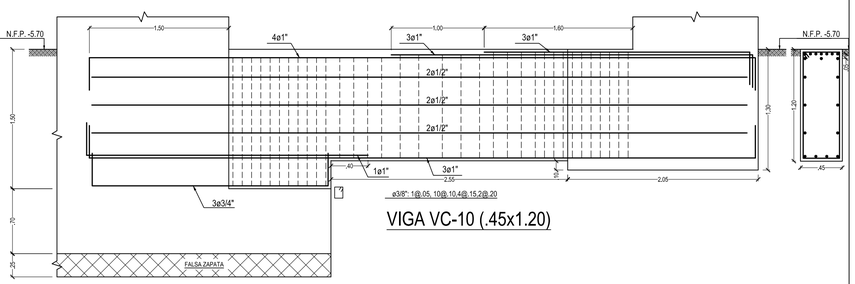


VIGA VC-9 (.45x1.20)

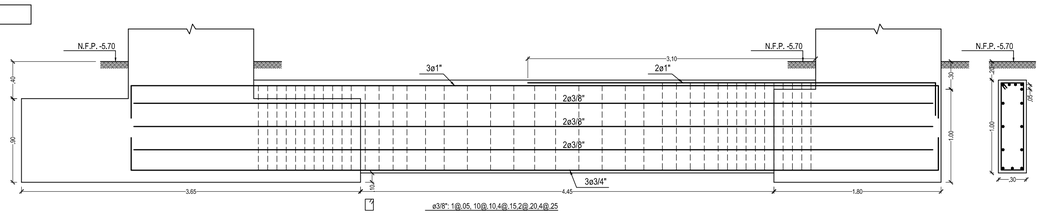


VIGA VC-7 (.30x.90)

VIGA VC-8 (.30x1.20)



VIGA VC-10 (.45x1.20)

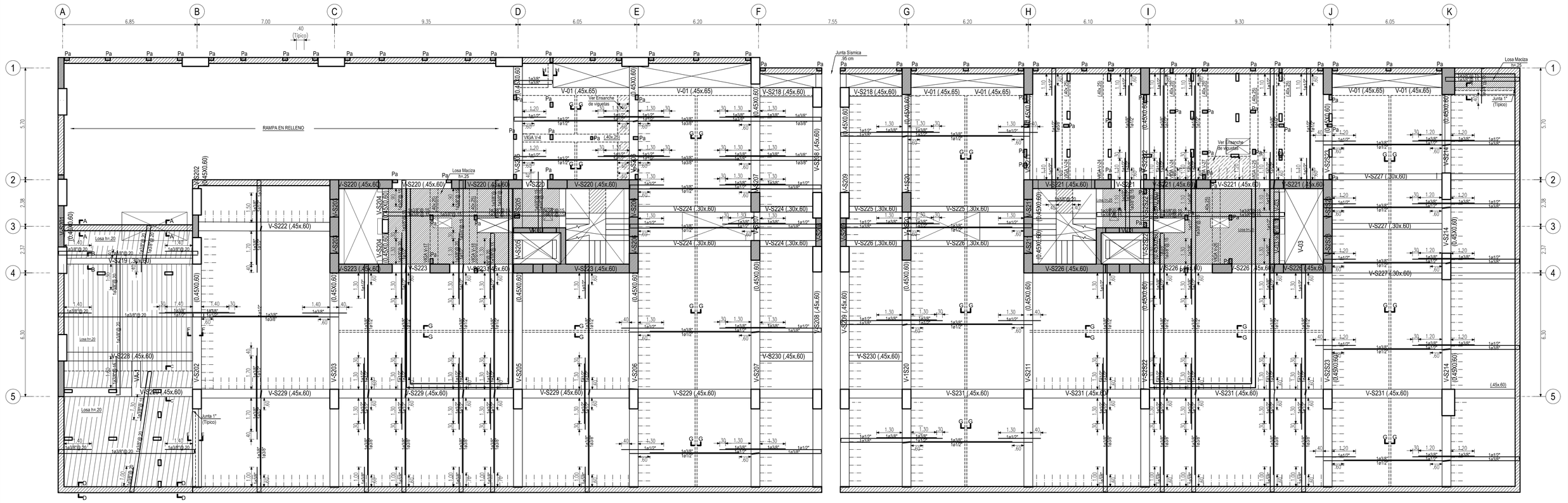


VIGA VC-11 (.30x1.00)



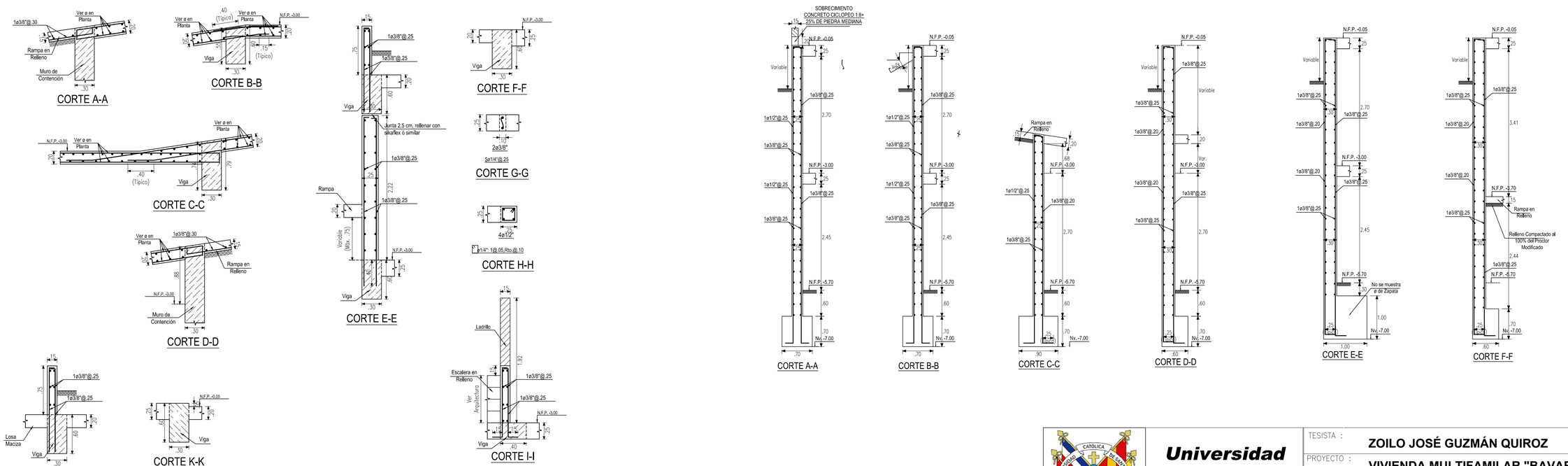
Universidad Católica de Santa Maria

TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	VIGAS DE CIMENTACIÓN
ESCALA:	1/30
LAMINA:	E-2
FECHA:	NOVIEMBRE 2022



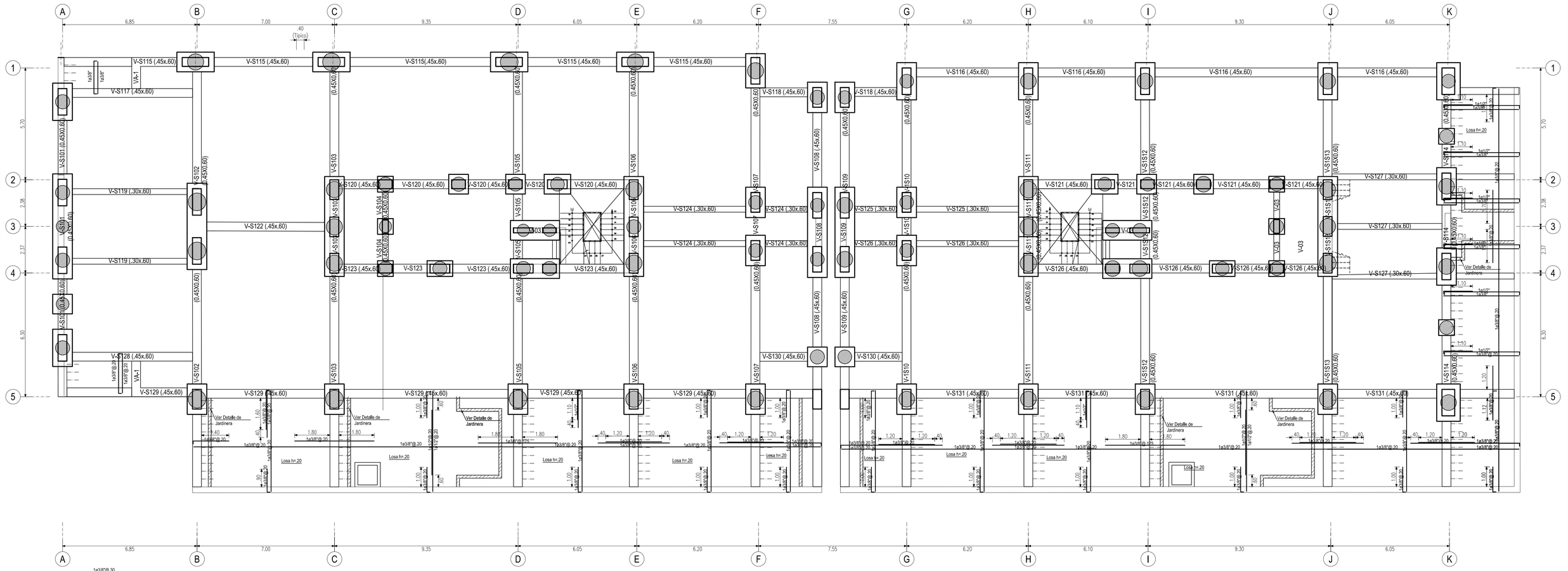
ENCOFRADO SEGUNDO SOTANO

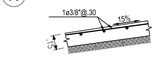
s/c = 300 kg/m².



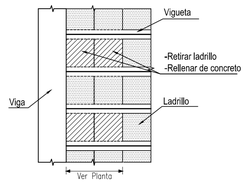
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	ALIGERADO SEGUNDO SOTANO
ESCALA:	1/100
LAMINA:	E-3
FECHA:	NOVIEMBRE 2022

Universidad Católica de Santa Maria

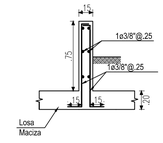




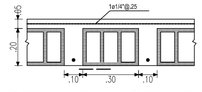
DETALLE DE RAMPA EN RELLENO



DETALLE DE ENSANCHE



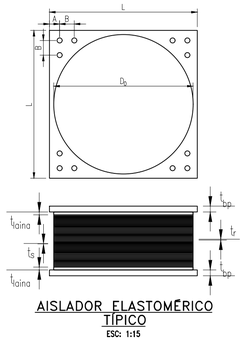
DETALLE TIPICO DE JARDINERA



DETALLE ALIGERADO

PLANTA DE VIGAS PRIMER SOTANO

s/c = 250 kg/m².



AISLADOR ELASTOMÉRICO TÍPICO

ESC: 1:15

	SECTOR 01					SECTOR 02				
	HDR AISLADOR ELASTOMÉRICO Ø 90 CM	HDR1 AISLADOR ELASTOMÉRICO Ø 72.50 CM	HDR2 AISLADOR ELASTOMÉRICO Ø 82.50 CM	HDR3AISLADOR ELASTOMÉRICO Ø 65.00 CM	DESLIZADOR	HDR AISLADOR ELASTOMÉRICO Ø 85 CM	HDR1 AISLADOR ELASTOMÉRICO Ø 70 CM	HDR2 AISLADOR ELASTOMÉRICO Ø 80 CM	HDR3AISLADOR ELASTOMÉRICO Ø 67.50 CM	DESLIZADOR
D_p (cm)	90.00	72.50	82.50	65.00	75.00	85.00	70.00	80.00	67.50	60.00
h_{CAPAS}	45.00	55.00	50.00	50.00		53.00	60.00	50.00	55.00	
t_f (cm)	0.55	0.45	0.52	0.45	5.00	0.45	0.43	0.52	0.50	5.00
$T_r = \Sigma t_f$ (cm)	24.75	24.75	25.75	22.50		23.85	25.50	25.75	27.50	
t_s (cm)	0.20	0.20	0.20	0.20		0.20	0.20	0.20	0.20	
$T_s = \Sigma t_s$ (cm)	9.00	11.00	10.00	10.00		10.60	12.00	10.00	11.00	
t_{bp} (cm)	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.20	3.20	3.20	3.80
$H_{AISLADOR}$ (cm)	41.35	43.35	43.35	40.10	12.60	42.05	43.90	42.15	44.90	12.60
$H_{DESLIZ/HDR}$ (cm)	45.00	45.00	45.00	45.00	15.00	45.00	45.00	45.00	45.00	15.00
t_{CAINA} (cm)	1.83	0.82	0.82	2.45		1.48	0.55	1.43	0.05	
Orificios	12.00	8.00	12.00	8.00		12.00	8.00	8.00	8.00	
Ø Orificios (cm)	3.30	3.30	3.30	2.70		3.30	3.30	3.30	3.30	
A (cm)	6.50	6.50	6.50	5.00		6.50	6.50	6.50	6.50	
B (cm)	9.50	7.50	9.50	5.00		9.50	7.50	7.50	7.50	
L (cm)	95.50	78.00	88.00	70.50	80.50	90.50	75.50	85.50	73.00	65.50

Universidad Católica de Santa Maria

TESISTA : ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ

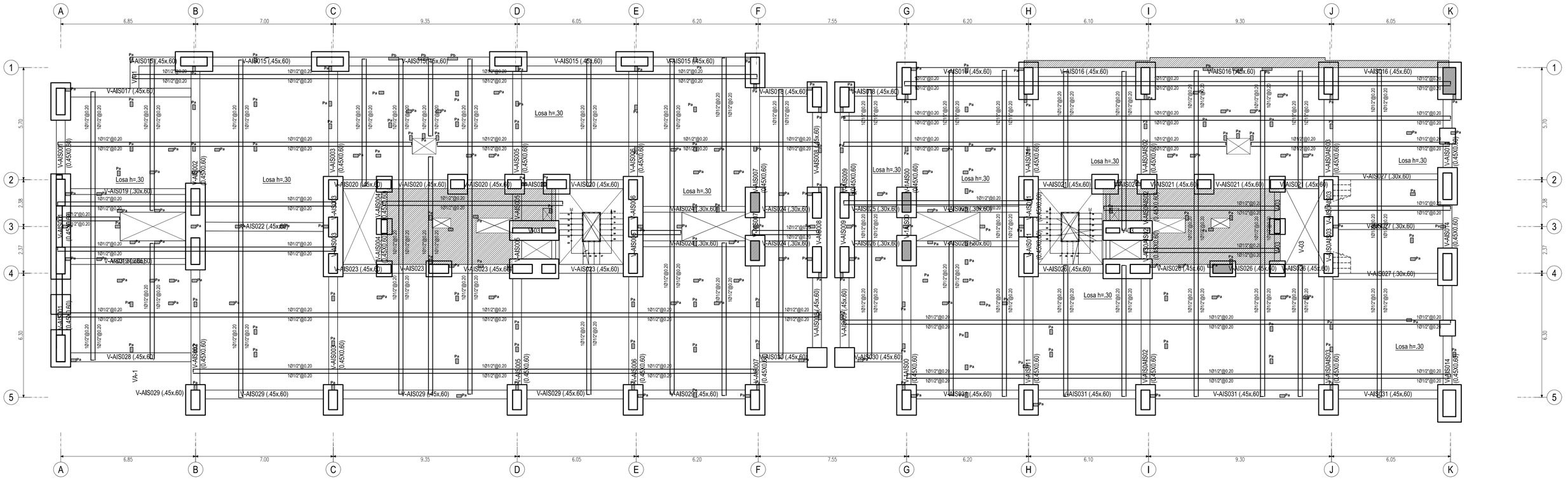
PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"

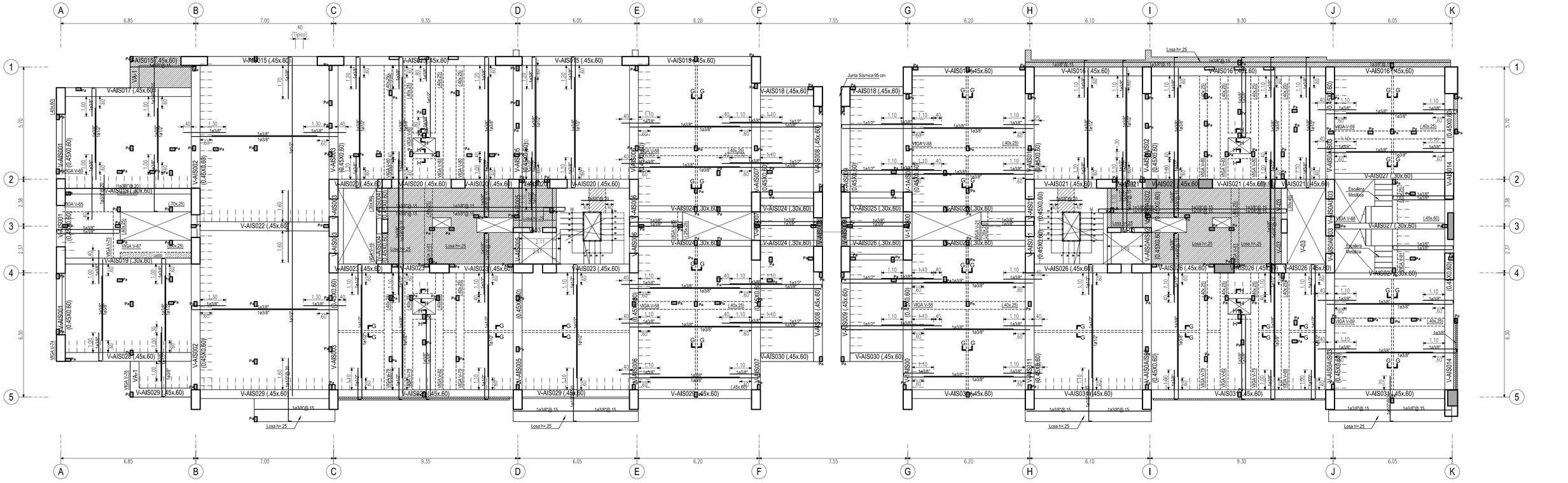
PLANO : PLANTA DE VIGAS PRIMER SOTANO

ESCALA: 1/100

LAMINA: E-4

FECHA: NOVIEMBRE 2022


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
1
2
3
4
5
6.85
7.00
9.35
6.05
6.20
7.55
6.20
6.10
9.30
6.05
5.70
2.38
2.37
6.30
Losa h=.30
V-AIS015 (.45x.60)
V-AIS016 (.45x.60)
V-AIS017 (.45x.60)
V-AIS019 (.30x.60)
V-AIS020 (.45x.60)
V-AIS021 (.45x.60)
V-AIS022 (.45x.60)
V-AIS023 (.45x.60)
V-AIS024 (.30x.60)
V-AIS025 (.30x.60)
V-AIS026 (.45x.60)
V-AIS027 (.30x.60)
V-AIS028 (.45x.60)
V-AIS029 (.45x.60)
V-AIS030 (.45x.60)
V-AIS031 (.45x.60)
V-AIS001 (0.45X0.60)
V-AIS002 (0.45X0.60)
V-AIS003 (0.45X0.60)
V-AIS004 (0.45X0.60)
V-AIS005 (0.45X0.60)
V-AIS006 (0.45X0.60)
V-AIS007 (0.45X0.60)
V-AIS008 (0.45X0.60)
V-AIS009 (0.45X0.60)
V-AIS010 (0.45X0.60)
V-AIS011 (0.45X0.60)
V-AIS012 (0.45X0.60)
V-AIS013 (0.45X0.60)
V-AIS014 (0.45X0.60)
V-AISOAIS01 (0.45X0.60)
V-AISOAIS02 (0.45X0.60)
V-AISOAIS03 (0.45X0.60)
V-AISOAIS04 (0.45X0.60)
V-AISOAIS05 (0.45X0.60)
V-AISOAIS06 (0.45X0.60)
V-AISOAIS07 (0.45X0.60)
V-AISOAIS08 (0.45X0.60)
V-AISOAIS09 (0.45X0.60)
V-AISOAIS10 (0.45X0.60)
V-AISOAIS11 (0.45X0.60)
V-AISOAIS12 (0.45X0.60)
V-AISOAIS13 (0.45X0.60)
V-AISOAIS14 (0.45X0.60)
V-AISOAIS15 (0.45X0.60)
V-AISOAIS16 (0.45X0.60)
V-AISOAIS17 (0.45X0.60)
V-AISOAIS18 (0.45X0.60)
V-AISOAIS19 (0.45X0.60)
V-AISOAIS20 (0.45X0.60)

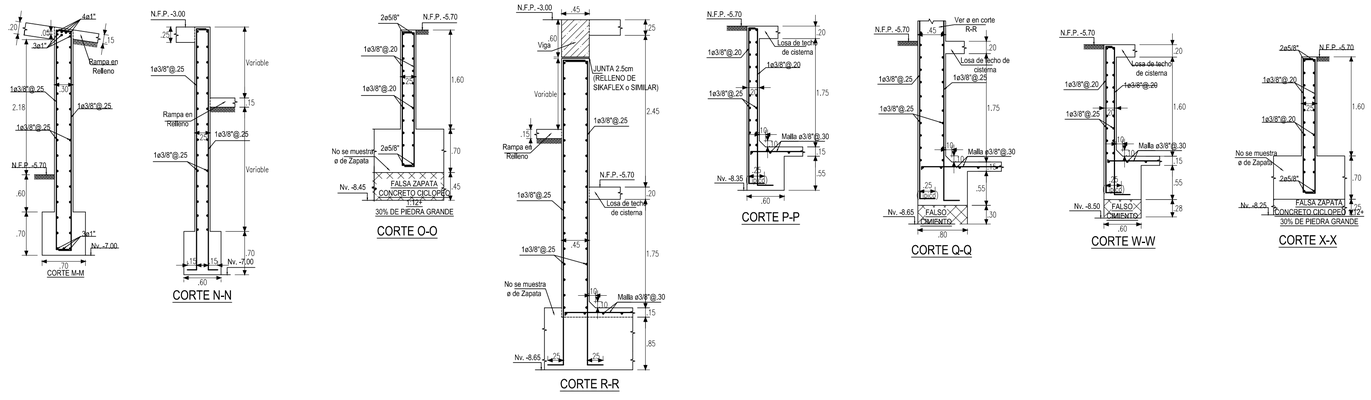


ENCOFRADO LOSA DE TECHO PRIMER NIVEL

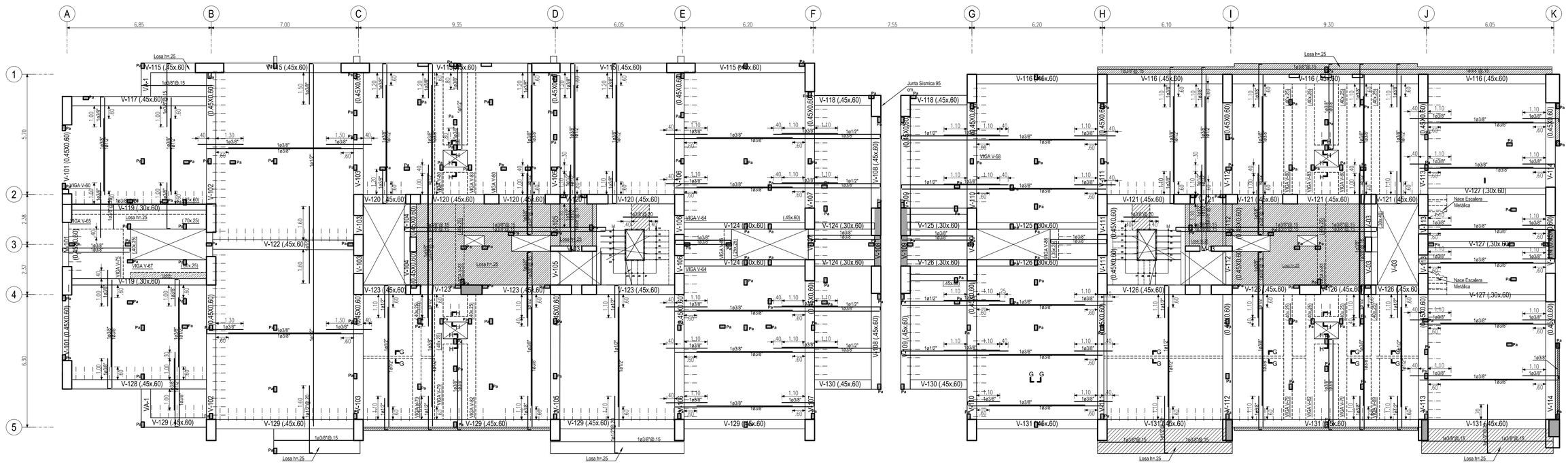
s/c = 250 kg/m².

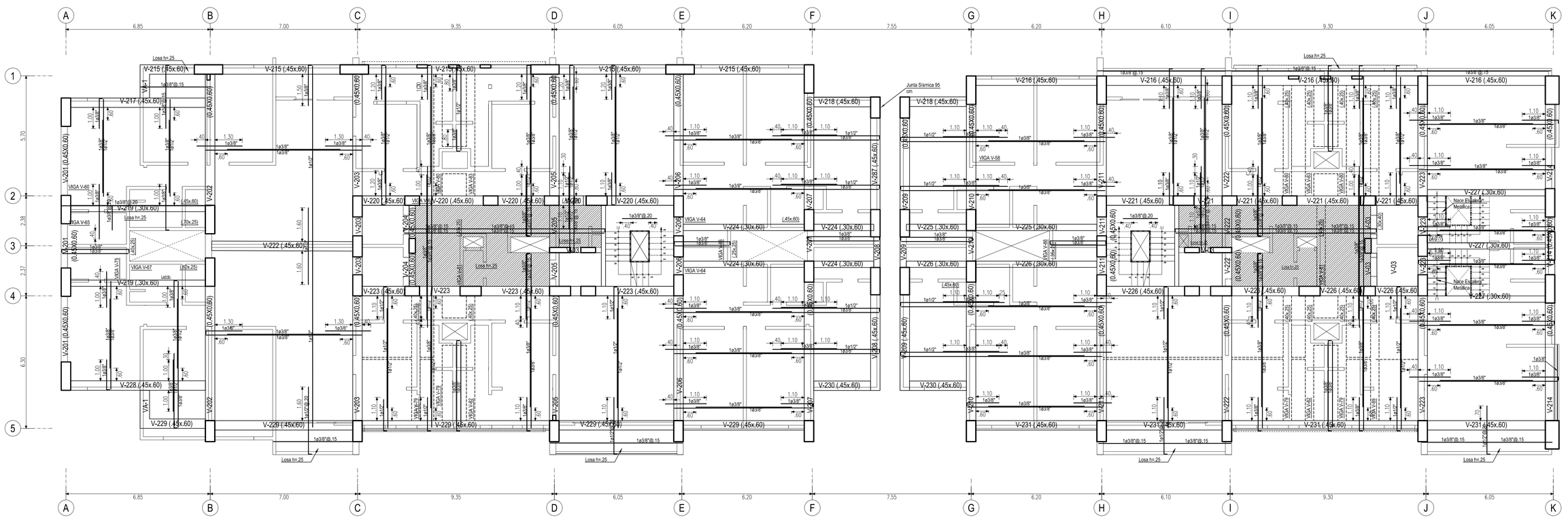
CORTE 2-2

DETALLE TIPICO DE ALFEIZAR

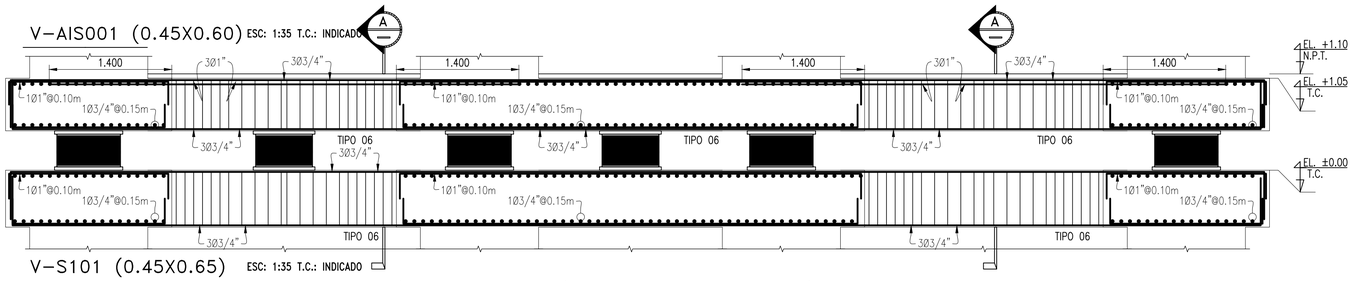


Universidad Católica de Santa Maria	TESISTA : ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ	LAMINA: E-6
	PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"	
	PLANO : ENCOFRADO LOSA DE TECHO PRIMER NIVEL	
	ESCALA: 1/100	FECHA: NOVIEMBRE 2022


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
1
2
3
4
5
6.85
7.00
9.35
6.05
6.20
7.55
6.20
6.10
9.30
6.05
5.70
2.38
2.37
6.30
Losa h=.25
Junta Sísmica 95 cm
Nace Escalera Metálica
Losa h=.20
V-115 (.45x.60)
V-116 (.45x.60)
V-117 (.45x.60)
V-118 (.45x.60)
V-119 (.30x.60)
V-120 (.45x.60)
V-121 (.45x.60)
V-122 (.45x.60)
V-123 (.45x.60)
V-124 (.30x.60)
V-125 (.30x.60)
V-126 (.45x.60)
V-127 (.30x.90)
V-128 (.45x.60)
V-129 (.45x.60)
V-130 (.45x.60)
V-131 (.45x.60)
V-101 (0.45X0.60)
V-102 (0.45X0.60)
V-103 (0.45X0.60)
V-104 (0.45X0.60)
V-105 (0.45X0.60)
V-106 (.45x.60)
V-107 (.45x.60)
V-108 (.45x.60)
V-109 (.45x.60)
V-110 (.45x.60)
V-111 (0.45X0.60)
V-112 (0.45X0.60)
V-113 (0.45X0.60)
V-114 (0.45X0.60)
VIGA V-58
VIGA V-60
VIGA V-64
VIGA V-65
VIGA V-67
VIGA V-75
VIGA V-76
VIGA V-78
VIGA V-79
VIGA V-80
VIGA V-81
VIGA V-82
VIGA V-86
VIGA V-87
VIGA V-88
VIGA V-89
VIGA V-90
VIGA V-91
VIGA V-92
VIGA V-93
VIGA V-94
VIGA V-95
VIGA V-96
VIGA V-97
VIGA V-98
VIGA V-99
VIGA V-100
VIGA V-101
VIGA V-102
VIGA V-103
VIGA V-104
VIGA V-105
VIGA V-106
VIGA V-107
VIGA V-108
VIGA V-109
VIGA V-110
VIGA V-111
VIGA V-112
VIGA V-113
VIGA V-114
VIGA V-115
VIGA V-116
VIGA V-117
VIGA V-118
VIGA V-119
VIGA V-120
VIGA V-121
VIGA V-122
VIGA V-123
VIGA V-124
VIGA V-125
VIGA V-126
VIGA V-127
VIGA V-128
VIGA V-129
VIGA V-130
VIGA V-131
VA-1
VA-2
VA-3
1ø3/8"@.15
1ø3/8"@.20
1ø3/8"@.25
1ø1/2"@.10
1ø1/2"@.15
1ø1/2"@.20
1ø1/2"@.25
1ø3/8"@.10
1ø3/8"@.30
1ø1/2"@.30
1ø3/8"@.15
1ø3/8"@.15
1ø3/8"@.15

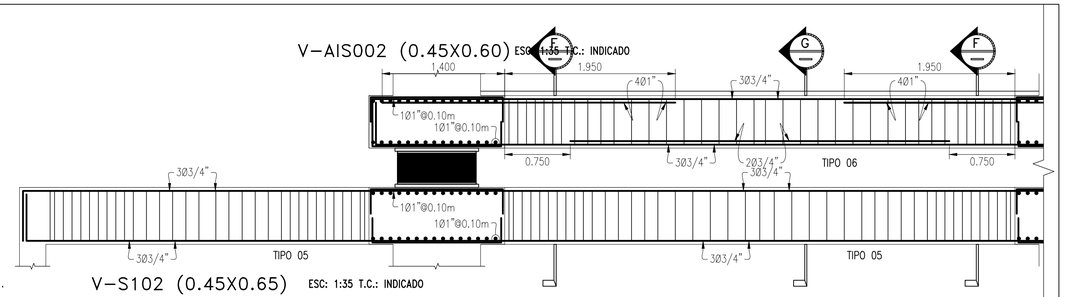

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
1
2
3
4
5
6.85
7.00
9.35
6.05
6.20
7.55
6.20
6.10
9.30
6.05
5.70
2.38
2.37
6.30
Losa h=.25
Losa h=.20
Junta Sismica 95 cm
V-215 (.45x.60)
V-216 (.45x.60)
V-217 (.45x.60)
V-218 (.45x.60)
V-219 (.30x.60)
V-220 (.45x.60)
V-221 (.45x.60)
V-222 (.45x.60)
V-223 (.45x.60)
V-224 (.30x.60)
V-225 (.30x.60)
V-226 (.45x.60)
V-227 (.30x.60)
V-228 (.45x.60)
V-229 (.45x.60)
V-230 (.45x.60)
V-231 (.45x.60)
V-201 (0.45X0.60)
V-202
V-203
V-204 (0.45X0.60)
V-205
V-206
V-207
V-208
V-209
V-210
V-211
V-212
V-213
V-214
V-03
VIGA V-58
VIGA V-60
VIGA V-64
VIGA V-65
VIGA V-66
VIGA V-67
VIGA V-68
VIGA V-69
VIGA V-70
VIGA V-71
VIGA V-72
VIGA V-73
VIGA V-74
VIGA V-75
VIGA V-76
VIGA V-77
VIGA V-78
VIGA V-79
VIGA V-80
VIGA V-81
VIGA V-82
VIGA V-83
VIGA V-84
VIGA V-85
VIGA V-86
VIGA V-87
VIGA V-88
VIGA V-89
VIGA V-90
VIGA V-91
VIGA V-92
VIGA V-93
VIGA V-94
VIGA V-95
VIGA V-96
VIGA V-97
VIGA V-98
VIGA V-99
VIGA V-100
VIGA V-101
VIGA V-102
VIGA V-103
VIGA V-104
VIGA V-105
VIGA V-106
VIGA V-107
VIGA V-108
VIGA V-109
VIGA V-110
VIGA V-111
VIGA V-112
VIGA V-113
VIGA V-114
VIGA V-115
VIGA V-116
VIGA V-117
VIGA V-118
VIGA V-119
VIGA V-120
VIGA V-121
VIGA V-122
VIGA V-123
VIGA V-124
VIGA V-125
VIGA V-126
VIGA V-127
VIGA V-128
VIGA V-129
VIGA V-130
VIGA V-131
VIGA V-132
VIGA V-133
VIGA V-134
VIGA V-135
VIGA V-136
VIGA V-137
VIGA V-138
VIGA V-139
VIGA V-140
VIGA V-141
VIGA V-142
VIGA V-143
VIGA V-144
VIGA V-145
VIGA V-146
VIGA V-147
VIGA V-148
VIGA V-149
VIGA V-150
VIGA V-151
VIGA V-152
VIGA V-153
VIGA V-154
VIGA V-155
VIGA V-156
VIGA V-157
VIGA V-158
VIGA V-159
VIGA V-160
VIGA V-161
VIGA V-162
VIGA V-163
VIGA V-164
VIGA V-165
VIGA V-166
VIGA V-167
VIGA V-168
VIGA V-169
VIGA V-170
VIGA V-171
VIGA V-172
VIGA V-173
VIGA V-174
VIGA V-175
VIGA V-176
VIGA V-177
VIGA V-178
VIGA V-179
VIGA V-180
VIGA V-181
VIGA V-182
VIGA V-183
VIGA V-184
VIGA V-185
VIGA V-186
VIGA V-187
VIGA V-188
VIGA V-189
VIGA V-190
VIGA V-191
VIGA V-192
VIGA V-193
VIGA V-194
VIGA V-195
VIGA V-196
VIGA V-197
VIGA V-198
VIGA V-199
VIGA V-200
VIGA V-201
VIGA V-202
VIGA V-203
VIGA V-204
VIGA V-205
VIGA V-206
VIGA V-207
VIGA V-208
VIGA V-209
VIGA V-210
VIGA V-211
VIGA V-212
VIGA V-213
VIGA V-214
VIGA V-215
VIGA V-216
VIGA V-217
VIGA V-218
VIGA V-219
VIGA V-220
VIGA V-221
VIGA V-222
VIGA V-223
VIGA V-224
VIGA V-225
VIGA V-226
VIGA V-227
VIGA V-228
VIGA V-229
VIGA V-230
VIGA V-231
Nace Escalera Metálica
Losa h=.20
1e3/8"@.15
1e3/8"@.20
1e1/2"@.20
1e3/8"@.12
1e3/8"@.10
1e3/8"@.25
1e3/8"@.30
1e3/8"@.35
1e3/8"@.40
1e3/8"@.45
1e3/8"@.50
1e3/8"@.55
1e3/8"@.60
1e3/8"@.65
1e3/8"@.70
1e3/8"@.75
1e3/8"@.80
1e3/8"@.85
1e3/8"@.90
1e3/8"@.95
1e3/8"@1.00
1e3/8"@1.05
1e3/8"@1.10
1e3/8"@1.15
1e3/8"@1.20
1e3/8"@1.25
1e3/8"@1.30
1e3/8"@1.35
1e3/8"@1.40
1e3/8"@1.45
1e3/8"@1.50
1e3/8"@1.55
1e3/8"@1.60
1e3/8"@1.65
1e3/8"@1.70
1e3/8"@1.75
1e3/8"@1.80
1e3/8"@1.85
1e3/8"@1.90
1e3/8"@1.95
1e3/8"@2.00
1e3/8"@2.05
1e3/8"@2.10
1e3/8"@2.15
1e3/8"@2.20
1e3/8"@2.25
1e3/8"@2.30
1e3/8"@2.35
1e3/8"@2.40
1e3/8"@2.45
1e3/8"@2.50
1e3/8"@2.55
1e3/8"@2.60
1e3/8"@2.65
1e3/8"@2.70
1e3/8"@2.75
1e3/8"@2.80
1e3/8"@2.85
1e3/8"@2.90
1e3/8"@2.95

V-AIS001 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

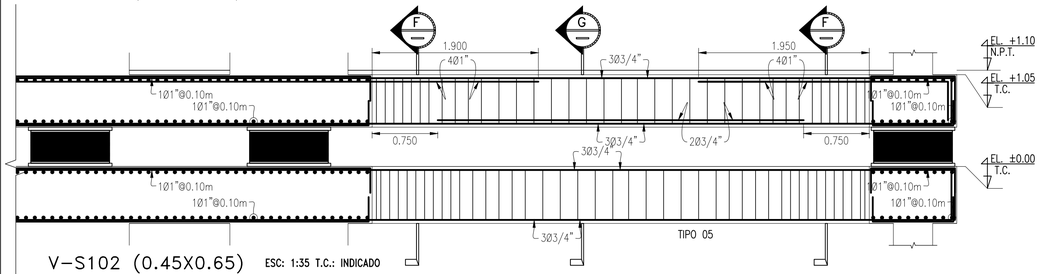


V-S101 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

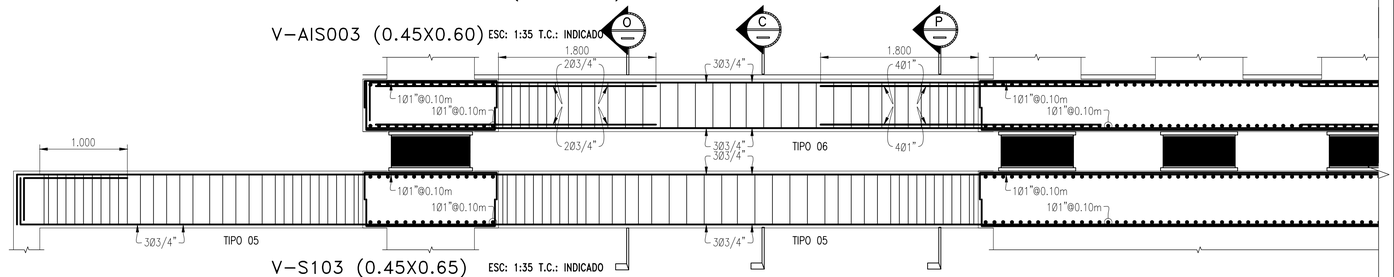
V-AIS002 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



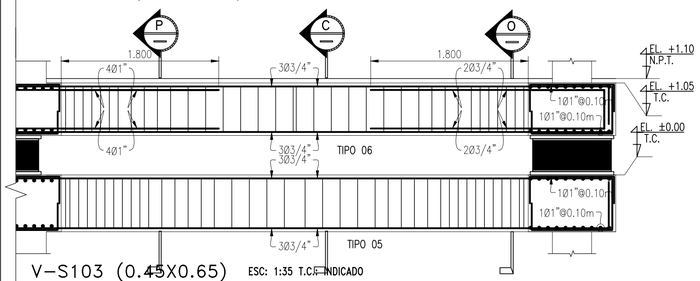
V-S102 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



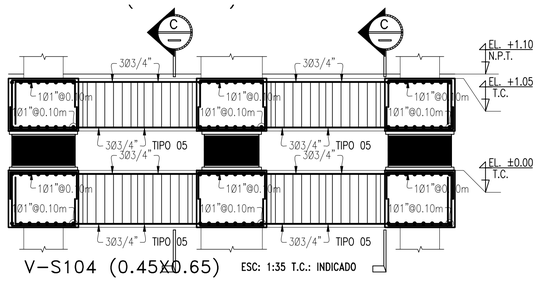
V-AIS003 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



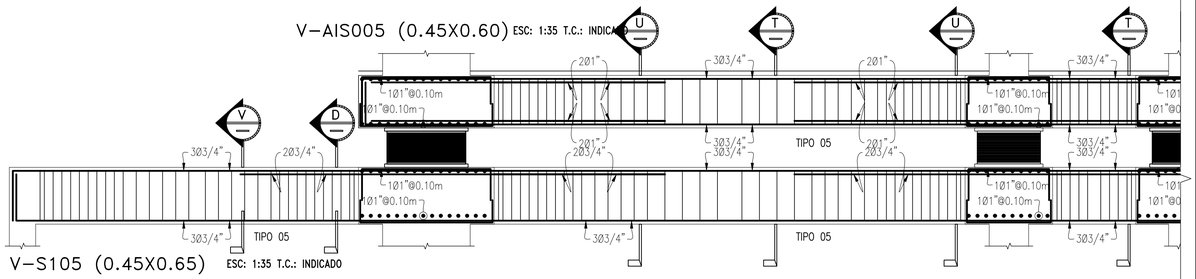
V-S103 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



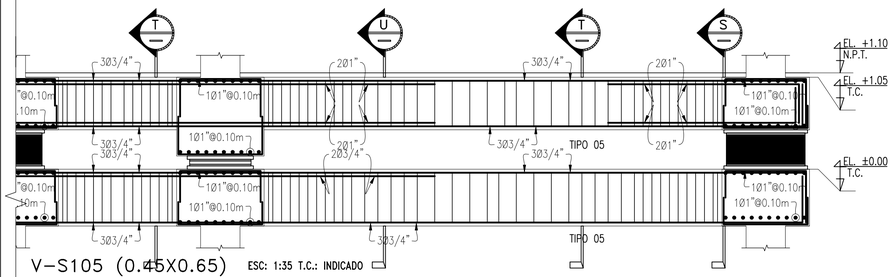
V-S104 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



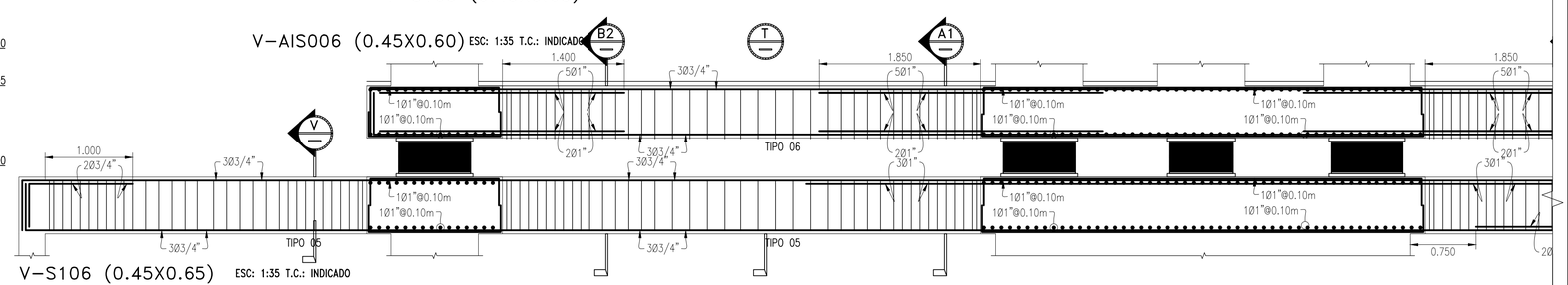
V-AIS005 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



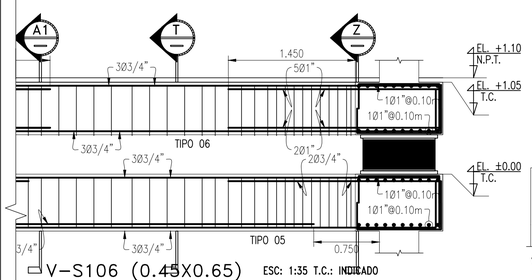
V-S105 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



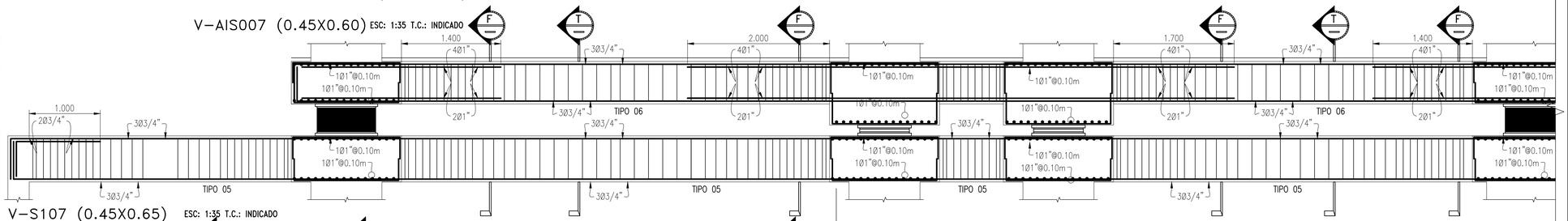
V-AIS006 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-S106 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

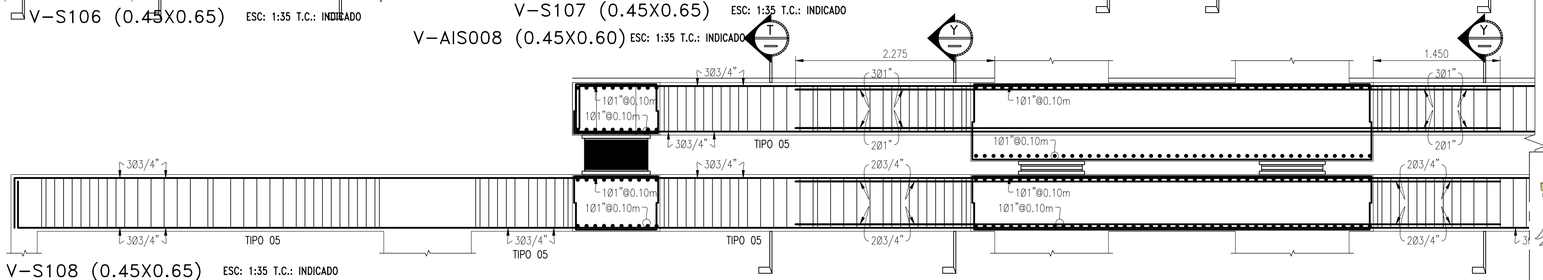


V-AIS007 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-S107 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

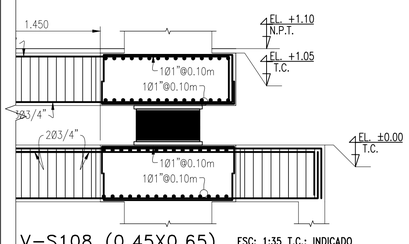
V-AIS008 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-S108 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

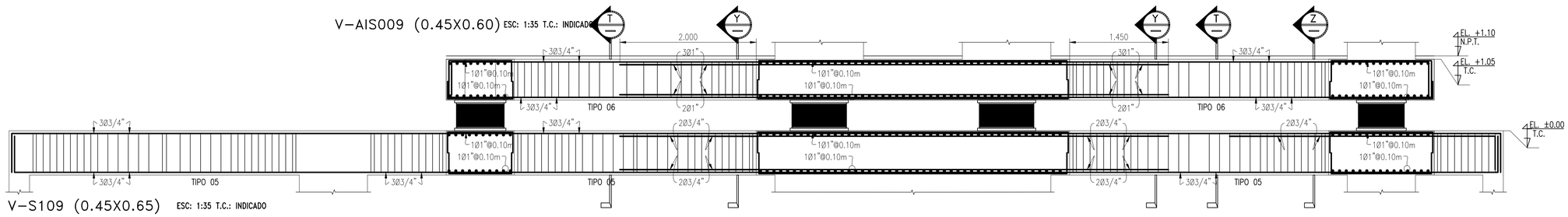
Universidad Católica de Santa Maria

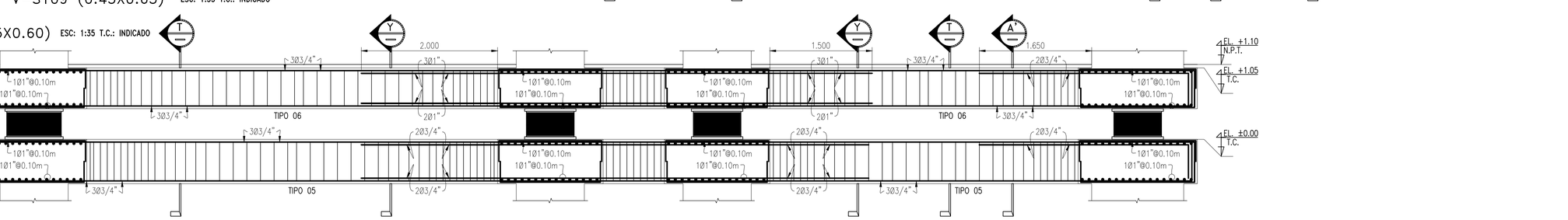
TESISTA : ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ		LAMINA: E-9
PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"		
PLANO : SECCIONES DE VIGAS	ESCALA: 1/35	FECHA: NOVIEMBRE 2022



V-S108 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

V-AIS009 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



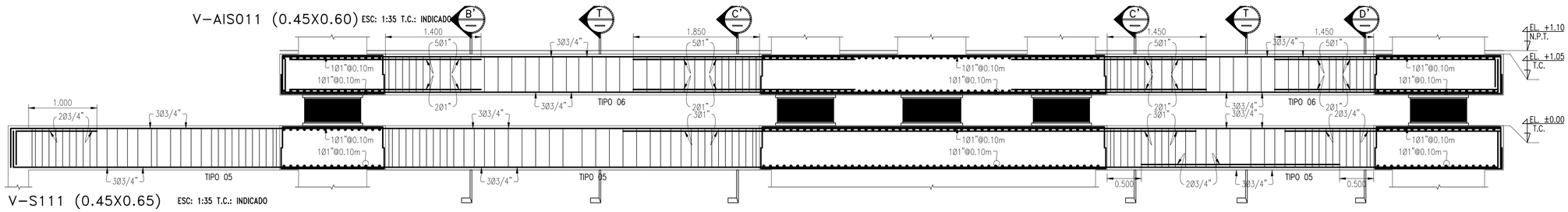


V-S109 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

V-AIS010 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

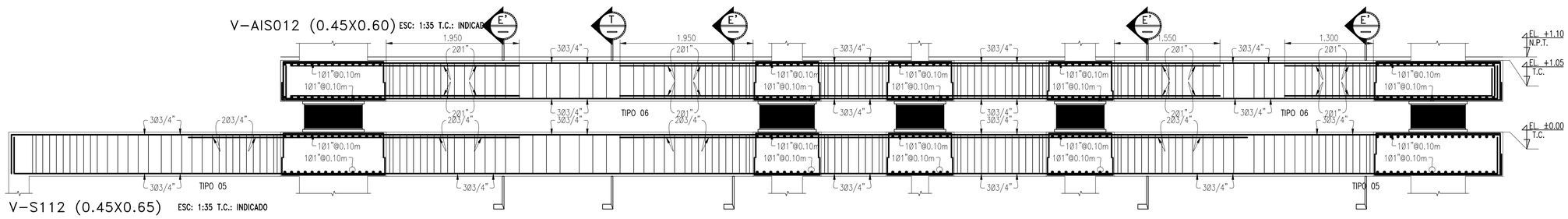
V-S110 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

V-AIS011 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



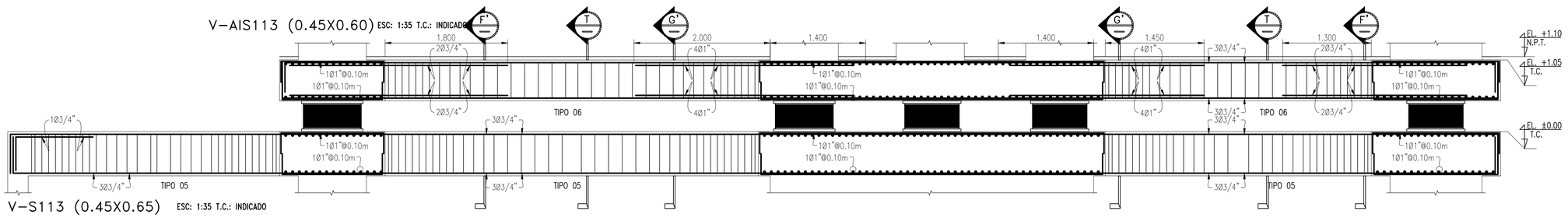
V-S111 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

V-AIS012 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-S112 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

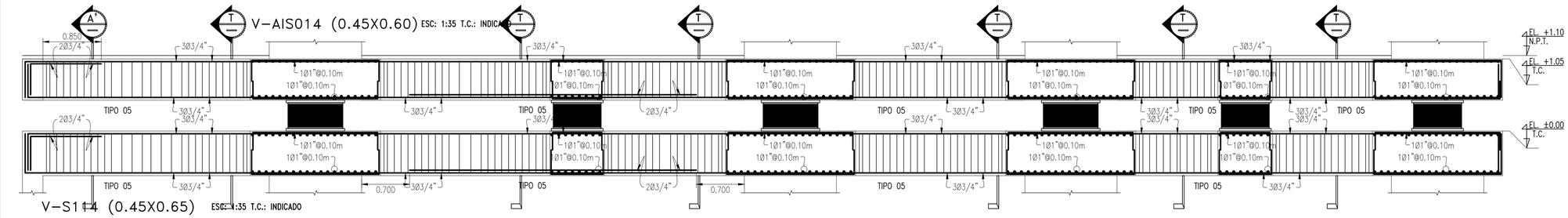
V-AIS113 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

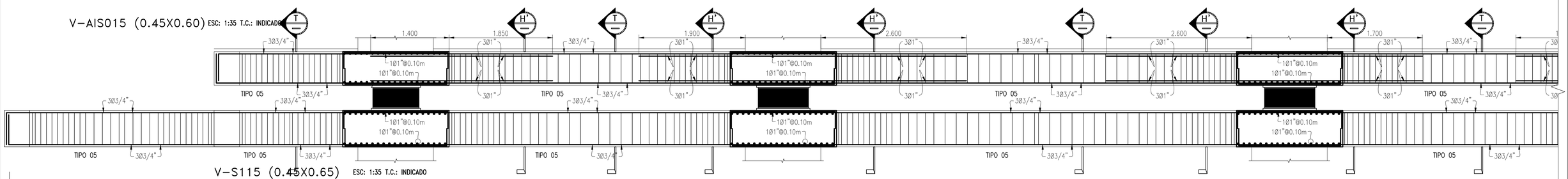


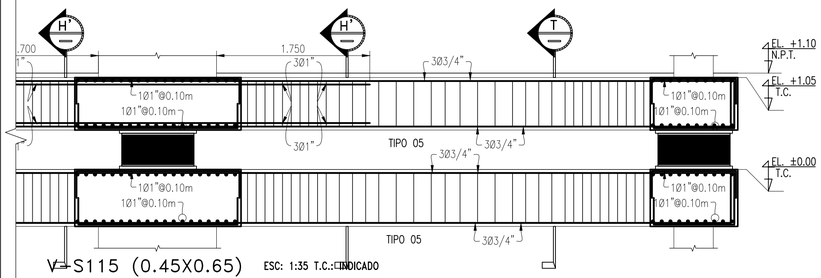
V-S113 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

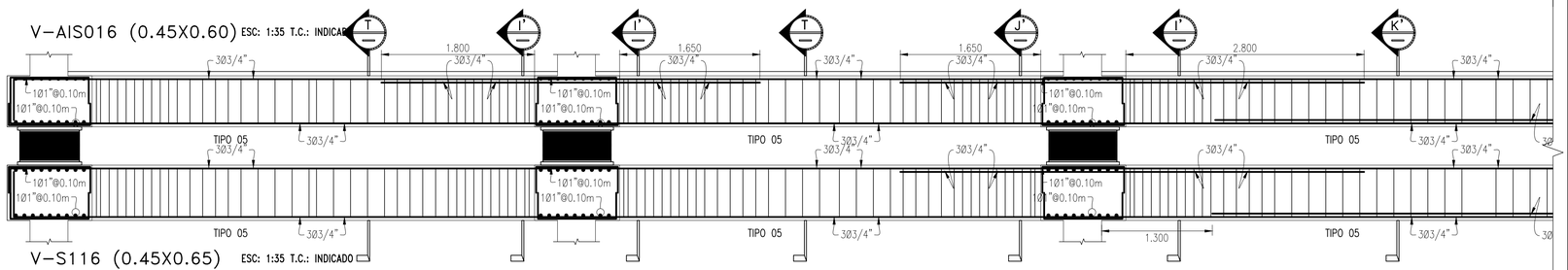
Universidad Católica de Santa Maria

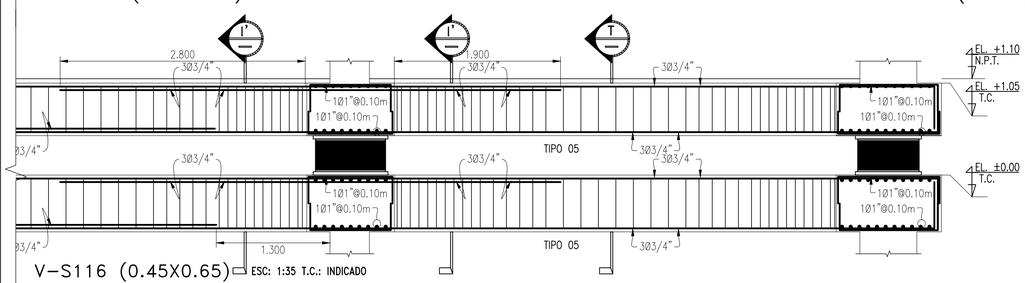
TESISTA : ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ		LAMINA: E-10
PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"		
PLANO : SECCIONES DE VIGAS	ESCALA: 1/35	FECHA: NOVIEMBRE 2022

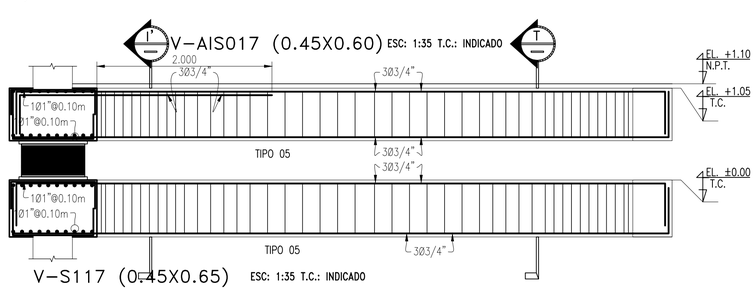


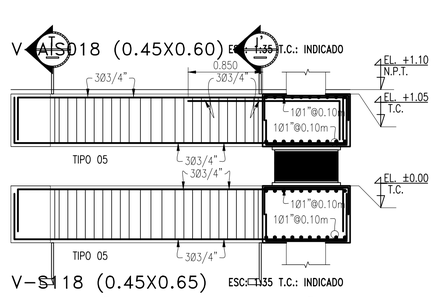


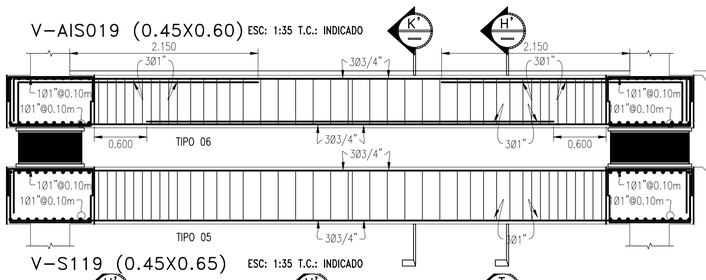


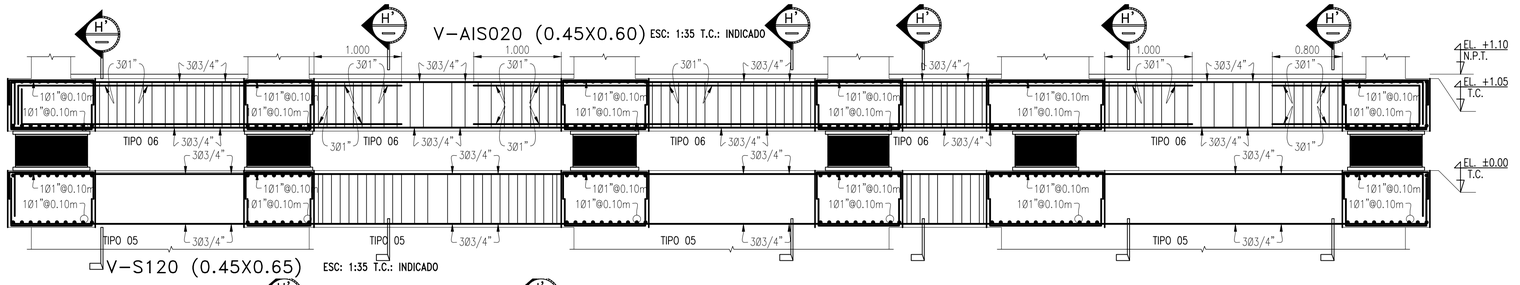


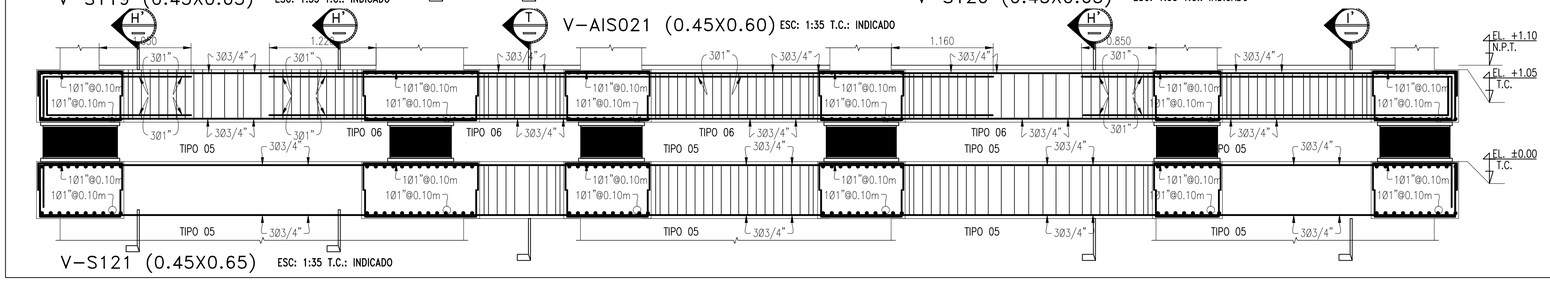






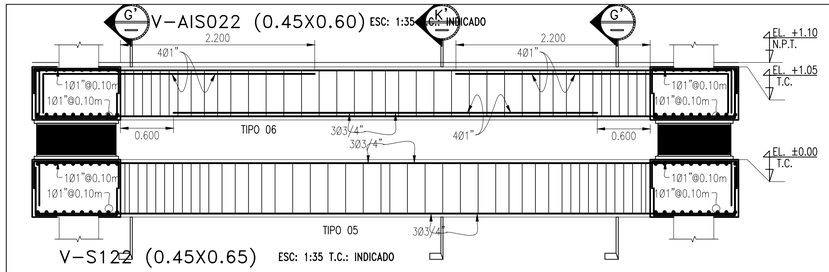


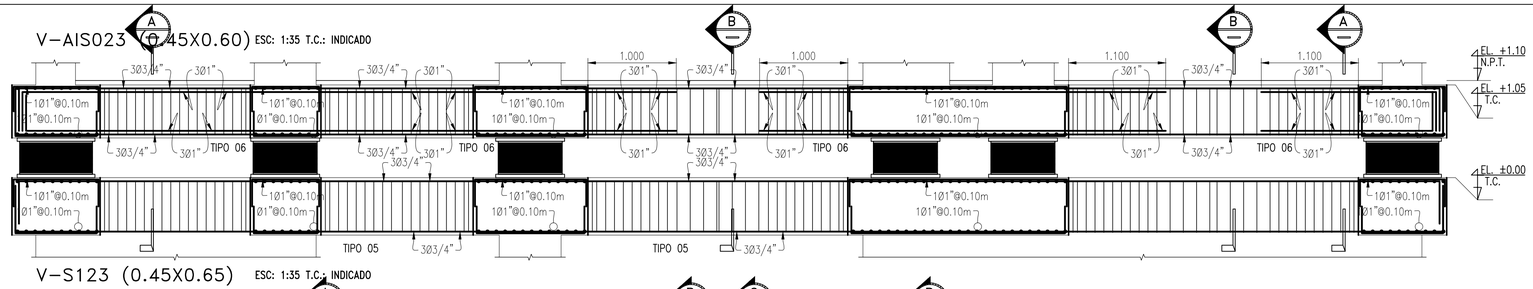


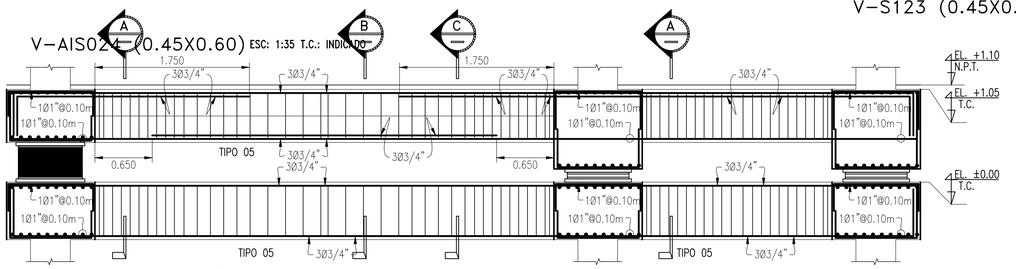


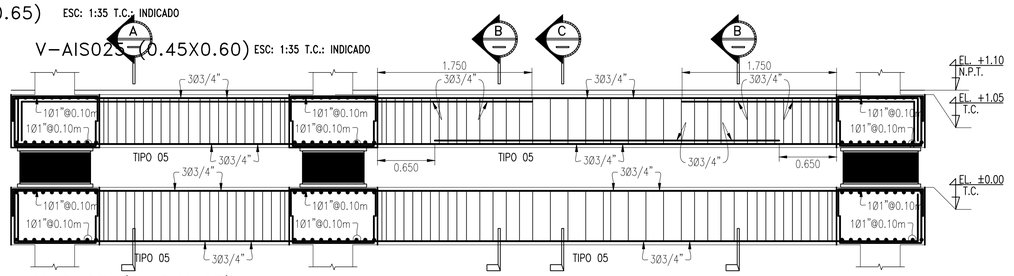
Universidad Católica de Santa Maria

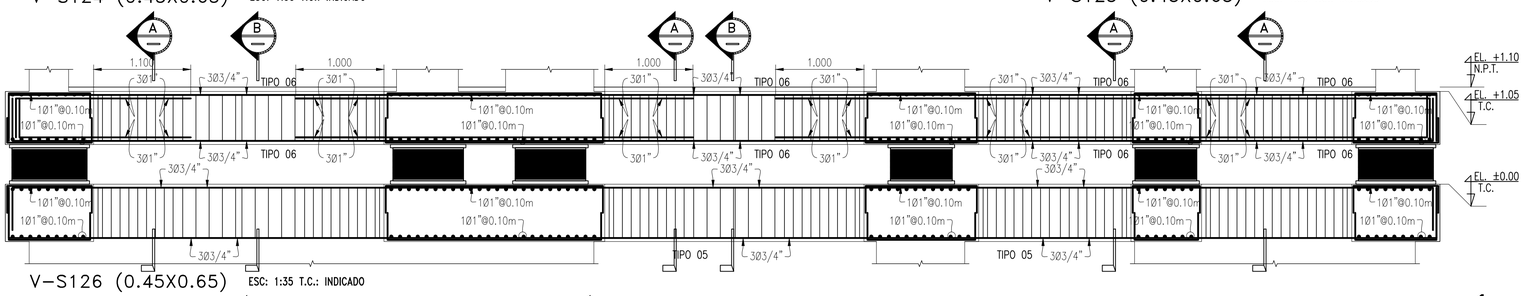
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
FECHA:	NOVIEMBRE 2022
LAMINA:	E-11

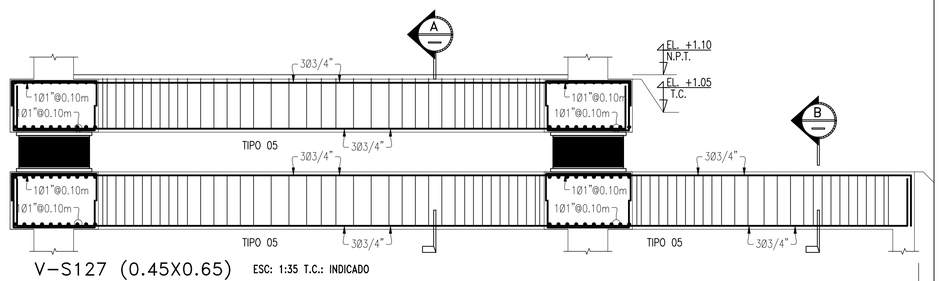


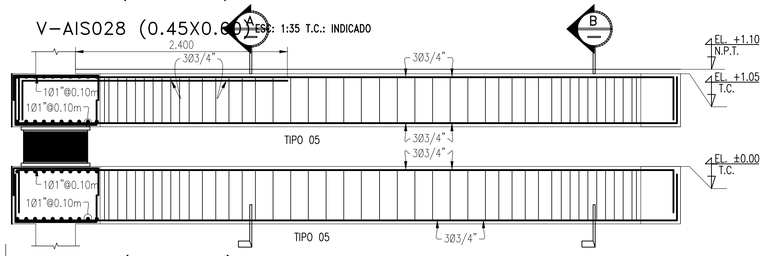


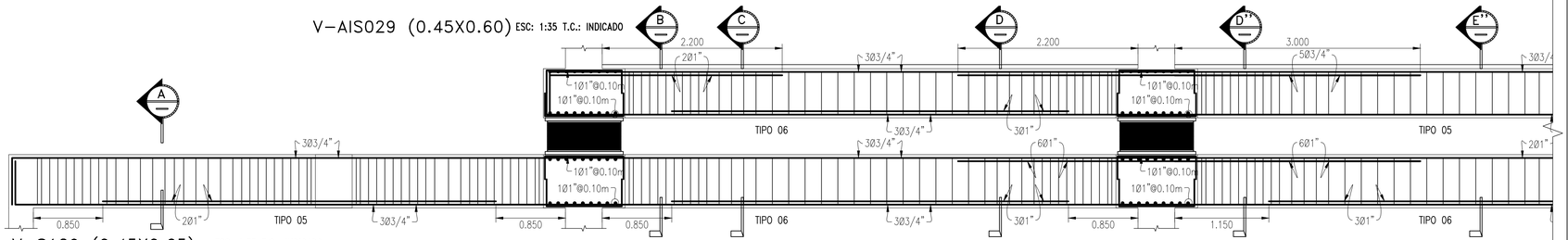


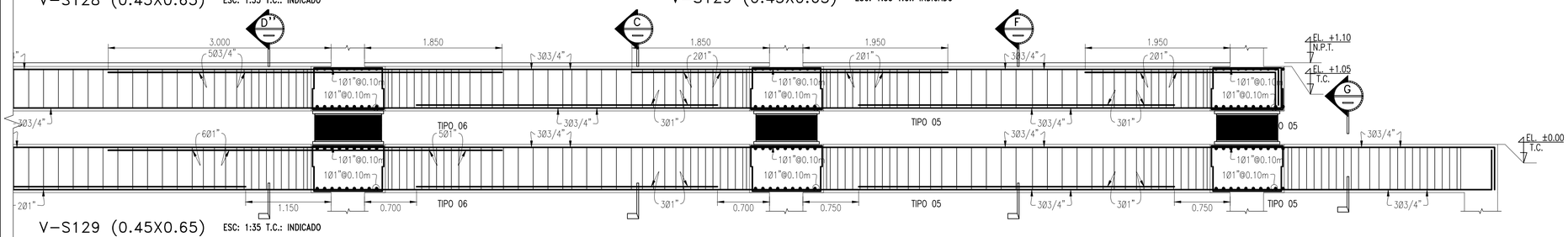


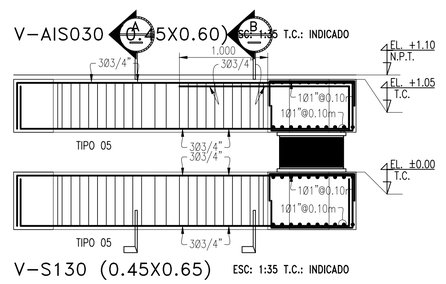


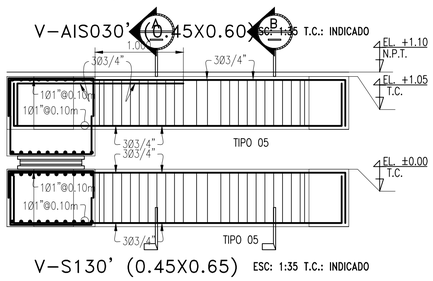






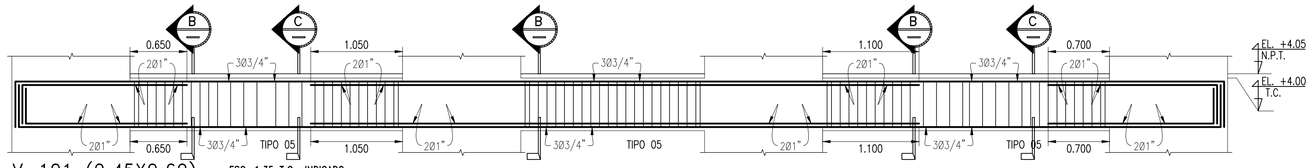




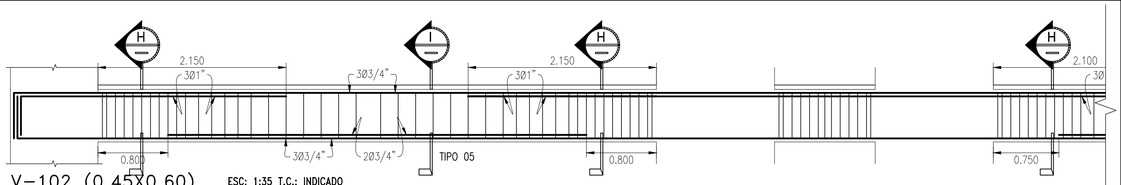


Universidad Católica de Santa Maria

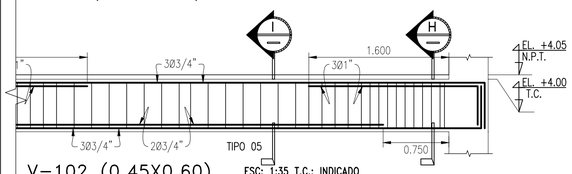
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
FECHA:	NOVIEMBRE 2022
LAMINA:	E-12



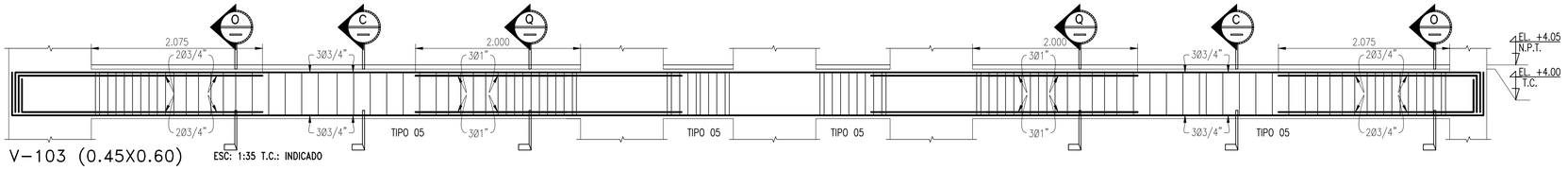
V-101 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



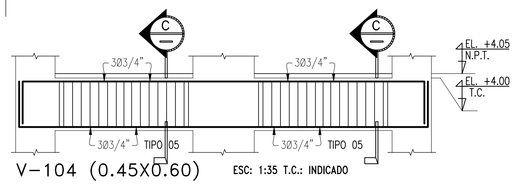
V-102 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



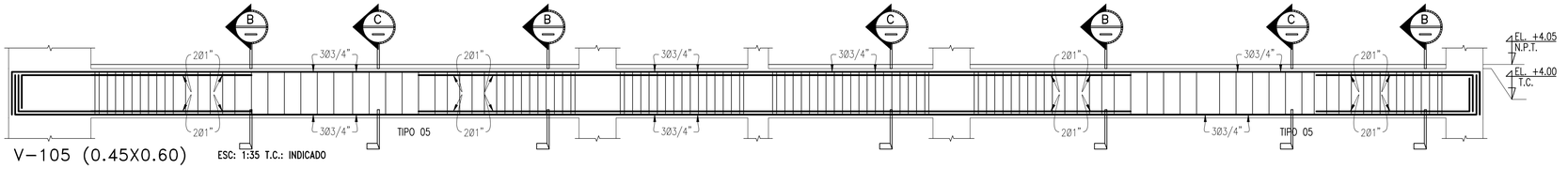
V-102 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



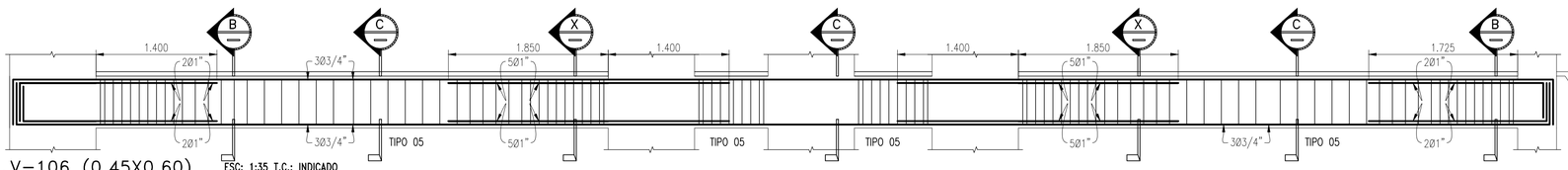
V-103 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



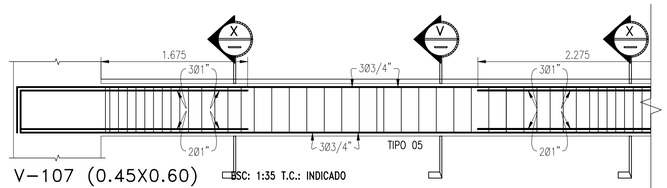
V-104 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



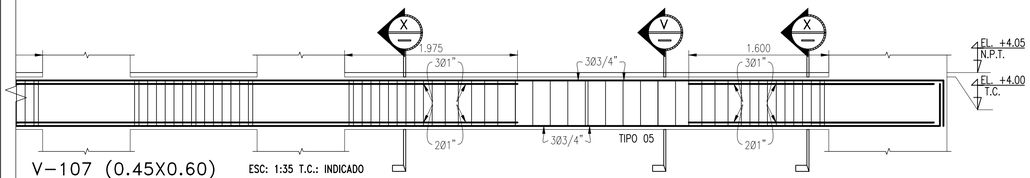
V-105 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



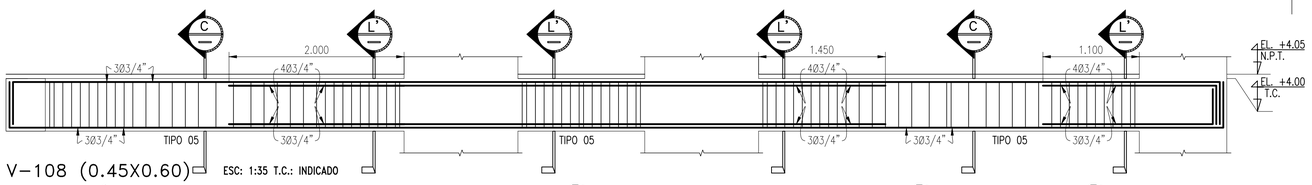
V-106 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



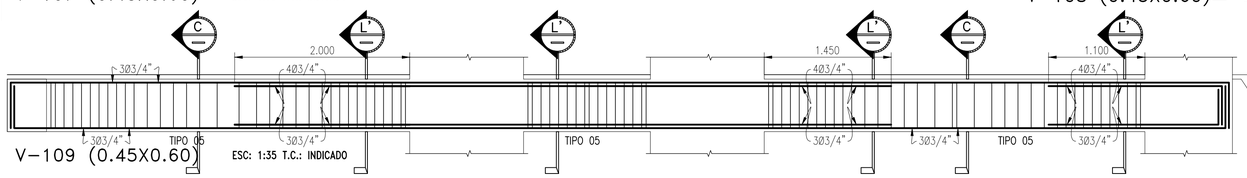
V-107 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



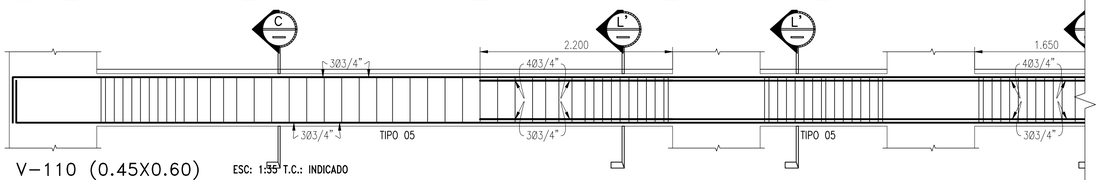
V-107 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



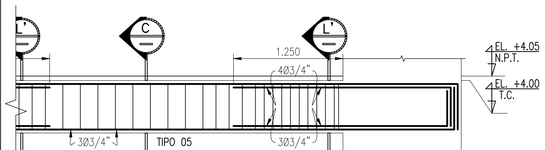
V-108 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



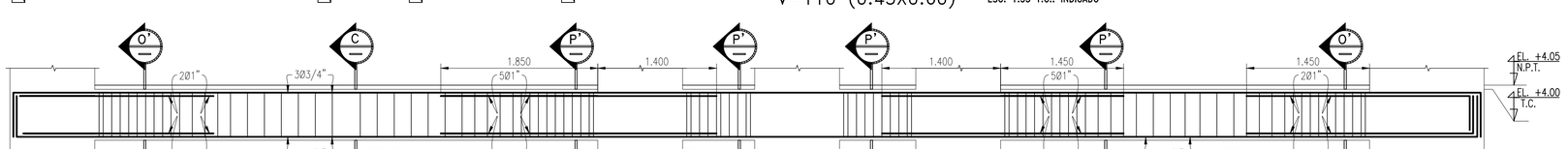
V-109 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



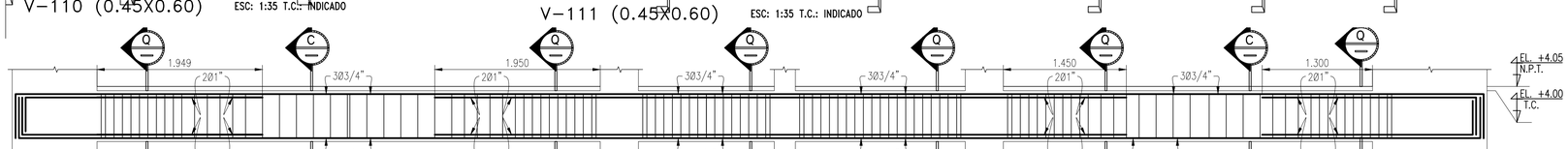
V-110 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



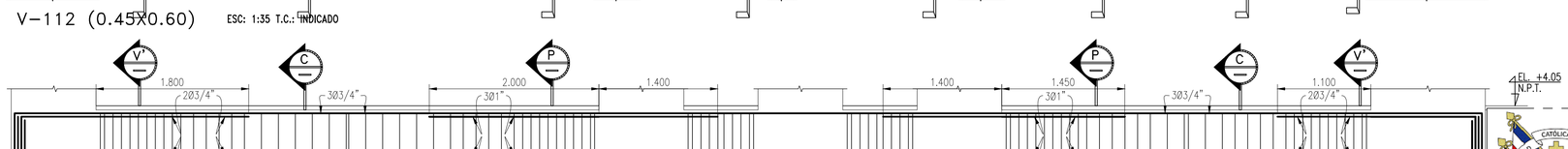
V-110 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-111 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



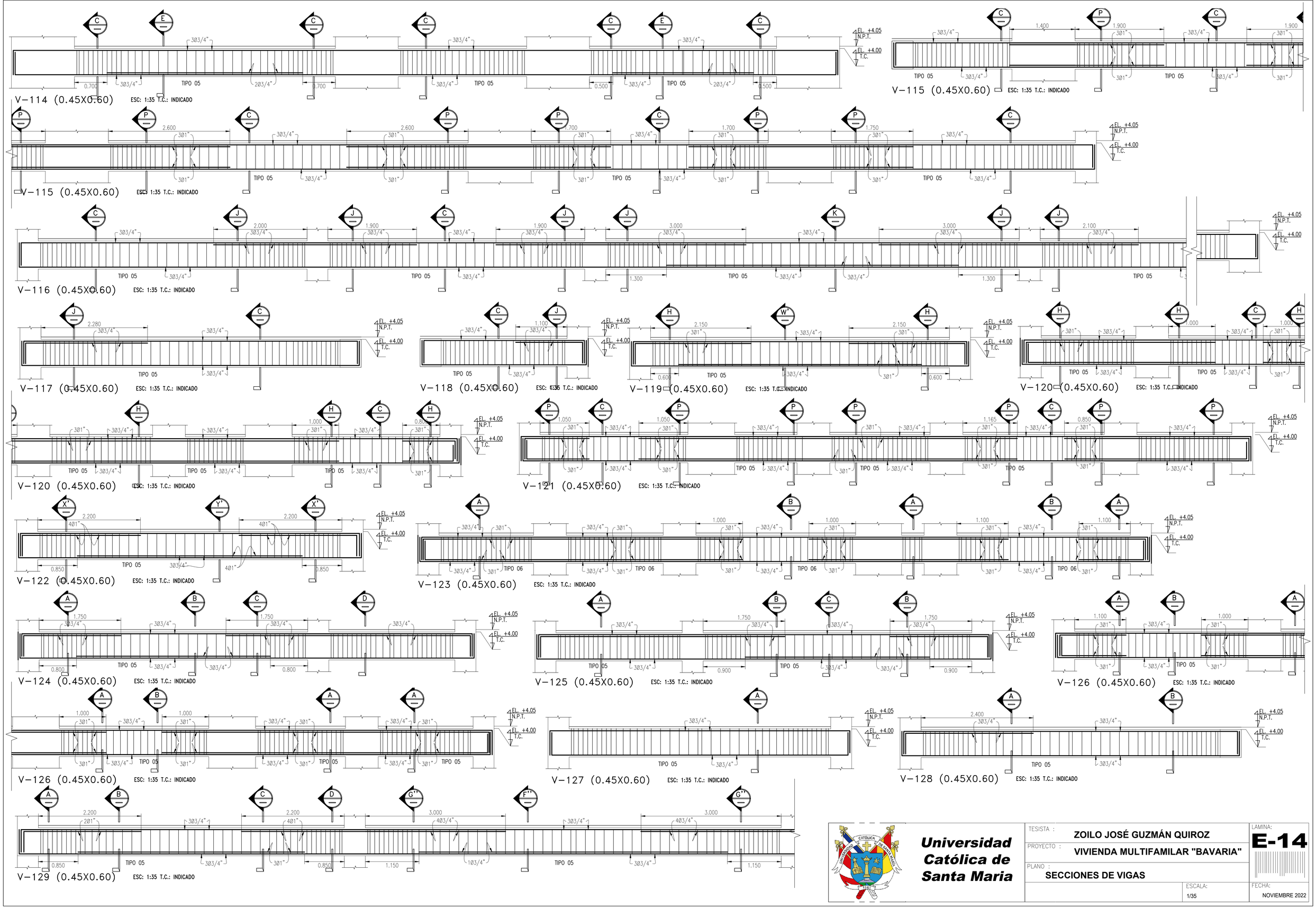
V-112 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

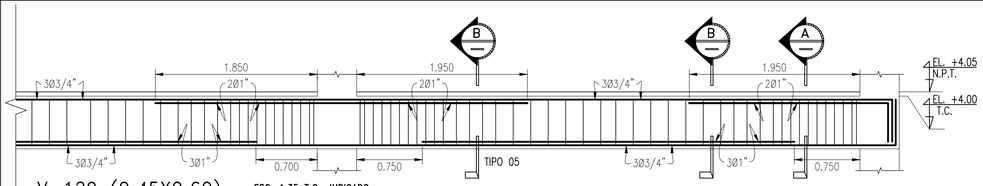


V-113 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

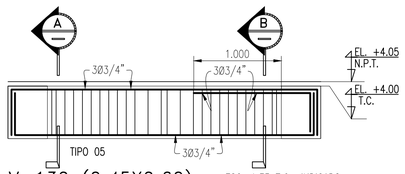
Universidad Católica de Santa Maria

TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
FECHA:	NOVIEMBRE 2022
LAMINA:	E-13

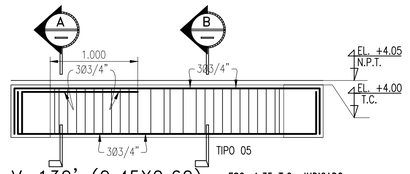

V-114 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-115 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-115 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-116 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-117 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-118 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-119 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-120 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-120 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-121 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-122 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-123 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-124 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-125 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-126 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-126 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-127 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-128 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
V-129 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO
EL. +4.05 N.P.T.
EL. +4.00 T.C.
TIPO 05
TIPO 06
3Ø3/4"
1Ø1"
2Ø3/4"
4Ø1"
Universidad Católica de Santa Maria
TESISTA : ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO : SECCIONES DE VIGAS
ESCALA: 1/35
LAMINA: E-14
FECHA: NOVIEMBRE 2022



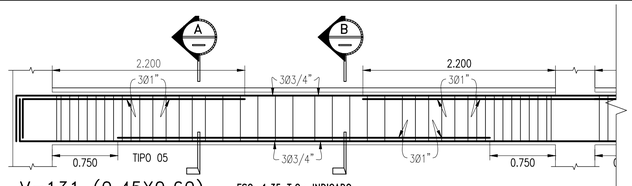
V-129 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



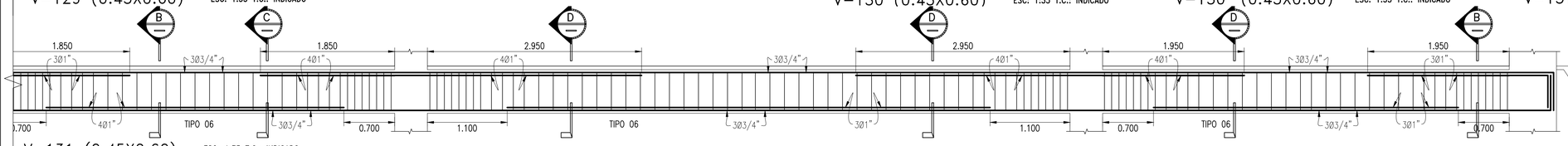
V-130 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



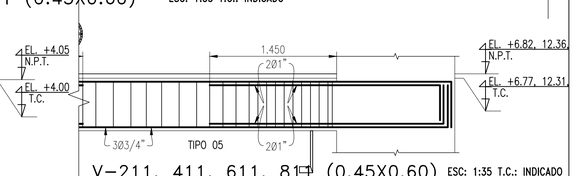
V-130' (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



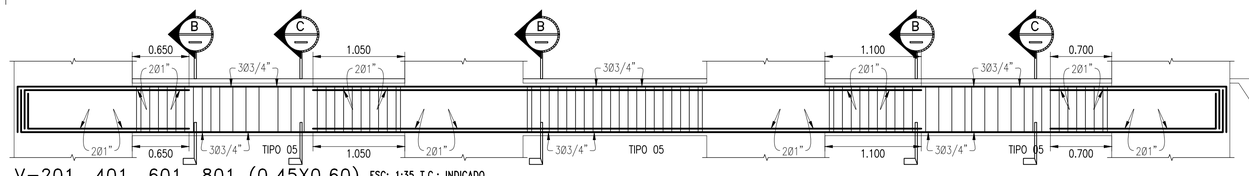
V-131 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



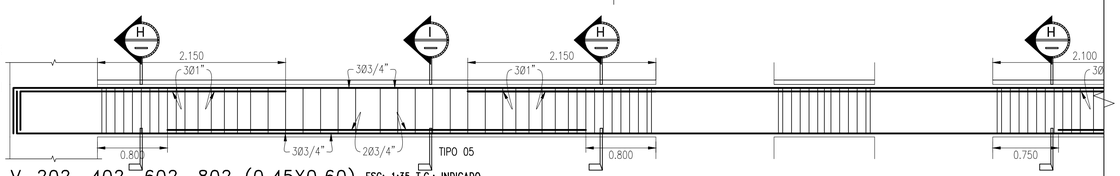
V-131 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



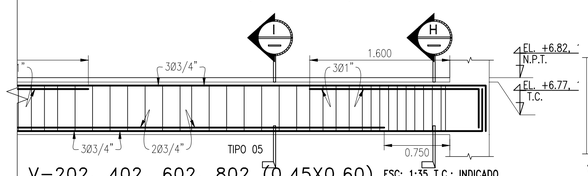
V-211, 411, 611, 811 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



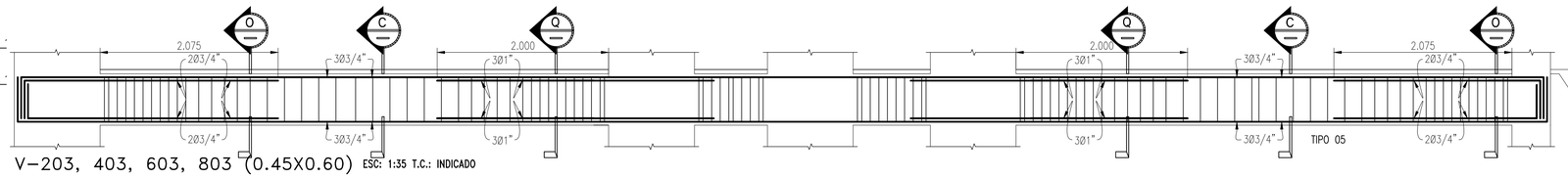
V-201, 401, 601, 801 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



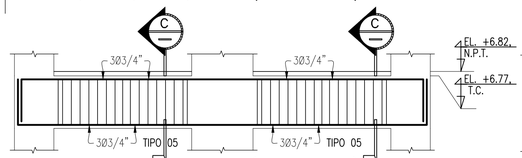
V-202, 402, 602, 802 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



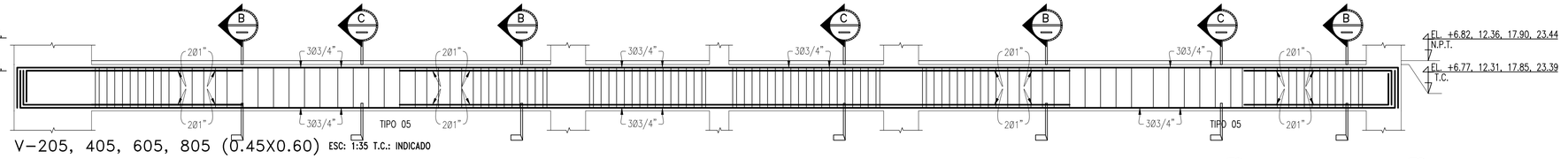
V-202, 402, 602, 802 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



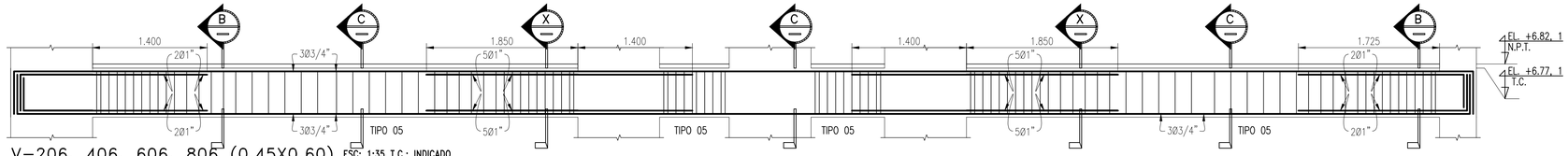
V-203, 403, 603, 803 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



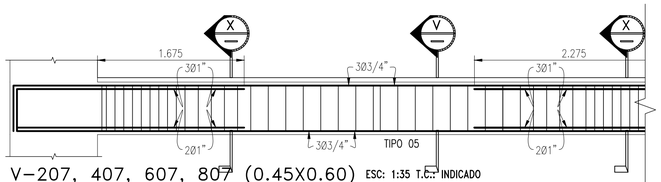
V-204, 404, 604, 804 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



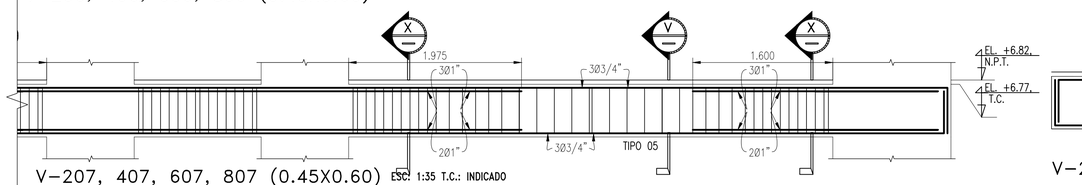
V-205, 405, 605, 805 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



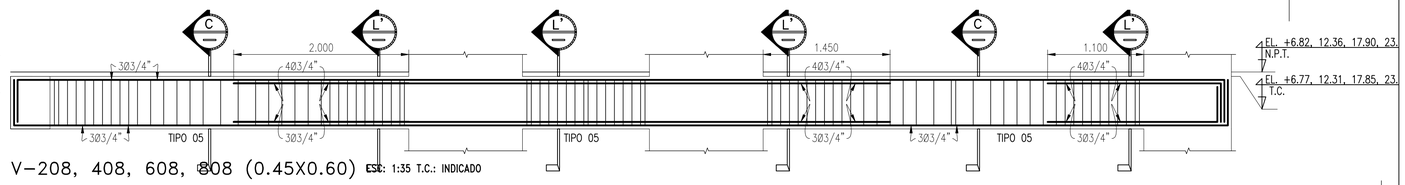
V-206, 406, 606, 806 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



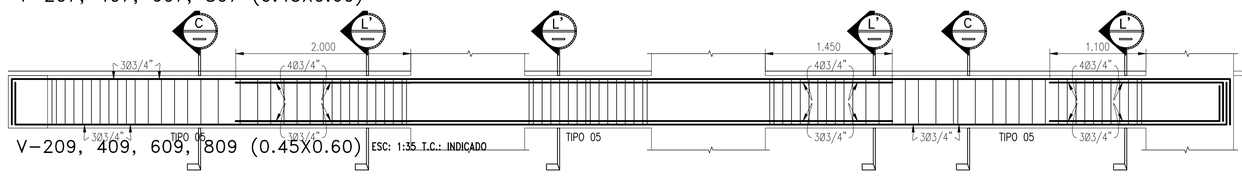
V-207, 407, 607, 807 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



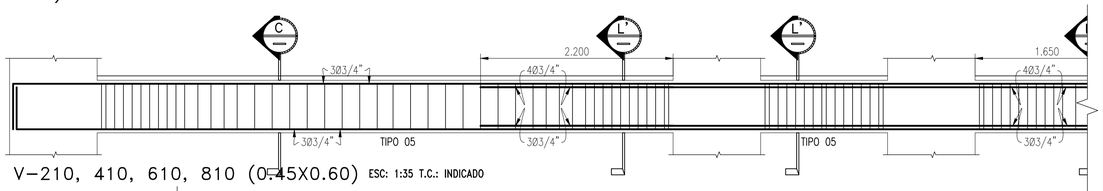
V-207, 407, 607, 807 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



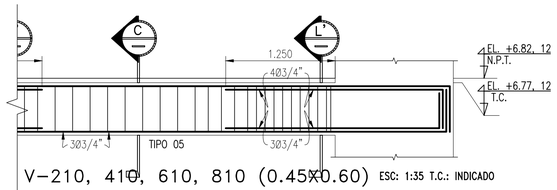
V-208, 408, 608, 808 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



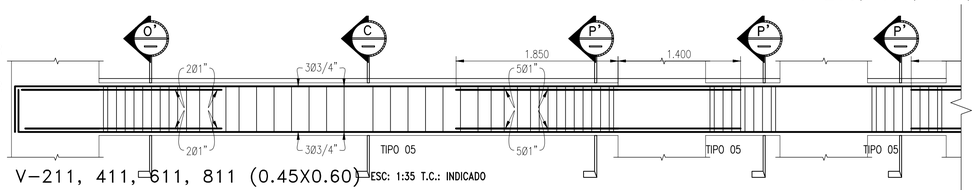
V-209, 409, 609, 809 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-210, 410, 610, 810 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



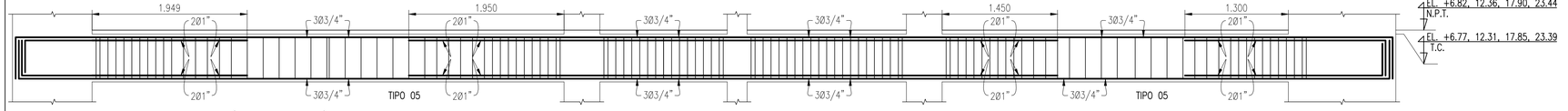
V-210, 410, 610, 810 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



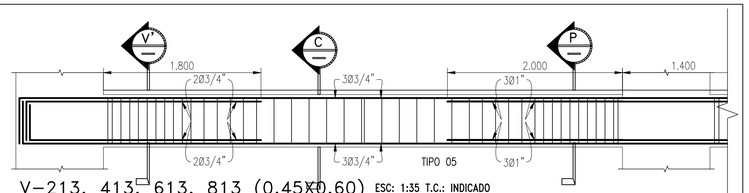
V-211, 411, 611, 811 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

Universidad Católica de Santa Maria

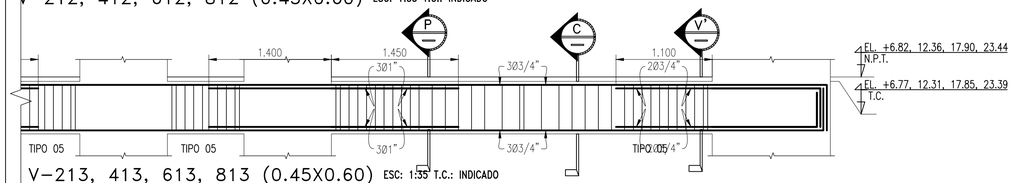
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
FECHA:	NOVIEMBRE 2022
LAMINA:	E-15



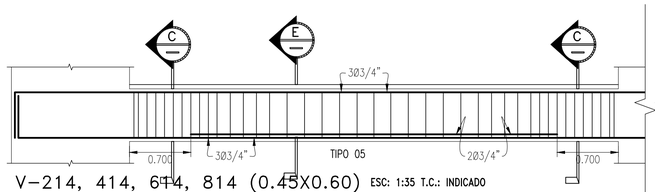
V-212, 412, 612, 812 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



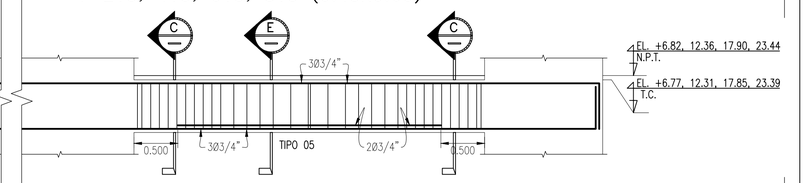
V-213, 413, 613, 813 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

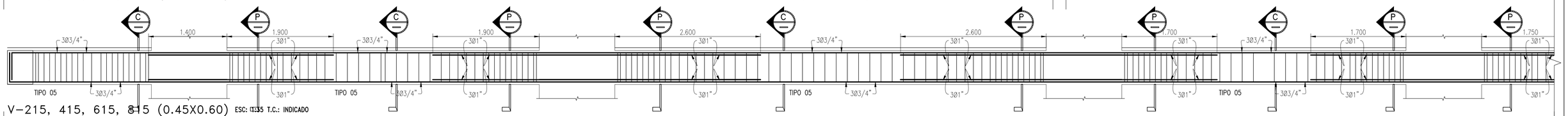


V-213, 413, 613, 813 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

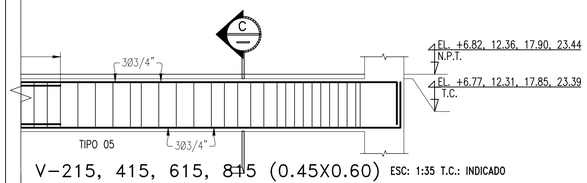


V-214, 414, 614, 814 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

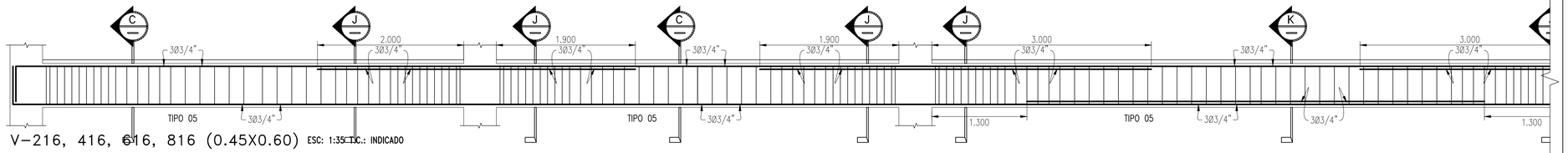




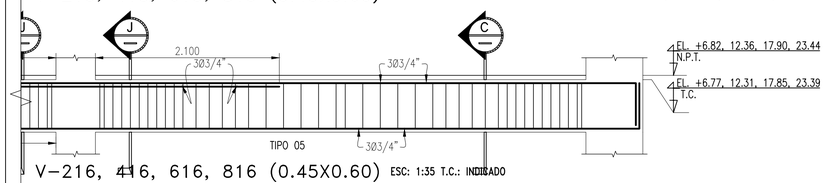
V-215, 415, 615, 815 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



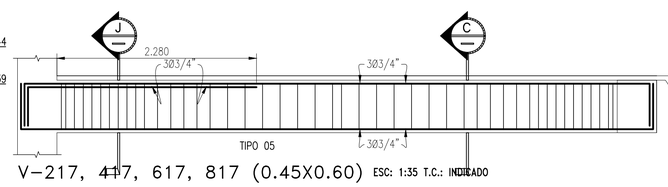
V-215, 415, 615, 815 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



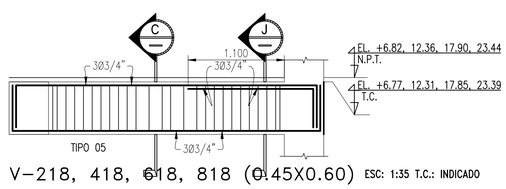
V-216, 416, 616, 816 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



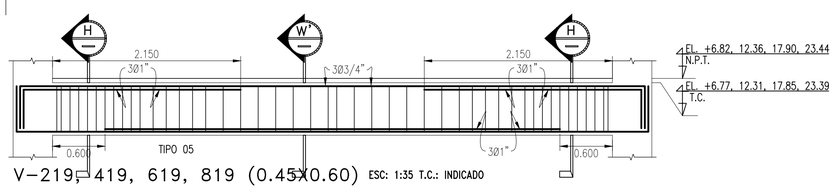
V-216, 416, 616, 816 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



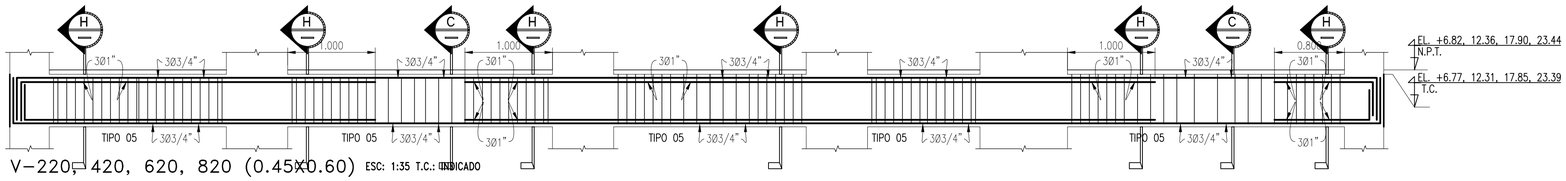
V-217, 417, 617, 817 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



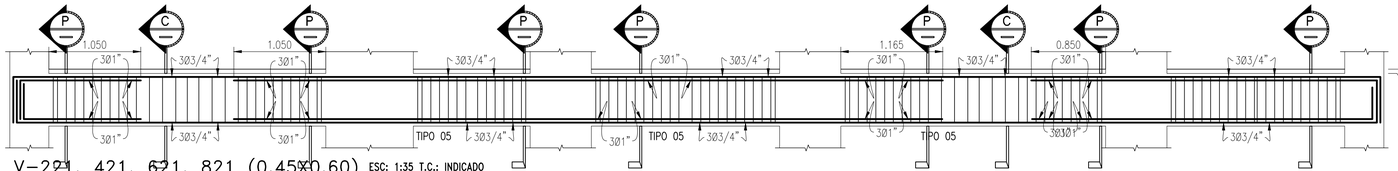
V-218, 418, 618, 818 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



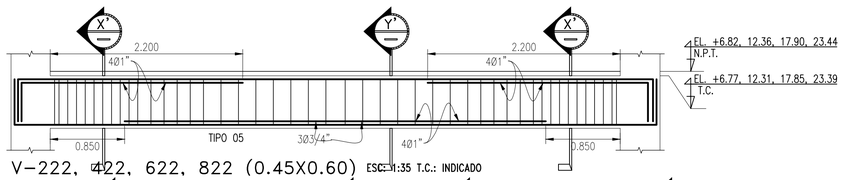
V-219, 419, 619, 819 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



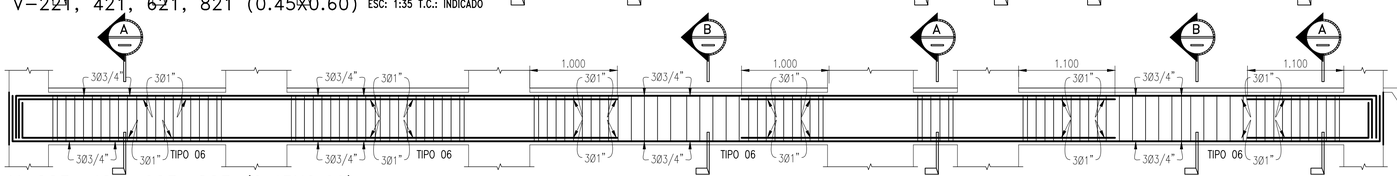
V-220, 420, 620, 820 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



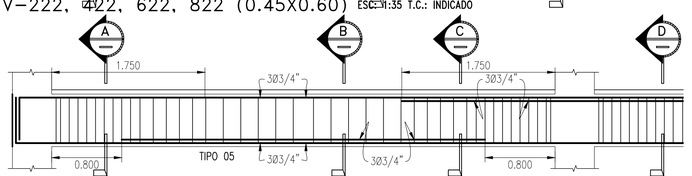
V-221, 421, 621, 821 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



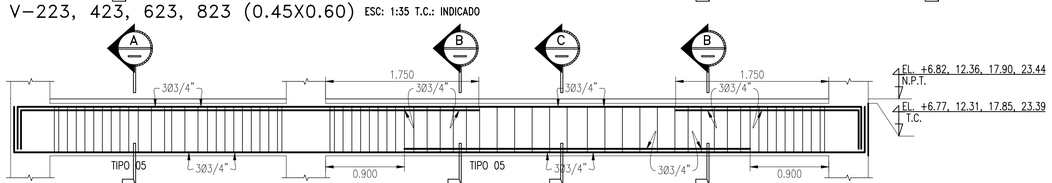
V-222, 422, 622, 822 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-223, 423, 623, 823 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



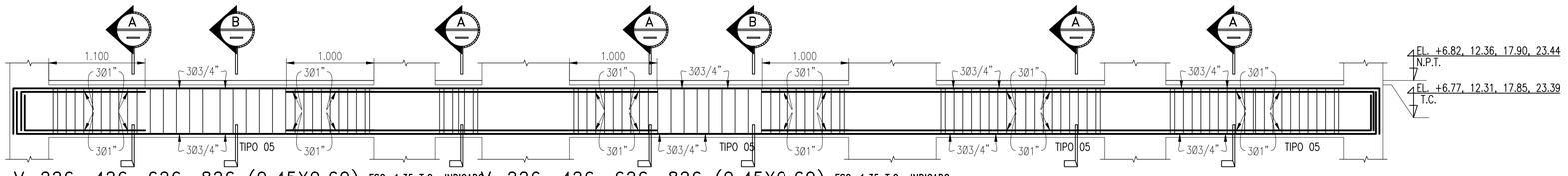
V-224, 424, 624, 824 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-225, 425, 625, 825 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

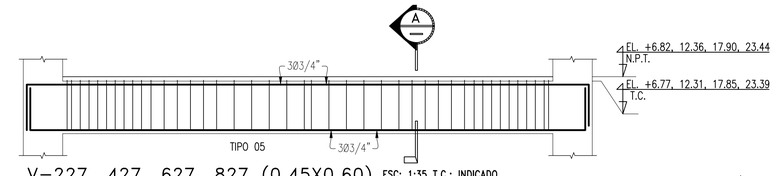
Universidad Católica de Santa Maria

TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
LAMINA:	E-16
FECHA:	NOVIEMBRE 2022

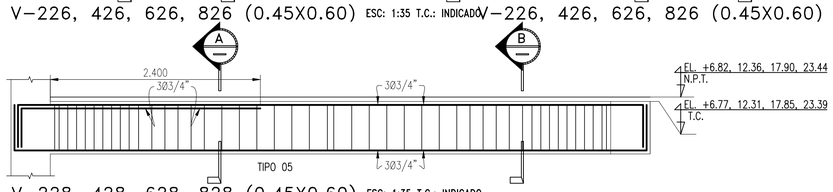


V−226, 426, 626, 826 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

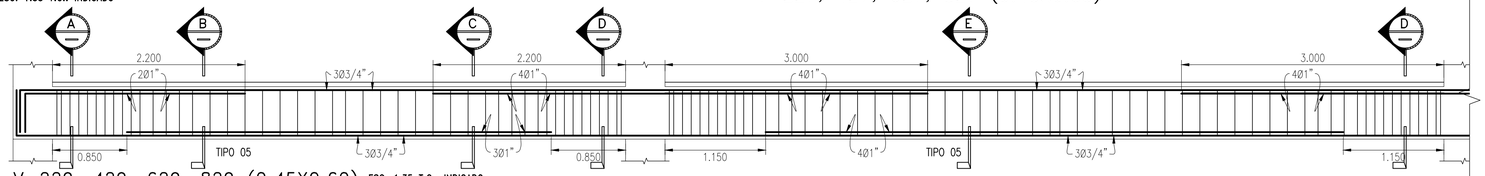
V−226, 426, 626, 826 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



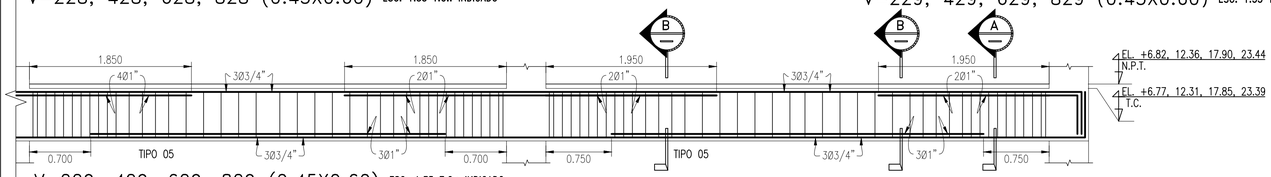
V−227, 427, 627, 827 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



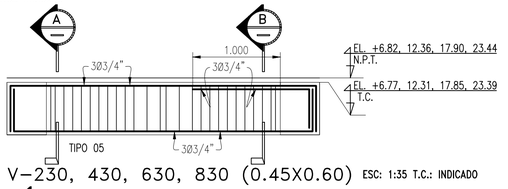
V−228, 428, 628, 828 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



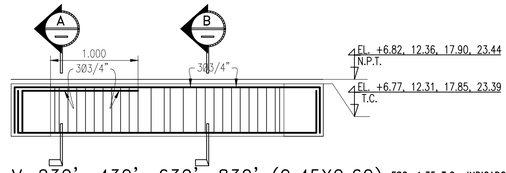
V−229, 429, 629, 829 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



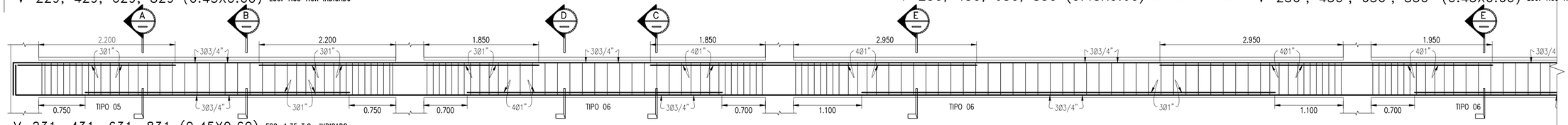
V−229, 429, 629, 829 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



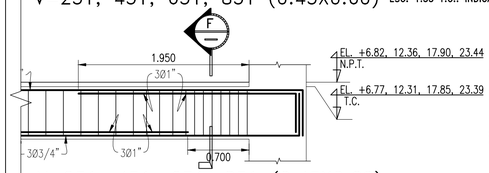
V−230, 430, 630, 830 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



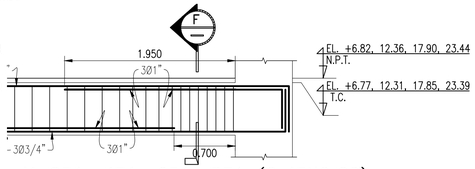
V−230', 430', 630', 830' (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



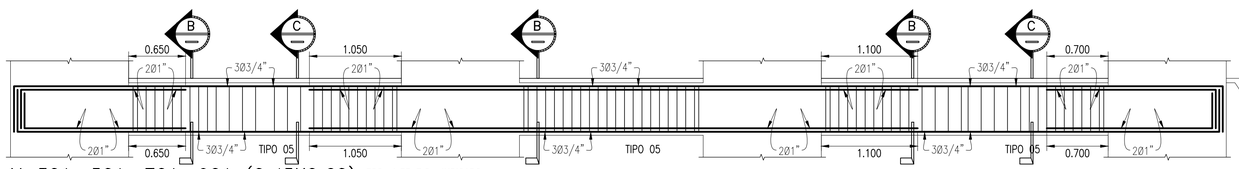
V−231, 431, 631, 831 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



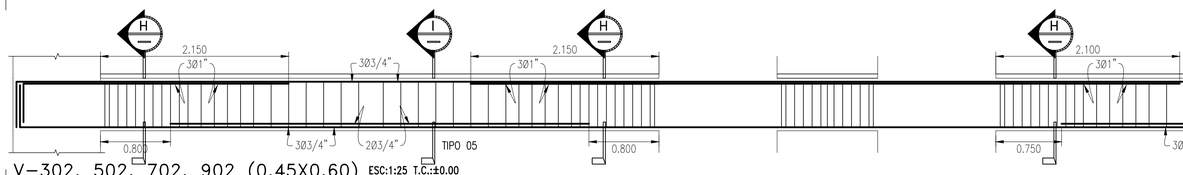
V−231, 431, 631, 831 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDIC.



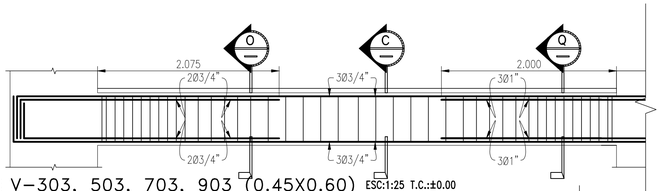
V−231, 431, 631, 831 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDIC.



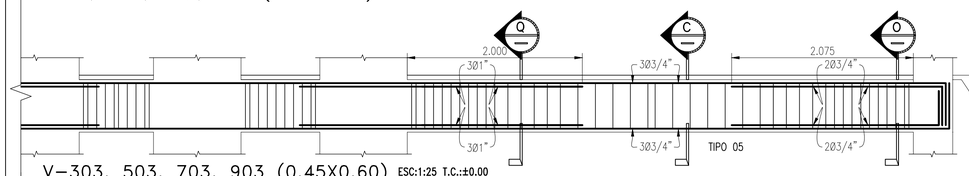
V−301, 501, 701, 901 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



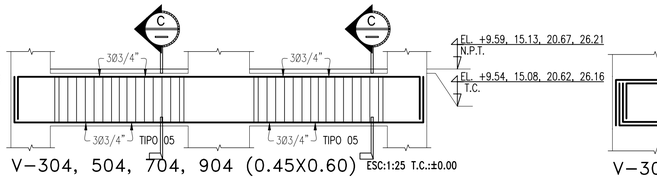
V−302, 502, 702, 902 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



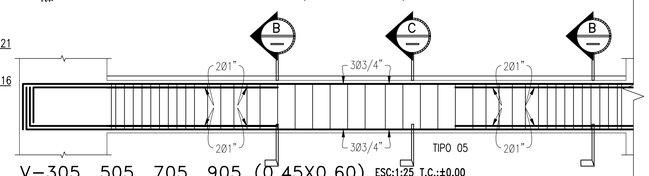
SE V−303, 503, 703, 903 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



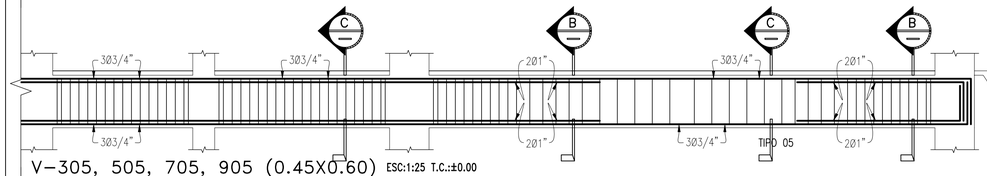
V−303, 503, 703, 903 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



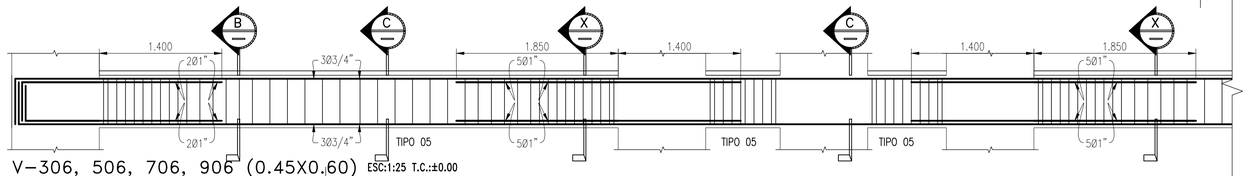
V−304, 504, 704, 904 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



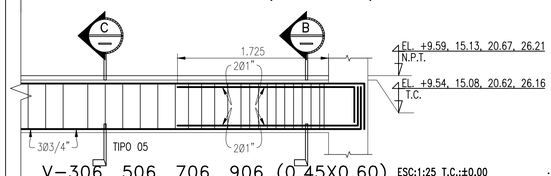
V−305, 505, 705, 905 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



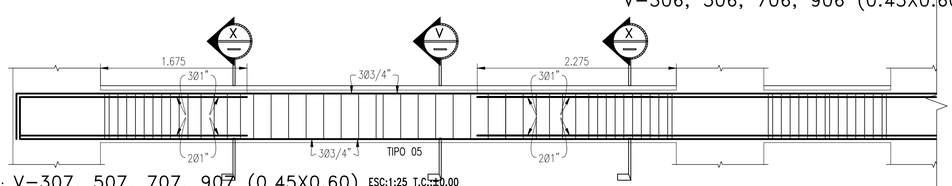
V−305, 505, 705, 905 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



V−306, 506, 706, 906 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



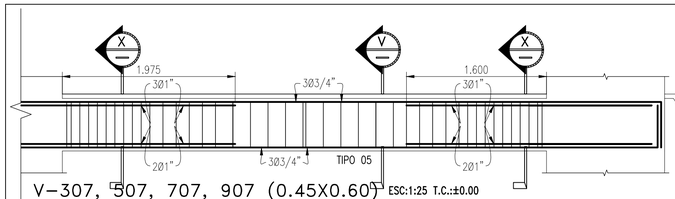
V−306, 506, 706, 906 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



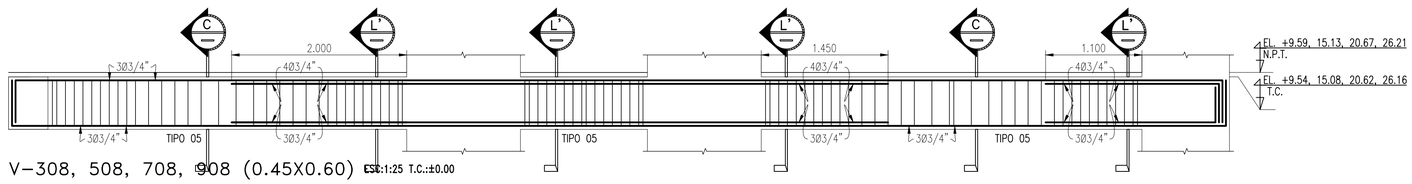
V−307, 507, 707, 907 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00

Universidad Católica de Santa Maria

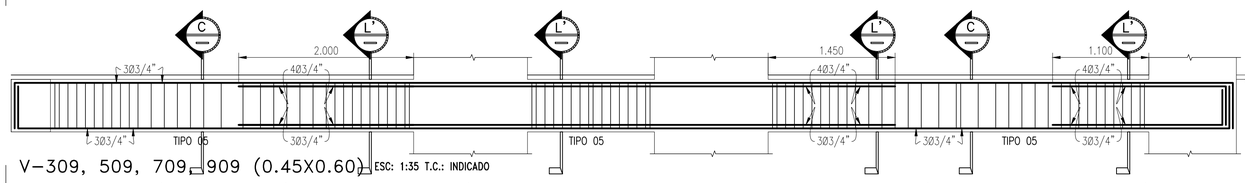
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
FECHA:	NOVIEMBRE 2022
LAMINA:	E-17



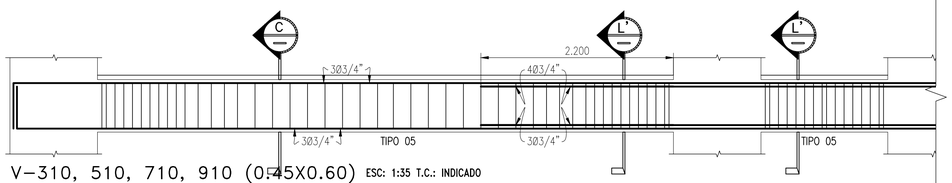
V-307, 507, 707, 907 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



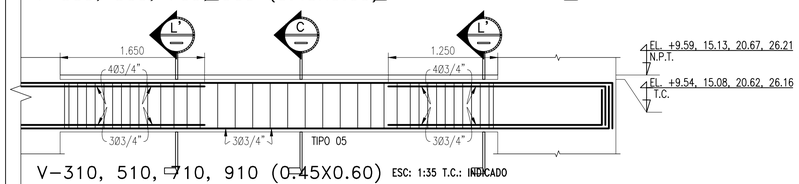
V-308, 508, 708, 908 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



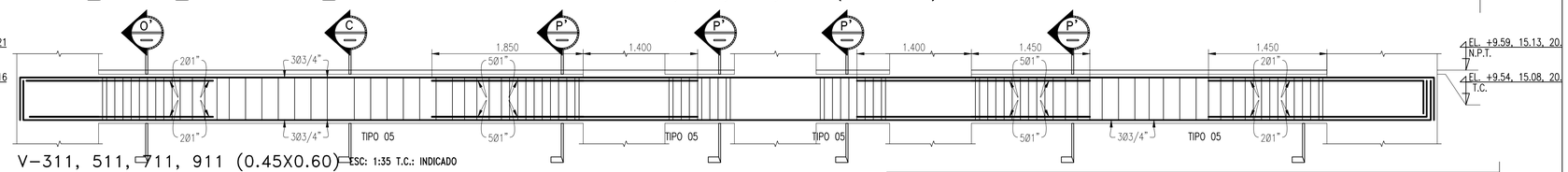
V-309, 509, 709, 909 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



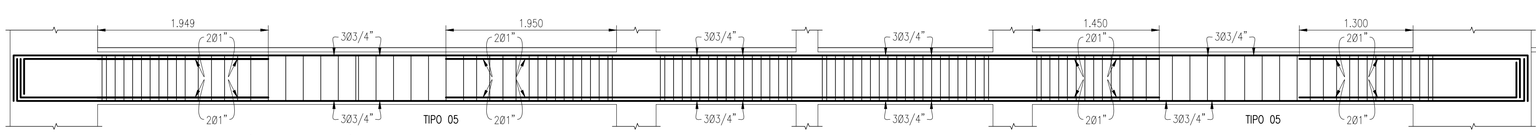
V-310, 510, 710, 910 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



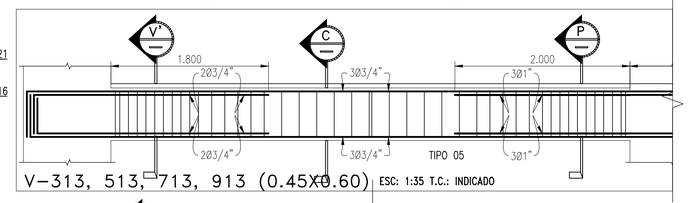
V-310, 510, 710, 910 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



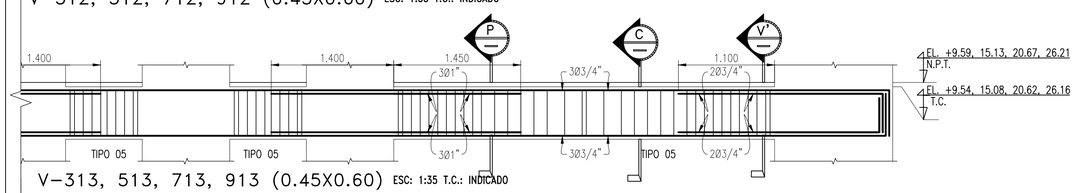
V-311, 511, 711, 911 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



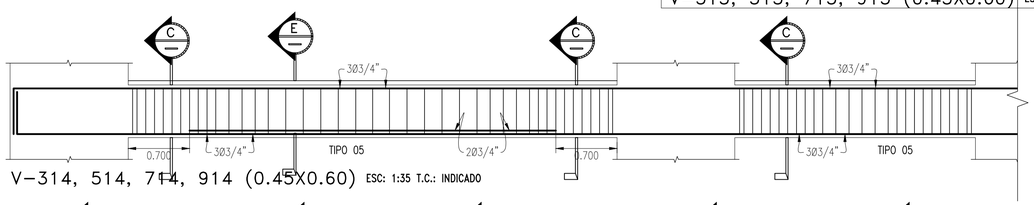
V-312, 512, 712, 912 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



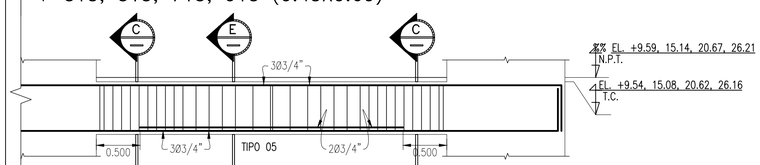
V-313, 513, 713, 913 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



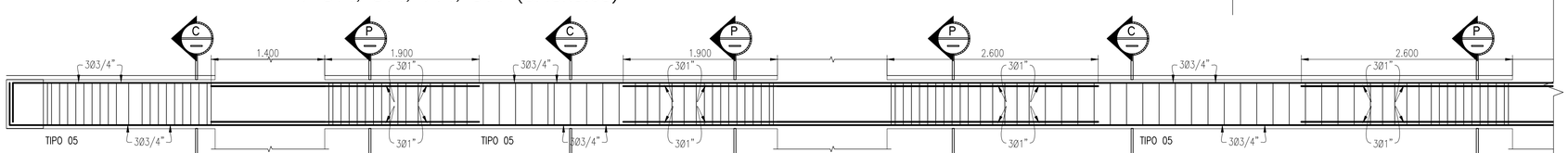
V-313, 513, 713, 913 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



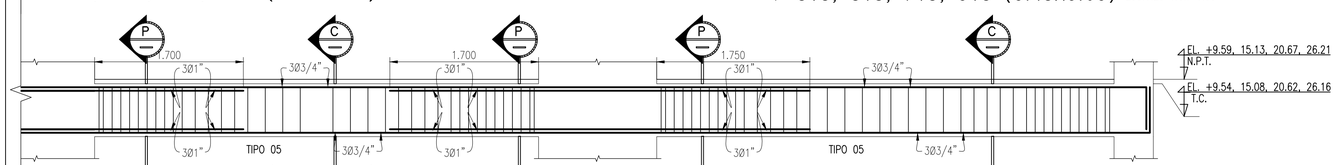
V-314, 514, 714, 914 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



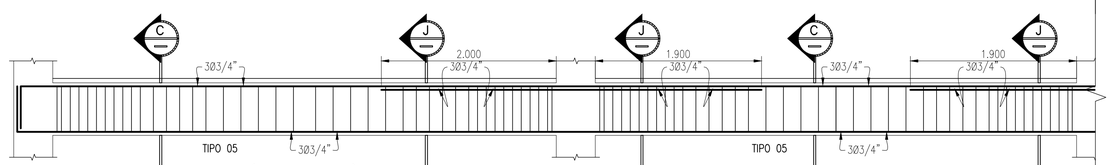
V-314, 514, 714, 914 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



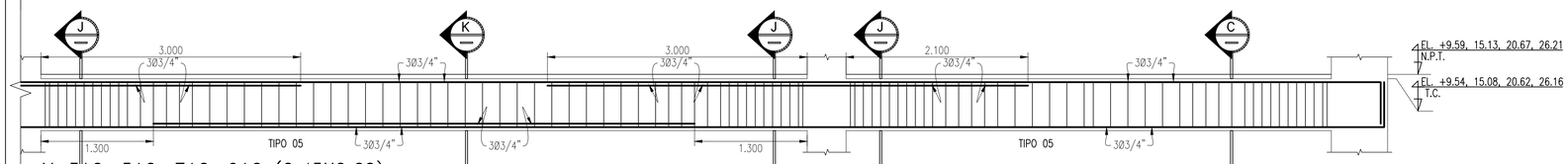
V-315, 515, 715, 915 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



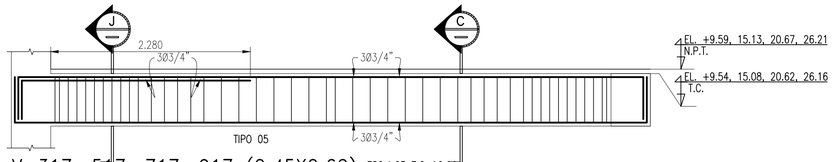
V-315, 515, 715, 915 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



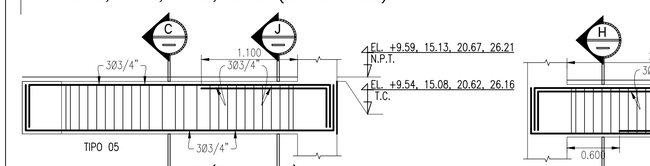
V-316, 516, 716, 916 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



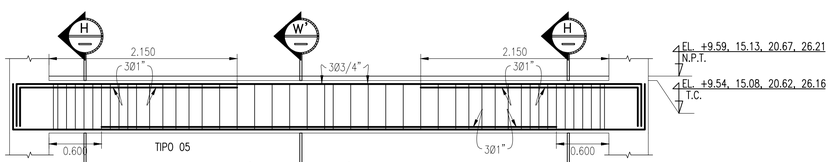
V-316, 516, 716, 916 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



V-317, 517, 717, 917 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



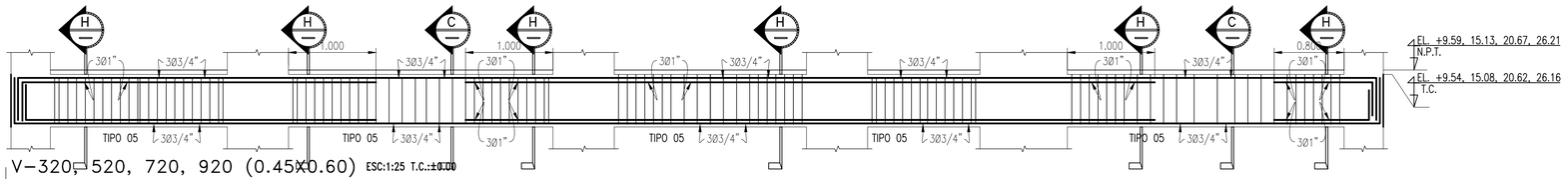
V-318, 518, 718, 918 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



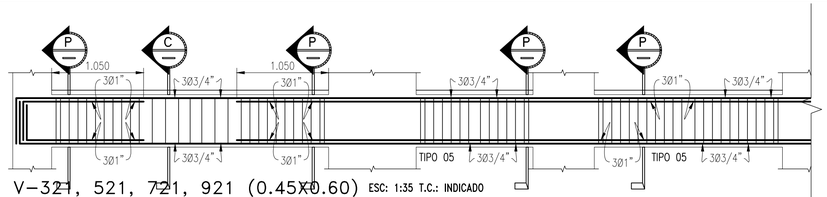
V-319, 519, 719, 919 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00

Universidad Católica de Santa Maria

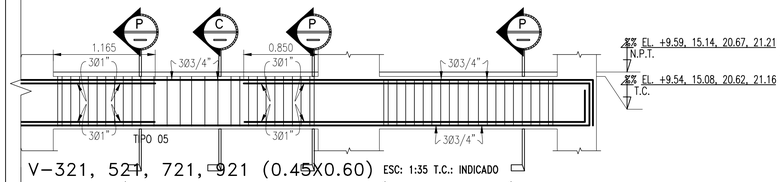
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
LAMINA:	E-18
FECHA:	NOVIEMBRE 2022



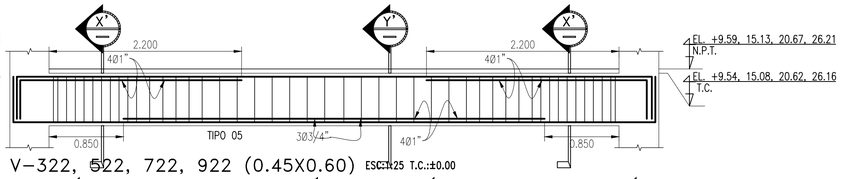
V-320, 520, 720, 920 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



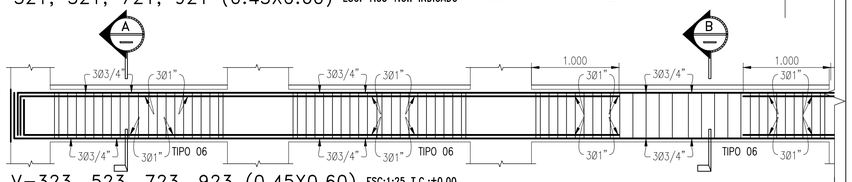
V-321, 521, 721, 921 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



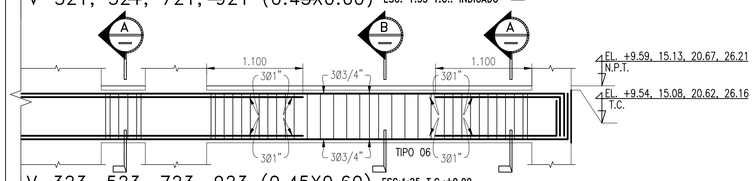
V-321, 521, 721, 921 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



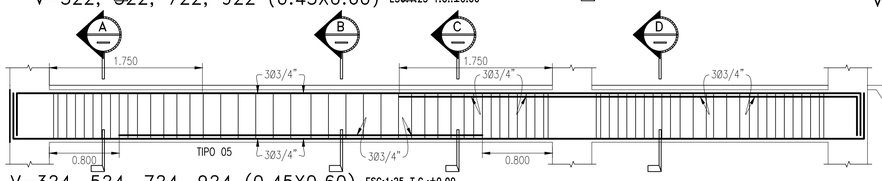
V-322, 522, 722, 922 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



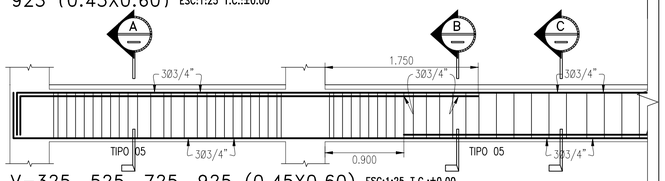
V-323, 523, 723, 923 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



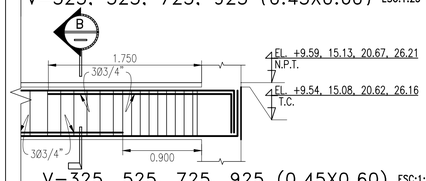
V-323, 523, 723, 923 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



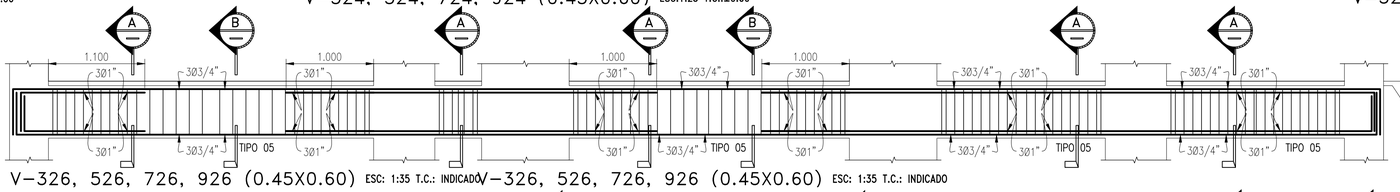
V-324, 524, 724, 924 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



V-325, 525, 725, 925 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00

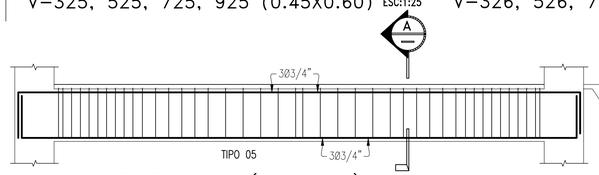


V-325, 525, 725, 925 (0.45X0.60) ESC:1:25

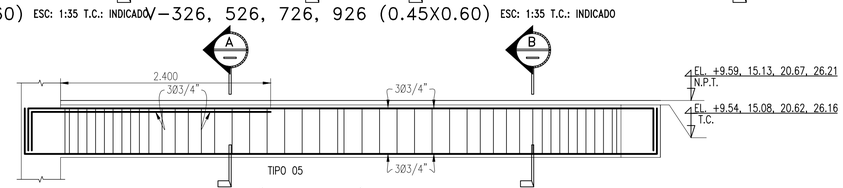


V-326, 526, 726, 926 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

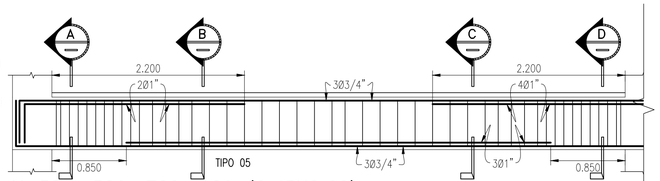
V-326, 526, 726, 926 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



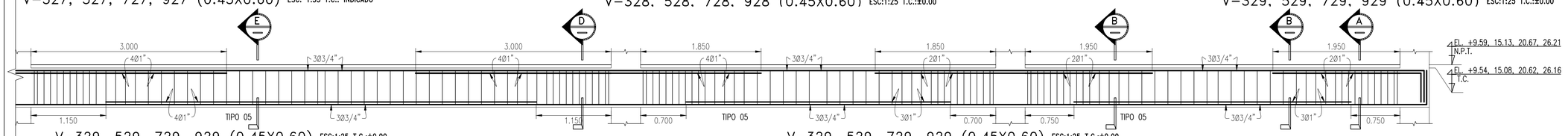
V-327, 527, 727, 927 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-328, 528, 728, 928 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00

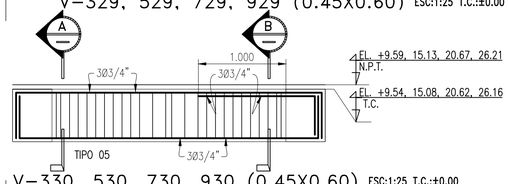


V-329, 529, 729, 929 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00

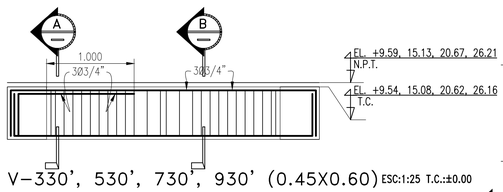


V-329, 529, 729, 929 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00

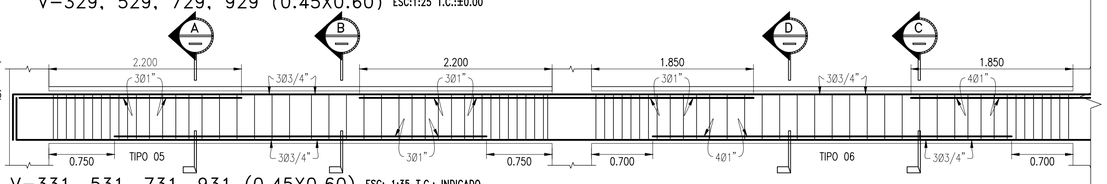
V-329, 529, 729, 929 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



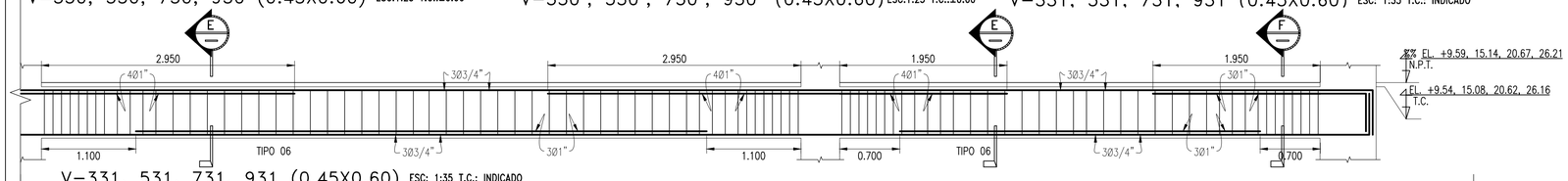
V-330, 530, 730, 930 (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



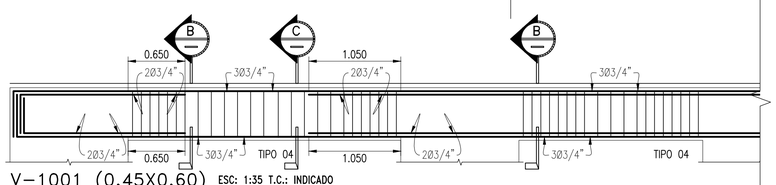
V-330', 530', 730', 930' (0.45X0.60) ESC:1:25 T.C.:±0.00



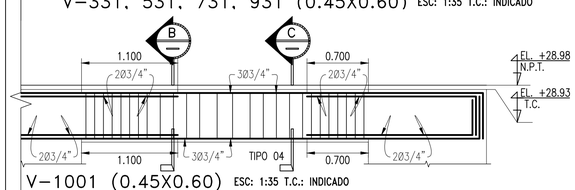
V-331, 531, 731, 931 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



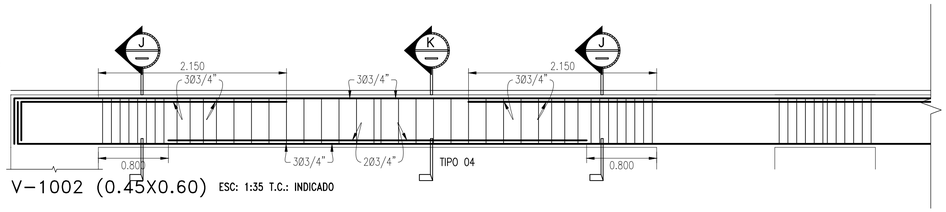
V-331, 531, 731, 931 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-1001 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



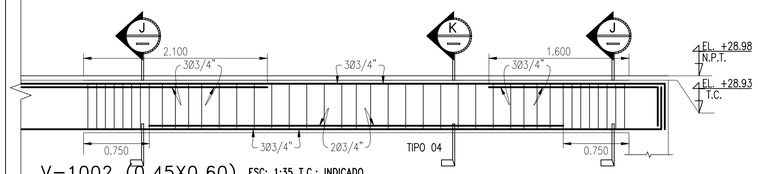
V-1001 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



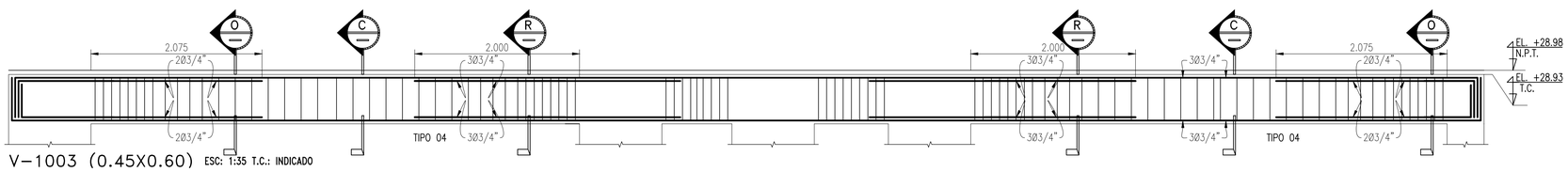
V-1002 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

Universidad Católica de Santa Maria

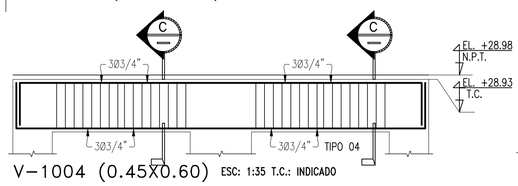
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
LAMINA:	E-19
FECHA:	NOVIEMBRE 2022



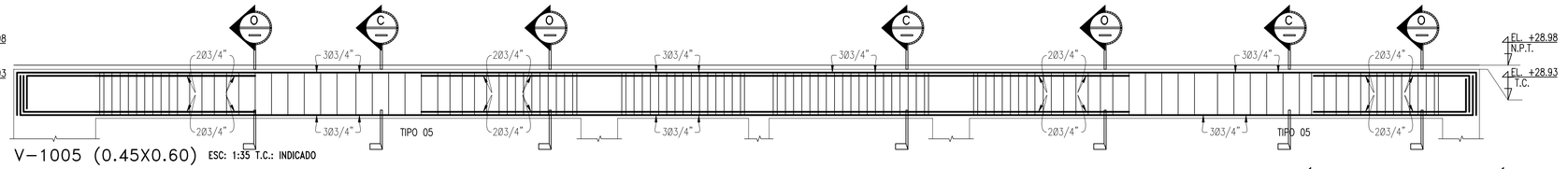
V-1002 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



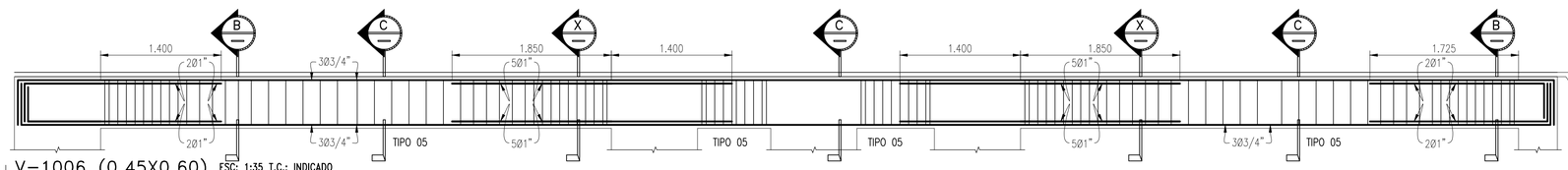
V-1003 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



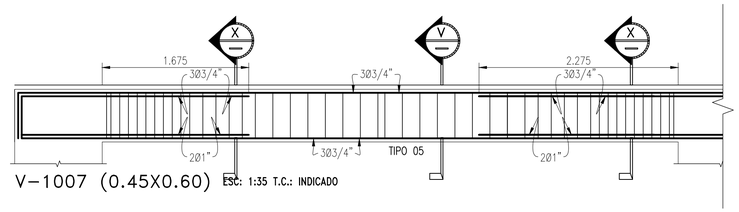
V-1004 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



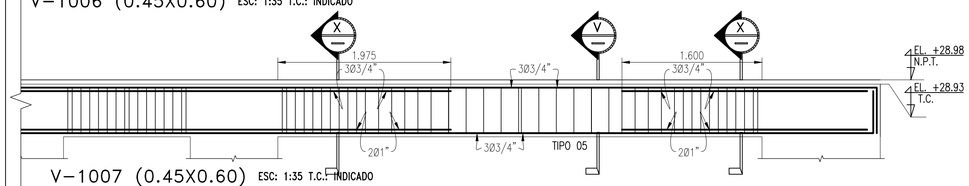
V-1005 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



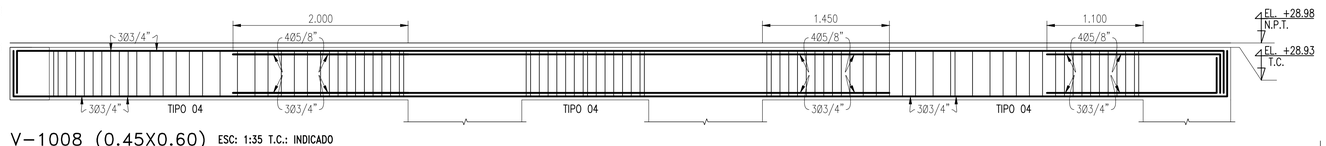
V-1006 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



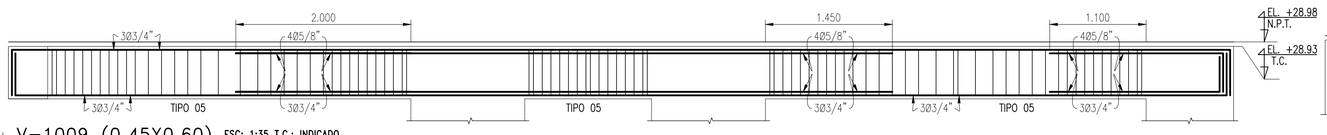
V-1007 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



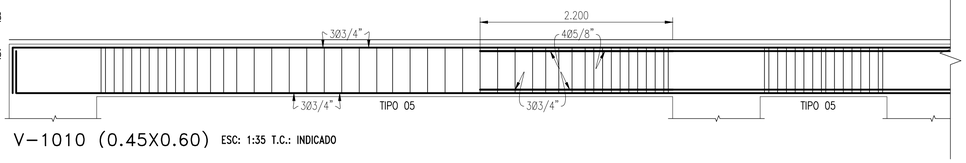
V-1007 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



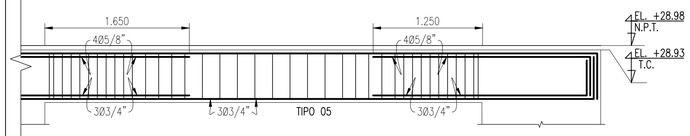
V-1008 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



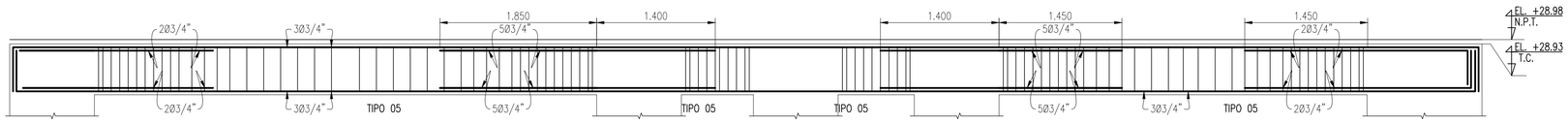
V-1009 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



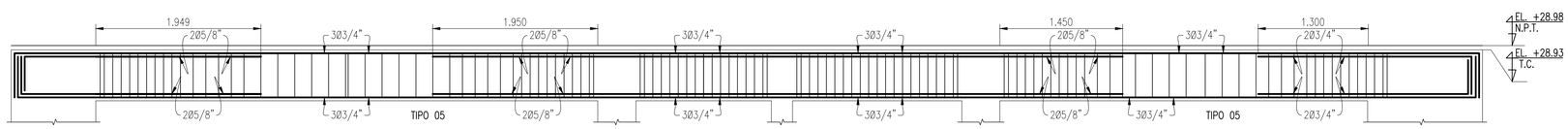
V-1010 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



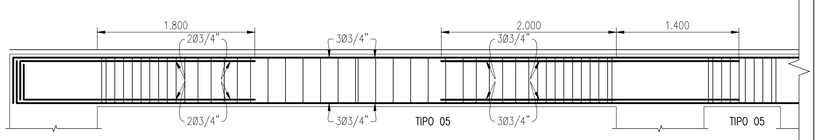
V-1010 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



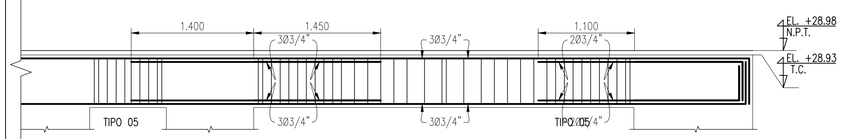
V-1111 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



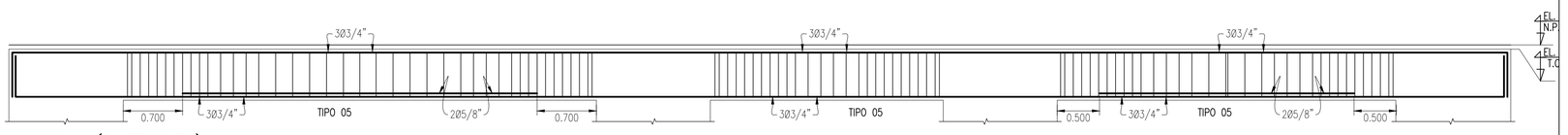
V-1012 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



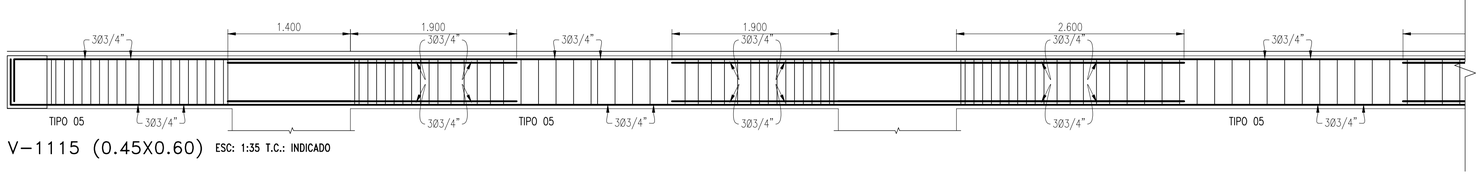
V-1013 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-1013 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



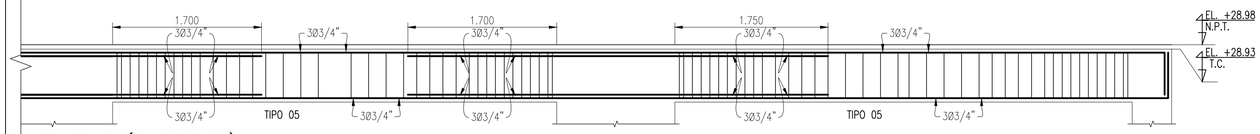
V-1014 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



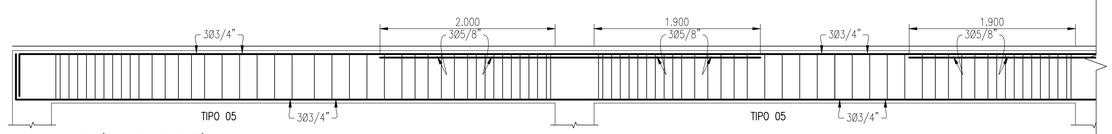
V-1115 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

Universidad Católica de Santa Maria

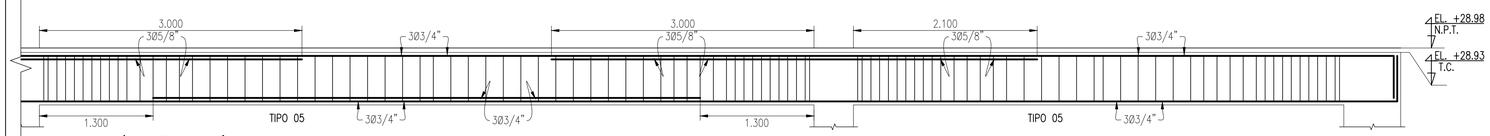
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ	LAMINA: E-20
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"	
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS	
	ESCALA: 1/35	FECHA: NOVIEMBRE 2022



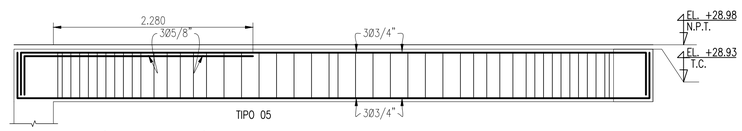
V-1115 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



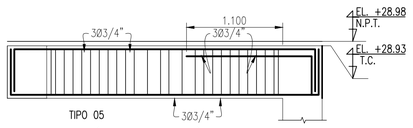
V-1116 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



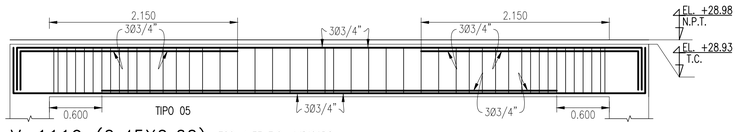
V-1116 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



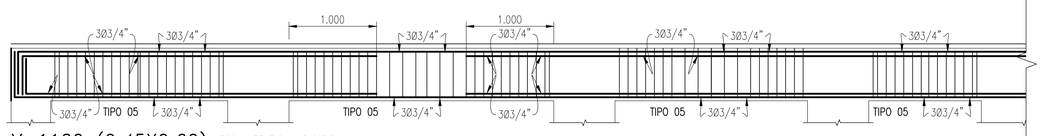
V-1117 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



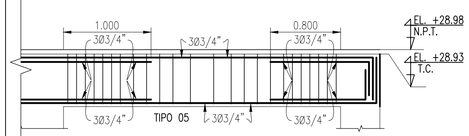
V-1118 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



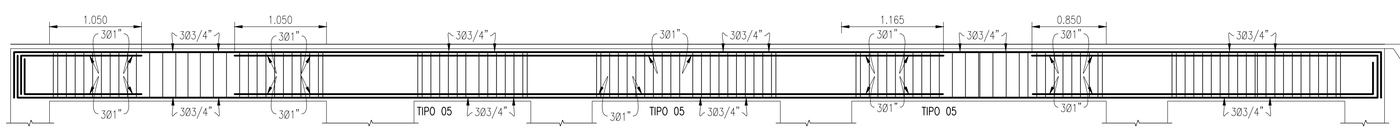
V-1119 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



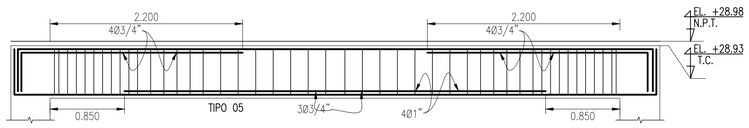
V-1120 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



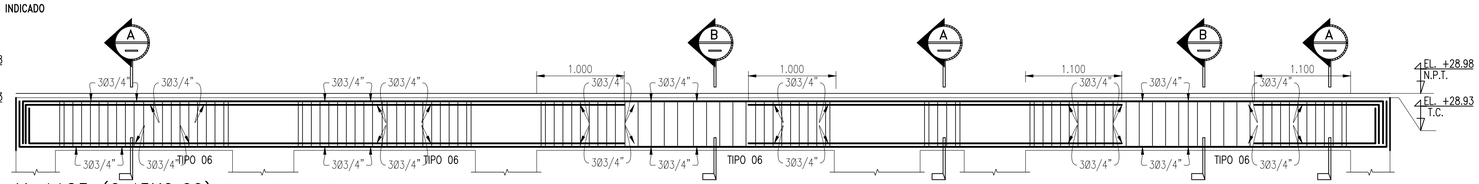
V-1120 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



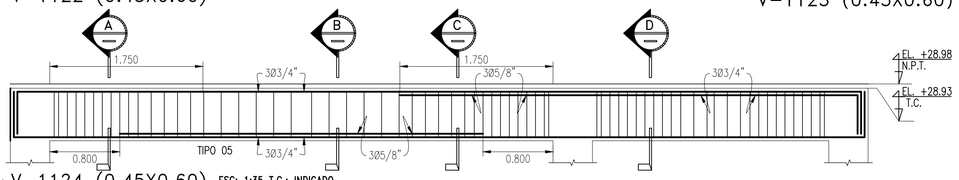
V-1021 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



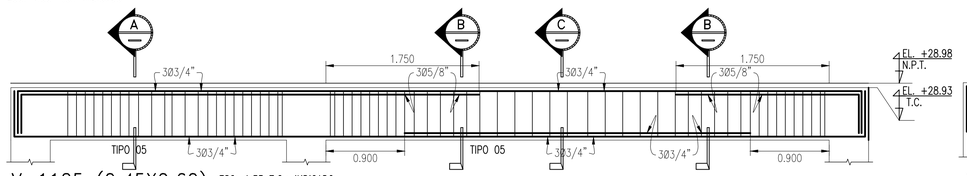
V-1122 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



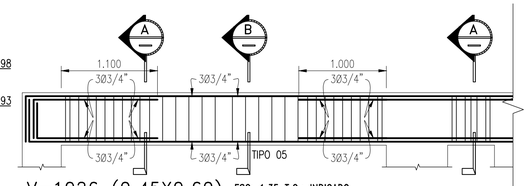
V-1123 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



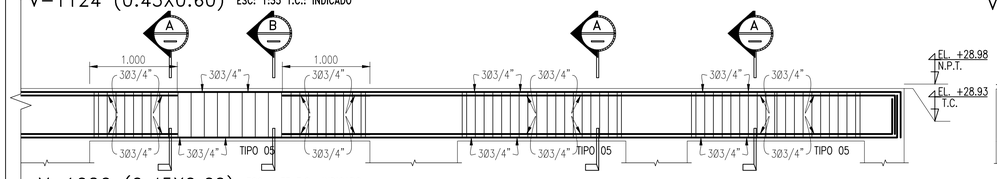
V-1124 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



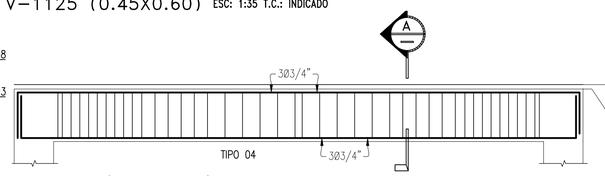
V-1125 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



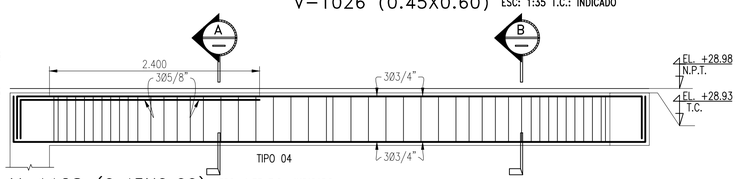
V-1026 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



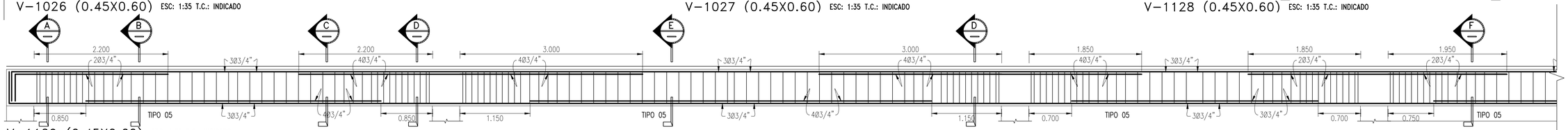
V-1026 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



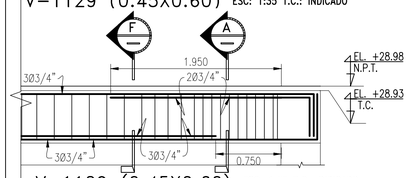
V-1027 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



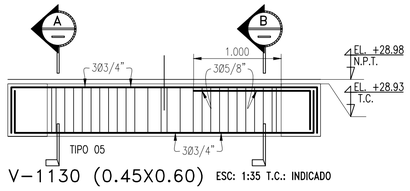
V-1128 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



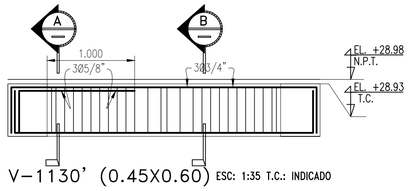
V-1129 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V-1129 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



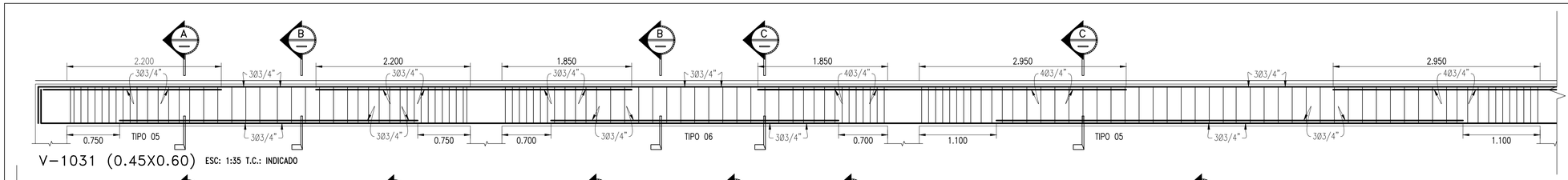
V-1130 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



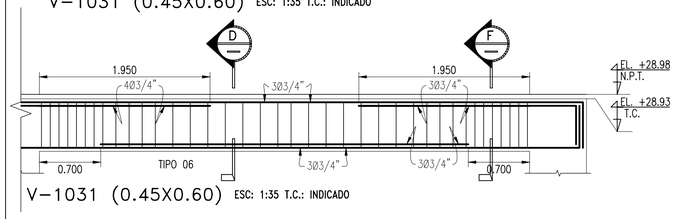
V-1130' (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

Universidad Católica de Santa Maria

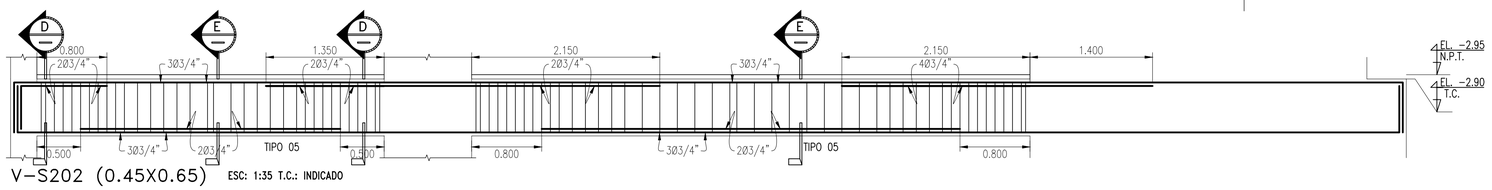
TESISTA : ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ		LAMINA: E-21
PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"		
PLANO : SECCIONES DE VIGAS	ESCALA: 1/35	FECHA: NOVIEMBRE 2022



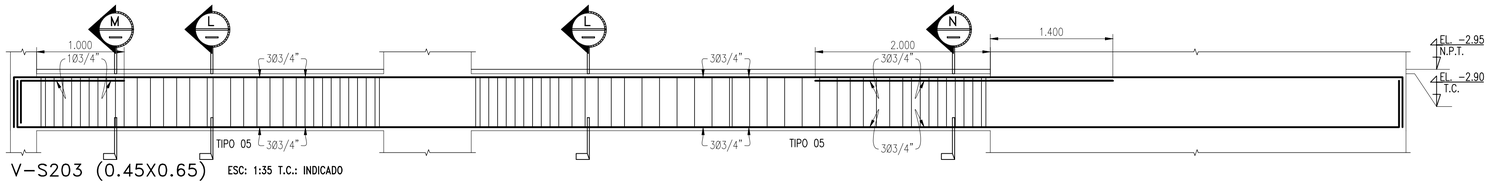
V–1031 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



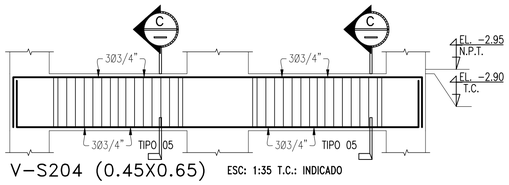
V–1031 (0.45X0.60) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



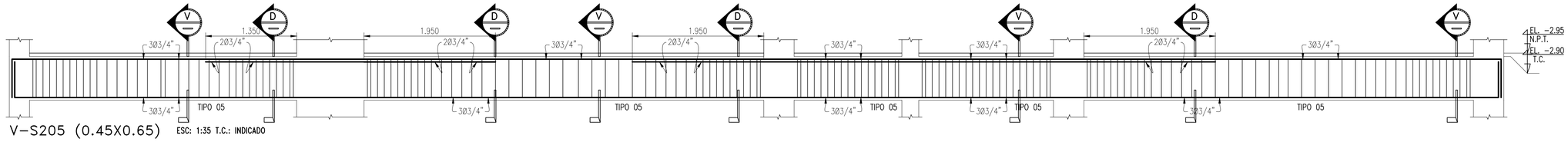
V–S202 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



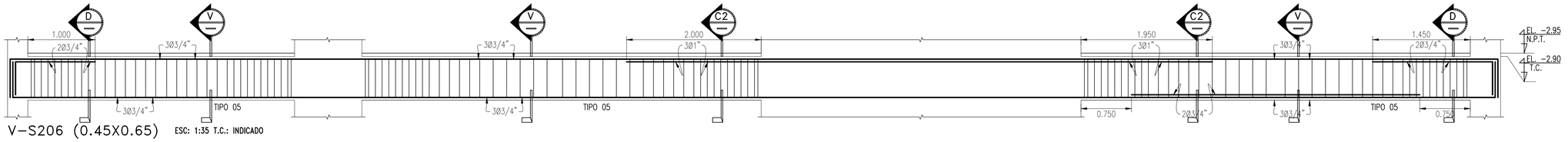
V–S203 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



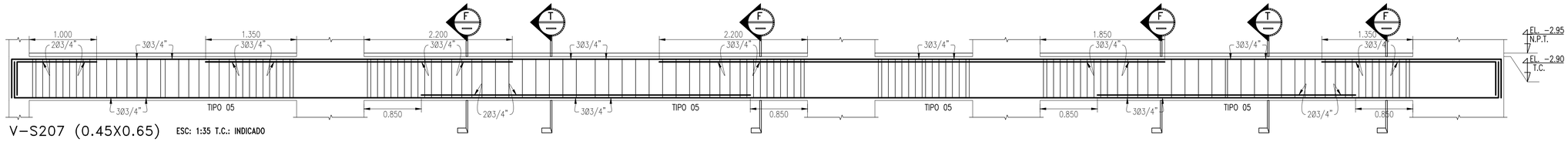
V–S204 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



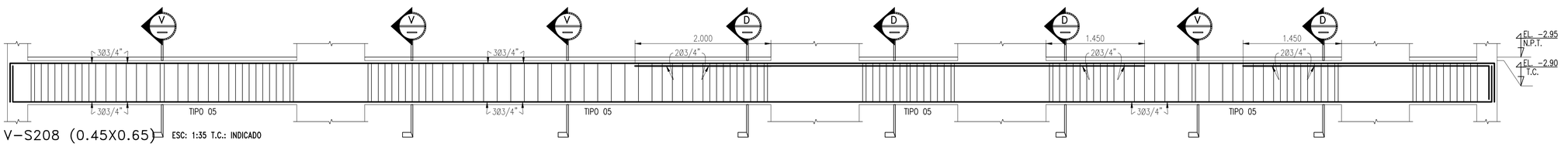
V–S205 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



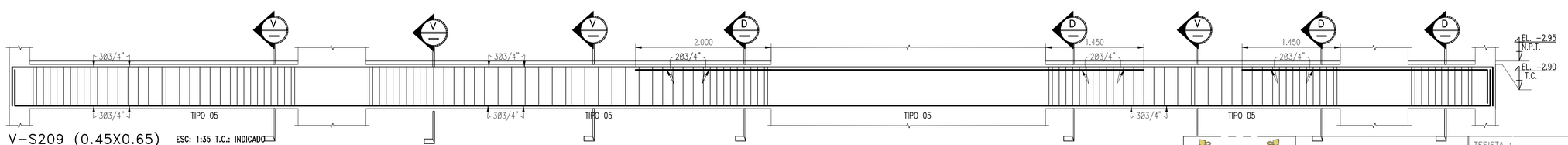
V–S206 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



V–S207 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



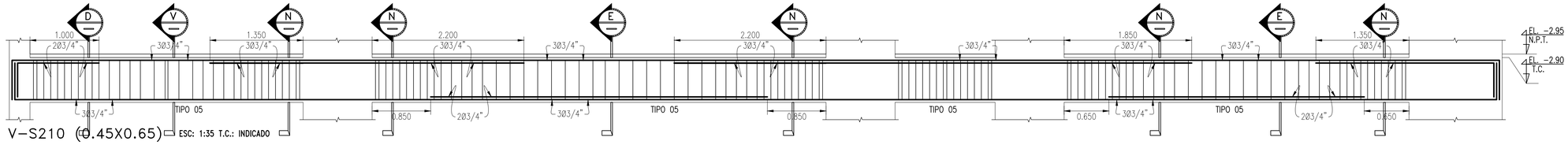
V–S208 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



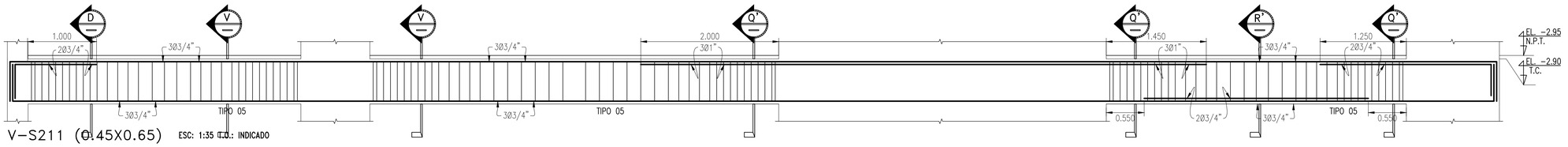
V–S209 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

Universidad Católica de Santa Maria

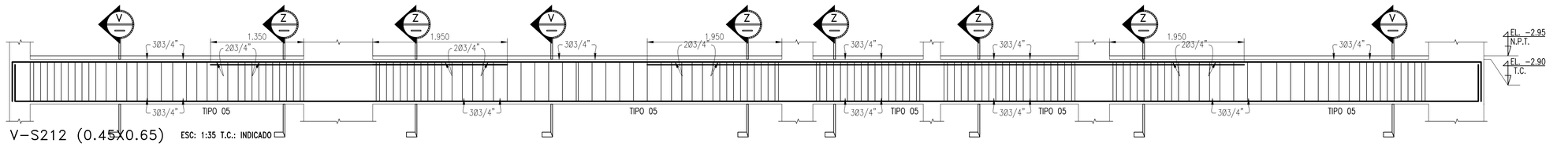
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
FECHA:	NOVIEMBRE 2022
LAMINA:	E-22



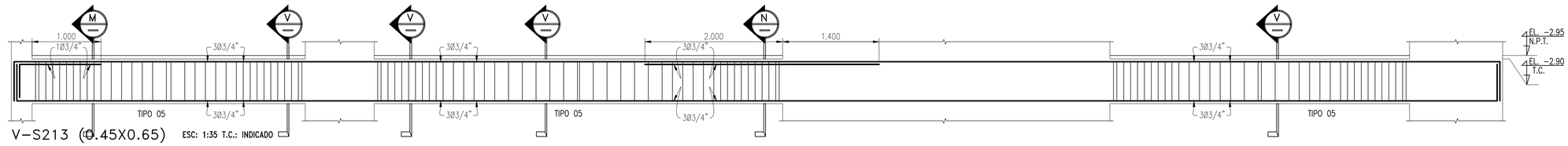
V-S210 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



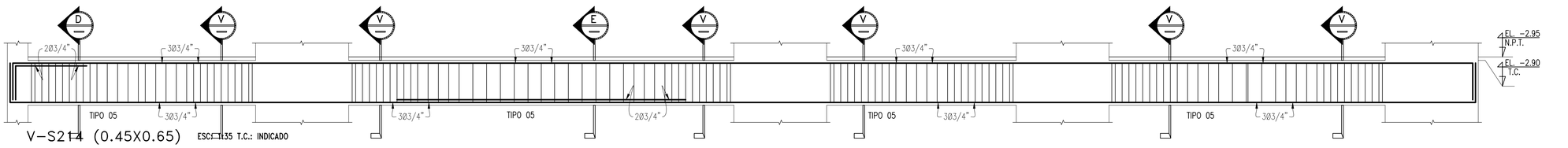
V-S211 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



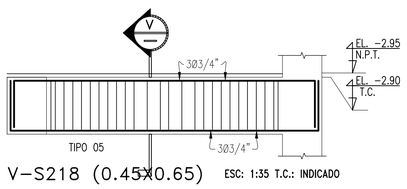
V-S212 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



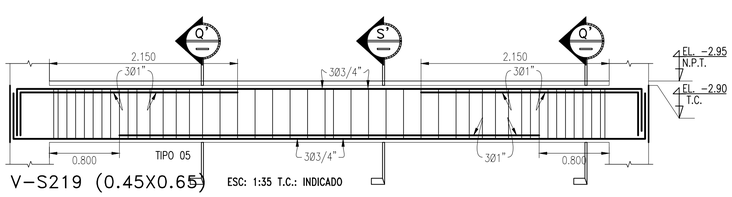
V-S213 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



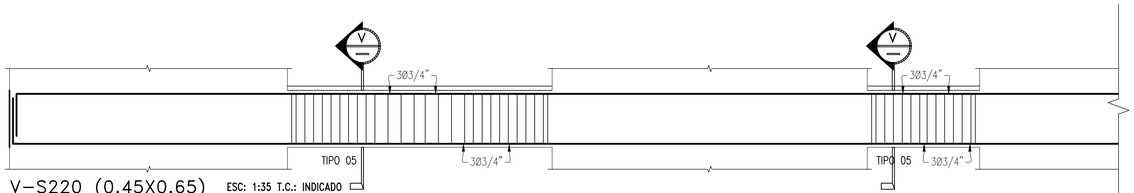
V-S214 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



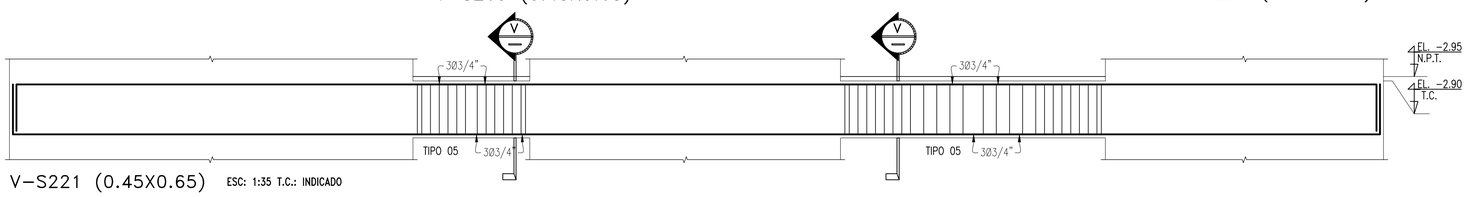
V-S218 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



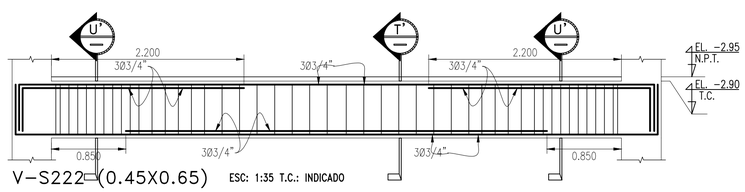
V-S219 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



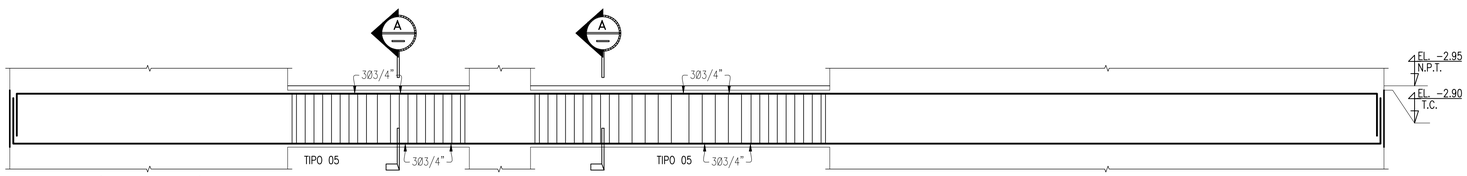
V-S220 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



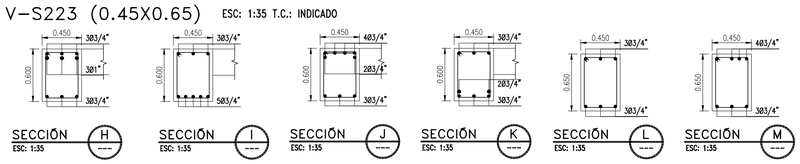
V-S221 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

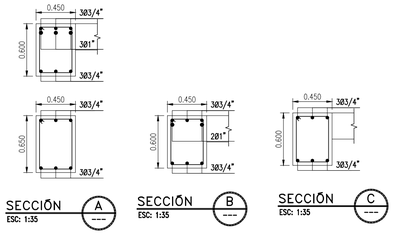


V-S222 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



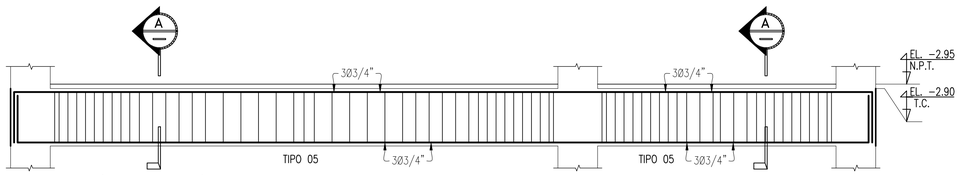
V-S223 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



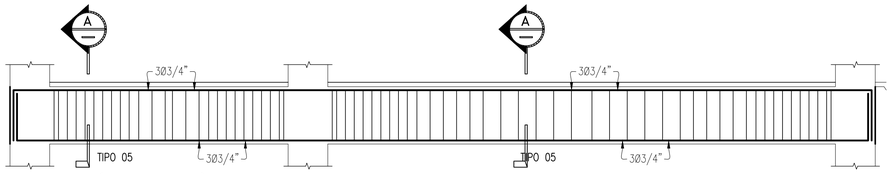


Universidad Católica de Santa Maria

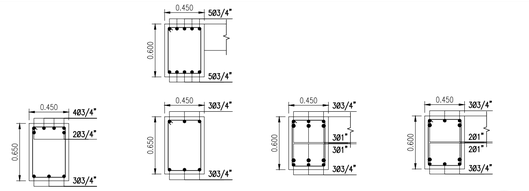
TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
LAMINA:	E-23
FECHA:	NOVIEMBRE 2022

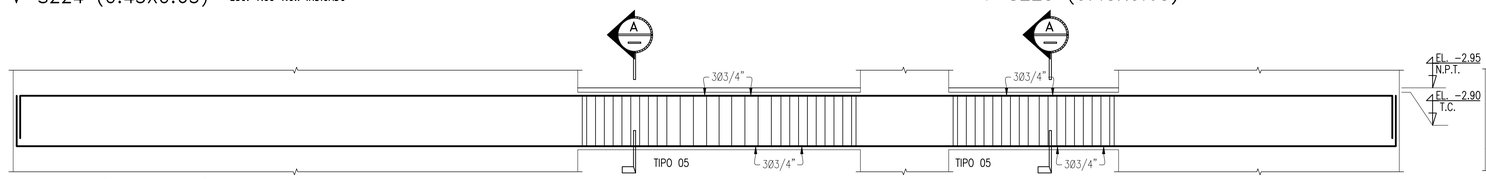


V-S224 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

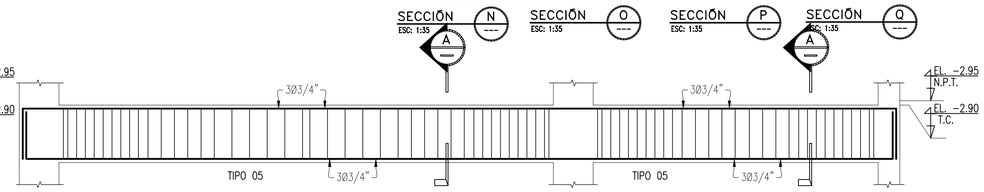


V-S225 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

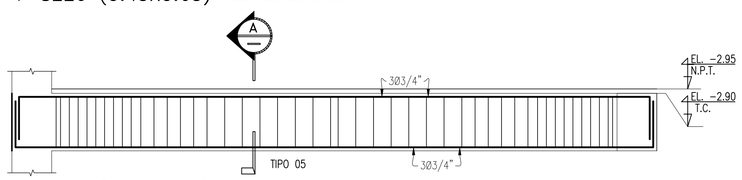




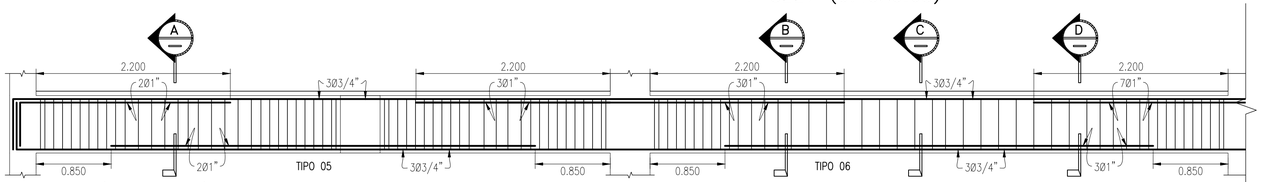
V-S226 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



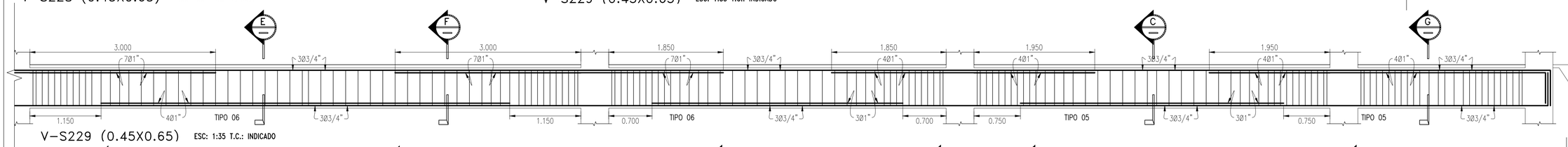
V-S227 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO



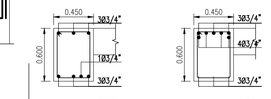
V-S228 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

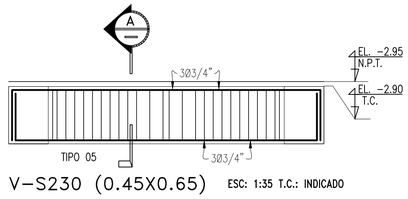


V-S229 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

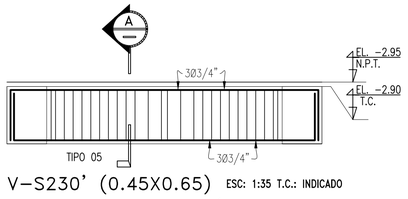


V-S229 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

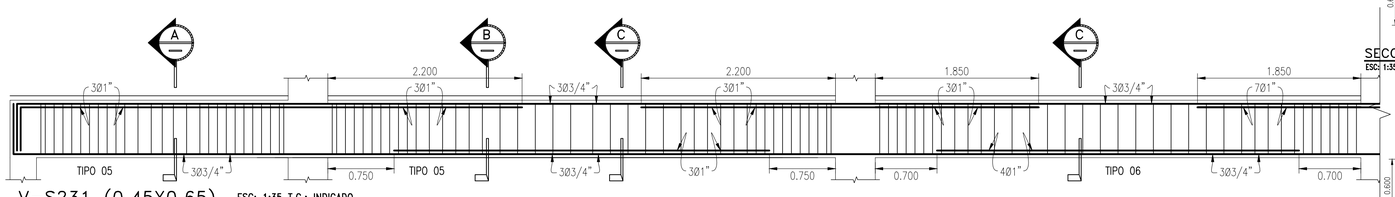




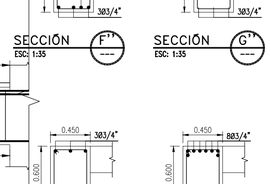
V-S230 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

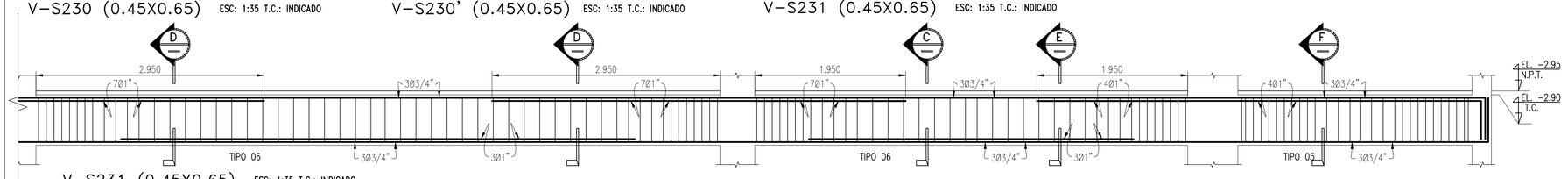


V-S230' (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO

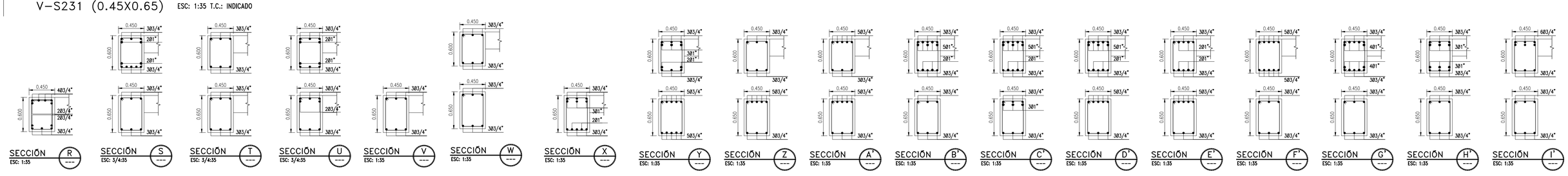


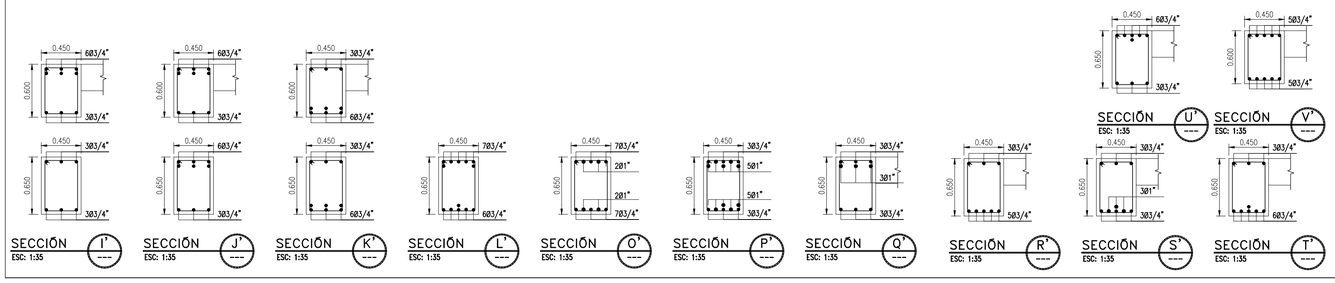
V-S231 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO





V-S231 (0.45X0.65) ESC: 1:35 T.C.: INDICADO





Universidad Católica de Santa Maria

TESISTA :	ZOILO JOSÉ GUZMÁN QUIROZ
PROYECTO :	VIVIENDA MULTIFAMILAR "BAVARIA"
PLANO :	SECCIONES DE VIGAS
ESCALA:	1/35
FECHA:	NOVIEMBRE 2022
LAMINA:	E-24