

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis sinceros agradecimientos a los profesores Sr. Patricio Bonelli C (U.T.F.S.M) y Sr. Ruben Boroschek K (U.CHILE) por su colaboración y apoyo durante la realización de esta memoria.

Agradezco también, en forma muy especial, a Don Daniel Ordonez O, por su valioso y desinteresado aporte en el desarrollo de esta memoria.

Finalmente a mi familia por el apoyo permanente que siempre me han entregado durante toda mi vida.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION.....	1
1 REFUERZO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES.....	2
1.1 Vulnerabilidad estructural y refuerzo.	2
1.2 Sistemas de refuerzo	2
1.2.1 Muros exteriores al edificio:.....	3
1.2.2 Muros de relleno en vanos de marcos:	3
1.2.3 Contrafuerte:	4
1.2.4 Marcos arriostrados:	4
1.2.5 Encamisado de columnas y vigas:	4
1.2.6 Construcción de nuevos marcos enteros:	6
1.2.7 Aislación basal:	6
2 VERIFICACIÓN DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE.....	8
2.1 Descripción de la Estructura.	8
2.1.1 Datos generales.	8
2.1.1.1 Destino:.....	8
2.1.1.2 Materiales de Construcción:.....	8
2.1.1.3 Estructuración Existente:	8
2.1.2 Estructuración.	8
2.1.2.1 Sistema de Cargas Verticales y Laterales:	8
2.1.2.2 Sistemas de Piso:	8
2.2 Propiedades de los materiales.	8
2.2.1 Acero de refuerzo existente:	8
2.2.2 Hormigón:.....	9
2.3 Solicitaciones.	15
2.3.1 Solicitaciones gravitacionales	15
2.3.1.1 Peso Propio	15
2.3.1.2 Sobrecarga de Uso	15
2.3.2 Solicitud sísmica	15
2.3.2.1 Solicitud sísmica de la NCh433 Of.96	16
2.3.2.2 Riesgo sísmico.....	17
2.3.2.3 Registros utilizados en el análisis incremental no lineal.....	18
2.4 Análisis sísmico con la Norma NCh433.Of96.....	19
2.4.1 Análisis modal	20
2.4.2 Desplazamientos totales y relativos de piso obtenidos con la norma NCh433 Of.96.....	22
2.5 Modelos de fallas de los elementos sismoresistentes.	24
2.5.1 Falla al corte de las columnas.....	25
2.5.1.1 Demanda de corte.....	25
2.5.1.2 Capacidad de corte	29
2.5.2 Falla al corte en las vigas.....	35
2.5.2.1 Demanda de corte.....	35
2.5.2.2 Capacidad de corte	36
2.5.3 Falla al corte de los nudos.	37
2.5.3.1 Demanda de corte.....	37
2.5.3.2 Capacidad de corte.....	39
3 VERIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE A UN SISMO.	41
3.1 Modelo de Análisis y consideraciones de la resistencia de los elementos estructurales....	41
3.2 Esfuerzos internos en columnas.....	42
3.2.1 Registro de Lolloo N10E.....	42
3.2.1.1 Cálculo para una razón de amortiguamiento de un 2 por ciento respecto del crítico	42
3.2.1.2 Cálculo para una razón de amortiguamiento de un 5 por ciento respecto del crítico	48
3.2.1.3 Cálculo para una razón de amortiguamiento de un 5 por ciento respecto del crítico	60
3.3 Evaluación de la armadura de corte en vigas mediante análisis no lineal, considerando el registro de Viña del Mar escalado a 0.55g.....	66
3.4 Evaluación de la resistencia de las columnas mediante análisis incremental	68

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

3.5	Evaluación de la resistencia de las columnas mediante análisis no lineal	69
3.5.1	Registro de Lolloo	69
3.5.2	Registro de Viña del Mar escalado a 0.55g.....	72
3.6	Desplazamientos laterales y desplazamientos de entrepiso para los registros de Lolloo, componente N10E y viña del mar, componente S20W, escalado a 0.55g	74
4	ANÁLISIS Y DISEÑO DE EDIFICIOS CON AISLADORES EN LA BASE.....	76
4.1	Base teórica de los modelos y diseño de los aisladores	76
4.1.1	Sistema de aislación lineal	76
4.1.2	Sistema de aislación no lineal	77
4.1.3	Efectos de los sistemas de aislación en la respuesta de la estructura.....	79
4.1.3.1	sistema de aislación lineal	79
4.1.3.2	sistema de aislación bilineal.....	79
4.1.4	Base teórica para el diseño de un aislador (Referencia N°15).....	81
4.1.4.1	Rigidez Horizontal.....	81
4.1.4.2	Rigidez Vertical.....	82
4.1.4.3	Carga de pandeo.....	83
4.1.4.4	Verificación de volcamiento.....	84
4.1.4.5	Carga máxima de compresión.....	85
4.1.4.6	Algoritmo de diseño de un aislador.....	86
4.2	Solicitud Sísmica	87
4.2.1	Espectro de Diseño.....	87
4.2.2	Registros ocupados en el análisis no lineal.....	89
4.3	Elección de las propiedades del aislador.....	99
4.3.1	Análisis modal espectral NCh 2745.Of2003.....	100
4.3.2	Capacidad estructural del marco.....	103
4.3.3	Determinación de la demanda de fuerzas y deformaciones en el marco estructural.....	103
4.3.3.1	Demanda de corte en los nudos.....	103
4.3.3.2	Demanda de tensión en el acero	103
4.3.4	Rigidez inicial.....	104
4.3.5	Elección del periodo de aislación y el amortiguamiento global.....	105
4.3.6	Elección del material utilizado en los aisladores.....	109
4.3.7	Elección de la geometría de los aisladores.....	112
4.3.8	Modelos no lineales de los aisladores.....	114
4.3.8.1	Modelo de los aisladores elastoméricos.....	114
4.3.8.2	Modelo de los Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo.....	117
4.3.9	Modelos lineal equivalente de los aisladores.....	119
4.4	Resultados del análisis modal espectral con el espectro de la norma de aislación NCh 2745.Of2003.....	122
4.4.1	Demandas globales del análisis modal espectral con el espectro SMP.....	122
4.4.2	Demandas locales del análisis modal espectral (SMP).....	128
4.5	Diseño de los aisladores.....	135
4.5.1	Condiciones de diseño.....	135
4.5.2	Determinación de condiciones de diseño de los aisladores.....	136
4.5.3	Diseño de los aisladores.....	146
4.5.4	Sistema de conexión.....	150
4.5.4.1	Base de diseño para el sistema de conexión.....	150
4.5.4.2	Diseño de los pernos de conexión.....	151
4.5.4.3	Diseño de la placa de conexión del aislador.....	152
5	VERIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA CON AISLADORES ANTE UN SISMO.....	164
5.1	Modelo no lineal de los aisladores.....	164
5.2	Resultados de los análisis.....	167
5.2.1	Registros escalados de Llay-Llay, Ventana y Viña del Mar de acuerdo a la Nch 2745 Of 2003.....	167
5.2.2	Registro Artificial de Llay-Llay S10W, Viña del Mar S20W escalado a 0,55g y Lolloo N10E	175
5.2.2.1	Demandas globales de la estructura.....	175
5.2.2.2	Demandas locales de los elementos resistentes.....	182
6	ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.....	187

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

6.1	Aspectos Constructivos	187
6.1.1	Pedestal de apoyo.	188
6.1.2	Vigas de transmisión y losa del nivel basal.....	188
6.1.3	Instalaciones flexibles.	189
6.1.4	Sistema de protección.....	189
7	CONCLUSIONES	190
8	REFERENCIAS	191

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1 MUROS ESTRUCTURALES PERIMETRALES.	3
FIGURA 1-2 MUROS ESTRUCTURALES INTERIORES.	3
FIGURA 1-1 HOSPITAL DE CARDIOGRAFÍA DEL INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL QUE FUE REFORZADO USANDO MARCOS COMO CONTRAFUERTE, LUEGO DEL SISMO DE 1985.	4
FIGURA 1-1 REFUERZOS CON DIAGONALES.	4
FIGURA 1-1 ESQUEMA DE ENCAMISADO DE COLUMNAS.	5
FIGURA 1-2 ESQUEMA DE ENCAMISADO DE VIGAS.	5
FIGURA 1-1 REFUERZO DEL HOSPITAL DE MÉXICO.	6
FIGURA 1-1 SOLUCIONES PARA REHABILITAR UNA ESTRUCTURA SIN DUCTILIDAD ADECUADA.	7
FIGURA 2-1 ELEVACIÓN TIPO DE EJE LONGITUDINAL.	10
FIGURA 2-2 ELEVACIÓN TIPO DE EJE TRANSVERSAL.	10
FIGURA 2-3 PLANTA DE FUNDACIONES.	11
FIGURA 2-4 PLANTA PRIMER PISO.	12
FIGURA 2-5 PLANTA SEGUNDO PISO.	13
FIGURA 2-6 PLANTA TIPO DE PISOS TERCERO, CUARTO Y QUINTO.	14
FIGURA 2-1 ESPECTRO DE LA NORMA NCH433OF.96.	16
FIGURA 2-1 REGISTRO DE VIÑA DEL MAR ESCALADO.	19
FIGURA 2-2 REGISTRO DE LLOLLEO.	19
FIGURA 2-1 MODELO TRIDIMENSIONAL DE LA ESTRUCTURA DE BASE FIJA CONSIDERANDO EL MODELO EMPOTRADO A NIVEL DEL PLANO DE FUNDACIÓN (REALIZADO EN EL SAP-2000 7.42).	20
FIGURA 2-2 CORTES DE PISO.	22
FIGURA 2-1 ENVOLVENTE DE DESPLAZAMIENTO.	23
FIGURA 2-2 ENVOLVENTE DE DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTRE PISO.	24
FIGURA 2-1 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PISO 1.	26
FIGURA 2-2 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PISO 2.	26
FIGURA 2-3 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PISO 3.	27
FIGURA 2-4 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PISO 4.	27
FIGURA 2-5 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PISO 5.	28
FIGURA 2-6 RESISTENCIA AL CORTE REQUERIDA POR EL CÓDIGO ACI 318-99, CAPÍTULO 21.	29
FIGURA 2-1 DETALLE DE LA DISPOSICIÓN DE LOS ESTRIBOS EN LAS COLUMNAS DEL PISO 1 Y 2.	30
FIGURA 2-2 DETALLE DE LA DISPOSICIÓN DE LOS ESTRIBOS EN LAS COLUMNAS DEL PISO 3, 4 Y 5.	31
FIGURA 2-3 CAPACIDAD Y MÁXIMA DEMANDA POSIBLE DE CORTE EN LAS COLUMNAS DEL PISO N°1.	32
FIGURA 2-4 CAPACIDAD Y MÁXIMA DEMANDA POSIBLE DE CORTE EN LAS COLUMNAS DEL PISO N°2.	32
FIGURA 2-5 CAPACIDAD Y MÁXIMA DEMANDA POSIBLE DE CORTE EN LAS COLUMNAS DEL PISO N°3.	33
FIGURA 2-6 CAPACIDAD Y MÁXIMA DEMANDA POSIBLE DE CORTE EN LAS COLUMNAS DEL PISO N°4.	33
FIGURA 2-7 CAPACIDAD Y MÁXIMA DEMANDA POSIBLE DE CORTE EN LAS COLUMNAS DEL PISO N°5.	34
FIGURA 2-1 RESISTENCIA AL CORTE REQUERIDA POR EL CÓDIGO ACI 318-99, CAPÍTULO 21.	36
FIGURA 2-1 DIAGRAMA DE FUERZA CONCURRENTES EN LOS NUDOS.	37
FIGURA 2-2 MUESTRA LA DESCOMPOSICIÓN DEL MOMENTO DE LOS ELEMENTOS CONCURRENTES EN COMPRESIONES Y TRACCIONES.	38
FIGURA 2-3 REQUERIMIENTOS DE CORTE EN EL NUDO.	38
FIGURA 2-4 CARGA AXIAL SOBRE COLUMNAS A) INTERIORES, B) PERIMETRALES.	39
FIGURA 3-1 ENVOLVENTES DE FUERZA AXIAL EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE LLOLLEO N10E, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 2% RESPECTO AL CRÍTICO.	45
FIGURA 3-2 ENVOLVENTES DE MOMENTO EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE LLOLLEO N10E, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 2% RESPECTO AL CRÍTICO.	46
FIGURA 3-3 ENVOLVENTES DE CORTE EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE LLOLLEO N10E, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 2% RESPECTO AL CRÍTICO.	47
FIGURA 3-1 ENVOLVENTES DE FUERZA AXIAL EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE LLOLLEO N10E, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 5% RESPECTO AL CRÍTICO.	51
FIGURA 3-2 ENVOLVENTES DE MOMENTO EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE LLOLLEO N10E, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 5% RESPECTO AL CRÍTICO.	52

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

FIGURA 3-3 ENVOLVENTES DE CORTE EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE LLOLLEO N10E, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 5% RESPECTO AL CRÍTICO.	53
FIGURA 3-4 ENVOLVENTES DE FUERZA AXIAL EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 2% RESPECTO AL CRÍTICO.	57
FIGURA 3-5 ENVOLVENTES DE MOMENTO EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 2% RESPECTO AL CRÍTICO.	58
FIGURA 3-6 ENVOLVENTES DE CORTE EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 2% RESPECTO AL CRÍTICO.	59
FIGURA 3-1 ENVOLVENTES DE FUERZA AXIAL EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 5% RESPECTO AL CRÍTICO.	63
FIGURA 3-2 ENVOLVENTES DE MOMENTO EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 5% RESPECTO AL CRÍTICO.	64
FIGURA 3-3 ENVOLVENTES DE CORTE EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 5% RESPECTO AL CRÍTICO.	65
FIGURA 3-1 ENVOLVENTES DE CORTE EN LAS VIGAS DEL EJE D, PARA EL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR ESCALADO A 0.55G.	67
FIGURA 3-1 CORTE BASAL V/S DESPLAZAMIENTO EN EL TECHO, PARA EL EJE D DEL CUERPO I-1.	69
FIGURA 3-1 FIGURA 3.15 REQUERIMIENTO DE CORTE DEL REGISTRO DE LLOLLEO EN LA BASE DEL PRIMER PISO DE LA COLUMNA 6.	70
FIGURA 3-2 DESPLAZAMIENTO DEL TECHO PARA EL REGISTRO DE LLOLLEO.	71
FIGURA 3-3 DESPLAZAMIENTO DEL TECHO V/S CORTE BASAL PARA EL REGISTRO DE LLOLLEO, COMPONENTE N10E, (A) CONSIDERANDO LA RESISTENCIA ACTUAL DE LAS COLUMNAS Y (B) CONSIDERANDO LAS COLUMNAS REFORZADAS AL CORTE.	71
FIGURA 3-1 REQUERIMIENTO DE CORTE DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W ESCALADO A 0.55G EN EL PRIMER PISO DE LA COLUMNA 1.	72
FIGURA 3-2 DESPLAZAMIENTO DEL TECHO PARA EL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR ESCALADO.	73
FIGURA 3-3 DESPLAZAMIENTO DEL TECHO V/S CORTE BASAL PARA EL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR ESCALADO, COMPONENTE S20W, (A) CONSIDERANDO LA RESISTENCIA ACTUAL DE LAS COLUMNAS Y (B) CONSIDERANDO LAS COLUMNAS REFORZADAS AL CORTE.	73
FIGURA 3-1 DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS DE LA ESTRUCTURA EN EL INSTANTE EN QUE LAS COLUMNAS SIN REFORZAR FALLARÍAN POR CORTE Y EN EL INSTANTE EN QUE LA ESTRUCTURA, CON LAS COLUMNAS REFORZADAS, ALCANZARÍA EL MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS.	74
FIGURA 3-2 DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS DE LA ESTRUCTURA EN EL INSTANTE EN QUE LAS COLUMNAS SIN REFORZAR FALLARÍAN POR CORTE Y EN EL INSTANTE EN QUE LA ESTRUCTURA, CON LAS COLUMNAS REFORZADAS, ALCANZARÍA EL MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS.	75
FIGURA 4-1 ESQUEMA DEL SISTEMA DE AISLACIÓN.	76
FIGURA 4-2 CICLO HISTERÉTICO DEL AMORTIGUADOR.	76
FIGURA 4-1 FIGURA 4.4 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMA BILINEAL FIGURA 4-2 ESQUEMA DE SISTEMA NO LINEAL.	77
FIGURA 4-3 ESQUEMA DE GRADO DE NO LINEALIDAD.	78
FIGURA 4-1 ÁREA EFECTIVA DE CONTACTO EN COMPRESIÓN.	85
FIGURA 4-1 ESPECTRO ACCELERACIÓN DE LA NCH 433.OF 96 Y DE LA NCH 2745.OF 2003 PARA ZONA III, SUELO 3.	88
FIGURA 4-2 ESPECTRO DE DESPLAZAMIENTO ESPECTRAL DE LA NCH 433.OF 96 Y DE LA NCH 2745.OF 2003 PARA ZONA III, SUELO 3.	89
FIGURA 4-1 REGISTRO DE VENTANA COMPONENTE WE.	91
FIGURA 4-2 REGISTRO DE VENTANA COMPONENTE NS.	92
FIGURA 4-3 REGISTRO DE LLAY-LLAY COMPONENTE N80W.	92
FIGURA 4-4 REGISTRO DE LLAY-LLAY COMPONENTE S10W.	93
FIGURA 4-5 REGISTRO DE VIÑA DEL MAR COMPONENTE N70W.	93
FIGURA 4-6 REGISTRO DE VIÑA DEL MAR COMPONENTE S20W.	94
FIGURA 4-7 REGISTRO ARTIFICIAL DE LLAY-LLAY COMPONENTE N80W.	94
FIGURA 4-8 REGISTRO ARTIFICIAL DE LLAY-LLAY COMPONENTE S10W.	95
FIGURA 4-9 ESPECTROS DE VENTANA, LLAY-LLAY, VIÑA DEL MAR Y SMP.	95
FIGURA 4-10 ESPECTROS ESCALADOS DE VENTANA, LLAY-LLAY, VIÑA DEL MAR Y SMP.	96

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

FIGURA 4-11 ESPECTROS PROMEDIO ESCALADO DE LOS REGISTROS DE VENTANA, LLAY-LLAY Y VIÑA DEL MAR.	97
FIGURA 4-12 ESPECTROS DEL REGISTRO ARTIFICIAL DE LLAY-LLAY.	97
FIGURA 4-13 ESPECTROS DEL REGISTRO VIÑA DEL MAR, ESCALADO A 0,55G.	98
FIGURA 4-1 MODELO DE LA ESTRUCTURA CON AISLADORES.	101
FIGURA 4-2 UBICACIÓN DE LOS AISLADORES.	102
FIGURA 4-1 DIAGRAMA MOMENTO CURVATURA.	104
FIGURA 4-1 RIGIDEZ LATERAL EFECTIVA LOS AISLADORES EN FUNCIÓN DEL PERIODO DE LA ESTRUCTURA.	106
FIGURA 4-2 CORTE BASAL EN FUNCIÓN DEL PERIODO Y EL AMORTIGUAMIENTO.	106
FIGURA 4-3 DEMANDA Y CAPACIDAD DE LA COLUMNA CRÍTICA.	107
FIGURA 4-4 RESISTENCIA REQUERIDA SOBRE LA DISPONIBLE DE LA COLUMNA CRÍTICA.	107
FIGURA 4-5 ESPECTRO DE DEMANDA JUNTO CON LA CURVA DE RESPUESTA DE LOS AISLADORES.	109
FIGURA 4-1 MÓDULO DE CORTE DE LA GOMA.	116
FIGURA 4-2 AMORTIGUAMIENTO DE LA GOMA.	116
FIGURA 4-3 CORTE V/S DEFORMACIÓN POR CORTE.	117
FIGURA 4-1 CORTE V/S DEFORMACIÓN POR CORTE.	119
FIGURA 4-1 CORTE TOTAL A NIVEL DEL PLANO DE AISLACIÓN V/S DEFORMACIÓN POR CORTE	120
FIGURA 4-2 AMORTIGUAMIENTO TOTAL SISTEMA DE AISLACIÓN V/S DEFORMACIÓN POR CORTE	121
FIGURA 4-3 PERIODO EN FUNCIÓN DE LA DEFORMACIÓN POR CORTE EN EL PLANO DE AISLACIÓN.	121
FIGURA 4-1 CORTES DE PISO	125
FIGURA 4-2 DESPLAZAMIENTOS DE PISO	125
FIGURA 4-3 DESPLAZAMIENTO RELATIVAS DE PISO	126
FIGURA 4-1 DEMANDA Y CAPACIDAD DE RESISTENCIA DE CARGA AXIAL, CORTE Y MOMENTO DE LAS COLUMNAS, EJE N°1.	129
FIGURA 4-2 DEMANDA Y CAPACIDAD DE RESISTENCIA DE CORTE Y MOMENTO DE LAS VIGAS, EJE N°1.	131
FIGURA 4-3 DEMANDA Y CAPACIDAD DE RESISTENCIA DE CARGA AXIAL, CORTE Y MOMENTO DE LAS COLUMNAS, EJE N°4.	132
FIGURA 4-4 DEMANDA Y CAPACIDAD DE RESISTENCIA DE CORTE Y MOMENTO DE LAS VIGAS, EJE N°4.	134
FIGURA 4-1 ENVOLVENTE DE LOS DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS.	140
FIGURA 4-2 ENVOLVENTE DE CORTES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DEL ANÁLISIS ESPECTRAL.	143
FIGURA 4-3 CARGAS AXIALES DE DISEÑO DE LOS AISLADORES.	145
FIGURA 4-1 ESQUEMAS DE LAS FUERZAS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE CONEXIÓN.	150
FIGURA 4-1 ESQUEMAS DE LAS FUERZAS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE CONEXIÓN.	152
FIGURA 4-1 ESQUEMAS DE LAS FUERZAS DE DISEÑO DE LA PLACA DE CONEXIÓN.	153
FIGURA 4-2 AISLADOR TIPO 1-2-3.	156
FIGURA 4-3 PLACA DE ANCLAJE INFERIOR TIPO 1-2-3.	157
FIGURA 4-4 PLACA DE ANCLAJE SUPERIOR TIPO 1-2-3.	158
FIGURA 4-5 PLACA DE FIJACIÓN TIPO 1-2-3.	159
FIGURA 4-6 AISLADOR TIPO 4.	160
FIGURA 4-7 PLACA DE ANCLAJE INFERIOR TIPO	161
FIGURA 4-8 PLACA DE ANCLAJE SUPERIOR TIPO 4.	162
FIGURA 4-9 PLACA DE FIJACIÓN TIPO 4.	163
FIGURA 5-1 MODELO HISTERÉTICO PLASTIC 1	165
FIGURA 5-1 CORTES DE PISO, DIRECCIÓN XX E YY DE LOS REGISTROS DE VENTANA, LLAY-LLAY Y VIÑA DEL MAR (SENTIDO X-X).	174
FIGURA 5-2 CORTES DE PISO, DIRECCIÓN XX E YY DE LOS REGISTROS DE VENTANA, LLAY-LLAY Y VIÑA DEL MAR (SENTIDO Y-Y).	174
FIGURA 5-1 CORTES DE PISO.	179
FIGURA 5-2 ACCELERACIONES DE PISO[X"/G].	180
FIGURA 5-3 DESPLAZAMIENTOS DE PISO RESPECTO AL SUELO.	180
FIGURA 5-4 DESPLAZAMIENTOS DE PISO RESPECTO AL AISLADOR.	181
FIGURA 5-1 DEMANDA Y CAPACIDAD DE RESISTENCIA DE CARGA AXIAL, CORTE Y MOMENTO DE LAS COLUMNAS, EJE N°1.	183
FIGURA 5-2 DEMANDA Y CAPACIDAD DE RESISTENCIA DE CARGA AXIAL, CORTE Y MOMENTO DE LAS COLUMNAS, EJE N°4.	184
FIGURA 5-3 CURVAS DE HISTÉRESIS, PARA LOS AISLADORES CON Y SIN NÚCLEO DE PLOMO.	186

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

FIGURA 6-1 SISTEMA DE CONEXIÓN AISLADOR ELASTOMÉRICO CON NÚCLEO DE PLOMO (AISLADOR PERIMETRAL).	188
FIGURA 6-2 SISTEMA DE CONEXIÓN AISLADOR ELASTOMÉRICO (AISLADOR INTERNO).	189

INDICE DE TABLAS

TABLA 2-1 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES (FUNDACIÓN PARA LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA, 2000; EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOÉ CREVANI" DE ARICA, SANTIAGO, CHILE.)	9
TABLA 2-2 SUPERFICIE EN PLANTA Y LA ALTURA ENTE PISO.	9
TABLA 2-1 PESO PROPIO DE CADA UNO DE LOS PISOS.	15
TABLA 2-1 SOBRECARGA DE CADA UNO DE LOS PISOS.	15
TABLA 2-1 PESO SÍSMICO, CENTRO DE GRAVEDAD E INERCIA POLAR DE CADA PISO DEL CUERPO I1.	16
TABLA 2-1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MÁXIMOS EVENTOS SÍSMICOS DE ARICA.	17
TABLA 2-1 CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DEL SISMO DEL 3 DE MARZO 1985.	18
TABLA 2-2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS REGISTROS OBTENIDOS EN LAS ESTACIONES DE VIÑA DEL MAR Y LLOLLEO PARA EL SISMO DEL 3 DE MARZO DE 1985.	18
TABLA 2-1 CORTE BASAL DE DISEÑO CON LA NORMA NCH433 OF.96	21
TABLA 2-2 CORTE BASAL DE DISEÑO.	21
TABLA 2-1 DESPLAZAMIENTOS DE PISO.	23
TABLA 2-1 ARMADURAS DE CORTE Y FLEXIÓN.	25
TABLA 2-1 VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE EN COLUMNAS SEGÚN EL CÓDIGO ACI 318-99, CAPÍTULO 21, CONSIDERANDO FUERZAS AXIALES DE LOS REGISTROS DE VIÑA DEL MAR Y LLOLLEO $e=2\%$	35
TABLA 2-2 VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE EN COLUMNAS SEGÚN EL CÓDIGO ACI 318-99, CAPÍTULO 21, CONSIDERANDO FUERZAS AXIALES DE LOS REGISTROS DE VIÑA DEL MAR Y LLOLLEO $e=5\%$	35
TABLA 3-1 ENVOLVENTES DE FUERZA AXIAL, MOMENTO Y CORTE EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE LLOLLEO N10E, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 2% RESPECTO AL CRÍTICO.	44
TABLA 3-1 ENVOLVENTES DE FUERZA AXIAL, MOMENTO Y CORTE EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE LLOLLEO N10E, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 5% RESPECTO AL CRÍTICO.	50
TABLA 3-2 ENVOLVENTES DE FUERZA AXIAL, MOMENTO Y CORTE EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 2% RESPECTO AL CRÍTICO.	56
TABLA 3-1 ENVOLVENTES DE FUERZA AXIAL, MOMENTO Y CORTE EN LAS COLUMNAS DEL EJE D, REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W, CON UNA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO DE 5% RESPECTO AL CRÍTICO.	62
TABLA 3-1 FALLA EN COLUMNAS DEL EJE D DEL CUERPO I-1.	68
TABLA 3-1 REQUERIMIENTOS DE CORTE DEL REGISTRO DE LLOLLEO EN EL INSTANTE DE FALLA	70
TABLA 3-1 REQUERIMIENTOS DE CORTE DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W ESCALADO EN EL INSTANTE DE FALLA DE LAS COLUMNAS SIN REFUERZO ADICIONAL AL CORTE.	72
TABLA 3-1 DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS DE LA ESTRUCTURA EN EL INSTANTE EN QUE LAS COLUMNAS SIN REFORZAR FALLARÍAN POR CORTE Y EN EL INSTANTE EN QUE LA ESTRUCTURA, CON LAS COLUMNAS REFORZADAS, ALCANZARÍA EL MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS.	74
TABLA 3-2 DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS DE LA ESTRUCTURA EN EL INSTANTE EN QUE LAS COLUMNAS SIN REFORZAR FALLARÍAN POR CORTE Y EN EL INSTANTE EN QUE LA ESTRUCTURA, CON LAS COLUMNAS REFORZADAS, ALCANZARÍA EL MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS.	75
TABLA 4-1 ESPECTROS DE ACELERACIÓN, CON LOS PARÁMETROS REPRESENTATIVOS DE CADA UNO.	87
TABLA 4-2 ESPECTROS DE DESPLAZAMIENTOS, CON LOS PARÁMETROS REPRESENTATIVOS DE CADA UNO.	88
TABLA 4-1 ACELERACIÓN MÁXIMA DE LOS REGISTROS.	90
TABLA 4-2 FACTOR DE ESCALA DE LOS REGISTROS UTILIZADOS.	96
TABLA 4-1 MASAS POR PISO. ESTRUCTURA AISLADA.	101
TABLA 4-1 CONDICIONES GENERALES DEL SISTEMA DE AISLACIÓN, PARA EVITAR LAS FALLAS DE LOS ELEMENTOS RESISTENTES.	108
TABLA 4-1 MÓDULO DE CORTE DE LOS COMPUESTOS.	110
TABLA 4-2 AMORTIGUAMIENTO DE LOS COMPUESTOS.	110
TABLA 4-1 RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AISLADORES.	114
TABLA 4-1 VALORES DEL MÓDULO DE CORTE Y AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO CON EL MODELO.	117
TABLA 4-2 PARÁMETROS DE MODELO BILINEAL (AISLADOR ELASTOMÉRICO).	117

REHABILITACION DEL HOSPITAL “DR. JUAN NOE CREVANI” MEDIANTE AISLACION BASAL

TABLA 4-1 PARÁMETROS DE MODELO BILINEAL (AISLADOR CON NÚCLEO DE PLOMO).	119
TABLA 4-1 PROPIEDADES DINÁMICAS DE LA ESTRUCTURA AISLADA.	122
TABLA 4-2 CORTES DE PISO DE LA ESTRUCTURA AISLADA (ESPECTRO DE AISLACIÓN).	123
TABLA 4-3 CORTES DE PISO DE LA ESTRUCTURA DE BASE FIJA (ESPECTRO DE AISLACIÓN REDUCIDO).	123
TABLA 4-4 CORTES DE PISO DE LA ESTRUCTURA DE BASE FIJA (ESPECTRO DE AISLACIÓN SIN REDUCCIÓN). ...	123
TABLA 4-5 DESPLAZAMIENTO DE PISO DIRECCIÓN X.	124
TABLA 4-6 DESPLAZAMIENTO DE PISO DIRECCIÓN Y.	124
TABLA 4-7 DEFORMACIÓN DE PISO DIRECCIÓN X.	124
TABLA 4-8 DEFORMACIÓN DE PISO DIRECCIÓN Y.	125
TABLA 4-9 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE AISLACIÓN.	127
TABLA 4-1 DESPLAZAMIENTO DE LOS AISLADORES DIRECCIÓN DEL ESPECTRO X-X.	138
TABLA 4-2 DESPLAZAMIENTO DE LOS AISLADORES DIRECCIÓN DEL ESPECTRO Y-Y.	139
TABLA 4-3 DESPLAZAMIENTO MÁXIMOS Y MÍNIMOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS ESPECTRAL.	140
TABLA 4-4 CORTE DE LOS AISLADORES DIRECCIÓN DEL ESPECTRO X-X.	141
TABLA 4-5 CORTE DE LOS AISLADORES DIRECCIÓN DEL ESPECTRO Y-Y.	142
TABLA 4-6 CORTES MÁXIMOS Y MÍNIMOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS ESPECTRAL.	143
TABLA 4-7 RESUME DE LAS FUERZAS DE DISEÑO, DE LOS AISLADORES.	144
TABLA 4-8 CARGAS DE DISEÑO DE LOS AISLADORES.	145
TABLA 4-1 DISEÑO DEL AISLADOR TIPO 1.	146
TABLA 4-2 DISEÑO DEL AISLADOR TIPO 2.	147
TABLA 4-3 DISEÑO DEL AISLADOR TIPO 3.	148
TABLA 4-4 DISEÑO DEL AISLADOR TIPO 4.	149
TABLA 4-1 DISEÑO DE LAS PLACAS Y BARRAS DE CONEXIÓN DEL AISLADOR TIPO 1-2-3.	154
TABLA 4-2 DISEÑO DE LAS PLACAS Y BARRAS DE CONEXIÓN DEL AISLADOR TIPO 4.	155
TABLA 5-1 PROPIEDADES DE LOS AISLADORES ELASTOMÉRICOS SIN NÚCLEO DE PLOMO(TIPO 4).	166
TABLA 5-2 PROPIEDADES DE LOS AISLADORES ELASTOMÉRICOS CON NÚCLEO DE PLOMO(TIPO 1-2-3).	166
TABLA 5-1 SENTIDO DE APLICACIÓN DE LOS REGISTROS X-X.	167
TABLA 5-2 SENTIDO DE APLICACIÓN DE LOS REGISTROS Y-Y.	167
TABLA 5-3 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL SUELO, DEL REGISTRO DE VENTANA, DIRECCIÓN X-X.	168
TABLA 5-4 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL SUELO, DEL REGISTRO DE VENTANA, DIRECCIÓN Y-Y.	168
TABLA 5-5 DEFORMACIÓN MÁXIMA ENTRE PISO, DEL REGISTRO DE VENTANA, DIRECCIÓN X-X.	168
TABLA 5-6 DEFORMACIÓN MÁXIMO ENTRE PISO, DEL REGISTRO DE VENTANA, DIRECCIÓN Y-Y.	168
TABLA 5-7 ACELERACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA, DEL REGISTRO DE VENTANA, DIRECCIÓN X-X.	169
TABLA 5-8 ACELERACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA, DEL REGISTRO DE VENTANA, DIRECCIÓN Y-Y.	169
TABLA 5-9 CORTE MÁXIMO DE PISO, DEL REGISTRO DE VENTANA, DIRECCIÓN X-X.	169
TABLA 5-10 CORTE MÁXIMO DE PISO, DEL REGISTRO DE VENTANA, DIRECCIÓN Y-Y.	169
TABLA 5-11 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL SUELO, DEL REGISTRO DE LLAY-LLAY DIRECCIÓN X-X.	170
TABLA 5-12 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL SUELO, DEL REGISTRO DE LLAY-LLAY, DIRECCIÓN Y-Y.	170
TABLA 5-13 DEFORMACIÓN MÁXIMO ENTRE PISO, DEL REGISTRO DE LLAY-LLAY, DIRECCIÓN X-X.	170
TABLA 5-14 DEFORMACIÓN MÁXIMO ENTRE PISO, DEL REGISTRO DE LLAY-LLAY, DIRECCIÓN Y-Y.	171
TABLA 5-15 ACELERACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA, DEL REGISTRO DE LLAY-LLAY, DIRECCIÓN X-X.	171
TABLA 5-16 ACELERACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA, DEL REGISTRO DE LLAY-LLAY, DIRECCIÓN Y-Y.	171
TABLA 5-17 CORTE MÁXIMO DE PISO, DEL REGISTRO DE LLAY-LLAY, DIRECCIÓN X-X.	171
TABLA 5-18 CORTE MÁXIMO DE PISO, DEL REGISTRO DE LLAY-LLAY, DIRECCIÓN Y-Y.	172
TABLA 5-19 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL SUELO, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR, DIRECCIÓN X-X.	172
TABLA 5-20 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL SUELO, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR, DIRECCIÓN Y-Y.	172
TABLA 5-21 DEFORMACIÓN MÁXIMO ENTRE PISO, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR, DIRECCIÓN X-X.	172
TABLA 5-22 DEFORMACIÓN MÁXIMO ENTRE PISO, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR, DIRECCIÓN Y-Y.	173
TABLA 5-23 ACELERACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR, DIRECCIÓN X-X.	173
TABLA 5-24 ACELERACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR, DIRECCIÓN Y-Y.	173
TABLA 5-25 CORTE MÁXIMO DE PISO, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR, DIRECCIÓN X-X.	173
TABLA 5-26 CORTE MÁXIMO DE PISO, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR, DIRECCIÓN Y-Y.	174
TABLA 5-1 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL SUELO, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W.	175

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

TABLA 5-2 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL AISLADOR, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W.....	176
TABLA 5-3 ACELERACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W.....	176
TABLA 5-4 CORTE MÁXIMO DE PISO, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W.....	176
TABLA 5-5 CORTE MÁXIMO NORMALIZADO DE PISO, DEL REGISTRO DE VIÑA DEL MAR S20W.	176
TABLA 5-6 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL SUELO, DEL REGISTRO DE LLOLLEO N10E.....	177
TABLA 5-7 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL AISLADOR, DEL REGISTRO DE LLOLLEO N10E.....	177
TABLA 5-8 ACELERACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA, DEL REGISTRO DE LLOLLEO N10E.....	177
TABLA 5-9 CORTE MÁXIMO DE PISO, DEL REGISTRO DE LLOLLEO N10E.....	177
TABLA 5-10 CORTE MÁXIMO NORMALIZADO DE PISO, DEL REGISTRO DE LLOLLEO N10E.....	178
TABLA 5-11 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL SUELO, DEL REGISTRO ARTIFICIAL DE LLAY-LLAY.	178
TABLA 5-12 DESPLAZAMIENTO MÁXIMO RELATIVO AL AISLADOR, DEL REGISTRO ARTIFICIAL DE LLAY-LLAY.....	178
TABLA 5-13 ACELERACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA, DEL REGISTRO ARTIFICIAL DE LLAY-LLAY.	178
TABLA 5-14 CORTE MÁXIMO DE PISO, DEL REGISTRO ARTIFICIAL DE LLAY-LLAY.	179
TABLA 5-15 CORTE MÁXIMO NORMALIZADO DE PISO, DEL REGISTRO ARTIFICIAL DE LLAY-LLAY.....	179

Introducción.

Los edificios estructurados con marcos de hormigón armado, diseñados a mediados de la década del 70, han quedado vulnerables a fallas tales como: falla en nudos, falla al corte en columnas, deslizamiento de armaduras longitudinales por insuficiencia de largos de desarrollo, pandeo local de la armadura longitudinal de las columnas, entre otras, las cuales se presentan a bajos niveles de deformaciones. Dentro de este grupo de este grupo de edificios se encuentra el Hospital "Dr. Juan Noé Crevani" de Arica .

Diversos estudios de vulnerabilidad estructural concluyen que al resultar muy frágil la estructura de este Hospital, es necesario disminuir las demandas de deformaciones para disminuir los requerimientos del terremoto. Para esto se estudiaron diferentes alternativas tales como: refuerzo con muros de hormigón armado (Contreras, 2004, UTFSM), refuerzo con diagonales de acero (Ceric, 2004, UTFSM) y muros mecedores (Fuenzalida, 2005, UTFSM).

En este trabajo se propone como alternativa aislar el edificio en la base, para disminuir las demandas de deformación y, por lo tanto, disminuir los esfuerzos en los elementos estructurales.

La solución propuesta requiere un estudio específico de los aspectos y métodos constructivos para aislar basalmente el edificio.

1 REFUERZO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES.

Este trabajo forma parte de una investigación donde se consideraron distintos tipos de sistemas de refuerzo para el Hospital "Dr. Juan Noe Cervani", considerandos sistemas tales como: vaños rellenos con muros, marcos de acero y muros mecedores.

Existen distintas alternativas de reforzar una estructura que es susceptible a sufrir daños ante sollicitaciones sísmicas. Aquí se mostrarán las características de las utilizadas comúnmente.

1.1 Vulnerabilidad estructural y refuerzo.

La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta de sufrir daños que pondrían colocar en riesgo su estabilidad (fundaciones, columnas, muros, vigas y losas) ante un sismo intenso u otras amenazas de la naturaleza.

Muchas edificaciones existentes no cumplen con los requisitos técnicos necesarios para asegurar su funcionamiento con posterioridad a desastres naturales, esto significa que su vulnerabilidad a ciertas amenazas naturales puede ser tan alta que su riesgo puede exceder ampliamente los niveles aceptados actualmente, por lo tanto, deben llevarse a cabo medidas de mitigación de acuerdo de cumplir con los requisitos impuestos por la normativa vigente, asegurándose de que consideren las características de ocupación de la edificación a fin de reducir el riesgo y garantizar un comportamiento adecuado. La experiencia indica que con la aplicación de medidas relativamente poco costosas, se puede mejorar la seguridad de estructuras existentes.

1.2 Sistemas de refuerzo

El análisis y diseño del modelo estructural, y la construcción del refuerzo estructural, deben realizarse considerando, aspectos físicos y funcionales, aspectos de seguridad estructural y la utilización de sistemas de construcción que tengan el menor impacto en el funcionamiento normal de la estructura.

La reestructuración estructural pretende lograr:

- Aumento de la resistencia al corte en las columnas.
- Aumento de la rigidez, por lo tanto, una disminución de los desplazamientos relativos.
- Aumento de la ductilidad.

Los sistemas usuales de refuerzo de estructura suelen recurrir a la inserción de los siguientes elementos adicionales:

1.2.1 Muros exteriores al edificio:

Esta solución se emplea generalmente cuando las limitaciones de espacio y de continuidad de uso del edificio hacen preferible el trabajo en la periferia. Para asegurar la transmisión de esfuerzos por medio del diafragma a los muros, se emplean vigas conectoras en los bordes de la losa. No es recomendable para edificios muy largos.

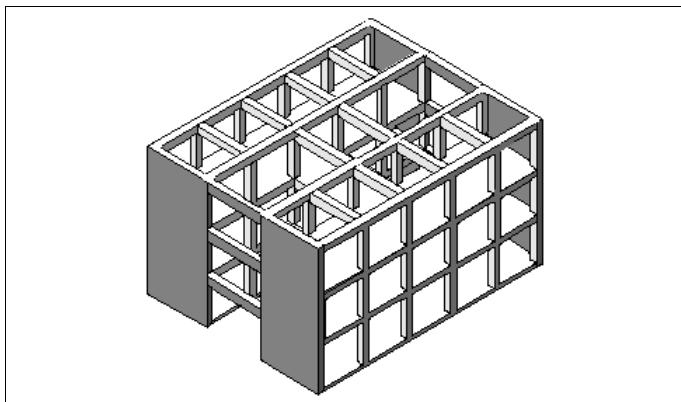


Figura 1-1 Muros estructurales perimetrales.

Cuando las posibilidades de trabajo lo permitan, en el interior, son una alternativa en edificios largos. Debido a la flexibilidad del diafragma, las barras de refuerzo se insertan generalmente en las perforaciones.

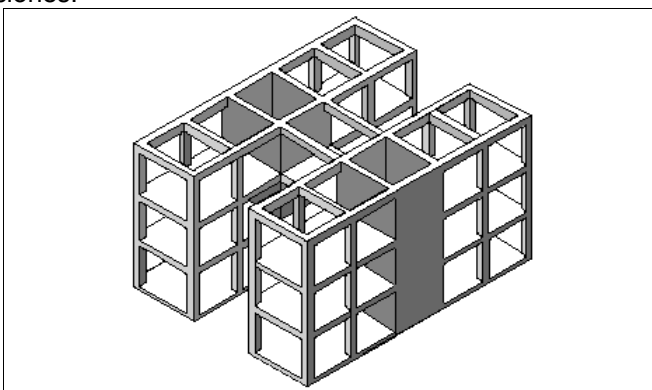


Figura 1-2 Muros estructurales interiores.

1.2.2 Muros de relleno en vanos de marcos:

Tanto en el interior como en el exterior del edificio, una solución práctica al problema de rigidez y resistencia es rellenar vanos de marcos con hormigón armado o albañilería reforzada.

La demanda de resistencia en las columnas, cambia sustancialmente. Si el refuerzo de la columna es suficiente para el nuevo estado de tensiones, la unión con el muro se puede realizar solamente por medio de pasadores soldados. En caso contrario, se debe construir un encamisado para la columna, quedando monolítico con el relleno.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

1.2.3 *Contrafuerte:*

A diferencia de los elementos anteriores, su colocación es perpendicular a la cara del edificio. Además de aportar rigidez, son útiles para tomar el momento volcante en edificios esbeltos. Debido a las limitaciones de espacio no siempre son posibles.



Figura 1-1 Hospital de Cardiografía del Instituto Mexicano del Seguro Social que fue reforzado usando marcos como contrafuertes, luego del Sismo de 1985.

1.2.4 *Marcos arriostrados:*

Otra solución frecuente consiste en incluir varios marcos de acero con diagonales, anclados fuertemente a los diafragmas, como sustituto de los muros de rigidez.



Figura 1-1 Refuerzos con diagonales

1.2.5 *Encamisado de columnas y vigas:*

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Empleado en marcos, este sistema se realiza generalmente sobre una gran parte de las columnas y vigas de un edificio, con el fin de aumentar la resistencia al corte y la ductilidad.

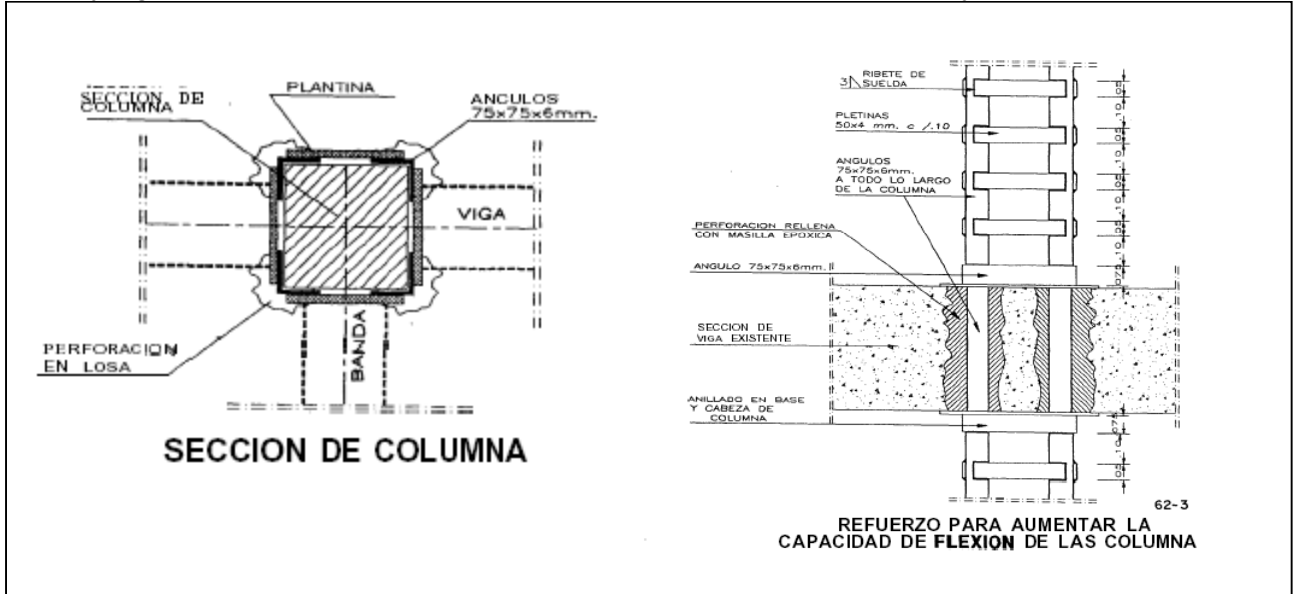


Figura 1-1 Esquema de encamisado de columnas.

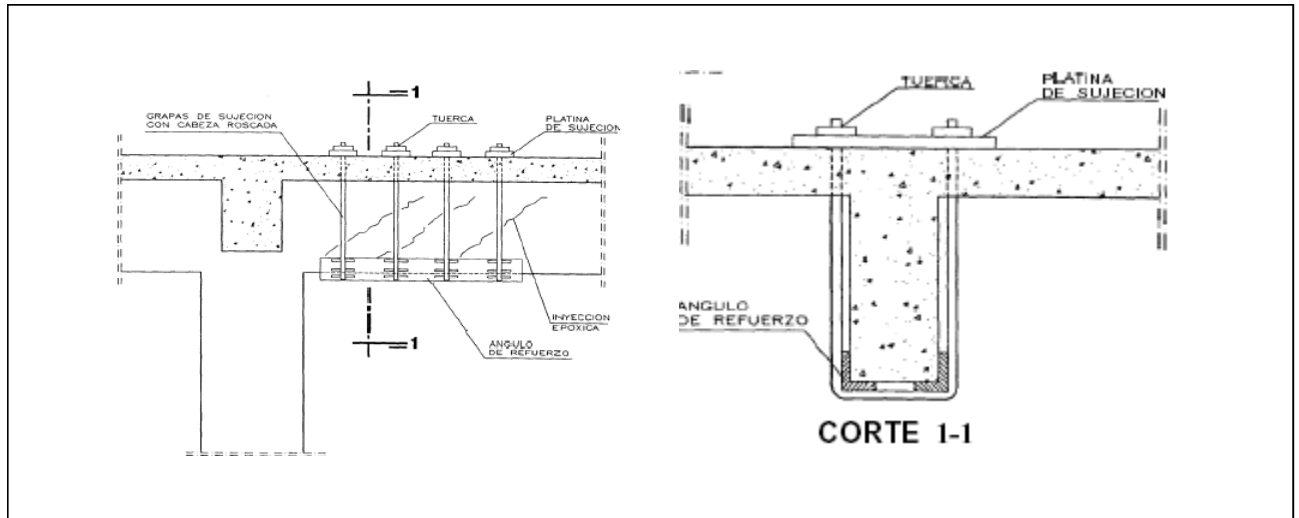


Figura 1-2 Esquema de encamisado de vigas.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

1.2.6 Construcción de nuevos marcos enteros:

En algunas ocasiones es posible llevar a cabo una reestructuración total, adosando a la antigua estructura nuevos marcos perimetrales externos. Usualmente, se combinan incorporando muros estructurales internos perpendiculares al sentido longitudinal de los marcos.



Figura 1-1 Refuerzo del Hospital de México.

1.2.7 Aislación basal:

Esta solución consiste en aislar la base de la estructura, disminuyendo los desplazamientos relativos de piso, al concentrar las deformaciones y disipación de energía en los aisladores.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Resumen de las soluciones actuales.

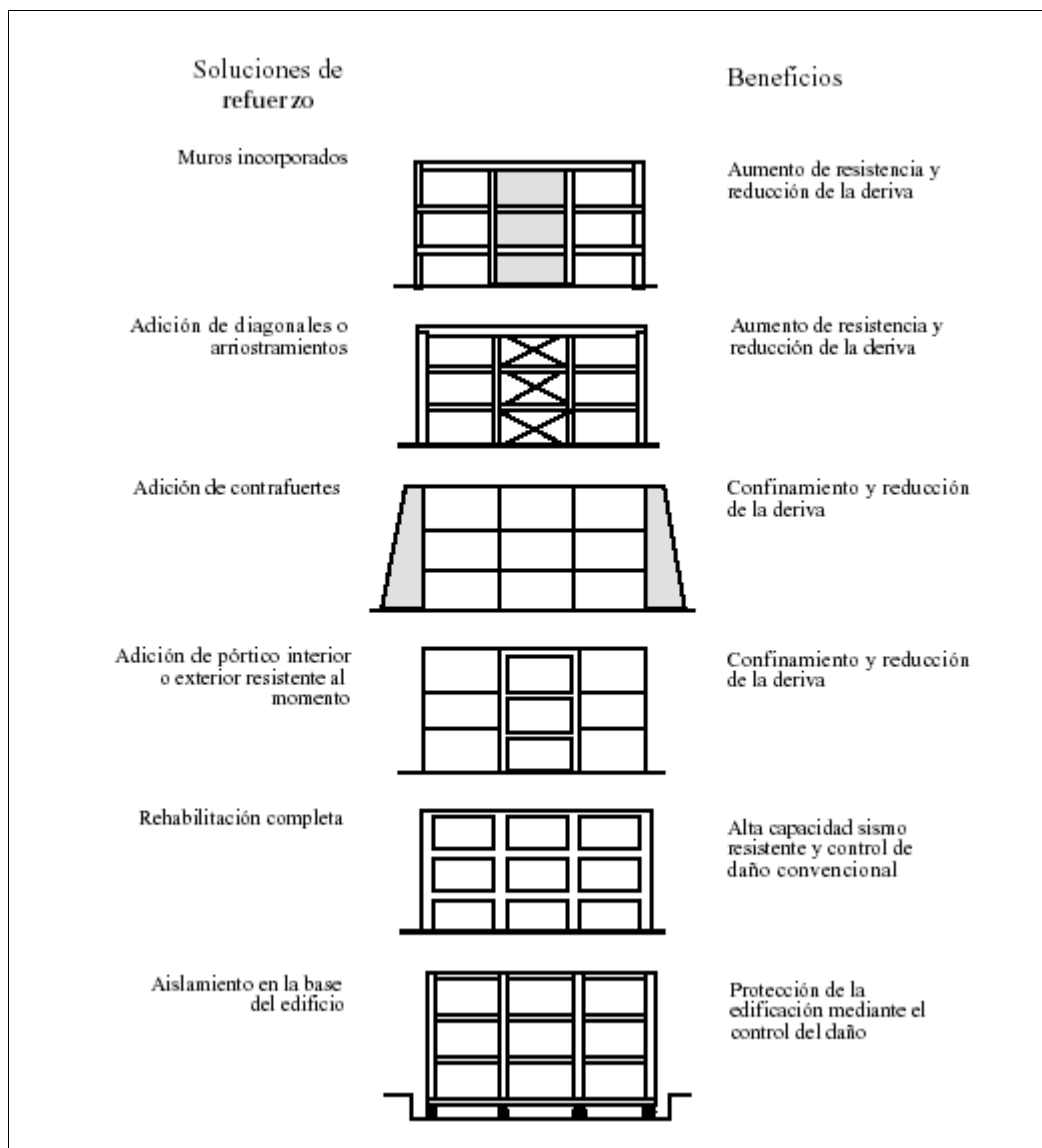


Figura 1-1 Soluciones para rehabilitar una estructura sin ductilidad adecuada.

2 VERIFICACIÓN DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE.

2.1 Descripción de la Estructura.

La estructura analizada, es un edificio de marcos de cinco pisos, tomado del cuerpo I-1 del Hospital Dr. Juan Noe Crevani de Arica, con una superficie total de 23200 [m²], cuyos planos datan del año 1969. Edificio diseñado y construido de acuerdo a normas de diseño de la época, compuesto por once marcos rígidos, cuatro en la dirección longitudinal y siete en la transversal. Las columnas son de sección cuadrada de 70 [cm] x 70 [cm] en los dos primeros pisos y 60 [cm] x 60 [cm] en los subsiguientes.

2.1.1 Datos generales.

- 2.1.1.1 Destino:
Hospital.
- 2.1.1.2 Materiales de Construcción:
Hormigón armado.
- 2.1.1.3 Estructuración Existente:
Marcos rígidos.

2.1.2 Estructuración.

- 2.1.2.1 Sistema de Cargas Verticales y Laterales:
Marcos de hormigón armado.
- 2.1.2.2 Sistemas de Piso:
Losas y vigas de hormigón armado.

2.2 Propiedades de los materiales.

2.2.1 Acero de refuerzo existente:

La calidad de las barras de acero especificada en los planos de diseño es **A56-35**. En análisis posteriores se utiliza como límite de fluencia un valor de **fy= 3500 [Kg/cm²]**, coincidiendo aproximadamente con ensayos mecánicos efectuados en los testigos de acero extraídos de la estructura.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

2.2.2 Hormigón:

Las propiedades del hormigón fueron obtenidas de ensayos de compresión efectuados a los testigos del Cuerpo I-1 y de resultados de probetas ensayadas durante la construcción del edificio. La resistencia cilíndrica a la compresión es de **fc=215 [kg/cm²]** y el módulo de elasticidad **Ec=310000 [kg/cm²]**, considerando una fracción defectuosa del 10%.

Materiales	Valor	Unidades
Acero de refuerzo existente	3500	[Kg/cm ²]
Acero de refuerzo nuevo	A 63-42	
Hormigón [según ensaye]	fc'=215	[Kg/cm ²]
Módulo de elasticidad [según informe]	310000	[Kg/cm ²]

Tabla 2-1 Propiedades de los materiales (Fundación para la Transferencia Tecnológica, 2000; Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital "Dr. Juan Noé Crevani" de Arica, Santiago, Chile.)

La superficie de cada planta y la altura entre piso se encuentra en la tabla 2.2.

Piso	Area en Planta [m ²]	Altura entre Piso [m]	Largo Planta [m]	Ancho planta [m]
1	970,9	3,85	37,2	26,1
2	758,2	3,85	35,1	21,6
3	758,2	3,5	35,1	21,6
4	758,2	3,5	35,1	21,6
5	758,2	3,5	35,1	21,6
Total	4003,7	18,2	35,1	21,6

Tabla 2-2 Superficie en planta y la altura ente Piso.

Las figuras 2.1 a la 2.6 muestran las dimensiones en planta y elevación del edificio, así como la identificación de los ejes de acuerdo a los planos existentes.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

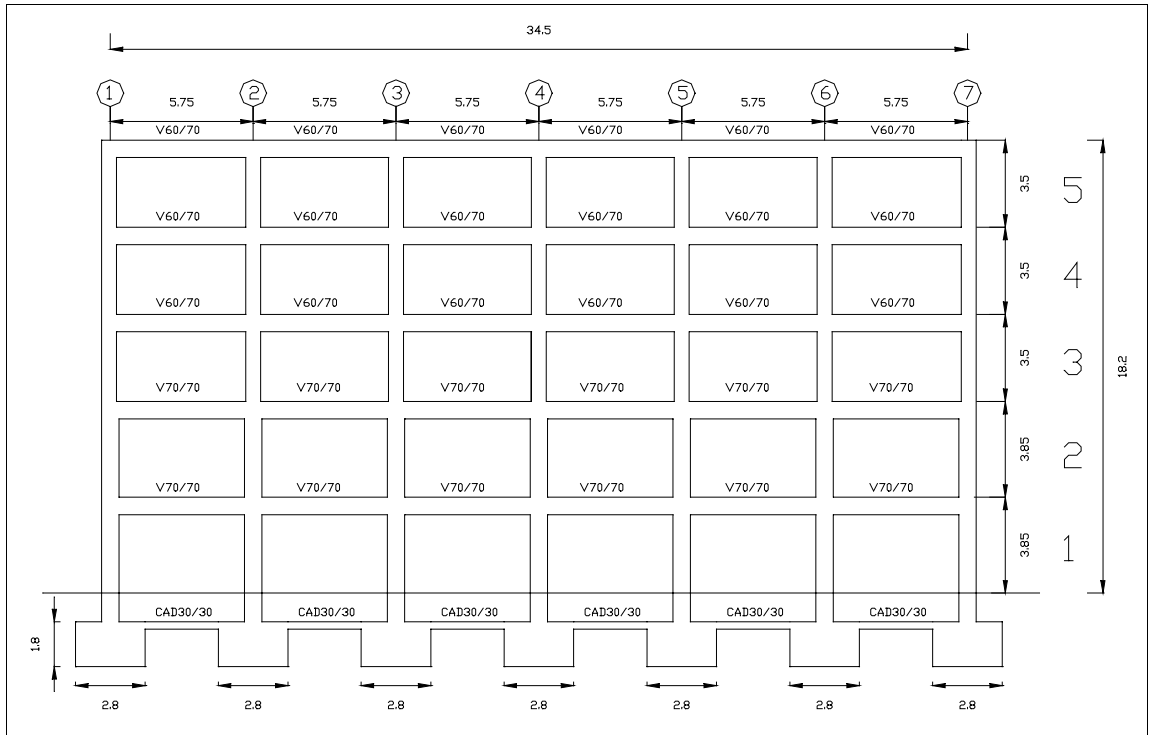


Figura 2-1 Elevación tipo de eje longitudinal.

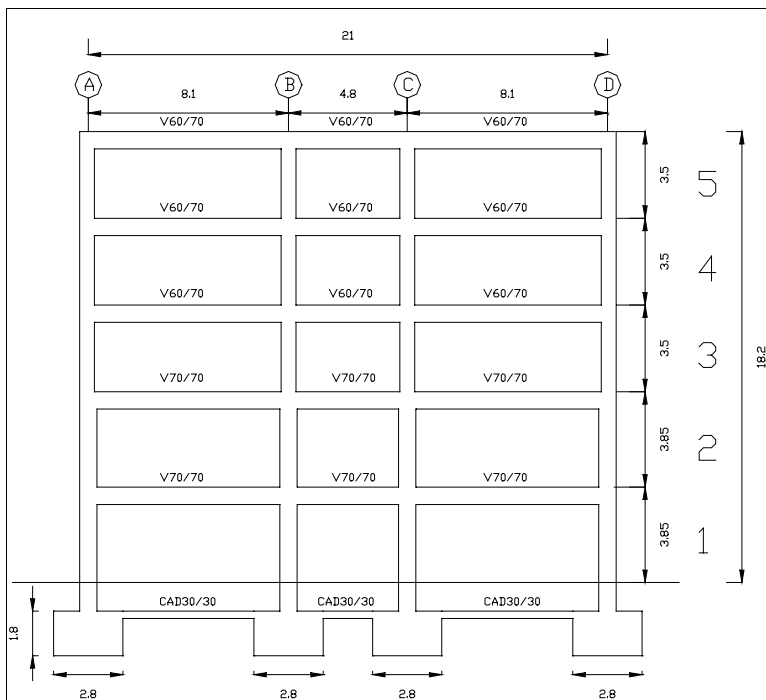


Figura 2-2 Elevación tipo de eje transversal.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

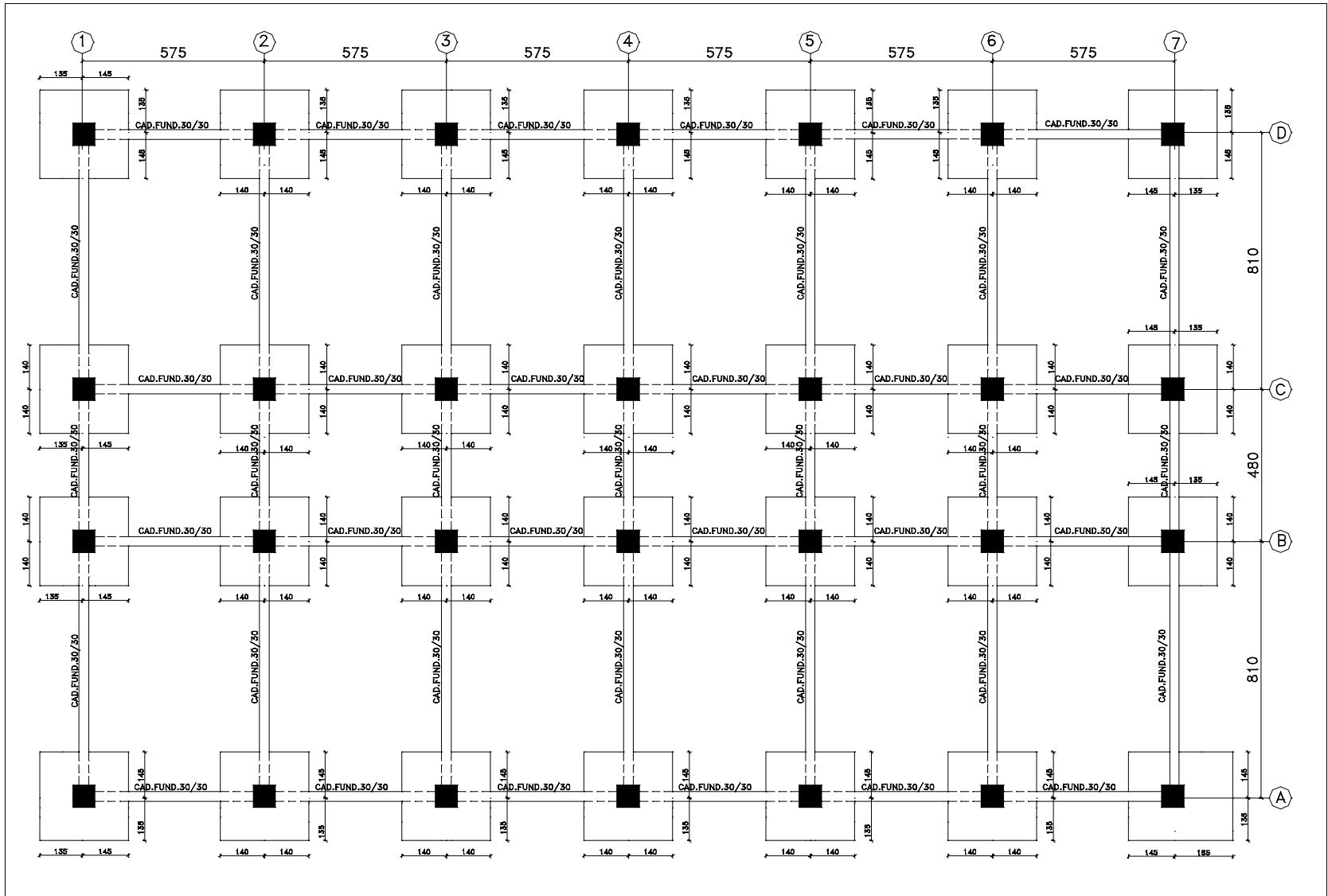


Figura 2-3 Planta de fundaciones

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

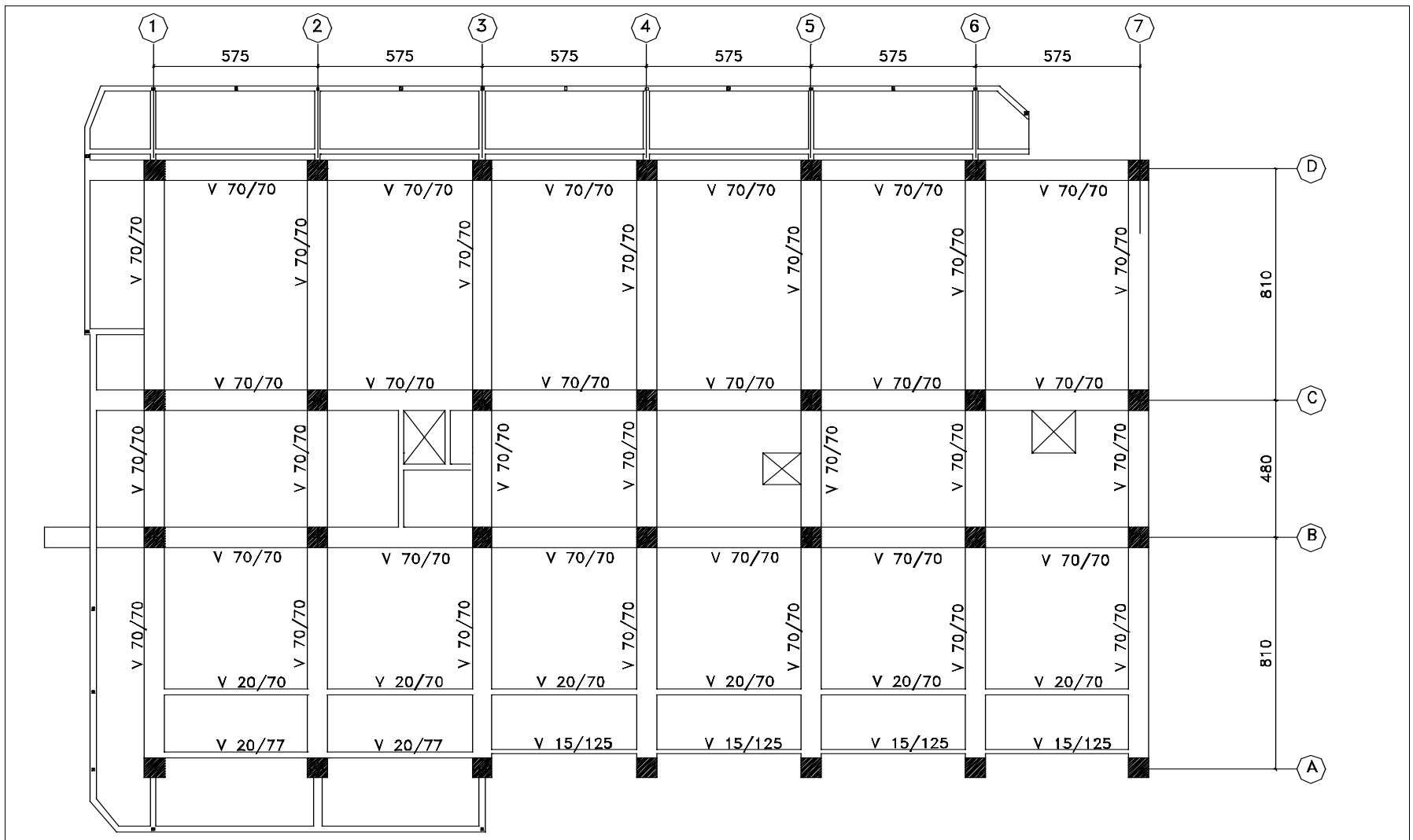


Figura 2-4 Planta primer piso

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

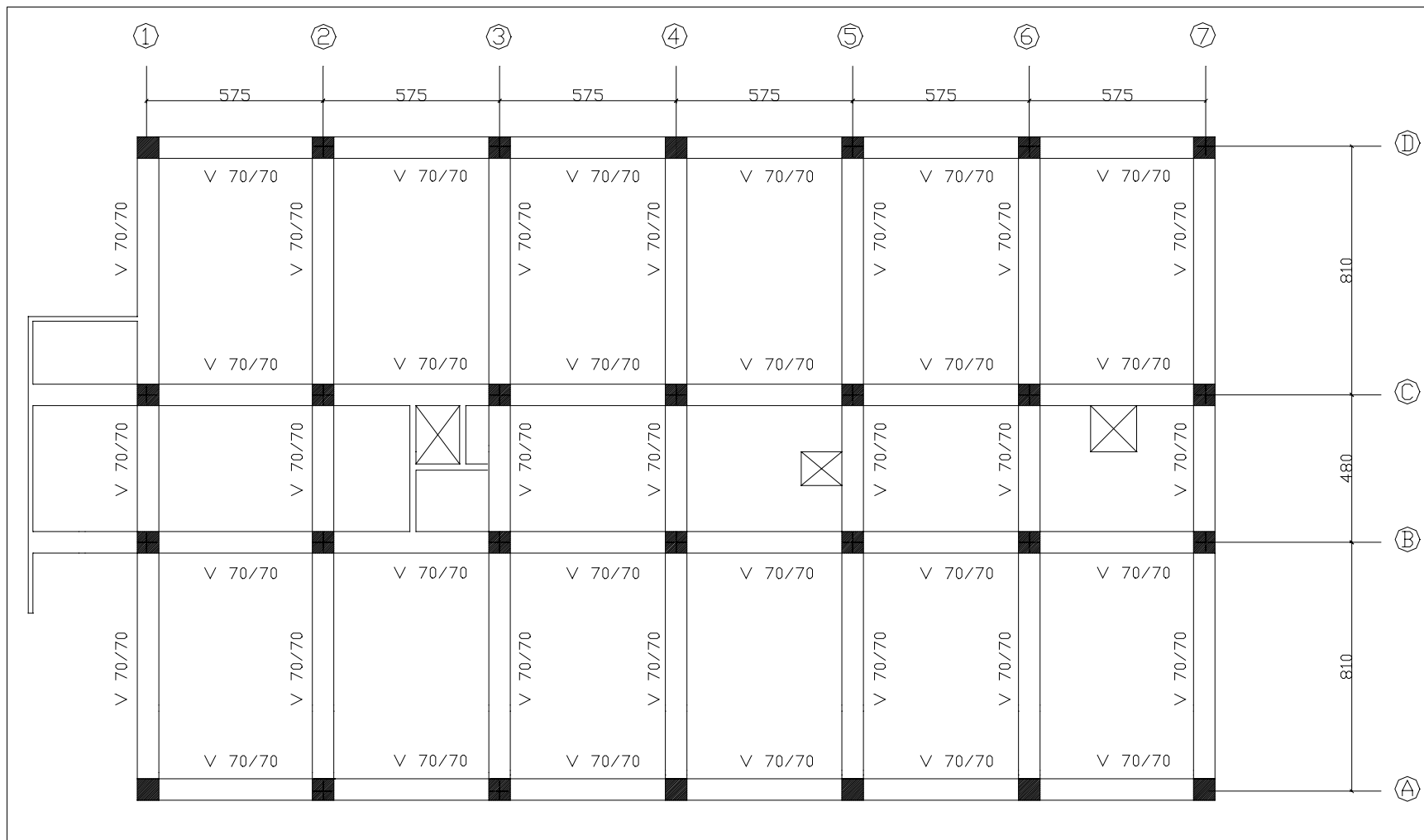


Figura 2-5 Planta segundo piso

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

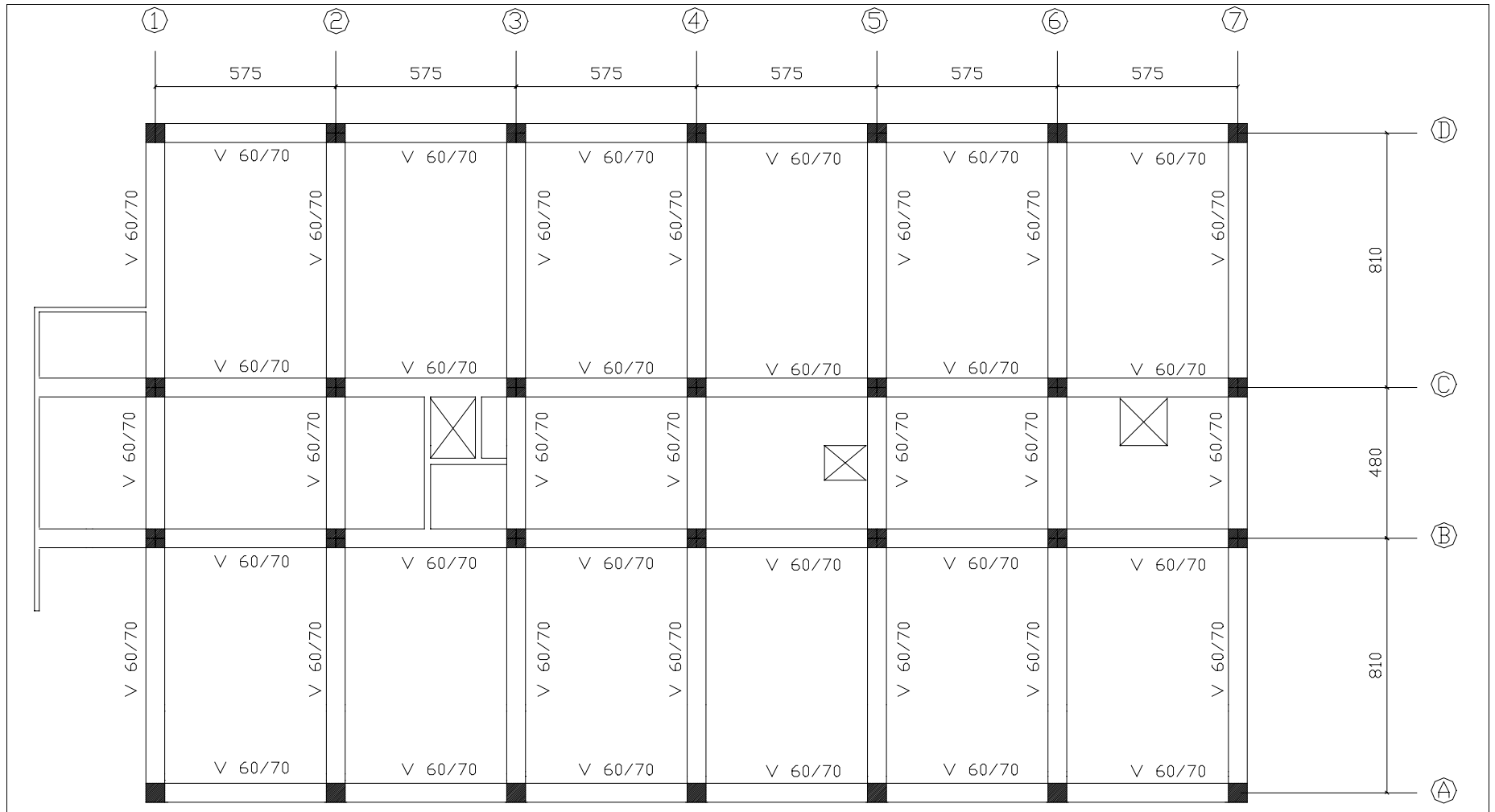


Figura 2-6 Planta tipo de pisos tercero, cuarto y quinto

2.3 Solicitaciones.

2.3.1 Solicitaciones gravitacionales

2.3.1.1 Peso Propio

De la cubicación del cuerpo I-1 del hospital en la situación actual de funcionamiento, se obtuvieron los pesos propios indicados en la tabla 2.3:

Piso	Peso/m ²	Peso Propio [Ton]
5	1,05	796
4	1,2	910
3	1,26	955
2	1,49	1130
1	1,25	1214

Tabla 2-1 Peso Propio de cada uno de los Pisos.

2.3.1.2 Sobrecarga de Uso

La sobrecarga especificada en la Norma Chilena NCh1537.Of86 [INN, 1986] es de 300 [Kg/m²]

Piso	Peso/m ²	Sobrecarga [Ton]
5	0,3	227
4	0,3	227
3	0,3	227
2	0,3	227
1	0,3	291

Tabla 2-1 Sobrecarga de cada uno de los Pisos.

2.3.2 Solicitación sísmica

La tabla 2.5 muestra los valores de centros de masa, peso sísmico e inercia polar de cada piso, considerados en el análisis.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Piso	Peso/m ²	Centro de gravedad		Masa [Ton/g]	Inercia Rotacional [Ton*m/g]
		Xg [m]	Yg [m]		
5	1,1	17.29	10.49	85,099	11867,7
4	1,25	16.31	10.49	96,704	13537,1
3	1,31	16.66	10.50	101,345	14094,5
2	1,54	16.58	10.50	119,139	16595,1
1	1,3	16.16	10.69	128,795	20837,4

Tabla 2-1 Peso sísmico, centro de gravedad e inercia polar de cada piso del cuerpo I1.

2.3.2.1 Solicitación sísmica de la NCh433 Of.96

Para verificar si la estructura cumple con los esfuerzos de diseño determinados a partir de un análisis modal espectral realizado de acuerdo a lo indicado en la norma NCh 433.Of96, se utiliza el espectro de la NCh433 Of.96 [INN, 1996].

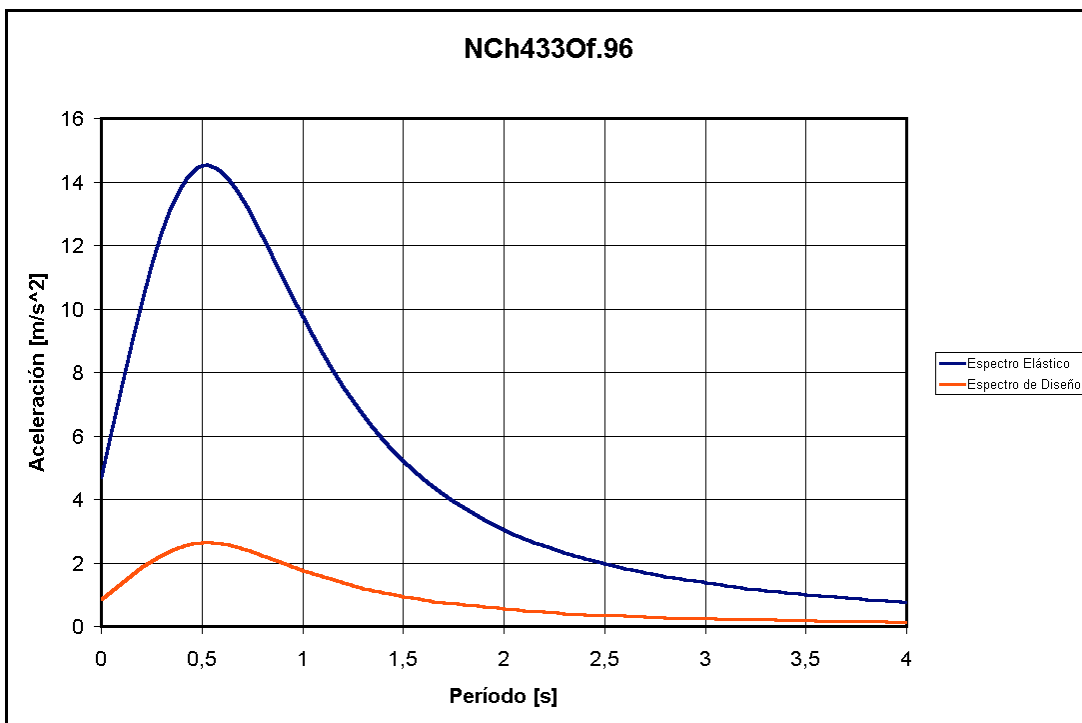


Figura 2-1 Espectro de la Norma NCh433Of.96

2.3.2.2 Riesgo sísmico.

De los terremotos conocidos que afectaron a Arica, los mayores corresponden al año 1604 y 1868, ambos con una magnitud de Richter presumiblemente del orden de 8.7 (Ms).

Las características de estos eventos sísmicos son las siguientes.

Fecha	Latitud	Longitud	L [Km]	Ms
1604 11 24	17.9°	70.9°	400	8.7
1868 08 13	17.7°	71.6°	450	8.8

Tabla 2-1 Características de los máximos eventos sísmicos de Arica.

Ms: Magnitud de Richter.

L: Longitud de la ruptura.

Según el estudio vulnerabilidad sísmica del hospital de Arica [hecho por la Fundación para la Transferencia Tecnológica, 2000], la probabilidad de ocurrencia de un terremoto de Ms=8.7 es de 63%. Considerando que el último terremoto ocurrió en el año 1868, hace 132 años. Según este estudio la probabilidad de ocurrencia de un sismo de esta magnitud es de 83% en los próximos 50 años.

Dada la alta probabilidad de ocurrencia del terremoto máximo creíble, se utilizará esta proyección en el diseño, a fin de obtener una respuesta operacional (daño controlado) de la estructura con los aisladores.

El terremoto máximo creíble, considerando la magnitud Richter recomendada por Kausel en su estudio de Peligro sísmico [Fundación para la Transferencia Tecnológica, 2000], presenta las siguientes características:

Ms=8.5

H = Profundidad focal. = 40 Km.

D = Distancia epicentral = 40 Km.

Aplicando la fórmula de atenuación de Schaad y Saragoni [Schaad, C. y G. R. Saragoni, 1989], se obtiene la aceleración máxima horizontal, máxima vertical y velocidad horizontal en suelo duro.

$$a_{\max}^H = \frac{46.4 e^{0.80 Ms}}{(R + 60)^{0.915}} \quad \text{en } [cm/seg^2] \quad a_{\max}^V = \frac{537 e^{0.80 Ms}}{(R + 60)^{1.47}} \quad \text{en } [cm/seg^2]$$

$$a_{\max}^H = 0.55 g \quad (2.1) \quad a_{\max}^V = 0.45 g \quad (2.2)$$

$$V_{\max}^H = \frac{52.7 e^{0.34 Ms}}{(R + 60)^{0.76}} \quad \text{en } [cm/seg^2]$$

$$V_{\max}^H = 25.49 [cm/seg] \quad (2.3)$$

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

2.3.2.3 Registros utilizados en el análisis incremental no lineal.

Los registros deben ser compatibles con las condiciones sísmicas y suelo existentes en el Hospital. La clasificación realizada de acuerdo a la NCh433 Of.96 [INN, 1996] clasifica la zona como tipo de suelo III, y zona 3.

Como el sismo del 3 de marzo de 1985, corresponde al evento sísmico de mayor magnitud registrado por la red de acelerogramas de Chile. Estos registros, se utilizarán en el análisis incremental no lineal.

La tabla 2.7 muestra las características del sismo de 3 de marzo de 1985 y la tabla 2.8, los registros de Viña del Mar y Lolleo obtenidos para este evento.

Sismo	3 de marzo 1985
Hora	22:47:07 [GTM]
Latitud	33.135°
Longitud	71.871°
Profundidad	29 [Km]
Ms	7.8

Tabla 2-1 Características sísmicas del sismo del 3 de marzo 1985.

Estación	Coordenadas	Componente	Aceleración Máxima [g]
Viña del Mar (D.I.C)	33°02' 71°35'	N70W	0.228
		S20W	0.356
		Vertical	0.171
Lolleo (D.I.C)	33°41' 71°36'	S80E	0.426
		N10E	0.669
		Vertical	0.852

Tabla 2-2 Principales características de los registros obtenidos en las estaciones de Viña del Mar y Lolleo para el sismo del 3 de marzo de 1985.

El registro de Lolleo N10E y el escalado a 0,55g de Viña del mar S20W, se utilizan en el análisis no lineal de la estructura existente, para determinar el comportamiento, ante sismos de gran intensidad.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

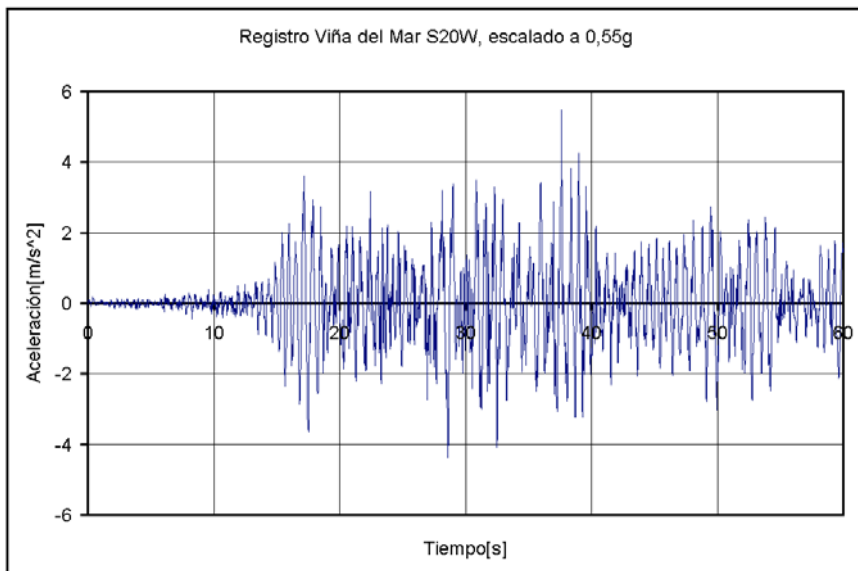


Figura 2-1 Registro de Viña del Mar escalado

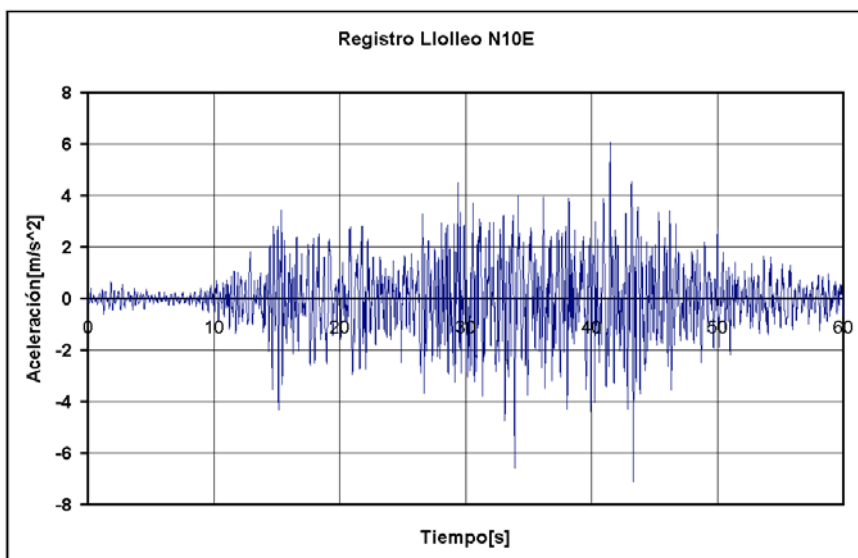


Figura 2-2 Registro de Lolleo.

2.4 Análisis sísmico con la Norma NCh433.Of96

Se realizó para verificar si la estructura cumple con los esfuerzos de diseño determinados a partir de un análisis modal espectral realizado de acuerdo a lo indicado en la norma NCh 433.Of96. Se utilizó el factor de reducción del espectro de diseño por concepto de ductilidad global. No debería considerarse este factor, por el detallamiento inadecuado presente en zonas potenciales de sufrir grandes rotaciones y comportamiento no lineal ante sismos de gran intensidad.

2.4.1 Análisis modal

El modelo de la estructura existente y su posterior análisis modal espectral fue realizado utilizando el programa SAP 2000 [Ref. N°8]. Se consideraron los siguientes supuestos:

Las vigas y columnas se modelaron con sus propiedades geométricas no agrietadas (matriz de rigidez lineal de cada uno de ellos).

Los nudos se han modelado considerando penetración de vigas y columnas iguales a un 25%.

Se considera un diafragma rígido por piso, con 3 grados de libertad (dos traslacionales y uno rotacional)

Las masas e inercias rotacionales del modelo, se consideraron como puntuales, aplicadas en el centro de masa de cada piso.

En el modelo se considera el supuesto que la estructura esta empotrada al nivel del plano, del sello de fundación de las zapatas.

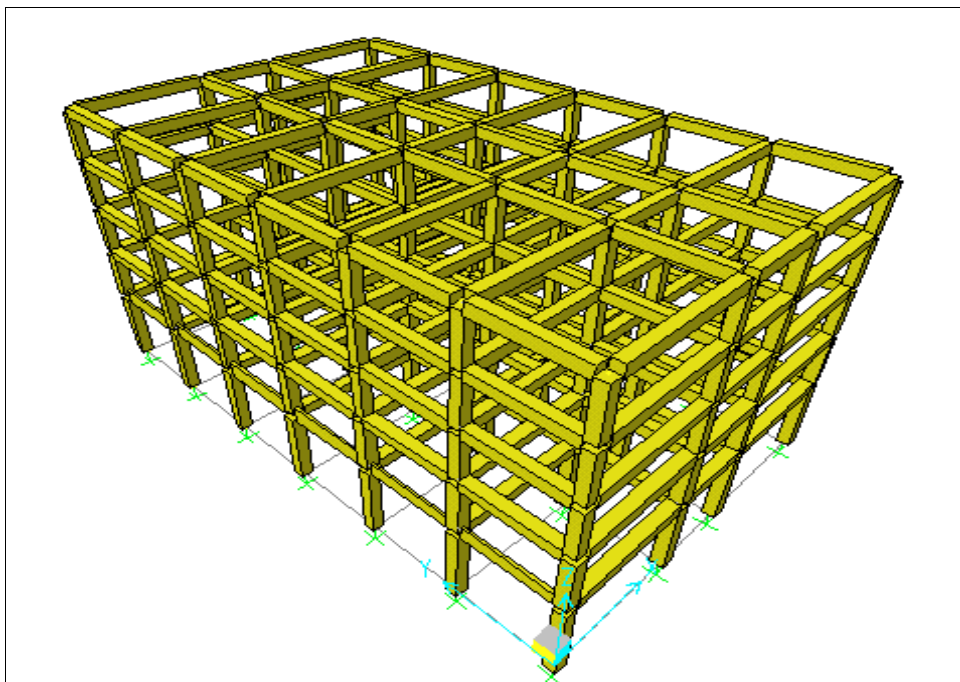


Figura 2-1 Modelo Tridimensional de la Estructura de base fija considerando el modelo empotrado a nivel del plano de fundación(Realizado en el Sap-2000 7.42).

La tabla 2.8 muestra los periodos y sus masas equivalentes

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Modo	Periodo [Seg]	Masa equivalente [%]	
		M-XX	M-YY
1	0.5982	81.9154	0.00
2	0.5520	0.0000	82.7838
3	0.4950	0.0000	0.4330
4	0.2030	12.1595	0.0000
5	0.1888	0.0000	11.4581
6	0.1713	0.0000	0.0339
7	0.115	3.7631	0.0000
8	0.1054	0.0000	3.3894
9	0.0960	0.0000	0.0005
10	0.0752	1.7695	0.0000
11	0.0725	0.0000	1.5602
12	0.0654	0.0000	0.0000
13	0.0586	0.3925	0.0000
14	0.0579	0.0000	0.3411
15	0.0506	0.0000	0.0000

Tabla 2-1 Corte basal de diseño con la norma NCh433 Of.96

El corte se obtiene del análisis modal espectral utilizando el espectro de diseño definido en la norma de Diseño sísmico de edificios NCh433 Of.96

La tabla 2.10 entrega por dirección de análisis, el corte basal elástico (sin factor de reducción), el corte basal reducido y el corte basal de diseño (Qmax).

Dirección	Q elástico		Q elástico/R*			Q diseño=Q max	
	[Ton]	%Peso	R*	[Ton]	%Peso	[Ton]	[Ton]
X	6339.1	120.22	5.17	1226.1	23.25	1063.0	20.16
Y	6229.3	118.14	5.46	1140.9	21.64	1063.0	20.16

Tabla 2-2 Corte basal de diseño.

La figura 2.11 muestra los cortes de piso del análisis espectral modal.

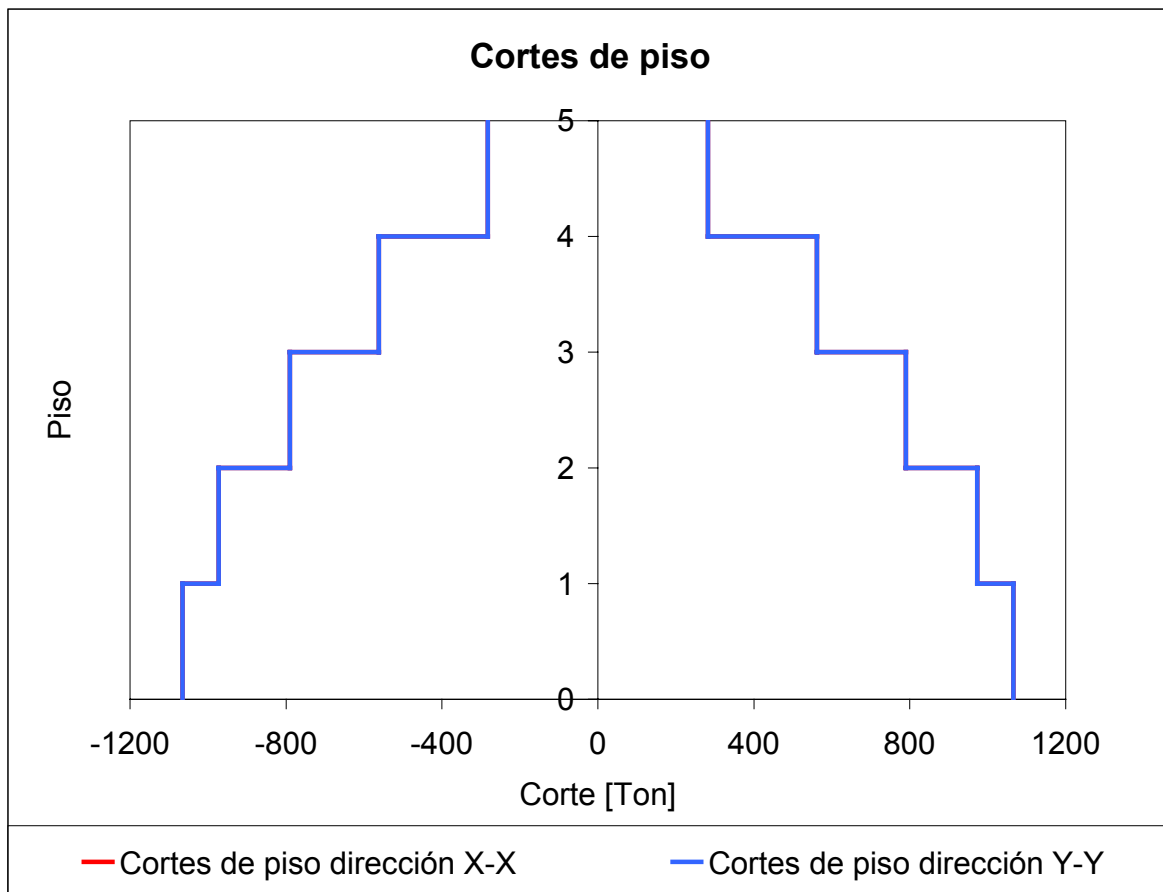


Figura 2-2 Cortes de piso.

2.4.2 Desplazamientos totales y relativos de piso obtenidos con la norma NCh433 Of.96

Esta sección verifica si la demanda de desplazamientos que impone el espectro de diseño (sin factores de reducción por corte máximo) cumple con lo estipulado en 5.9.2 de la NCh 433.Of96.

La tabla 2.11 resume para cada dirección de análisis, los desplazamientos máximos de cada piso ($\Delta_{m\acute{a}ximo}$) y desplazamientos máximos relativos entre pisos consecutivos (drm), medidos con respecto a los centros de gravedad de cada nivel. El drm viene dado por la siguiente relación:

$$drm = \frac{\delta_{piso_{i+1}} - \delta_{piso_i}}{h} \quad (2.4)$$

donde:

δ_i corresponde al desplazamiento del piso i .

δ_{i+1} al desplazamiento del piso $i+1$ y h a la altura del piso.

En la tabla 2.11 se observa que todos los drm son menores al 2 por mil de la altura del piso respectivo, es decir, se satisfacen los requerimientos de deformación de la norma NCh 433.Of96.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Piso	Dirección X			Dirección Y		
	Amáximo		drm	Amáximo		drm
	[cm]	%H	%	[cm]	%H	%
1	0.49	0.13	0.13	0.48	0.13	0.13
2	1.12	0.15	0.16	1.15	0.15	0.17
3	1.7	0.15	0.17	1.76	0.16	0.17
4	2.13	0.14	0.12	2.23	0.15	0.13
5	2.36	0.13	0.07	2.5	0.14	0.08

Tabla 2-1 Desplazamientos de Piso.

Las figuras 2.12 y 2.13 gráficán para cada dirección de análisis, la envolvente de desplazamientos totales y los *drm* respectivamente.

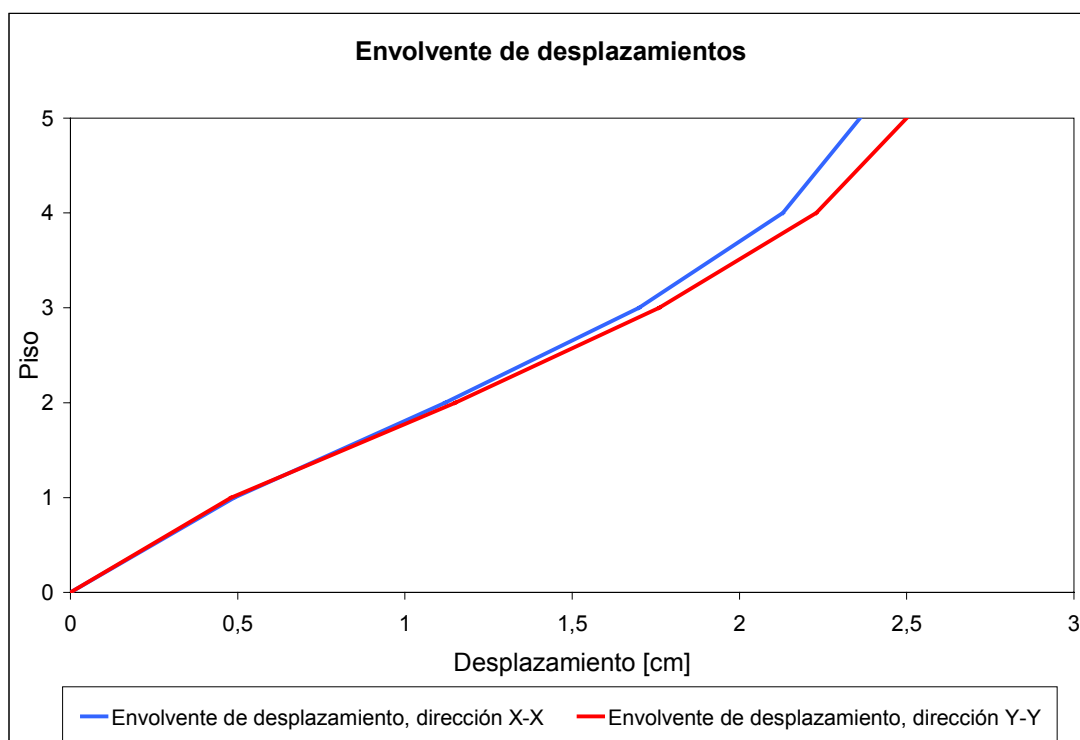


Figura 2-1 Envolvente de desplazamiento.

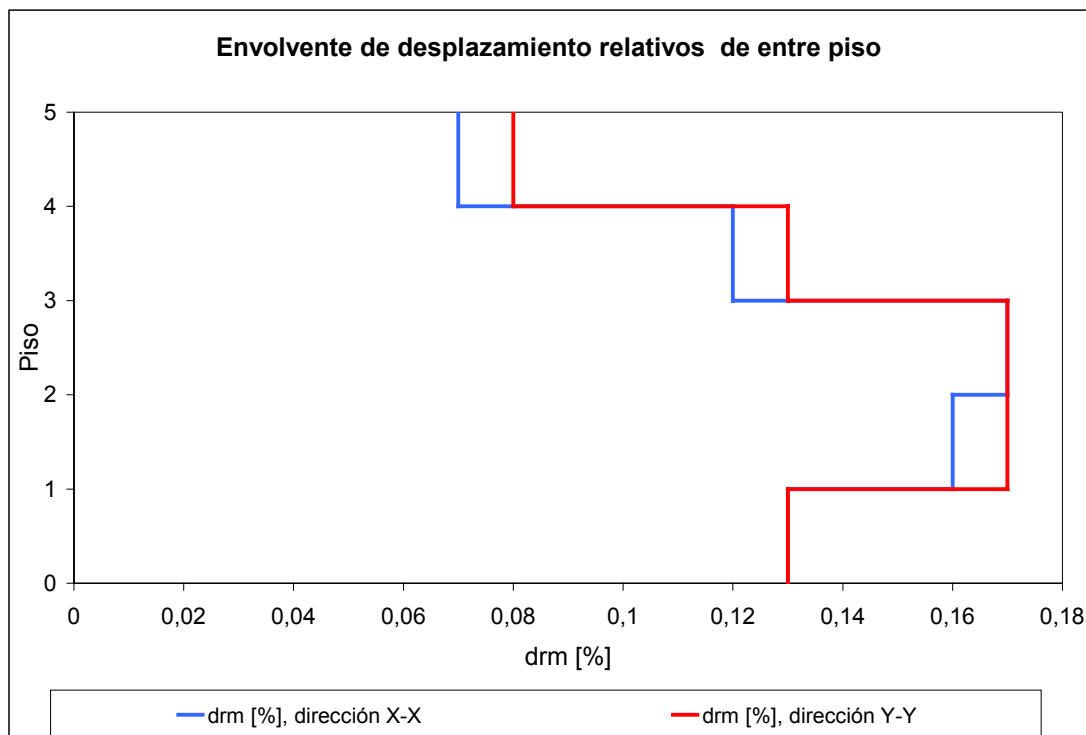


Figura 2-2 Envolvente de desplazamiento relativo de entre piso.

2.5 Modelos de fallas de los elementos sismoresistentes.

Para establecer la vulnerabilidad del Hospital ante un evento sísmico de gran magnitud se realiza un estudio de la situación actual de acuerdo al Código de hormigón armado ACI 318-99 [ACI, 1999; C.Ch.C, 2000]. El capítulo 21 establece los requerimientos mínimos que deben satisfacer los elementos de una estructura, para un adecuado comportamiento, ante sollicitaciones sísmicas de gran magnitud.

Se analizan los siguientes tipos de fallas:

- Falla al corte de las columnas.
- Fallas al corte de las vigas.
- Fallas al corte de los nudos.

Además de verificar que en secciones deficientes, no se exceda el rango lineal de deformaciones

Los demás requerimientos del capítulo 21, se analizaron en el informe de Vulnerabilidad del Hospital Juan Noe (Fundación para la Transferencia Tecnológica, 2000; Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital "Dr. Juan Noé Crevani" de Arica, Santiago, Chile.)

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

2.5.1 Falla al corte de las columnas.

Las columnas actuales del edificio tienen una resistencia limitada de corte. Estas pueden responder prácticamente sin daños. Si llega a alcanzar dicha resistencia, puede ocurrir una falla frágil de estas, pudiendo desembocar en un colapso de la estructura.

2.5.1.1 Demanda de corte

La tabla 2.12 muestra las dimensiones y armaduras de las columnas del Cuerpo I-1 del hospital. Los estribos dobles están alternados, como se muestra en detalle en la figura 2.20.

Piso	Dimensión [cm ²]	Armadura de flexión	Distribución	Armadura de corte
Piso 1	70×70	36 ϕ 26	Uniforme por las caras de la columna	2E ϕ 10 @ 20 Alternados
Piso 2	70×70	20 ϕ 26	Uniforme por las caras de la columna	2E ϕ 10 @ 20 Alternados
Piso 3	60×60	28 ϕ 26	Uniforme por las caras de la columna	2E ϕ 10 @ 20 Alternados
Piso 4	60×60	20 ϕ 26	Uniforme por las caras de la columna	2E ϕ 10 @ 20 Alternados
Piso 5	60×60	16 ϕ 26	Uniforme por las caras de la columna	E ϕ 8 @ 20 Alternados

Tabla 2-1 Armaduras de corte y flexión.

De las armaduras de flexión especificadas en los planos, se calcularon los diagramas de interacción de cada una de las columnas.

Las figuras 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 y 2.18 muestran los diagramas de interacción de cada piso.

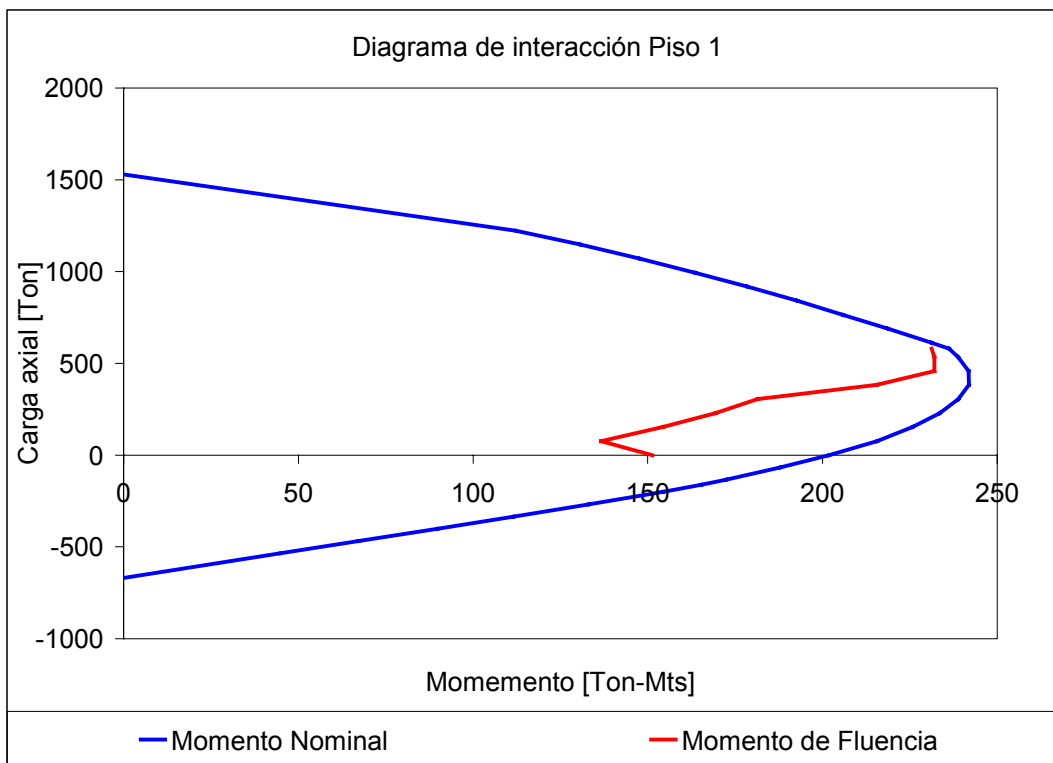


Figura 2-1 Diagrama de interacción Piso 1

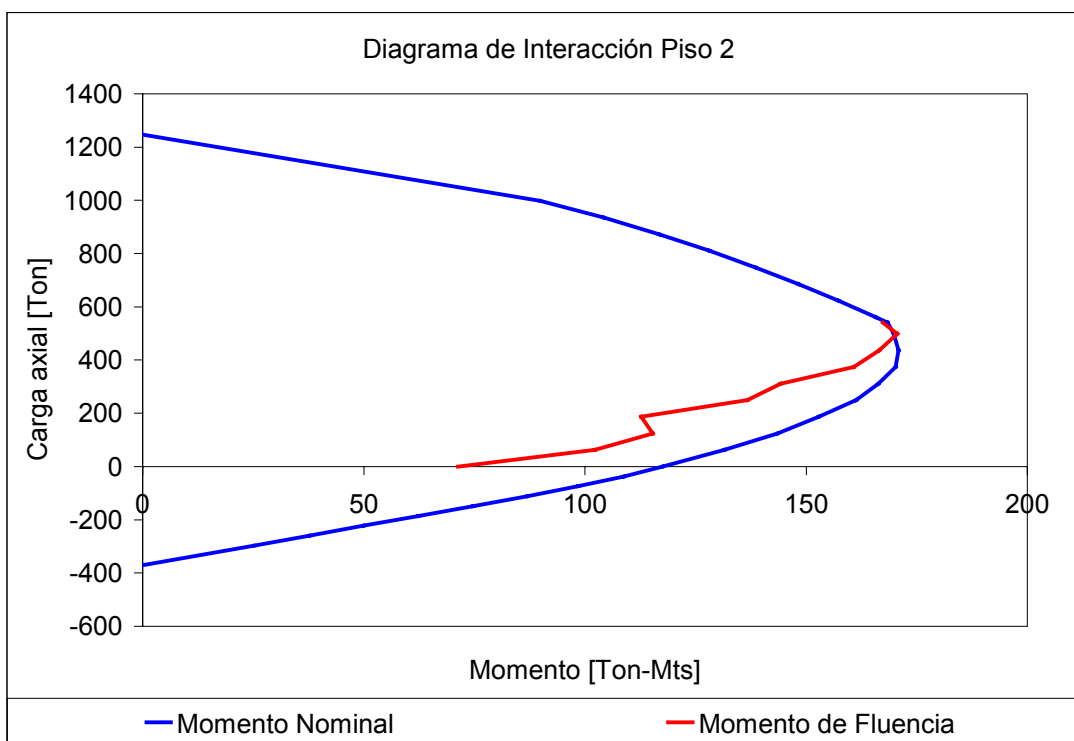


Figura 2-2 Diagrama de interacción Piso 2

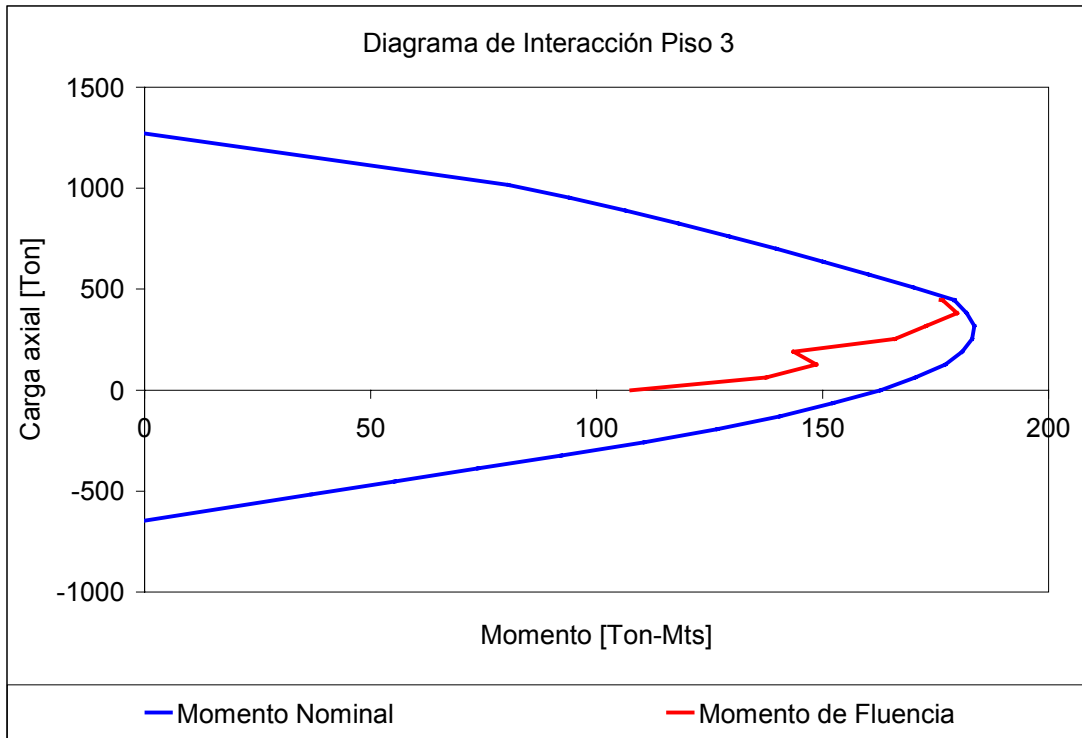


Figura 2-3 Diagrama de interacción Piso 3

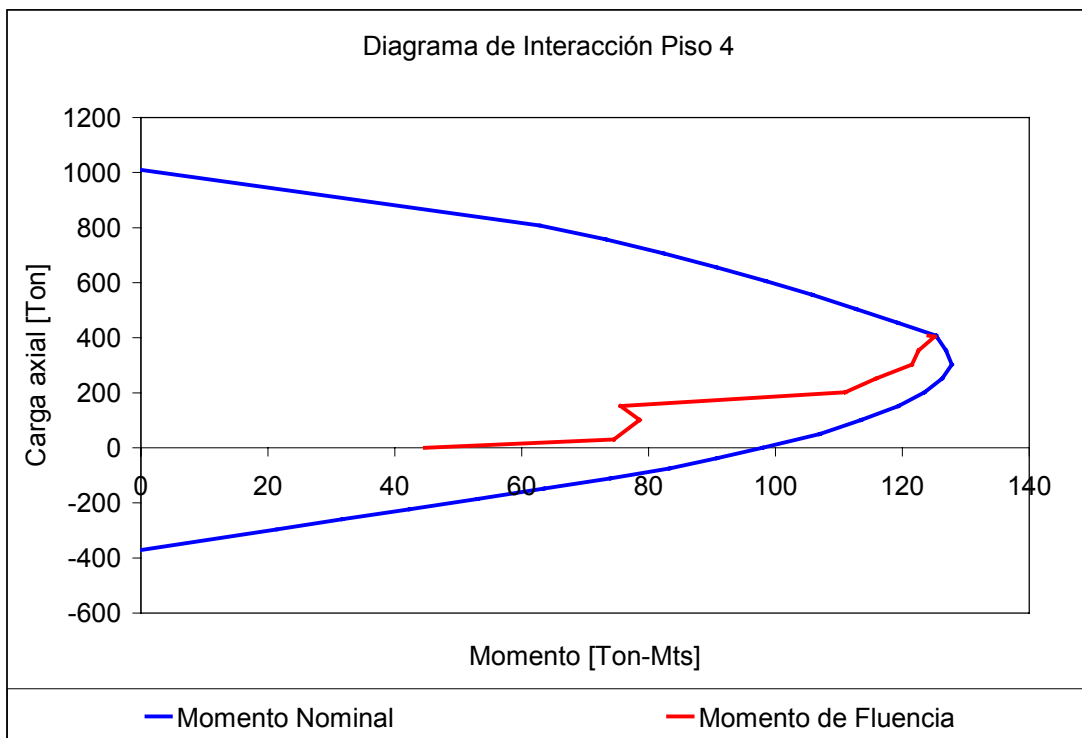


Figura 2-4 Diagrama de interacción Piso 4

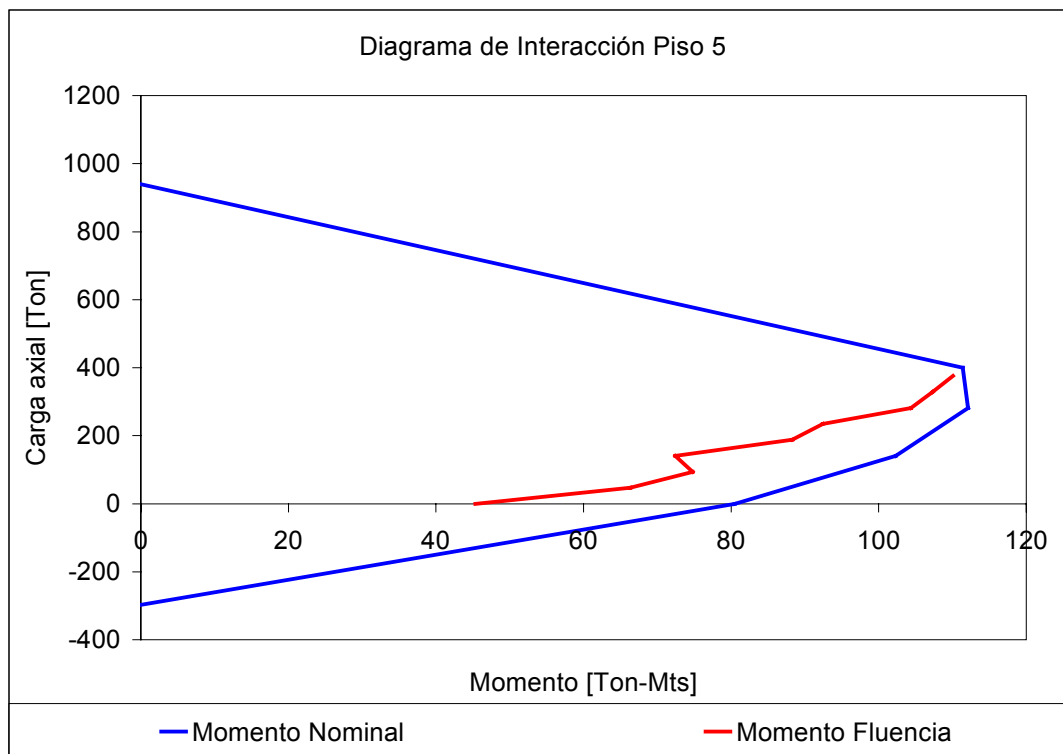


Figura 2-5 Diagrama de interacción Piso 5

La demanda de corte para diseño se obtiene a partir de la máxima resistencia probable a la flexión de las columnas, que depende de la fuerza axial actuante en el instante de la fluencia. La fuerza axial se puede acotar a partir del corte que entregan las vigas, suponiendo que en ambos extremos se alcanza el momento máximo probable, dando una cota superior a la demanda de corte.

El código de diseño de hormigón armado ACI 318-99 utiliza como fuerza axial los valores mayorados del análisis. Es necesario conocer la fuerza axial proveniente de las cargas gravitacionales y estimar la inducida por el sismo. El análisis considera los valores de fuerza axial provenientes del análisis de la estructura bajo la combinación de cargas gravitacionales y sísmicas, está última correspondiente a los registros de Lolleo componente N10E y Viña del Mar componente S20W, escalado a 0.55g.

La demanda de corte requerida por el Código ACI 318-99 en su Capítulo 21 se denomina como $V_{m\acute{a}x}$ posible, constituyendo la mayor demanda de corte, que se podría producir durante un terremoto, al suponer que ambos extremos de la columna alcanzan el momento máximo probable. La figura 2.19, muestra la situación anterior. Esto se trata de evitar al imponer que la columna sea más fuerte que la viga.

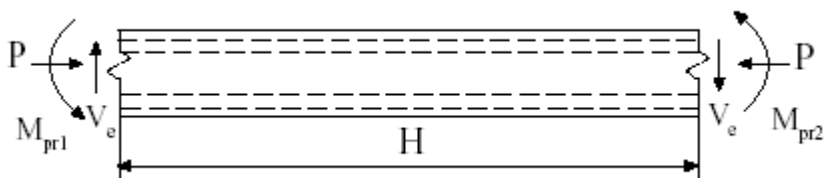


Figura 2-6 Resistencia al corte requerida por el Código ACI 318-99, capítulo 21.

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L} \quad (2.5)$$

Donde:

\$V_e\$: requerimiento de corte máximo posible, [N].

\$M_{pr1}\$, \$M_{pr2}\$: momentos de flexión resistente probable de los elementos, con o sin carga axial, determinado usando las propiedades de los elementos en las caras de los nudos, suponiendo una resistencia a la tracción de las barras longitudinales de por lo menos \$1.25f_y\$ y un factor de reducción de la resistencia de 1.0, [N-m].

\$L\$: altura de la columna, [m].

2.5.1.2 Capacidad de corte

El código ACI 318-99 permite calcular la capacidad al corte de las columnas, definido por la suma de la contribución del hormigón y de los estribos..

El aporte del hormigón a la capacidad de corte de una columna, según el código ACI 318-99 en su capítulo 11, está dado por las siguientes relaciones:

$$V_c = \left[1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \left[\sqrt{\frac{f_c'}{6}} \right] \times b_w d \quad (2.6) \text{ Elementos sometido a compresión}$$

$$V_c = \left[1 + \frac{0,3 \times N_u}{A_g} \right] \times \left[\sqrt{\frac{f_c'}{6}} \right] \times b_w d \quad (2.7) \text{ Elementos sometido a tensión}$$

Donde:

\$V_c\$: Resistencia al corte proporcionada por el hormigón, [N].

\$A_g\$: Área total de la sección, [mm²].

\$f_c'\$: Resistencia especificada a la compresión del hormigón, [Mpa].

\$b_w\$: Ancho del alma o diámetro de la sección circular, [mm].

\$d\$: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide de la armadura longitudinal en tracción en la mitad opuesta del elemento, [mm].

\$N_u\$: Carga axial mayorada normal a la sección transversal, que ocurre simultáneamente con \$V_u\$; debe tomarse como positiva para la compresión, negativa para la tracción, [N].

Con \$N_u/A_g\$ expresado en MPa y \$N_u\$ es negativa para la tracción.

El capítulo 21 el ACI 318-99 señala que para elementos sometidos a carga axial y flexión, la armadura debe estar dimensionada para resistir el corte suponiendo \$V_c = 0\$ cuando:

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

El esfuerzo de corte sísmico V_e , obtenido de la expresión 2.5, es mayor o a un medio de la resistencia máxima al corte, se requiere proporcionar armadura transversal con un menor espaciamiento (en los extremos de los elementos), donde generalmente se produce la fluencia por flexión, medida desde la cara del nudo a lo largo del eje de la columna

La fuerza axial de compresión mayorada, incluyendo el efecto sísmico es menor $A_g f_c'/20$.

Según el ACI 318-99 en su capítulo 11, el aporte de acero a la capacidad de corte de una columna, suponiendo una grieta de corte de 45 grados de inclinación, está dado por la siguiente relación:

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} \quad (2.8)$$

Donde:

V_s : Resistencia nominal al corte proporcionada por la armadura de corte, [N].

f_y : Tensión de fluencia especificada de la armadura, [Mpa].

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide de la armadura longitudinal en tracción en la mitad opuesta del elemento, [mm].

A_s : Área de la armadura de corte para una distancia S , [mm²].

s : Separación de la armadura por corte medida en dirección paralela a la armadura longitudinal, [mm].

Las columnas existentes tienen dobles estribos de 10 [mm] de diámetro espaciados a 20 [cm] hasta el cuarto piso. En el quinto piso, las columnas existentes tienen dobles estribos de 8 [mm] de diámetro espaciados a 20 [cm]. Uno de estos está alternado en las columnas (figuras 2.20 y 2.21).

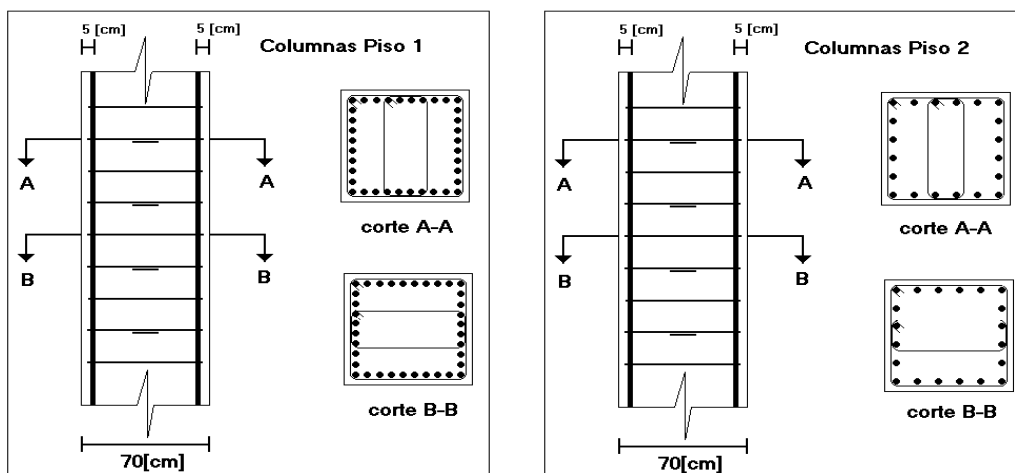


Figura 2-1 Detalle de la disposición de los estribos en las columnas del piso 1 y 2.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

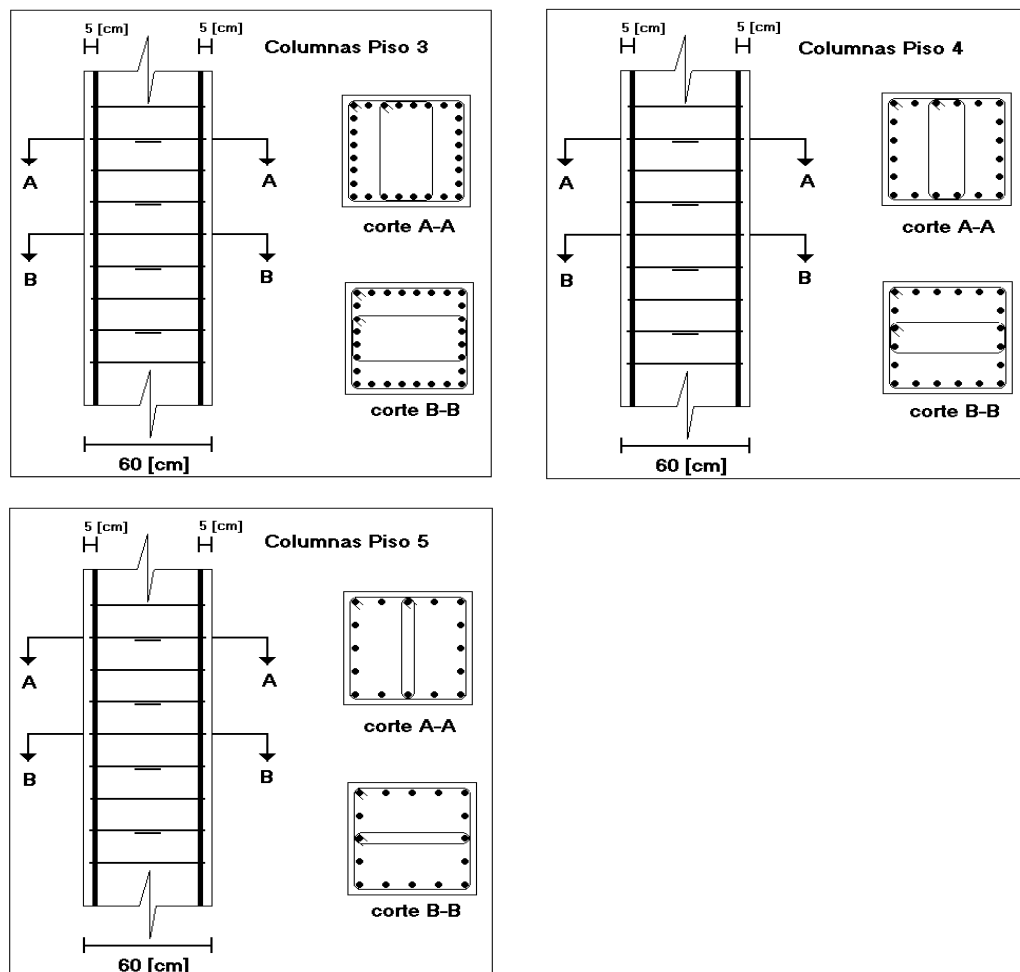


Figura 2-2 Detalle de la disposición de los estribos en las columnas del piso 3, 4 y 5.

En algunas secciones de columnas, se considera el aporte de hormigón a la resistencia al corte y no del estribo, debido a que:

Al considerar una grieta de corte de 30° , la columna queda atravesada por un solo estribo, y no por el alternado.

En algunas secciones de la columna del primer piso se detectó corrosión y anclajes inadecuados de la armadura de corte

De la figura 2.22 a la 2.26, muestran las demandas y la capacidad resistente al corte de las columnas en función de la carga axial, para cada uno de los pisos.

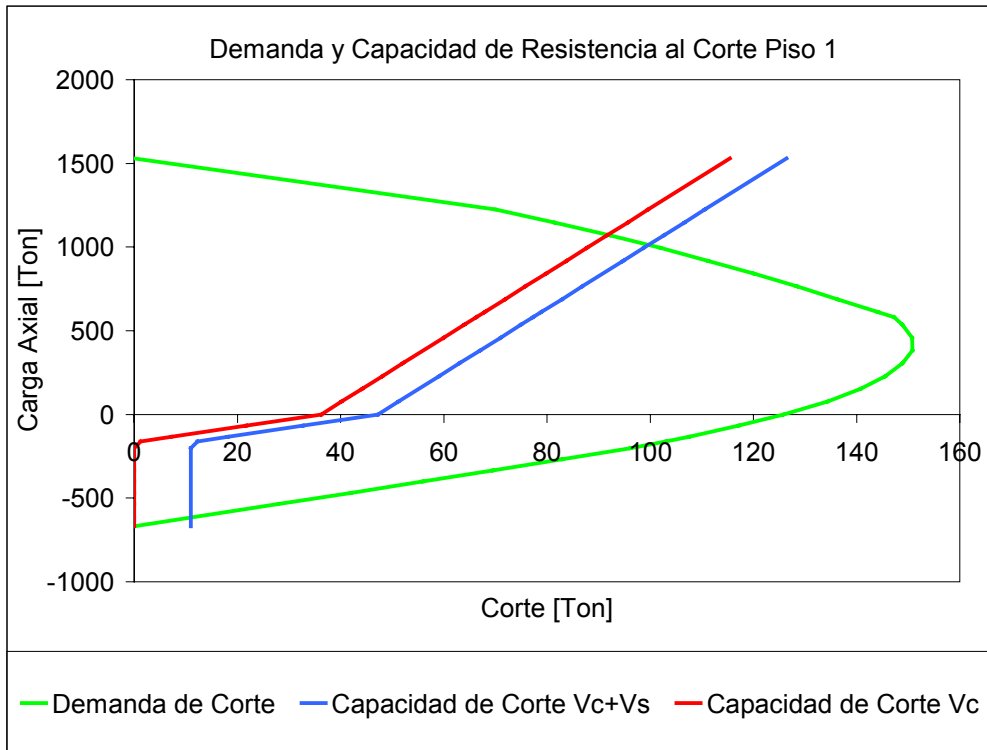


Figura 2-3 Capacidad y máxima demanda posible de corte en las columnas del piso N°1

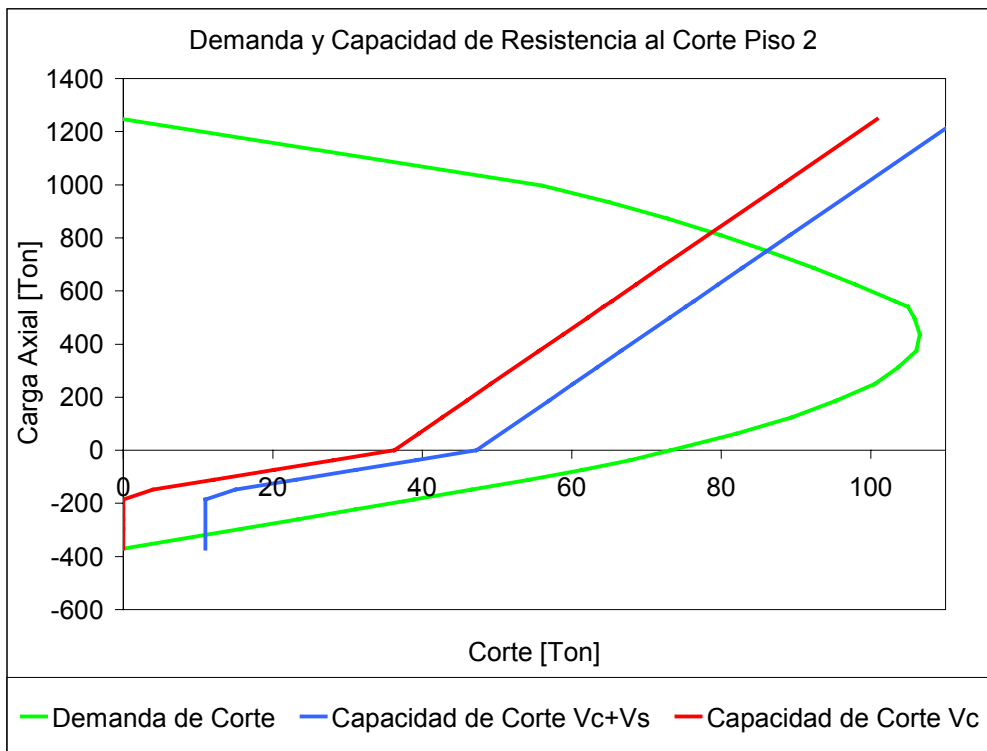


Figura 2-4 Capacidad y máxima demanda posible de corte en las columnas del piso N°2

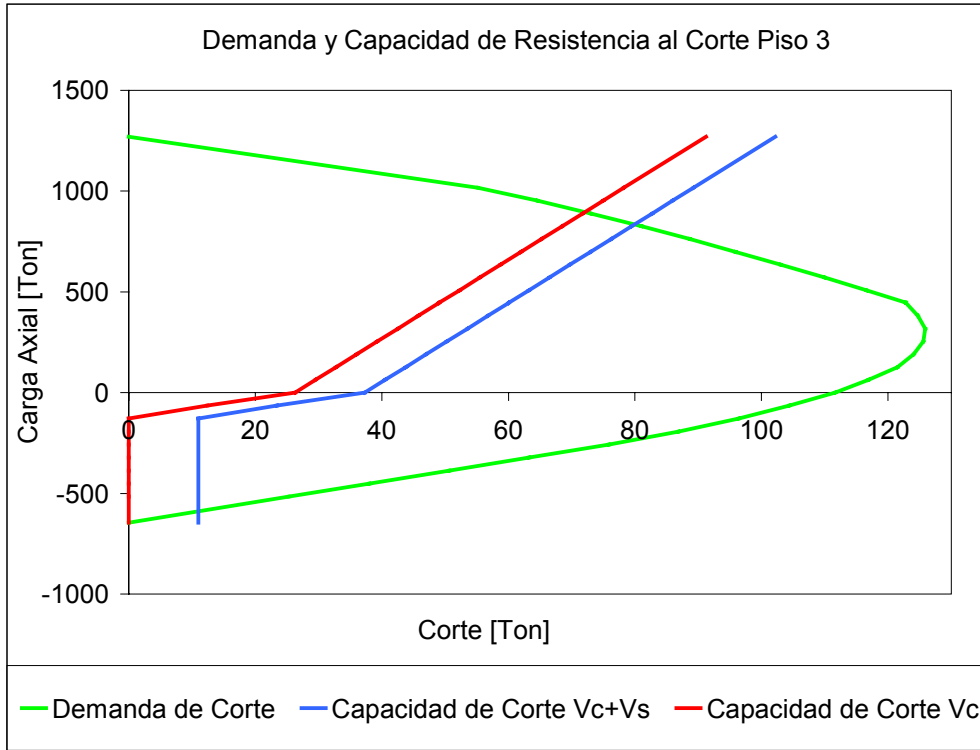


Figura 2-5 Capacidad y máxima demanda posible de corte en las columnas del piso N°3

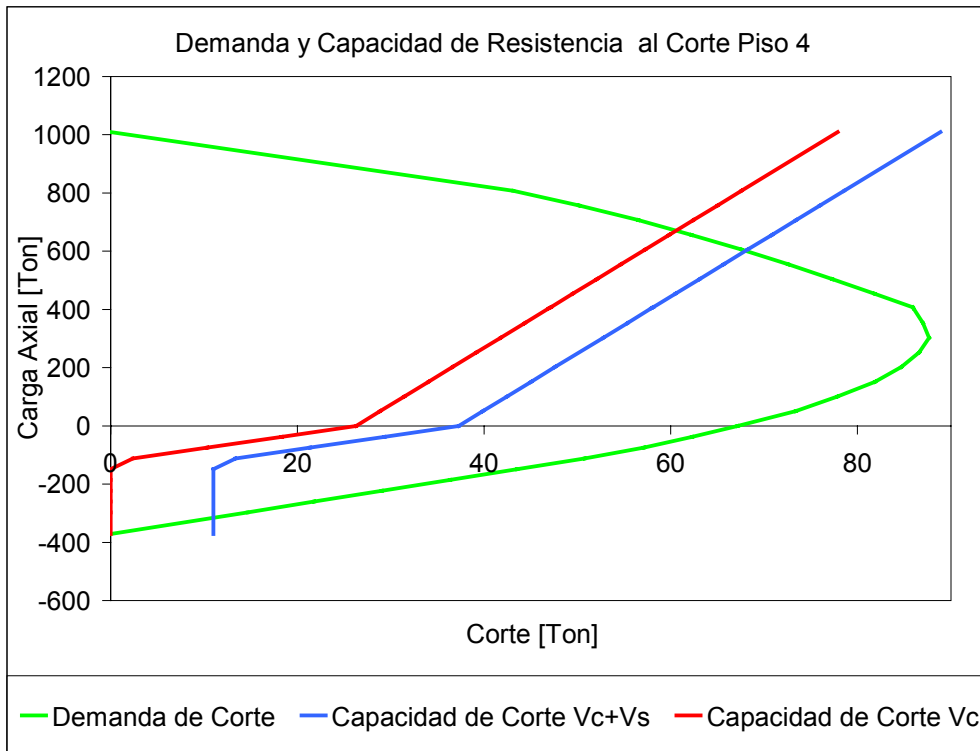


Figura 2-6 Capacidad y máxima demanda posible de corte en las columnas del piso N°4

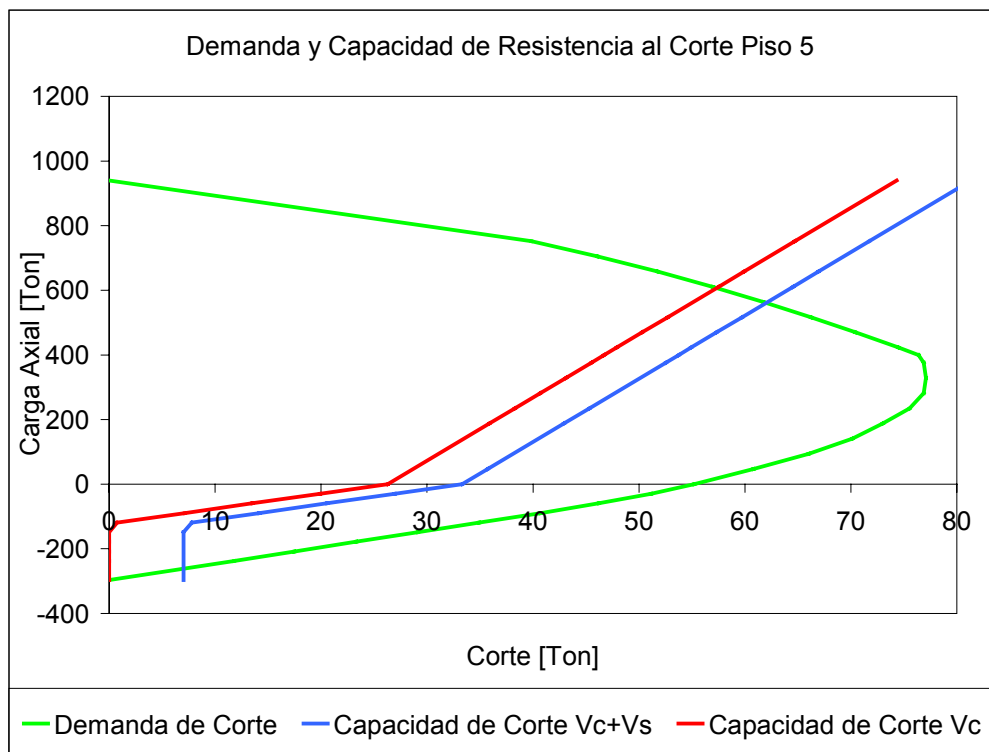


Figura 2-7 Capacidad y máxima demanda posible de corte en las columnas del piso N°5

De la figura 2.22 a la 2.26, se concluye que considerando el aporte del hormigón y de los estribos en la capacidad al corte de la columna, no se puede evitar la falla al corte para las cargas axiales de trabajo (PP+SC, y PP+SC±E), para el caso de rotulación en ambos extremos situación imposible de ocurrir en este edificio. Únicamente a cargas de compresión muy elevadas, es posible soportar el corte de demanda. Al omitir el estribo en la contribución al corte, la zona donde no ocurre la falla disminuye. Esto se observa en las figuras anteriores.

Las tablas 2.13 y 2.14 comparan la capacidad resistente al corte con la demanda máxima posible de corte en la columna, según se especifica en el código de diseño de hormigón armado ACI 318-99.

Los valores máximos de carga axial en las columnas se obtienen de los registros de Llole y Viña del Mar. Este último escalado a 0.55g, para razones de amortiguamiento crítico de 2% y 5%. Así, se tiene valores para la carga axial asociados a solicitaciones sísmicas reales, observando que la demanda sobrepasa a la capacidad de resistencia al corte, de las columnas.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Amortiguamiento 2%								
Piso	Llolloe N10E				Viña del Mar S20W 0,55G			
	Carga Axial Máxima [Ton]		Vc+Vs>Vmáx		Carga Axial Máxima [Ton]		Vc+Vs>Vmáx	
	Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	Compresión	Tracción
1	224,50	60,44	No	No	233,20	67,11	No	No
2	163,90	32,64	No	No	167,00	35,34	No	No
3	109,00	17,68	No	No	109,80	18,56	No	No
4	65,12	6,39	No	No	64,77	6,17	No	No
5	34,36	4,00	No	No	34,13	3,53	No	No

Tabla 2-1 Verificación de la resistencia al corte en columnas según el Código ACI 318-99, capítulo 21, considerando fuerzas axiales de los registros de Viña del Mar y Llolloe e=2%.

Amortiguamiento 5%								
Piso	Llolloe N10E				Viña del Mar S20W 0,55G			
	Carga Axial Máxima [Ton]		Vc+Vs>Vmáx		Carga Axial Máxima [Ton]		Vc+Vs>Vmáx	
	Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	Compresión	Tracción
1	237,20	67,51	No	No	241,30	71,80	No	No
2	165,60	33,80	No	No	170,10	37,91	No	No
3	109,50	18,48	No	No	11,80	20,13	No	No
4	66,20	7,03	No	No	65,75	6,72	No	No
5	32,73	4,23	No	No	31,63	3,66	No	No

Tabla 2-2 Verificación de la resistencia al corte en columnas según el Código ACI 318-99, capítulo 21, considerando fuerzas axiales de los registros de Viña del Mar y Llolloe e=5%.

2.5.2 Falla al corte en las vigas.

Se determina la capacidad de la viga de resistir el corte generado por la capacidad máxima de flexión. Se evalúan dos casos posibles:

Caso 1: La capacidad de resistencia al corte, considerando tanto el aporte del hormigón como el de los estribos. Este mecanismo de resistencia es válido en aquellas zonas de la viga donde no se esperan grietas de anchos importantes.

Caso 2: La capacidad de resistencia al corte, considerando el refuerzo transversal, esto es, para aquellas zonas de la viga donde se espera que se genere mucho daño, perdiéndose el roce entre agregados en la grieta.

2.5.2.1 Demanda de corte

La máxima demanda de corte para diseño se obtiene a partir de la máxima resistencia probable a la flexión de las vigas. La resistencia al corte requerida por el Código ACI 318-99 en su Capítulo 21 se denominó como $V_{máx}$ posible, constituyendo una cota superior a la demanda de corte que se podría producir durante un terremoto al Suponer que ambos extremos de la viga alcancen el momento máximo probable (figura 2.27). Los momentos en los extremos M_{pr} , corresponden al momento probable que se genera, considerando una tensión de fluencia de $1.25 f_y$, para la viga con sus dos extremos rotulados plásticamente.

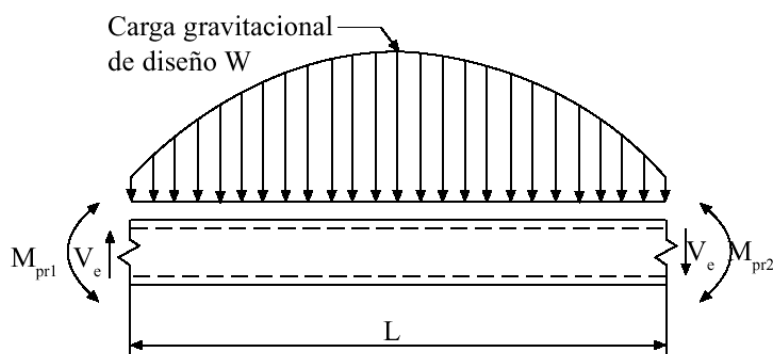


Figura 2-1 Resistencia al corte requerida por el Código ACI 318-99, capítulo 21.

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L} \pm \frac{W}{2} \quad (2.9)$$

Donde:

V_e : Requerimiento de corte máximo posible, [N].

M_{pr1} , M_{pr2} : Momentos de flexión resistente probable de los elementos, con o sin carga axial. Se determina usando las propiedades de los elementos en las caras de los nudos suponiendo una resistencia a la tracción de las barras longitudinales de al menos $1.25f_y$ y un factor de reducción de la resistencia de 1.0, [N-m].

L : Luz libre de la viga, m.

2.5.2.2 Capacidad de corte

La capacidad al corte de las vigas corresponde a la contribución del hormigón y de los estribos

Según el ACI 318-99 en su capítulo 11, el aporte del hormigón a la capacidad de corte de una viga, está dado por la siguiente relación:

$$V_c = \left(\sqrt{f'_c} / 6 \right) b_w d \quad (2.10)$$

Donde:

V_c : Resistencia al corte proporcionada por el hormigón, [N].

f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón, [Mpa].

b_w : Ancho del alma o diámetro de la sección circular, mm.

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide de la armadura longitudinal en tracción en la mitad opuesta del elemento, [mm].

Según el ACI 318-99 en su capítulo 11, el aporte del acero a la capacidad de corte de una viga, suponiendo una grieta de corte de 45° de inclinación, está dado por la relación 2.8.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

En el análisis y al considerar únicamente el aporte de los estribos, ninguna de las vigas es capaz de resistir el corte correspondiente al desarrollo de la capacidad a la flexión de las vigas. Al agregar el aporte del hormigón, ninguna de las vigas fallaría. Por lo tanto, las vigas no cumplen con el capítulo 21 del ACI 318-99, pero, podrían resistir el corte de sismos que no provoquen grandes aberturas de grietas. Los resultados se encuentran en el Anexo 0.

2.5.3 Falla al corte de los nudos.

Durante un evento sísmico, los nudos más solicitados al corte son los perimetrales de los marcos estructurales. Debido principalmente a que el hormigón se encuentra solicitado a tensión biaxial, teniendo además, un confinamiento inadecuado. Bajo carga cíclica se provocan grandes aperturas y cierre de las grietas, y por el estado de tensión, se produce deslizamiento por corte generando un proceso de fisuración progresiva del hormigón. Al contrario, para los nudos interiores se presentan mejores condiciones de confinamiento, quedando controlado el deslizamiento al corte y la fisuración en el interior del nudo.

2.5.3.1 Demanda de corte.

La demanda de corte en el nudo, se obtiene de las fuerzas concurrentes en él. Se debe conocer la compresión y la tracción del acero de las vigas que delimitan el nudo, ante el momento máximo probable de estas y el corte del tramo de columna, que se encuentra inmediatamente sobre la cara superior del nudo. De esta forma se determina el corte que se está ejerciendo en el centro del nudo.

Al igual que los casos anteriores de fallas frágiles, se debe considerar la sobrerresistencia del hormigón y del acero a flexión. Esto a parece en la figura 2.29

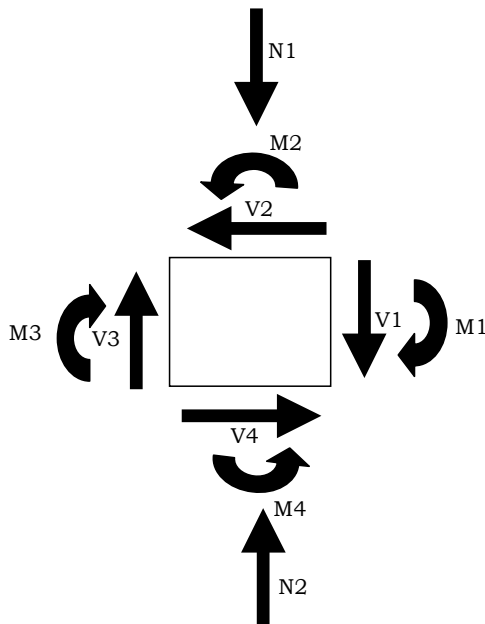


Figura 2-1 Diagrama de Fuerza concurrentes en los nudos.

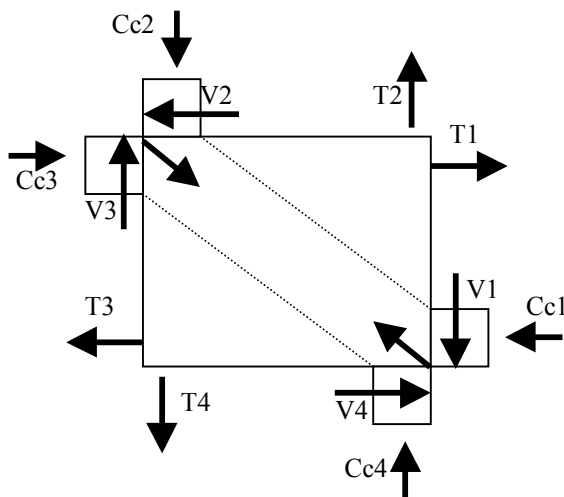


Figura 2-2 muestra la descomposición del momento de los elementos concurrentes en compresiones y tracciones.

Figura 2.29 Descomposición de las Fuerza concurrentes en los nudos, esfuerzos de compresiones y tracciones respectivas.

Haciendo un corte transversal en el nudo según el esquema de la figura 2.29 se obtiene la demanda de corte, por equilibrio de las fuerzas horizontales.

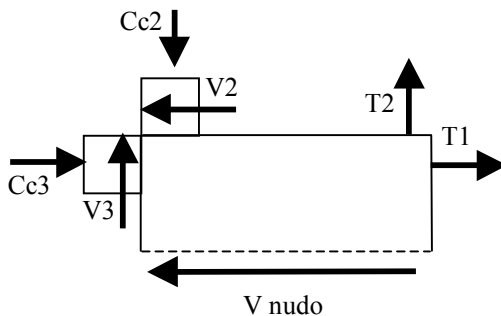


Figura 2-3 Requerimientos de corte en el nudo.

$$V_{\text{demanda de corte del nudo}} = C_c + T - V' \quad (2.11)$$

Donde:

C_c : Fuerza de compresión generada por el momento máximo probable.

T : Tensión del acero generada por el momento máximo probable.

V' : Corte de la columna, ante la condición de falla.

La tensión del acero y la compresión del hormigón se consideran iguales, al suponer que la viga no tiene carga axial y el acero alcanza la fluencia.

Con estas simplificaciones se llega a la expresión:

$$V_{\text{demanda de corte del nudo}} = A_{\text{ide}} \times f_y + A_{\text{siz}} \times f_y - V' \quad (2.12)$$

A_{ide} : Area de acero en tensión, lado izquierdo (acero inferior).

A_{siz} : Area de acero en tensión lado derecho (acero superior).

V' : Corte de la columna, de falla ante la condición.

El valor de V' de las columnas perimetrales se obtiene de la máxima fuerza de compresión y tracción que se produce en estos elementos. Este valor determina la demanda de corte por capacidad en la columna. Esto no quiere decir que este valor se produzca en forma real, pero el corte debe estar acotado por estos dos valores. Si el nudo no falla para estos dos casos, no fallará nunca, siendo los casos más extremos posibles. Otro caso evaluó es suponer el corte cero en la columna, pero que no es real.

La carga axial para las columnas se obtiene considerando los efectos de fuerzas gravitacionales y de las fuerzas transmitidas por las vigas debido a la fluencia en sus extremos, como se muestra en la figura 2.31 para columnas interiores y exteriores.

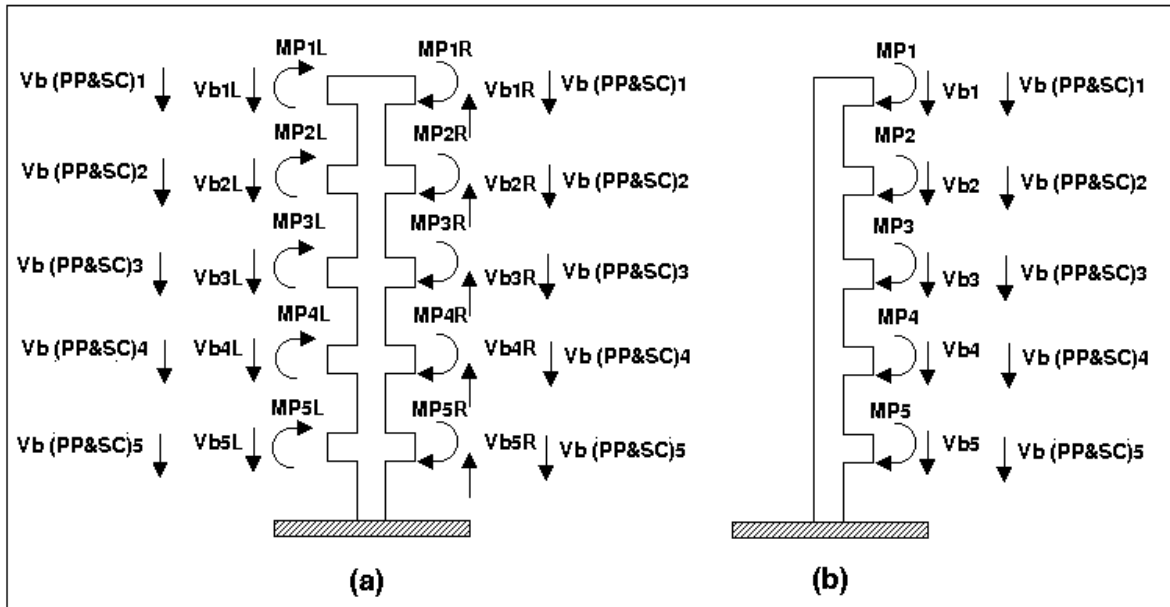


Figura 2-4 Carga axial sobre columnas a)interiores, b)perimetrales.

La compresión y tracción de las columnas externas e internas se encuentra dada por la siguiente relación:

$$C(\text{axial}) \text{ Piso } n = \sum_{i=1}^n VcD(pp + sc)_i \pm \sum_{i=1}^n VcDi(\text{vigas}) \quad (2.13)$$

$$C(\text{axial}) \text{ Piso } n = \sum_{i=1}^n [VcD(pp + sc)_i + VcI(pp + sc)_i] \pm \sum_{i=1}^n VcDi(\text{vigas}) \mp \sum_{i=1}^n VcIi(\text{vigas}) \quad (2.14)$$

Donde $1 \leq n \leq 5$ y $1 \leq i \leq n$.

2.5.3.2 Capacidad de corte.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

De acuerdo al Código ACI 318-99 en su capítulo 21, sección 21.5.3, en la capacidad al corte del nudo se distinguen tres tipos de valores de resistencia al corte según las condiciones de confinamiento que se tengan presentes en el nudo. Esta se encuentra dada por la siguiente expresión:

$$V_c = \alpha \times \left[\sqrt{f_c'} \right] \times A_j \quad (2.15)$$

Donde:

V_c : Capacidad de corte del hormigón, [N].

f_c' : Resistencia del hormigón, [Mpa].

A_j : Area efectiva dentro de la sección transversal, [mm].

En el caso de nudos confinados en las cuatro caras $\alpha=1.7$, para nudos confinados en tres caras o en dos opuestas $\alpha=1.25$ y para los demás casos no incluidos en los anteriores $\alpha=1$.

Al calcular la demanda de corte en el nudo y compararlo con la capacidad presente, fallarían únicamente los nudos de los ejes A-D del primer Piso.

3 VERIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE A UN SISMO.

En el capítulo 2 se verifica el edificio en la situación actual, con los requerimientos del capítulo 21 del código del hormigón armado ACI 318-99. Este código entrega, la máxima demanda posible que se podría generar en la estructura ante un sismo. Sin embargo, es necesario saber cual es la real respuesta que puede tener la estructura ante un evento sísmico como el esperado para la ciudad de Arica.

Este capítulo muestra los principales resultados del análisis no lineal realizado en el estudio de refuerzo de columnas del cuerpo I-1 del hospital [Bonelli, P., 2001]. En el análisis se utilizó el programa RUAUMOKO [Carr, A., 1998] desarrollado en la Universidad de Canterbury.

3.1 Modelo de Análisis y consideraciones de la resistencia de los elementos estructurales.

El modelo de análisis es el eje D del cuerpo I-1 del hospital, considera los sismos máximos posibles, para obtener las máximas demandas de fuerzas y deformaciones en la estructura a los registros de Llolleo N10E y el escalado en 0.55g de Viña del Mar S20W, con razones de amortiguamiento de la estructura de 2% y de 5%.

Según mediciones hechas en el hospital, antes de producirse el daño, el amortiguamiento crítico tiene como cota superior el valor de 2%, lo que permite evaluar los requerimientos de resistencia al corte al inicio del daño. El valor de 5% de amortiguamiento esta asociado a un daño importante y gran agrietamiento en los elementos estructurales [Fundación para la Transferencia Tecnológica, 2000].

En la resistencia al corte de las columnas, sólo se considera el aporte del hormigón, debido al deficiente detallamientos y al insuficiente espaciamiento de la armadura transversal [Bonelli, P., 2001]. Además, de acuerdo a experimentos realizados en elementos en compresión, la grieta por corte tiene una inclinación de 30° con respecto a la horizontal. Ante esta situación únicamente un estribo atravesaría la grieta de corte, lo que significaría que el aporte del estribo al corte de las columnas de los pisos 1° al 4° es de 5.5 [Ton] y para las del 5° piso 3.45[Ton]. La capacidad de corte de las columnas se evalúa con las expresiones del código de hormigón armado ACI 318-99

Es importante decir que los valores máximos de los requerimientos de fuerza axial, corte y momento no necesariamente ocurren al mismo instante, lo mismo para los valores mínimos.

Los valores de la resistencia a la flexión se calculan considerando los valores más desfavorables de fuerza axial, que no necesariamente ocurren en forma simultánea a los mayores requerimientos de flexión en las columnas, por lo que sólo sirven para asegurar que la columna está respondiendo elásticamente

3.2 Esfuerzos internos en columnas

3.2.1 Registro de Lolloe N10E

3.2.1.1 Cálculo para una razón de amortiguamiento de un 2 por ciento respecto del crítico

La tabla 3.1 muestra las envolventes de fuerza axial, corte y momento en las columnas del eje D, considerando una razón de amortiguamiento de un 2% respecto del crítico, del registro de Lolloe N10E. La fuerza axial es de valor positivo para tracción.

Columna eje D con eje 1						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	54.85	-224.5	209	-180.7	83.75	-87.41
1	54.85	-224.5	95.23	-59.78	83.75	-87.41
1	30.54	-163.9	134.2	-56.84	65.21	-27.87
2	30.54	-163.9	110.1	-109.1	65.21	-27.87
2	17.68	-108.1	86.94	-114.3	42.03	-43.8
3	17.68	-108.1	62.97	-75.23	42.03	-43.8
3	6.34	-65.12	100.4	-71.58	34.37	-27.7
4	6.34	-65.12	39.13	-65.5	34.37	-27.7
4	4	-31.8	71.75	-51.6	38.08	-26.7
5	4	-31.8	33.84	-50.64	38.08	-26.7

Tabla 3.1a

Columna eje D con eje 2						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-123.6	-192.6	225.5	-184.1	98.82	-84.59
1	-123.6	-192.6	82.83	-93.68	98.82	-84.59
1	-101.3	-136.5	109.9	-119.3	65.83	-66.76
2	-101.3	-136.5	97.1	-105.1	65.83	-66.76
2	-72.71	-96.35	123.6	-118.1	73.04	-51.7
3	-72.71	-96.35	76.2	-91.55	73.04	-51.7
3	-46.38	-64.53	105.1	-107.6	44.24	-46.65
4	-46.38	-64.53	50.76	-71.32	44.24	-46.65
4	-19.97	-34.33	84.23	-67.09	49.67	-40.74
5	-19.97	-34.33	56.91	-69.14	49.67	-40.74

Tabla 3.1b

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Columna eje D con eje 3						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-155.2	-161.3	211.8	-160.1	87.37	-67.16
1	-155.2	-161.3	60.93	-70.49	87.37	-67.16
1	-116.7	-123	109.7	-109.5	69.56	-64.83
2	-116.7	-123	101.5	-110	69.56	-64.83
2	-80.96	-86.81	98.33	-114.8	61.77	-50.87
3	-80.96	-86.81	74.86	-84.87	61.77	-50.87
3	-51.11	-56.76	106	-106	47.11	-49.08
4	-51.11	-56.76	53.89	-72.05	47.11	-49.08
4	-22.47	-27.72	79.81	-59.25	40.46	-31.56
5	-22.47	-27.72	39.23	-49.19	40.46	-31.56

Tabla 3.1c

Columna eje D con eje 4						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-157.2	-162.2	211.3	-160.4	86.79	-67.35
1	-157.2	-162.2	61.59	-68.6	86.79	-67.35
1	-118.6	-123.4	110.1	-110.1	69.77	-64.98
2	-118.6	-123.4	100.7	-110	69.77	-64.98
2	-83.74	-86.47	97.91	-117.5	61.63	-51.51
3	-83.74	-86.47	75.4	-85.94	61.63	-51.51
3	-53.76	-56.45	106.4	-106.3	47.3	-48.01
4	-53.76	-56.45	52.19	-72.1	47.3	-48.01
4	-26.04	-27.04	79.69	-62.33	40.21	-35.15
5	-26.04	-27.04	45.1	-48.7	40.21	-35.15

Tabla 3.1d

Columna eje D con eje 5						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-156.5	-162.3	212.1	-159.8	87.52	-67.36
1	-156.5	-162.3	60.33	-71.02	87.52	-67.36
1	-117.9	-124.5	109.3	-109.4	69.41	-64.37
2	-117.9	-124.5	99.04	-109.3	69.41	-64.37
2	-82	-88.46	97.92	-114.6	61.39	-50.25
3	-82	-88.46	75.56	-85.52	61.39	-50.25
3	-52.14	-57.12	106.1	-106.1	48.48	-47.76
4	-52.14	-57.12	52.39	-72.87	48.48	-47.76
4	-23.52	-28.32	76.56	-62.55	36.51	-35.42
5	-23.52	-28.32	45.44	-41.87	36.51	-35.42

Tabla 3.1e

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Columna eje D con eje 6						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-128.4	-196.9	229.8	-175	103.2	-78.41
1	-128.4	-196.9	75.19	-105.8	103.2	-78.41
1	-101.4	-140.1	119.4	-112.7	71.98	-66.58
2	-101.4	-140.1	107.9	-113.4	71.98	-66.58
2	-72.4	-96.05	100.2	-129.8	60.95	-57.77
3	-72.4	-96.05	80.34	-87.18	60.95	-57.77
3	-46.35	-64.8	107.7	-105.2	45.96	-46.96
4	-46.35	-64.8	52.95	-70.91	45.96	-46.96
4	-19.93	-34.36	85.1	-73.34	46.19	-46.28
5	-19.93	-34.36	64.43	-59.54	46.19	-46.28

Tabla 3.1f

Columna eje D con eje 7						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	60.44	-222	198.6	-169.4	87.32	-66.51
1	60.44	-222	99.63	-79.96	87.32	-66.51
1	32.64	-162.4	201.6	-134.4	61.74	-71.01
2	32.64	-162.4	111.8	-96.38	61.74	-71.01
2	16.94	-109	117.4	-90.45	54.98	-40.96
3	16.94	-109	69.33	-72.78	54.98	-40.96
3	6.39	-65.1	90.76	-88.65	26.49	-34.86
4	6.39	-65.1	47.13	-61.28	26.49	-34.86
4	3.89	-31.99	63.18	-58.79	30.23	-34.37
5	3.89	-31.99	46.91	-36.28	30.23	-34.37

Tabla 3.1g

Tabla 3-1 Envolventes de fuerza axial, momento y corte en las columnas del eje D, registro de Llolleo N10E, con una razón de amortiguamiento de 2% respecto al crítico.

La figura 3.1 a la 3.3 muestran las envolventes de capacidad y demanda de fuerza axial, corte y momento en cada columna del eje D, del registro de Llolleo N10E, con una razón de amortiguamiento de 2%.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

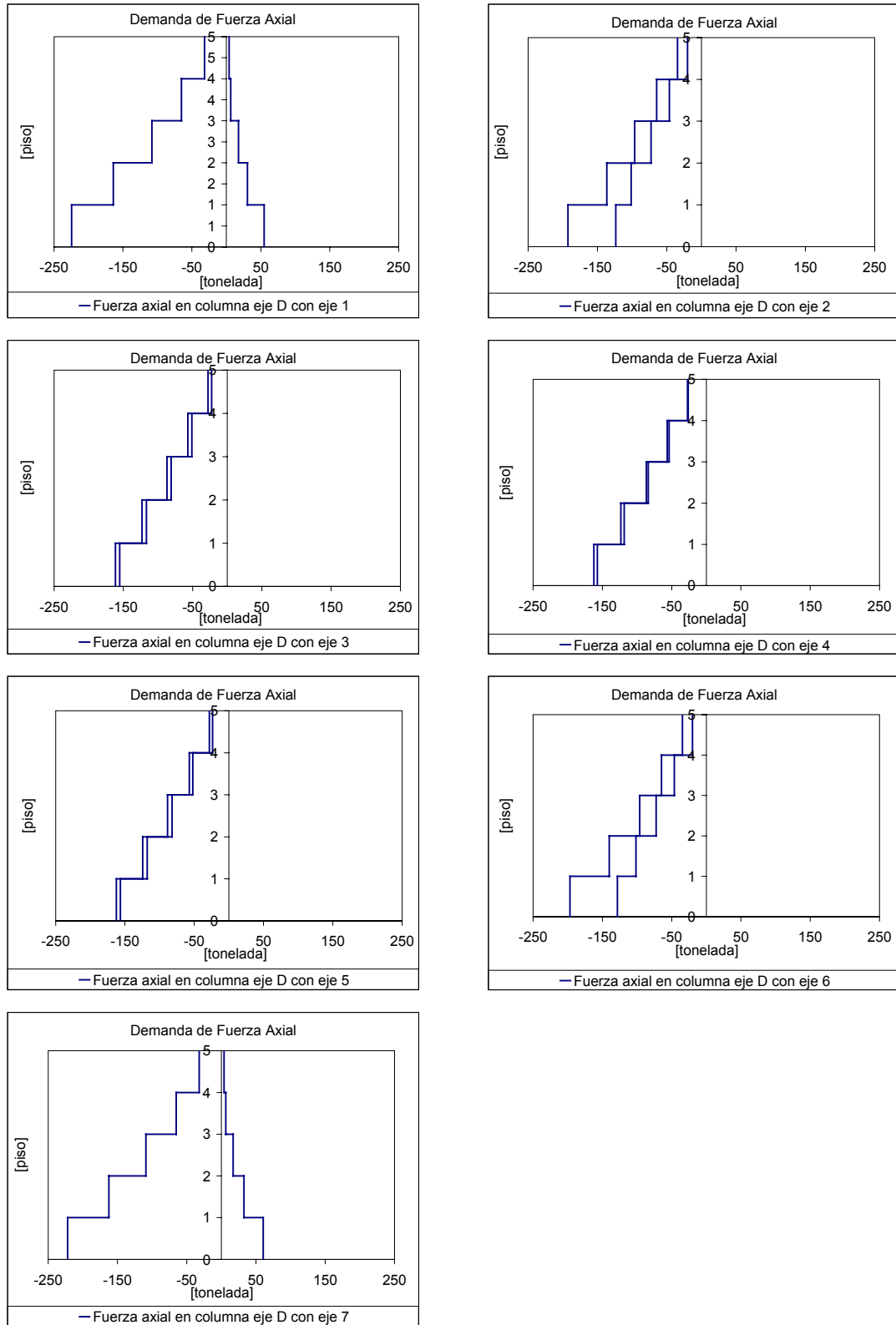


Figura 3-1 Envolventes de fuerza axial en las columnas del eje D, registro de Llolleo N10E, con una razón de amortiguamiento de 2% respecto al crítico.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

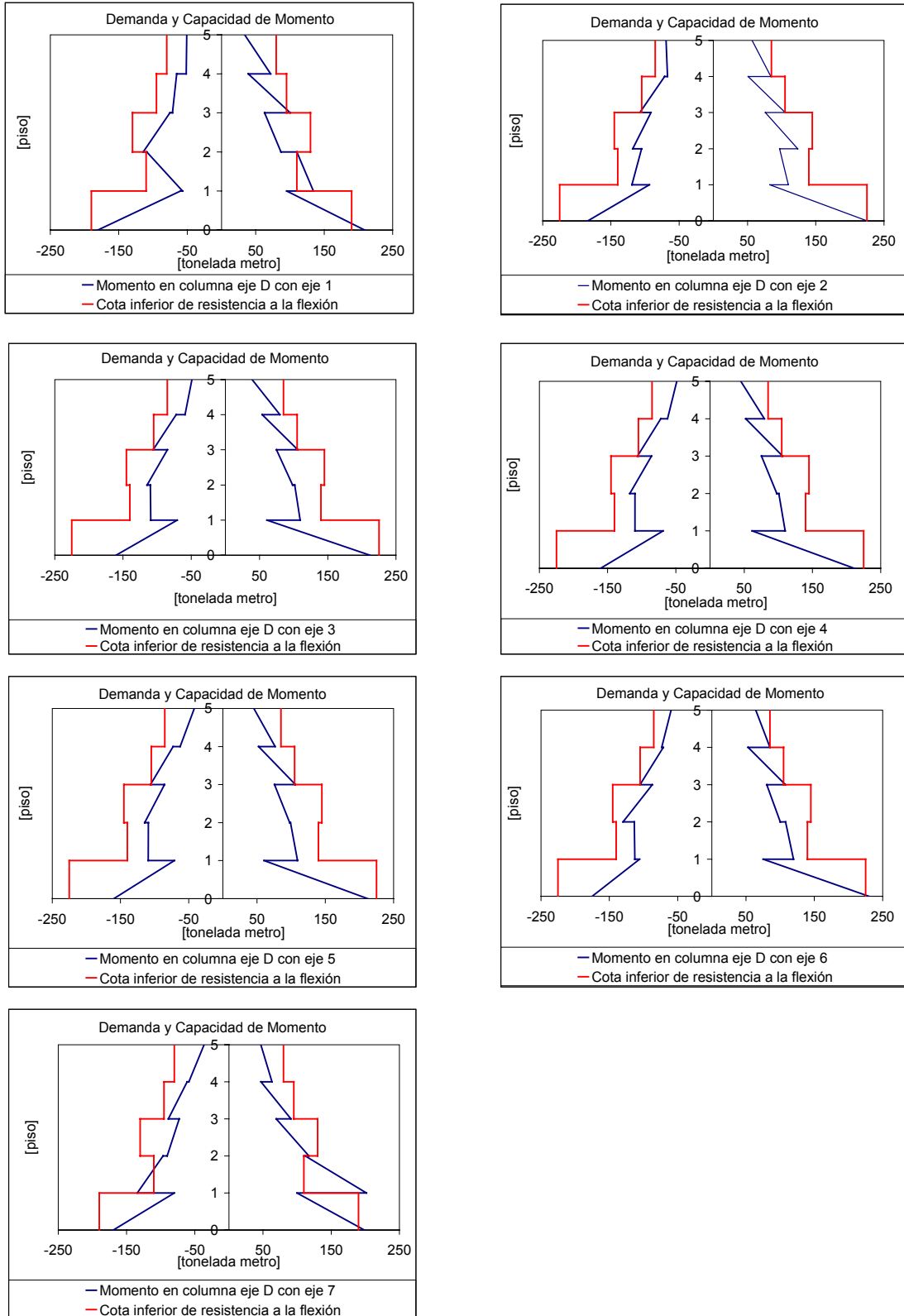


Figura 3-2 Envolventes de momento en las columnas del eje D, registro de Lillole N10E, con una razón de amortiguamiento de 2% respecto al crítico.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

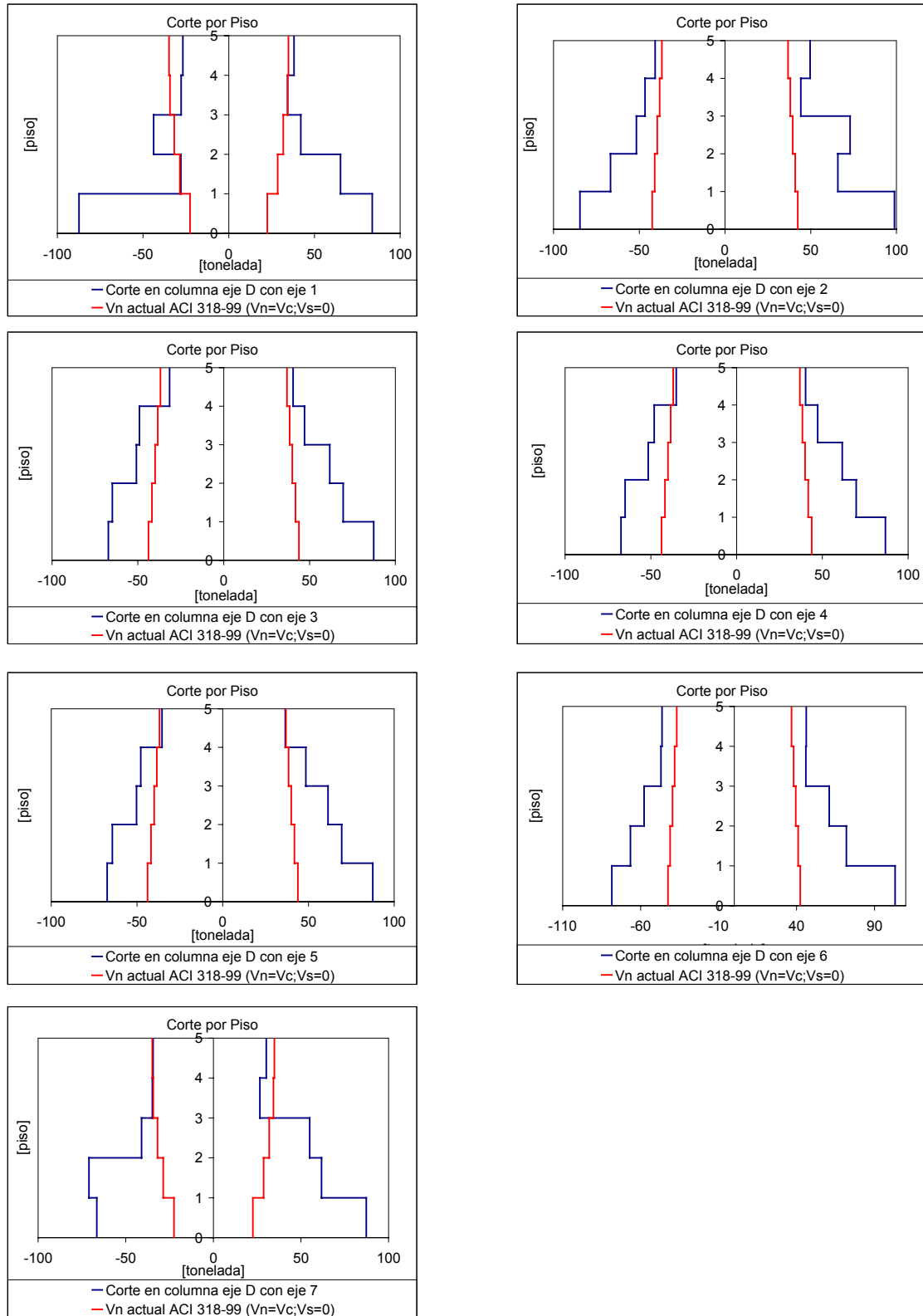


Figura 3-3 Envolventes de corte en las columnas del eje D, registro de Lolloe N10E, con una razón de amortiguamiento de 2% respecto al crítico.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

3.2.1.2 Cálculo para una razón de amortiguamiento de un 5 por ciento respecto del crítico

La tabla 3.2 muestra las envolventes de fuerza axial, corte y momento en las columnas del eje D, considerando una razón de amortiguamiento de un 5% respecto del crítico, determinadas, del registro de Llolleo N10E. La fuerza axial es de valor positivo para tracción.

Columna eje D con eje 1						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	67.51	-237.20	182.40	-183.40	70.76	-81.37
1	67.51	-237.20	93.83	-44.17	70.76	-81.37
1	33.80	-165.50	134.90	-63.97	70.93	-26.63
2	33.80	-165.50	106.40	-126.90	70.93	-26.63
2	18.48	-109.50	80.46	-88.40	45.41	-47.73
3	18.48	-109.50	58.20	-63.46	45.41	-47.73
3	7.03	-66.22	78.66	-53.33	32.58	-26.01
4	7.03	-66.22	45.37	-57.57	32.58	-26.01
4	4.23	-32.73	53.17	-39.75	32.65	-18.35
5	4.23	-32.73	34.54	-49.85	32.65	-18.35

Tabla 3.2a

Columna eje D con eje 2						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-122.4	-199	205.2	-196.7	90.74	-88.79
1	-122.4	-199	85.7	-86.41	90.74	-88.79
1	-100.9	-138.6	110.6	-120	66.65	-65.68
2	-100.9	-138.6	91.95	-105.2	66.65	-65.68
2	-72.23	-96.45	98.91	-95.91	63.95	-55.32
3	-72.23	-96.45	82.66	-85.42	63.95	-55.32
3	-46.27	-64.54	96.17	-81.79	43.1	-41.37
4	-46.27	-64.54	59.84	-65.79	43.1	-41.37
4	-19.8	-34.37	71.31	-42.15	45.83	-32.94
5	-19.8	-34.37	58.49	-68.91	45.83	-32.94

Tabla 3.2b

Columna eje D con eje 3						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-150.8	-162.3	193.4	-171.9	81.23	-66.96
1	-150.8	-162.3	57.76	-67.48	81.23	-66.96
1	-111.6	-123	109.8	-109.2	67.32	-66.54
2	-111.6	-123	100.6	-102.5	67.32	-66.54
2	-77.62	-86.48	81.58	-89.96	54.25	-50.9
3	-77.62	-86.48	80.96	-82.08	54.25	-50.9
3	-52.05	-56.6	97.04	-84.26	45.34	-43.92
4	-52.05	-56.6	62.93	-64.83	45.34	-43.92
4	-23.6	-27.86	61.54	-37.93	35.1	-23.52
5	-23.6	-27.86	41.62	-50.29	35.1	-23.52

Tabla 3.2c

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Columna eje D con eje 4						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-155.2	-163.3	193.1	-172.6	81.43	-67.65
1	-155.2	-163.3	60.62	-67.32	81.43	-67.65
1	-118.6	-123.3	110	-110	68.01	-65.88
2	-118.6	-123.3	97.76	-105.9	68.01	-65.88
2	-83.96	-87.32	81.5	-88.8	53.86	-51.4
3	-83.96	-87.32	81.39	-81.73	53.86	-51.4
3	-53.98	-57.44	97.35	-83.29	45.38	-42.93
4	-53.98	-57.44	61.32	-65.41	45.38	-42.93
4	-25.91	-27.04	61.2	-38.67	34.74	-27.12
5	-25.91	-27.04	46.82	-48.57	34.74	-27.12

Tabla 3.2d

Columna eje D con eje 5						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-156.2	-165.9	193.4	-173.1	81.58	-68.05
1	-156.2	-165.9	57.47	-67.57	81.58	-68.05
1	-118	-128	110.2	-109.5	67.3	-65.87
2	-118	-128	98.09	-102.9	67.3	-65.87
2	-81.87	-92.12	81.47	-90.7	53.49	-51.43
3	-81.87	-92.12	81.66	-81.54	53.49	-51.43
3	-52.23	-57.33	98.48	-83.15	46.56	-42.82
4	-52.23	-57.33	61.25	-65.99	46.56	-42.82
4	-23.56	-27.73	58.2	-38.47	31.23	-27.39
5	-23.56	-27.73	47.45	-42.35	31.23	-27.39

Tabla 3.2e

Columna eje D con eje 6						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-124.3	-197.7	210.6	-187.4	97	-80.38
1	-124.3	-197.7	73.63	-98.23	97	-80.38
1	-102.4	-138	120.1	-113.3	64.93	-66.84
2	-102.4	-138	102.9	-92.71	64.93	-66.84
2	-71.19	-96	89.99	-98.8	58.82	-54.58
3	-71.19	-96	87.72	-82.09	58.82	-54.58
3	-46.14	-64.66	94.52	-83.61	42.67	-42.59
4	-46.14	-64.66	60.29	-65.87	42.67	-42.59
4	-20.2	-34.64	65.95	-46.52	40.55	-38.22
5	-20.2	-34.64	67.79	-61.26	40.55	-38.22

Tabla 3.2f

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Columna eje D con eje 7						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	68.23	-232.5	191.3	-169.9	79.01	-63.76
1	68.23	-232.5	81.91	-72.78	79.01	-63.76
1	33.04	-165.6	184.3	-136.1	66.24	-59.62
2	33.04	-165.6	70.56	-61.63	66.24	-59.62
2	18.23	-109.3	95.02	-83.68	49.76	-42.24
3	18.23	-109.3	59.71	-59.12	49.76	-42.24
3	7.466	-65.44	68.51	-57.25	26.3	-28.72
4	7.466	-65.44	49.63	-53.53	26.3	-28.72
4	4.905	-32.11	43.44	-39.49	24.18	-26.2
5	4.905	-32.11	47.52	-36.08	24.18	-26.2

Tabla 3.2g

Tabla 3-1 Envolventes de fuerza axial, momento y corte en las columnas del eje D, registro de Llolleo N10E, con una razón de amortiguamiento de 5% respecto al crítico.

La figura 3.4 a la 3.6 muestran las envolventes de capacidad y demanda de fuerza axial, corte y momento en cada columna del eje D, del registro de Llolleo N10E, con una razón de amortiguamiento de 5%.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

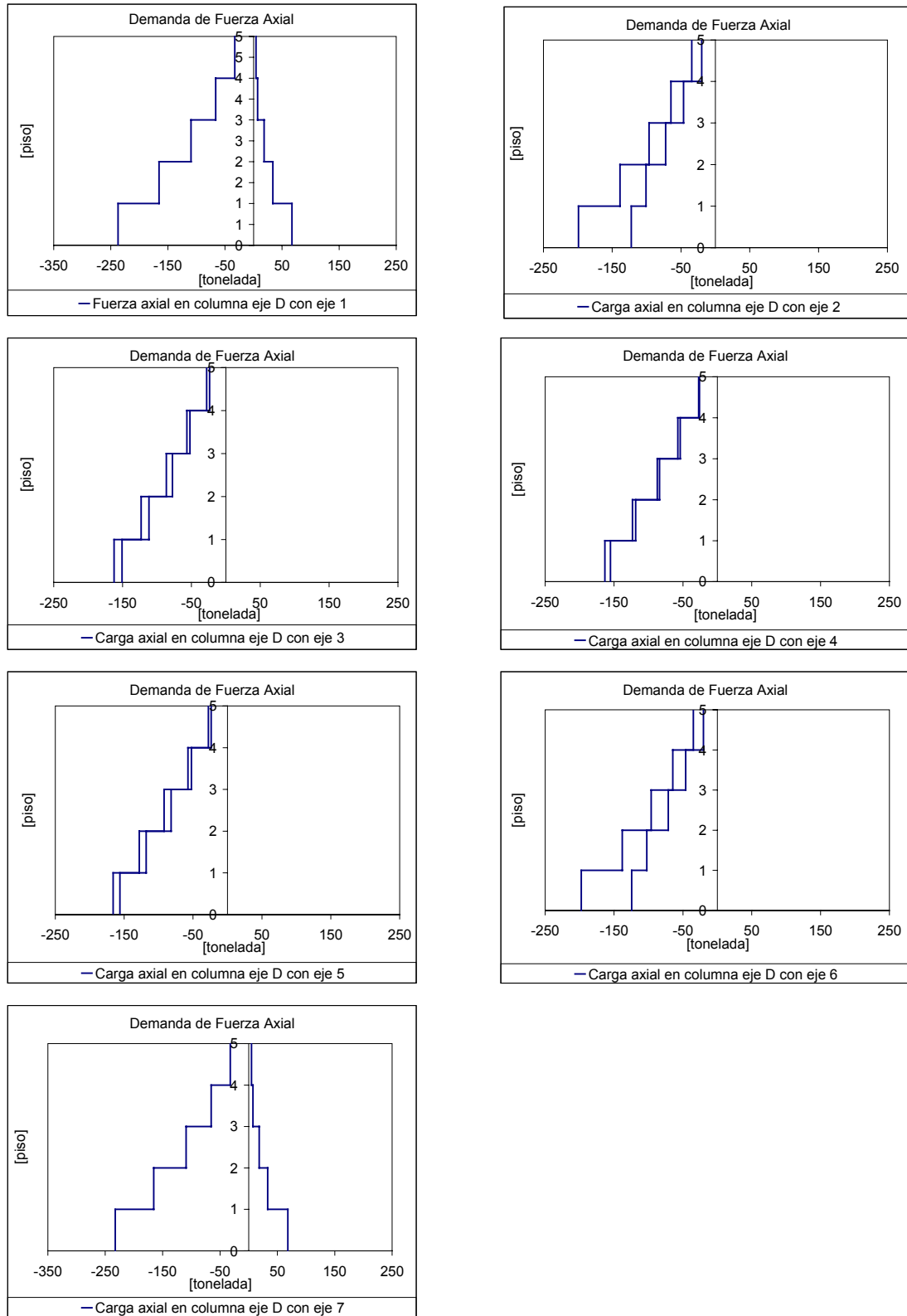


Figura 3-1 Envolventes de fuerza axial en las columnas del eje D, registro de Lolloe N10E, con una razón de amortiguamiento de 5% respecto al crítico

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

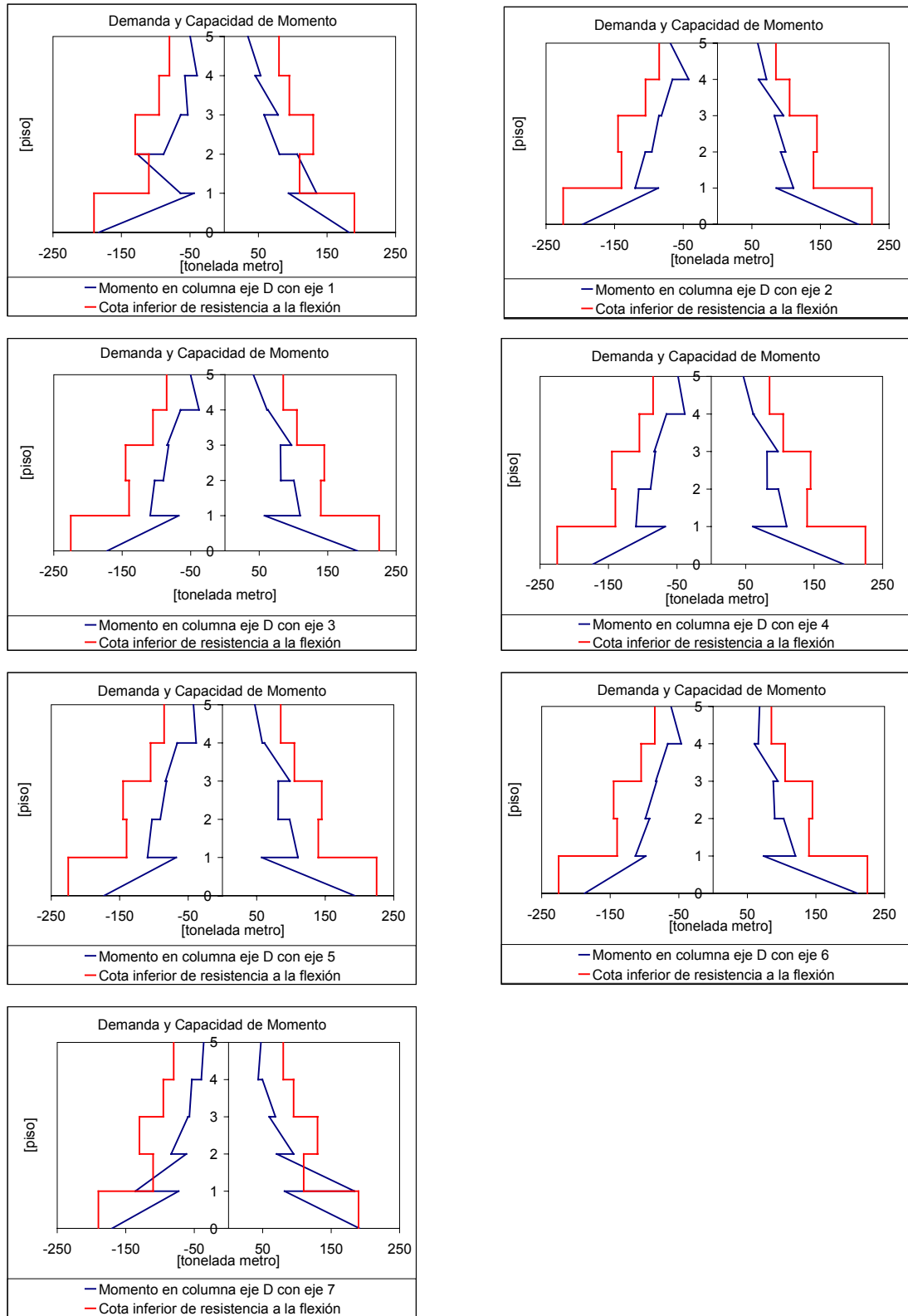


Figura 3-2 Envolventes de momento en las columnas del eje D, registro de Lillole N10E, con una razón de amortiguamiento de 5% respecto al crítico.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

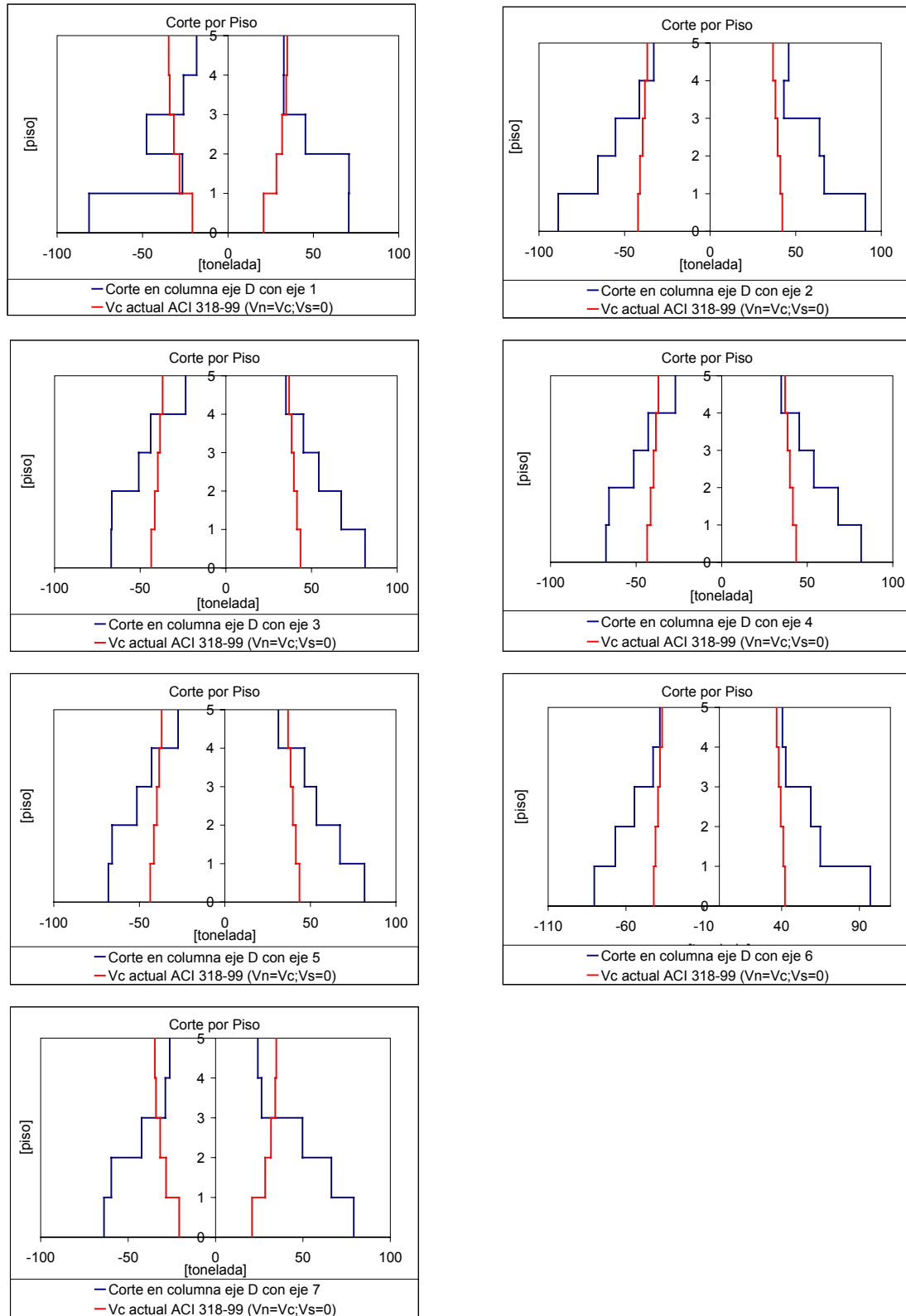


Figura 3-3 Envolventes de corte en las columnas del eje D, registro de Llolejo N10E, con una razón de amortiguamiento de 5% respecto al crítico.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

3.2.2 Registro de Viña del Mar S20W, escalado a 0,55 g.

3.2.2.1 Cálculo para una razón de amortiguamiento de un 2 por ciento respecto del crítico

La tabla 3.3 muestra las envolventes de fuerza axial, corte y momento en las columnas del eje D considerando una razón de amortiguamiento de un 2% respecto del crítico, del registro de viña del mar S20W escalado a 0,55 g. La fuerza axial es de valor positivo para tracción.

Columna eje D con eje 1						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	67.11	-233.10	152.00	-191.10	55.69	-87.17
1	67.11	-233.10	83.48	-41.69	55.69	-87.17
1	35.34	-163.70	135.50	-53.73	67.48	-23.55
2	35.34	-163.70	52.39	-115.90	67.48	-23.55
2	18.56	-107.10	46.75	-99.65	31.82	-45.91
3	18.56	-107.10	57.02	-50.46	31.82	-45.91
3	6.17	-63.71	55.08	-36.68	33.55	-19.42
4	6.17	-63.71	58.66	-57.17	33.55	-19.42
4	3.53	-31.04	30.78	-36.14	22.08	-16.78
5	3.53	-31.04	39.39	-50.82	22.08	-16.78

Tabla 3.3a

Columna eje D con eje 2						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-122.60	-197.10	189.50	-196.60	80.41	-86.62
1	-122.60	-197.10	82.43	-66.35	80.41	-86.62
1	-102.30	-137.50	109.20	-120.00	63.40	-76.22
2	-102.30	-137.50	120.00	-99.67	63.40	-76.22
2	-73.91	-96.32	103.20	-60.48	58.38	-45.98
3	-73.91	-96.32	88.33	-80.54	58.38	-45.98
3	-46.86	-64.31	55.03	-70.35	39.86	-43.00
4	-46.86	-64.31	78.21	-70.61	39.86	-43.00
4	-20.36	-34.32	42.83	-30.80	33.92	-28.41
5	-20.36	-34.32	63.75	-67.48	33.92	-28.41

Tabla 3.3b

Columna eje D con eje 3						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-156.40	-161.20	167.40	-178.20	61.53	-69.94
1	-156.40	-161.20	48.88	-52.06	61.53	-69.94
1	-118.10	-122.50	109.60	-110.40	62.46	-69.21
2	-118.10	-122.50	109.50	-87.23	62.46	-69.21
2	-82.32	-86.61	91.73	-57.61	50.37	-44.42
3	-82.32	-86.61	86.77	-75.41	50.37	-44.42
3	-52.36	-56.67	57.23	-70.60	41.24	-44.06
4	-52.36	-56.67	83.36	-72.28	41.24	-44.06
4	-23.70	-28.00	35.33	-32.20	24.18	-20.66
5	-23.70	-28.00	45.63	-50.33	24.18	-20.66

Tabla 3.3c

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Columna eje D con eje 4						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-159.00	-162.40	167.30	-177.80	61.51	-68.82
1	-159.00	-162.40	49.12	-54.10	61.51	-68.82
1	-120.60	-123.50	110.00	-110.00	62.73	-69.82
2	-120.60	-123.50	110.00	-87.68	62.73	-69.82
2	-84.80	-86.11	89.35	-57.49	50.15	-44.65
3	-84.80	-86.11	87.36	-75.46	50.15	-44.65
3	-54.89	-56.25	57.01	-70.19	41.35	-43.17
4	-54.89	-56.25	81.19	-72.33	41.35	-43.17
4	-26.13	-27.52	34.88	-33.01	24.12	-23.88
5	-26.13	-27.52	52.66	-50.19	24.12	-23.88

Tabla 3.3d

Columna eje D con eje 5						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-154.50	-161.10	168.00	-178.10	62.05	-68.81
1	-154.50	-161.10	48.08	-53.44	62.05	-68.81
1	-116.00	-122.50	110.10	-109.70	62.60	-69.27
2	-116.00	-122.50	109.10	-87.85	62.60	-69.27
2	-80.56	-86.54	87.40	-57.54	49.84	-44.65
3	-80.56	-86.54	87.49	-76.29	49.84	-44.65
3	-52.37	-56.50	58.12	-69.14	42.48	-42.91
4	-52.37	-56.50	81.02	-74.40	42.48	-42.91
4	-23.76	-27.75	32.72	-33.77	20.52	-24.52
5	-23.76	-27.75	53.16	-43.04	20.52	-24.52

Tabla 3.3e

Columna eje D con eje 6						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-125.90	-197.00	186.60	-199.70	78.08	-82.56
1	-125.90	-197.00	74.41	-64.29	78.08	-82.56
1	-101.60	-137.70	119.80	-112.00	65.20	-66.47
2	-101.60	-137.70	106.50	-86.29	65.20	-66.47
2	-73.66	-95.62	91.45	-85.71	51.85	-61.03
3	-73.66	-95.62	95.19	-77.38	51.85	-61.03
3	-46.81	-63.97	57.30	-63.77	39.54	-39.41
4	-46.81	-63.97	78.07	-69.09	39.54	-39.41
4	-20.33	-34.13	37.66	-38.84	28.82	-34.34
5	-20.33	-34.13	72.27	-60.73	28.82	-34.34

Tabla 3.3f

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Columna eje D con eje 7						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	66.49	-233.20	184.00	-238.80	87.22	-102.70
1	66.49	-233.20	86.30	-90.77	87.22	-102.70
1	32.90	-167.00	27.84	-50.32	15.97	-26.42
2	32.90	-167.00	33.11	-22.45	15.97	-26.42
2	16.69	-109.80	100.30	-117.60	51.17	-65.45
3	16.69	-109.80	67.38	-47.65	51.17	-65.45
3	4.85	-64.77	38.76	-41.93	22.02	-21.01
4	4.85	-64.77	64.11	-49.87	22.02	-21.01
4	3.21	-31.39	28.44	-35.17	16.98	-24.35
5	3.21	-31.39	52.25	-37.04	16.98	-24.35

Tabla 3.3g

Tabla 3-2 Envolventes de fuerza axial, momento y corte en las columnas del eje D, registro de Viña del mar S20W, con una razón de amortiguamiento de 2% respecto al crítico.

La figura 3.7 a la 3.10 muestran las envolventes de capacidad y demanda de fuerza axial, corte y momento en cada columna del eje D, del registro de Viña del mar S20W, con razón de amortiguamiento de 2%.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

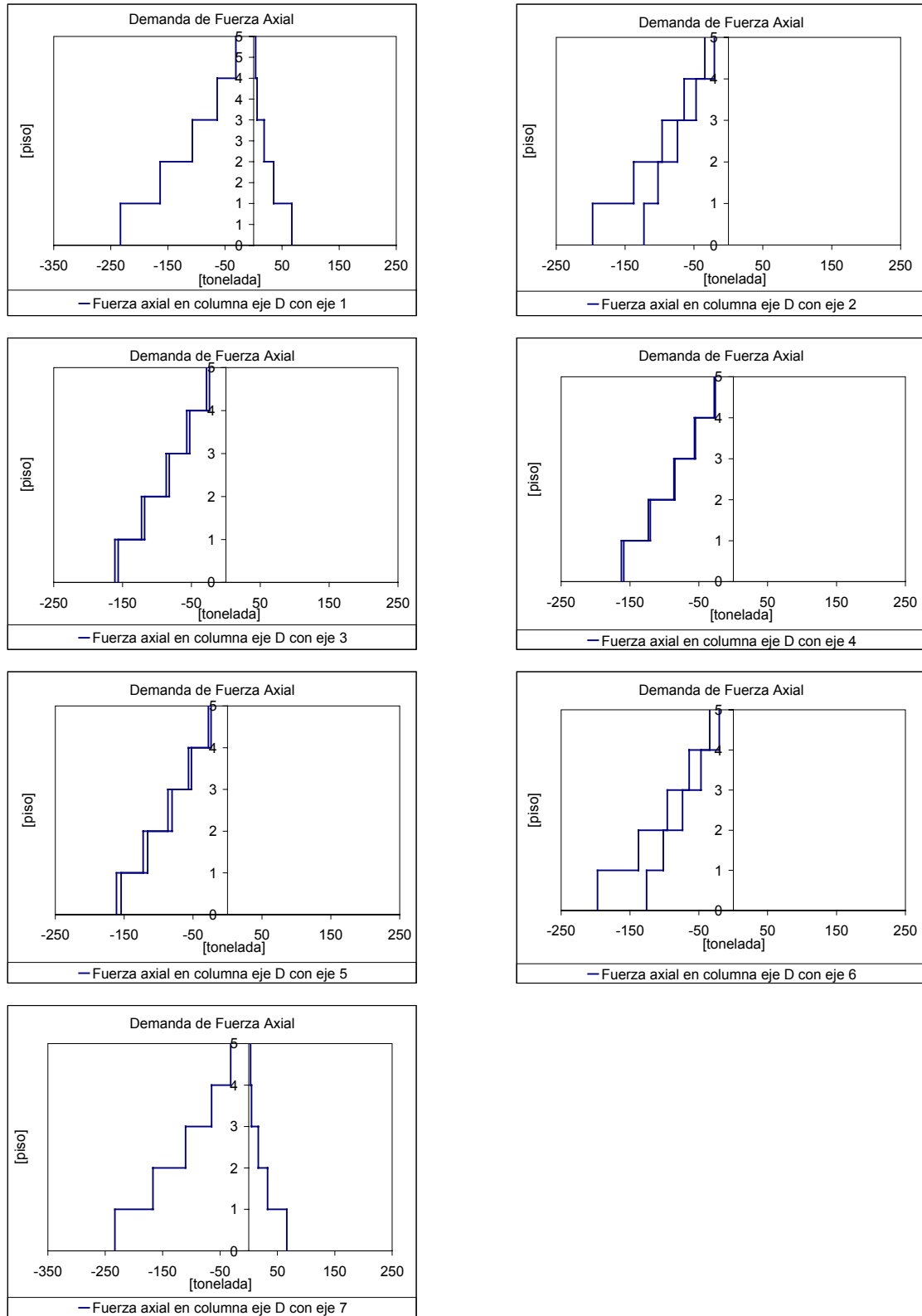


Figura 3-4 Envolventes de fuerza axial en las columnas del eje D, registro de Viña del mar S20W, con una razón de amortiguamiento de 2% respecto al crítico.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

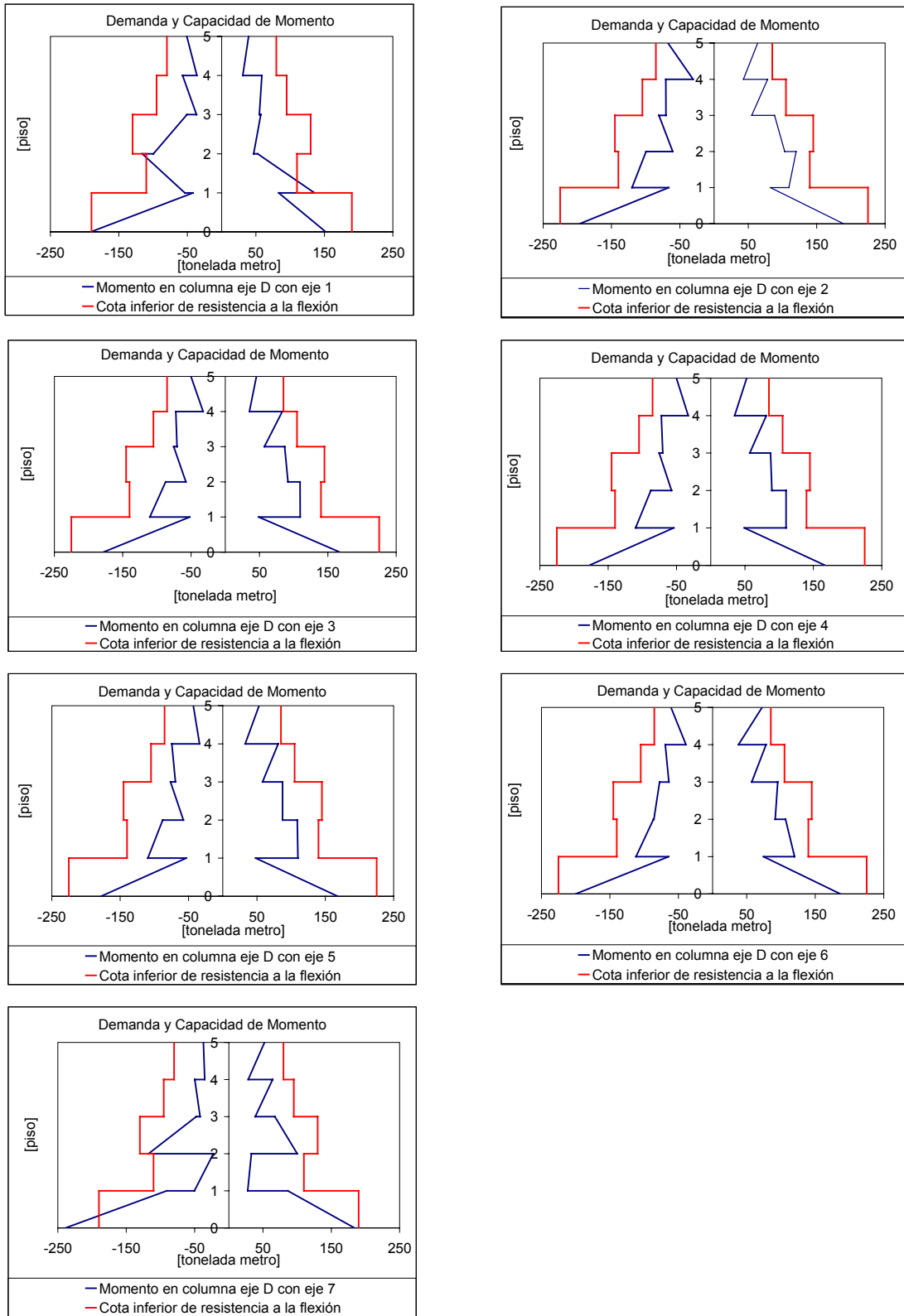


Figura 3-5 Envolventes de momento en las columnas del eje D, registro de Viña del mar S20W, con una razón de amortiguamiento de 2% respecto al crítico.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

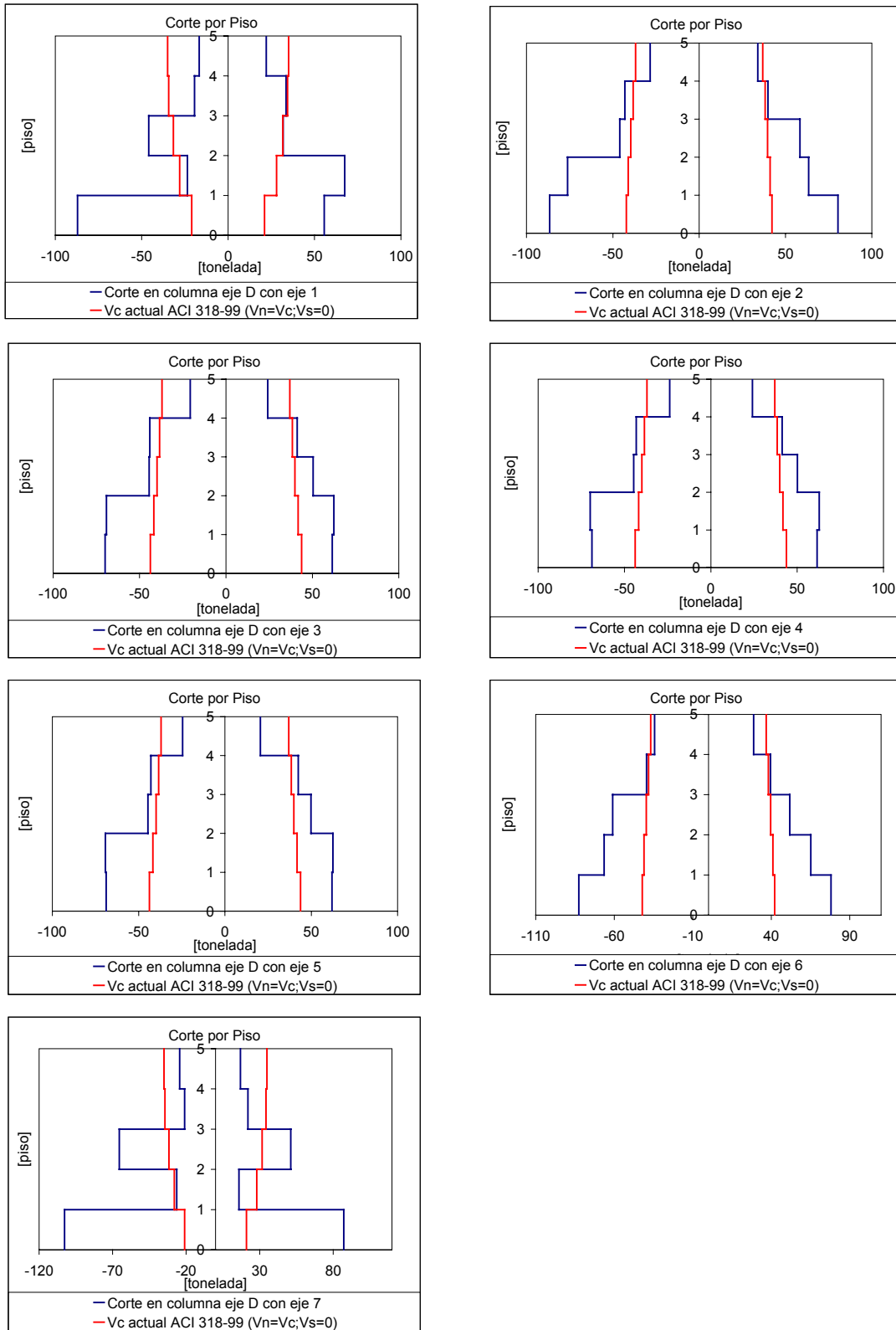


Figura 3-6 Envolturas de corte en las columnas del eje D, registro de Viña del mar S20W, con una razón de amortiguamiento de 2% respecto al crítico.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

3.2.1.3 Cálculo para una razón de amortiguamiento de un 5 por ciento respecto del crítico

La tabla 3.4 muestra las envolventes de fuerza axial, corte y momento en las columnas del eje D, considerando una razón de amortiguamiento de un 5% respecto del crítico, del registro de viña del mar S20W escalado a 0,55 g. La fuerza axial es de valor positivo para tracción.

Columna eje D con eje 1						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	71.8	-237.4	162.4	-191.2	52.03	-85.35
1	71.8	-237.4	82.82	-32.33	52.03	-85.35
1	37.91	-165.8	136.2	-70.59	59.8	-31.99
2	37.91	-165.8	54.14	-94.19	59.8	-31.99
2	20.13	-108.2	78.23	-99.04	39.63	-52.08
3	20.13	-108.2	48.16	-50.93	39.63	-52.08
3	6.722	-64.07	54.85	-41.57	29.47	-25.54
4	6.722	-64.07	49.29	-54.85	29.47	-25.54
4	3.855	-31.21	21.98	-24.28	19.52	-13.14
5	3.855	-31.21	37.53	-51.17	19.52	-13.14

Tabla 3.4a

Columna eje D con eje 2						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-121.2	-199	199.3	-213.6	83.45	-87.57
1	-121.2	-199	80.82	-64.35	83.45	-87.57
1	-102.3	-137.4	109.4	-120.3	66.04	-65.02
2	-102.3	-137.4	87.17	-99.39	66.04	-65.02
2	-73.77	-96.2	80.58	-98.76	56.13	-57.37
3	-73.77	-96.2	80.15	-82.1	56.13	-57.37
3	-46.59	-64.43	59.81	-56.48	39.75	-38.57
4	-46.59	-64.43	69	-68.98	39.75	-38.57
4	-20.13	-34.36	31	-24.62	32.15	-26.84
5	-20.13	-34.36	62.05	-67.97	32.15	-26.84

Tabla 3.4b

Columna eje D con eje 3						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-157.1	-161	176.9	-196.3	64.58	-69.73
1	-157.1	-161	46.64	-48.63	64.58	-69.73
1	-117.9	-122.3	109.6	-109.7	60.6	-64.4
2	-117.9	-122.3	94.39	-83.92	60.6	-64.4
2	-82.1	-86.42	77.75	-93.21	50.81	-54.61
3	-82.1	-86.42	77.73	-76.95	50.81	-54.61
3	-52.35	-56.49	58.68	-61.15	40.4	-41.57
4	-52.35	-56.49	74.25	-70.52	40.4	-41.57
4	-23.73	-27.74	22.18	-19.73	22.44	-17.73
5	-23.73	-27.74	44.02	-50.33	22.44	-17.73

Tabla 3.4c

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Columna eje D con eje 4						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-158.7	-161.1	177	-195.7	64.63	-69.2
1	-158.7	-161.1	47.48	-49.18	64.63	-69.2
1	-120.7	-122.2	109.9	-110	60.81	-64.73
2	-120.7	-122.2	93.96	-83.54	60.81	-64.73
2	-84.89	-86.34	76.37	-93.38	50.72	-54.91
3	-84.89	-86.34	78.42	-76.8	50.72	-54.91
3	-55	-56.47	58.89	-60.68	40.48	-40.45
4	-55	-56.47	72.09	-70.73	40.48	-40.45
4	-26.34	-27.78	21.54	-20.83	21.92	-21.35
5	-26.34	-27.78	50.94	-49.95	21.92	-21.35

Tabla 3.4d

Columna eje D con eje 5						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-156.6	-161.3	177.1	-196	64.55	-69.4
1	-156.6	-161.3	47.07	-48.33	64.55	-69.4
1	-118	-122.4	109.9	-109.9	60.74	-64.8
2	-118	-122.4	94.19	-84.07	60.74	-64.8
2	-82.35	-86.55	75.73	-93.66	50.45	-55.04
3	-82.35	-86.55	78.46	-76.89	50.45	-55.04
3	-52.42	-56.61	59.63	-60.42	41.58	-40.41
4	-52.42	-56.61	71.91	-72.75	41.58	-40.41
4	-23.67	-27.87	19.4	-21.19	18.93	-21.56
5	-23.67	-27.87	51.55	-42.94	18.93	-21.56

Tabla 3.4e

Columna eje D con eje 6						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	-122	-197.4	194.9	-219.6	80.37	-89.66
1	-122	-197.4	69.42	-66.51	80.37	-89.66
1	-101.2	-136.8	119.9	-110.2	63.45	-65.17
2	-101.2	-136.8	101.1	-83.6	63.45	-65.17
2	-73.55	-95.75	77.9	-100.8	52.11	-60.21
3	-73.55	-95.75	85	-78.09	52.11	-60.21
3	-46.52	-64.05	57.26	-60.68	38.81	-38.57
4	-46.52	-64.05	69.22	-67.47	38.81	-38.57
4	-20.24	-34.18	25.4	-28.09	26.52	-32.24
5	-20.24	-34.18	71.34	-60.8	26.52	-32.24

Tabla 3.4f

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Columna eje D con eje 7						
Piso	Fuerza axial mínima [T]	Fuerza axial máxima [T]	Momento máximo [T-m]	Momento mínimo [T-m]	Corte máximo [T]	Corte mínimo [T]
0	69.55	-241.3	183	-193.4	80.62	-66.06
1	69.55	-241.3	40.01	-73.14	80.62	-66.06
1	34.86	-170.1	66.95	-138.4	22.57	-81.63
2	34.86	-170.1	128.6	-58.58	22.57	-81.63
2	17.75	-111.8	85.22	-56.38	43.36	-32.98
3	17.75	-111.8	50.51	-45.14	43.36	-32.98
3	5.208	-65.75	26.37	-45.77	19.31	-31.45
4	5.208	-65.75	55.93	-48.18	19.31	-31.45
4	3.388	-31.63	17.47	-24.99	14.35	-19.48
5	3.388	-31.63	52.87	-37.06	14.35	-19.48

Tabla 3.4g

Tabla 3-1 Envolventes de fuerza axial, momento y corte en las columnas del eje D, registro de Viña del mar S20W, con una razón de amortiguamiento de 5% respecto al crítico.

La figura 3.7 a la 3.10 muestran las envolventes de capacidad y demanda de fuerza axial, corte y momento en cada columna del eje D, del registro de Viña del mar S20W, con una razón de amortiguamiento de 5%.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

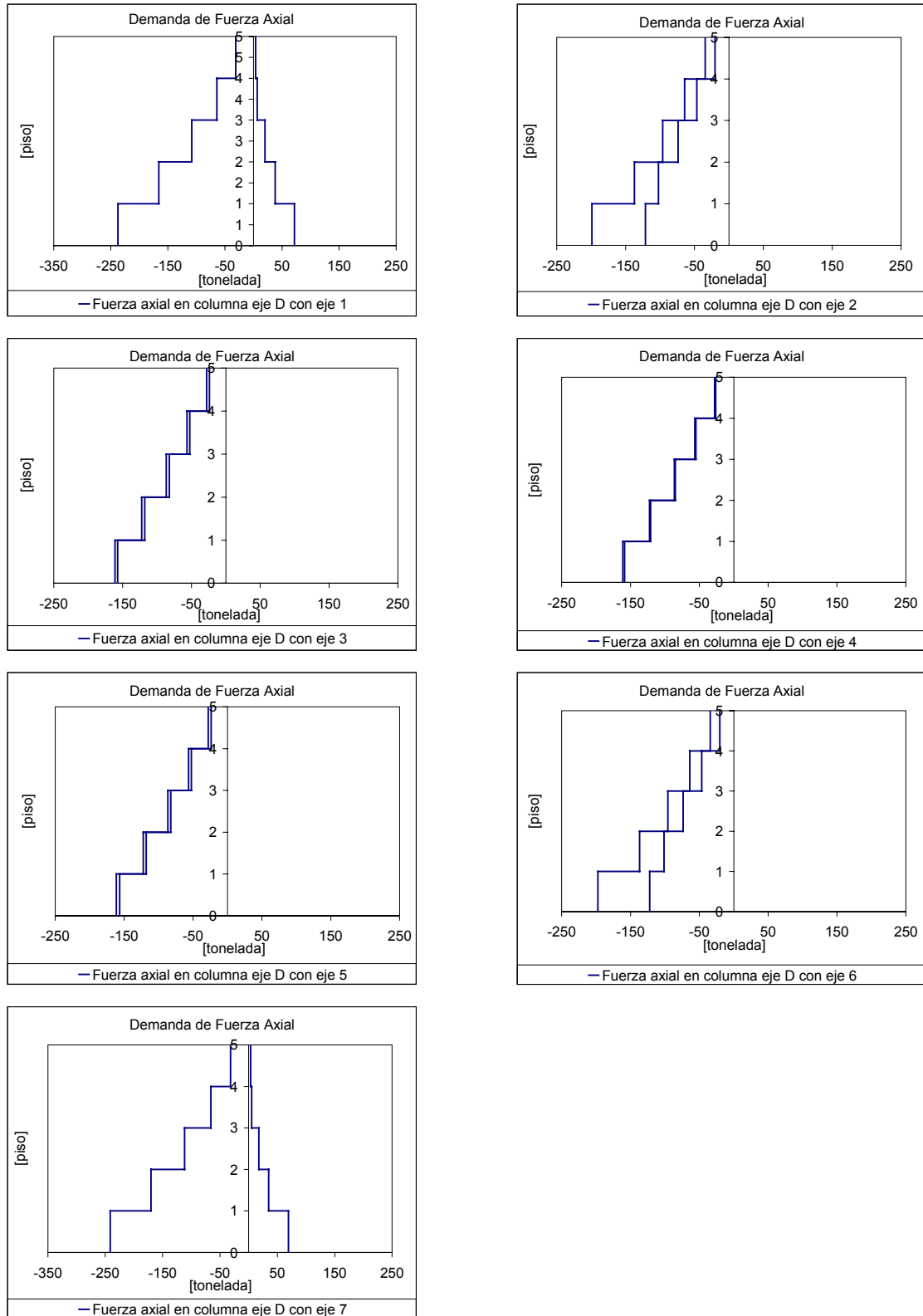


Figura 3-1 Envolventes de fuerza axial en las columnas del eje D, registro de Viña del mar S20W, con una razón de amortiguamiento de 5% respecto al crítico.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

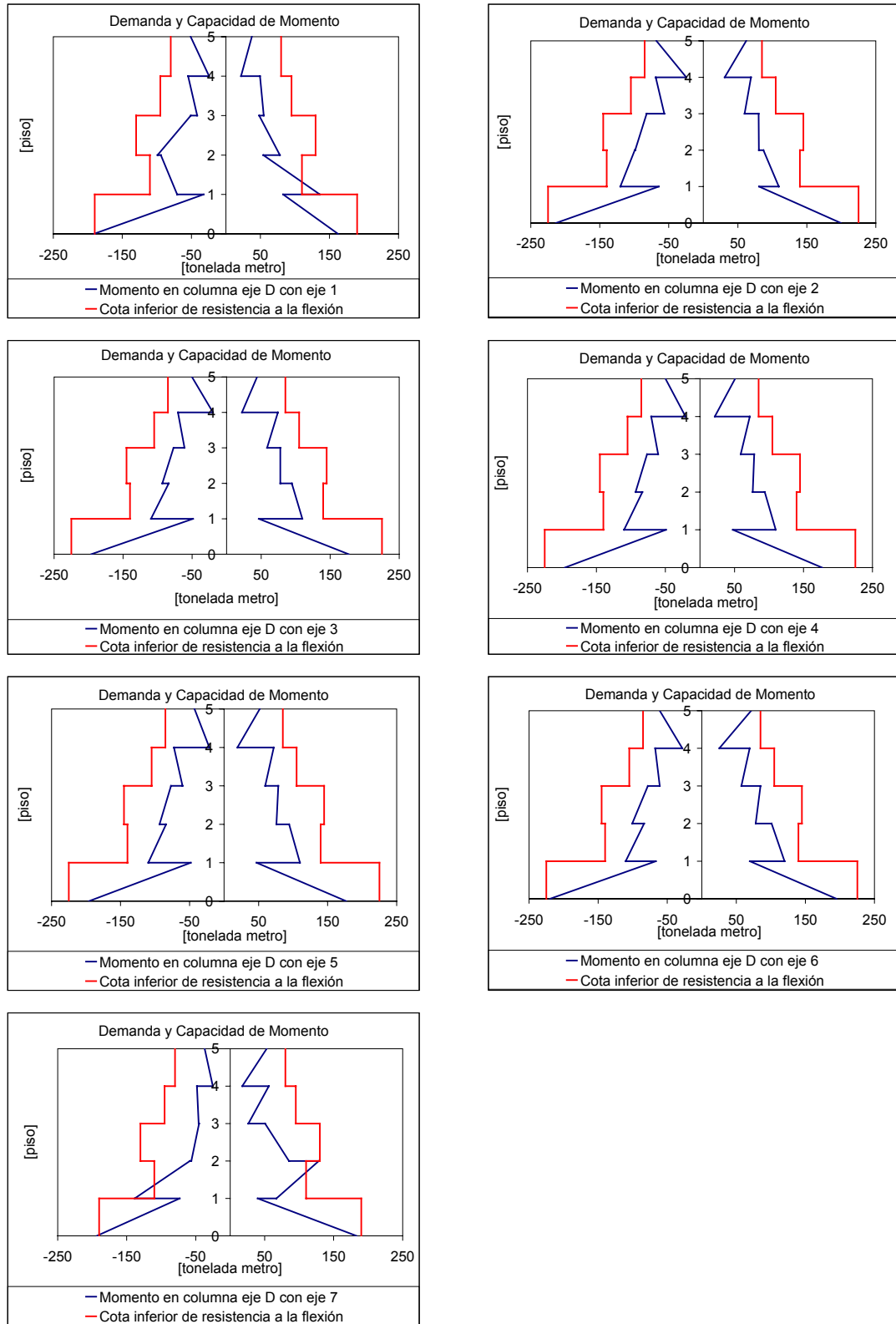


Figura 3-2 Envolventes de momento en las columnas del eje D, registro de Viña del mar S20W, con una razón de amortiguamiento de 5% respecto al crítico

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

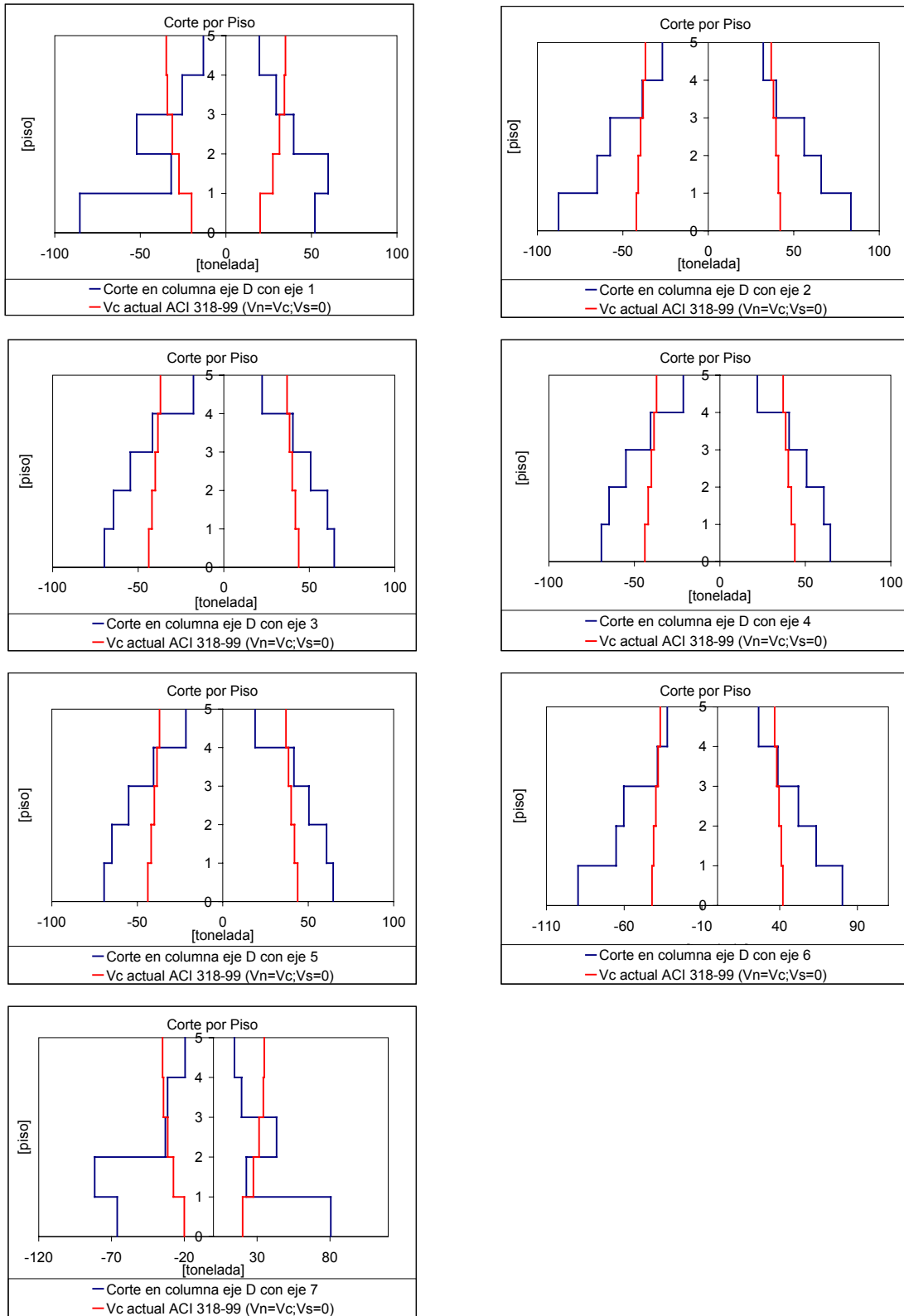


Figura 3-3 Envolventes de corte en las columnas del eje D, registro de Viña del mar S20W, con una razón de amortiguamiento de 5% respecto al crítico.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

De la figura 3.1 a la 3.12 y la tabla 3.1 a la 3.4 , concluyen que ante los registros de Lollole N10E y Viña del Mar escalado S20W escalado a 0.55g, las columnas responderían elásticamente a la flexión excepto en la base de las columnas exteriores de los dos primeros pisos, pudiendo incursionar en respuesta no lineal, fallando todas ellas al corte en los tres primeros pisos. En algunos casos, también en los siguientes dos pisos.

3.3 Evaluación de la armadura de corte en vigas mediante análisis no lineal, considerando el registro de Viña del Mar escalado a 0.55g

Las vigas de los pisos 1 y 2 son de 70 [cm] de ancho y 70 [cm] de alto y poseen estribos dobles, de $\phi 10 @ 20$. La resistencia del hormigón (V_c) es de 36.4 [T] y la resistencia del acero (V_s) de 35,7 [T]. La resistencia total de la viga en esos pisos es de 72.1 [T].

Las vigas de los pisos 3, 4 y 5 son de 60 [cm] de ancho y 70 [cm] de alto y poseen estribos dobles, de $\phi 8 @ 20$. La resistencia del hormigón (V_c) es de 31.2 [T] y la resistencia del acero (V_s) de 22.9 [T]. La resistencia total de la viga en esos pisos es de 54.1 [T].

Al considerar , en la resistencia al corte el aporte del acero y del hormigón, ninguna viga fallaría al corte en los dos registros considerados. Si se desprecia la contribución del hormigón a la resistencia al corte, fallan la viga ubicada entre los ejes 1 y 2 , la viga ubicada entre los ejes 6 y 7 de los dos primeros pisos y todas las vigas del tercer piso.

La figura 3.13. muestra envolventes de corte en las vigas del eje D, para el registro de Viña del Mar escalado a 0.55g.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

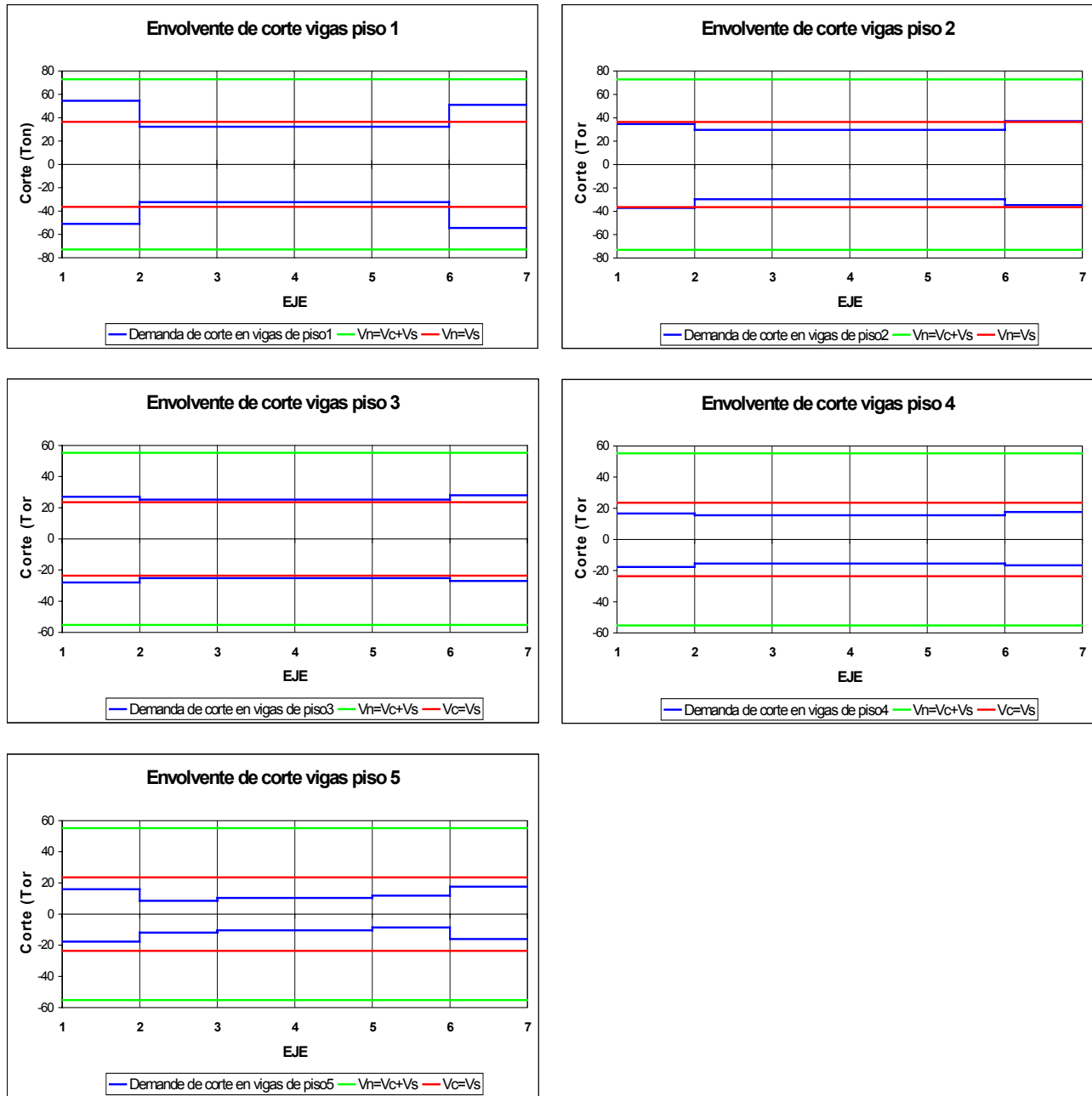


Figura 3-1 Envolventes de corte en las vigas del eje D, para el registro de Viña del Mar escalado a 0.55g.

3.4 Evaluación de la resistencia de las columnas mediante análisis incremental

Consiste en solicitar la estructura con una fuerza lateral monotónica creciente, que además permite determinar una secuencia de los daños en los elementos estructurales, no siendo la que se produciría ante un sismo.

La figura 3.14 muestra la relación corte basal versus desplazamiento del techo para el análisis incremental con dos distribuciones de carga: uniforme en la altura y triangular invertida. Se considera únicamente la carga que toma el eje D, que corresponde a un cuarto de la carga que toma toda la estructura en esta dirección.

Incluyen además, los requerimientos de los registros de Viña del Mar componente S20W escalado a una aceleración máxima de 0.55g, Llolleo componente N10E y la respuesta elástica de la norma NCh433.Of96 [INN, 1996].

La tabla 3.5 muestra la primera falla en una columna del eje D del cuerpo I-1, para las sollicitaciones ya señaladas.

Solicitud	Desplazamiento del techo		Corte Basal		Tipo de falla
	[cm]	% altura	[T]	% peso	
Análisis incremental Distribución uniforme	2.78	0.15	268.5	21.5	Falla por corte en columna eje 1, piso 1
Análisis incremental Distribución triangular	3.09	0.17	230.1	18.4	Falla por corte en columna eje 1, piso 1
Registro de Viña del Mar S20W escalado	3.00	0.16	235.7	18.9	Falla por corte en columna eje 1, piso 1
Registro de Llolleo N10E	2.50	0.14	258.0	20.6	Falla por corte en columna eje 2, piso 1

Tabla 3-1 Falla en columnas del eje D del cuerpo I-1.

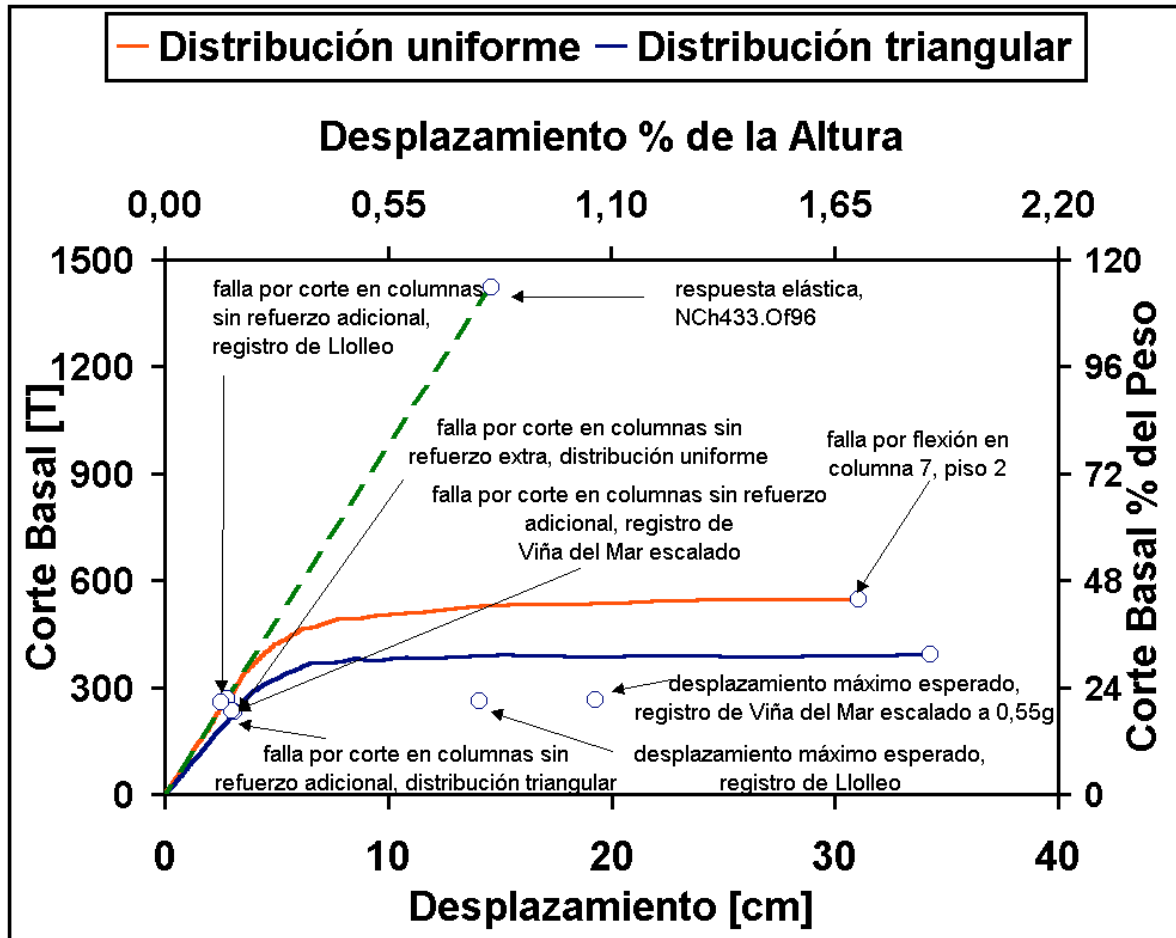


Figura 3-1 Corte basal v/s desplazamiento en el techo, para el eje D del cuerpo I-1.

3.5 Evaluación de la resistencia de las columnas mediante análisis no lineal

3.5.1 Registro de Lolloe

Con la resistencia actual al corte (sin considerar el aporte del acero transversal), la columna con el número 6, según ubicación en el eje que intercepta al eje D, fallaría a los 12.5 [s]. En ese instante, el desplazamiento del techo sería de 2.5 [cm] (1,3% de la altura) y el corte basal de 258 [T] (20.6% del peso).

Si se considera el aporte del acero transversal, fallaría la columna 7 a los 13 [s] a un desplazamiento del techo de 2.6 [cm] (1.4% de la altura) y a un corte basal de 238.1 [T] (19% del peso).

La tabla 3.6 muestra los requerimientos de corte en las columnas del eje D, en el primer piso, a los 12.5 [s] y a los 13 [s].

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Tiempo [s]	Requerimientos de corte para el registro de Lloleo en el primer piso [T]								total	% peso
	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7			
12.5	-35.74	-42.89	-37.90	-38.22	-37.82	-44.55	-20.87	258	20.6	
13	31.10	35.59	30.86	31.11	30.97	33.80	44.71	238.1	19.1	

Tabla 3-1 Requerimientos de corte del registro de Lloleo en el instante de falla

de las columnas sin refuerzo adicional al corte.

La figura 3.15 muestra los requerimientos de corte del registro de Lloleo y la capacidad resistente de la columna 6 en el primer piso, sin considerar el aporte del acero transversal, hasta el instante de falla al corte en la columna.

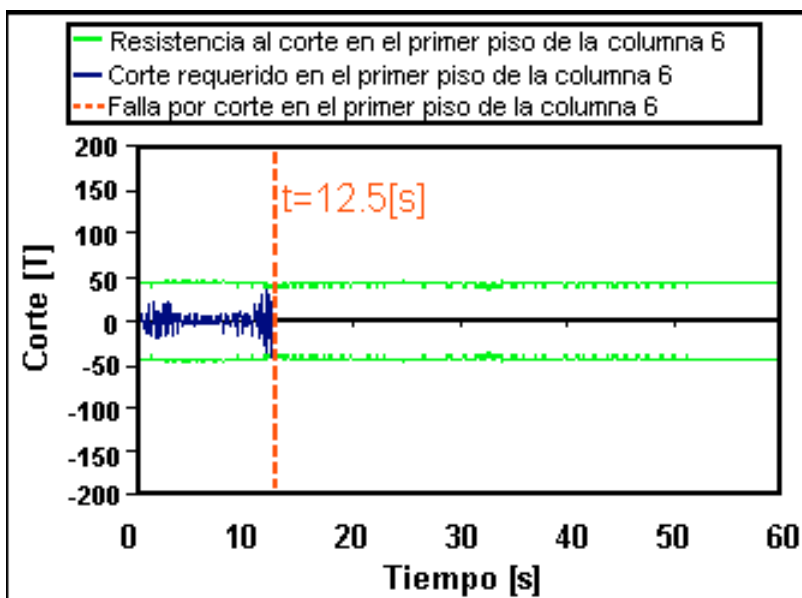


Figura 3-1 Figura 3.15 Requerimiento de corte del registro de Lloleo en la base del primer piso de la columna 6

La figura 3.16 muestra el desplazamiento del techo bajo la sollicitación del registro de Lloleo componente N10E, hasta los 12.5 [s], en el instante en que las columnas fallarían por corte, considerando una razón de amortiguamiento de 2% respecto al crítico. Se muestra la respuesta para el resto del registro, suponiendo que las columnas no fallan al corte. En este intervalo de tiempo, el cálculo se realiza para una razón de amortiguamiento de 5% respecto al crítico, pues se espera un daño importante y gran agrietamiento en los elementos estructurales.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

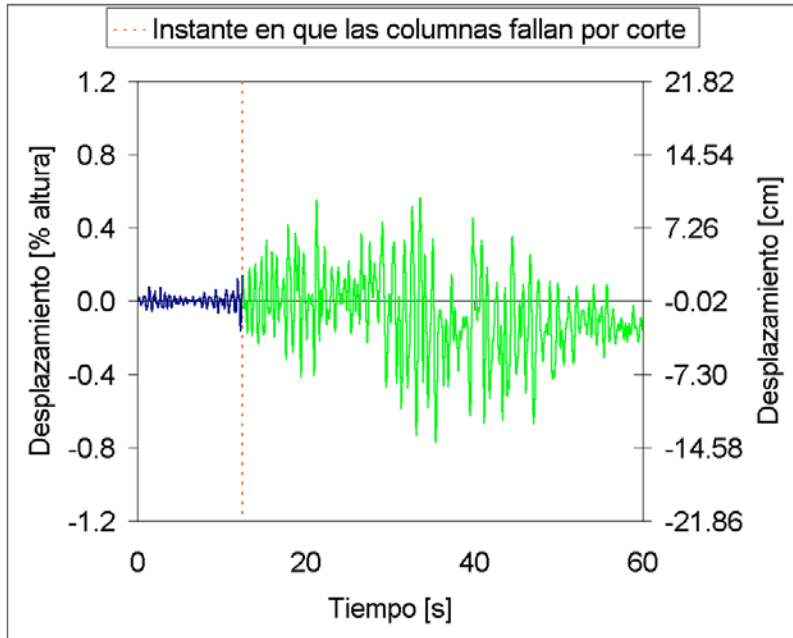


Figura 3-2 Desplazamiento del techo para el registro de Lillole.

La figura 3.17 muestra la relación entre el corte basal y el desplazamiento del techo para el registro de Lillole, hasta el instante en que las columnas fallarían por corte, y hasta el final del registro.

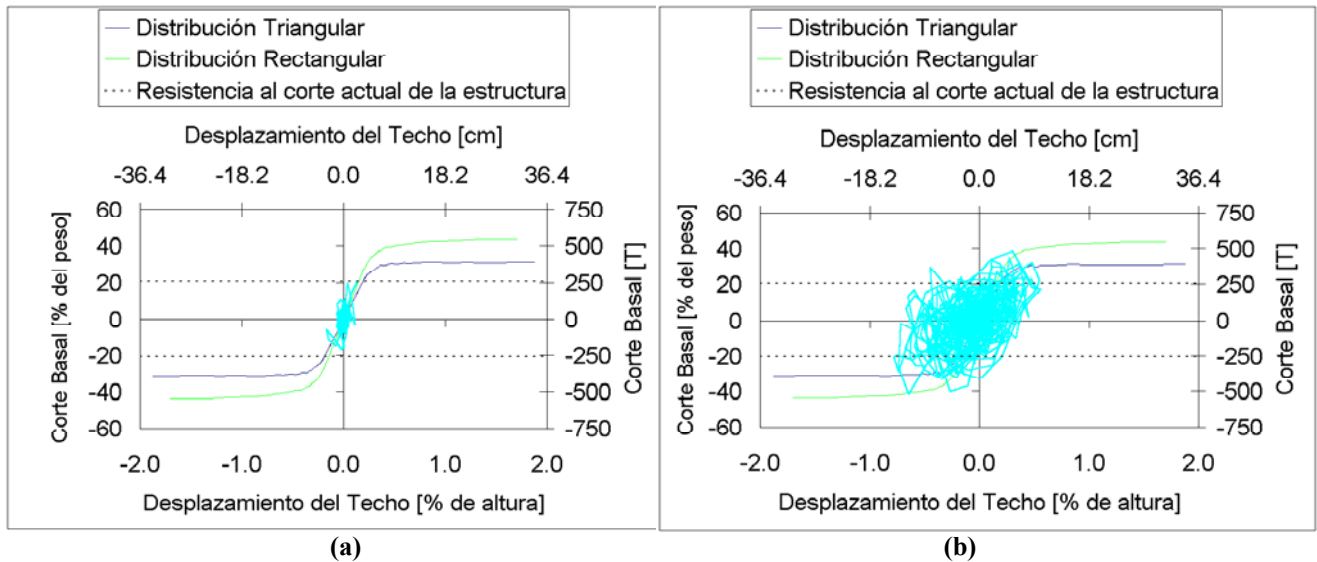


Figura 3-3 Desplazamiento del techo v/s corte basal para el registro de Lillole, componente N10E, (a) considerando la resistencia actual de las columnas y (b) considerando las columnas reforzadas al corte.

3.5.2 Registro de Viña del Mar escalado a 0.55g

Si se considera la resistencia actual al corte y no el aporte del acero transversal, fallaría la columna 1 en el primer piso a los 14.25 [s]. En ese instante, el desplazamiento del techo sería de 3 [cm] (1.6‰ de la altura) y el corte basal de 235.7 [T] (18.9% del peso).

Si se considera el aporte del acero transversal, la columna 7 en el piso 1 y la columna 2 en el piso 2 fallarían a los 14.55 [s], con un desplazamiento del techo de 3.6 [cm] (2,0‰ de la altura), y con un corte basal de 288.7 [T] (23.1% del peso).

La tabla 3.7 muestra los requerimientos de corte en el primer piso de cada columna del eje D a los 14.25 y a los 14.55 segundos.

Tiempo [s]	Requerimientos de corte para el registro de Viña del Mar escalado a 0.55g en el primer piso								
	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7	total	% peso
14.25	-36.73	-36.76	-32.30	-32.61	-32.30	-37.66	-27.35	-235.7	18.9
14.55	25.56	47.30	40.08	40.49	40.11	45.70	49.44	288.7	23.1

Tabla 3-1 Requerimientos de corte del registro de Viña del Mar S20W escalado en el instante de falla de las columnas sin refuerzo adicional al corte.

La figura 3.18 muestra los requerimientos de corte del registro de Viña del Mar escalado a 0.55g y la capacidad resistente de la columna 1 en el primer piso.

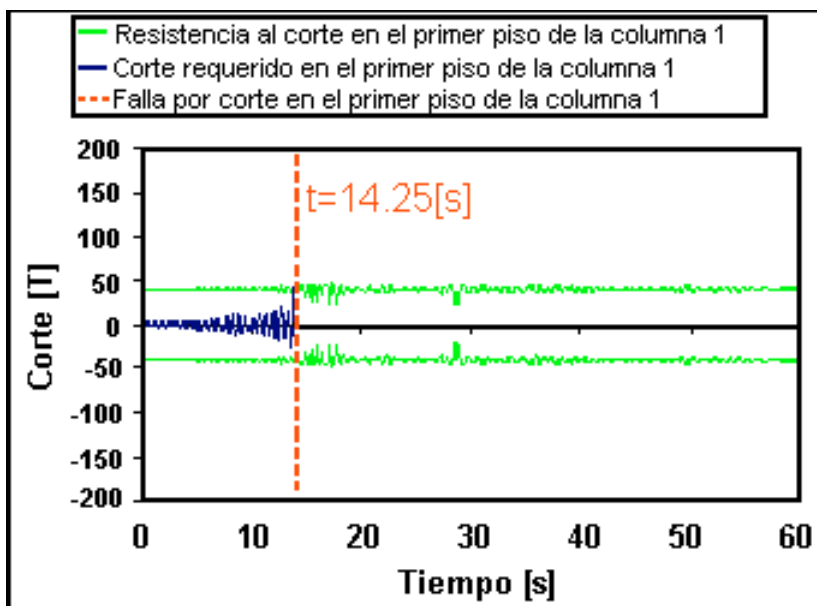


Figura 3-1 Requerimiento de corte del registro de Viña del Mar S20W escalado a 0.55g en el primer piso de la columna 1.

La figura 3.19 muestra el desplazamiento del techo para el registro de Viña del Mar, componente S20W escalado a 0.55g de aceleración máxima hasta el instante en que la estructura falla por corte (14.25 [s]) considerando una razón de amortiguamiento de 2% respecto al crítico. Se muestra la respuesta para el resto del registro, suponiendo que las columnas no fallan al corte, en este intervalo de tiempo el cálculo se realiza para una razón de

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

amortiguamiento de 5% respecto al crítico, pues se espera un daño importante y gran agrietamiento en los elementos estructurales.

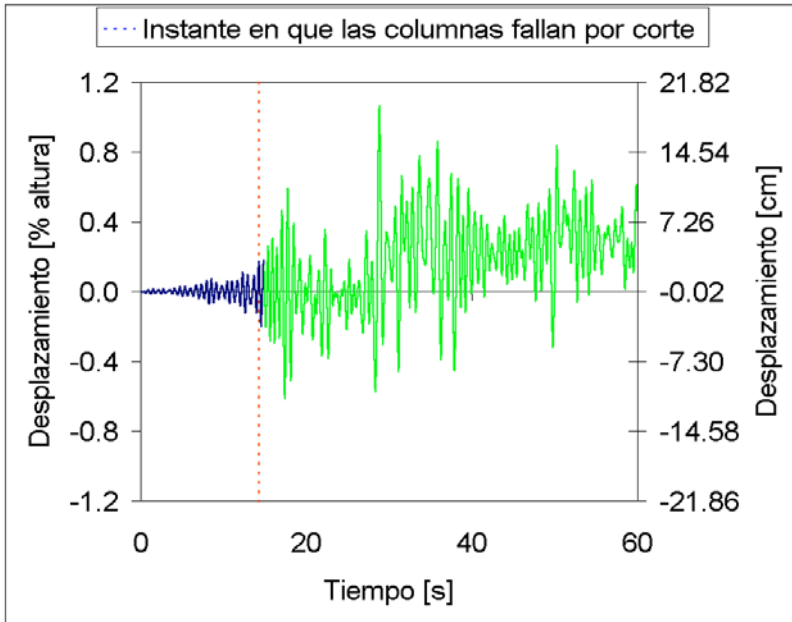


Figura 3-2 Desplazamiento del techo para el registro de Viña del Mar escalado.

La figura 3.20 muestra la relación entre el corte basal y el desplazamiento del techo para el registro escalado a 0.55g de Viña del Mar, hasta el instante en que las columnas fallarían por corte, y hasta el final del registro.

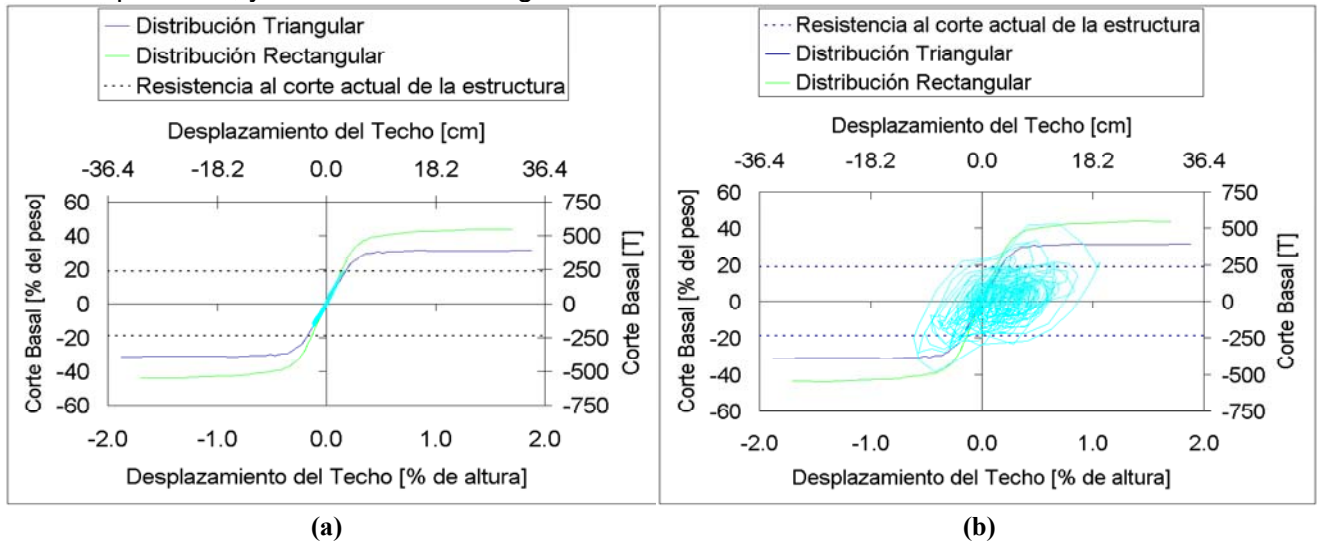


Figura 3-3 Desplazamiento del techo v/s corte basal para el registro de Viña del Mar escalado, componente S20W, (a) considerando la resistencia actual de las columnas y (b) considerando las columnas reforzadas al corte.

3.6 Desplazamientos laterales y desplazamientos de entrepiso para los registros de Lolloe, componente N10E y viña del mar, componente S20W, escalado a 0.55g

Las figuras 3.21 y 3.22 muestran el desplazamiento lateral del cuerpo I1 en dirección X y el desplazamiento relativo de entrepisos, para los registros de Viña del Mar escalado a 0.55g y Lolloe, en el instante en que las columnas sin reforzar fallarían por corte y en el instante en que se alcanzaría el máximo desplazamiento relativo de entrepisos.

Piso	Desplazamiento [cm]			
	Lolloe		Viña del Mar escalado	
	t=12.5 [s]	t=43.4 [s]	t=14.25 [s]	t=28.8 [s]
1	0.50	0.33	0.47	0.96
2	1.21	-0.99	1.22	5.98
3	1.78	-3.13	1.91	10.79
4	2.21	-6.61	2.54	15.26
5	2.49	-10.79	3.01	18.88

Tabla 3-1 Desplazamiento relativo de entrepisos de la estructura en el instante en que las columnas sin reforzar fallarían por corte y en el instante en que la estructura, con las columnas reforzadas, alcanzaría el máximo desplazamiento relativo de entrepisos.

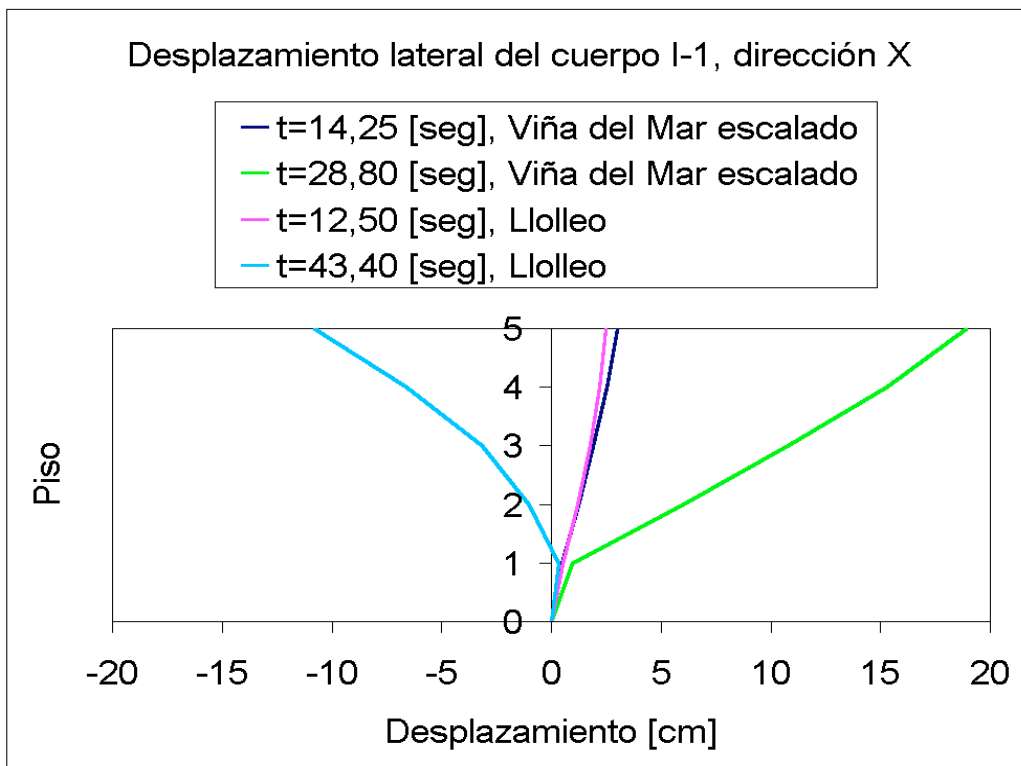


Figura 3-1 Desplazamiento relativo de entrepisos de la estructura en el instante en que las columnas sin reforzar fallarían por corte y en el instante en que la estructura, con las columnas reforzadas, alcanzaría el máximo desplazamiento relativo de entrepisos.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Piso	Desplazamiento [‰ de la altura de entrepiso]			
	Lolleo		Viña del Mar escalado	
	t=12.5 [s]	t=43.4 [s]	t=14.25 [s]	t=28.8 [s]
5	0.80	-11.94	1.34	10.35
4	1.23	-9.93	1.81	12.77
3	1.64	-6.12	1.98	13.75
2	1.83	-3.42	1.95	13.04
1	1.31	0.86	1.21	2.49

Tabla 3-2 Desplazamiento relativo de entrepisos de la estructura en el instante en que las columnas sin reforzar fallarían por corte y en el instante en que la estructura, con las columnas reforzadas, alcanzaría el máximo desplazamiento relativo de entrepisos.

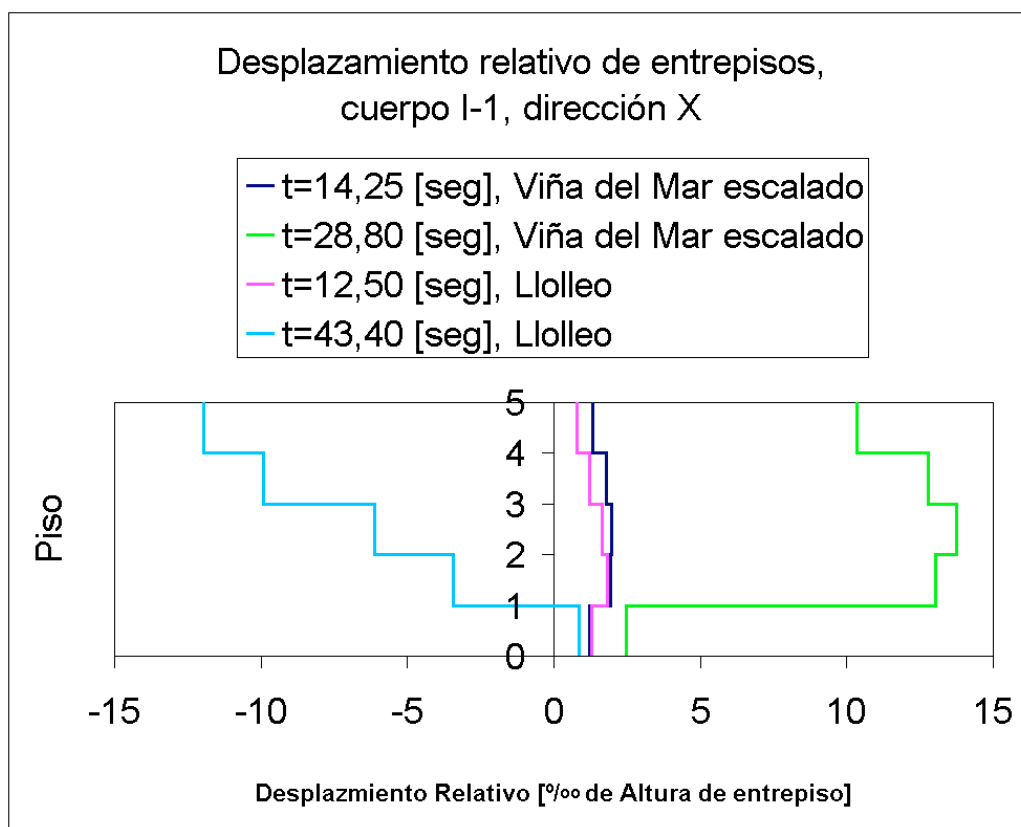


Figura 3-2 Desplazamiento relativo de entrepisos de la estructura en el instante en que las columnas sin reforzar fallarían por corte y en el instante en que la estructura, con las columnas reforzadas, alcanzaría el máximo desplazamiento relativo de entrepisos.

4 ANÁLISIS Y DISEÑO DE EDIFICIOS CON AISLADORES EN LA BASE.

4.1 Base teórica de los modelos y diseño de los aisladores

En este estudio, se aísla la estructura, proponiendo aisladores elastoméricos con y sin núcleo de plomo. Estos se incluyen dentro del modelo de la estructura de manera de representar los efectos que estos dispositivos tienen sobre el modelo completo. Existen distintas formas de incluir estos elementos dentro del modelo estructural:

El primero consiste en introducirlos, a través de un resorte horizontal y vertical con propiedades equivalentes.

El segundo considera la ley constitutiva no lineal real dentro del modelo.

4.1.1 Sistema de aislación lineal.

El sistema de aislación lineal queda representado por la rigidez al corte K_b (horizontal) y el amortiguamiento efectivo C_b . La superestructura se modela como un cuerpo rígido de masa M . El periodo y amortiguamiento del sistema de aislación es obtenido de las ecuaciones de movimiento de un sistema de un grado de libertad, originando:

$$T_b = \sqrt{\frac{M}{K_b}} \quad (4.1)$$

$$\xi_b = \frac{C_b \times T_b}{4 \times \pi \times M} \quad (4.2)$$

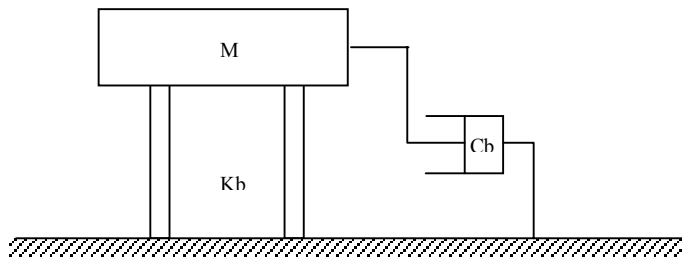


Figura 4-1 Esquema del sistema de aislación

En la figura 4.2 se muestra la rigidez secante y el amortiguamiento efectivo del aislador

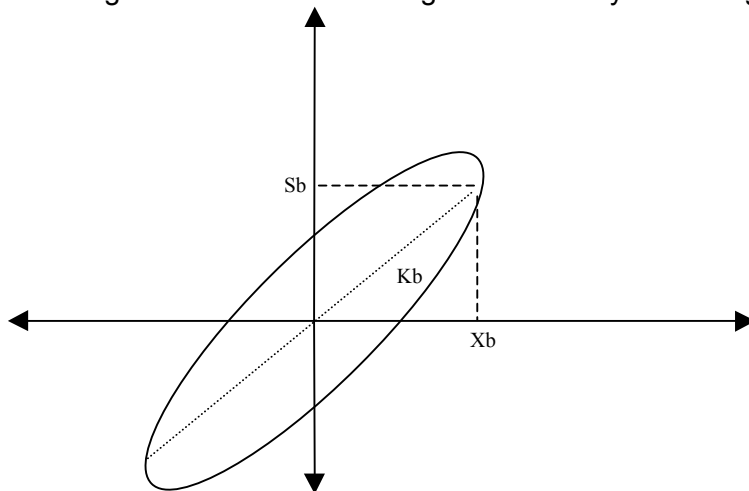


Figura 4-2 Ciclo histerético del amortiguador

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Del área del ciclo histerético se obtiene el amortiguamiento efectivo del sistema de aislación.

4.1.2 Sistema de aislación no lineal.

El sistema de aislación no lineal analizado corresponde al bilineal. Se aprecia en la figura 4.4 una fase lineal y otra degradada, caracterizada por una rigidez elástica K_{b1} y una rigidez degradada (post fluencia) K_{b2} , también conocida como rigidez plástica. Al igual que en los modelos lineales se puede obtener los periodos de vibración en la fase elástica y plástica, y el amortiguamiento equivalente para cada uno de los tramos. Los periodos y amortiguamientos en cada una de las fases están dados por:

$$T_{b1} = \sqrt{\frac{M}{K_{b1}}} , T_{b2} = \sqrt{\frac{M}{K_{b2}}} \quad (4.3)$$

$$\xi_{b1} = \frac{C_b \times T_{b1}}{4 \times \pi \times M} , \xi_{b2} = \frac{C_b \times T_{b2}}{4 \times \pi \times M} \quad (4.4)$$

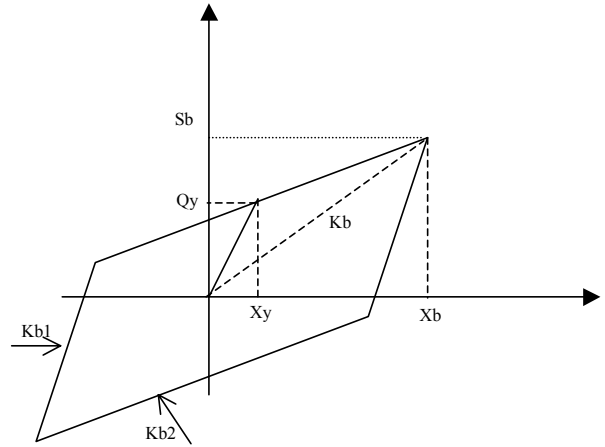
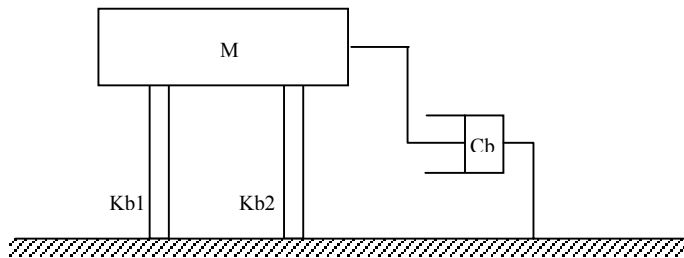


Figura 4-1 Características de sistema bilineal Figura 4-2 Esquema de sistema no lineal

Un parámetro adicional para la definición de un aislador bilineal es la razón de ductilidad Q_y/W , donde W representa al peso de la estructura y Q_y a la fuerza de fluencia donde ocurre el desplazamiento de fluencia X_y , dado por Q_y/k_{b1} .

En la descripción de los modelos bilineales es útil determinar el periodo efectivo T_b y el amortiguamiento efectivo ξ_b obtenido del ciclo histerético fuerza v/s deformación según la figura 4.4.

La rigidez y el periodo efectivo se definen para la respuesta máxima del ciclo histerético de la figura 4.4

$$K_b = \frac{S_b}{X_b} \quad (4.5)$$

Al igual que la rigidez efectiva, se define el amortiguamiento efectivo histerético ξ_h para considerar el efecto de disipación de energía del ciclo histerético. Se suma cualquier amortiguamiento viscoso que pueda tener el aislador. El amortiguamiento viscoso final del

sistema de aislación es la suma del histerético y del viscoso. En la práctica el amortiguamiento histerético es mucho mayor que el viscoso, quedando la disipación de energía de un sistema bilineal dominada por la energía disipada por el ciclo histerético.

$$\zeta_b = \zeta_b + \zeta_h \quad (4.7) \quad \zeta_b = \frac{C_b \times T_b}{4 \times \pi \times M} \quad (4.8)$$

ζ_h se obtiene de la razón del área del máximo ciclo lineal y el área de un aislador lineal viscoso equivalente vibrando con un periodo T_b y con la misma amplitud X_b .

$$\zeta_b = \frac{2 \times A_h}{\pi \times 4 \times S_b \times X_b} \quad (4.9)$$

Donde A_h es el área del ciclo histerético.

Reviste importancia cuantificar el grado de no linealidad presente en los aisladores bilineales, se define el factor de no linealidad NL como:

$$NL = \frac{A_h}{4 \times S_b \times X_b} = \frac{Q_y}{S_b} - \frac{X_y}{X_b} \quad (4.10)$$

Este valor varía entre cero y uno, si el ciclo cambia de área cero a área rectangular.

La figura 4.5 muestra el grado de no linealidad dependiendo del área del ciclo histerético.

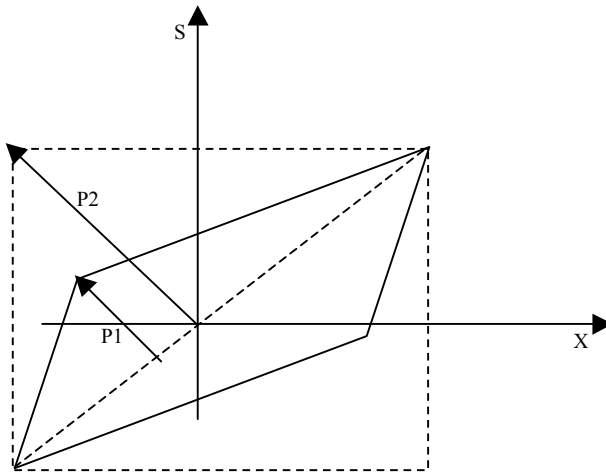


Figura 4-3 Esquema de grado de no linealidad

Otro parámetro de gran interés es el factor de aislación, que indica el grado de efectividad que tienen las estructuras aisladas. La variación de este valor es de cero para estructuras carentes de aislación, con tendencia infinita para sistemas provistos de gran aislación.

En el caso del sistema de aislación lineal se tiene que:

$$I = \frac{T_b}{T_1(C)} \quad (4.11)$$

donde $T_1(C)$, corresponde al periodo fundamental de la estructura con base fija.

Para un sistema de aislación bilineal se define el factor de aislación de la fase elástica $I(K_{b1})$ y el de la fase degradada $I(K_{b2})$ como:

$$I(K_{b1}) = I_{b1} = \frac{T_{b1}}{T_1(C)}, \quad I(K_{b2}) = I_{b2} = \frac{T_{b2}}{T_1(C)} \quad (4.12)$$

4.1.3 Efectos de los sistemas de aislación en la respuesta de la estructura.

La respuesta de la estructura depende del tipo de sistema de aislación ocupado. Cada sistema, ya sea lineal o no lineal, presenta distintas características e influyen de manera distinta en el comportamiento global de la estructura. Este trabajo analiza los sistemas lineales y bilineales asemejándose de mejor manera a los dispositivos utilizados como aisladores (elastoméricos con y sin núcleo de plomo).

Los efectos del modelo con aisladores, en la respuesta de la estructura fueron investigados por Skinner (Ref N°19). A continuación se resumen los principales resultados obtenidos en sus estudios.

4.1.3.1 sistema de aislación lineal

Un sistema de aislación lineal con un amortiguamiento moderado, es decir menor que un 20% del crítico, presenta una escasa participación de los modos superiores en la respuesta de la estructura. El comportamiento de la estructura esta dado casi completamente por el modo fundamental o modo aislado. La respuesta de los modos superiores se incrementa al aumentar el nivel de amortiguamiento, debido al acoplamiento modal entre los modos.

4.1.3.2 sistema de aislación bilineal.

En los sistemas de aislación bilineal, en presencia de un alto grado de no linealidad, se generan grandes aceleraciones en los modos superiores produciéndose un aumento en las fuerzas inerciales. La respuesta de los modos superiores puede ser reducida disminuyéndose el grado de no linealidad.

Para disminuir el grado de no linealidad, se debe reducir la ductilidad, la razón entre los periodos de la fase degradada y la fase elástica (T_{b2}/T_{b1}).

De acuerdo a Skinner (Ref. N°19), son tres parámetros los que principalmente afectan la influencia de los modos superiores en la respuesta de la estructura:

1. El factor de no linealidad (NL).
2. El nivel de excitación del primer modo.
3. El factor de aislación de la fase elástica.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Factor de no Linealidad (NL).

Este parámetro mide la diferencia de respuesta sísmica, de una estructura aislada con sistema lineal y no lineal. La disipación de energía de un ciclo histerético es proporcional a este valor.

Como resultado de la tendencia de equipartación de energía entre los modos, un grado de no linealidad moderado que acoplado a una vibración de alta energía y a otra de baja energía, tiende a transferir energía a la vibración de baja energía a una razón que aumenta con el grado de no linealidad NL. Esto es lo que sucede en el caso del primer modo aislado de energía y los modos superiores. En este caso la energía se concentra en el primer modo y el factor de no linealidad produce una distribución desde el primer modo a los demás modos superiores.

Factor de aislación de la fase elástica.

El factor $I(Kb1)$, juega un rol importante en la excitación de los modos superiores. Valores pequeños de $I(Kb1)$ producen diferencias entre las formas modales de la fase elástica y la fase plástica, siendo la base de transferencia de movimiento del primer modo a los modos superiores. Con un factor de aislación de la fase elástica reducido, se produce un aumento en los factores de participación de los modos superiores. El movimiento se transfiere a los modos de la fase plástica.

Para disminuir la respuesta de los modos superiores, se debe incrementar el factor de aislación de la fase elástica, de tal manera de aumentar la proporción entre el periodo aislado respecto al de base fija.

Dependiendo de los parámetros que definen al sistema de aislación basal (el grado de no linealidad y el factor de aislación de la fase elástica y plástica), las estructuras sometidas a registros sísmicos pueden tener distinto comportamiento.

La respuesta de los modos superiores depende de la no linealidad y del factor de aislación de la fase elástica y plástica. Si el factor de no linealidad es alto entonces, se produce una mayor interacción entre el primer modo aislado y los modos superiores. Como consecuencia de esta no linealidad, la energía del primer modo se traspa a los modos superiores a una razón proporcional a la no linealidad. El efecto de esta redistribución de energía es producir grandes respuestas de los modos superiores las cuales necesitan pequeñas cantidades de energía para alcanzar un máximo.

A pesar de ser pequeños los factores de participación de los modos superiores, estos afectan la respuesta del primer modo que gobierna el corte, los desplazamiento laterales y las aceleraciones en cada piso

Para los desplazamientos modales, la respuesta de un modo de la fase elástica excita a todos los modos de la fase plástica y viceversa. A través de este acoplamiento no lineal, la energía de respuesta se transfiere entre varias bandas de frecuencias cercanas a la frecuencia natural en las dos fases de la respuesta.

Cuando los factores de aislación $I(Kb1)$ e $I(Kb2)$ son mayores que 2, el periodo y la forma modal de cualquier modo n de la fase elástica es cercano al correspondiente modo n de

la fase degradada, siendo ambos parecidos al periodo y la forma modal del modo n del caso libre, cuando I tiende a infinito. La diferencia mayor respecto al caso de vibraciones libres ocurre para el primer modo de la fase elástica, ya que generalmente $I(kb_1)$ es mucho menor que $I(Kb_2)$.

Cuando los factores de aislación son altos, los factores de participación de los modos superiores tanto en la fase elástica como degradada son pequeños, siendo los modos aislados de fase elástica y plástica los que dominan la respuesta de la estructura.

Siendo parecidos los modos n de la fase elástica y de la fase plástica, no se producen grandes cambios en la transición de un modo a otro en las respuestas de estos. La transferencia de mayor importancia (aunque igual pequeña) corresponde a la de aceleraciones del primer modo al segundo modo y en menor relevancia al tercer modo. Así, si existen factores de participación de los modos superiores pequeños y poca transferencia de movimiento a los modos superiores, las aceleraciones de los modos superiores debido a excitación directa o por transferencia de energía en la fluencia, son pequeñas.

El incremento de la participación de los modos altos en la respuesta de estructuras de base fija, tiene poca relevancia. En cambio en estructuras aisladas, los efectos de los modos altos incrementan las aceleraciones produciendo un aumento de los cortes y generando espectros de aceleración de piso severos para el rango de periodos cortos. Este efecto queda de manifiesto cuando se combina un factor de no linealidad grande, con un factor de aislación de la fase elástica pequeña.

La transferencia de energía entre el primer modo a los modos superiores durante la fase de transición, y sumado, a la excitación directa de los modos superiores durante la respuesta de la fase elástica, puede producir aceleraciones y fuerza de los modos superiores que son mayores a las correspondientes del primer modo. Sin embargo, la energía del primer modo es mucho mayor que la energía de los modos superiores, debido a esto, aunque la excitación de los modos altos se debe a la transferencia de energía de la fase elástica a la fase plástica, solo se produce pequeños cambios en la energía del primer modo de la fase plástica.

4.1.4 Base teórica para el diseño de un aislador (Referencia N°15).

4.1.4.1 Rigidez Horizontal.

La rigidez de un dispositivo de aislación, depende de la geometría y del módulo de corte del compuesto de goma utilizado.

En el caso de aisladores elastoméricos se define el nivel de rigidez horizontal a través de la siguiente ecuación

$$K_h = \frac{G \times A_s}{t_r} \quad (4.13)$$

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Donde:

A_s : Area de la lámina de goma circular.

t_r : espesor total de las láminas de goma.

G : Módulo de corte de la goma. Para aisladores elastoméricos, se utiliza el módulo de corte a una deformación por corte de 100% de la altura de la goma.

Para el caso de los aisladores con núcleo de plomo la ecuación que determina la rigidez efectiva es:

$$K_h = \frac{G_1 \times A_1}{h} + \frac{\sigma_p \times A_p}{\Delta} \quad (4.14)$$

Donde:

A_1 : Area del aislador con núcleo de plomo.

A_p : Area del núcleo de plomo.

h : Altura del Aislador.

Δ : Deformación de corte del aislador.

G_1 : Módulo de Corte de la Goma del aislador A_1 , a la deformación Δ

4.1.4.2 Rigidez Vertical.

La rigidez vertical de los aisladores depende la geometría de cada una de las láminas de goma utilizada en la elaboración de los dispositivos.

La ecuación normalmente usada para calcular el valor de rigidez vertical del aislador es:

$$K_v = \frac{E_c \times A_s}{t_r} \quad (4.15)$$

Donde:

A_s : Area de la lámina de goma circular. Esta Area es el Area Reducida obtenida de la fórmula 7.7.

t_r : espesor total de las láminas de goma.

E_c : Módulo de compresión efectivo del aislador

Hay varias formas de evaluar E_c que han sido propuestas por distintos autores, la que utilizaremos en el presente trabajo es la ecuación propuesta por James Kelly.

Para gomas circulares se tiene que:

$$E_c = 6 \times G \times S^2 \quad (4.16)-1$$

$$\frac{1}{E_{c^*}} = \frac{1}{E_c} + \frac{4}{3} \times \frac{1}{K} \quad (4.16)-2$$

$$S_{Sin\ plomo} = \frac{\phi}{4 \times t} \quad (4.16)-3$$

$$S_{Con\ Plomo} = \frac{A_{aislador} - A_{plomo}}{\Pi \times \Phi \times t} \quad (4.16)-4$$

Donde:

E_c : Módulo de compresión efectivo a bajos valores de S ($S \leq 10$).

E_{c^*} : Módulo de compresión a altos valores de S ($S > 10$).

K : Módulo de compresibilidad de la goma (2000 [Mpa]).

S : Factor de forma de la goma.

t : Espesor de una lámina de goma.

Φ : Diámetro de la goma.

Esta ecuación de la rigidez vertical se utiliza tanto para los aisladores con y sin núcleo de plomo.

4.1.4.3 Carga de pandeo.

La carga de pandeo incluye la interacción del corte junto con la compresión en la expresión. La carga máxima que se puede tener en los dispositivos de aislación, para que no ocurra el pandeo es:

$$P_{CRIT} = \frac{P_S}{2} \times \left[\left(1 + 4 \times \frac{P_E}{P_S} \right)^{\frac{1}{2}} \right] - 1 \quad (4.17)-1$$

$$P_S = G \times A_S \quad (4.17)-2$$

$$P_E = \frac{\pi^2 \times (E \times I)_{eff}}{h^2} \quad (4.17)-3$$

$$(E \times I)_{eff} = \frac{1}{3} \times (E_C \times I) \quad (4.17)-4$$

$$I = \frac{\pi \times \phi^4}{64} \quad (4.17)-5$$

Donde:

E_C : Módulo de compresión de la goma.

I : Inercia de la goma.

h : Altura de la goma.

$$FS = \frac{P_{CRIT}}{P_{MAX}}$$

P_{MAX}

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

El valor del factor de seguridad debe ser cercano a 2, para asegurar un buen comportamiento del aislador.

4.1.4.4 Verificación de volcamiento.

Se determina el máximo desplazamiento horizontal posible, para evitar que el aislador se vuelque. El valor se verifica para la mínima carga que tiene el dispositivo. La expresión utilizada para determinar el desplazamiento de volcamiento es:

$$\delta_{CRIT} = \frac{P_{MIN} \times \phi}{P_{MIN} + K_H \times H} \quad (4.18)$$

$$FS = \frac{\bar{\delta}_{CRIT}}{\bar{\delta}_{MAX}}$$

Donde:

P_{min} : Mínima carga axial sobre el dispositivo de aislación.

Φ : Diámetro del aislador.

H: Altura total del aislador.

K_h : Rigidez horizontal del dispositivo de aislación, ante la deformación horizontal.

$\bar{\delta}_{max}$: Máxima deformación de corte de diseño.

En este caso, debido a que el sistema de conexión a utilizar, corresponde al sistema apernado, fijando ambos extremos del aislador. El factor de seguridad sólo debe cumplir la condición de ser mayor que uno.

4.0.4.5 Verificación de la deformación de Cizalle.

El valor de la deformación de cizalle máxima γ_{max} no debe exceder el valor de 250%. Esto es para asegurar que el aislador no se rompa en caso de un sismo de gran magnitud.

$$\gamma_{max} = \gamma_{comp} + \gamma_{corte} = \frac{1}{2} \text{ elongación máxima del elastomérico (4.19)-1}$$

Los valores de la deformación por corte γ_{corte} y de la deformación por compresión γ_{comp} son:

$$\gamma_{comp} = 6 \times S \times \varepsilon_c \times 100 \quad [\%] \quad (4.19) - 2$$

$$\gamma_{corte} = \frac{\delta_{corte}}{t_r} \times 100 \quad [\%] \quad (4.19) - 3$$

$$\varepsilon_c = \frac{\delta_{comp}}{t_r} \quad y \quad \delta_{comp} = \frac{P_{max}}{K_v} \quad (4.19) - 4$$

Donde:

γ_{comp} : Deformación de corte por compresión.

γ_{corte} : Deformación de corte.

ε_c : Deformación de compresión.

t_r : Altura de la goma.

$\bar{\delta}_{corte}$: Desplazamiento horizontal por corte.

$\bar{\delta}_{comp}$: Desplazamiento vertical por compresión.

P_{max} : Máxima carga axial.

Se utiliza P_{\max} ya que para esta carga vertical se produce la máxima deformación por corte debido a la deformación por compresión.

4.1.4.5 Carga máxima de compresión.

El valor de la carga máxima de compresión esta relacionado con la máxima deformación vertical que tenga, de manera de no exceder el valor máximo de deformación por corte del material.

Conocida la deformación por corte puro de la goma, la máxima deformación de corte por compresión de la goma, se determina a través de la siguiente relación:

$$\gamma_{\text{comp max}} = \gamma_{\text{max}} - \gamma_{\text{corte}} = 250\% - \gamma_{\text{corte}} \quad (4.20)-1$$

$$W_{\text{max}} = A' \times G \times S \times \gamma_{\text{comp max}} \quad (4.20) - 2$$

$$\frac{A'}{A} = 1 - \left(\frac{2}{\pi} \right) \times (\theta + \sin(\theta) \times \cos(\theta)) \quad (4.20) - 3$$

$$\sin(\theta) = \frac{Xb}{D} \quad (4.20) - 4$$

Donde:

W_{max} : Carga máxima en compresión de la goma.

γ_{max} : Esfuerzo de corte debido a la compresión.

A' : Area efectiva de apoyo de la goma.

A : Area del aislador.

D : Diámetro del aislador.

Xb : Desplazamiento horizontal del aislador.

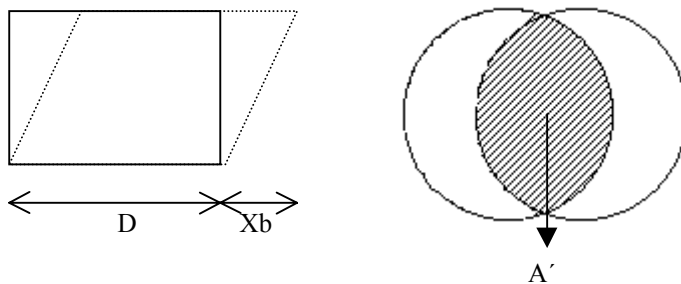


Figura 4-1 Area efectiva de contacto en compresión.

Según Skinner, recomienda que los valores de deformación por corte, debido a la compresión son:

$$\gamma_{\text{comp max}} = \theta * \epsilon_t \quad (4.21)$$

Donde:

$\theta = 0.4$ para sismos de diseño.

$\theta = 0.6$ para sismos extremos.

ε_t corresponde a la máxima deformación por corte permitida para evitar la falla de la goma. Para este caso este valor es de 250%.

La deformación máxima de compresión por corte es:

$Y_{\text{comp max}} = 100 \%$ Sismo de Diseño (SD de la NCh 2745.Of 2003)

$Y_{\text{comp max}} = 150 \%$ Sismo Extremos (SMP de la NCh 2745.Of 2003)

4.1.4.6 Algoritmo de diseño de un aislador.

1. Elección de un factor de forma. Se recomienda ocupar inicialmente un factor de forma $S=10$.
2. Con el factor de forma se obtiene el espesor de cada una de las capas de goma. De la expresión (4.16)-3 se obtiene:
3.
$$t = \frac{\phi}{4 \times S}$$
4. El número de capas de goma se obtiene dividiendo el espesor total de la goma, por el espesor de una capa de goma.
5.
$$n = \frac{t_r}{t}$$
6. Determinación de la rigidez vertical
7. Verificación del pandeo.
8. Verificación del volcamiento.
9. Obtención de la deformación por corte debido a la compresión.
10. Obtención de la deformación total al corte de la goma.
11. La deformación de diseño debe ser menor que un 250% de la altura total de la goma. En caso que no se cumpla, se debe aumentar el factor de forma.
12. Determinación de la máxima carga de compresión que se puede tener.
13. Comparación entre la máxima carga de compresión y la carga de compresión obtenida de diseño.

La altura total del dispositivo es:

$$t_r = nt$$

$$h = t_r + (n-1) t_s$$

$$H = h + 2 t_{\text{ext}}$$

Donde:

N : Número entero de capas de goma.

H : Altura parcial del aislador.

H : Altura total del aislador.

t_s : Espesor de las placas internas de acero. El valor recomendado es de 5 [mm]

t_{ext} : Espesor de las capas de acero extremas. El valor recomendado es de 16 [mm].

Este espesor es obtenido de acuerdo a las condiciones de cargas sobre el aislador.

4.2 Solicitación Sísmica

4.2.1 Espectro de Diseño

La NCh 2745.Of2003 define dos niveles de solicitud sísmica de acuerdo al periodo de retorno esperado para dicho evento, además de un nivel de excedencia. De acuerdo a esto se tiene:

Sismo de Diseño [SDI].

Es la aceleración máxima del suelo, que tiene un 10% de probabilidad de ser excedida en un periodo de 50 años.

Sismo Máximo Posible [SMP].

Es la aceleración máxima del suelo que puede esperarse en el lugar de edificación dentro del esquema geológico conocido, el cual tiene un 10% de probabilidad de ser excedido en un periodo de 100 años.

La tabla 3.3 resume las características principales de cada uno de los espectros ocupados.

Espectro	Característica	Zona	Suelo	Aceleración máxima [m/seg ²]
NCh 433. Of 96	$\beta=5\%$	III	3	12.096
Norma Aislación Sísmica NCh 2745.Of 2003	T=50 años, $\beta=5\%$ Pexedencia =10%	III	3	15.15
Norma Aislación Sísmica NCh 2745. Of 2003	T=100 años, $\beta=5\%$ Pexedencia =10%	III	3	18.18

Tabla 4-1 Espectros de aceleración, con los parámetros representativos de cada uno.

Para comparar los valores máximos de cada uno de los espectros obtenidos de la norma NCh 433.Of96 y la NCh 2745.Of2003, se consideró un amortiguamiento del 5%. Esto porque la NCh 433.Of96 tiene en forma implícita este nivel de amortiguamiento.

La figura 4.7 muestra los espectros de aceleración de la NCh 433.Of 96 y de la NCh 2745.Of 2003, para zona III y suelo 3.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

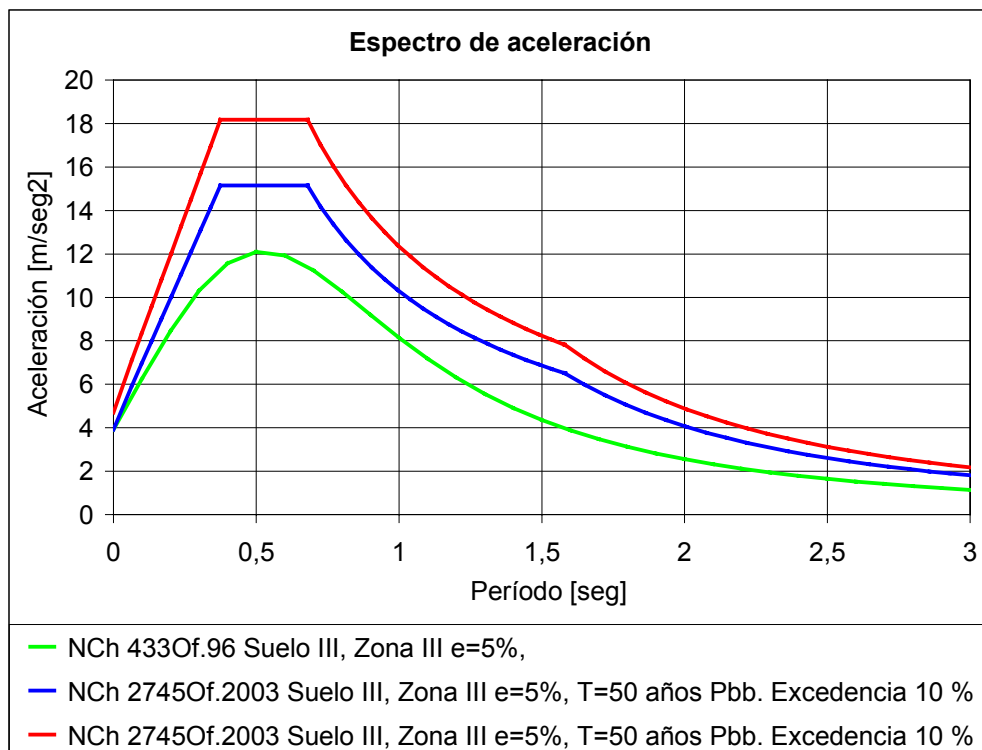


Figura 4-1 Espectro aceleración de la NCh 433.Of 96 y de la NCh 2745.Of 2003 para zona III, suelo 3.

La tabla 3.4 muestra los desplazamientos máximos obtenidos con los espectros de aceleración, para zona III y suelo 3.

Espectro	Característica	Zona	Suelo	Desplazamiento máxima [m]
NCh 433. Of 96	$\beta=5\%$	III	3	0.26
Norma Aislación Sísmica NCh 2745.Of 2003	T=50 años, $\beta=5\%$ Pexedencia =10%	III	3	0.301
Norma Aislación Sísmica NCh 2745. Of 2003	T=100 años, $\beta=5\%$ Pexedencia =10%	III	3	0.361

Tabla 4-2 Espectros de desplazamientos, con los parámetros representativos de cada uno.

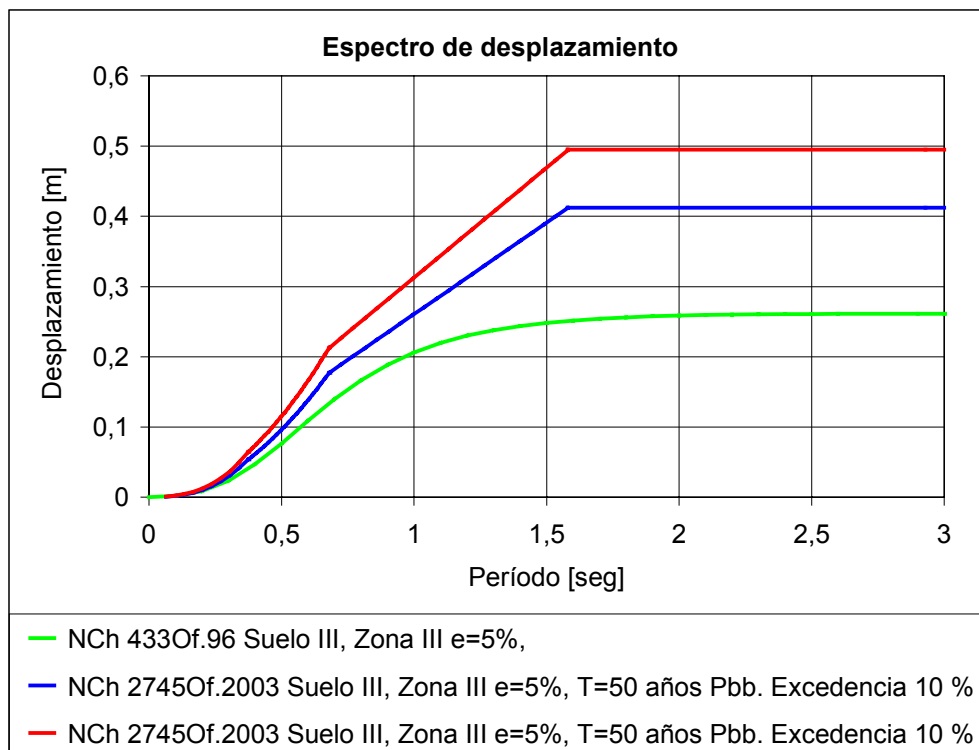


Figura 4-2 Espectro de desplazamiento espectral de la NCh 433.Of 96 y de la NCh 2745.Of 2003 para zona III, suelo 3.

El nivel de sollicitación sísmica escogida, para verificar que no habrá una falla frágil en el marco estructural, es el sismo máximo posible (Espectro lineal, sin factores de reducción por comportamiento no lineal de la estructura). Para este nivel de sollicitación se debe verificar que no hay falla al corte de las vigas, columnas y nudos. Además se impondrá que la estructura responda elásticamente.

4.2.2 Registros ocupados en el análisis no lineal.

Según la norma de Aislación NCh 2745.Of2003 se deben considerar pares de componentes horizontales de aceleración del suelo de al menos tres eventos sísmicos. Debido a que el sismo de 3 de marzo de 1985 (sección 8.4.2.1), corresponde al evento sísmico de mayor magnitud registrado por la red de acelerogramas se utilizaron los tres pares de registros de este evento en el análisis no lineal. Estos deben ser compatibles con el tipo de suelo III y zona III (NCh 433.Of96)

Los registros utilizados son:

- Ventanas.
- Llay-Llay.
- Viña del mar.

La tabla 3.6 muestra la aceleración horizontal de los registros.

Estación	Componente	Aceleración horizontal máx
Ventanas	NS	0.21330 g
Ventanas	EW	0.23290g
Llay-Llay	S10W	0.35339 g
Llay-Llay	N80W	0.47434 g
Viña del Mar	N70W	0.21628 g
Viña del Mar	S20w	0.35388 g

Tabla 4-1 Aceleración máxima de los registros.

Además de estos registros, se utilizará Lolloo N10E junto con el escalado a 0.55g de Viña del Mar N70w(sección 2.3.2.3), para determinar el comportamiento de la estructura aislada ante terremotos de mayor intensidad, que los registros actualmente disponibles.

Para diseñar y determinar la respuesta de la estructura ante un registro que sea compatible con el espectro escogido, se generó un registro artificial a partir del Llay-Llay. Se escogió el Llay-Llay por ser compatible con el suelo y zona, junto con presentar altas aceleraciones en ambas componentes. Cada una de las componentes se ajustaron en forma independiente de manera que los espectros generados, fueran compatibles con el espectro de diseño. El registro artificial fue diseñado por Sr. Rubén Boroschek (U. Chile).

El registro artificial se genera de un registro real, del cual se construye una función que contiene solamente los valores positivos de aceleración (Envolvente de aceleración). Esta determina la duración del registro artificial y la distribución de la energía en la banda de frecuencias consideradas en el registro artificial.

El registro artificial se genera de la siguiente relación (Ref. N°16):

$$a_a(t) = F(t) \times \sum_{i=1}^{i=n} (-1)^i A_i \times \text{seno} (2 \pi \times f_i \times t) \quad (4.21)$$

Donde:

$a_a(t)$: Aceleración del registro artificial.

F(t): Es una función para tomar en cuenta la duración de un sismo real y representa las envolventes de aceleraciones positivas que transcurren durante el tiempo que dura el sismo.

f_i :Representa las frecuencias que se usarán para la generación del espectro de respuesta y debe cubrir el rango del espectro deseado.

N: Número de frecuencias para cubrir el rango del espectro deseado.

A_i :Representa la aceleración del espectro de respuesta correspondiente a la frecuencia f_i

Para encontrar el acelerograma que representa al espectro de respuesta deseado se itera variando los valores de Ai hasta que el espectro generado con el acelerograma sintético coincida con el espectro de respuesta deseado.

En la primera iteración Ai será el valor de aceleración del espectro de respuesta deseado correspondiente a las frecuencias Fi.

Para la segunda iteración y sucesivas A_i se obtendrá de la siguiente forma:

$$A_i(n+1) = A_i(n) \times \frac{A_{ED}}{A_{a_n(t)_n}} \quad (4.22)$$

Donde:

A_{ED} : Aceleración espectral del espectro base en la frecuencia f_i

$A_{a_n(t)_n}$: Aceleración espectral del registro $a_n(t)_n$ en la frecuencia f_i

Las figuras 4.9 hasta 4.16, muestran los registros de aceleración escogidos para el análisis, los cuales se detallan a continuación:

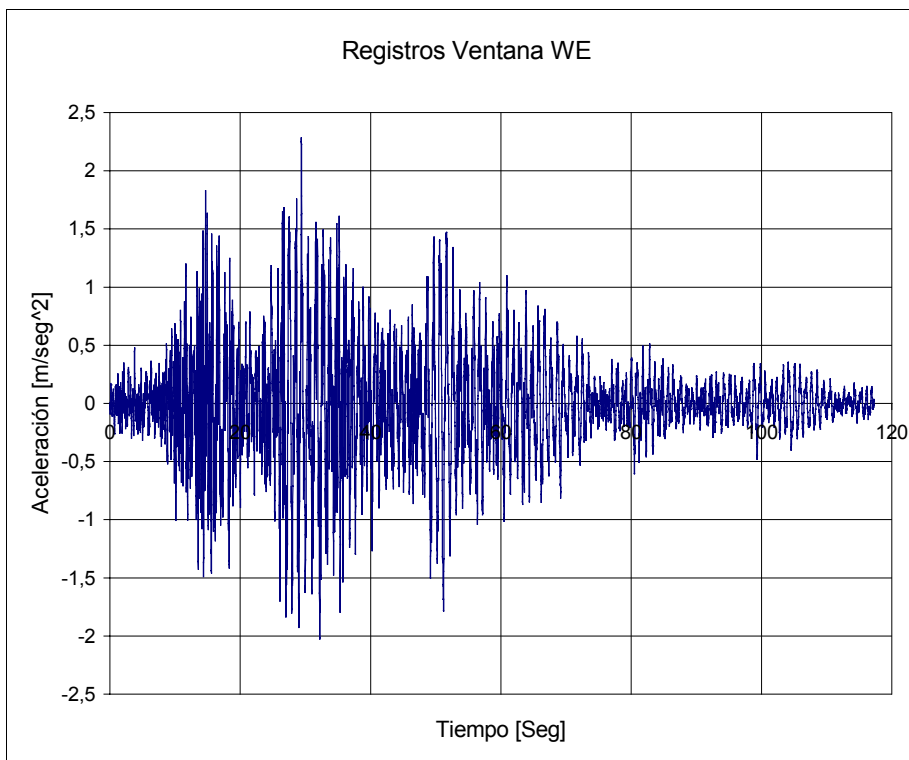


Figura 4-1 Registro de Ventana componente WE.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

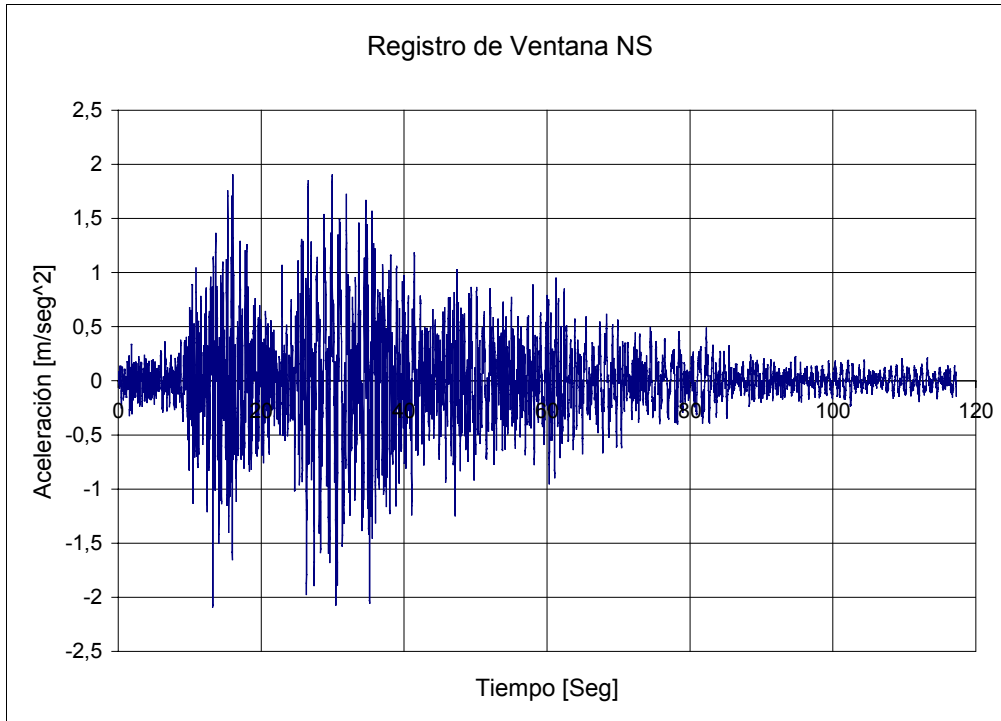


Figura 4-2 Registro de Ventana componente NS.

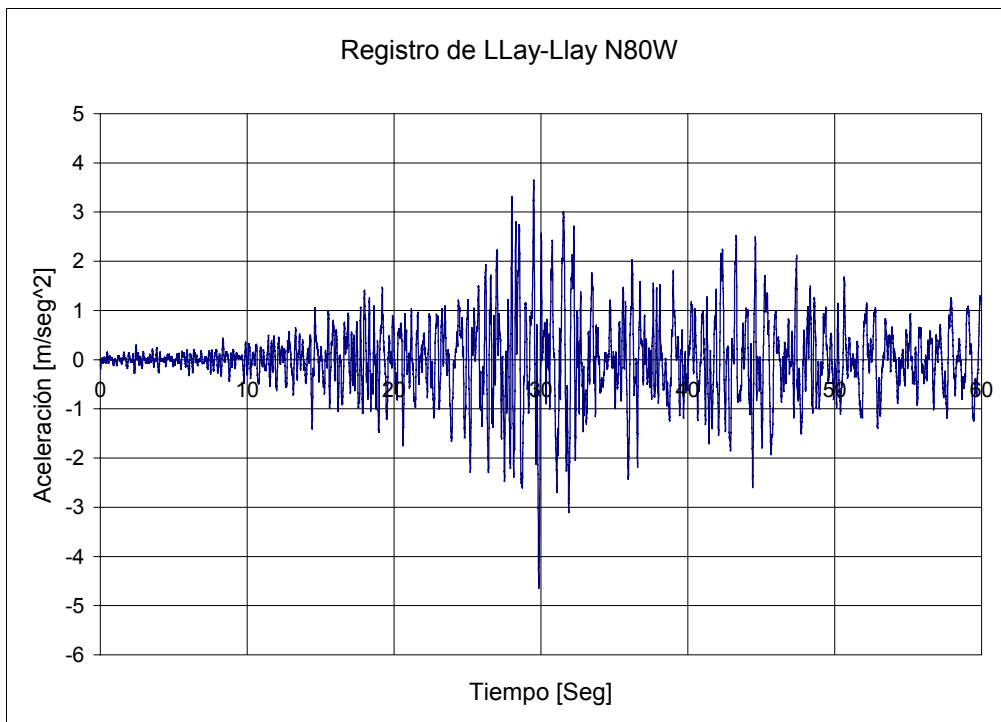


Figura 4-3 Registro de L Lay-L Lay componente N80W.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

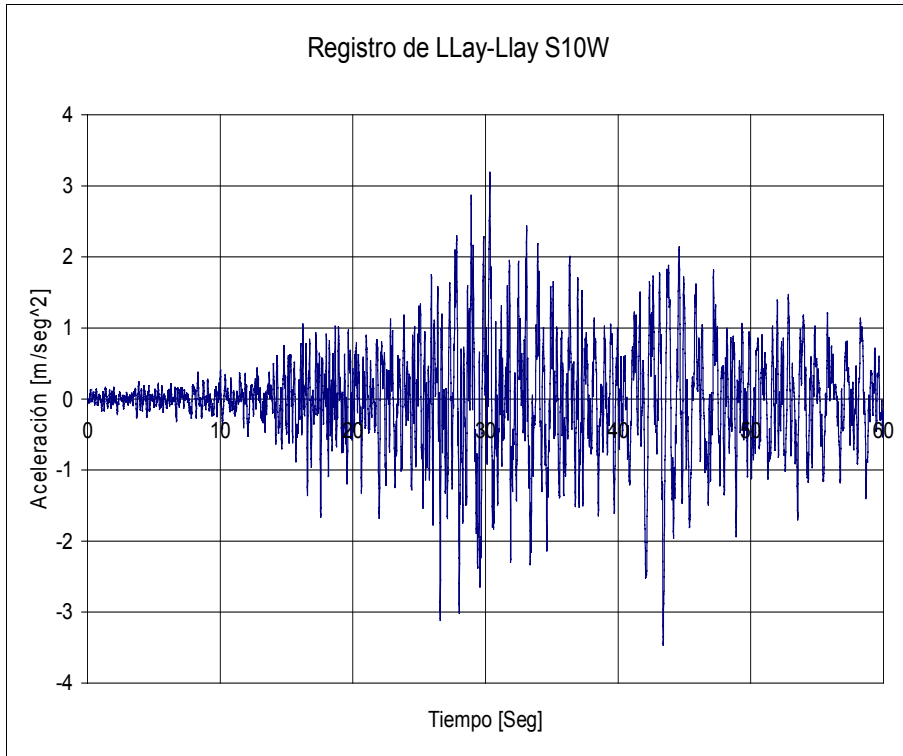


Figura 4-4 Registro de L Lay-L Lay componente S10W.

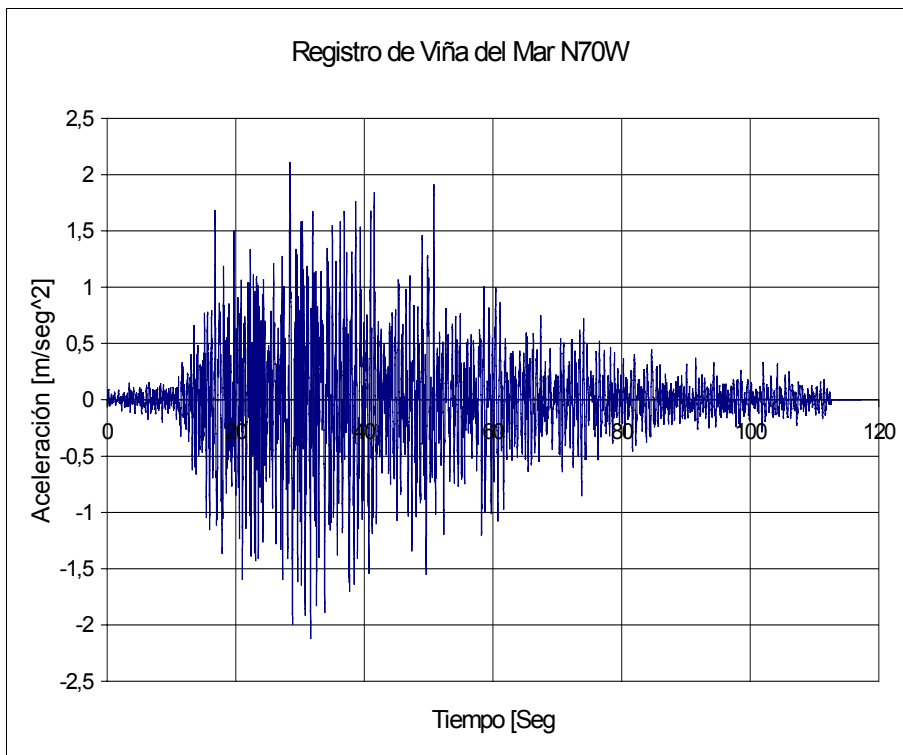


Figura 4-5 Registro de Viña del Mar componente N70W.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

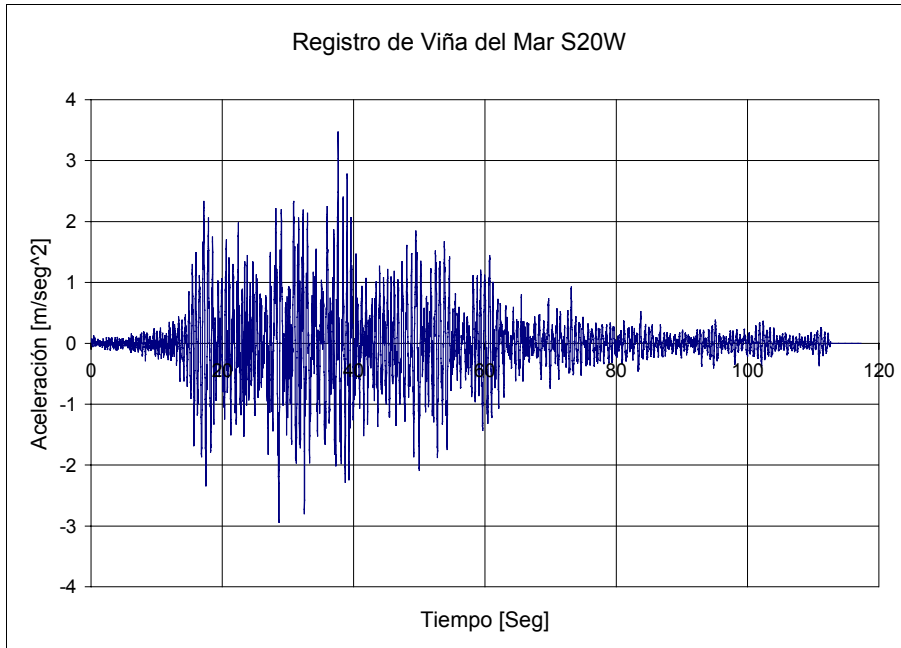


Figura 4-6 Registro de Viña del Mar componente S20W.

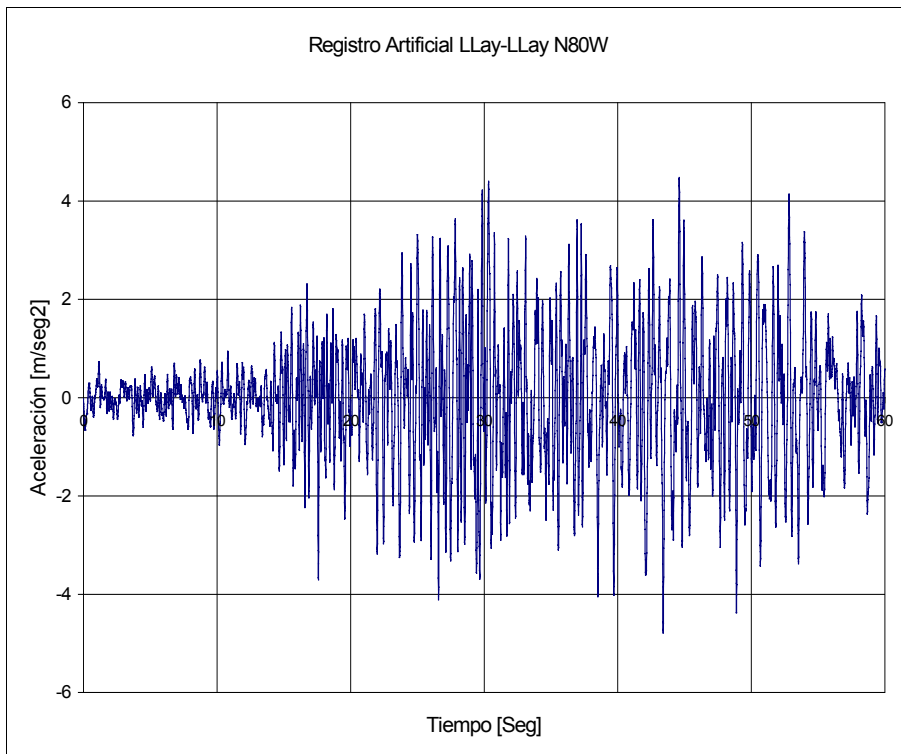


Figura 4-7 Registro Artificial de L Lay-LLay componente N80W.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

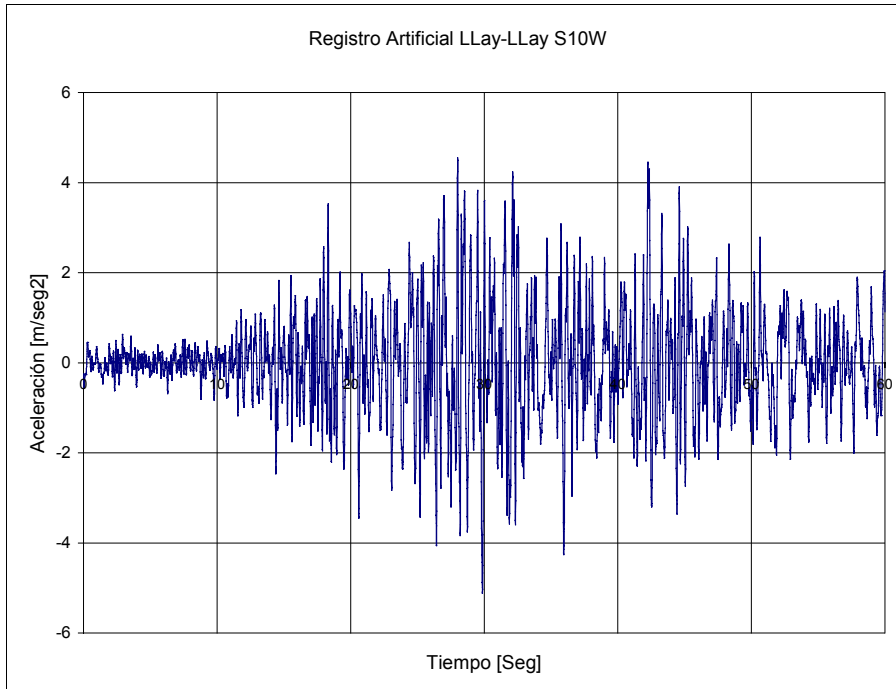


Figura 4-8 Registro Artificial de L lay-L lay componente S10W.

De acuerdo a la Norma de Aislacion NCh 2745.Of2003 sección 8.4.2.1, se deben escalar los registros escogidos de manera que el promedio de los espectros de respuestas combinados con la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS), en el rango de periodos de $0.75 \cdot TD$ y $1.25 \cdot TD$, no sean menores que 1.17 veces el espectro SMP ($TD=2.5$ seg)

La figura 4.17 muestra los espectros de aceleración de los registros de Ventana, Viña del mar y L lay-L lay sin aplicar el factor de escala.

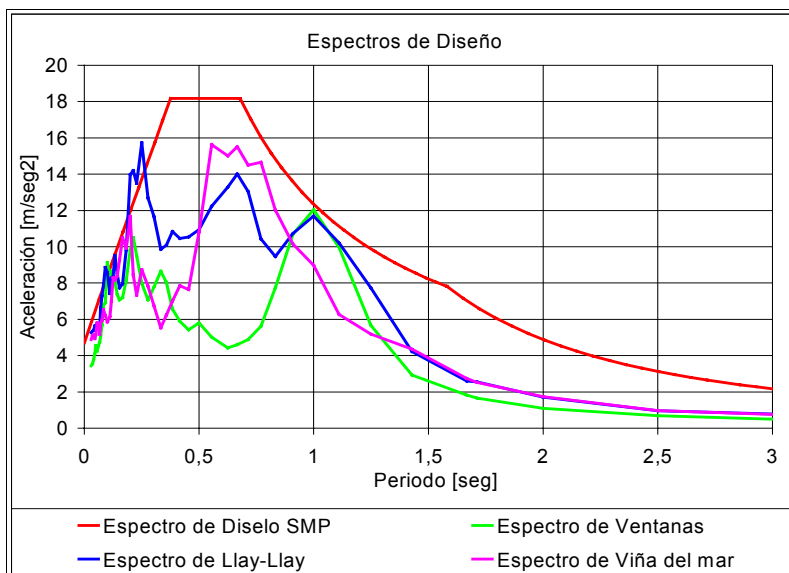


Figura 4-9 Espectros de Ventana, L lay-L lay, Viña del Mar y SMP.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Estos registros se obtuvieron con las dos componentes de aceleraciones medidas en el sismo de 3 de marzo 1985. Para cada par de registros se obtuvo el espectro de aceleraciones para un amortiguamiento del 5%. Cada uno de los espectros obtenidos, se combinaron a través del método SRSS.

Según figura 4.17 se concluye que ninguno de los espectros de los registros excede al SMP de la Norma NCh 2745.Of2003 siendo este siempre envolvente. Esto ratifica la elección de este espectro, como el nivel para que la estructura aislada, no presente las fallas frágiles actualmente presentes.

Al escalar los registros para cumplir con la norma de aislación NCh 2745.Of2003, se obtienen los factores de escala mostrados en la tabla 4.4.

Espectro	Factor de Escala	Razón Espectro Registro/SMP
Ventanas	5.88	1.17
Llay-Llay	3.83	1.17
Viña del Mar	5.16	1.17

Tabla 4-2 Factor de escala de los registros utilizados.

La figura 4.18 muestra los espectros de aceleración de los registros de Ventana, Viña del mar y Llay-Llay con el escalamiento.

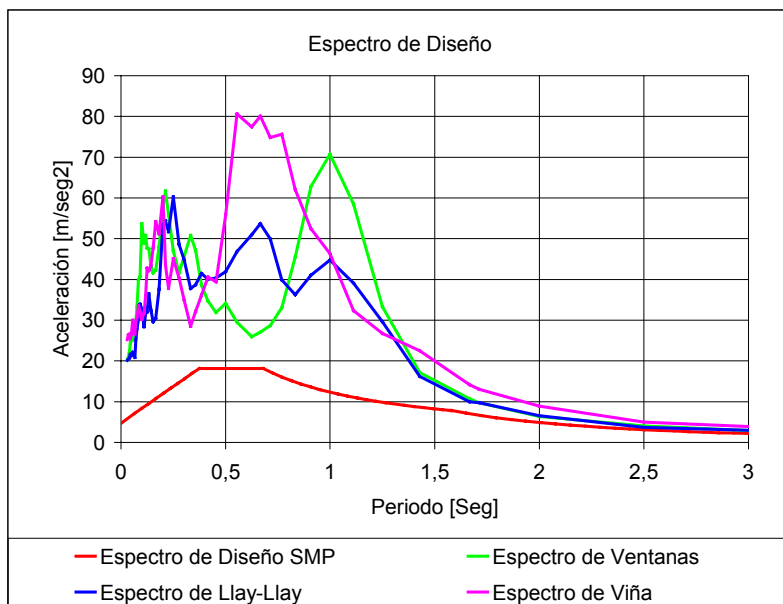


Figura 4-10 Espectros escalados de Ventana, Llay-Llay, Viña del Mar y SMP.

La figura 4.19 muestra el espectro promedio de aceleración.

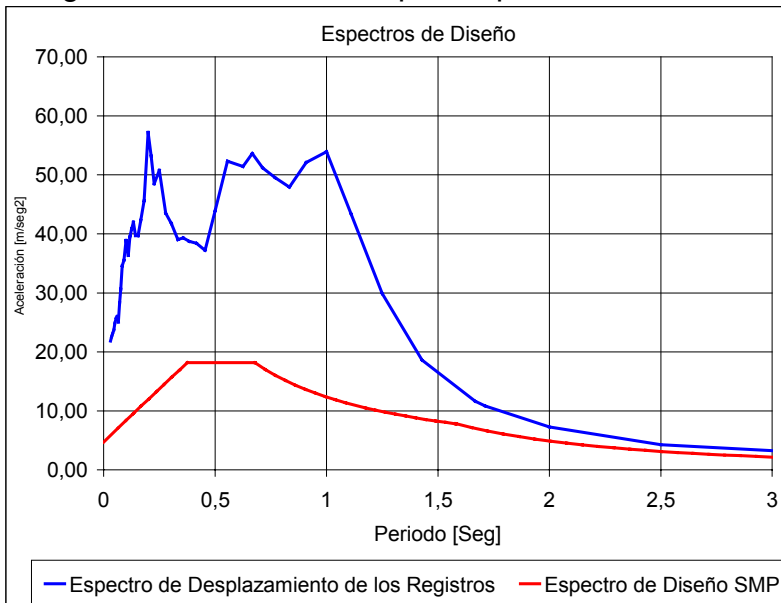


Figura 4-11 Espectros promedio escalado de los registros de Ventana, Llay-Llay y Viña del mar.

Al escalar los registros se aumenta la energía en todo el rango de periodos. Esto aumenta la energía del registro en los rangos de frecuencia altas y bajas, generándose una distorsión en la distribución de energía del sismo.

La figura 4.20 muestra los espectros de aceleración de los registros artificiales de Llay-Llay.

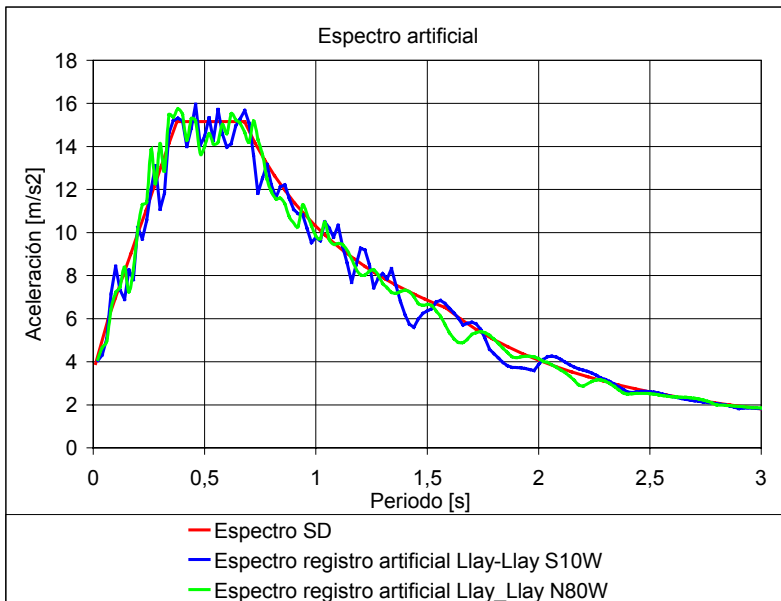


Figura 4-12 Espectros del registro Artificial de Llay-Llay.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

La figura 4.21 muestra el espectro de aceleración del registro de Viña del mar S20W, escalado a 0,55G.

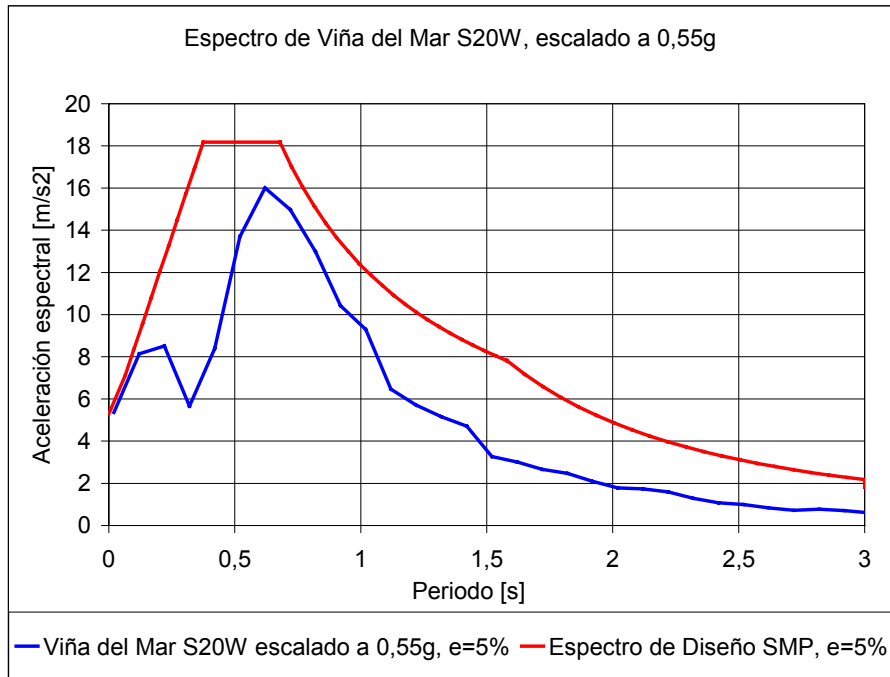


Figura 4-13 Espectros del registro Viña del Mar, escalado a 0,55G.

La figura 4.21 muestra el espectro de aceleración del registro de Viña del mar S20W, escalado a 0,55G.

Para el rango de periodos de aislación (Periodo fundamental de la estructura aislada, mayor que dos segundos), el espectro escalado de Viña del Mar nunca excede los valores del espectro SMP de la Norma de aislación NCh 2745.Of2003, el que puede representar los valores más altos ante el sismo esperado.

4.3 Elección de las propiedades del aislador.

La rigidez lateral y el amortiguamiento efectivo que debe proveer el sistema de aislación, deben evitar la formación de las fallas frágiles actualmente presentes (Sección 2.2.3), logrando además que la estructura ante el sismo esperado(SMP), presente un comportamiento lineal.

Se deben evitar con este sistema de aislación las fallas al corte de las columnas, vigas y nudos.

Para que ningún elemento exceda el rango lineal de deformaciones no debe exceder el momento de fluencia.

Para obtener la rigidez lateral y amortiguamiento efectivo que deben tener los aisladores, se debe iterar, partiendo de un nivel inicial de estos parámetros. Se obtienen las fuerzas y deformaciones del marco estructural para el espectro SMP con un análisis modal espectral. Si los valores iniciales cumplen con el objetivo de evitar las fallas y lograr que la estructura presente un comportamiento lineal, esta define la rigidez y amortiguamiento efectivo que deben tener los aisladores.

Algoritmo de trabajo:

- Suponer una rigidez lateral y amortiguamiento efectivo para el sistema de aislación.
- Determinar las fuerzas y deformaciones del marco estructural.
- Comparar las demandas de fuerzas y desplazamientos con la capacidad existente.
- Si no se evitan las fallas, se debe disminuir el nivel de rigidez horizontal y aumentar el amortiguamiento efectivo, comenzando un nuevo ciclo de iteración.

El periodo máximo que se obtiene con el sistema de aislación es de $T=2.5$ seg. Este valor es obtenido de las recomendaciones dadas por Kelly (Ref. N°9) para estructuras con sistema de aislación elastoméricos, debido a que actualmente hay muchas estructuras diseñadas para este periodo que han experimentando un buen comportamiento sísmico.

4.3.1 *Análisis modal espectral NCh 2745.Of2003.*

Este análisis considera a la estructura como flexible (matriz de rigidez lineal) y los aisladores a través de una rigidez efectiva en la base (horizontal y vertical), realizándose el análisis con el programa SAP-2000 7.42.

El amortiguamiento del sistema de aislación, se introduce a través de un espectro reducido. El valor de reducción, se determina de las especificaciones de norma de aislación NCh 2745.Of2003. Esto es válido, debido a que la respuesta de este modelo queda controlada por el factor de participación modal más alto, siendo los demás modos de vibrar poco significativos en la respuesta global.

Consideraciones del modelo:

- Considera un diafragma rígido por piso. Para este caso tenemos 6 pisos.
- (5 del marco, y uno del plano de aislación).
- Las vigas y columnas se modelan con sus propiedades geométricas no agrietadas.
- Las masas e inercias rotacionales del modelo, se consideran aplicadas en el centro de masa de cada piso.
- Se agregan vigas de apoyo de dimensiones de 70[cm]x70[cm], para la losa nueva que sirve de plano de aislación. El objetivo de esta losa y vigas de apoyo es formar un diafragma rígido sobre los aisladores de manera de repartir las deformaciones lo más uniformemente y así evitar cualquier inestabilidad local de algún aislador.
- Se considera dos tipos de aisladores, con y sin núcleo de plomo. Los aisladores con núcleo de plomo están ubicados bajo cada una de las columnas perimetrales y los aisladores elastoméricos bajo las columnas interiores. Para cada uno de ellos se considero su rigidez efectiva. Los aisladores con núcleo de plomo se agregaron para aumentar el nivel de amortiguamiento entregado por los aisladores.
- El Peso Sísmico considera la totalidad del peso (PP) más un 25% de la sobrecarga de uso (Sc). Las cargas de peso propio provienen del peso de los elementos estructurales y no estructurales y la sobrecarga corresponden a la indicada en la Norma NCh 1537.OF86, que es de 300 kg/m²

En la tabla 4.5 se muestran los pesos sísmicos por piso.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Piso	Peso/m ²	Largo planta [m]	Ancho planta [m]	Area planta [m ²]	Masa [Ton/g]	Inercia Rotacional [Ton*m/g]
5	1,1	21,6	35,1	758,16	85,099	11867,7
4	1,25	21,6	35,1	758,16	96,704	13537,1
3	1,31	21,6	35,1	758,16	101,345	14094,5
2	1,54	21,6	35,1	758,16	119,139	16595,1
1	1,3	21,6	37,2	970,92	128,795	20837,4
Base	1,3	21,6	35,1	758,16	100,572	10506,5

Tabla 4-1 Masas por piso. Estructura Aislada.

La figura 4.22 muestra el modelo realizado en el programa SAP-2000

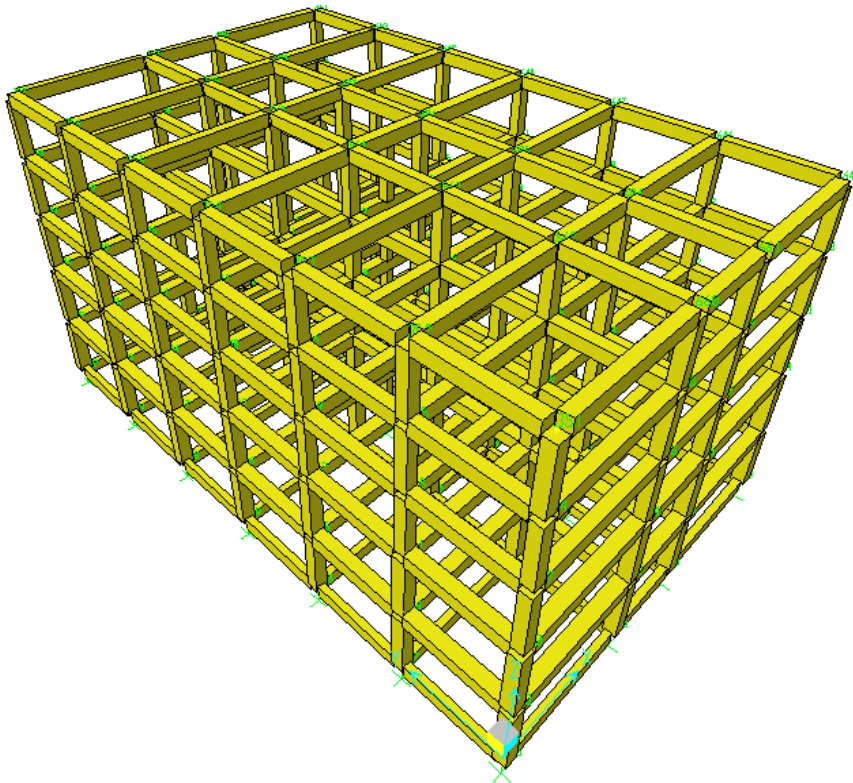


Figura 4-1 modelo de la estructura con aisladores.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

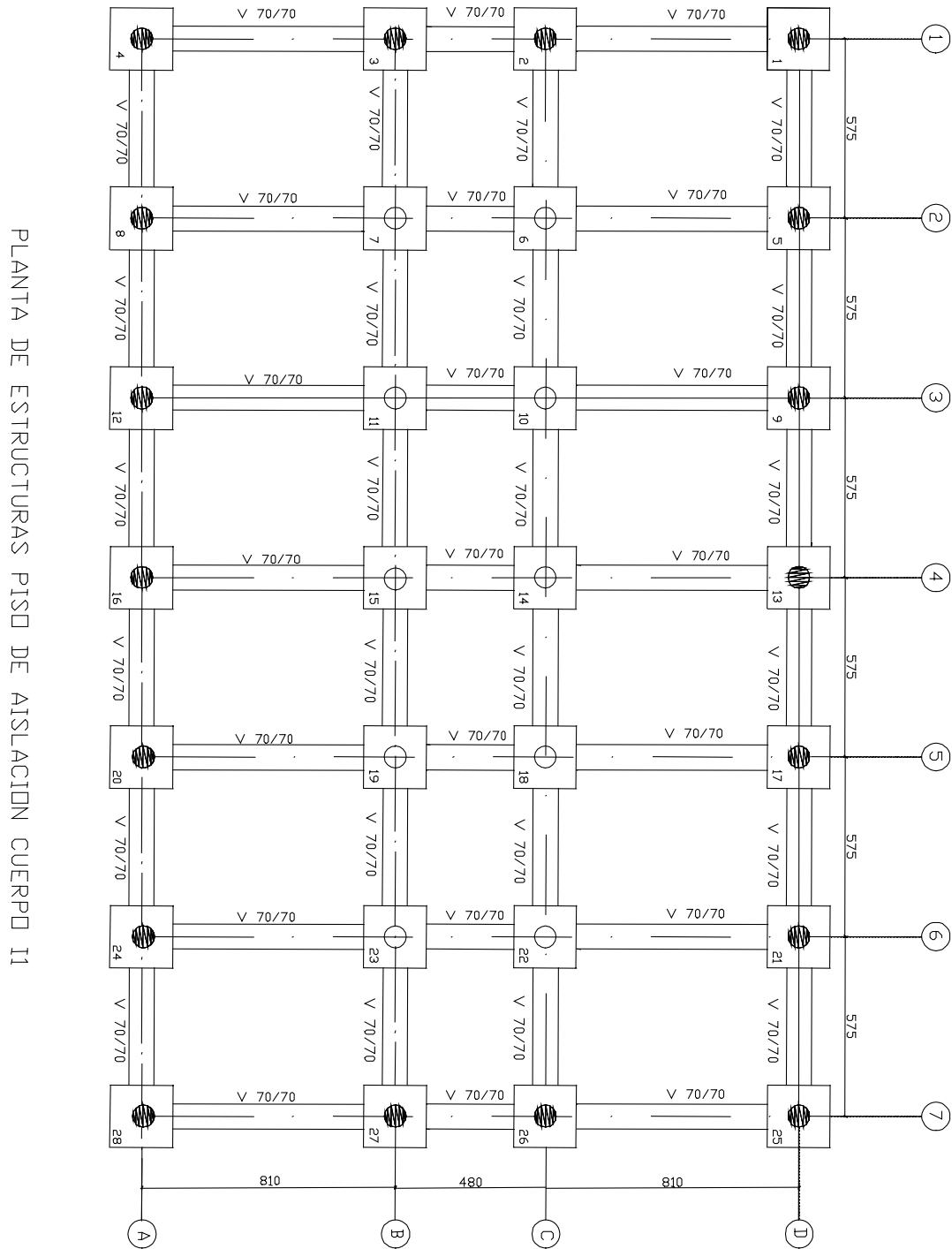


Figura 4-2 Ubicación de los aisladores.

Aislador elastomérico con núcleo de plomo: Estos están representados en el figura con los círculos.

Aislador elastomérico: Estos están representados en la figura con las circunferencias.

4.3.2 Capacidad estructural del marco

La capacidad resistente al corte de los elementos del marcos, se evaluó con el Código de hormigón armado ACI 318-99 (Capítulo N°2). No se aplicaron los factores de reducción de la resistencia ($\Phi=1$).

4.3.3 Determinación de la demanda de fuerzas y deformaciones en el marco estructural.

Las demandas de fuerzas y deformaciones de los elementos que conforman el marco estructural, se obtienen directamente del análisis modal espectral con el espectro de diseño SMP, sin aplicar el factor de reducción, por ductilidad de la estructura ($R=1$).

4.3.3.1 Demanda de corte en los nudos.

Se evalúan ocho combinaciones de demanda de corte sobre los nudos (Figuras 2.28, 2.29 y 2.30). Esta se obtiene al cortar el nudo transversalmente, generándose las siguientes demandas:

$$V \text{ nudo } 1 = V_c (\text{Max,Min}) \pm (T_s(\text{Izq})+T_i(\text{Der})) \quad (4.23)-1$$

$$V \text{ nudo } 2 = V_c (\text{Max,Min}) \pm (T_s(\text{Der})+T_i(\text{Izq})) \quad (4.23)-2$$

Donde:

$V_c (\text{max})$: Máximo corte de la columna en la cara superior del nudo.

$V_c (\text{min})$: Mínimo corte de la columna en la cara superior del nudo.

$T_s(\text{Izq})$: Tensión del acero superior, que genera el momento demandado en la cara izquierda del nudo.

$T_i(\text{Izq})$: Tensión del acero inferior, que genera el momento demandado en la cara izquierda del nudo.

$T_s(\text{Der})$: Tensión del acero superior, que genera el momento demandado en la cara derecha del nudo.

$T_i(\text{Der})$: Tensión del acero inferior, que genera el momento demandado en la cara derecha del nudo.

4.3.3.2 Demanda de tensión en el acero

La tensión de las barras de acero, se obtiene de los momentos que genera cada una de las vigas. Este se ingresa en el diagrama momento-curvatura y se obtiene la tensión que genera el momento demandado.

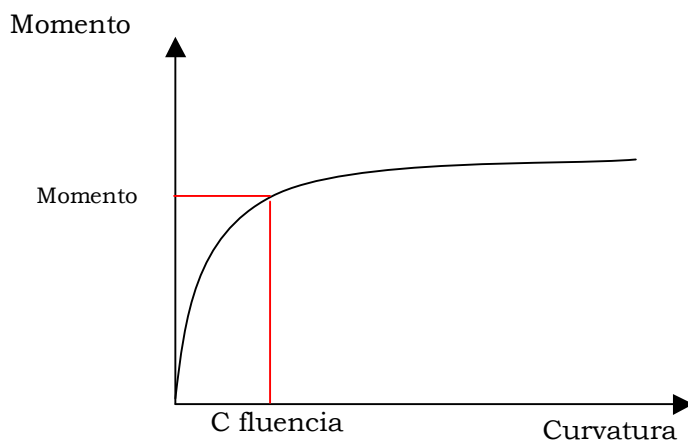


Figura 4-1 Diagrama Momento curvatura.

La validez esta dada siempre que la demanda de momento sea menor que el de fluencia. Si es mayor entonces el acero se considera en fluencia.

4.3.4 Rigidez inicial.

Es necesario definir una rigidez lateral efectiva. Suponiendo que la superestructura sobre el sistema de aislación se comporta como un cuerpo rígido, se puede definir completamente las características generales de la estructura aislada, a través de un modelo simple de un grado de libertad. Este modelo posee una masa igual a la de la estructura aislada completa y una rigidez horizontal dada por la suma de la rigidez horizontal de los aisladores. Se calculó para $T=2.5$ [seg], con la expresión siguiente:

$$Kh = \frac{4 \times \Pi^2 \times W}{T^2} \quad (4.24)$$

Donde:

Kh: Rigidez lateral efectiva de los aisladores.

W : Masa total de la estructura.

T : Periodo fundamental aislado.

Con $W=631.683$ [Ton/g] y $T =2.5$ [seg], $Kh = 3989.8$ [Ton/mts]. Siendo la rigidez para cada uno de los aisladores de $3989.8/28 = 142.493$ [Ton/mts].

El sistema de aislación es capaz de proveer gran flexibilidad horizontal y al mismo tiempo, dar un nivel de rigidez vertical equivalente a la estructura de base fija.

La rigidez vertical de los sistemas de aislación elastoméricos esta dada por la geometría del aparato de aislación. Uno de los parámetros que determina la rigidez vertical corresponde al factor de forma (que en nuestro caso corresponde a $S=10$). Los parámetros que definen la rigidez vertical se encuentran en la sección 4.0.4. La rigidez vertical se calculó como:

$$K_v = \frac{4 \times \Pi^2 \times W \times f_v^2}{g} \quad (4.25) - 1 \quad K_h = \frac{4 \times \Pi^2 \times W \times f_h^2}{g} \quad (4.25) - 2$$

$$\frac{K_v}{K_h} = \left(\frac{f_v}{f_h} \right)^2 \quad (4.25) - 3 \quad \frac{K_v}{K_h} = \frac{E_c}{G} \quad (4.25) - 4$$

$$E_c = 6 \times S^2 \times G \quad (4.25) - 5$$

$$S = \frac{1}{2.4} \times \frac{f_v}{f_h} \quad (4.25) - 6$$

Donde:

Kv: Rigidez vertical total del plano de aislación.

W : Peso total de la estructura.

f_v : Frecuencia fundamental vertical aislada.

f_h : Frecuencia fundamental horizontal aislada.

g : Aceleración de gravedad.

La rigidez vertical total del sistema de aislación es Kv = 239389 [Ton/mts]. La rigidez vertical sobre cada uno de los aisladores es Kv = 85496 [Ton/mts].

4.3.5 Elección del periodo de aislación y el amortiguamiento global.

Se realiza un análisis modal espectral con el espectro de diseño (SMP), con las consideraciones siguientes:

Solo se considera un tipo de resorte tanto en los aisladores internos como externos.

El amortiguamiento efectivo del sistema de aislación es ingresado al sistema a través de un espectro Reducido. Los factores de reducción se obtienen de las ecuaciones C.18 y C.19, o de la tabla C.1 del capítulo N°7 de la norma de aislación NCh 2745.Of2003.

Se considera un aporte de un 2% de amortiguamiento de la estructura en el amortiguamiento global, obtenido antes de producirse daño de los elementos estructurales.

El análisis se realiza independientemente, en cada una de las direcciones de los elementos resistentes del marco.

Los casos analizados son los periodos T=2.0 [seg], hasta T=2.9 [seg], siendo los amortiguamientos efectivos β=7%, β=12%, β=17% y β=19%

La figura 4.25 muestra la variación de la rigidez lateral efectiva de los aisladores con el periodo de la estructura aislada.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

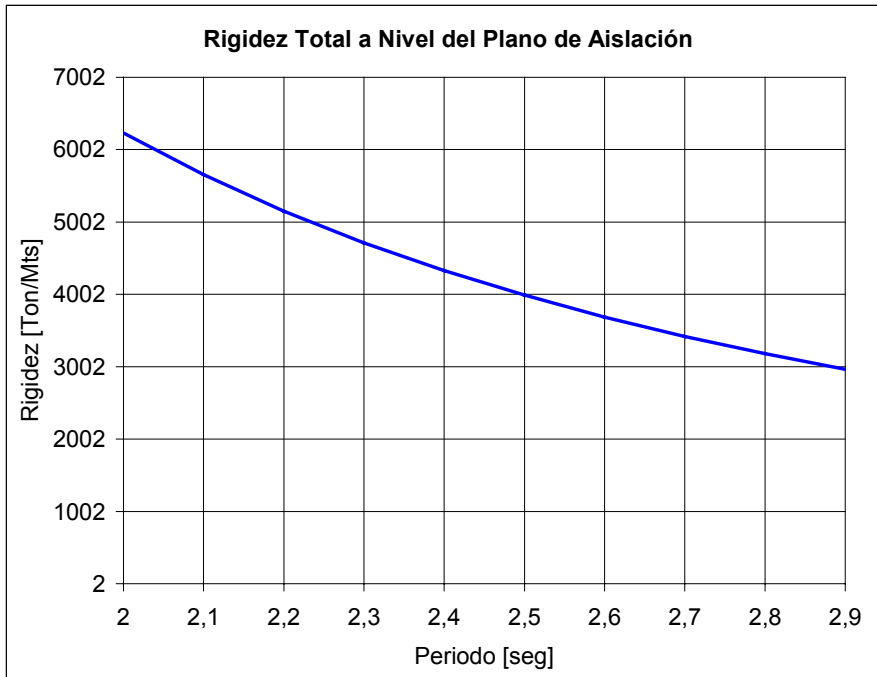


Figura 4-1 Rigidez lateral efectiva los aisladores en función del periodo de la estructura.

Al variar la rigidez y el amortiguamiento efectivo se obtiene el corte, al nivel de la base la estructura, mostrado en la figura 4.26

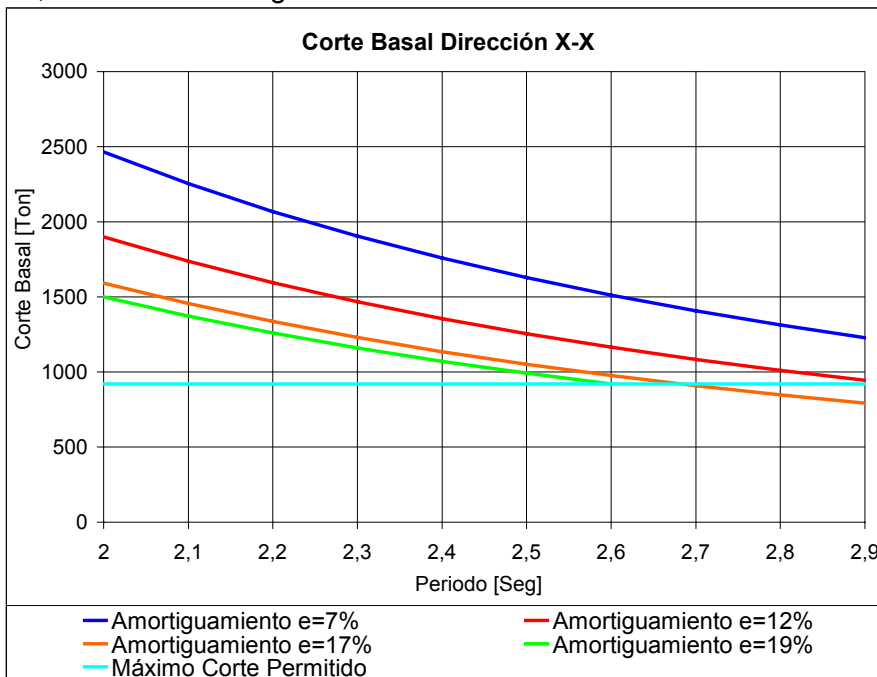


Figura 4-2 Corte basal en función del periodo y el amortiguamiento.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Para los periodos y amortiguamientos analizados, se determina la capacidad y la demanda de los elementos resistentes del marco, concluyéndose que los ejes transversales son los que determina las características del sistema de aislación (Eje N°1 y N°7), siendo el corte basal de 930 [Ton], para evitar la falla. Las columnas centrales del primer piso son las que presentan mayor demanda de resistencia al corte.

Las figuras 4.27 y 4.28 muestran la capacidad y demanda de resistencia al corte de la columna crítica, en el primer piso.

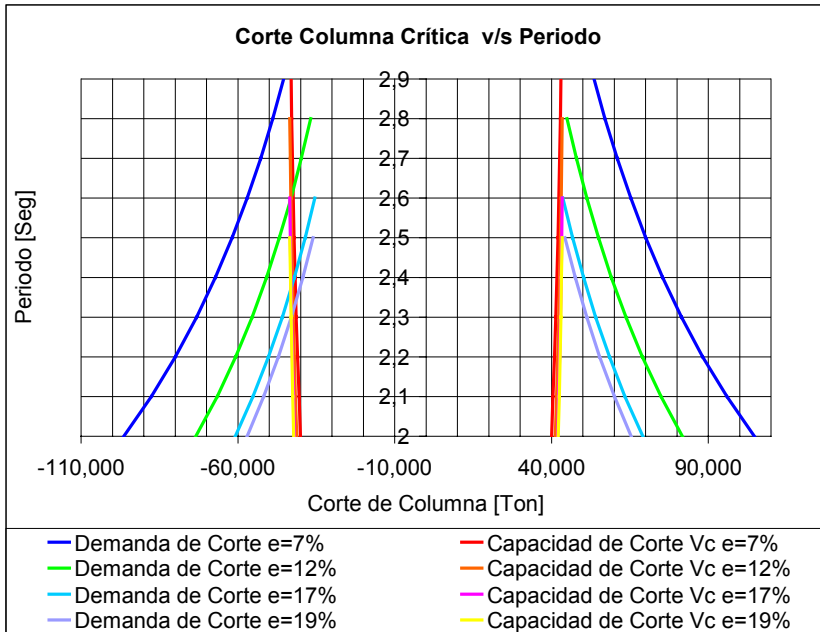


Figura 4-3 Demanda y capacidad de la columna crítica.

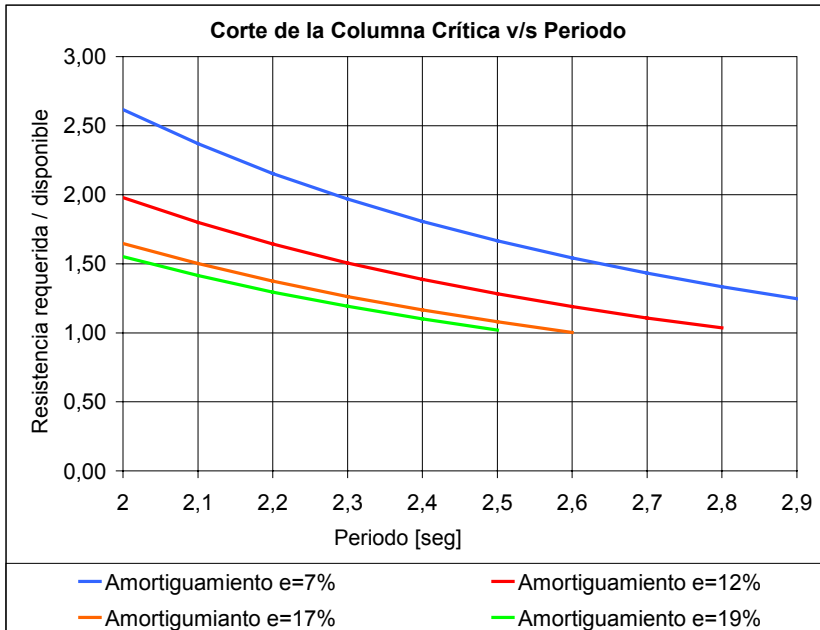


Figura 4-4 Resistencia requerida sobre la disponible de la columna crítica.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Al aumentar el periodo de la estructura se disminuye el corte, pero se aumenta la deformación lateral de los dispositivos de aislación. La manera de disminuir la deformación lateral, es aumentar el nivel de amortiguamiento efectivo de los aisladores.

Las fallas de los elementos resistentes se evitan para los casos que aparecen en la tabla 4.6

Periodo [seg]	Amortiguamiento [%]	Deformación [cm]	Corte [Ton]
2.5	19%	24,9	991,515
2.7	17%	26,6	908,812
2.9	12%	31,4	945,758

Tabla 4-1 Condiciones generales del sistema de aislación, para evitar las fallas de los elementos resistentes.

Según la tabla 4.6, la menor deformación del dispositivo de aislación y periodo de la estructura aislada corresponde al caso N°1.

La resistencia mínima de la estructura aislada, esta dada por la Norma de Aislación NCh 2745.Of2003, la cual exige que el desplazamiento mínimo de diseño para una Zona III y un Suelo 3, sea al menos de 243 mm. Garantiza de esta manera que la estructura tenga cierta resistencia a fuerzas laterales.

En la figura 4.29 se dibujaron los espectros de demanda de la norma y las curvas de respuestas del sistema con aisladores. Finalmente, se escogió un periodo de **T=2.5 [Seg]** y una razón de amortiguamiento efectivo del sistema de aislación respecto al crítico de un $\xi=15\%$, satisfaciendo así los mínimos de la norma. Con estos valores se obtiene un desplazamiento de **276 mm**. No se conseguiría una reducción significativa, ni en el desplazamiento, ni en el corte máximo en el plano de aislación, si se aumentara el amortiguamiento efectivo. Además, se debe reforzar las columnas del primer piso al corte, por ser muy susceptibles a una falla de este tipo.

La rigidez lateral efectiva ante el desplazamiento del espectro de diseño (SMP) es 3996.431 [Ton/mts], y el amortiguamiento efectivo del sistema de aislación es de 15 %.

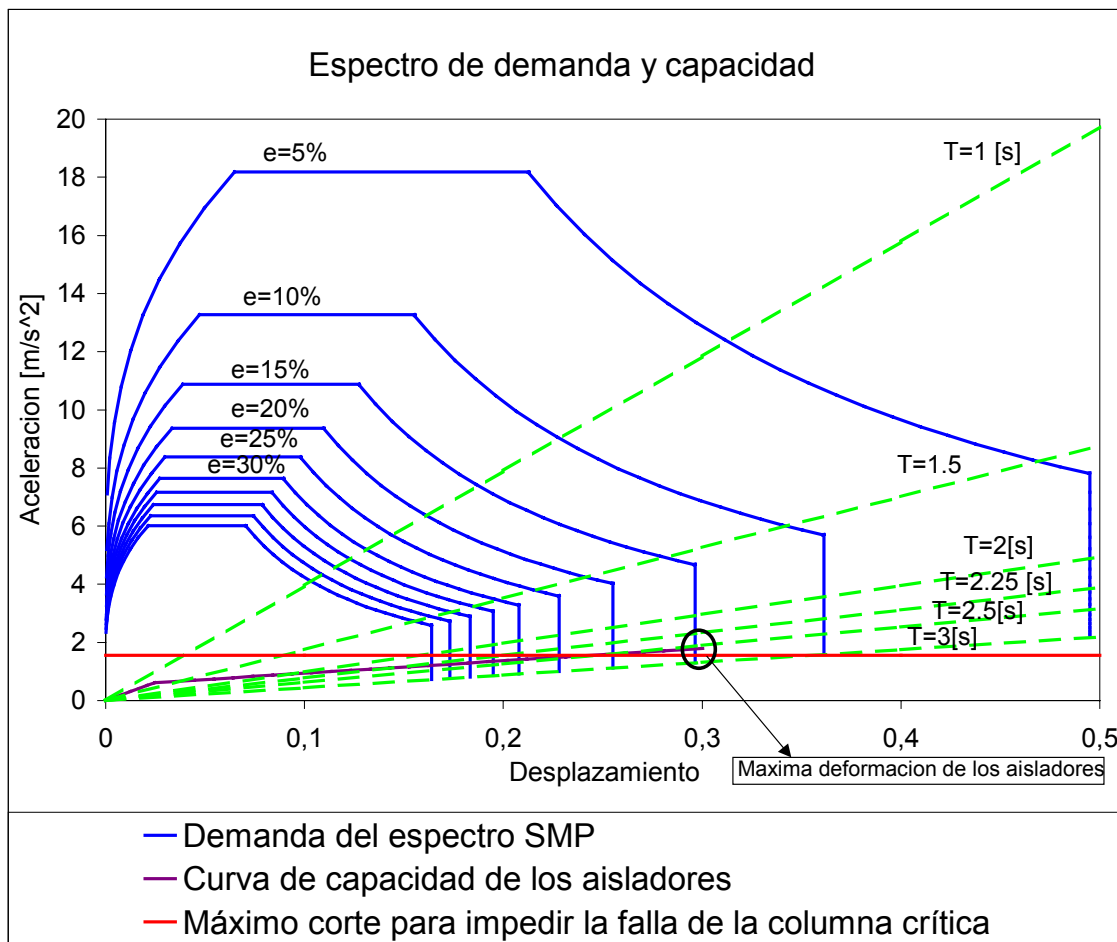


Figura 4-5 Espectro de demanda junto con la curva de respuesta de los aisladores.

4.3.6 Elección del material utilizado en los aisladores.

Por desconocimiento inicial del compuesto de goma a utilizar, se prueban varios compuestos a distintos niveles de deformación de corte, de manera de satisfacer las condiciones de diseño determinadas (Periodo y nivel de amortiguamiento global del sistema de aislación).

Se prueban cuatro compuesto de goma. Los tres primero corresponden a los usualmente producidos por la Empresa Vulco SA, y el cuarto es el compuesto de goma del Edificio Habitacional Andalucía (Ref. N°1).

Las propiedades físicas de los compuestos de goma, dependen de la frecuencia de oscilación de esta. Al aumentar la frecuencia del ensaye aumentan los módulos de corte en todos los niveles de deformación de corte. En el caso del amortiguamiento, también se observa un aumento en función de la frecuencia.

Los ensayos de los aisladores se deben realizar para la frecuencia aislada de la estructura considerada.

Las tablas 4.7 y 4.8 muestran las características físicas de los compuestos de goma.

Módulo de Corte de la Goma				
Deformación de Corte [%]	G 1[Kg/cm ²] Compuesto 1	G 2[Kg/cm ²] Compuesto 2	G 3[Kg/cm ²] Compuesto 3	G 4[Kg/cm ²] Compuesto 4
50	7.2	4.8	10.5	6.1
100	6	4.2	8.6	5.12
150	5	3.5	7.9	5.2

Tabla 4-1 Módulo de Corte de los Compuestos.

Amortiguamiento de la Goma				
Deformación de Corte [%]	e 1[%] Compuesto 1	e2[%] Compuesto 2	e3[%] Compuesto 3	e4[%] Compuesto 4
50	13	4	8.8	9.7
100	12	3.5	7.7	8.3
150	10	3.2	4.7	7.15

Tabla 4-2 Amortiguamiento de los Compuestos.

Debido a condiciones de diseño se impone una deformación máxima de corte del 100%. Los aisladores internos estando sometidos a cargas axiales del orden de 440 Ton (Determinado del análisis modal espectral) generan gran deformación de corte por la carga axial sobre la goma. Para no sobrepasar la deformación de corte de diseño de la goma (250%), se disminuye la deformación de corte producto del corte del espectro de diseño (SMP) del aislador, a un valor de 100%.

Finalmente, de acuerdo a los parámetros de diseño, se necesita un compuesto que tenga un bajo módulo de corte, para obtener aisladores con un área adecuada satisfaciendo las condiciones de carga de los aisladores y un alto nivel de amortiguamiento para cumplir con el amortiguamiento efectivo. Esto con la finalidad de lograr una deformación de corte al 100%, debido al corte en el aislador.

El compuesto N°1 de la tabla 4.7 cumple con estas condiciones, siendo el que se utilizó en el diseño definitivo de los aisladores con y sin núcleo de plomo.

Otra solución es utilizar una goma de bajo nivel de módulo de corte y amortiguamiento a la deformación, según lo señalado en las condiciones de diseño, lo que satisface el compuesto N°2. Además, aumentando el área del núcleo de plomo, se genera así un aumento del amortiguamiento efectivo de los aisladores. Se opta por la primera solución debido a que obtiene aisladores de tamaños menores, disminuyendo los costos y pesos de estos.

Alternativamente se puede determinar el módulo de corte de la goma, para cumplir con las condiciones establecidas de periodo y amortiguamiento efectivo, con las siguientes ecuaciones (Ref. N°15):

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

$$\begin{aligned}
 Kh &= \left(\frac{2 \times \pi}{T} \right)^2 \times \frac{W}{g} ; Kh = \frac{G \times A}{t_r} \\
 G &= \left(\frac{2 \times \pi}{T} \right)^2 \times \left(\frac{p}{g} \right) \times \left(\frac{Do}{\gamma} \right) \\
 C &= \left(\frac{2 \times \pi}{T} \right)^2 \times \left(\frac{Do}{g} \right) = \frac{Vb}{W} \quad (4.26) \\
 G &= \frac{C \times p}{\gamma} \\
 \gamma &= \frac{Do}{t_r} ; \Lambda = \frac{\Phi}{t_r}
 \end{aligned}$$

Donde:

Kh: Rigidez horizontal por aislador

T: Periodo de la estructura aislada

Vc: Corte en la base a la deformación Do

W: Peso Promedio por aislador

g: Aceleración de gravedad.

A: Area del aislador.

Tr: Altura total de las capas de goma.

p: Presión promedio sobre los aisladores.

Do: Deformación máxima de corte.

γ : Razón entre la deformación de corte y la altura total de goma.

Λ : Razón entre el diámetro del aislador y la altura total de goma.

Φ : Diámetro del aislador.

C: Coeficiente de corte.

Los valores usuales de Λ se encuentran entre 4 a 5, y los valores de γ se encuentran entre 1 y 2.5.

Para las condiciones de diseño establecidas, se tienen los siguientes valores:

$$C = \left(\frac{2 \times \pi}{T} \right)^2 \times \left(\frac{Do}{g} \right) = \frac{Vb}{W}; T = 2.5 \text{ (seg)}; \beta = 15\%; Do = 28 \text{ (cm)}; g = 9.8 \left(\frac{m}{\text{seg}^2} \right)$$

$$C = \left(\frac{2 \times \pi}{2.5} \right)^2 \times \left(\frac{0.28}{9.8} \right) = 0.18$$

$$\bar{A} = \frac{\pi \times \Phi^2}{4} = \frac{\pi \times (\Lambda \times t_r)^2}{4} = \frac{\pi \times \left(\Lambda \times \frac{Do}{\gamma} \right)^2}{4}; \Lambda = 4; \gamma = 1$$

$$\bar{A} = \frac{\pi \times \left(4 \times \frac{0.28}{1} \right)^2}{4} = 0.98 \text{ m}^2; \Phi = \Lambda \times \frac{Do}{\gamma} = 4 \times \frac{0.28}{1} = 1.12 \text{ (m)}; t_r = \frac{Do}{\gamma} = \frac{0.28}{1} = 0.28 \text{ (m)}$$

$$\bar{p} = \frac{W}{N \times \bar{A}} = \frac{6190.493}{28 \times 0.98} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \right) = 225.601 \left(\frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \right) = 225.601$$

$$G = \frac{C \times \bar{p}}{\gamma} = \frac{0.18 \times 225.601}{1} = 40.714 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 4.714 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$G = 4.714 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right); \beta = 15\%; \gamma = 100\%$$

4.3.7 Elección de la geometría de los aisladores.

Obtenido el nivel de rigidez lateral y el amortiguamiento efectivo de los aisladores, debemos determinar la geometría de cada uno de los aisladores.

Se considera dos tipos de geometría en los aisladores:

Los aisladores del perímetro son de la misma geometría, incluyéndose además en estos, un núcleo de plomo central igual para todos.

Los aisladores internos serán solo de una geometría.

Las ecuaciones 4.27 establecen las relaciones geométricas que deben cumplir los aisladores internos y externos de manera de satisfacer las condiciones globales de la estructura (Rigidez lateral y amortiguamiento efectivo del sistema de aislación). La geometría de los aisladores, además de estas relaciones, deben cumplir con todas las condiciones de diseño (sección 4.0.4)

La geometría de los aisladores se determinó de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= \left(\frac{4 \times \left(1 - \frac{\pi \times \beta_{eq}}{2 \times 100} \right) \times \sigma_p \times N_1 \times \Delta}{\frac{4 \times \pi \times N_2 \times G_2 \times \Delta^2}{2 \times h}} \right) \times \left(\frac{\beta_{eq} - \beta_2}{100} \right) \\
 \alpha_2 &= \left(\frac{N_1 \times G_1}{N_2 \times G_2} \right) \times \left(\frac{\beta_1 - \beta_{eq}}{\beta_{eq} - \beta_2} \right) \\
 A_p &= \left(\frac{K_{eq} \times h \times \Delta - A_1 \times (N_1 \times G_1 + N_2 \times G_2 \times \alpha_2) \times \Delta}{N_1 \times \sigma_p \times h + N_2 \times G_2 \times \alpha_1 \times \Delta} \right) \\
 A_2 &= \alpha_1 \times A_p + \alpha_2 \times A_1 \\
 K_{eq1} &= \frac{G_1 \times A_1}{h} + \frac{\sigma_p \times A_p}{\Delta} \\
 K_{eq2} &= \frac{G_2 \times A_2}{h} \\
 \beta_{eq1} &= \frac{\left(\left(\frac{4 \times \pi \times \beta_1}{100} \right) \times \left(\frac{G_1 \times A_1}{2 \times h} \right) \times \Delta^2 + 4 \times \sigma_p \times A_p \times \Delta \right)}{\frac{4 \times \pi \times K_{eq1} \times \Delta^2}{2}} \quad (4.27)
 \end{aligned}$$

$$\beta_{eq2} = \beta_2$$

Donde:

A1: Area del aislador con núcleo de plomo.

A2: Area del aislador sin núcleo de plomo.

Ap: Area del núcleo de plomo.

h: Altura del aislador.

Δ : Deformación de corte del aislador.

G1: Módulo de corte de la goma del aislador A1, a la deformación Δ

G2: Módulo de corte de la goma del aislador A1, a la deformación Δ

β_1 : Amortiguamiento de la goma del aislador A1, a la deformación Δ

β_2 : Amortiguamiento de la goma del aislador A1, a la deformación Δ

K_{eq} : Rigidez equivalente del plano de aislación.

β_{eq} : Amortiguamiento efectivo del plano de aislación.

K_{eq1} : Rigidez efectivo del aislador con núcleo de plomo.

K_{eq2} : Rigidez efectivo del aislador sin núcleo de plomo.

β_{eq1} : Rigidez efectivo del aislador con núcleo de plomo.

β_{eq2} : Rigidez efectivo del aislador sin núcleo de plomo.

Esta relación considera que los aisladores fluyen a la misma deformación de corte, por lo que la altura de los aisladores es igual.

Para obtener la geometría de los aisladores, se comienza con:

El área inicial de los aisladores interiores, determinándose así, los perimetrales y el núcleo de plomo.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Se verifica que cada uno de los aisladores cumplan con las condiciones de diseño (sección 4.0.4).

Para dar cumplimiento, se debe aumentar o disminuir el tamaño del aislador. Posteriormente,

Se aplicará al determinar la confección del diseño del aislador (sección 4.5), la norma de aislación NCh 2745.Of2003

Las propiedades de rigidez lateral y amortiguamiento efectivo de los aisladores elastoméricos, con y sin núcleo de plomo, fueron obtenidas después de realizar varias iteraciones. Los valores se muestran en la tabla 4.9

	Tipo de aislador		Unidades
	Elastomérico	Elastomérico con núcleo de plomo	
Diámetro de la goma	107	77	Cm
Altura de la goma	28	28	Cm
Diámetro del núcleo de plomo		6.7	Cm
Rigidez Horizontal Equivalente	195.491	113.510	Ton/mts
Amortiguamiento Equivalente	12	17.2	
Desplazamiento	27.6	27.6	cm

Tabla 4-1 Resumen de las propiedades de los aisladores.

4.3.8 Modelos no lineales de los aisladores.

Se definen dos tipos de modelos bilineales, el primero corresponde a los aisladores elastomérico (HDR), y el segundo a los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo(LRB). En el análisis no lineal, se representan los aisladores como elementos bilineales. Para encontrar los parámetros que definen este comportamiento bilineal, es necesario definir el punto de fluencia, la rigidez inicial y post fluencia (sección 4.0).

4.3.8.1 Modelo de los aisladores elastoméricos.

Para determinar las características de los modelos de cada uno de los aisladores es necesario definir el periodo aislado, amortiguamiento efectivo y nivel de deformación por corte de los aisladores, incluida la geometría de los dispositivos y las propiedades físicas del compuesto de goma utilizado. Todas definidas anteriormente.

La rigidez inicial y de fluencia dependen de las propiedades de la goma utilizada, del grado de deformación final que se produce en la goma, y de la geometría. Debido a que la deformación final depende del periodo aislado de la estructura y amortiguamiento efectivo, se deben conocer estos parámetros antes de poder determinar las características de los modelos bilineales, analizadas anteriormente.

La rigidez inicial y de post fluencia se obtiene por medio de las siguientes ecuaciones 4.28.

$$K1 = \frac{G \left(\frac{do}{h} \right) \times A \times dy}{h \times [dy + \alpha \times (do - dy)]}$$

$$K2 = \alpha \times K1 \quad (4.28)$$

$$\alpha = \frac{dy \times (do - dy) - \frac{\beta_{eq} \times \pi \times dy \times do}{2}}{(do - dy) \times \left(\frac{\beta_{eq} \times \pi \times do}{2} + dy \right)}$$

Donde:

K1: Rigidez inicial del aislador.

K2: Rigidez de post fluencia del aislador.

G: Módulo de corte de la goma a la deformación de diseño [6 kg/cm²].

do: Deformación máxima de corte en el aislador [276 mm].

dy: Deformación de fluencia en el aislador [27.6 mm].

h: Altura de la goma [276 mm].

A: Area en planta del aislador.

β_{eq} : Amortiguamiento equivalente de la goma a la deformación de diseño (15 %).

La ecuación anterior define en forma implícita, la variación del módulo de corte y del amortiguamiento en función de la deformación.

El corte y amortiguamiento equivalente de la goma se determina de la ecuación

4.29

$$G \left(\frac{d}{h} \right) = \frac{h}{A} \times \left[\frac{K1 \times d + K2 \times (d - dy)}{dy} \right] \quad (4.29) - 1$$

$$\beta_{eq} \left(\frac{d}{h} \right) = \frac{2}{\pi} \times \left(\frac{(K1 - K2) \times dy \times (d - dy)}{(K1 \times d + K2 \times (d - dy)) \times d} \right) \quad (4.29) - 2$$

Donde:

K1: Rigidez inicial del Aislador.

K2: Rigidez de fluencia del aislador.

G: Módulo de corte de la goma a la deformación de diseño [6 kg/cm²].

do: Deformación del aislador.

dy: Deformación de fluencia en el Aislador [27.6 mm].

h: Altura de la goma [276 mm].

A: Area en planta del aislador.

β_{eq} : Amortiguamiento equivalente de la goma a la deformación de diseño (15 %).

Se impone que el modelo de corte y amortiguamiento a la deformación de diseño, sea igual que el valor real, quedando sólo un parámetro para ajustar los demás valores (desplazamiento de fluencia)

La norma de aislación NCh 2745.Of2003 establece que el desplazamiento de fluencia se puede aproximar por un valor que varía entre 5% y 10% de la altura total de la goma, Skinner recomienda utilizar 10%(Ref. N°19).

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Para cumplir con este rango de valores y además minimizar el error medio de los valores, se utiliza, una deformación de fluencia del 10% de la altura de la goma. Las figuras 4.30 y 4.31 muestran los valores reales y del modelo utilizado.

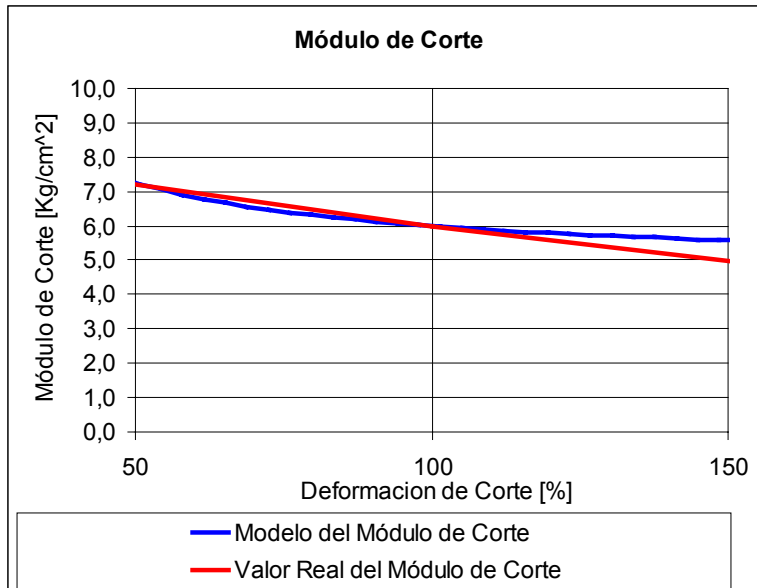


Figura 4-1 Módulo de corte de la goma.

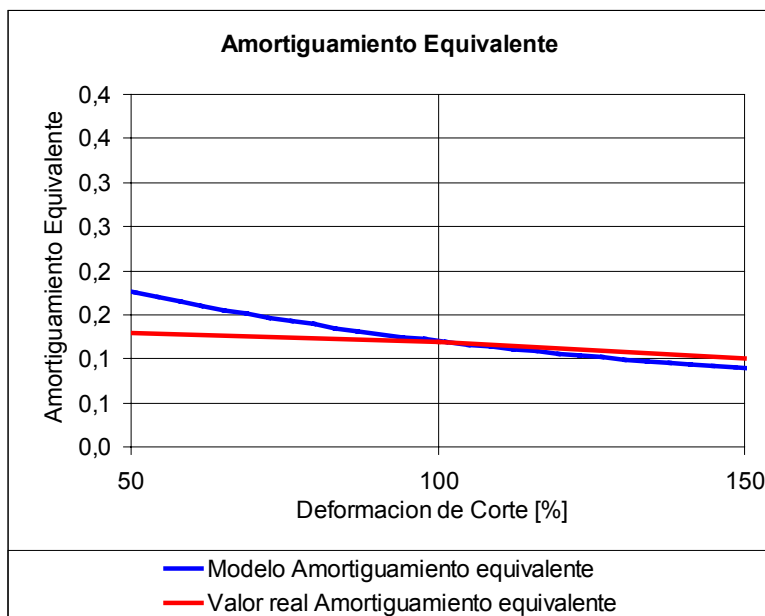


Figura 4-2 Amortiguamiento de la goma.

Este modelo de la goma es utilizado para los aisladores con y sin núcleo de plomo.

La tabla 4.10 muestra los valores reales y del modelo, del módulo de corte y amortiguamiento efectivo de la goma.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Deformación de Corte [%]	G [Kg/cm ²] Compuesto 1	G [Kg/cm ²] Modelo	e [%] Compuesto 1	e [%] Modelo
50	7.2	7,3	13	18
100	6	6	12	12
150	5	5,3	10	9

Tabla 4-1 Valores del modulo de corte y amortiguamiento efectivo con el modelo.

La tabla 4.11 muestra los valores de diseño utilizados en el modelo bilineal

Desplazamiento de fluencia	m	0,0276
Fuerza de fluencia	Ton	15.564
Rigidez Inicial (antes de la fluencia)	Ton/m	563.948
Rigidez post fluencia	Ton/m	154.538

Tabla 4-2 Parámetros de modelo bilineal (aislador elastomérico).

La figura 4.32 muestra el modelo bilineal del aislador.

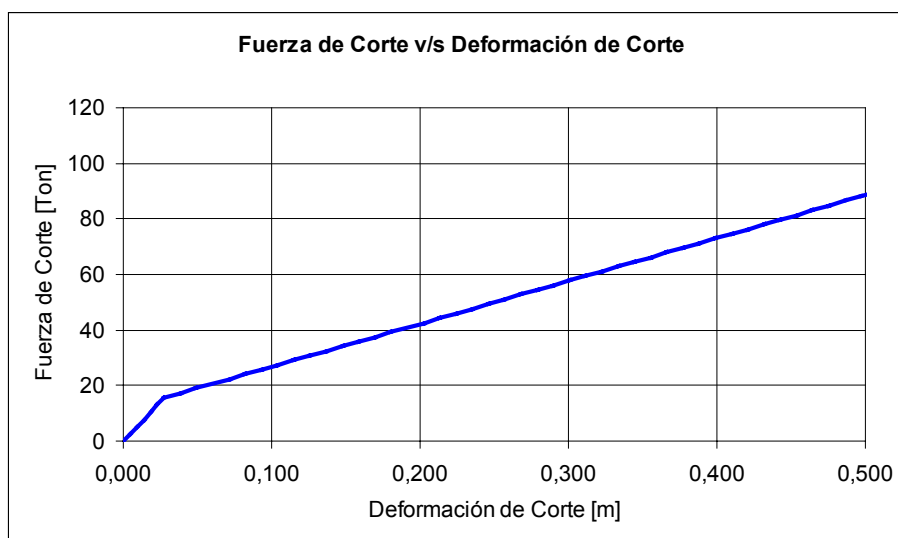


Figura 4-3 Corte v/s Deformación por Corte.

4.3.8.2 Modelo de los Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo.

Los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo, se representan por la constitutiva bilineal. Para la definición de cada uno de los parámetros a determinar, es necesario conocer las propiedades de la goma, del plomo y la geometría de los aisladores.

El tipo de compuesto de goma utilizado, es el mismo de los aisladores elastoméricos.

REHABILITACION DEL HOSPITAL “DR. JUAN NOE CREVANI” MEDIANTE AISLACION BASAL

El plomo utilizado tiene un esfuerzo de fluencia al corte de 1000[Ton/m²].

Las deformaciones de fluencia por corte del plomo y de la goma son similares, y por ello se consideran iguales. Según Skinner (Ref. N°19), recomienda utilizar una deformación de fluencia igual a la de la goma sin núcleo de plomo y la rigidez inicial del aislador con núcleo de plomo, 10 veces la rigidez inicial de la goma y mantener la rigidez post fluencia de la goma. La recomendación de la Norma NCh 2745.Of 2003, para la rigidez de post fluencia, es aumentar este valor en 1.15 veces la de post fluencia de la goma.

La rigidez inicial y de post fluencia se obtiene por medio de las siguientes ecuaciones 4.30.

$$K1 = \frac{G \left(\frac{do}{h} \right) \times A \times dy}{h \times [dy + \alpha \times (do - dy)]}$$

$$K2 = 1.15 \times \alpha \times K1$$

$$\alpha = \frac{dy \times (do - dy) - \frac{\beta_{eq} \times \pi \times dy \times do}{2}}{(do - dy) \times \left(\frac{\beta_{eq} \times \pi \times do}{2} + dy \right)}$$

$$\beta_{eq} = \frac{W_d}{4 \times \pi \times W_s}; W_d = \beta_{Goma} \times 4 \times \pi \times \frac{K_{EqGoma} \times do^2}{2} + \frac{4 \times \sigma_{Plomo} \times A_{Plomo} \times do}{1} \quad (4.30)$$

$$W_s = \frac{K_{Eq} \times do^2}{2}$$

$$K_{EqGoma} = G \left(\frac{do}{h} \right) \times \frac{A}{h}$$

$$K_{Eq} = K_{EqGoma} + \frac{\sigma_{Plomo} \times A_{Plomo}}{do}$$

Donde:

K1: Rigidez Inicial del aislador.

K2: Rigidez post fluencia del aislador.

G: Módulo de corte de la goma a la deformación máxima de diseño.

do: Deformación máxima de corte en el aislador.

dy: Deformación de fluencia en el aislador.

h: Altura de la goma.

A: Area en planta del aislador.

σ_{plomo} : Esfuerzo de fluencia del plomo

A_{plomo} : Area del núcleo de plomo.

β_{eq} : Amortiguamiento equivalente del aislador a la deformación máxima de diseño.

La tabla 4.12 muestra los valores de diseño utilizados en el modelo bilineal

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Diámetro de la goma	M	0,77
Altura de la goma	M	0,276
Datos del plomo		
Diámetro núcleo de plomo	M	0,067
Esfuerzo de Fluencia plomo	Ton/m²	1000
Fuerza de Fluencia plomo	Ton	3.597
Desplazamiento de fluencia	M	0,0276
Fuerza de fluencia	Ton	11.597
Rigidez Inicial (antes de la fluencia)	Ton/m	420.184
Rigidez post fluencia	Ton/m	79.423

Tabla 4-1 Parámetros de modelo bilineal (aislador con núcleo de plomo).

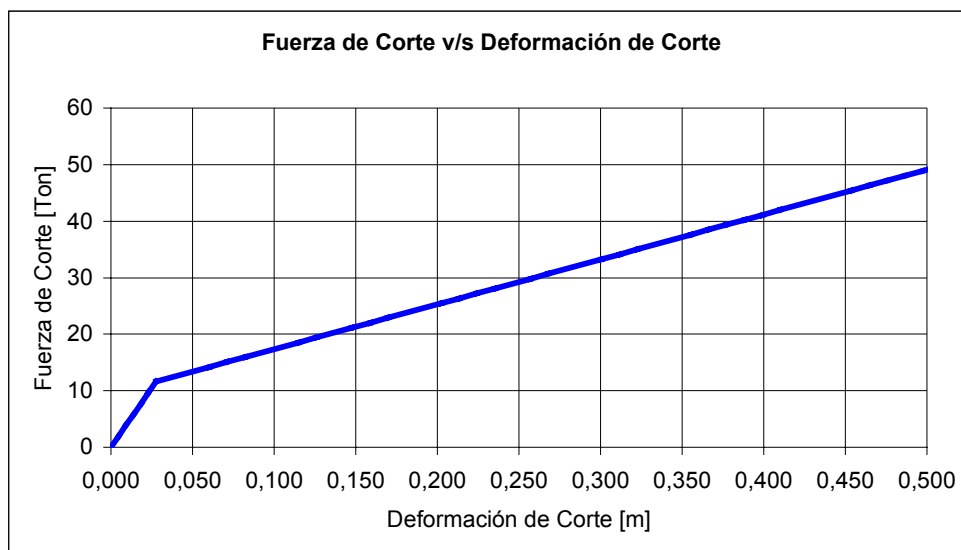


Figura 4-1 Corte v/s Deformación por Corte.

4.3.9 Modelos lineal equivalente de los aisladores.

Este modelo se utiliza para determinar el nivel de rigidez, amortiguamiento efectivo del sistema de aislación y las fuerzas con las deformaciones de la estructura, ante cualquier espectro o registro.

En el análisis lineal efectivo, las propiedades de rigidez y amortiguamiento de los aisladores se obtienen de los gráficos de rigidez v/s deformación y razón de amortiguamiento v/s deformación. Esto como resultado de las propiedades físicas y geométricas de los dispositivos utilizados, obtenidas en las secciones anteriores.

Es necesario iterar, partiendo de la deformación del sistema de aislación, obteniéndose las propiedades de rigidez y amortiguamiento efectivo de cada uno de los aisladores. Se ingresan al programa Sap-2000 7.42, realizándose un análisis modal espectral con el espectro utilizado, obteniéndose otro desplazamiento. El proceso sigue hasta que el desplazamiento obtenido con el análisis y el inicial presentan mínima dispersión.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Algoritmo de trabajo.

- Deformación inicial de cada aislador.
- Obtención de las propiedades de rigidez y amortiguamiento efectivos de los aisladores utilizados.
- Determinación de la demanda de desplazamiento de los dispositivos, con el análisis espectral.
- Comparación entre el desplazamiento inicial y el obtenido del análisis. Si estos son similares se deja el valor de desplazamiento. En caso contrario, se ingresa con el nuevo desplazamiento, continuándose otro ciclo de iteración.

La figura 4.34 y 4.35 muestran la rigidez y amortiguamiento efectivo de los aisladores.

La figura 4.36 muestra la variación que va experimentando el periodo de la estructura, al aumentar el nivel de deformación por corte de los aisladores.

Estas figuras consideraron a 10 aisladores elastoméricos y 18 con núcleo de plomo.

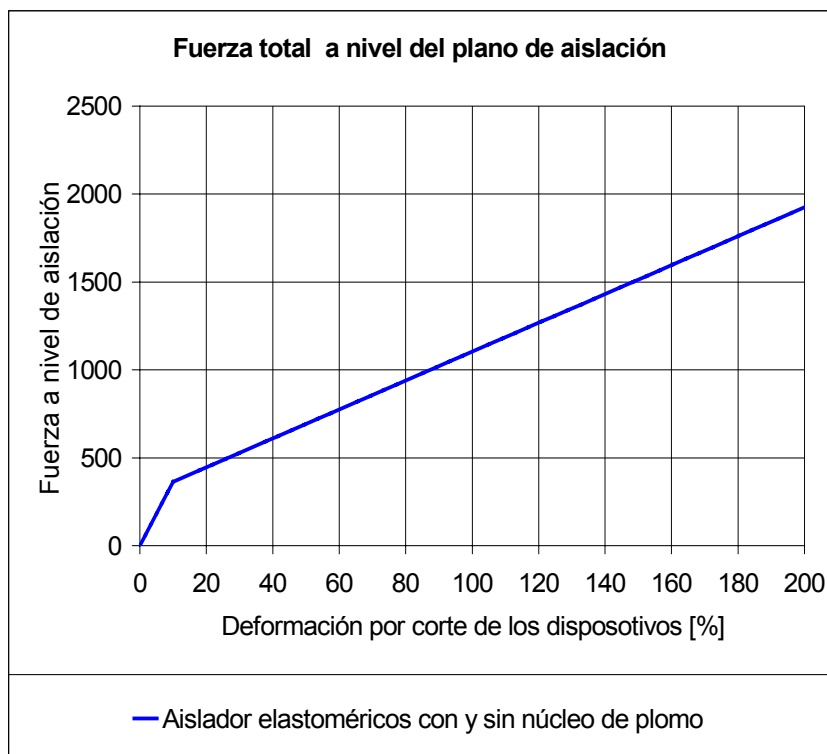


Figura 4-1 Corte total a nivel del plano de Aislación v/s deformación por corte

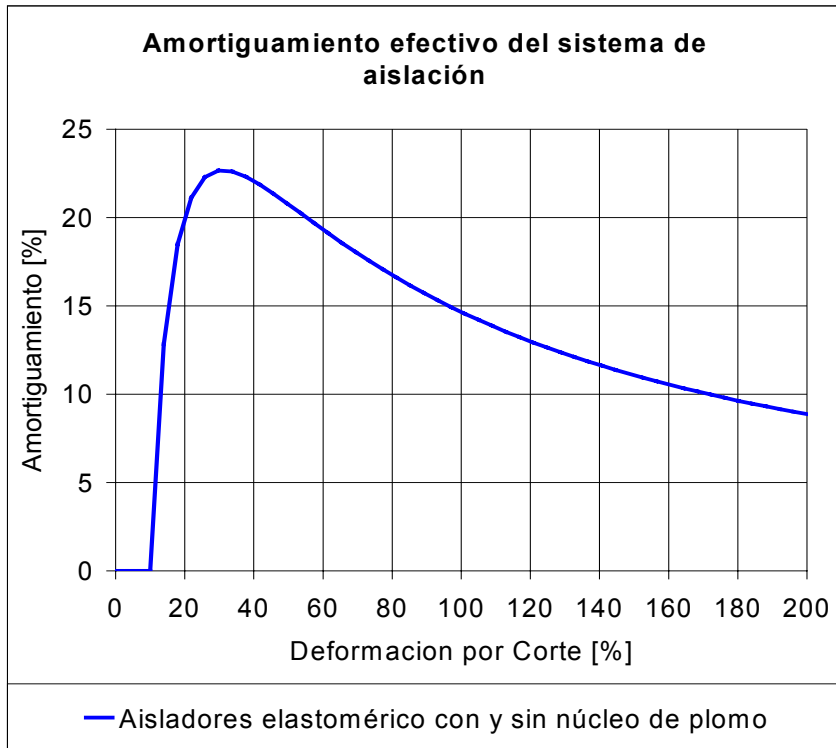


Figura 4-2 Amortiguamiento total sistema de Aislación v/s deformación por corte

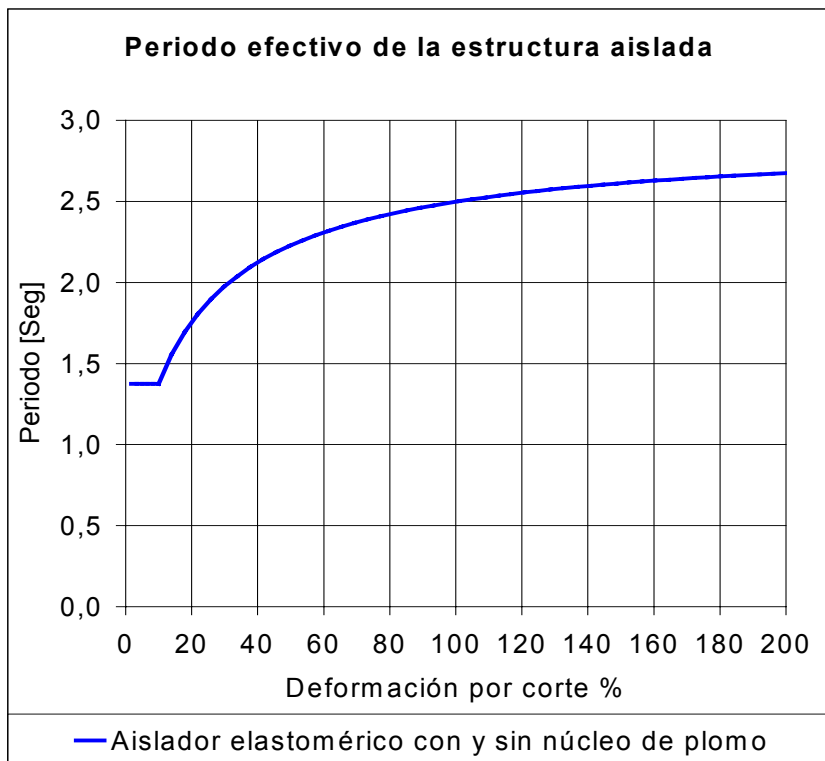


Figura 4-3 Periodo en función de la deformación por corte en el plano de aislación

4.4 Resultados del análisis modal espectral con el espectro de la norma de aislación NCh 2745.Of2003.

4.4.1 Demandas globales del análisis modal espectral con el espectro SMP.

El análisis modal espectral de la estructura aislada, se realizó sin los factores de reducción por ductilidad. El valor especificado en la norma de aislación NCh 2745.Of2003 es de $R=2$.

Se aplica el factor de reducción, en el espectro de diseño (SMP), debido al amortiguamiento efectivo de los aisladores. El nivel de amortiguamiento efectivo, es 15%, respecto al crítico. El amortiguamiento de la estructura es un 2% (nivel medido del Hospital, antes de producirse daños de los elementos estructurales). Esto genera un factor de reducción de 1.67 (NCh 2745.Of2003)

La tabla 4.13 muestra las propiedades dinámicas de la estructura aislada:

Modo	Periodo [Seg]	Masa equivalente [%]	
		M-XX	M-YY
1	2.5474	99.897	0
2	2.5347	99.897	99.9314
3	2.1853	99.897	99.9314
4	0.3794	99.9936	99.9314
5	0.3448	99.9936	99.9954
6	0.3031	99.9936	99.9954
7	0.1846	99.9994	99.9954
8	0.1696	99.9994	99.9995
9	0.1460	99.9994	99.9995
10	0.1180	99.9999	99.9995
11	0.1112	99.9999	99.9999
12	0.0969	99.9999	99.9999
13	0.0841	100	99.9999
14	0.0811	100	100
15	0.0718	100	100
16	0.0681	100	100
17	0.0674	100	100
18	0.0587	100	100

Tabla 4-1 Propiedades dinámicas de la estructura aislada.

Las tablas 4.14, 4.15, 4.16, muestran los cortes de la estructura aislada, los cortes elásticos y reducidos de la estructura actual, en las dos direcciones de los marcos.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

ESTRUCTURA AISLADA						
Nivel	Sismo en Sentido X			Sismo en Sentido Y		
	Corte X [Ton]	Corte Y [Ton]	Torsión [Ton-m]	Corte X [Ton]	Corte Y [Ton]	Torsión [Ton-m]
Base de aislación	1102.872	0.000	0.000	0.000	1114.882	0.000
1	935.211	0.000	0.000	0.000	943.284	0.000
2	719.203	0.000	0.000	0.000	719.203	0.000
3	515.893	0.000	0.000	0.000	515.391	0.000
4	337.396	0.000	0.000	0.000	335.235	0.000
5	159.670	0.000	0.000	0.000	157.919	0.000

Tabla 4-2 Cortes de piso del la estructura aislada (Espectro de aislación).

ESTRUCTURA DE BASE FIJA. ESPECTRO REDUCIDO						
Nivel	Sismo en Sentido X			Sismo en Sentido Y		
	Corte X [Ton]	Corte Y [Ton]	Torsión [Ton-m]	Corte X [Ton]	Corte Y [Ton]	Torsión [Ton-m]
1	1393.350	0.000	0.000	0.000	1311.446	0.000
2	1271.830	0.000	0.000	0.000	1222.032	0.000
3	1033.390	0.000	0.000	0.000	944.612	0.000
4	735.000	0.000	0.000	0.000	674.564	0.000
5	369.870	0.000	0.000	0.000	342.193	0.000

Tabla 4-3 Cortes de piso de la estructura de base fija (Espectro de aislación reducido).

ESTRUCTURA DE BASE FIJA ESPECTRO ELASTICO						
Nivel	Sismo en Sentido X			Sismo en Sentido Y		
	Corte X [Ton]	Corte Y [Ton]	Torsión [Ton-m]	Corte X [Ton]	Corte Y [Ton]	Torsión [Ton-m]
1	7830.620	0.000	0.000	0.000	7199.84	0.000
2	7147.700	0.000	0.000	0.000	6708.96	0.000
3	5807.620	0.000	0.000	0.000	5185.92	0.000
4	4130.700	0.000	0.000	0.000	3703.36	0.000
5	2078.720	0.000	0.000	0.000	1878.64	0.000

Tabla 4-4 Cortes de piso de la estructura de base fija (Espectro de aislación sin reducción).

La tabla 4.17 y 4.18, muestran los desplazamientos de la estructura aislada, y los desplazamientos elásticos y reducidos de la estructura actual, en las dos direcciones de los marcos.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Piso	DESPLAZAMIENTO DE PISO DIRECCION X (Sismo en Sentido X)		
	Estructura aislada	Estructura de base fija Espectro Elástico	Estructura de base fija Espectro Reducido
Fundación	0.000		
Base de aislación	0.2764	0.000	0.000
1	0.2849	0.046	0.008
2	0.2920	0.104	0.019
3	0.2978	0.156	0.028
4	0.3016	0.196	0.035
5	0.3036	0.218	0.039

Tabla 4-5 Desplazamiento de piso Dirección X.

Piso	DESPLAZAMIENTO DE PISO DIRECCION Y (Sismo en sentido Y)		
	Estructura aislada	Estructura de base fija Espectro Elástico	Estructura de base fija Espectro Reducido
Fundación	0.000		
Base de aislación	0.2794	0.000	0.000
1	0.2864	0.042	0.008
2	0.2922	0.091	0.017
3	0.2969	0.134	0.024
4	0.3000	0.165	0.030
5	0.3016	0.182	0.033

Tabla 4-6 Desplazamiento de piso Dirección Y.

La tabla 4.19 y 4.20, muestran los desplazamientos relativos de piso de la estructura aislada y los desplazamientos relativos de piso, elásticos y reducidos de la estructura actual, en las dos direcciones de los marcos.

Piso	DEFORMACION DE PISO DIRECCION X (Sismo en Sentido X)		
	Estructura aislada	Estructura de base fija Espectro Elástico	Estructura de base fija Espectro Reducido
Fundación	0.000		
Base de aislación	0.2764		
1	0.0085	0.046	0.008
2	0.0071	0.058	0.010
3	0.0057	0.052	0.009
4	0.0038	0.040	0.007
5	0.0020	0.022	0.004

Tabla 4-7 Deformación de piso Dirección X.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Piso	DEFORMACION DE PISO DIRECCION X (Sismo en Sentido X)		
	Estructura aislada	Estructura de base fija Espectro Elástico	Estructura de base fija Espectro Reducido
Fundación	0.000		
Base de aislación	0.2794		
1	0.0070	0.042	0.008
2	0.0058	0.049	0.009
3	0.0046	0.043	0.008
4	0.0031	0.032	0.006
5	0.0016	0.017	0.003

Tabla 4-8 Deformación de piso Dirección Y

La figura 4.37, 4.38 y 4.39 muestran los cortes, desplazamientos y desplazamientos relativos de piso en ambas direcciones de análisis

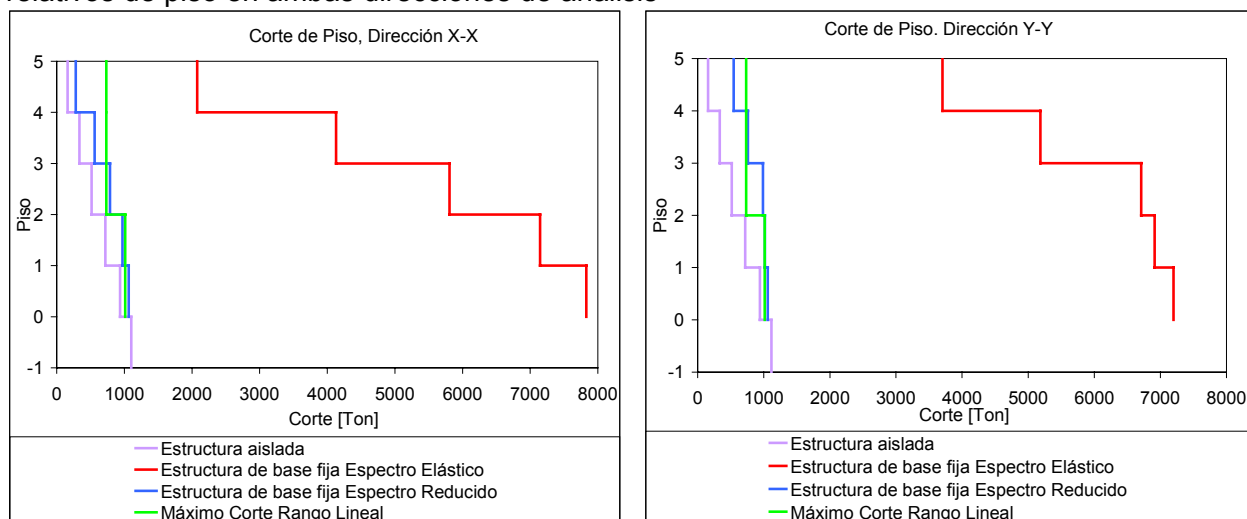


Figura 4-1 Cortes de Piso

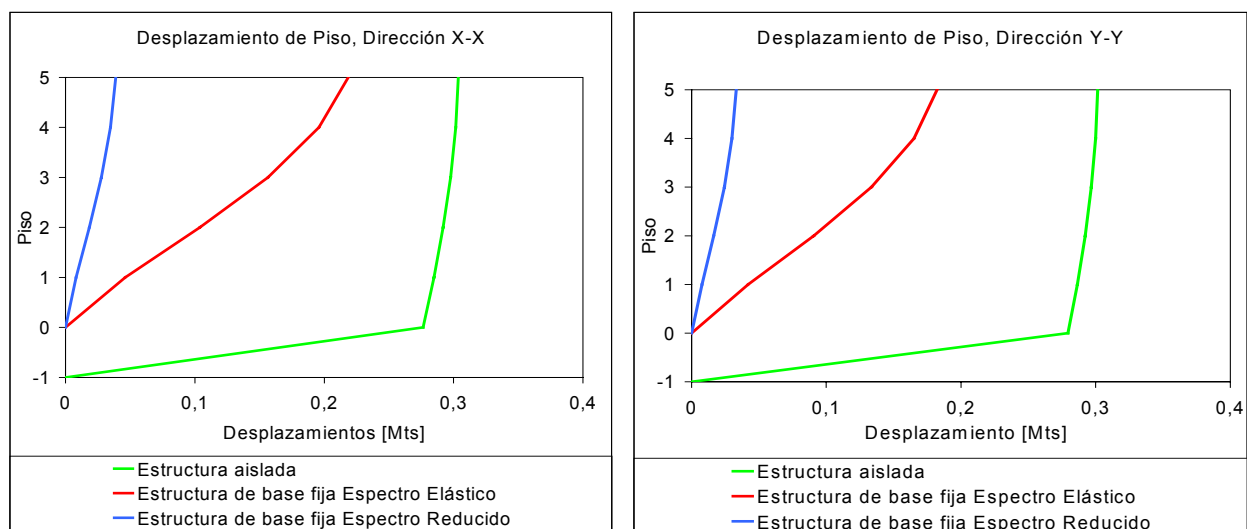


Figura 4-2 Desplazamientos de Piso

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

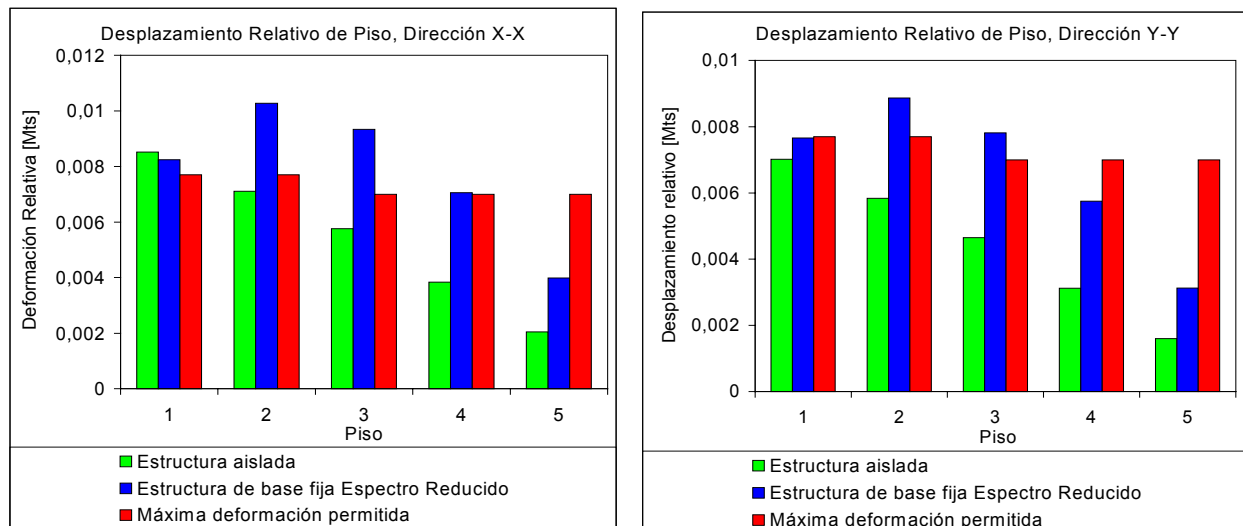


Figura 4-3 Desplazamiento relativos de Piso

La figura 4.37 muestra el corte elástico de piso de la estructura aislada, comparándose con el corte elástico y reducido de piso de la estructura actual. Los cortes elásticos de piso de la estructura aislada, ante un sismo eventual (SMP), son menores que los cortes reducidos de piso de la estructura actual, ante sismos frecuentes.

La figura 4.38 muestra los desplazamientos elásticos y reducidos de la estructura actual, con una estructura aislada. La estructura aislada concentra la deformación casi completamente en el aislador, diferenciándose de la estructura actual. Actualmente, las estructuras son diseñadas para disipar energía, a través de la deformación no lineal de los elementos estructurales (ductilidad). Los elementos resistentes de la estructura, no tienen capacidad adecuada de deformación no lineal, siendo los aisladores, efectivos en la disminución de las deformaciones.

La figura 4.39 compara los desplazamientos relativos calculados para la estructura aislada con los obtenidos de la estructura actual utilizando el espectro reducido de la Norma NCh 433.OF96, que pueden interpretarse, como los desplazamientos que podrían ocurrir ante sismos frecuentes. Se indicó en la figura el desplazamiento relativo permitido, para cada piso. La estructura aislada en todos los pisos presenta deformaciones menores que la estructura de base fija.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

La tabla 4.21 resume las características del sistema de aislación..

	Tipo de Sistema de aislación	
	Ambos tipos de aisladores.	Unidades
Cantidad de aisladores elastoméricos	10	
Cantidad de aisladores con núcleo de plomo	18	
Masa de la estructura	631.683	Ton/g
Periodo efectivo	2.5	Seg
Amortiguamiento efectivo	15	%
Periodo Inicial	1.37	Seg
Periodo Post Fluencia	2.90	Seg
Razón de corte de Fluencia v/s Peso	5.11	%
Razón de corte de Máximo v/s Peso	17.83	%
Fuerza de Fluencia	316.224	Ton
Desplazamiento de Fluencia	0.021	Mts
Desplazamiento Último	0.276	Mts
Fuerza Desplazamiento Último	1103.474	Ton
Razón Corte de Nch 433 of 96 V/s Masa	8	%
Razón Corte por Viento v/s Peso	1.1	%
1.5*Razón de corte de Fluencia v/s Peso	7.66	%
Grado de No linealidad conjunto	21	%
Periodo de base fija X	0.56	
Periodo de base fija Y	0.6	
Razón de periodos caso X, fase Elástica	2.45	
Razón de periodos caso X, Fase Plástica	5.17	
Razón de periodos caso Y, Fase Elástica	2.29	
Razón de periodos caso Y, Fase Plástica	4.83	

Tabla 4-9 Resumen de las características del sistema de aislación.

4.4.2 Demandas locales del análisis modal espectral (SMP).

La estructura actual, presenta las peores condiciones de corte en las columnas externas, encontrándose con gran tensión vertical, disminuyendo el aporte del hormigón a la resistencia de corte. Al incorporar aisladores en la estructura, disminuye la fluctuación de la carga axial presente en estas columnas, permaneciendo en compresión. Esto aumenta la contribución del hormigón a la capacidad de corte de la columna.

El análisis por elementos, determina la capacidad y la demanda de los elementos resistentes del marco, concluyendo que, los ejes transversales determinan las características del sistema de aislación (Eje N°1 y N°7), siendo el corte basal de 930 [Ton], para evitar la falla. Las columnas centrales del primer piso son las que presentan mayor demanda de resistencia de corte.

Las vigas centrales del primer, segundo y tercer piso sobrepasan al momento de fluencia, teniendo incursiones en el rango no lineal de deformaciones. Se deben reforzar estas vigas centrales de los ejes transversales (ejes cortos), para impedir la incursión de estas en el rango no lineal de deformaciones.

En el caso del corte, la capacidad de las vigas siempre es superior a la demanda establecida del análisis espectral modal.

La figura 4.40, compara las demandas de resistencia y capacidad de momento y corte de las columnas del eje N°1. En el cálculo de la resistencia a la flexión y al corte, se consideran las fuerzas axiales actuantes, durante el espectro de diseño (SMP)

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

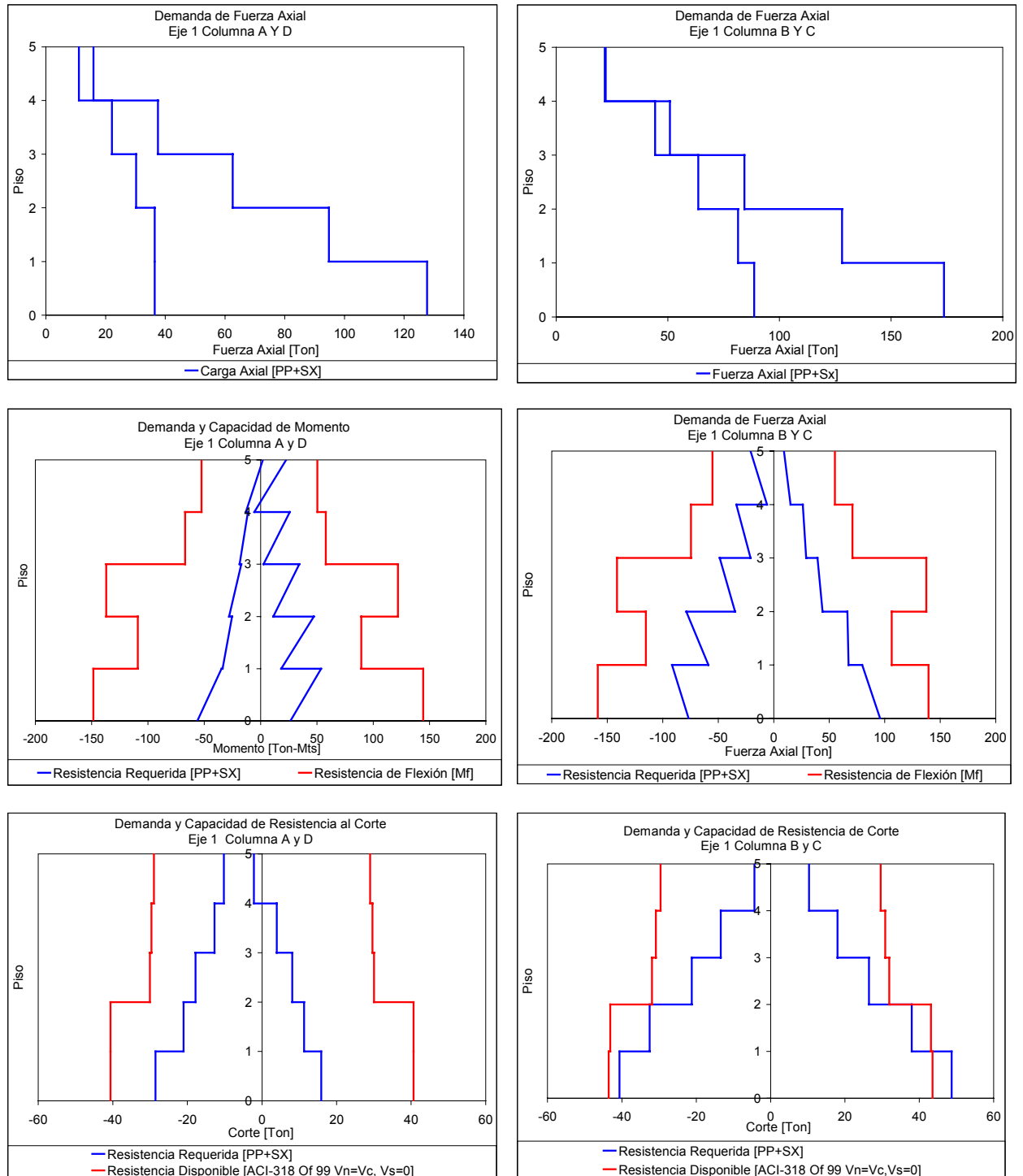
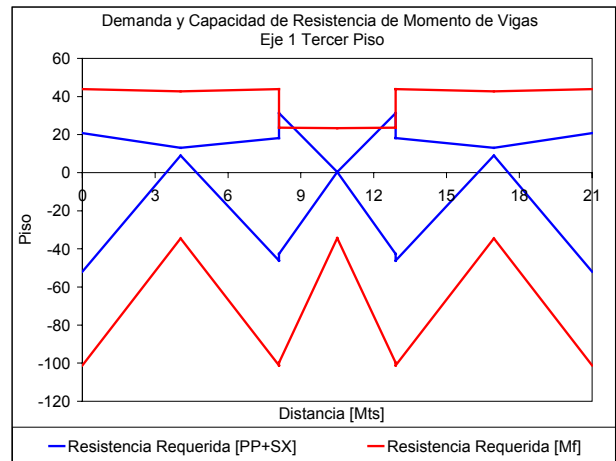
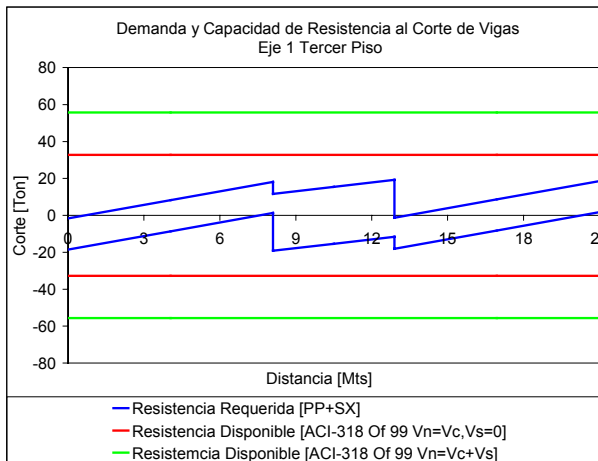
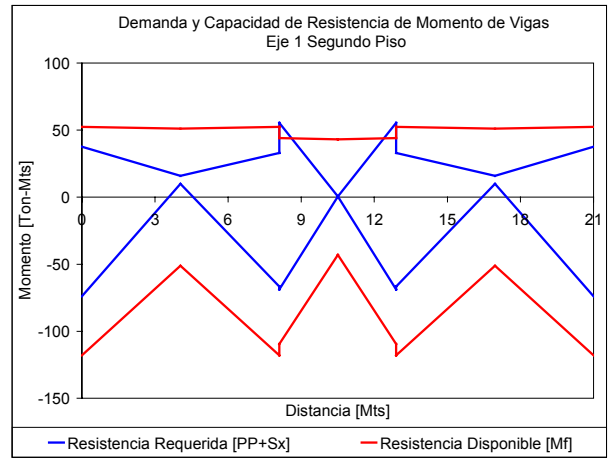
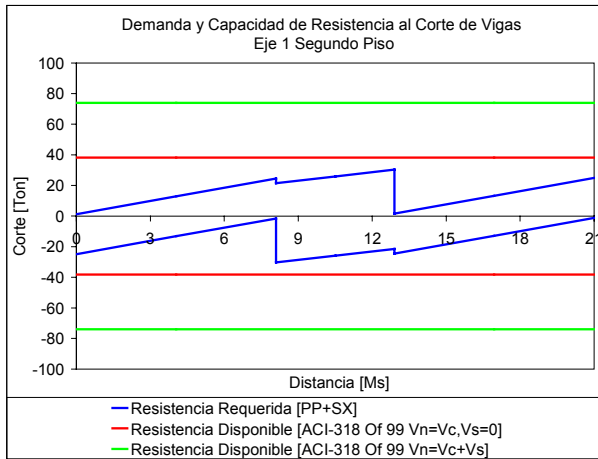
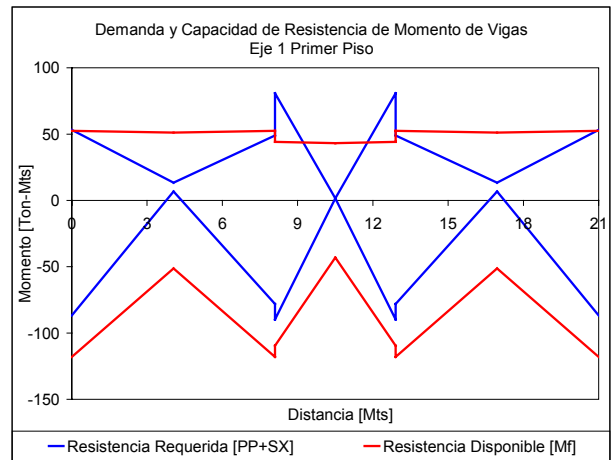
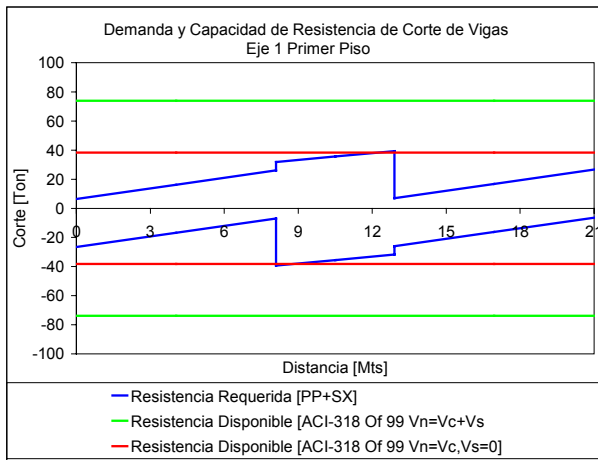


Figura 4-1 Demanda y capacidad de resistencia de carga axial, corte y momento de las columnas, eje N°1.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

La figura 4.41, compara las demandas de resistencia y capacidad de momento y corte de las vigas del eje N°1.



REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

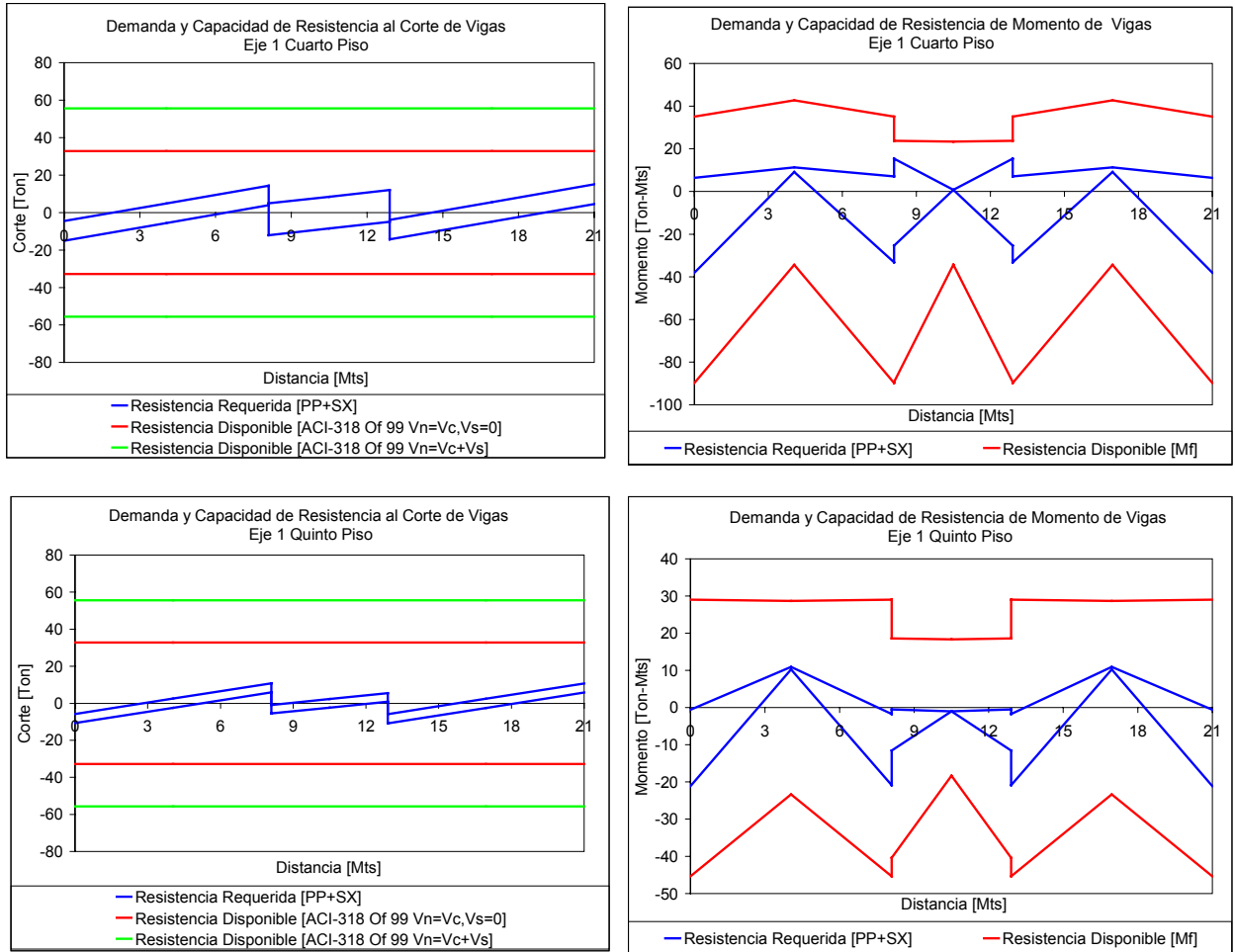


Figura 4-2 Demanda y capacidad de resistencia de corte y momento de las vigas, eje N°1.

La figura 4.42, compara las demandas de resistencia y capacidad de momento y corte de las columnas del eje N°4. En el cálculo de la resistencia a la flexión y al corte, se consideran las fuerzas axiales actuantes, durante el espectro de diseño (SMP)

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

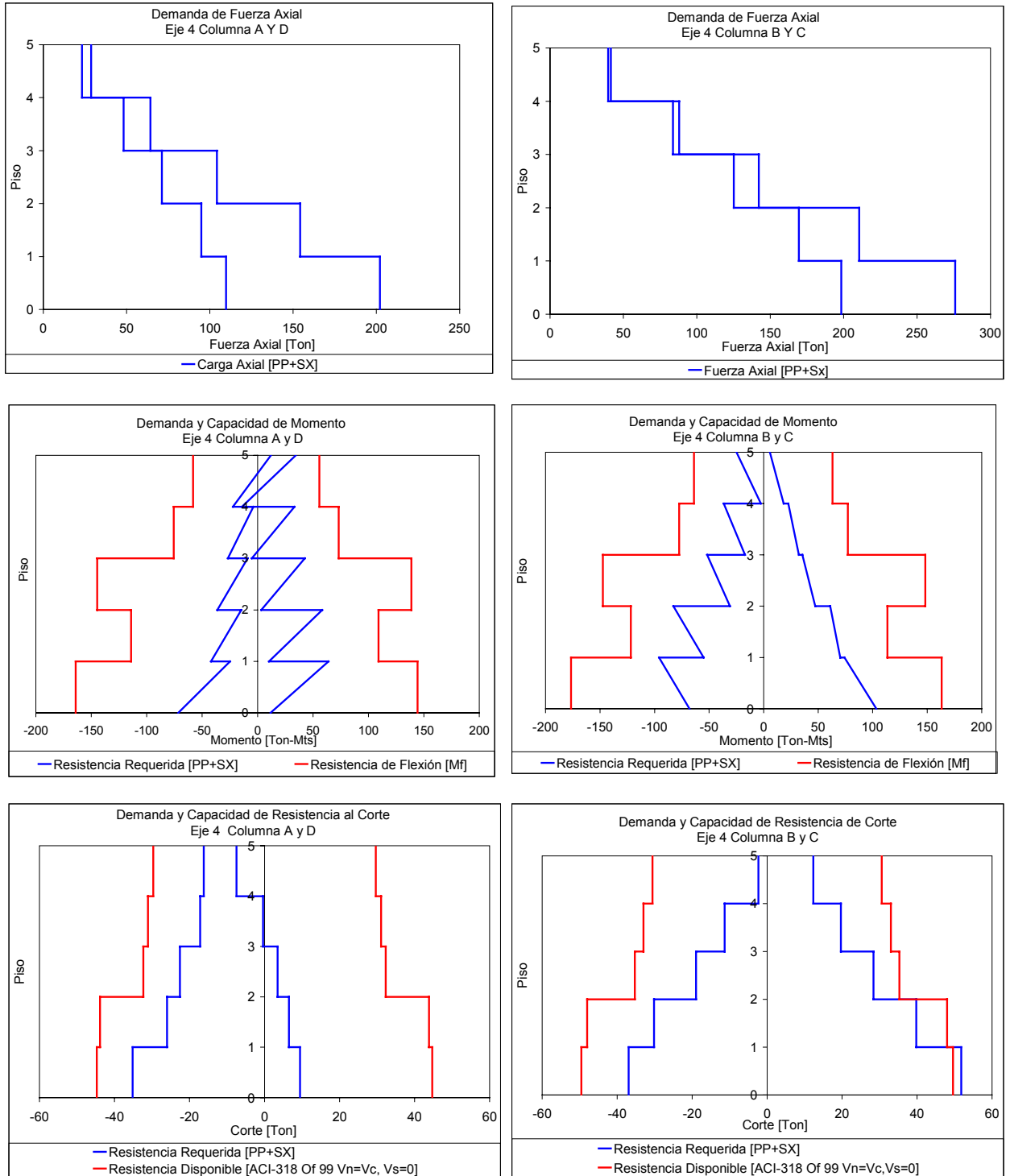
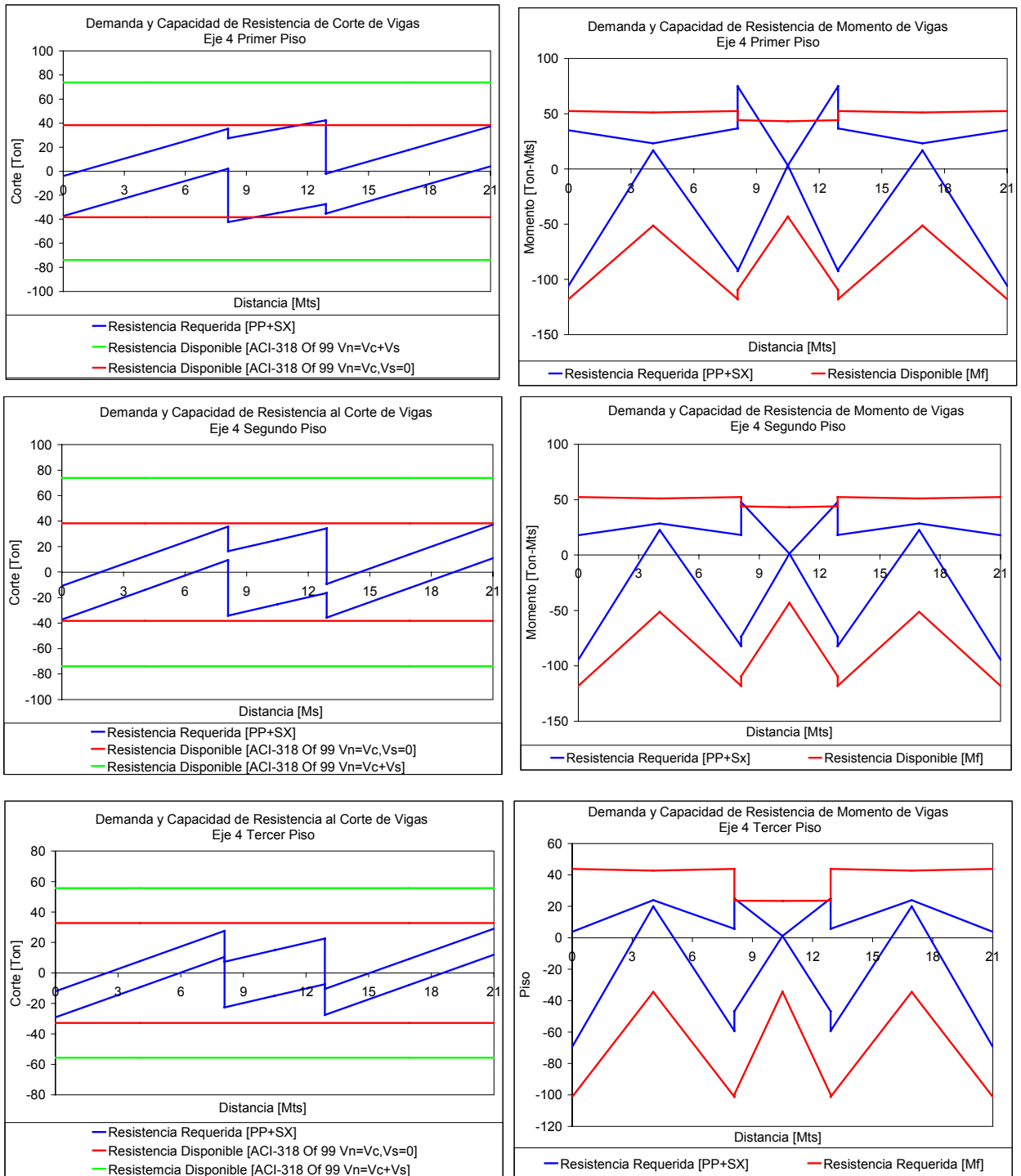


Figura 4-3 Demanda y capacidad de resistencia de carga axial, corte y momento de las columnas, eje N°4.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

La figura 4.43, compara las demandas de resistencia y capacidad de momento y corte de las vigas del eje N°4.



REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

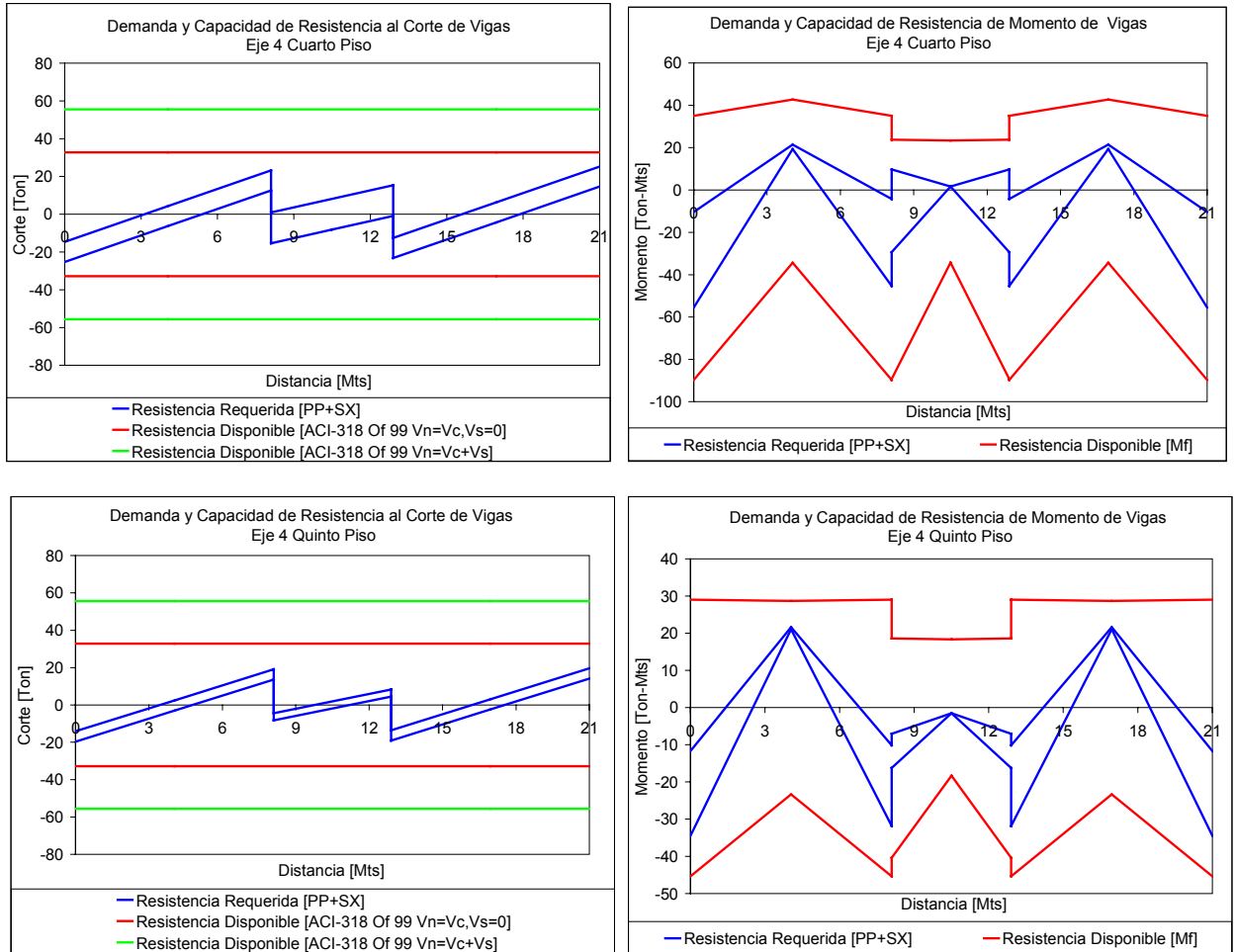


Figura 4-4 Demanda y capacidad de resistencia de corte y momento de las vigas, eje N°4.

4.5 Diseño de los aisladores.

4.5.1 Condiciones de diseño.

- El diseño, se basa en la teoría y ecuaciones desarrolladas por James Kelly (Ref. N°15). El diseño es el mismo en las gomas de alto y bajo amortiguamiento y en aquellas que tienen inserto un núcleo de plomo (citadas en la sección 4.0.4).
- El diseño del aislador se basa en los requerimientos que este debe cumplir, durante la vida útil del edificio, cumpliendo los siguientes parámetros:
- Obtener un periodo de aislación de 2.5 [seg], bajo el espectro definido en la sección 4.1.
- Permanecer estable bajo el espectro de sismo máximo probable (SMP), definido en la Norma de Aislación NCh 2745.Of 2003.
- Obtener una rigidez efectiva suficiente, ante cargas de viento y sismos leves, impidiendo el balanceo de la estructura.
- Cumplir con la deformación máxima de corte en la goma de 250%. Esta debe incluir la deformación por corte, generada por la carga axial y corte en el aislador.
- Ser estable verticalmente, impidiendo cualquier inestabilidad del elemento (pandeo de la goma).
- Evitar el volcamiento o el Roll-out del dispositivo, con un factor de seguridad adecuado.
- Evitar las tensiones excesivas que puedan provocar agrietamiento en la goma.
- Obtener una rigidez vertical efectiva, equivalente a la estructura actual. En este caso, se utiliza un factor de forma igual o mayor de $S=20$, satisfaciendo la condición.
- Determinar la mínima cantidad de aisladores, disminuyendo la geometría. La forma queda determinada por los requerimientos de rigidez y amortiguamiento efectivo de los aisladores, y las cargas axiales que transmiten a la fundación.
- El aislador debe tener dimensiones razonables de acuerdo, a las condiciones geométricas actuales presente en el Hospital.
- La vida útil del aislador debe ser igual o mayor que la estructura. Además, debe considerar un sistema de recambio en caso de la ocurrencia de la falla de un dispositivo.
- El aislador debe ser capaz de soportar las inclemencias climáticas, considerando las posibles variaciones que puedan experimentar los materiales en el tiempo y la temperatura ambiental.

4.5.2 Determinación de condiciones de diseño de los aisladores.

El diseño de los aisladores, debe considerar la obtención de las fuerzas sobre cada uno de estos. Las combinaciones de fuerzas utilizadas, corresponden a las entregadas por la NCh 2745.Of 2003. Esta define las siguientes combinaciones:

Los desplazamientos máximos horizontales, y la máxima fuerza de corte correspondiente, se obtienen de:

$$1.0 \text{ PP} \pm 1.0 [E]$$
$$1.0 \text{ PP} \pm 1.0 \text{ SC} \pm 1.0 [E]$$

Estos desplazamientos, deben ser estables, bajo las cargas axiales máximas y mínimas definidas por la siguiente combinación:

$$1.2D + 1.0 L + [E]_{\max} \quad \text{Carga vertical máxima.}$$
$$0.8D - [E]_{\min} \quad \text{Carga vertical mínima.}$$

Donde:

PP : Peso propio de la estructura.

SC: Sobrecarga de la estructura.

[E]: Espectro de diseño. Este corresponde al visto en la sección 4.1.

[E]_{max}: Carga vertical máxima sobre los aisladores por efecto del sismo.

[E]_{min}: Carga vertical mínima sobre los aisladores por efecto del sismo.

La carga sísmica vertical de un aislador debido al volcamiento, [E]_{max} y [E]_{min} debe estar basada en la respuesta extrema, debido al movimiento sísmico máximo posible (SMP).

Los valores de desplazamiento y fuerzas para el diseño de los aisladores se obtienen del análisis espectral modal, considerando el 100% del espectro de diseño en la dirección de análisis, más 30% del espectro de diseño en la dirección ortogonal a la anterior.

La deformación máxima del aislador, debe cumplir con las deformaciones mínimas de diseño establecidas en la sección 7.3 de la Norma de Aislación NCh 2745.Of 2003.

La tabla 4.22 y 4.23 muestran las deformaciones máximas y mínimas permitidas por la norma de aislación NCh 2745.Of 2003.

Dirección de Análisis X-X

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

N° Aislador	Coordenada X-X mm	Coordenada Y-Y mm	Desplazamiento Mínimo de Diseño mm	Desplazamiento Máximo SDA mm	Desplazamiento Total de Diseño mm	Desplazamiento Total Máximo mm	Desplazamiento Total de Diseño mm (Flexible)	Desplazamiento Total Máximo mm (Flexible)
1	10500	17250	247	296	301	361	293	351
2	2400	17250	247	296	301	361	293	351
3	-2400	17250	247	296	301	361	293	351
4	-10500	17250	247	296	301	361	293	351
5	10500	11500	247	296	283	339	275	330
6	2400	11500	247	296	283	339	275	330
7	-2400	11500	247	296	283	339	275	330
8	-10500	11500	247	296	283	339	275	330
9	10500	5750	247	296	265	318	258	309
10	2400	5750	247	296	265	318	258	309
11	-2400	5750	247	296	265	318	258	309
12	-10500	5750	247	296	265	318	258	309
13	10500	0	247	296	247	296	240	288
14	2400	0	247	296	247	296	240	288
15	-2400	0	247	296	247	296	240	288
16	-10500	0	247	296	247	296	240	288
17	10500	-5750	247	296	265	318	258	309
18	2400	-5750	247	296	265	318	258	309
19	-2400	-5750	247	296	265	318	258	309
20	-10500	-5750	247	296	265	318	258	309
21	10500	-11500	247	296	283	339	275	330
22	2400	-11500	247	296	283	339	275	330
23	-2400	-11500	247	296	283	339	275	330
24	-10500	-11500	247	296	283	339	275	330
25	10500	-17250	247	296	301	361	293	351
26	2400	-17250	247	296	301	361	293	351
27	-2400	-17250	247	296	301	361	293	351
28	-10500	-17250	247	296	301	361	293	351

Tabla 4.22 Deformación máximas y mínimas de diseño, según la Norma Nch 2745 Of 2003 Dirección X-X
Dirección de Análisis Y-Y

N° Aislador	Coordenada X-X mm	Coordenada Y-Y mm	Desplazamiento Mínimo de Diseño mm	Desplazamiento Máximo SDA mm	Desplazamiento Total de Diseño mm	Desplazamiento Total Máximo mm	Desplazamiento Total de Diseño mm (Flexible)	Desplazamiento Total Máximo mm (Flexible)
1	10500	17250	247	296	267	320	259	311
2	2400	17250	247	296	251	302	244	293
3	-2400	17250	247	296	251	302	244	293
4	-10500	17250	247	296	267	320	259	311
5	10500	11500	247	296	267	320	259	311
6	2400	11500	247	296	251	302	244	293
7	-2400	11500	247	296	251	302	244	293
8	-10500	11500	247	296	267	320	259	311
9	10500	5750	247	296	267	320	259	311
10	2400	5750	247	296	251	302	244	293
11	-2400	5750	247	296	251	302	244	293
12	-10500	5750	247	296	267	320	259	311
13	10500	0	247	296	267	320	259	311
14	2400	0	247	296	251	302	244	293
15	-2400	0	247	296	251	302	244	293
16	-10500	0	247	296	267	320	259	311
17	10500	-5750	247	296	267	320	259	311
18	2400	-5750	247	296	251	302	244	293
19	-2400	-5750	247	296	251	302	244	293
20	-10500	-5750	247	296	267	320	259	311
21	10500	-11500	247	296	267	320	259	311
22	2400	-11500	247	296	251	302	244	293
23	-2400	-11500	247	296	251	302	244	293
24	-10500	-11500	247	296	267	320	259	311
25	10500	-17250	247	296	267	320	259	311
26	2400	-17250	247	296	251	302	244	293
27	-2400	-17250	247	296	251	302	244	293
28	-10500	-17250	247	296	267	320	259	311

Tabla 4.23 Deformación máximas y mínimas de diseño según la Norma Nch 2745 Of 2003 Dirección Y-Y

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

La tabla 4.24 y 4.25 muestran los desplazamientos de los aisladores, ante el espectro de diseño (SMP).

Aislador	Dirección de Análisis X-X (Sismo en X-X)					
	E=0		E=5% *Lx		E=5% *Ly	
	Defor X	Defor Y	Defor X	Defor Y	Defor X	Defor Y
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	0.279	9.5711E-14	0.384	0.165	0.284	0.062
2	0.279	9.5711E-14	0.384	0.091	0.284	0.072
3	0.279	9.5711E-14	0.384	0.091	0.284	0.080
4	0.279	9.5711E-14	0.384	0.165	0.284	0.098
5	0.279	6.7608E-14	0.320	0.165	0.282	0.062
6	0.279	4.0235E-14	0.320	0.091	0.282	0.072
7	0.279	6.7608E-14	0.320	0.091	0.282	0.080
8	0.279	6.7608E-14	0.320	0.165	0.282	0.098
9	0.279	6.7608E-14	0.264	0.165	0.281	0.062
10	0.279	4.0235E-14	0.264	0.091	0.281	0.072
11	0.279	4.0235E-14	0.264	0.091	0.281	0.080
12	0.279	4.0235E-14	0.264	0.165	0.281	0.098
13	0.279	1.7455E-14	0.220	0.165	0.280	0.062
14	0.279	1.7455E-14	0.220	0.091	0.280	0.072
15	0.279	1.7455E-14	0.220	0.091	0.280	0.080
16	0.279	1.7455E-14	0.220	0.165	0.280	0.098
17	0.279	2.5067E-14	0.199	0.165	0.281	0.062
18	0.279	2.5067E-14	0.199	0.091	0.281	0.072
19	0.279	2.5067E-14	0.199	0.091	0.281	0.080
20	0.279	2.5067E-14	0.199	0.165	0.281	0.098
21	0.279	5.0891E-14	0.206	0.165	0.282	0.062
22	0.279	5.0891E-14	0.206	0.091	0.282	0.072
23	0.279	5.0891E-14	0.206	0.091	0.282	0.080
24	0.279	5.0891E-14	0.206	0.165	0.282	0.098
25	0.279	7.8672E-14	0.240	0.165	0.284	0.062
26	0.279	7.8672E-14	0.240	0.091	0.284	0.072
27	0.279	7.8672E-14	0.240	0.091	0.284	0.080
28	0.279	7.8672E-14	0.240	0.165	0.284	0.098

Tabla 4-1 Desplazamiento de los aisladores dirección del Espectro X-X.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Aislador	Dirección de Análisis Y-Y (Sismo en Y-Y)					
	E=0		E=5% *Lx		E=5% *Ly	
	Defor X	Defor Y	Defor X	Defor Y	Defor X	Defor Y
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
1	9.57E-14	0.279	0.115	0.287	0.186	0.208
2	9.57E-14	0.279	0.115	0.284	0.186	0.241
3	9.57E-14	0.279	0.115	0.284	0.186	0.270
4	9.57E-14	0.279	0.115	0.287	0.186	0.327
5	6.76E-14	0.279	0.096	0.287	0.139	0.208
6	6.76E-14	0.279	0.096	0.284	0.139	0.241
7	6.76E-14	0.279	0.096	0.284	0.139	0.270
8	6.76E-14	0.279	0.096	0.287	0.139	0.327
9	4.02E-14	0.279	0.079	0.287	0.101	0.208
10	4.02E-14	0.279	0.079	0.284	0.101	0.241
11	4.02E-14	0.279	0.079	0.284	0.101	0.270
12	4.02E-14	0.279	0.079	0.287	0.101	0.327
13	1.75E-14	0.279	0.066	0.287	0.084	0.208
14	1.75E-14	0.279	0.066	0.284	0.084	0.241
15	1.75E-14	0.279	0.066	0.284	0.084	0.270
16	1.75E-14	0.279	0.066	0.287	0.084	0.327
17	2.51E-14	0.279	0.060	0.287	0.101	0.208
18	2.51E-14	0.279	0.060	0.284	0.101	0.241
19	2.51E-14	0.279	0.060	0.284	0.101	0.270
20	2.51E-14	0.279	0.060	0.287	0.101	0.327
21	5.09E-14	0.279	0.062	0.287	0.139	0.208
22	5.09E-14	0.279	0.062	0.284	0.139	0.241
23	5.09E-14	0.279	0.062	0.284	0.139	0.270
24	5.09E-14	0.279	0.062	0.287	0.139	0.327
25	7.87E-14	0.279	0.072	0.287	0.186	0.208
26	7.87E-14	0.279	0.072	0.284	0.186	0.241
27	7.87E-14	0.279	0.072	0.284	0.186	0.270
28	7.87E-14	0.279	0.072	0.287	0.186	0.327

Tabla 4-2 Desplazamiento de los aisladores dirección del Espectro Y-Y.

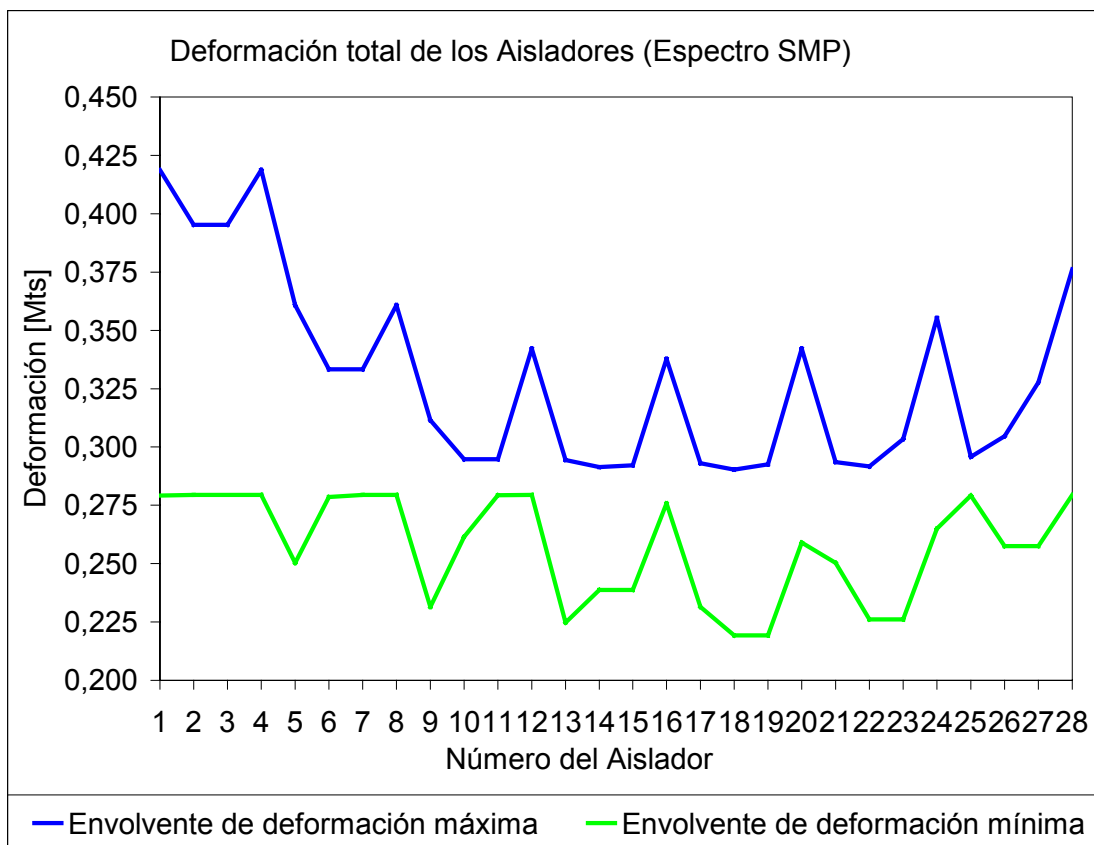


Figura 4-1 Envolverte de los desplazamientos máximos y mínimos.

En resumen, las deformaciones de diseño escogidas, se muestran en la tabla 4.26.

Tipo	Nº de los Aisladores	Max Deformación [m]	Min Deformación [m]
1	1-4-25-28	0.419	0.279
2	2-3-26-27	0.395	0.257
3	5-8-9-12-13-16-17-20-21-24	0.361	0.225
4	6-7-10-11-14-15-18-19-22-23	0.333	0.219

Tabla 4-3 Desplazamiento máximos y mínimos obtenidos del análisis espectral.

La tabla 4.27 y 4.28 muestran los cortes de los aisladores, ante el espectro de diseño (SMP).

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Aislador	Dirección de Análisis X-X (Sismo en X-X)					
	E=0		E=5% *Lx		E=5% *Ly	
	Corte X	Corte Y	Corte X	Corte Y	Corte X	Corte Y
	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]
1	31.493	1.9696E-12	43.826	18.841	32.471	7.119
2	31.493	1.8084E-12	43.826	10.372	32.471	8.248
3	31.493	2.2309E-12	43.826	10.372	32.471	9.220
4	31.493	3.3683E-12	43.826	18.841	32.471	11.175
5	31.493	1.9696E-12	36.533	18.841	32.196	7.119
6	53.599	3.0778E-12	62.177	17.653	54.795	14.038
7	53.599	3.7968E-12	62.177	17.653	54.795	15.691
8	31.493	3.3683E-12	36.533	18.841	32.196	11.175
9	31.493	1.9696E-12	30.086	18.841	32.029	7.119
10	53.599	3.0778E-12	51.205	17.653	54.512	14.038
11	53.599	3.7968E-12	51.205	17.653	54.512	15.691
12	31.493	3.3683E-12	30.086	18.841	32.029	11.175
13	31.493	1.9696E-12	25.145	18.841	31.974	7.119
14	53.599	3.0778E-12	42.795	17.653	54.417	14.038
15	53.599	3.7968E-12	42.795	17.653	54.417	15.691
16	31.493	3.3683E-12	25.145	18.841	32.029	7.119
17	31.493	1.9696E-12	22.713	18.841	54.512	14.038
18	53.599	3.0778E-12	38.657	17.653	54.512	15.691
19	53.599	3.7968E-12	38.657	17.653	32.029	11.175
20	31.493	3.3683E-12	22.713	18.841	32.196	7.119
21	31.493	1.9696E-12	23.581	18.841	54.795	14.038
22	53.599	3.0778E-12	40.134	17.653	54.795	15.691
23	53.599	3.7968E-12	40.134	17.653	32.196	11.175
24	31.493	3.3683E-12	23.581	18.841	32.471	7.119
25	31.493	1.9696E-12	27.437	18.841	32.471	8.248
26	31.493	1.8084E-12	27.437	10.372	32.471	9.220
27	31.493	2.2309E-12	27.437	10.372	32.471	11.175
28	31.493	3.3683E-12	27.437	18.841	41.618	12.699

Tabla 4-4 Corte de los aisladores dirección del Espectro X-X.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Aislador	Dirección de Análisis Y-Y (Sismo en Y-Y)					
	E=0		E=5% *Lx		E=5% *Ly	
	Corte X	Corte Y	Corte X	Corte Y	Corte X	Corte Y
	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]	[Ton]
1	1.97E-12	31.493	13.143	32.681	21.181	23.737
2	1.81E-12	31.493	13.143	32.339	21.181	27.504
3	2.23E-12	31.493	13.143	32.339	21.181	30.742
4	3.37E-12	31.493	13.143	32.681	15.826	23.737
5	1.97E-12	31.493	10.956	32.681	26.936	46.810
6	3.08E-12	53.599	18.647	55.039	26.936	52.320
7	3.80E-12	53.599	18.647	55.039	15.826	37.264
8	3.37E-12	31.493	10.956	32.681	11.471	23.737
9	1.97E-12	31.493	9.023	32.681	19.523	46.810
10	3.08E-12	53.599	15.356	55.039	19.523	52.320
11	3.80E-12	53.599	15.356	55.039	11.471	37.264
12	3.37E-12	31.493	9.023	32.681	9.589	23.737
13	1.97E-12	31.493	7.541	32.681	16.320	46.810
14	3.08E-12	53.599	12.834	55.039	16.320	52.320
15	3.80E-12	53.599	12.834	55.039	9.589	37.264
16	3.80E-12	53.599	7.541	32.681	11.471	23.737
17	3.37E-12	31.493	6.812	32.681	19.523	46.810
18	1.97E-12	31.493	11.593	55.039	19.523	52.320
19	3.08E-12	53.599	11.593	55.039	11.471	37.264
20	3.80E-12	53.599	6.812	32.681	15.826	23.737
21	3.37E-12	31.493	7.072	32.681	26.936	46.810
22	1.97E-12	31.493	12.036	55.039	26.936	52.320
23	3.08E-12	53.599	12.036	55.039	15.826	37.264
24	3.80E-12	53.599	7.072	32.681	21.181	23.737
25	3.37E-12	31.493	8.228	32.681	21.181	27.504
26	1.97E-12	31.493	8.228	32.339	21.181	30.742
27	1.81E-12	31.493	8.228	32.339	21.181	37.264
28	2.23E-12	31.493	8.228	32.681	13.667	42.885

Tabla 4-5 Corte de los aisladores dirección del Espectro Y-Y.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

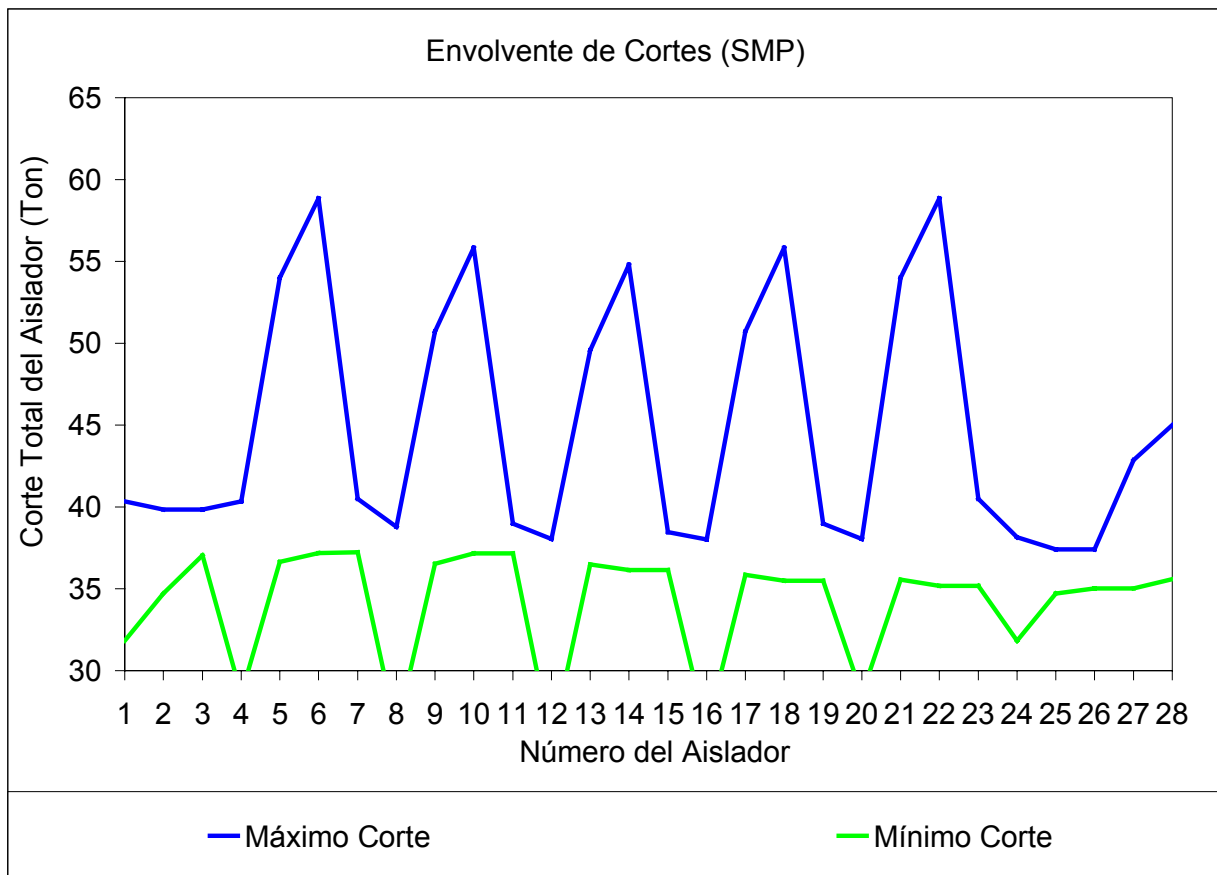


Figura 4-2 Envolverte de Cortes máximos y mínimos del análisis espectral.

En resumen, los cortes de diseños escogidos, se muestran en la tabla 4.29.

Tipo	Nº de los Aisladores	Max Corte [Ton]	Min Corte [Ton]	Max (Momento por Corte) [Ton-Mts]	Min (Momento por Corte) [Ton-Mts]
1	1-4-25-28	45.010	37.409	52.112	10.042
2	2-3-26-27	54.006	38.008	70.947	19.944
3	5-8-9-12-13-16-17-20-21-24	42.863	37.409	74.150	31.521
4	6-7-10-11-14-15-18-19-22-23	58.847	38.478	102.271	47.385

Tabla 4-6 Cortes máximos y mínimos obtenidos del análisis espectral.

La tabla 4.30 resume las fuerzas de diseño de los aisladores, ante el espectro de diseño (SMP).

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Resumen de las Fuerzas de los Aisladores								
Aislador	Corte		Carga Axial					
	Max [Ton]	Min [Ton]	Sismo Max [Ton]	Sismo Min [Ton]	Pp Axial [Ton]	Sc Axial [Ton]	1.2*D+1.0*L+E(M áx) [Ton]	0.8*D-E(Min) [Ton]
1	40.332	31.814	70.204	52.050	-97.135	-22.422	209.189	25.658
2	39.836	34.715	83.065	52.435	-156.261	-36.082	306.660	72.574
3	39.836	37.051	68.994	52.172	-156.261	-36.082	292.590	72.837
4	40.332	28.530	68.513	15.553	-97.135	-22.422	207.498	62.155
5	54.006	36.651	51.973	13.750	-180.624	-41.665	310.387	130.749
6	58.847	37.195	45.526	13.750	-272.137	-62.788	434.878	203.960
7	40.485	37.226	45.526	14.309	-272.137	-62.788	434.878	203.401
8	38.779	26.364	51.973	15.131	-180.624	-41.665	310.387	129.368
9	50.718	36.534	50.260	13.452	-186.855	-43.115	317.601	136.032
10	55.844	37.156	44.676	13.360	-285.662	-65.930	453.401	215.170
11	38.989	37.156	44.676	13.385	-285.662	-65.930	453.401	215.144
12	38.045	25.601	50.261	15.054	-186.855	-43.115	317.601	134.430
13	49.573	36.495	50.389	13.409	-186.527	-43.035	317.256	135.813
14	54.807	36.156	44.544	13.190	-285.298	-65.848	452.750	215.048
15	38.478	36.156	44.544	13.190	-285.298	-65.848	452.750	215.048
16	38.008	26.364	50.389	14.921	-186.527	-43.035	317.256	134.300
17	50.718	35.865	50.260	13.452	-186.855	-43.115	317.601	136.032
18	55.844	35.489	44.676	13.360	-285.663	-65.931	453.402	215.170
19	38.989	35.489	44.676	13.385	-285.663	-65.931	453.403	215.145
20	38.045	28.530	50.261	15.054	-186.855	-43.115	317.602	134.430
21	54.006	35.554	50.197	13.750	-180.622	-41.664	308.607	130.747
22	58.847	35.171	44.171	13.750	-272.108	-62.781	433.482	203.936
23	40.485	35.171	44.184	14.309	-272.108	-62.781	433.495	203.378
24	38.157	31.814	70.204	16.259	-180.622	-41.664	328.614	128.238
25	37.409	34.715	83.065	52.082	-97.144	-22.424	222.061	25.633
26	37.409	35.033	69.648	49.522	-155.953	-36.011	292.803	75.241
27	42.863	35.033	70.416	49.522	-155.953	-36.011	293.571	75.241
28	45.010	35.596	81.039	52.082	-97.144	-22.424	220.035	25.633

Tabla 4-7 Resume de las fuerzas de diseño, de los aisladores.

Los números de los aisladores aparecen en la figura 4.23.

Las combinaciones de cargas axiales de los aisladores, fueron graficadas, para mostrar los valores máximos y mínimos, en los aisladores. Obteniéndose el número de aisladores distintos a ser diseñados. Se opta por una geometría para los aisladores perimetrales, y otra para los internos, comentado en la sección 4.2.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

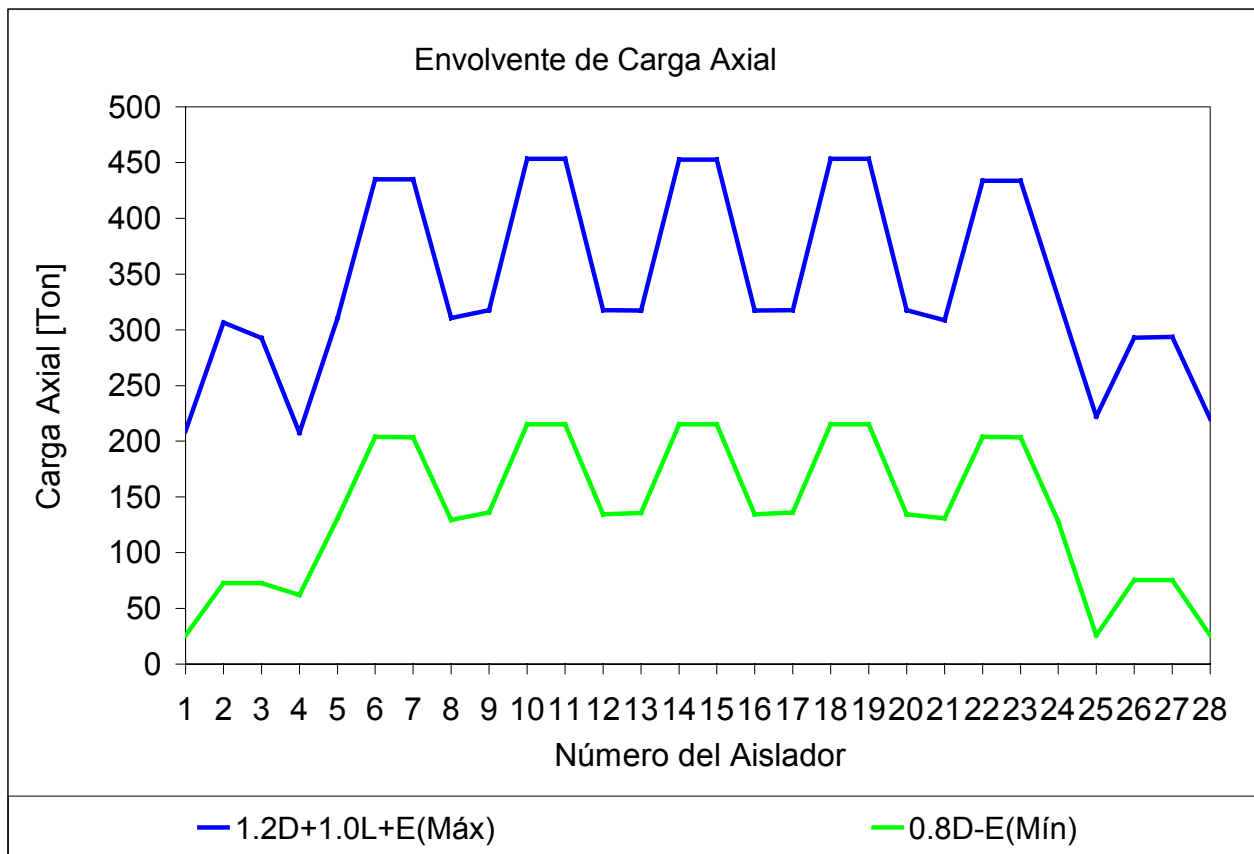


Figura 4-3 Cargas Axiales de diseño de los aisladores.

La tabla 4.31, muestra las cargas utilizadas en el diseño de los aisladores.

Tipo	Nº de los Aisladores	Max Corte [Ton]	Min Corte [Ton]	Carga Axial Máx[1.2*D+1.0*L+E(Máx) [Ton]	Carga Axial Mín[0.8*D-E(Mín)] [Ton]	Max (Momento por Corte) [Ton-Mts]	Min (Momento por Corte) [Ton-Mts]
1	1-4-25-28	45.010	37.409	222.061	25.633	52.112	10.042
2	2-3-26-27	54.006	38.008	306.660	72.574	70.947	19.944
3	5-8-9-12-13-16-17-20-21-24	42.863	37.409	328.614	128.238	74.150	31.521
4	6-7-10-11-14-15-18-19-22-23	58.847	38.478	453.403	203.378	102.271	47.385

Tabla 4-8 Cargas de diseño de los aisladores.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

4.5.3 Diseño de los aisladores.

El diseño de los aisladores, se basa en las ecuaciones desarrolladas en la sección 4.0.4.

Los diseños de los aisladores, para las condiciones establecidas, se muestran en la tabla 4.32, 4.33, 4.34 y 4.35.

Aislador Tipo 1

Propiedades de la goma	Unidades	Valores
Módulo de Corte 100%	[Kg/cm ²]	6.00
Amortiguamiento Equivalente 100%	[%]	12
Esfuerzo en compresión	[Kg/cm ²]	70
Máxima elongación	%	250

Datos de Solicitaciones	Unidades	Valores
Carga Axial Máxima	[Ton]	222.061
Carga Axial Mínima	[Ton]	25.633
Corte máximo	[Ton]	45.010
Deformación Máxima Corte	[cm]	41.9
Deformación Máxima carga Axial	[cm]	

Rigidez Horizontal	[Ton/Mts]	101.889
Rigidez Vertical	[Ton/Mts]	150469
Factor de Forma	Adimensional	25
Modulo de Elasticidad	[Kg/cm ²]	9000
Rigidez Horizontal Real	[Ton/Mts]	95.297

93.53%

	Unidad	Valor
Diámetro del aislador	Cm	77
Diámetro mas recubrimiento	Cm	79
Diámetro del núcleo de Plomo	Cm	6.7
Area del aislador	Cm ²	4657
Espesor de la goma	Cm	27.6
Espesor de la capa de goma	cm	0.8
Nº de capas de láminas de goma	Nº	36
Nº de capas de acero	Nº	35
Espesor de las láminas externas de acero	Cm	3.0
Espesor de las láminas internas de acero	Cm	0.3
Altura total	Cm	44.7
Kv nuevo	[Ton/Mts]	150469.471
Esfuerzo a Compresión	[Kg/cm ²]	48

Verificación de pandeo	Unidad	Valor
Inercia del Aislador	Cm ⁴	1725569
EC*Inercia efectiva	Cm ⁴	5176706056
PS	[Kg]	27731
PE	[Kg]	27485824
Pcritico	[Ton]	859.283
Factor de Seguridad		Ok 3.9

Verificación del Volcamiento	Unidad	Valor
Deformación crítica de corte	Cm	36.7
Factor de Seguridad		OK 1.01

Verificación Deformación de Corte	Unidad	Valor
Deformación por Corte	%	151
Deformación compresión	%	0.53
Deformación de corte por compresión	%	80
Deformación total de corte		Ok 232

Verificación de la máxima carga de Compresión	Unidad	Valor
Angulo de carga		0.57
Area real de compresión/Area total	%	0.92
Máxima compresión sin considerar	[Ton]	
Falla por carga de pandeo		

Tabla 4-1 Diseño del aislador Tipo 1.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Aislador Tipo 2

Propiedades de la goma	Unidades	Valores
Módulo de Corte 100%	[Kg/cm ²]	6
Amortiguamiento Equivalente 100%	[%]	12
Esfuerzo en compresión	[Kg/cm ²]	70
Máxima elongación	%	250

Datos de Solicitaciones	Unidades	Valores
Carga Axial Máxima	[Ton]	306.660
Carga Axial Mínima	[Ton]	72.574
Corte máximo	[Ton]	54.006
Deformación Máxima Corte	[cm]	39.5
Deformación Máxima carga Axial	[cm]	

Rigidez Horizontal	[Ton/Mts]	103.221
Rigidez Vertical	[Ton/Mts]	150469.471
Factor de Forma	Adimensional	25
Modulo de Elasticidad	[Kg/cm ²]	9000
Rigidez Horizontal Real	[Ton/Mts]	90.486

87.66%

	Unidad	Valor
Diámetro del aislador	Cm	77
Diámetro mas recubrimiento	Cm	79
Diámetro del núcleo de Plomo	Cm	6.7
Area del aislador	Cm ²	4657
Espesor de la goma	Cm	27.6
Espesor de la capa de Goma	cm	0.8
Nº de capas de goma	Nº	36
Nº de capas de acero	Nº	35
Espesor de las láminas externas de acero	Cm	3.0
Espesor de las láminas internas de acero	Cm	0.3
Altura total	Cm	44.7
Kv nuevo	[Ton/Mts]	150469.471
Esfuerzo a Compresión	[Kg/cm ²]	66

Verificación de pandeo	Unidad	Valor
Inercia del Aislador	Cm ⁴	1725569
EC*Inercia efectiva	Cm ⁴	5176706056
PS	[Kg]	27731
PE	[Kg]	27485824
Pcritico	[Ton]	859.283
Factor de Seguridad	Ok	2.8

Verificación del Volcamiento	Unidad	Valor
Deformación crítica de corte	Cm	47.7
Factor de Seguridad	Ok	1.21

Verificación Deformación de Corte	Unidad	Valor
Deformación por Corte	%	143
Deformación compresión	%	0.74
Deformación de corte por compresión	%	111
Deformación total de corte	Ok	254

Verificación de la máxima carga de Compresión	Unidad	Valor
Angulo de carga		0.54
Area real de compresión/Area total	%	0.94
Máxima compresión sin considerar	[Ton]	
Falla por carga de pandeo		

Tabla 4-2 Diseño del aislador Tipo 2.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Aislador Tipo 3

Propiedades de la goma	Unidades	Valores
Módulo de Corte 100%	[Kg/cm ²]	6
Amortiguamiento Equivalente 100%	[%]	12
Esfuerzo en compresión	[Kg/cm ²]	70
Máxima elongación	%	250

Datos de Solicitaciones	Unidades	Valores
Carga Axial Máxima	[Ton]	328.614
Carga Axial Mínima	[Ton]	128.238
Corte máximo	[Ton]	42.863
Deformación Máxima Corte	[cm]	36.1
Deformación Máxima carga Axial	[cm]	

Rigidez Horizontal	[Ton/Mts]	105.499
Rigidez Vertical	[Ton/Mts]	150469.471
Factor de Forma	Adimensional	25
Modulo de Elasticidad	[Kg/cm ²]	9000
Rigidez Horizontal Real	[Ton/Mts]	90.552

85.83%

	Unidad	Valor
Diámetro del aislador	Cm	77
Diámetro mas recubrimiento	Cm	79
Diámetro del núcleo de Plomo	Cm	6.7
Area del aislador	Cm ²	4657
Espesor de la goma	Cm	27.6
Espesor de la capa de Goma	cm	0.8
Nº de capas de goma	Nº	36
Nº de capas de acero	Nº	35
Espesor de las láminas externas de acero	Cm	3.0
Espesor de las láminas internas de acero	Cm	0.3
Altura total	Cm	44.7
Kv nuevo	[Ton/Mts]	150469.471
Esfuerzo a Compresión	[Kg/cm ²]	71

Verificación de pandeo	Unidad	Valor
Inercia del Aislador	Cm ⁴	1725569
EC*Inercia efectiva	Cm ⁴	5176706056
PS	[Kg]	27731
PE	[Kg]	27485824
Pcritico	[Ton]	859.283
Factor de Seguridad	Ok	2.61

Verificación del Volcamiento	Unidad	Valor
Deformación crítica de corte	Cm	56.8
Factor de Seguridad	Ok	1.58

Verificación Deformación de Corte	Unidad	Valor
Deformación por Corte	%	131
Deformación compresión	%	0.79
Deformación de corte por compresión	%	119
Deformación total de corte	Ok	249

Verificación de la máxima carga de Compresión	Unidad	Valor
Angulo de carga		0.49
Area real de compresión/Area total	%	0.95
Máxima compresión sin considerar	[Ton]	
Falla por carga de pandeo		

Tabla 4-3 Diseño del aislador Tipo 3.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Aislador Tipo 4

Propiedades de la goma	Unidades	Valores
Módulo de Corte 100%	[Kg/cm ²]	6.00
Amortiguamiento Equivalente 100%	[%]	12
Esfuerzo en compresión	[Kg/cm ²]	70
Máxima elongación	%	250

Datos de Solicitaciones	Unidades	Valores
Carga Axial Máxima	[Ton]	453.403
Carga Axial Mínima	[Ton]	203.378
Corte máximo	[Ton]	58.847
Deformación Máxima Corte	[cm]	33.3
Deformación Máxima carga Axial	[cm]	

Rigidez Horizontal	[Ton/Mts]	188.440
Rigidez Vertical	[Ton/Mts]	290882
Factor de Forma	Adimensional	25
Modulo de Elasticidad	[Kg/cm ²]	9000
Rigidez Horizontal Real	[Ton/Mts]	182.620

96.91%

	Unidad	Valor
Diámetro del aislador	Cm	107
Diámetro mas recubrimiento	Cm	109
Diámetro del nucleo de Plomo	Cm	0
Area del aislador	Cm ²	8935
Espesor de la goma	Cm	27.6
Espesor de la capa de Goma	cm	1.1
Nº de capas de goma	Nº	26
Nº de capas de acero	Nº	25
Espesor de las láminas externas de acero	Cm	3.0
Espesor de las láminas internas de acero	Cm	0.3
Altura total	Cm	38.9
Kv nuevo	[Ton/Mts]	290882.285
Esfuerzo a Compresión	[Kg/cm ²]	51

Verificación de pandeo	Unidad	Valor
Inercia del Aislador	Cm ⁴	6352453
EC*Inercia efectiva	Cm ⁴	1.9057E+10
PS	[Kg]	53608
PE	[Kg]	124173109
Pcritico	[Ton]	2553.380
Factor de Seguridad	Ok	5.63

Verificación del Volcamiento	Unidad	Valor
Deformación crítica de corte	Cm	78.4
Factor de Seguridad	Ok	2.35

Verificación Deformación de Corte	Unidad	Valor
Deformación por Corte	%	121
Deformación compresión	%	0.56
Deformación de corte por compresión	%	85
Deformación total de corte	Ok	205

Verificación de la máxima carga de Compresión	Unidad	Valor
Angulo de carga		0.32
Area real de compresión/Area total	%	0.99
Máxima compresión sin considerar	[Ton]	
Falla por carga de pandeo		

Tabla 4-4 Diseño del aislador Tipo 4

4.5.4 Sistema de conexión.

El sistema de conexión del aislador, a la estructura y la fundación, debe cumplir con las siguientes características:

- Evitar tracciones de las gomas que podrían provocar roturas.
- Ser capaz de transmitir la fuerza de corte de diseño.
- Permitir el montaje y desmontaje del aislador, permitiendo el recambio.
- Ser capaz de transmitir el momento de primer orden ($M_p=V \cdot H$) y segundo orden ($M_s=P \cdot \Delta$)

El sistema de conexión elegido, corresponde al sistema apernado, debido a que ante grandes deformaciones no experimenta volcamiento. Esta conclusión respecto al buen comportamiento frente al volcamiento, se obtiene de datos experimentales (Ref. N°9).

El sistema completo consta de tres placas. Dos de anclaje, una a la viga y la otra a la fundación. La tercera va intercalada entre estas, permitiendo el montaje y desmontaje del aislador de la estructura.

4.5.4.1 Base de diseño para el sistema de conexión.

Las conexiones, son diseñadas para las siguientes condiciones extremas:

Máxima Carga Vertical, ante el desplazamiento máximo probable (corte).

Mínima Carga Vertical, ante el desplazamiento máximo probable (Corte).

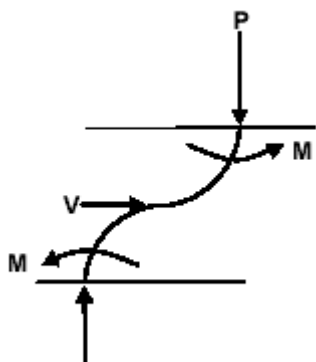


Figura 4-1 Esquemas de las fuerzas de diseño del sistema de conexión.

El momento de diseño del aislador, esta dado por la siguiente fórmula:

$$M_{(Max,Min)} = \frac{1}{2} \times (V \times H + P \times \Delta) \quad (4.31)$$

Donde:

$M_{(max,Min)}$: Máxima y mínimo momento de diseño.

V : Corte de diseño del aislador.
 H : Altura del aislador.
 $P_{(max,Min)}$: Máxima y mínima carga axial.
 : Desplazamiento de diseño (SMP)

4.5.4.2 Diseño de los pernos de conexión.

Para determinar la fuerza de tensión y de compresión de los pernos, se asume que el momento de diseño es resistido únicamente por los pernos de la conexión. Las cargas de diseño, son el corte, la fuerza de tensión o de compresión y el momento obtenido del aislador, ante el desplazamiento de diseño.

El esfuerzo de tensión o de compresión es el siguiente:

$$\sigma_t = \frac{P_{(Max,Min)}}{A} - \frac{M_{(Max,Min)}}{S}; \sigma_c = \frac{V}{area}$$

$$area = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = area \times N$$

$$S = \frac{\left(\left(\frac{d}{2} \right)^2 + \sum_{i=1}^{\frac{N}{4}} 2 \times \left(\frac{d}{2} \right)^2 \times \text{sen}^2 \left(\frac{2 \times \alpha \times \pi \times i}{360} \right) \right) \times area}{\left(\frac{d}{2} \right)} \quad (4.32)$$

Donde:

σ_t : Esfuerzo de tensión de diseño.
 σ_c : Esfuerzo de compresión de diseño.
 α : Distancia angular entre los pernos
 A : Area del aislador.
 $P_{(max,Min)}$: Máxima y mínima carga axial.
 $M_{(max,Min)}$: Máxima y mínimo momento de diseño.
 S : Momento resistente del grupo de pernos.
 N : Cantidad de pernos total de la conexión (Este debe ser múltiplo de 4).
 D : Diámetro de un perno
 d : Diámetro de ubicación de los pernos.

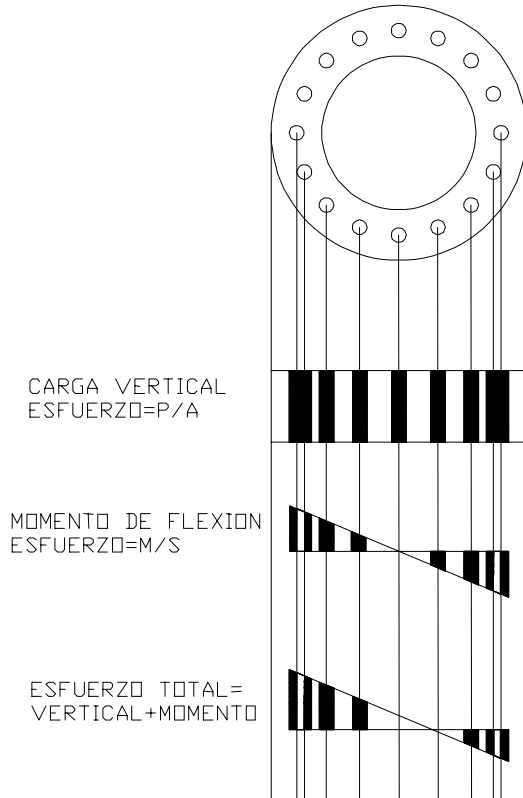


Figura 4-1 Esquemas de las fuerzas de diseño del sistema de conexión.

4.5.4.3 Diseño de la placa de conexión del aislador.

El espesor de placa requerida, se obtiene asumiendo una sección crítica determinándose en ella las condiciones de carga, impuesta a la sección de cálculo.

Para la geometría circular, se tiene la sección crítica, mostrada en la figura 4.49.

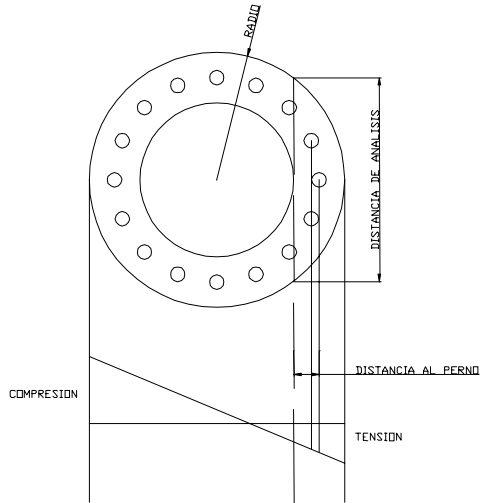


Figura 4-1 Esquemas de las fuerzas de diseño de la placa de conexión.

Al determinar la tensión sobre los pernos de conexión, se determina el momento de la sección crítica. Estas tensiones son obtenidas de la sección 4.4.4.2.

La tabla 4.36 y 4.37 muestran las dimensiones de las placas, pernos y barras de anclajes, obtenidas del diseño del sistema de conexión.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Tipo de Aislador 1-2-3.

Cargas de Diseño	Unidades	Valor
Momento Máximo	52.112	Ton-Mts
Momento Mínimo	10.042	Ton-Mts
Corte Máximo	45.010	Ton

Sistema de conexión	Unidades	Valor
Sistema apernado	Ton	45.009
Carga de corte		A 37-24
Tipo de acero		16
Cantidad de pernos	cm	2.20
Diámetro de los pernos	cm	99
Diámetro de la placa de acero	cm	89
Diámetro de la ubicación de los pernos	cm	3
Espesor de la placa de acero	Kg/cm ²	960
Tensión de corte admisible	Kg/cm ²	2160
Tensión de aplastamiento admisible	Uniforme	
Tipo de Distribución	cm ³	2030
Módulo Reistente de los pernos	cm ²	61
Area de corte total de los pernos		

			Valores Máximos por Norma Nch 427	
Esfuerzos en los pernos	Unidades		Unidades	Valor
Corte de aplastamiento	Kg/cm ²	426	Kg/cm ²	
Corte sobre perno	Kg/cm ²	740.0	Kg/cm ²	960
Tensión Sobre el Perno	Kg/cm ²	73	Kg/cm ²	496

Esfuerzos en la placa de acero		
Corte en sección crítica placa de acero	Kg/cm ²	173
Esfuerzo de flexión en la placa	Kg/cm ²	1330

Placa de anclaje fundación y superestructura	Unidades	Valor
Diámetro de la placa de acero	cm	99
Espesor de la placa de acero	cm	3
Tipo de acero, barras de hormigón	A 44-28	
Tipo de macizo de Hormigón Cuadrado		
Longitud del lado del macizo de Hormigón	cm	80
Cantidad de barras		16
Diámetro de las barras	cm	2.20
Largo de las barras	cm	40
Detalles especiales		
Barras de placa superestructura, dobleces	cm	30
Barras de placa fundación, sin dobleces	cm	0
Esfuerzo último de compresión en el hormigón	Kg/cm ²	300
Esfuerzo de tracción último en el hormigón	Kg/cm ²	28
Esfuerzo compresión zona de barra y Hormigón	Kg/cm ²	37
Esfuerzo de tracción sección mas crítica macizo de hormigón	Kg/cm ²	14
Esfuerzo de corte de la barra	Kg/cm ²	740

Tabla 4-1 Diseño de las placas y barras de conexión del aislador Tipo 1-2-3.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Tipo de Aislador 4.

Cargas de Diseño	Unidades	Valor
Momento Máximo	102.271	Ton-Mts
Momento Mínimo	47.385	Ton-Mts
Corte Máximo	58.847	Ton

Sistema de conexión	Unidades	Valor
Sistema apernado	Ton	58.846
Carga de corte		A 37-24
Tipo de acero		16
Cantidad de pernos	cm	2.20
Diámetro de los pernos	cm	128
Diámetro de la placa de acero	cm	118
Diámetro de la ubicación de los pernos	cm	3
Espesor de la placa de acero	Kg/cm ²	960
Tensión de corte admisible	Kg/cm ²	2160
Tensión de aplastamiento admisible	Uniforme	
Tipo de Distribución	cm ³	24021
Módulo Reistente de los pernos	cm ²	61
Area de corte total de los pernos		

			Valores Máximos por Norma Nch 427	
Esfuerzos en los pernos	Unidades		Unidades	Valor
Corte de aplastamiento	Kg/cm ²	557	Kg/cm ²	
Corte sobre perno	Kg/cm ²	967.5	Kg/cm ²	960
Tensión Sobre el Perno	Kg/cm ²	0	Kg/cm ²	132

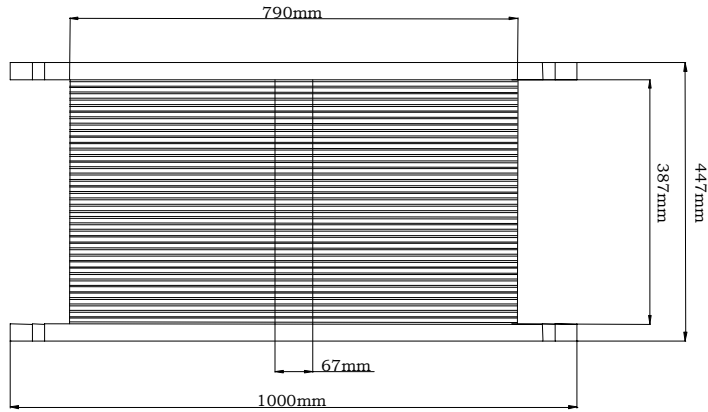
Esfuerzos en la placa de acero		
Corte en sección crítica placa de acero	Kg/cm ²	197
Esfuerzo de flexión en la placa	Kg/cm ²	1366

Placa de anclaje fundación y superestructura	Unidades	Valor
Diámetro de la placa de acero	cm	129
Espesor de la placa de acero	cm	3
Tipo de acero, barras de hormigón	A 44-28	
Tipo de macizo de Hormigón Cuadrado		
Longitud del lado del macizo de Hormigón	cm	80
Cantidad de barras		16
Diámetro de las barras	cm	2.20
Largo de las barras	cm	40
Detalles especiales		
Barras de placa superestructura, dobleces	cm	30
Barras de placa fundación, sin dobleces	cm	0
Esfuerzo último de compresión en el hormigón	Kg/cm ²	300
Esfuerzo de tracción último en el hormigón	Kg/cm ²	28
Esfuerzo compresión zona de barra y Hormigón	Kg/cm ²	48
Esfuerzo de tracción sección más crítica macizo de hormigón	Kg/cm ²	18
Esfuerzo de corte de la barra	Kg/cm ²	968

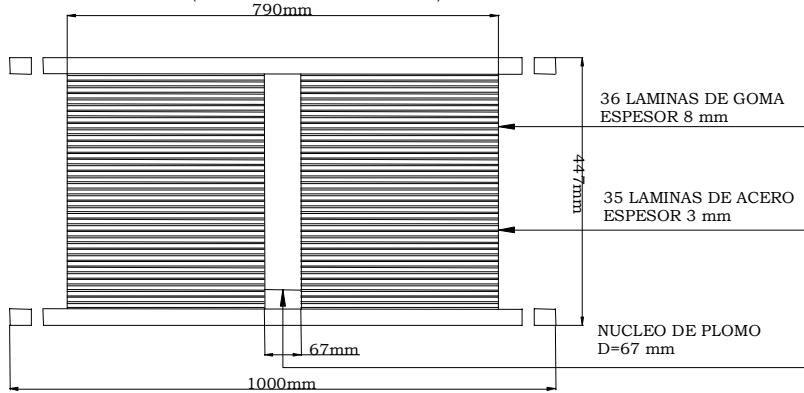
Tabla 4-2 Diseño de las placas y barras de conexión del aislador Tipo 4.

Las dimensiones de los aisladores con y sin núcleo de plomo, se muestran en las figuras siguientes:

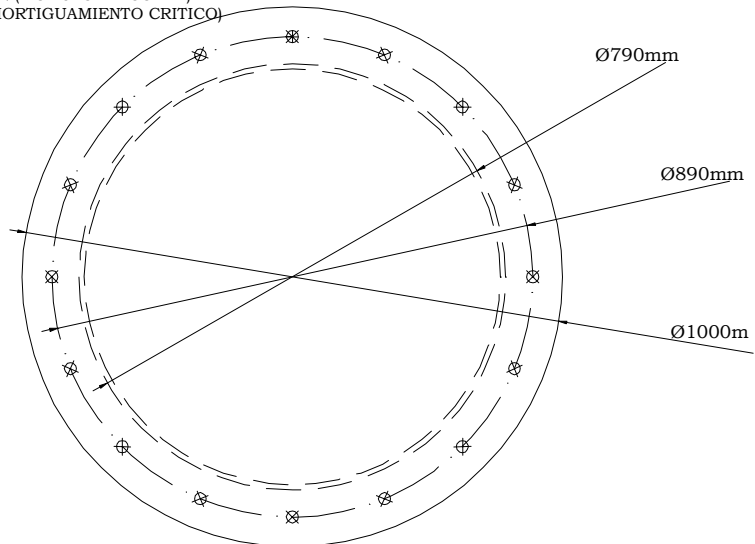
REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL



CORTE A-A DEL AISLADOR DE GOMA
CON NUCLEO DE PLOMO
G=6 kg/cm² (MODULO DE CORTE)
E=12% (AMORTIGUAMIENTO CRITICO)



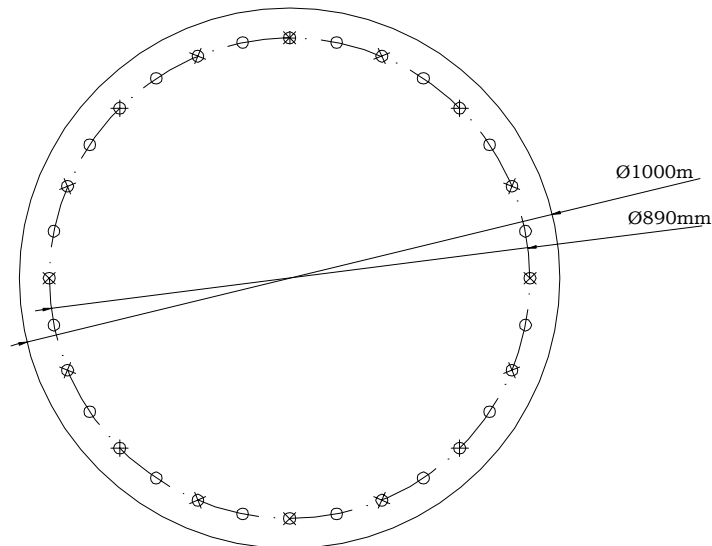
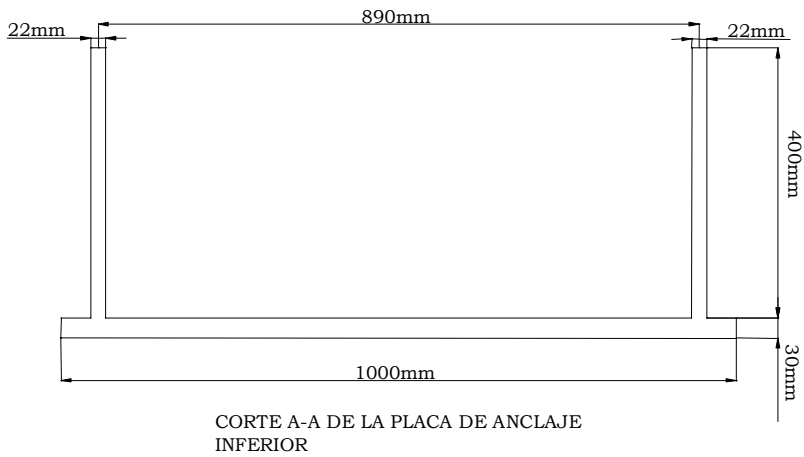
ELEVACION DEL AISLADOR DE GOMA
CON NUCLEO DE PLOMO
G=6 kg/cm² (MODULO DE CORTE)
E=12% (AMORTIGUAMIENTO CRITICO)



PLANTA DEL AISLADOR DE
CON NUCLEO DE
G=6 kg/cm² (MODULO DE
E=12% (AMORTIGUAMIENTO)

Figura 4-2 Aislador Tipo 1-2-3.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL



PLANTA DE PLACA DE
INFERIOR
MATERIAL ACERO A 37-24
CANTIDAD
ESPESOR 30

Figura 4-3 Placa de Anclaje Inferior Tipo 1-2-3.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

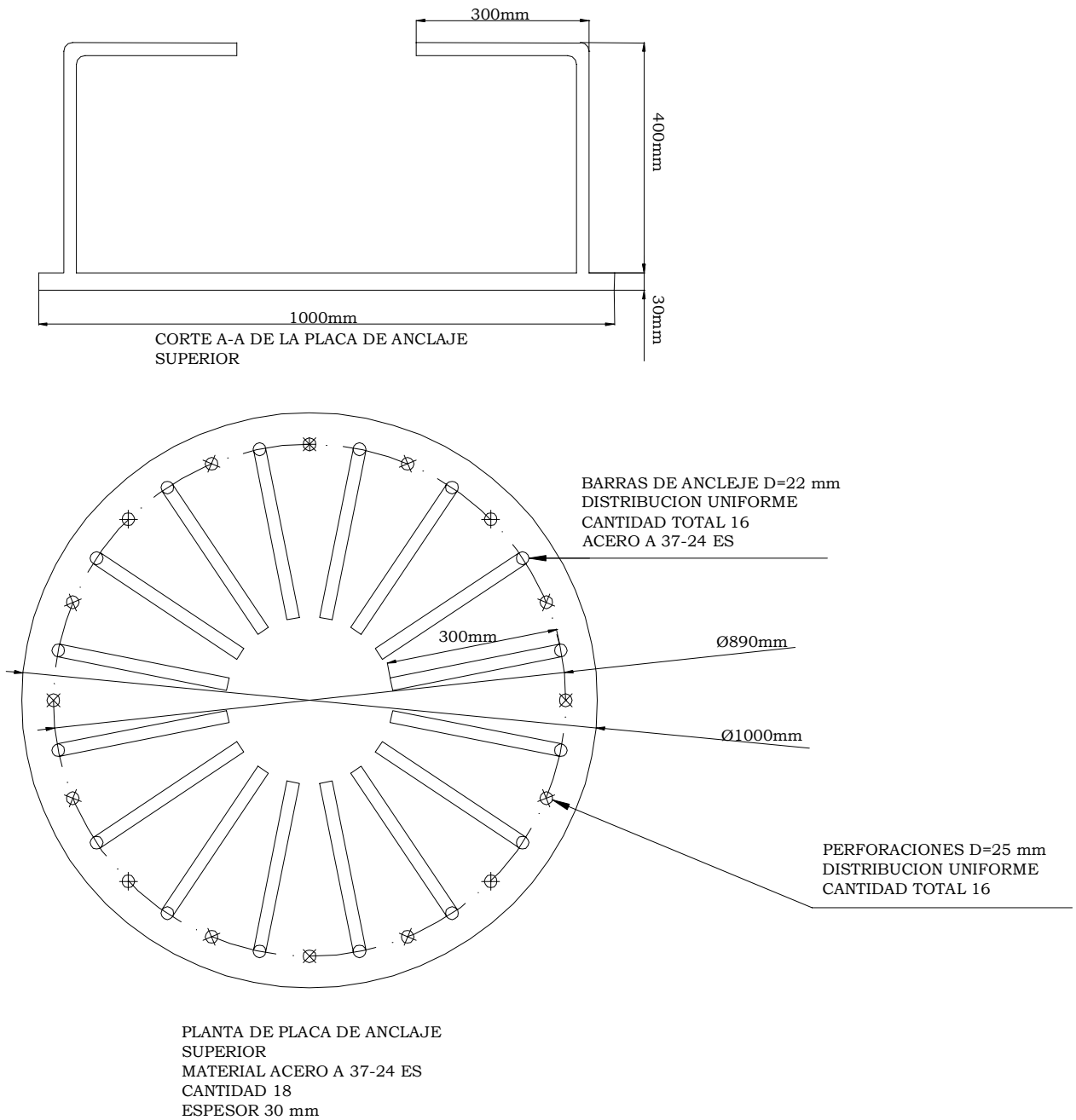


Figura 4-4 Placa de Anclaje Superior Tipo 1-2-3.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

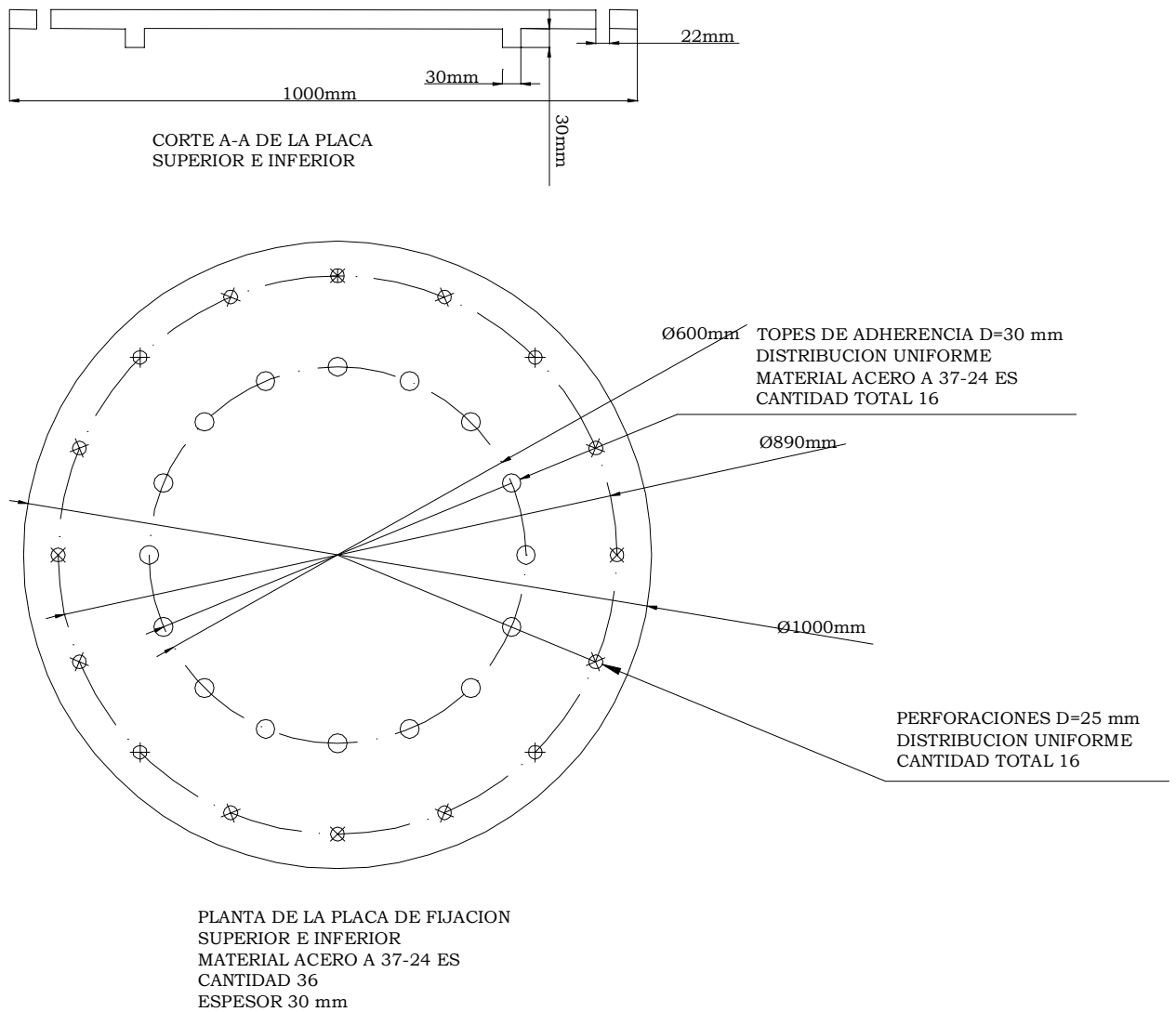
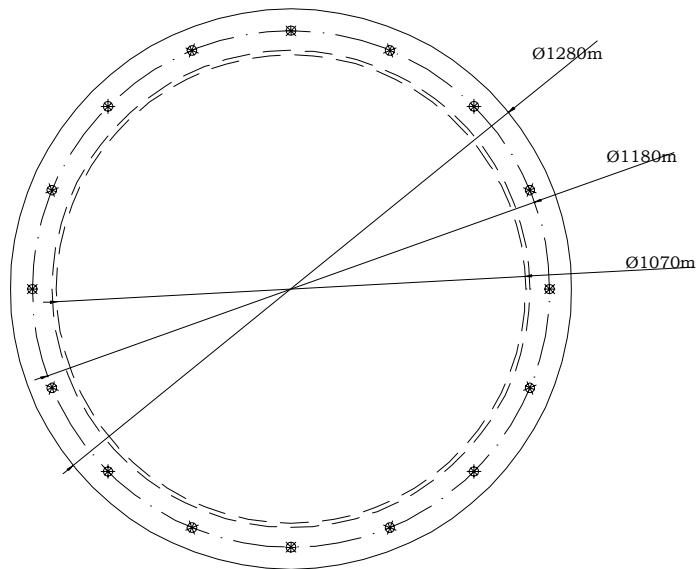
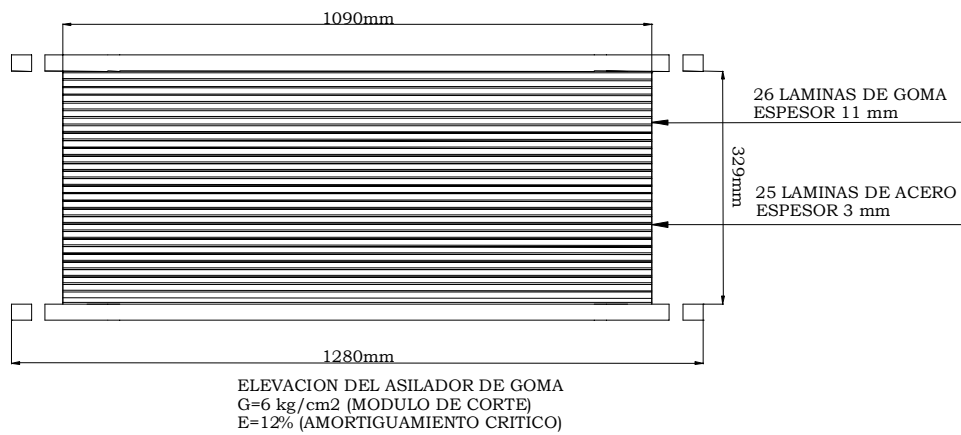
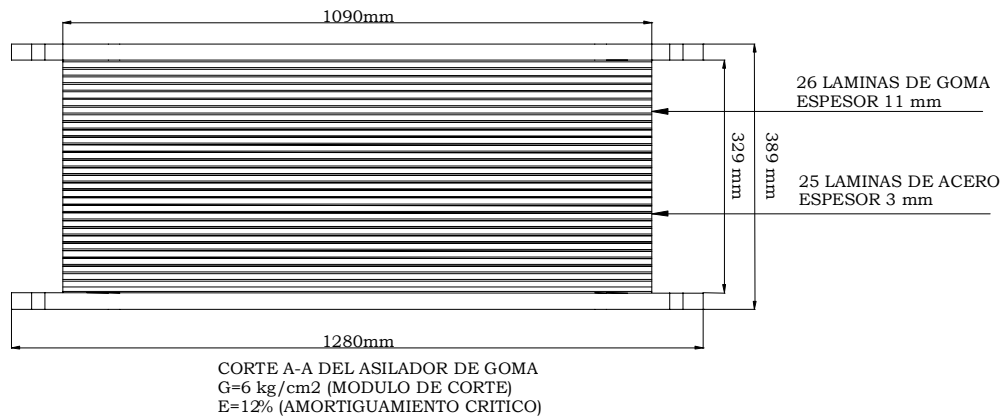


Figura 4-5 Placa de Fijación Tipo 1-2-3.

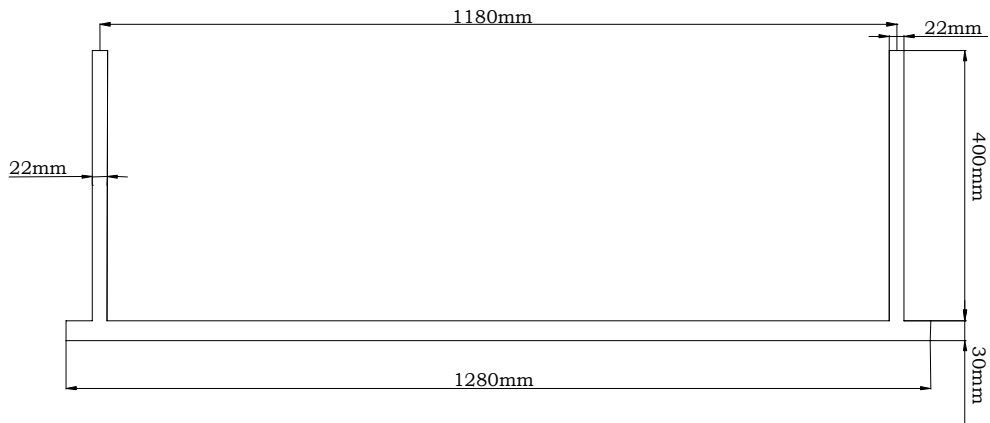
REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL



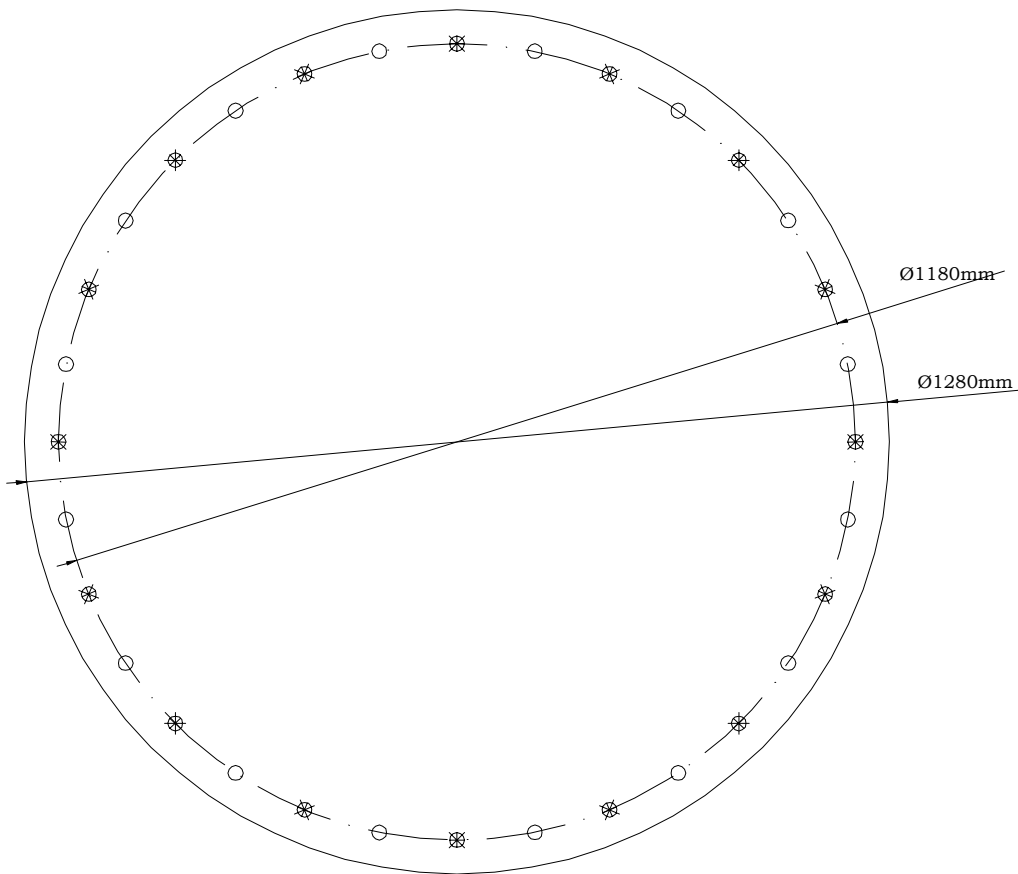
PLANTA DEL AISLADOR DE
SIN NUCLEO DE
G=6 kg/cm² (MODULO DE
E=1% (AMORTIGUAMIENTO)

Figura 4-6 Aislador Tipo 4.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL



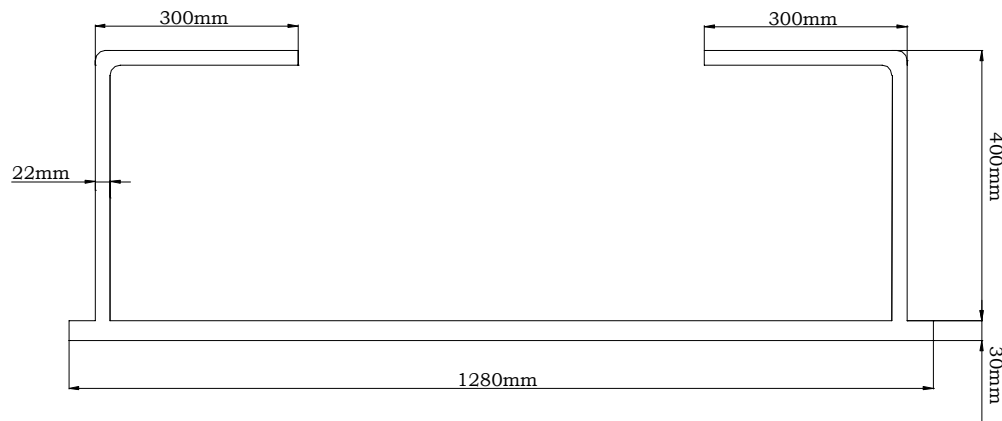
CORTE A-A DE LA PLACA DE ANCLAJE INFERIOR



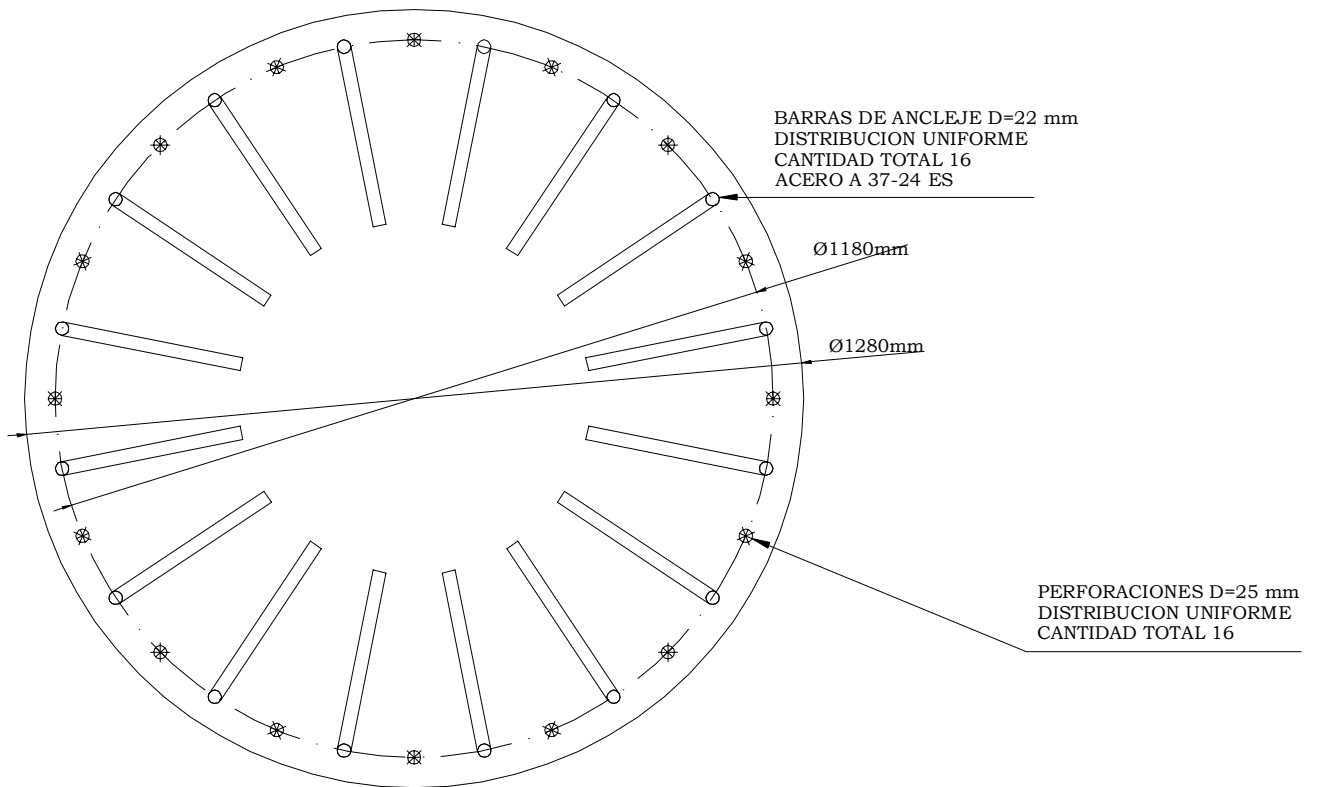
PLANTA DE PLACA DE ANCLAJE INFERIOR
MATERIAL ACERO A 37-24 ES
CANTIDAD 18
ESPESOR 30 mm

Figura 4-7 Placa de Anclaje Inferior Tipo

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL



CORTE A-A DE LA PLACA DE ANCLAJE SUPERIOR



PLANTA DE PLACA DE ANCLAJE SUPERIOR
MATERIAL ACERO A 37-24 ES
CANTIDAD 18
ESPESOR 30 mm

Figura 4-8 Placa de Anclaje Superior Tipo 4

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

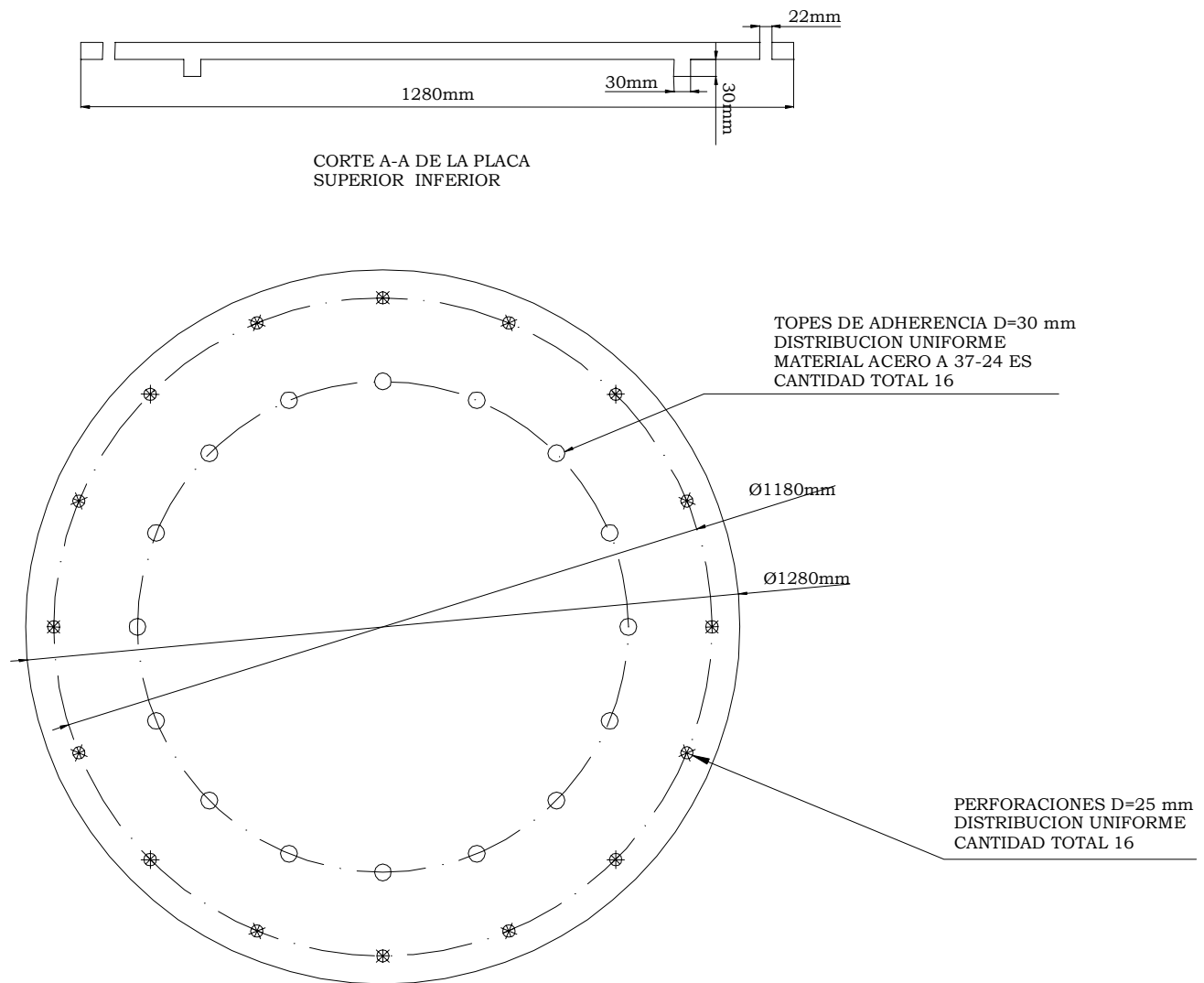


Figura 4-9 Placa de Fijación Tipo 4.

5 VERIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA CON AISLADORES ANTE UN SISMO.

Se realiza un análisis sísmico no lineal de la estructura considerando únicamente el comportamiento no lineal(histerético) de los aisladores, para obtener la demanda de fuerza y deformación de los aisladores y de la estructura.

Con el modelo se obtienen las demandas de cortes, desplazamiento y deformaciones relativas de piso de la estructura. Además, de la demanda de fuerzas y deformación de los elementos resistentes.

En el análisis dinámico incremental no lineal se utilizaron los registros analizados en el capítulo 4, sección 4.1.

5.1 Modelo no lineal de los aisladores.

El modelo no lineal utilizado en el comportamiento no lineal de los aisladores de goma, con y sin núcleo de plomo, es el modelo de Bouc-Wen (Ref. N°8 y Ref. N°20).

El nivel de amortiguamiento considerado en la estructura es de un 2%, correspondiendo al nivel medido del Hospital, antes de producirse daños de los elementos estructurales

El programa utilizado en la modelación de la estructura y de los aisladores es el SAP-2000 7.42.

Los modelos incluidos por el programa, para la modelación de los aisladores son el Plastic1 e Isolator1, diseñados para modelar aisladores de goma, con y sin núcleo de plomo.

Las ecuaciones que describen a estos modelos son las siguientes:

En el modelos Plastic 1, se tienen las siguientes ecuaciones:

$$f = ratio \times K \times d + (1 - ratio) \times yield \times Z$$

$$\dot{Z} = \frac{K}{yield} \times \begin{cases} \dot{d} \times (1 - |Z|^{\exp}) & \text{si } \dot{d} \times Z > 0 \\ \dot{d} & \text{los demas casos} \end{cases} \quad (5.1)$$

$$|Z| \leq 1$$

Donde:

K: Rigidez elástica del modelo

Yield: Fuerza de fluencia del modelo

Ratio: Razón entre la rigidez post fluencia y la rigidez inicial.

Z: Variable menor que uno, donde Z=1 representa la superficie de fluencia.

Este modelo esta basado en las ecuaciones propuestas por Wen (Ref N°20).

Donde *exp* es un exponente mayor o igual a uno. Grandes valores del exponente hacen que la curva histerética del modelo se aproxime al bilineal.

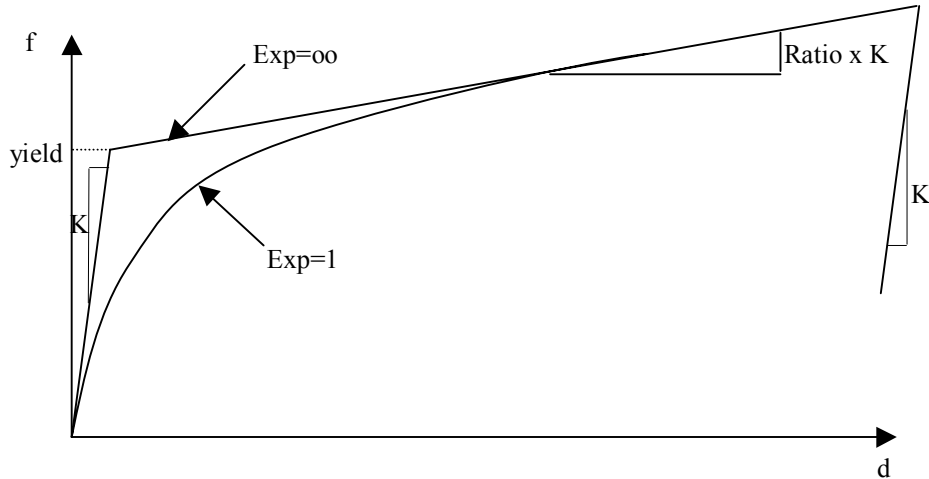


Figura 5-1 Modelo histerético Plastic 1

En el modelo Isolator1 se tiene las siguientes ecuaciones:

$$f_{u2} = ratio2 \times K_2 \times d + (1 - ratio2) \times yield2 \times Z_2$$

$$f_{u3} = ratio3 \times K_3 \times d + (1 - ratio3) \times yield3 \times Z_3$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{Z}_2 \\ \dot{Z}_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - a_2 \times Z_2^2 & -a_3 \times Z_2 \times Z_3 \\ -a_2 \times Z_2 \times Z_3 & 1 - a_3 \times Z_3^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{K_2}{yield2} \times \dot{d}_{u2} \\ \frac{K_3}{yield3} \times \dot{d}_{u3} \end{Bmatrix} \quad (5.2)$$

$$\text{Donde } a_2 = \begin{cases} 1 & \text{si } \dot{d}_{u2} \times Z_2 > 0 \\ 0 & \text{para los demas casos} \end{cases}$$

$$\text{Donde } a_3 = \begin{cases} 1 & \text{si } \dot{d}_{u3} \times Z_3 > 0 \\ 0 & \text{para los demas casos} \end{cases}$$

Donde:

K2: Rigidez elástica del modelo en la dirección 2

K3: Rigidez elástica del modelo en la dirección 3

Yield2 : Fuerza de fluencia del modelo en la dirección 2

Yield3 : Fuerza de fluencia del modelo en la dirección 3

Ratio2: Razón entre la rigidez post fluencia y la rigidez inicial en la dirección 2

Ratio3: Razón entre la rigidez post fluencia y la rigidez inicial en la dirección 3

Z2: Variable histerética interna en la dirección 2

Z3: Variable histerética interna en la dirección 3

El modelo utilizado para determinar el comportamiento solo en una dirección es el plastic 1. Para analizar el comportamiento en las dos direcciones se utiliza el isolater 1.

Para determinar los parámetros de estos modelos, debemos obtener los valores de rigidez inicial, rigidez de fluencia y desplazamiento de fluencia. Estos se obtienen de los modelos bilineales, determinados de los aisladores de goma con y sin núcleo de plomo (capítulo 4, sección 4.2)

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

La tabla 5.1 y 5.2 muestran los parámetros del modelo, de los aisladores sin y con núcleo de plomo.

Propiedades	Unidades	Valores
Modulo de Corte 100 %	Kgf/m ²	60000
Diámetro aislador	m	1,07
Area del aislador	m ²	0,899
Altura del Aislador	m	0,276
Rigidez después de fluencia	Ton/m	154,538
Desplazamiento de fluencia	m	0,0276
Fuerza de fluencia	Ton	15,564
Rigidez Inicial (antes de la fluencia)	Ton/m	563,948

Tabla 5-1 Propiedades de los Aisladores elastoméricos sin núcleo de plomo(Tipo 4).

Los datos ingresados en el programa SAP-2000 7.42, para aisladores sin núcleo de plomo son:

- Rigidez inicial 563,948 [Ton-Mts]
- Factor de rigidez, entre la rigidez post fluencia y rigidez inicial 0.274
- Fuerza de fluencia del dispositivo 15,564 [Ton]

Propiedad	Unidades	Valores
Modulo de Corte 100%	Kgf/m ²	6000
Diámetro aislador	m	0,77
Area del aislador	m ²	0,462
Altura del Aislador	m	0,276
Datos del plomo		
Diámetro núcleo de plomo	m	0,067
Area núcleo de plomo	m ²	0,003525
Esfuerzo de Fluencia plomo	Kgf/m ²	1000000
Fuerza de Fluencia plomo	Ton	3,597
Rigidez después de fluencia	Ton/m	79,423
Desplazamiento de fluencia	m	0,0276
Fuerza a desplazamiento cero	Ton	3,597
Fuerza de fluencia	Ton	11,597
Rigidez Inicial (antes de la fluencia)	Ton/Mts	420,184

Tabla 5-2 Propiedades de los Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo(Tipo 1-2-3).

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Los datos ingresados en el programa SAP-2000, para aisladores con núcleo de plomo son:

- Rigidez inicial 420,184 [Ton-Mts]
- Factor de rigidez, entre la rigidez post fluencia y rigidez inicial 0.189
- Fuerza de fluencia del dispositivo 11,597 [Ton]

5.2 Resultados de los análisis.

5.2.1 Registros escalados de Llay-Llay, Ventana y Viña del Mar de acuerdo a la Nch 2745 Of 2003

De los registros de Llay-Llay, Ventana y Viña del Mar se obtienen los valores máximos de desplazamientos relativos al suelo y al aislador, aceleraciones absolutas y cortes de cada uno de los pisos.

Los registros se aplicaron en la estructura, considerando ambas componentes aplicadas en los ejes X e Y respectivamente, utilizando los valores de escalas del capítulo N°4, sección 4.1.

La tabla 5.3 y 5.4 muestran las combinaciones de los registros utilizadas en el análisis.

Sismo en X-X	Componente X-X	Componente Y-Y
Llay-Llay	Llay-Llay S10W	Llay-Llay N80W
Ventana	Ventana WE	Ventana NS
Viña del Mar	Viña del Mar S20W	Viña del Mar N70W

Tabla 5-1 Sentido de aplicación de los registros X-X

Sismo en Y-Y	Componente X-X	Componente Y-Y
Llay-Llay	Llay-Llay N80W	Llay-Llay S10W
Ventana	Ventana NS	Ventana WE
Viña del Mar	Viña del Mar N70W	Viña del Mar S20W

Tabla 5-2 Sentido de aplicación de los registros Y-Y

La tabla 5.5 y 5.6 muestran los desplazamientos máximos relativos al suelo, aplicando ambas componentes del registro de Ventana

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al suelo Registro de Ventana Sismo X-X			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-30,42	39,01	-28,50	27,02
1	-31,32	39,93	-29,19	27,48
2	-32,01	40,67	-29,81	27,78
3	-32,55	41,38	-30,34	27,96
4	-32,85	41,93	-30,76	28,04
5	-32,99	42,44	-30,98	28,08

Tabla 5-3 Desplazamiento máximo relativo al suelo, del registro de Ventana, dirección X-X.

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al suelo Registro de Ventana Sismo Y-Y			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-28,80	26,32	-30,72	40,31
1	-29,60	27,12	-31,5	40,99
2	-30,16	27,69	-32,18	41,41
3	-30,56	28,16	-32,47	41,57
4	-30,79	28,46	-33,13	41,59
5	-30,89	28,6	-33,32	41,58

Tabla 5-4 Desplazamiento máximo relativo al suelo, del registro de Ventana, dirección Y-Y.

La tabla 5.7 y 5.8 muestran los desplazamientos máximos relativos entre piso, aplicando ambas componentes del registro de Ventana.

Edificio Aislado	Deformación máxima entre Piso Registro de Ventana Sismo X-X			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	0	0	0	0
1	-0,9	0,92	-0,69	0,46
2	-0,69	0,74	-0,62	0,3
3	-0,54	0,71	-0,53	0,18
4	-0,3	0,55	-0,42	0,08
5	-0,14	0,51	-0,22	0,04

Tabla 5-5 Deformación máxima entre piso, del registro de Ventana, dirección X-X.

Edificio Aislado	Deformación máxima entre Piso Registro de Ventana Sismo Y-Y			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	0	0	0	0
1	-0,8	0,8	-0,78	0,68
2	-0,56	0,57	-0,68	0,42
3	-0,4	0,47	-0,29	0,16
4	-0,23	0,3	-0,66	0,02
5	-0,1	0,14	-0,19	-0,01

Tabla 5-6 Deformación máximo entre piso, del registro de Ventana, dirección Y-Y.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

La tabla 5.9 y 5.10 muestran las aceleraciones máximas de piso, aplicando ambas componentes del registro de Ventana.

Edificio Aislado	Aceleración máxima absoluta Registro de Ventana Sismo X-X			
	Menor- X [m/seg ²]	Mayor+ X [m/seg ²]	Menor- Y [m/seg ²]	Mayor+Y [m/seg ²]
Base Aislada	-4,141	5,157	-3,783	3,75
1	-3,169	3,659	-2,665	2,758
2	-2,931	2,945	-2,067	2,215
3	-3,538	3,007	-2,207	2,357
4	-4,322	3,811	-3,392	3,425
5	-5,282	5,125	-4,865	4,427

Tabla 5-7 Aceleración máxima absoluta, del registro de Ventana, dirección X-X.

Edificio Aislado	Aceleración máxima absoluta Registro de Ventana Sismo Y-Y			
	Menor- X [m/seg ²]	Mayor+ X [m/seg ²]	Menor- Y [m/seg ²]	Mayor+Y [m/seg ²]
Base Aislada	-3,187	3,093	-4,66	3,415
1	-2,609	2,612	-3,793	3,003
2	-2,067	2,703	-3,45	2,318
3	-2,063	2,316	-3,227	2,768
4	-2,819	2,863	-4,475	3,713
5	-3,632	3,566	-5,317	4,776

Tabla 5-8 Aceleración máxima absoluta, del registro de Ventana, dirección Y-Y.

La tabla 5.11 y 5.12 muestran los cortes de piso normalizado, aplicando ambas componentes del registro de Ventana

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso normalizado por el Peso de la Estructura Registro de Ventana Sismo X-X			
	Menor- X	Mayor+X	Menor- Y	Mayor + Y
Base Aislada	-0,219	0,190	-0,155	0,168
1	-0,231	0,176	-0,142	0,158
2	-0,220	0,175	-0,135	0,149
3	-0,184	0,154	-0,140	0,138
4	-0,135	0,121	-0,118	0,110
5	-0,070	0,067	-0,066	0,059

Tabla 5-9 Corte máximo de piso, del registro de Ventana, dirección X-X.

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso normalizado por el Peso de la Estructura Registro de Ventana Sismo Y-Y			
	Menor- X	Mayor+ X	Menor- Y	Mayor + Y
Base Aislada	-0,152	0,174	-0,229	0,190
1	-0,129	0,142	-0,215	0,178
2	-0,109	0,125	-0,207	0,175
3	-0,115	0,115	-0,183	0,154
4	-0,090	0,088	-0,136	0,117
5	-0,049	0,047	-0,070	0,063

Tabla 5-10 Corte máximo de piso, del registro de Ventana, dirección Y-Y.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

La tabla 5.13 y 5.14 muestran los desplazamientos máximos relativos al suelo, aplicando ambas componentes del registro de Llay-Llay

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al suelo Registro de Llay-Llay Sismo X-X			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-32,12	56,26	-44,26	41,78
1	-32,85	57,42	-45,09	42,56
2	-33,40	58,32	-45,74	43,21
3	-33,75	58,95	-46,23	43,74
4	-34,12	59,33	-46,56	44,10
5	-34,47	59,52	-46,73	44,31

Tabla 5-11 Desplazamiento máximo relativo al suelo, del registro de Llay-Llay dirección X-X.

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al suelo Registro de Llay-Llay Sismo Y-Y			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-43,78	41,10	-32,69	56,22
1	-44,90	42,14	-33,29	57,33
2	-45,88	43,08	-33,79	58,26
3	-46,68	43,88	-34,22	59,00
4	-47,24	44,48	-34,53	59,50
5	-47,53	44,84	-34,69	59,75

Tabla 5-12 Desplazamiento máximo relativo al suelo, del registro de Llay-Llay, dirección Y-Y.

La tabla 5.15 y 5.16 muestran los desplazamientos máximos relativos entre piso, aplicando ambas componentes del registro de Llay-Llay

Edificio Aislado	Deformación máxima entre Piso Registro de Llay-Llay Sismo X-X			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	0	0	0	0
1	-0,73476	1,15346	-0,83282	0,78294
2	-0,55145	0,90688	-0,65269	0,64924
3	-0,34469	0,62991	-0,4936	0,52503
4	-0,37322	0,37556	-0,32546	0,36649
5	-0,34658	0,19198	-0,17247	0,20095

Tabla 5-13 Deformación máximo entre piso, del registro de Llay-Llay, dirección X-X.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Edificio Aislado	Deformación máxima entre Piso Registro de Llay-Llay Sismo Y-Y				
	Piso	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada		0	0	0	0
1		-1,12288	1,04679	-0,59829	1,10409
2		-0,98262	0,93732	-0,50371	0,93185
3		-0,80001	0,79757	-0,42947	0,74658
4		-0,55404	0,60765	-0,30448	0,49683
5		-0,29499	0,35724	-0,15929	0,24767

Tabla 5-14 Deformación máximo entre piso, del registro de Llay-Llay, dirección Y-Y.

La tabla 5.17 y 5.18 muestran las aceleraciones máximos de piso, aplicando ambas componentes del registro de Llay-Llay

Edificio Aislado	Aceleración máxima absoluta Registro de Llay-Llay Sismo X-X				
	Piso	Menor- X [m/seg ²]	Mayor+ X [m/seg ²]	Menor- Y [m/seg ²]	Mayor+Y [m/seg ²]
Base Aislada		-5,17	3,018	-5,143	4,101
1		-3,519	2,596	-4,15	3,425
2		-3,889	2,579	-2,76	2,889
3		-4,025	2,828	-3,183	2,597
4		-3,888	2,806	-4,474	3,606
5		-5,712	3,742	-5,957	4,536

Tabla 5-15 Aceleración máxima absoluta, del registro de Llay-Llay, dirección X-X.

Edificio Aislado	Aceleración máxima absoluta Registro de Llay-Llay Sismo Y-Y				
	Piso	Menor- X [m/seg ²]	Mayor+ X [m/seg ²]	Menor- Y [m/seg ²]	Mayor+Y [m/seg ²]
Base Aislada		-4,688	4,266	-4,47	3,143
1		-4,127	2,985	-3,564	2,909
2		-2,942	2,284	-3,31	2,728
3		-2,807	2,544	-3,325	2,559
4		-4,35	3,25	-3,731	2,866
5		-5,189	4,601	-4,777	3,311

Tabla 5-16 Aceleración máxima absoluta, del registro de Llay-Llay, dirección Y-Y.

La tabla 5.19 y 5.20 muestran los cortes de piso normalizado, aplicando ambas componentes del registro de Llay-Llay

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso normalizado por el Peso de la Estructura Registro de Llay-Llay Sismo X-X				
	Piso	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada		-0,281	0,193	-0,216	0,221
1		-0,258	0,172	-0,207	0,186
2		-0,212	0,152	-0,217	0,174
3		-0,165	0,121	-0,199	0,157
4		-0,135	0,093	-0,155	0,120
5		-0,076	0,052	-0,081	0,063

Tabla 5-17 Corte máximo de piso, del registro de Llay-Llay, dirección X-X.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso normalizado por el Peso de la Estructura Registro de Llay-Llay Sismo Y-Y			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-0,217	0,219	-0,280	0,194
1	-0,200	0,197	-0,241	0,176
2	-0,190	0,164	-0,201	0,136
3	-0,176	0,132	-0,158	0,121
4	-0,135	0,114	-0,120	0,090
5	-0,069	0,063	-0,064	0,047

Tabla 5-18 Corte máximo de piso, del registro de Llay-Llay, dirección Y-Y

Tabla 5.20

La tabla 5.21 y 5.22 muestran los desplazamientos máximos relativos al suelo, aplicando ambas componentes del registro de Viña del Mar

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al suelo Registro de Viña del Mar Sismo X-X			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-45,92	34,50	-29,11	26,73
1	-47,25	35,53	-29,81	27,26
2	-48,51	36,43	-30,42	27,69
3	-49,68	37,18	-30,96	28,02
4	-50,57	37,73	-31,33	28,24
5	-51,09	38,03	-31,54	28,35

Tabla 5-19 Desplazamiento máximo relativo al suelo, del registro de Viña del mar, dirección X-X.

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al suelo Registro de Viña del Mar Sismo Y-Y			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-28,67	26,27	-47,38	34,81
1	-29,51	26,96	-48,38	35,69
2	-30,23	27,54	-49,23	36,48
3	-30,80	27,97	-49,92	37,16
4	-31,18	28,23	-50,38	37,65
5	-31,38	28,35	-50,60	37,92

Tabla 5-20 Desplazamiento máximo relativo al suelo, del registro de Viña del Mar, dirección Y-Y.

La tabla 5.23 y 5.24 muestran los desplazamientos máximos relativos entre piso, aplicando ambas componentes del registro de Viña del Mar

Edificio Aislado	Deformación máxima entre Piso Registro de Viña del Mar Sismo X-X			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	0	0	0	0
1	-1,32859	1,02865	-0,70282	0,52621
2	-1,26727	0,90199	-0,61282	0,42976
3	-1,16179	0,75193	-0,53109	0,33441
4	-0,89646	0,54489	-0,37767	0,21502
5	-0,51342	0,29783	-0,20154	0,10847

Tabla 5-21 Deformación máximo entre piso, del registro de Viña del Mar, dirección X-X.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Edificio Aislado	Deformación máxima entre Piso Registro de Viña del Mar Sismo Y-Y			
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y [cm]
Base Aislada	0	0	0	0
1	-0,84197	0,68801	-1,00048	0,87724
2	-0,71898	0,58287	-0,85202	0,7835
3	-0,56739	0,42834	-0,68423	0,68804
4	-0,38325	0,25794	-0,46009	0,49131
5	-0,20129	0,12297	-0,22917	0,26553

Tabla 5-22 Deformación máximo entre piso, del registro de Viña del Mar, dirección Y-Y.

La tabla 5.25 y 5.26 muestran las aceleraciones máximos de piso, aplicando ambas componentes del registro de Viña del Mar.

Edificio Aislado	Aceleración máxima absoluta Registro de Viña del Mar X-X			
	Menor- X [m/seg ²]	Mayor+ X [m/seg ²]	Menor- Y [m/seg ²]	Mayor+Y [m/seg ²]
Base Aislada	-3,902	4,042	-3,084	2,864
1	-3,693	3,294	-2,014	2,086
2	-2,883	3,052	-2,446	2,284
3	-2,899	3,448	-2,723	2,457
4	-4,152	4,1	-2,984	2,575
5	4,617	5,229	-3,937	3,328

Tabla 5-23 Aceleración máxima absoluta, del registro de Viña del Mar, dirección X-X.

Edificio Aislado	Aceleración máxima absoluta Registro de Viña del Mar Sismo Y-Y			
	Menor- X [m/seg ²]	Mayor+ X [m/seg ²]	Menor- Y [m/seg ²]	Mayor+Y [m/seg ²]
Base Aislada	-2,643	2,325	-3,955	4,021
1	-2,239	1,712	-2,093	2,324
2	-1,989	2,125	-2,992	2,925
3	-2,17	2,309	-2,762	3,21
4	-2,837	2,138	-3,134	3,513
5	-3,889	3,514	-4,287	5,899

Tabla 5-24 Aceleración máxima absoluta, del registro de Viña del Mar, dirección Y-Y.

La tabla 5.27 y 5.28 muestran los cortes de piso normalizado, aplicando ambas componentes del registro de Viña del Mar.

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso normalizado por el Peso de la Estructura Registro de Viña del Mar Sismo X-X			
	Menor- X	Mayor+ X	Menor- Y	Mayor + Y
Base Aislada	-0,209	0,243	-0,142	0,173
1	-0,180	0,228	-0,129	0,157
2	-0,183	0,206	-0,111	0,137
3	-0,168	0,175	-0,115	0,108
4	-0,123	0,131	-0,097	0,081
5	-0,061	0,071	-0,053	0,045

Tabla 5-25 Corte máximo de piso, del registro de Viña del Mar, dirección X-X.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso normalizado por el Peso de la Estructura Registro de Llay-Llay Sismo Y-Y			
Piso	Menor- X	Mayor+ X	Menor- Y	Mayor + Y
Base Aislada	-0,141	0,171	-0,210	0,251
1	-0,131	0,151	-0,196	0,222
2	-0,118	0,121	-0,169	0,188
3	-0,114	0,090	-0,135	0,149
4	-0,094	0,078	-0,096	0,129
5	-0,052	0,047	-0,057	0,079

Tabla 5-26 Corte máximo de piso, del registro de Viña del Mar, dirección Y-Y.

La figura 5.2 y 5.3 muestran las envolventes de cortes de piso generados por los registros.

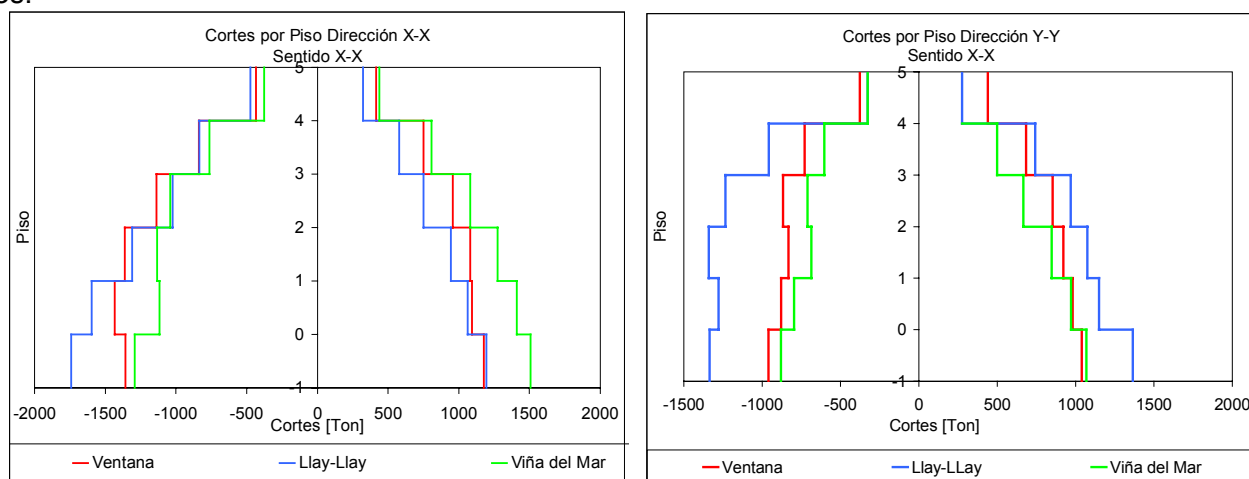


Figura 5-1 Cortes de piso, dirección XX e YY de los registros de Ventana, Llay-Llay y Viña del Mar (Sentido X-X).

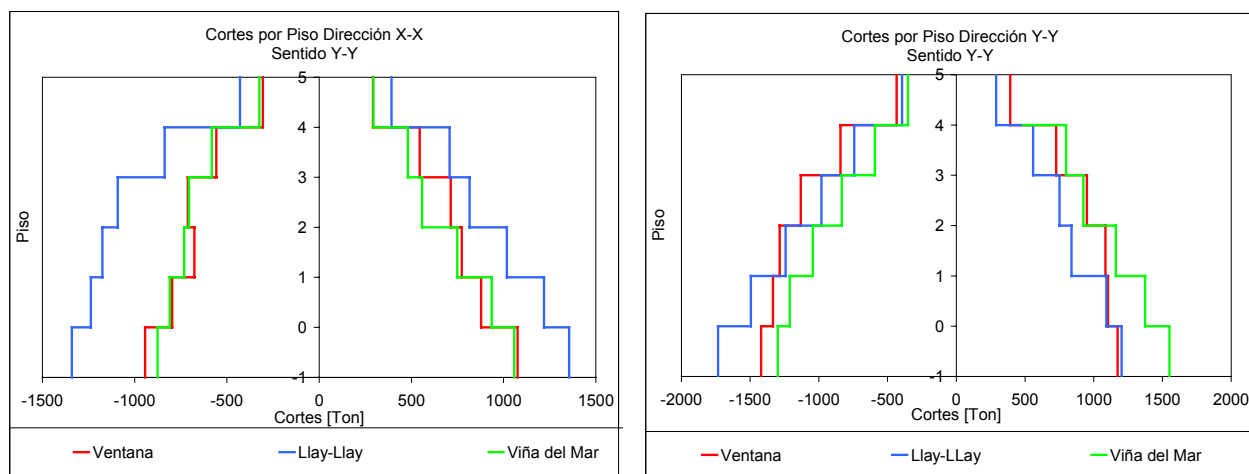


Figura 5-2 Cortes de piso, dirección XX e YY de los registros de Ventana, Llay-Llay y Viña del Mar (Sentido Y-Y).

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Los desplazamientos, aceleraciones y cortes de piso obtenidos de los registros de Llay-Llay, Ventana y Viña del Mar, considerando ambas componentes, sobrepasan a los valores obtenidos con el espectro de diseño(SMP), debido al factor de escala poco realista, utilizado en el escalamiento.

Para tener factores de escalas apropiados, se deben tener registros de magnitudes, distancias a la falla, fuentes del mecanismo del sismo y tipo de suelo, consistentes con aquellos que controlan el sismo de diseño(SMP).

Los cortes de piso, obtenidos no son reales, pero muestran el comportamiento de la estructura e histerético de los aisladores.

De la figura 6.1 y 6.2, podemos decir que hay influencia de los modos superiores en las respuestas de cortes de piso, ratificado por las aceleraciones de piso, presentando disminuciones y posteriores aumentos en la altura.

5.2.2 Registro Artificial de Llay-Llay S10W, Viña del Mar S20W escalado a 0,55G y Llolleo N10E

Utilizando los registros reales de aceleración de los Sismos de Viña del Mar componente S20W, escalado a 0.55g, Llolleo componente N10E y el registro artificial de Llay-Llay S10W, se obtienen los valores máximos de desplazamiento relativo al suelo, aceleraciones absolutas y cortes de cada uno de los pisos. Se confeccionan los gráficos del comportamiento histerético de cada uno de los aisladores.

5.2.2.1 Demandas globales de la estructura.

De La tabla 5.29 a la 5.33, muestran las envolventes de desplazamientos máximos relativos al suelo, desplazamiento máximo relativo al aislador, aceleración máxima absoluta, corte máximo de piso y corte máximo de piso normalizado, aplicando la componente de Viña del Mar S20W, escalado a 0,55g.

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al suelo Registro de Viña del Mar S20W Escalado 0.55 G			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-19,02	7,479	-18,51	7,737
1	-19,77	7,88	-19,22	8,105
2	-20,39	8,173	-19,86	8,398
3	-20,91	8,434	-20,44	8,62
4	-21,29	8,654	-20,86	8,764
5	-21,49	8,782	-21,1	8,837

Tabla 5-1 Desplazamiento máximo relativo al suelo, del registro de Viña del Mar S20W.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al aislador Registro de Viña del Mar S20W Escalado 0.55 G			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	0	0	0	0
1	-0,426	0,45	-0,397	0,45
2	-0,777	0,83	-0,745	0,84
3	-1,198	1,39	-1,093	1,2
4	-1,668	1,81	-1,363	1,46
5	-1,958	2,04	-1,553	1,62

Tabla 5-2 Desplazamiento máximo relativo al aislador, del registro de Viña del Mar S20W.

Edificio Aislado	Aceleración máxima absoluta Registro de Viña del Mar S20W Escalado 0.55 G			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [m/seg ²]	Mayor+ X [m/seg ²]	Menor- Y [m/seg ²]	Mayor+Y [m/seg ²]
Base Aislada	-3,27	2,44	-2,35	2,34
1	-2,16	2,16	-1,62	2,03
2	-1,33	1,94	-1,35	1,62
3	-1,45	1,78	-1,46	1,96
4	-2,38	2,49	-1,99	2,45
5	-3,76	3,12	-2,53	2,85

Tabla 5-3 Aceleración máxima absoluta, del registro de Viña del Mar S20W.

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso Registro de Viña del Mar S20W Escalado 0.55 G			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [Ton]	Mayor+X [Ton]	Menor- Y [Ton]	Mayor + Y[Ton]
Base Aislada	-526,362	839,345	-521,208	842,776
1	-486,593	740,544	-470,559	780,931
2	-453,88	652,016	-410,59	675,636
3	-430,635	528,935	-363,889	533,8
4	-388,64	371,067	-302,8	370,516
5	-226,871	187,129	-168,348	181,439

Tabla 5-4 Corte máximo de piso, del registro de Viña del Mar S20W.

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso normalizado por el Peso de la Estructura Registro de Viña del Mar S20W Escalado 0.55 G			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [Ton]	Mayor+X [Ton]	Menor- Y [Ton]	Mayor + Y[Ton]
Base Aislada	-0,085	0,136	-0,084	0,136
1	-0,079	0,120	-0,076	0,126
2	-0,073	0,105	-0,066	0,109
3	-0,070	0,085	-0,059	0,086
4	-0,063	0,060	-0,049	0,060
5	-0,037	0,030	-0,027	0,029

Tabla 5-5 Corte máximo normalizado de piso, del registro de Viña del Mar S20W.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

De la tabla 5.34 a la 5.38, muestran las envolventes de los desplazamientos máximos relativos al suelo, desplazamiento máximo relativo al aislador, aceleración máxima absoluta, corte máximo de piso y corte máximo de piso normalizado, aplicando la componente de Lolloo N10E.

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al suelo Registro de Lolloo N10E			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-8,972	11,43	-8,947	12,07
1	-9,398	11,88	-9,344	12,52
2	-9,749	12,26	-9,692	12,91
3	-10,17	12,82	-10,04	13,27
4	-10,64	13,24	-10,31	13,53
5	-10,93	13,47	-10,5	13,69

Tabla 5-6 Desplazamiento máximo relativo al suelo, del registro de Lolloo N10E.

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al aislador Registro de Lolloo N10E			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	0,00	0,00	0,00	0,00
1	-0,65	0,74	-0,63	0,53
2	-1,12	1,49	-1,14	0,91
3	-1,53	2,21	-1,53	1,15
4	-1,89	2,82	-1,81	1,29
5	-2,12	3,19	-1,95	1,40

Tabla 5-7 Desplazamiento máximo relativo al aislador, del registro de Lolloo N10E.

Edificio Aislado	Aceleración máxima absoluta Registro de Lolloo N10E			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [m/seg ²]	Mayor+ X [m/seg ²]	Menor- Y [m/seg ²]	Mayor+Y [m/seg ²]
Base Aislada	-2,08	2,70	-2,34	2,57
1	-1,92	1,93	-1,71	1,77
2	-1,76	1,48	-1,92	1,79
3	-1,87	1,51	-1,90	1,87
4	-2,12	2,33	-1,94	2,15
5	-2,28	3,53	-2,66	3,19

Tabla 5-8 Aceleración máxima absoluta, del registro de Lolloo N10E.

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso Registro de Lolloo N10E			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [cm]	Mayor+X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-674,149	551,305	-682,841	579,302
1	-607,178	522,225	-607,178	578,892
2	-562,735	529,302	-495,724	556,767
3	-507,302	484,382	-415,109	462,186
4	-399,203	386,44	-336,806	368,733
5	-221,829	219,033	-194,586	195,832

Tabla 5-9 Corte máximo de piso, del registro de Lolloo N10E.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso normalizado por el Peso de la Estructura Registro de Lolloo N10E			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [Ton]	Mayor+X [Ton]	Menor- Y [Ton]	Mayor + Y[Ton]
Base Aislada	-0,109	0,089	-0,110	0,094
1	-0,098	0,084	-0,098	0,094
2	-0,091	0,086	-0,080	0,090
3	-0,082	0,078	-0,067	0,075
4	-0,064	0,062	-0,054	0,060
5	-0,036	0,035	-0,031	0,032

Tabla 5-10 Corte máximo normalizado de piso, del registro de Lolloo N10E.

De la tabla 5.39 a la 5.43, muestran las envolventes de los desplazamientos máximos relativos al suelo, desplazamiento máximo relativo al aislador, aceleración máxima absoluta, corte máximo de piso y corte máximo de piso normalizado, aplicando la componente del registro artificial de Llay-Llay S10W,

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al suelo Registro artificial de Llay-Llay S10W			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	-25,18	21,70	-24,97	23,67
1	-25,82	22,44	-25,60	24,21
2	-26,30	23,19	-26,11	24,59
3	-26,70	23,91	-26,50	24,82
4	-27,07	24,52	-26,77	24,96
5	-27,30	24,89	-26,92	25,07

Tabla 5-11 Desplazamiento máximo relativo al suelo, del registro artificial de Llay-Llay.

Edificio Aislado	Desplazamiento máximo relativo al aislador Registro artificial de Llay-Llay S10W			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [cm]	Mayor+ X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Base Aislada	0,00	0,00	0,00	0,00
1	-0,65	0,74	-0,63	0,53
2	-1,12	1,49	-1,14	0,91
3	-1,53	2,21	-1,53	1,15
4	-1,89	2,82	-1,81	1,29
5	-2,12	3,19	-1,95	1,40

Tabla 5-12 Desplazamiento máximo relativo al aislador, del registro artificial de Llay-Llay.

Edificio Aislado	Aceleración máxima absoluta Registro artificial de Llay-Llay S10W			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [m/seg^2]	Mayor+ X [m/seg^2]	Menor- Y [m/seg^2]	Mayor+Y [m/seg^2]
Base Aislada	-3,492	3,152	-3,166	3,208
1	-2,842	2,748	-2,384	2,556
2	-2,021	2,364	-2,084	1,857
3	-2,084	2,427	-2,181	1,974
4	-3,178	2,924	-2,655	3,154
5	-3,983	3,633	-3,442	3,815

Tabla 5-13 Aceleración máxima absoluta, del registro artificial de Llay-Llay.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso Registro artificial de Llay-Llay S10W			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [cm]	Mayor+X [cm]	Menor- Y [cm]	Mayor + Y[cm]
Piso				
Base Aislada	-927,664	1031,173	-986,484	1025
1	-919,094	956,162	-929,556	891
2	-898,419	922,341	-842,608	853,365
3	-827,797	756,511	-691,817	804,121
4	-625,938	577,239	-539,4	613,485
5	-332,444	301,635	-287,085	316,257

Tabla 5-14 Corte máximo de piso, del registro artificial de Llay-Llay.

Edificio Aislado	Corte máximo de Piso normalizado por el Peso de la Estructura Registro artificial de Llay-Llay S10W			
	Sismo X-X		Sismo Y-Y	
	Menor- X [Ton]	Mayor+X [Ton]	Menor- Y [Ton]	Mayor + Y[Ton]
Piso				
Base Aislada	-0,150	0,167	-0,159	0,166
1	-0,148	0,154	-0,150	0,144
2	-0,145	0,149	-0,136	0,138
3	-0,134	0,122	-0,112	0,130
4	-0,101	0,093	-0,087	0,099
5	-0,054	0,049	-0,046	0,051

Tabla 5-15 Corte máximo normalizado de piso, del registro artificial de Llay-Llay.

De la figura 5.4 a la 5.7, muestran las envolventes de los cortes, desplazamientos y aceleraciones de piso generados por los registros analizados.

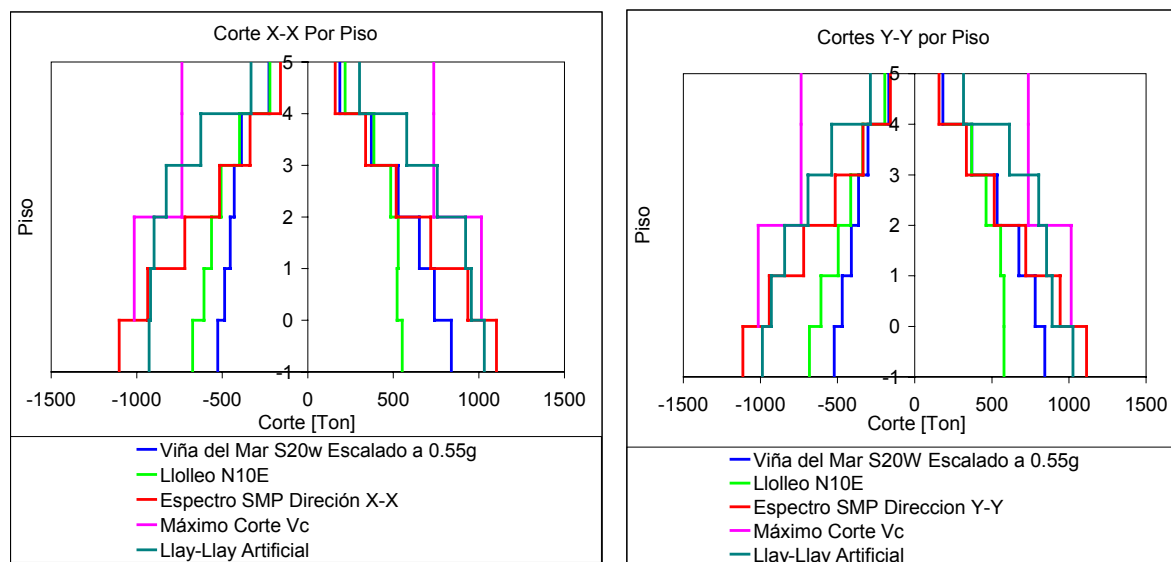


Figura 5-1 Cortes de piso.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

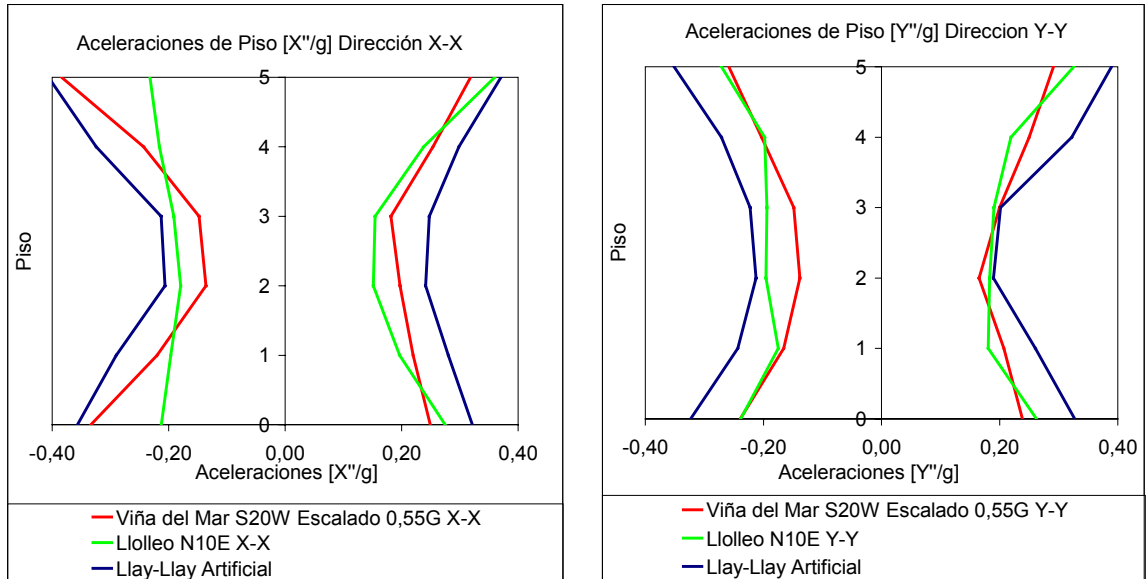


Figura 5-2 Aceleraciones de Piso[X''/G].

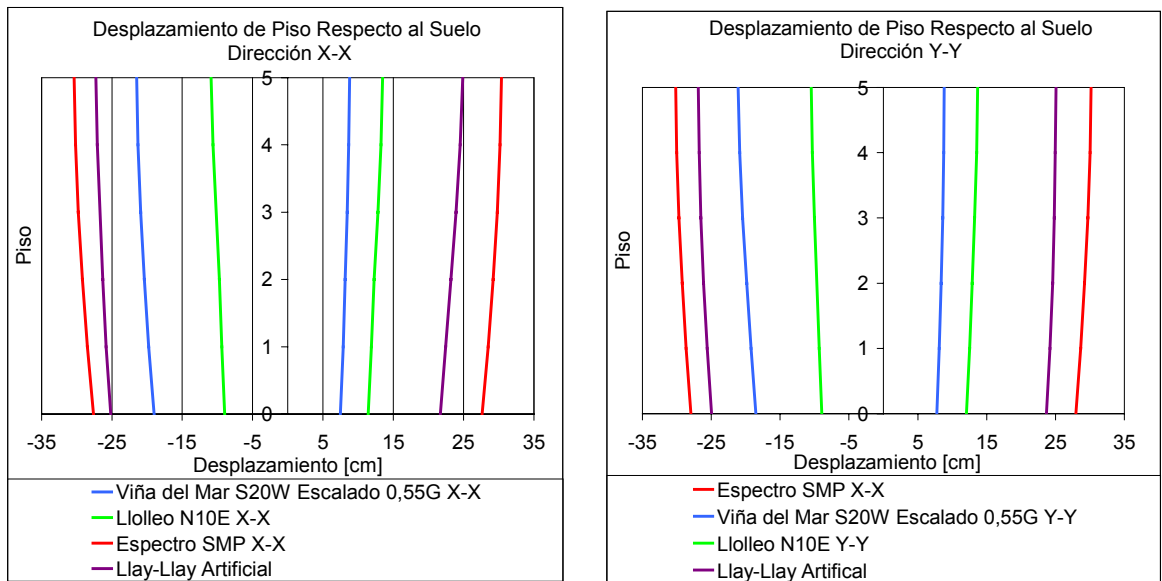


Figura 5-3 Desplazamientos de Piso respecto al suelo.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

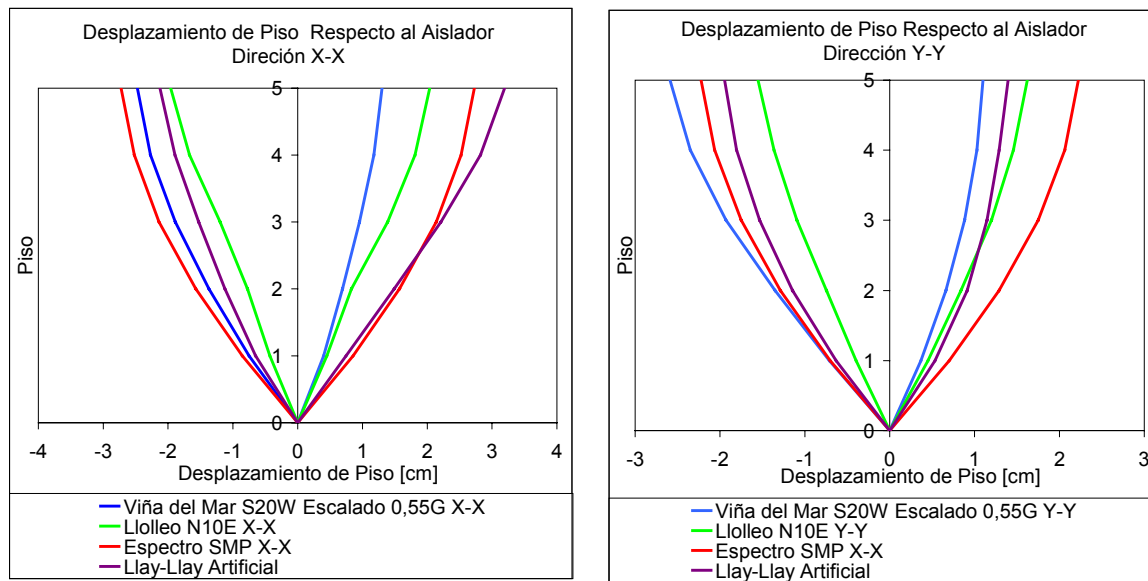


Figura 5-4 Desplazamientos de Piso respecto al aislador.

En la figura 5.4, se observa que los cortes de piso del espectro (SMP), son siempre envolventes de los obtenidos de los registros variando estos entre 500 y 1100[Ton]. Únicamente el espectro artificial de Llay-Llay S10W supera a este corte, a partir del tercer piso, generado por el efecto de no linealidad de los aisladores.

Los cortes altos en los pisos superiores, ante registros compatibles con el espectro de diseño, no son detectados en el análisis modal espectral, debido a que este, no considera el acoplamiento modal por el amortiguamiento, en la respuesta de la estructura. Estos son únicamente detectados en un análisis incremental no lineal.

Los programas comerciales, efectúan el análisis modal espectral, considerando las ecuaciones dinámicas desacopladas, y omitiendo cualquier término fuera de la diagonal de la matriz de amortiguamiento. Esto produce distorsiones en los resultados, especialmente cuando la mayor parte del amortiguamiento global, se concentra en un piso de la estructura.

En la figura 5.5, se observan variaciones en la aceleración, presentando disminuciones y aumentos en la altura, debidas a los modos superiores. Las variaciones no son muy grandes, porque el control de la participación de los modos superiores en la respuesta, es efectuado con un factor alto de aislación de la fase elástica ($I=2.45$) y un alto grado de no linealidad ($NL=21\%$), (capítulo 4, sección 4.0). Nótese que se puede llegar a valores de aceleración de piso de 0,3g.

En la figura 5.6, se dibujan los desplazamientos laterales relativos al suelo de fundación. Nótese que el modelo refleja bien la concentración de desplazamientos laterales en el aislador, quedando efectivamente la estructura aislada. Se esperarían desplazamientos del orden de los treinta centímetros, considerando estos valores en el diseño del aislador y en el detallamiento de los ductos que ingresan al edificio.

En la figura 5.7, se dibujan los desplazamientos laterales relativos a la base del edificio, que esta justo sobre el aislador. En el diseño de los elementos no estructurales interesa

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

conocer el desplazamiento relativo de entrepiso, que además, es el desplazamiento relacionado con los esfuerzos internos en la estructura aislada.

Las envolventes de desplazamientos de piso respecto al suelo y a los aisladores obtenidas de los registros de Viña del Mar S20W escalado a 0,55G, Llolleo N10E y el registro artificial de Llay-Llay S10W, son siempre menores que los valores obtenidos con el espectro de diseño, lo cual ratifica la elección en la determinación de los desplazamientos.

En la tabla 5.39 se obtiene el valor máximo de aceleración de piso. Se observa que las aceleraciones máxima absoluta en la estructura aislada, ante el registro artificial de Llay-Llay componente S10W, es de 3.492 [m/seg²], siendo la aceleración máxima del registro de 5.743 [Mts/seg²]. Los aisladores reducen la aceleración máxima del suelo en 60,80 %. Esto beneficia los equipos, debido a que reduce las fuerzas sobre los sistemas de sujeción impidiendo el daño, siendo fundamental en un Hospital, el mantener un estado operacional después de un gran sismo.

El máximo corte basal, se obtiene del registro artificial de Llay-Llay S10W, siendo de 16,7% de la masa de la estructura, la cual no presenta gran diferencia con el obtenido del espectro (SMP).

Los cortes de piso con el registro artificial, son mayores que los obtenidos del análisis modal espectral con el SMP.

5.2.2.2 Demandas locales de los elementos resistentes.

La figura 5.8 y 5.9 muestran las demandas de carga axial, momento y corte de las columnas, obtenidas con los registros de Viña del Mar componente S20W escalado a 0.55g, Llolleo componente N10E y registro artificial de Llay-Llay S10W.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

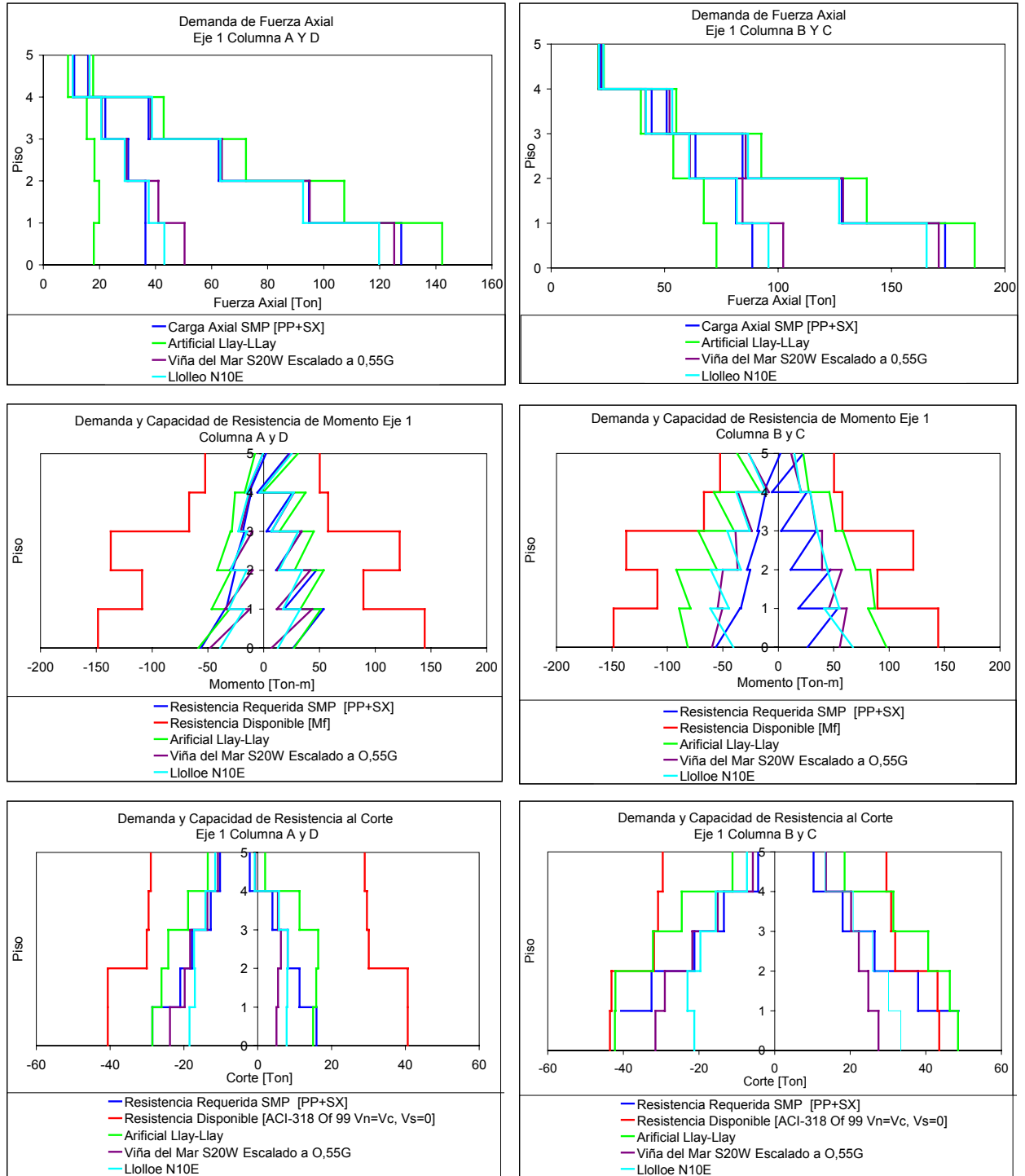


Figura 5-1 Demanda y capacidad de resistencia de carga axial, corte y momento de las columnas, eje N°1.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

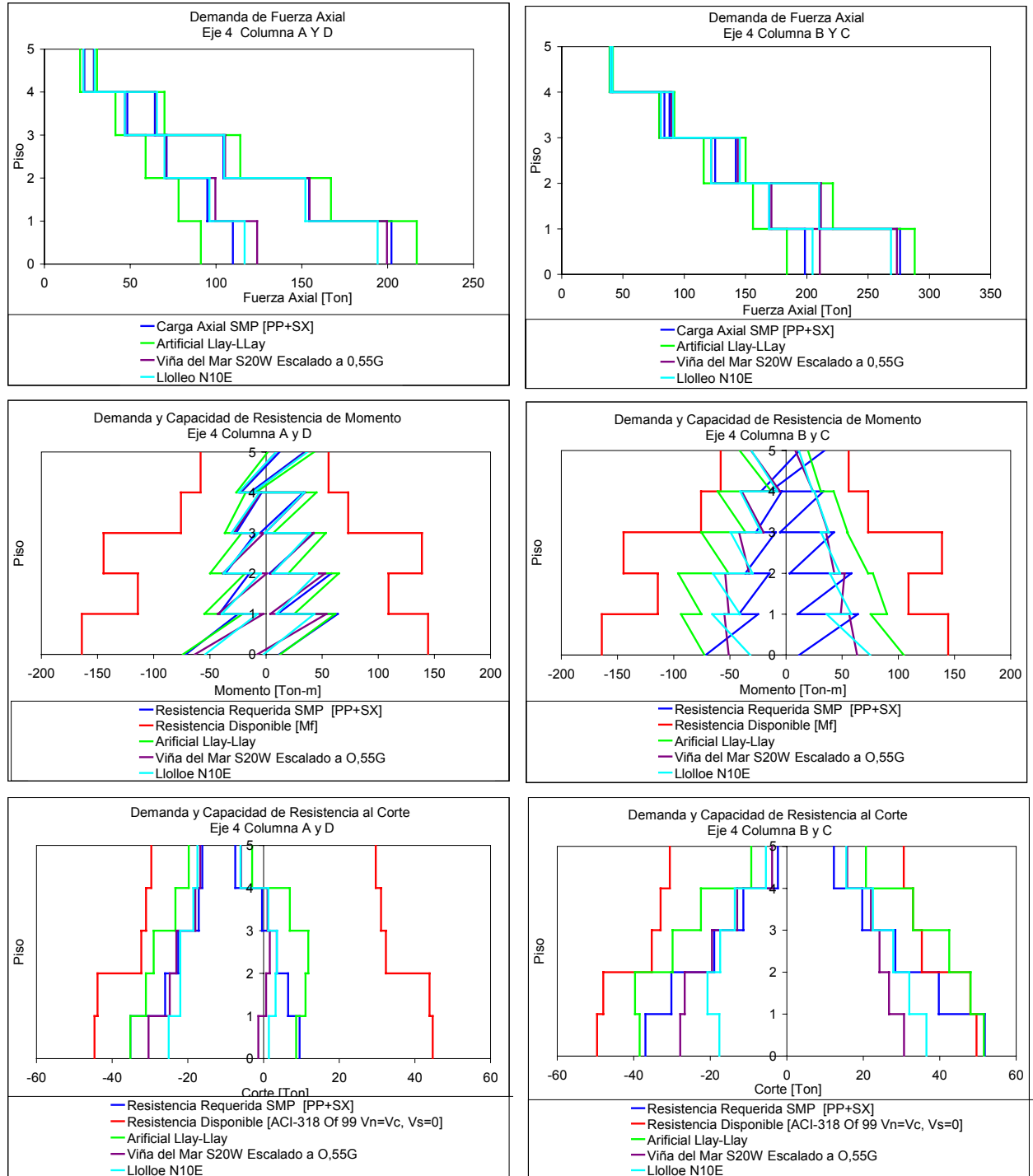


Figura 5-2 Demanda y capacidad de resistencia de carga axial, corte y momento de las columnas, eje N°4.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

En la figura 5.8 y 5.9 se dibujan las máximas demandas de esfuerzos de corte, momento y carga axial que tendrían las columnas, además de las resistencias respectivas.

Se comprueba que en ningún caso se supera la resistencia de corte de las columnas, con los registros aplicados en el análisis de la dirección Y-Y, al contrario, de lo que sucede en la dirección X-X. Lo mismo en el caso de la flexión, alcanzada la resistencia, sólo implica que la columna fluye, no siendo motivo de preocupación ya que, la fluencia no está ligada a una falla, dado que la columna debe tener capacidad de rotar.

Los valores de fuerza obtenidos con los registros de Viña del Mar S20W escalado a 0,55G y de Lolleo N10E, no logran incursionar a las columnas en el rango no lineal de deformaciones ($M_u < M_f$). Además, la demanda de corte es menor que la resistencia de estas columnas.

Las vigas centrales de los ejes cortos de los pisos N°1 al N°3, incursionan en el rango no lineal, debido a que el momento demandado con los registros, es mayor que el momento de fluencia obtenido con las propiedades nominales de la sección.

Las demandas de corte obtenidas con el registro artificial de Llay-Llay S10W, son mayores que la resistencia, produciéndose una falla de corte, de las columnas C2 y C3 centrales de los ejes cortos.

Las demandas de momento con el registro artificial de Llay-Llay S10W de todas las vigas, de los pisos N°1 al N°4, de los ejes N°1 y N°7, son mayores que la capacidad de momento de fluencia ($M_u > m_f$). Para los demás ejes, el momento de fluencia es superado únicamente en las vigas centrales, desde los pisos N°1 al N°4.

La figura muestra la respuesta obtenida de los aisladores con y sin núcleo de plomo, ante los registros de Viña del Mar S20W escalado a 0.55g, Lolleo N10E y el registro artificial de Llay-Llay S10W.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

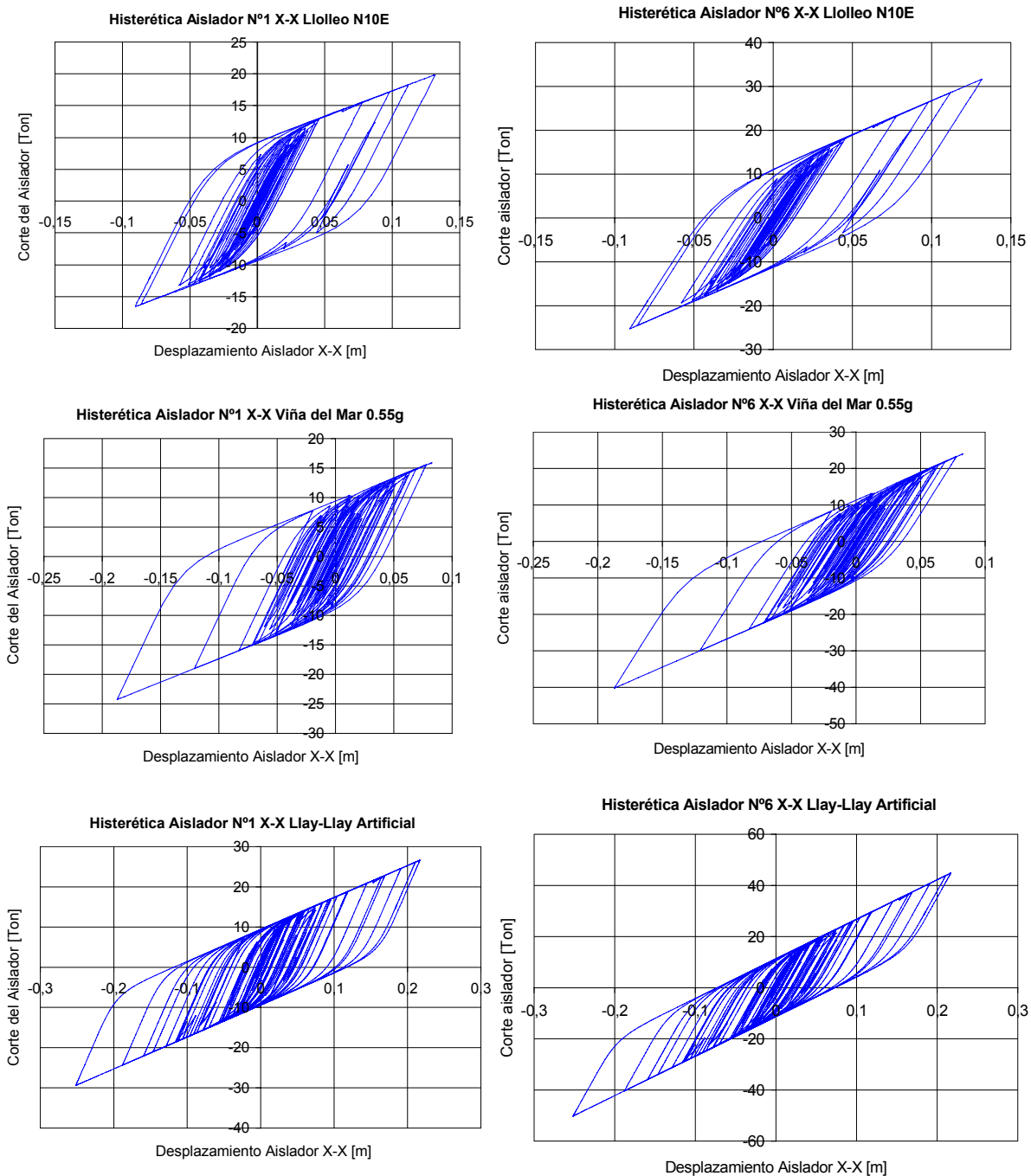


Figura 5-3 Curvas de histéresis, para los aisladores con y sin núcleo de plomo.

Aislador N°1: Aislador elastomérico con núcleo de plomo.

Aislador N°6: Aislador elastomérico.

6 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.

6.1 Aspectos Constructivos

El aislar una estructura existente, requiere además de los aisladores de un cierto número de elementos adicionales que tiene por objeto, otorgar a la estructura las nuevas características dinámicas que se requieren lograr. Los elementos necesarios para aislar a una estructura son los siguientes:

- Aislador Sísmico. En este caso aisladores elastoméricos con y sin núcleo de plomo.
- Pedestales de apoyo para los aisladores (Para el tope de ellos, ya que el pedestal de la base corresponde a la fundación cortada la cual cumple con los requerimientos de diseño).
- Losa y vigas adicionales en el primer piso (La losa en este caso reemplaza al radier, proporcionando el diafragma rígido al sistema aislante).
- Sistema de conexión fundación-aislador-estructura (este sistema debe cumplir ciertas características específicas de diseño y funcionamiento). Este sistema se describe en el capítulo N°4, sección 4.4.
- Sistema de acceso a los aisladores (La función de este sistema es otorgar un fácil acceso a los aisladores para la inspección y posible recambio de los aisladores).
- Se debe cambiar los suministros de redes de agua, electricidad, gas, cable, teléfono, etc por sistemas flexibles en la interface de aislación de manera de asegurar la plena funcionalidad ante un sismo.
- Sistemas de protección.
- Sistema de acceso al edificio.
- Se deben agregar muros de contención alrededor del edificio a aislar, con el objeto de dejar un "gap" o distancia, para que el edificio pueda desplazarse con entera holgura, no permitiendo el impacto lateral con el suelo. Para este caso, es de 80 cm, esta distancia es tomada respecto al extremo del pedestal de apoyo superior en la dirección x e y. La distancia impuesta por condición de diseño es de 27 cm, pero debido a que se debe implementar el sistema en forma practica se deja el valor de 80 cm. (Esta distancia no se puede materializar debido a que adosado a esta, existe otro cuerpo del Hospital).
- Pisos deslizantes especiales de acceso entre el muro de contención y la losa del primer piso.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

6.1.1 Pedestal de apoyo.

El pedestal superior transmite las cargas de la superestructura al aislador. El pedestal inferior entrega la carga que recibe del aislador a la fundación. Este sistema debe permitir la colocación de gatas hidráulicas para colocar el aislador una vez cortada la zapata de fundación. Las dimensiones de este pedestal son de 200 [cm] x 200 [cm] en planta, con una altura de 70 [cm], correspondiente a la altura de la viga.

La condición de diseño del pedestal superior la determina el sistema de colocación de los aisladores, debido a la gran carga axial que se tiene sobre ellos.

6.1.2 Vigas de transmisión y losa del nivel basal.

La función de las vigas junto con la losa, es generar un diafragma rígido sobre los aisladores, de manera que estos elementos trabajen en conjunto y no se produzcan concentraciones de deformación y esfuerzos.

Las vigas se diseñaron para soportar tanto el efecto de peso propio como las fuerzas dinámicas producidas por los sismos. Finalmente para no producir una discontinuidad de rigidez y de resistencia, se optó por mantener el mismo diseño de las vigas actuales del primer piso, ya que, estas satisfacen ampliamente los requerimientos de rigidez y de resistencia.

La losa del piso de aislación tiene las mismas características de la losa del primer piso existente.

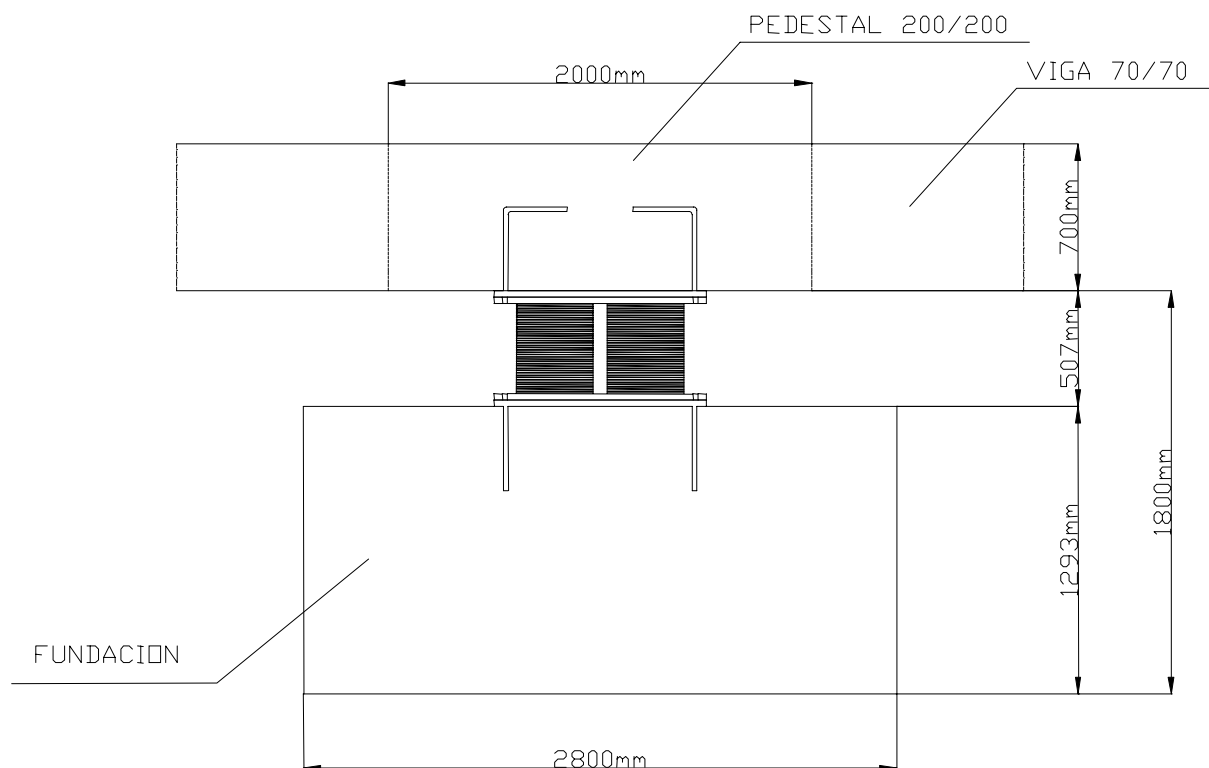


Figura 6-1 Sistema de conexión aislador elastomérico con núcleo de plomo (Aislador perimetral).

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

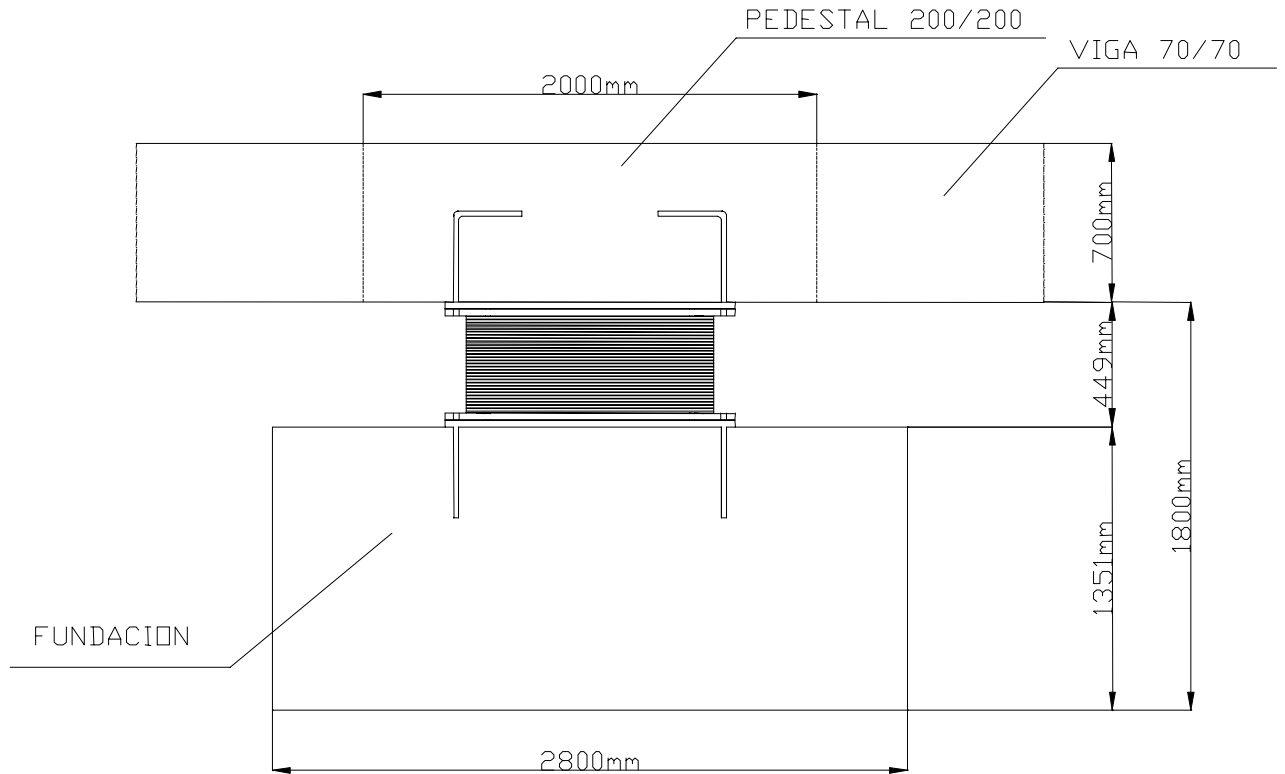


Figura 6-2 Sistema de conexión aislador elástico (Aislador interno).

6.1.3 Instalaciones flexibles.

Las instalaciones en la interface de aislamiento deben ser cambiadas para que sean flexibles. El recambio se debe realizar con mangueras especiales. La longitud flexible debe ser un 20 a 30% mayor de la suma de la distancia entre los extremos de la conexión y el desplazamiento máximo del aislador. La unión de la manguera flexible y la cañería rígida, se diseña para soportar las máximas presiones hidráulicas del sistema, cuya sujeción se realiza mediante un número suficiente de abrazaderas.

Los extremos del sistema rígido de todos los ductos que se unen a sus respectivas partes flexibles, deberán quedar fijas al edificio y al suelo, evitándose así, que traspasen deformaciones a la red, lo que podría provocar daños a esta.

6.1.4 Sistema de protección.

El acceso al sistema aislante debe estar limitado a personal autorizado.

El sistema de protección debe impedir que los aisladores sean afectados por condiciones medioambientales, tales como, radiación solar, ozono, incendios y por animales como roedores e insectos. Se debe cubrir el espacio entre los muros de contención y la estructura aislada con material adecuado, que permita el desplazamiento de los aisladores.

7 CONCLUSIONES.

El sistema de aislación propuesto permite efectivamente disminuir la demanda de deformación global sobre la estructura, concentrándola casi completamente en el aislador, disminuyendo las demandas internas en las columnas y las vigas del marco del Hospital, respecto a la situación actual.

Se escogió un periodo de aislación de $T=2.5$ seg. y un aislador con un amortiguamiento de un 15% respecto al amortiguamiento. Un aumento del periodo y del amortiguamiento en el aislador no disminuyen significativamente la respuesta de la estructura, siendo necesario reforzar las columnas de los dos primeros pisos de todas maneras. Un aumento del amortiguamiento hace más significativa la participación de los modos superiores, sobrepasándose la resistencia de los elementos de los pisos superiores.

En los resultados del análisis no lineal con el registro Artificial derivado a partir del registro de Llay-Llay S10W, se observa la importancia de considerar la participación de los modos superiores. Ante este registro sería necesario reforzar todas las columnas centrales hasta el cuarto piso. Las vigas centrales de los ejes cortos desde el primer hasta el cuarto piso se deben reforzar de manera de aumentar su capacidad de flexión, para momento positivo.

Un análisis espectral modal con la estructura aislada respondiendo linealmente, no detecta este tipo de demandas a nivel de elemento, siendo recomendable verificar la respuesta con un análisis dinámico no lineal.

Se puede utilizar este tipo de solución para reforzar la estructura, pero se debe reforzar desde el primer hasta el cuarto piso, tanto al corte como a la flexión, a través de encamisado de las columnas y refuerzo de flexión de las vigas.

8 REFERENCIAS

1. Araya, M. "Desarrollo y Fabricación de Aisladores Sísmicos para Edificio Habitacional.". Chile, 1994, Memoria de Título, para optar al título de Ingeniero Civil. Profesor guía: Sra. María Ofelia Moroni. Universidad de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil
2. Becerra, C. "Aislación basal en un Edificio para vivienda Social.". Chile, 1998, Memoria de Título, para optar al título de Ingeniero Civil. Profesor guía: Sr. Peter Dechent A. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil
3. Bonelli, P, 2001; Estudio de Refuerzo de Columnas del Cuerpo I1 del Hospital "Dr. Juan Noé Crevani" de Arica, Santiago, Chile.
4. Bonelli P., Boroschek R., "Reinforced concrete structural walls as solution to retrofit a R/C frame"Performance-Based Seismic Design Concepts and Implementation". Proceedings of an International Workshop. Bled, Slovenia. June 28-July 1, 2004. PEER Report 2004/05 Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, September 2004.
5. Cabilan, C. "Fundamentos de Aislación Basal.". Chile, 1997, Memoria de Título, para optar al título de Ingeniero Civil. Profesor guía: Sr. Peter Dechent A. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil
6. Castro, L. "Espectro de Respuestas Representativos de los terremotos de Chile 1981,1985 y 1987 diferenciados por tipo de suelo.". Chile, 2001, Memoria de Título, para optar al título de Ingeniero Civil. Profesor guía: Sr. Arturo Arias. Universidad de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil
7. Comisión de Diseño Estructural en Hormigón Armado y Albañilería, 2000; Código de Diseño de Hormigón Armado basado en el ACI318-99. Cámara Chilena de la Construcción- Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón- Corporación de investigación de la Construcción, Santiago, Chile.
8. Computers and Structures, Inc, 2001; SAP2000 Integrated Finite Elements Analysis and Design of Structures, Berkeley, California, U.S.A.
9. Fundación para la transferencia Tecnológica, 2000; Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital "Dr. Juan Noé Crevani" de Arica, Santiago, Chile.
10. Garrido, J. "Proposición para el Diseño Sísmico de Edificios Aislados en la Base.". Chile, 2001, Memoria de Título, para optar al título de Ingeniero Civil. Profesor guía: Sr. Mauricio Sarrazin Arellano. Universidad de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil
11. Hanson R., Soong T., 2001; "Seismic Design with Supplement Energy Dissipation Devices". Editorial EERI, MNO-8.

REHABILITACION DEL HOSPITAL "DR. JUAN NOE CREVANI" MEDIANTE AISLACION BASAL

12. Instituto Nacional de Normalización (INN) 1986, "Nch 1537 Of 1986 Diseño Estructural de edificios. Cargas permanentes y Sobrecargas de Uso". Santiago Chile.
13. Instituto Nacional de Normalización (INN) 1996, "Nch 433 Of 96 Diseño Sismico de Edificios". Santiago Chile.
14. Instituto Nacional de Normalización (INN) 2003, "Nch 2745 Of 2003 Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica". Santiago, Chile.
15. Kelly, J;1993 "Earthquake Resistant Design With Rubber". Publicación SES/EXT 01/94. Santiago de Chile, 1993. Universidad de Chile. Facultas de ciencias físicas y matemáticas. Departamento de ingeniería civil.
16. Levy, S and Wilkinson J., "Generation of artificial time histories, rich in all frequencies, from gives response spectra", Paper F2/5, Third International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, London, UK, 1-5 Septiembre 1975
17. Park.R, Paulay, T, 1999; "Estructuras de Concreto Reforzado". Editorial Limusa, décima reimpresión.
18. Riveros, P. "Análisis de Registros Sísmicos Horizontales obtenidos de un Edificio Aislado.". Chile, 1998, Memoria de Título, para optar al título de Ingeniero Civil. Profesor guía: Sra. María Ofelia Moroni. Universidad de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil.
19. Skinner R., Robinson W., McVerry G.,1993; "Seismic Isolation". Editorial John wiley & sons.
20. Wilson, E. L. "A New Method of Dynamic Analysis for Lineal and Non-Linear Systems". Finite elements in Analysis and Design, Vol, 1, pp.21-23