

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“DISEÑO DE PUENTE NO CONVENCIONAL: ESTRUCTURA
RETICULADA HÍBRIDA DE ALTURA VARIABLE
CONSTRUIDA POR VOLADIZOS SUCEIVOS”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

JEFFREY PAUL SALAZAR CELINO

ID:0000-0002-1758-962X

ASESOR

Ing. LUIS VILLENA SOTOMAYOR

ID:0009-0004-9559-5621

LIMA- PERÚ

2025

©2025, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos”.**

Jeffrey Paul Salazar Celino

Jeffrey.salazar.c@uni.pe

+51 945 218 427

ÍNDICE

Resumen	6
Abstract.....	7
Prólogo.....	8
Lista de tablas	9
Lista de figuras.....	12
Lista de símbolos y siglas	22
Capítulo I: Introducción.....	25
1.1. Definición de puentes no convencionales, híbridos	25
1.1.1 Descripción general	25
1.1.2 Experiencias globales	26
1.1.3 Experiencias nacionales	30
1.2. Tipología de estudio.....	32
1.3. Objetivos	33
1.3.1. Objetivo principal	33
1.3.2. Objetivos específicos.....	33
1.4. Alcances.....	33
Capítulo II: Fundamento Teórico	35
2.1 Generalidades.....	35
2.1.1 Análisis conceptual	35
2.1.2 Criterios de dimensionamiento preliminar	35
2.1.3 Secuencia constructiva del postensado de la losa y aparición de efectos diferidos	36
2.1.4 Experiencias en el puente Jiangjiego	39
2.2.2 Experiencia en el puente Tianzhishan	42
Capítulo III: Modelamiento del proceso constructivo	46
3.1 Descripción general del proceso constructivo.....	46
3.2 Modelamiento de condiciones de apoyo del puente	50
3.3 Modelamiento de columnas y pilares	53
3.3.1 Modelamiento de pilar intermedio de acceso.....	53
3.3.2 Modelamiento de pilar de arranque.....	55
3.4 Modelamiento del tablero del acceso	56

3.5 Modelamiento secuencia triangulada #1 en voladizo	58
3.5.1 Modelamiento de arco y diagonal.....	58
3.5.2 Modelamiento de montante	59
3.5.3. Modelamiento de primer paño de tablero en voladizo	60
3.5.3 Modelamiento de primera familia de postensado	62
3.6 Modelamiento secuencia triangulada #2 en voladizo	64
3.6.1 Modelamiento de arco y diagonal.....	64
3.6.2 Modelamiento de montante	64
3.6.3 Modelamiento de segundo paño de tablero en voladizo	65
3.6.4 Modelamiento de segunda familia de postensado.....	66
3.7 Modelamiento secuencia triangulada #3 en voladizo	68
3.8 Modelamiento secuencia triangulada #4 en voladizo	69
3.9 Modelamiento secuencia triangulada #5 en voladizo	70
3.10 Modelamiento secuencia triangulada #6 en voladizo	72
3.11 Modelamiento de cierre de brida inferior	73
3.13 Modelamiento de tablero en tramo central.....	74
Capítulo IV: Comportamiento de los materiales	77
4.1 Construcción de curva característica del creep	77
4.2 Construcción de la curva característica del Shrinkage	81
4.3. Modelos simples para explicar los efectos diferidos.....	83
4.3.1 Modelo de verificación de los efectos en el desplazamiento.....	83
4.3.2 Modelo de verificación de los efectos en el giro	100
Capítulo V: Consideraciones para el análisis estructural.....	100
5.1 Introducción.....	116
5.2 Cargas.....	116
5.2.1 Cargas permanentes DC.....	116
5.2.1.1 Peso propio y cargas muertas.....	116
5.2.1.2 Acciones reológicas.....	117
5.2.2 Cargas variables II	117
5.2.2.1 Carga viva de diseño	117
5.2.2.2 Variaciones de temperatura	120
5.2.2.3 Sobrecarga de construcción para el proceso constructivo	120
5.2.2.4 Sobrecarga de construcción procedente de grúa.....	120
5.2.3 Carga sísmica	121

5.2.3.1 Sismo horizontal	121
5.2.3.3 Sismo vertical.....	125
5.2.4 Cargas de viento.....	125
5.3 Combinaciones de carga	129
5.4 Modelamiento estructural	130
5.4.1 Descripción de modelos matemáticos.....	130
5.4.1.1 Modelo etapa 1	130
5.4.1.2 Modelo etapa 2	131
5.5 propiedades de los elementos.....	131
5.5.1 tablero de concreto postensado	132
5.5.2 Pilares en accesos.....	132
5.5.3. Pilares en arranques.....	133
5.5.4. Viga cabezal.....	133
5.5.5. Montantes	133
5.5.6. Diagonales	134
5.5.7. Vigas riostras	135
5.5.8. Arcos	136
5.6. Masa del sistema	136
5.7. Resultados del análisis estructural	136
5.7.1. Vibraciones de la estructura	137
5.7.2. Desplazamientos por efectos sísmicos	138
Capítulo VI: Diseño de elementos metálicos.....	139
6.1 Verificaciones en servicio	139
6.2 Verificaciones en estado último.....	140
6.2.1 Capacidad nominal a compresión	140
6.2.2 Elementos esbeltos y no esbeltos	143
6.2.3 Capacidad a la flexión	146
6.2.3.1 Resistencia al pandeo lateral torsional.....	146
6.2.3.2 Resistencia a la fluencia.....	147
6.2.3.3 Resistencia por pandeo local de ala	147
6.2.3.4 Resistencia por pandeo local del alma.....	149
6.2.4 Consideraciones para arcos de alma maciza	149
6.2.4.1 Esbeltez del alma.....	149
6.2.4.2 Estabilidad de las alas	150
6.2.4 Acción simultánea de flexión y tensión	150

6.2.5 Acción simultánea de flexión y compresión	151
6.3 Diseño de brida inferior (arco principal)	152
6.3.1 Verificación del arco metálico en servicio	154
6.3.2 Verificación del arco metálico en resistencia	154
6.3.3 Verificación del arco metálico en evento extremo etapa de arco cerrado	156
6.4. Verificación del arco metálico en evento extremo etapa de máximo voladizo	160
Capítulo VII: Diseño de elementos de concreto.....	163
7.1. Diseño de tablero postensado	163
7.1.1. Verificación de tablero en servicio	163
7.1.1.1. Verificación de secciones postensadas	163
7.1.2. Verificación de tablero en resistencia.....	165
7.1.2.1. Verificación en flexo compresión-tracción del tramo central del tablero	165
7.1.2.2. Verificación en flexo compresión-tracción del tablero fuera de la zona central	169
7.1.2.3. Cortante de tablero en acceso izquierdo	186
7.1.2.4. Cortante de tablero en acceso derecho	187
7.1.2.5. Cortante de tablero postensado sobre arco	189
7.1.2.6. Cortante en tramo central	192
7.1.3. Verificación del tablero en evento extremo	196
7.1.3.1. Evento extremo por sismo longitudinal	196
7.1.3.2. Evento extremo por sismo transversal	213
7.1.3.3. Evento extremo por sismo transversal en etapa de máximo voladizo durante el proceso constructivo	215
7.2. Diseño de conexiones.....	219
7.3. Diseño de dispositivo sísmico tipo pin en junta de contracción.....	234
7.3.1. Descripción	234
7.3.2. Resultados del análisis	235
7.3.3. Diseño del pin sísmico.....	235
Capítulo VIII: Análisis económico.....	237
8.1 Generalidades.....	237
8.2. Presupuesto reticulado de altura variable construido por voladizos sucesivos..	238

8.3 Comparación de presupuestos de diversos proyectos	240
Conclusiones.....	242
Recomendaciones	243
Referencias bibliográficas	244
Anexos	245

RESUMEN

Los puentes reticulados híbridos son estructuras no convencionales de uso poco común a nivel global cuyo diseño no está cubierto por las normas actuales. En el Perú se han aplicado en algunos lugares, pero aún predominan estructuras convencionales, aun cuando su costo es mayor en comparación con los no convencionales.

La presente tesis aplica a este tipo de puentes, la tecnología constructiva de los voladizos sucesivos y propone su aplicación en los suelos rocosos del Perú en zonas de selva de baja sismicidad.

En el presente estudio se modelan, analizan y diseñan los elementos de un puente reticulado híbrido considerando su construcción desde dos frentes empleando grúas ligeras. La brida inferior es una sección cajón de acero, la brida superior es el tablero de concreto postensado, las montantes y diagonales tubos de acero, mientras las uniones son de tipo híbrido.

Se describe los criterios empleados en el modelamiento de las etapas constructivas para las condiciones de apoyos, nudos y elementos. Además, se profundiza en el comportamiento del concreto a largo plazo debido a las acciones de fluencia (creep) y contracción (shrinkage) en la brida superior.

Se exponen las acciones actuantes en la estructura en cada etapa del proceso constructivo presentando los resultados del análisis estructural, luego se realiza el diseño de los elementos metálicos y de concreto.

Finalmente, se realiza la cuantificación de los materiales y una estimación de los costos del puente, y se compara con puentes realizados en el Perú de acuerdo a su costo por metro lineal.

Palabras clave - híbrido, no convencional, efectos diferidos, carga sostenida.

ABSTRACT

Hybrid truss bridges are unconventional structures rarely used worldwide, whose design is not covered by current standards. In Peru, they have been used in some locations, but conventional structures still predominate, despite their higher cost compared to unconventional ones.

This thesis applies successive cantilever construction technology to this type of bridge and proposes its application in rocky soils of the Peruvian rainforest with low seismic activity.

This study models, analyzes, and designs the elements of a hybrid truss bridge, considering its double-sided construction using lightweight cranes. The lower flange is a steel box, the upper flange is a post-tensioned concrete deck, the uprights and diagonals are steel tubes, and the joints are hybrid.

The criteria used in modeling the construction stages for the conditions of supports, nodes, and elements are described. In addition, the long-term behavior of concrete due to creep and shrinkage in the upper flange is explored in depth.

The structural actions affecting the structure at each stage of the construction process are presented, followed by the design of the steel and concrete elements. Finally, the materials are quantified and the bridge's costs are estimated, comparing it with bridges built in Peru based on their cost per linear meter.

Keywords - hybrid, unconventional, delayed effects, sustained load.

PRÓLOGO

En el vasto horizonte de la ingeniería civil, los puentes han sido durante siglos un símbolo de unión y progreso. Su diseño, construcción y mantenimiento son un reflejo de la capacidad de la humanidad para superar obstáculos naturales y conectarse con eficiencia. En el siglo XXI, la creciente necesidad de movilidad y la búsqueda de soluciones sostenibles han dado lugar a una revolución en la ingeniería de puentes, y los puentes híbridos se destacan como un hito en esta evolución. Decidí realizar la presente tesis porque se sumerge en el apasionante mundo de los puentes híbridos, una clase de estructuras que combina elementos de diferentes materiales y tecnologías para lograr un equilibrio entre la eficiencia estructural, la durabilidad y la sostenibilidad.

En la presente tesis se abordan temas que muestran que el empleo de estas nuevas tecnologías permitirá solucionar problemas de conectividad vial con innovación, se examinan casos de estudio, se analizan datos de rendimiento y exploran los aspectos económicos de los puentes híbridos. Además, se presentan perspectivas sobre las tendencias futuras en esta área, destacando su potencial para contribuir a la infraestructura sostenible y resiliente de las sociedades modernas. Con la presente investigación se busca un aporte al país difundiendo esta tipología estructural poco usada en América Latina abordando los aspectos estructurales que encierran su desempeño.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Definición de cargas de postensado y extensión de familias de tesado.....	37
Tabla 2: Parámetros de la sección para elaboración de curvas por efecto diferido.	78
Tabla 3: Evolución de la deformación unitaria por efecto del creep.	79
Tabla 4: Evolución de la deformación unitaria por efecto del Shrinkage.....	82
Tabla 5: Cuadro de deformaciones SAP 2000	88
Tabla 6: Cuadro de factores SAP 2000.....	88
Tabla 7: Cuadro de factores calculo analítico	88
Tabla 8: Cuadro de rotaciones	105
Tabla 9: Factor de creep SAP 2000	105
Tabla 10: Calculo giros.....	105
Tabla 11: Periodos (s) vs Aceleraciones espectrales (/g)	123
Tabla 12: Categoría sísmica de diseño	125
Tabla 13: Valores de V0 y Z0 para varias condiciones de superficie aguas arriba.	126
Tabla 14: Presión base PB, correspondiente a VB=100mph.	128
Tabla 15: Factores de amplificación de cargas 1.	130
Tabla 16: Factores de amplificación de cargas 2.	130
Tabla 17: modos de vibración del puente.....	137
Tabla 18: Hoja de ruta para la determinación de la resistencia nominal a la compresión.	141
Tabla 19: Tabla para la determinación de coeficientes de pandeo de planchas.	144
Tabla 20: Esbeltez de planchas de los arcos.	149
Tabla 21: Resumen de propiedades de las secciones del arco principal.	154
Tabla 22: Resumen de esfuerzos del arco principal.	154
Tabla 23: Resumen de propiedades de la sección transversal.	164
Tabla 24: Resumen de esfuerzos obtenidos en las fibras de la sección transversal del tablero tramo 1 al tramo 6.	164
Tabla 25: Resumen de esfuerzos obtenidos en las fibras de la sección transversal del tablero en el acceso izquierdo.	164
Tabla 26: Resumen de esfuerzos obtenidos en las fibras de la sección transversal del tablero en el acceso derecho.	164
Tabla 27: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga exterior en el tramo central en el estado límite de Resistencia. Unidades están en t.m.....	166
Tabla 28: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga interior en el tramo central en el estado límite de Resistencia.	168
Tabla 29: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al acceso izquierdo.....	170

Tabla 30: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al acceso derecho.	173
Tabla 31: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado sobre el arco para $\Delta T > 0$	176
Tabla 32: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado sobre el arco para $\Delta T < 0$	181
Tabla 33. Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado en el acceso izquierdo en evento extremo debido a la ocurrencia sísmica en la dirección longitudinal del puente.....	197
Tabla 34: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado en el acceso derecho en evento extremo debido a la ocurrencia sísmica en la dirección longitudinal del puente.....	198
Tabla 35: Resumen 1 de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga exterior en el tramo central en el estado límite de evento extremo.	200
Tabla 36: Resumen 2 de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga exterior en el tramo central en el estado límite de evento extremo.	200
Tabla 37: Resumen 1 de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga interior en el tramo central en el estado límite de evento extremo.	201
Tabla 38: Resumen 2 de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga interior en el tramo central en el estado limite de evento extremo.	201
Tabla 39: Resumen de fuerzas obtenidas en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado sobre el arco en evento extremo debido a la ocurrencia sísmica (caso máximo) en la dirección longitudinal del puente.....	203
Tabla 40: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado sobre el arco en evento extremo debido a la ocurrencia sísmica (caso mínimo) en la dirección longitudinal del puente.....	208
Tabla 41: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado en los accesos en evento extremo debido a la ocurrencia sísmica en la dirección transversal del puente.	213
Tabla 42: Esfuerzos en los accesos debido a la ocurrencia sísmica.	215

Tabla 43: Esfuerzos en los accesos debido a la ocurrencia sísmica con la consideración de cables.....	217
Tabla 44: Resultados de cargas permanentes transmitidas por los nudos	221
Tabla 45: Resultados de las fuerzas transmitidas por los nudos de interés	223
Tabla 46: Factores para el cálculo de la resistencia al corte en la interface	225
Tabla 47: Factores de resistencia para elementos de acero	226
Tabla 48: Factores de resistencia para elementos de concreto	227
Tabla 49: Cuadro de diseño de acero pasivo para los nudos híbridos.....	231
Tabla 50: Cuadro de diseño de acero activo para los nudos híbridos.....	231
Tabla 51: patrones que influyen en los presupuestos en puentes en el Perú. Alto (1), Intermedio (2), Bajo (3)	237
Tabla 52: Costo por metro lineal de puentes peruanos (no incluye accesos)	241

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Reticulados convencionales.....	26
Figura 2: Reticulados híbrido.....	26
Figura 3: Reticulados híbridos en Europa	27
Figura 4: Reticulados híbridos en Japón	29
Figura 5: Viaducto Ganhaizi (China)	29
Figura 6: Viaducto sobre el río Ulla (España).....	30
Figura 7: Puente el Silencio (Eje multimodal Amazonas Norte, Tramo 4 Olmos – Corral Quemado, Lambayeque)	30
Figura 8: Puente el Abejal (Tramo Piura – Guayaquil, Tumbes)	31
Figura 9: Puente Río Colorado (Carretera La Merced – Satipo)	31
Figura 10: Puente reticulado de altura variable.....	33
Figura 11: Esquema en elevación del proceso constructivo	33
Figura 12: Puente segmental de concreto construido en voladizos sucesivos.....	36
Figura 13: Vista en elevación de primera etapa de tensado	37
Figura 14: Sección transversal de tablero y vista de familia de tendones	38
Figura 15: Vista en elevación de segunda etapa de tensado.....	38
Figura 16: Sección transversal de tablero y vista de familia de tendones excepto T5	38
Figura 17: Vista en elevación de última etapa de tensado	39
Figura 18: Sección transversal de tablero y vista de familia de tendones 1.1	39
Figura 19: Fotografía de la elevación del puente Jiangjiego, China.....	40
Figura 20: Fotografía en perspectiva del puente Jiangjiego, China	40
Figura 21: Elevación del reticulado y anclaje a macizos rocosos.....	40
Figura 22: Ubicación de las juntas de dilatación y contracción del tablero	41
Figura 23: Junta de dilatación que incluye llave de cortante para efectos sísmicos	41
Figura 24: Vista de accesos al puente Jiangjiego, China.....	41
Figura 25: Fotografía en perspectiva puente Tianzhishan, China	42
Figura 26: Ubicación de juntas de expansión y contracción en el tablero.....	42
Figura 27: Vista del proceso constructivo, nótese el empleo de una grúa por frente de construcción.....	43
Figura 28: Tubos metálicos empleados en el arco principal del puente Tianzhishan.....	44
Figura 29: Tubos metálicos montados en el arco principal del puente Tianzhishan	44
Figura 30: Etapas de montaje y construcción del puente Tianzhishan, China	45
Figura 31: Etapas de voladizos del puente Tianzhishan, China.....	45
Figura 32: Excavación y vaciado de cimentaciones	46
Figura 33: Contrucción de primer tramo adyacente a accesos	47
Figura 34: Montaje de primer módulo del arco metálico	47
Figura 35: Montaje de primera diagonal formando un sistema equilibrado con el arco ...	47
Figura 36: Colocación de primera montante y cortavientos	48

Figura 37: Montaje de encofrados móviles para el vaciado de la losa	48
Figura 38: vaciado de la losa y postensado de la primera familia de cables	49
Figura 39: Desmontaje de encofrado móvil.....	49
Figura 40: Finalización del proceso constructivo en voladizo.....	49
Figura 41: Montaje de modulo central del arco metálico	50
Figura 42: Colocación del tablero central.....	50
Figura 43: Estructuras de apoyo del puente.....	51
Figura 44: Vista lateral conexión Brida Superior-Anclaje en roca	51
Figura 45: Vista frontal Brida Superior-Anclaje en roca	51
Figura 46: Corte en la sección de anclaje	51
Figura 47: Representación de las condiciones de apoyo en el modelo matemático	52
Figura 48: Anclaje en roca empleado en Puente Yanango	52
Figura 49: Vista frontal de mecanismo de anclaje en roca.....	52
Figura 50: Vista general de ubicación de pilares intermedios	53
Figura 51: Vista frontal del pilar intermedio	53
Figura 52: Secciones transversales de pilar intermedio.....	54
Figura 53: Vista transversal vinculación entre pilar central y tablero.....	54
Figura 54: Vista longitudinal vinculación entre pilar intermedio y tablero	54
Figura 55: Modelo del pilar central empotrada en la base y con vinculo articulado en el sentido longitudinal	55
Figura 56: Vista general de ubicación de pilares de arranque	55
Figura 57: Elevación (izquierda) y vista frontal (derecha) de pilares de arranque.....	56
Figura 58: Modelo de pilar de arranque del puente.....	56
Figura 59: Modelo de tirante para balancear voladizos sucesivos	57
Figura 60: Sección transversal de tablero (Brida superior del reticulado de altura variable)	57
Figura 61: Propiedades de la sección transversal. Unidades (S.I)	58
Figura 62: Configuración estructural de secuencia triangulada.....	58
Figura 63: Modelamiento de la secuencia triangulada Nro 1.	59
Figura 64: Resultado de cargas axiales al culminar la primera secuencia triangulada	59
Figura 65: Montaje de la primera montante.....	60
Figura 66: Resultados de las cargas axiales al actuar el peso de primera montante.....	60
Figura 67: encofrado del primer tramo de losa.....	61
Figura 68: vaciado del primer tramo de losa	61
Figura 69: Modelo de Primera montante y primer tramo de losa.	61
Figura 70: Resultados de las cargas axiales al actuar el peso de la losa y el sistema de encofrado	62
Figura 71: Modelamiento de familia 1 de tendones.....	63

Figura 72: Resultados de las cargas axiales al realizar el postensado y retirar el encofrado	63
Figura 73: Resultados de los momentos flectores al realizar el postensado y retirar el encofrado	63
Figura 74: Modelamiento de secuencia triangulada #2.....	64
Figura 75: Modelamiento de segunda montante y segundo tramo de losa	64
Figura 76: encofrado del segundo tramo de losa	65
Figura 77: Vaciado del segundo tramo de losa	65
Figura 78: Modelo de segunda montante y segundo tramo de losa.....	66
Figura 79: Resultados de las cargas axiales al actuar el peso de la losa y el sistema de encofrado	66
Figura 80: Modelamiento de familia 2 de tendones.....	67
Figura 81: Resultados de las cargas axiales al realizar el postensado y retirar el encofrado	67
Figura 82: Resultados de momentos flectores al realizar el postensado y retirar el encofrado	68
Figura 83: Modelamiento de voladizo #3.....	68
Figura 84: Modelamiento de familia 3 de tendones.....	68
Figura 85: Resultados de cargas axiales en voladizo 3	69
Figura 86: Resultados de momentos flectores en voladizo 3	69
Figura 87: Modelamiento de voladizo #4.....	69
Figura 88: Modelamiento de familia 4 de tendones.....	70
Figura 89: Resultados de cargas axiales en voladizo 4	70
Figura 90: Resultados de momentos flectores en voladizo 4	70
Figura 91: Modelamiento de voladizo #5.....	71
Figura 92: Modelamiento de familia 5 de tendones.....	71
Figura 93: Resultados de cargas axiales en voladizo 5	71
Figura 94: Resultados de momentos flectores en voladizo 5	72
Figura 95: Modelamiento de voladizo #6.....	72
Figura 96: Modelamiento de familia 6 de tendones.....	72
Figura 97: Resultados de cargas axiales en voladizo 6	73
Figura 98: Resultados de momentos flectores en voladizo 6	73
Figura 99: Modelamiento de cierre de brida inferior	73
Figura 100: Resultados de cargas axiales en cierre de brida.....	73
Figura 101: Ubicación de tramo de tablero central.....	74
Figura 102: Sección transversal de tablero central	74
Figura 103: Vista en elevación de tramo central	75
Figura 104: Vista en elevación del modelamiento de tramo central	75
Figura 105: Vista en elevación extruida de modelo matemático de tramo central	75

Figura 106: Resultados de cargas axiales en etapa de tablero completo	76
Figura 107: sección transversal de tablero del puente	78
Figura 108: sección transversal de tablero del puente en zona de diafragma	78
Figura 109: Grafico de comportamiento por Creep del concreto en el tiempo	81
Figura 110: Grafico de comportamiento por Shrinkage del concreto en el tiempo.....	83
Figura 111: Sección transversal de modelo simplificado	84
Figura 112: Propiedades del material	84
Figura 113: Input de datos de creep en el programa SAP2000	85
Figura 114: Input de datos de shrinkage en el programa SAP2000	85
Figura 115: Modelo de columna simple en el programa SAP2000	85
Figura 116: Modelo de columna con cable postensado en el programa SAP2000	86
Figura 117: Secuencia constructiva de la columna especificada en el programa SAP2000.....	86
Figura 118: Deformación elástica instantánea.	87
Figura 119: Evolución de la deformación al transcurrir 20 días.....	87
Figura 120: Evolución de la deformación al transcurrir 10554 días.....	87
Figura 121: Restricción al desplazamiento.....	89
Figura 122: Recomendaciones de análisis del manual de usuario del programa SAP2000 (COMPUTERS AND STRUCTURES, 2016).....	90
Figura 123: Etapas constructivas para verificación de efecto de la restricción.	91
Figura 124: Etapa de colocación de restricción.....	91
Figura 125: Séptima etapa de 1000 días y etapa final de análisis	92
Figura 126: Compresión a los 0 días	92
Figura 127: Compresión a los 10 días	92
Figura 128: Compresión a los 20 días	93
Figura 129: Compresión a los 102 días	93
Figura 130: Compresión a los 1412 días.....	93
Figura 131: Compresión a los 10412 días.....	93
Figura 132: Determinación de fuerzas en cada etapa por efectos del creep.	94
Figura 133: Sección transversal asignada al modelo simple.....	101
Figura 134: Material signado a la viga.	101
Figura 135: Curva de evolución del coeficiente de creep.....	102
Figura 136: Curva de evolución de la deformación unitaria por shrinkage.....	102
Figura 137: Viga simplemente apoyada empleada para el cálculo.	102
Figura 138: carga distribuida empleada para efectos de cálculo.	103
Figura 139: Giro elástico producido por la carga distribuida.	103
Figura 140: Secuencia constructiva de la viga especificada en el programa SAP2000.	103
Figura 141: Giro elástico en el día 0.	104
Figura 142: Evaluación del giro elástico día 20.	104

Figura 143: Evaluación del giro elástico día 10554.	104
Figura 144: Restricciones al giro de la viga.	106
Figura 145: Secuencia constructiva de la viga especificada en el programa SAP2000.	107
Figura 146: Restricciones al giro en la secuencia constructiva.	107
Figura 147: Última etapa de la secuencia constructiva.	108
Figura 148: Evolución de los momentos flectores 0 días.	108
Figura 149: Evolución de los momentos flectores 10 días.	108
Figura 150: Evolución de momentos flectores 20 días.	109
Figura 151: Evolución de momentos flectores 1422 días.	109
Figura 152: Evolución de momentos flectores 10422 días.	109
Figura 153: Compatibilidad de deformaciones para el cálculo de momentos flectores.	110
Figura 154: El peso propio considera los elementos dibujado en el programa de cálculo: etapa de voladizo (arriba) y etapa de arco completo (abajo).	117
Figura 155: Input de cargas muertas de barrera y asfalto en el tablero del puente.	117
Figura 156: Definición de carriles de diseño.	117
Figura 157: Definición de carga HL93.	118
Figura 158: Definición de carga HL93K.	118
Figura 159: Definición de carga HL93M.	119
Figura 160: Definición de carga HL93S.	119
Figura 161: Definición de gradiente térmico.	120
Figura 162: Sobrecarga de construcción, etapa de volado (arriba), etapa completa (abajo).	120
Figura 163: Sobrecarga procedente de grúa.	120
Figura 164: Parámetros para la definición de espectros sísmicos según la norma AASHTO (2014).	121
Figura 165: Espectro de respuesta	125
Figura 166: Mapa eólico del Perú.	127
Figura 167: Elementos cargados considerados en el modelo para cargas de viento Etapa 1.	128
Figura 168: Elementos cargados considerados en el modelo para cargas de viento Etapa 2.	128
Figura 169: Carga de levantamiento y torsión por viento.	129
Figura 170: Vista tridimensional del modelo matemático.	131
Figura 171: Vista tridimensional del modelo matemático.	131
Figura 172: Modelo de sección transversal del tablero.	132
Figura 173: Sección transversal inferior de pilar en acceso.	132
Figura 174: Sección transversal superior de pilar en acceso.	132
Figura 175: Definición de Columnas de Concreto.	133
Figura 176: Sección transversal de viga cabezal.	133

Figura 177: Definición de secciones tubular 1.....	134
Figura 178: Definición de secciones tubular 2.....	134
Figura 179: Definición de secciones tubular 3.....	134
Figura 180: Definición de secciones tubular 4.....	134
Figura 181: Definición de sección diagonal 1.....	134
Figura 182: Definición de sección diagonal 2.....	135
Figura 183: Definición de sección diagonal 3.....	135
Figura 184: Definición de sección diagonal 4.....	135
Figura 185: Definición de sección viga riostra 1.....	135
Figura 186: Definición de sección viga riostra 2.....	135
Figura 187: Sección transversal arco 1.....	136
Figura 188: Sección transversal arco 2.....	136
Figura 189: Definición de masa.....	136
Figura 190: Modo de vibración fundamental.	137
Figura 191: Desplazamiento longitudinal del puente.....	138
Figura 192: Desplazamiento transversal del puente.	138
Figura 193: Ubicación de puntos de cálculo en la sección transversal.	140
Figura 194: Calculo del módulo de sección plástica.	147
Figura 195: Secciones transversales usados en el arco principal.....	152
Figura 196: Sección Arco 1 empleada en el arco principal.	153
Figura 197: Propiedades de la sección transversal Arco 1 (Arcos centrales).	153
Figura 198: Sección Arco 5 empleada en el arco principal.	153
Figura 199: Propiedades de la sección transversal Arco 5.	153
Figura 200: Etiquetas de las secciones empleadas, aguas arriba (arriba), aguas abajo (abajo).....	154
Figura 201: Etiquetas de las secciones empleadas para la verificación de la brida inferior.....	155
Figura 202: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo cero en resistencia	155
Figura 203: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo infinito en resistencia.....	155
Figura 204: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo cero en resistencia	156
Figura 205: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo infinito en resistencia.....	156
Figura 206: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo cero en evento extremo.....	157
Figura 207: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo infinito en evento extremo	157

Figura 208: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo cero en evento extremo.....	158
Figura 209: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo infinito en evento extremo	158
Figura 210: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo cero en evento extremo transversal	159
Figura 211: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo infinito en evento extremo transversal	159
Figura 212: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo cero en evento extremo transversal	160
Figura 213: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo infinito en evento extremo transversal	160
Figura 214: Vistas del proceso constructivo de los voladizos	161
Figura 215: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior en la etapa de máximo voladizo	162
Figura 216: Etiquetas de las secciones empleadas en arriostres y diafragmas.	163
Figura 217: Vista en elevación en el tramo central.	165
Figura 218: Sección transversal en el tramo central.	165
Figura 219: Acero de refuerzo en el tramo central momento positivo.	166
Figura 220: Acero de refuerzo en el tramo central momento negativo.....	166
Figura 221: Diagrama de interacción de la sección del tablero central correspondiente a la viga exterior en la zona de momentos positivos.....	167
Figura 222: Diagrama de interacción de la sección del tablero central correspondiente a la viga exterior en la zona de momentos negativos.	167
Figura 223: Diagrama de interacción de la sección del tablero central correspondiente a la viga interior en la zona de momentos positivos.....	168
Figura 224: Diagrama de interacción de la sección del tablero central correspondiente a la viga interior en la zona de momentos negativos.	169
Figura 225: Diagrama de interacción de la sección del tablero correspondiente al acceso izquierdo.	172
Figura 226: Diagrama de interacción de la sección del tablero correspondiente al acceso derecho.....	175
Figura 227: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 1.....	179
Figura 228: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 2.....	179
Figura 229: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 3.....	179

Figura 230: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 4.....	180
Figura 231: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 5.....	180
Figura 232: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 6.....	180
Figura 233: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 1.....	184
Figura 234: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 2.....	184
Figura 235: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 3.....	184
Figura 236: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 4.....	185
Figura 237: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 5.....	185
Figura 238: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 6.....	185
Figura 239: Diagrama de fuerza cortante del tablero en el acceso izquierdo.....	186
Figura 240: Diagrama de fuerza cortante del tablero en el acceso derecho.	188
Figura 241: Diagrama de fuerza cortante del tablero postensado sobre el arco $\Delta T > 0$. .	190
Figura 242: Diagrama de fuerza cortante del tablero postensado sobre el arco $\Delta T < 0$. .	190
Figura 243: Diagrama de fuerza cortante del tablero en tramo central en viga exterior. .	192
Figura 244: Diagrama de fuerza cortante del tablero en tramo central en viga interior. .	194
Figura 245: Diagrama de interacción en Evento Extremo de la sección en el acceso izquierdo.	198
Figura 246: Diagrama de interacción en Evento Extremo de la sección en el acceso derecho.....	199
Figura 247: Diagrama de interacción para momento positivo en la viga exterior en Evento Extremo de la sección del tablero central.	200
Figura 248: Diagrama de interacción para momento negativo en la viga exterior en Evento Extremo de la sección del tablero central.	201
Figura 249: Diagrama de interacción para momento positivo en la viga interior en Evento Extremo de la sección del tablero central.	202
Figura 250: Diagrama de interacción para momento negativo en la viga interior en Evento Extremo de la sección del tablero central.	202
Figura 251: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 1.	206

Figura 252: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 2.	206
Figura 253: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 3.	206
Figura 254: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 4.	207
Figura 255: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 5.	207
Figura 256: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 6.	207
Figura 257: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 1.	211
Figura 258: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 2.	211
Figura 259: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 3.	211
Figura 260: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 4.	212
Figura 261: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 5.	212
Figura 262: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 6.	212
Figura 263: Sección transversal del modelo matemático para el cálculo del diagrama de interacción.....	214
Figura 264: Diagrama de interacción para Evento Extremo por sismo transversal al sentido longitudinal del puente correspondiente a la sección extrema.	215
Figura 265: Modelo sísmico con cables en condición de máximo voladizo.....	217
Figura 266: Ubicación de detalles de conexión.....	220
Figura 267: Convención de resultantes en nudo superior	220
Figura 268: Eje de cargas para líneas de influencia de resultantes en nudos	221
Figura 269: Líneas de influencia de resultantes en nudos superiores	222
Figura 270: Ubicación de la carga vehicular para estudio de los nudos	223
Figura 271: Variación de ϕ con la deformación unitaria del refuerzo extremo a tracción (Fuente: AASHTO (2014))	227
Figura 272: Cuña de falla en nudo de detalle 5.....	228
Figura 273: Detalle de superficie de falla en nudo de detalle 5.....	228
Figura 274: difusión de los esfuerzos de tracción provenientes de la diagonal hacia la sección total	229

Figura 275: Vista en planta de la difusión de los esfuerzos de tracción provenientes de la diagonal hacia la sección total del tablero.....	230
Figura 276: Detalles de conexiones híbridas.....	230
Figura 277: Sección transversal en zona de conexiones híbridas.....	232
Figura 278: Vista en planta en zona de conexiones híbridas	232
Figura 279: Demanda máxima por corte para evaluación de fricción	233
Figura 280: Junta de contracción	234
Figura 281: Elevación de dispositivo sísmico.....	234
Figura 282: Vista isométrica de dispositivo sísmico	234
Figura 283: Fuerza cortante en dispositivo sísmico	235

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

a :	Altura del bloque de compresión equivalente de la sección a flexión
A :	Área de la sección transversal
A_g :	Área bruta de la sección transversal del miembro
A_s :	Área transversal de las ramas de acero que aportan al corte
b_v :	Ancho de la viga
d :	Peralte efectivo de la sección
D :	Diámetro de dispositivo sísmico tipo Pin
d_v :	Brazo de palanca de la fuerza de tensión para el momento flexionante
E :	Modulo elástico del concreto
f'_{ci} :	Resistencia especificada a la compresión del concreto al momento del presfuerzo para miembros de concreto postensado y el tiempo de inicio la carga para miembros de concreto no postensado. Si la edad del concreto en el momento de inicio de la carga es desconocida a la hora del diseño, f'_{ci} puede ser tomado como $0.80f'_{ci}$.
F_y :	Resistencia mínima a la fluencia especificada
H :	Humedad relativa (%)
h :	Peralte de la sección
k_f :	Factor por el aporte de la resistencia del concreto
k_{hc} :	Factor de humedad por creep
k_{hs} :	Factor de humedad para shrinkage
k_s :	Factor por el efecto de proporción Volumen-Superficie del componente
k_{td} :	Factor de desarrollo del tiempo
L_{col} :	Longitud de columna
M_u :	Momento debido a la carga factorada
M_u :	Momento flector factorado actuante
P :	Carga sostenida de postensado inicial
P_B :	Presión del viento
P_e :	Resistencia de pandeo critico elástico determinado como especifica el artículo 6.9.4.1.2 para pandeo flexionante y como especifica el artículo 6.9.4.1.3 para pandeo torsional o pandeo torsional flexionante según aplique.
P_0 :	Resistencia a la fluencia equivalente nominal

Q :	Factor de reducción por elemento esbelto determinado como especifica el artículo 6.9.4.2, Q debe ser tomado como 1 para rigidizadores de apoyo.
r_s :	Radio de giro alrededor del eje normal al plano de pandeo
S_{max} :	Espaciamiento máximo del acero por corte
t	Madurez del concreto definido como la edad del concreto entre el tiempo de carga para el cálculo de creep o fin de curado para el cálculo de shrinkage, y el tiempo considerado para el análisis de los efectos de creep o shrinkage
$\frac{V}{S}$:	Proporción volumen-superficie
V_B :	Velocidad básica del viento
V_c :	Aporte del concreto al cortante resistente
V_{DZ} :	Velocidad del viento de diseño
V_n :	Cortante nominal de la sección
V_p :	Aporte del postensado al cortante resistente
V_r :	Cortante resistente de la sección
V_s :	Aporte del acero al cortante resistente
V_u :	Cortante debido a las cargas factoradas
w :	Carga distribuida sostenida en la viga
z :	Altura de la estructura sobre el nivel del suelo
z_o :	Longitud de fricción del fetch aguas arriba
α :	Ángulo de inclinación del refuerzo transversal de corte
β :	Factor que indica la capacidad del concreto fisurado diagonalmente de transmitir tensión y corte
β_1 :	Factor que relaciona las profundidades de concreto a compresión y el bloque rectangular equivalente
β_s :	Relación geométrica para el control de agrietamiento
γ :	Factor de carga
γ_e :	Factor de exposición
δ_{cr} :	Deformación diferida por efecto del creep
δ_e :	Deformación elástica inicial
δ_p :	Deformación plástica diferida
δ_{pi} :	Deformación total en el día i

δ_t	: Deformación total del elemento
δ_{sh}	: Deformación por shrinkage
ΔM_i	: Momento virtual de recuperación para la compatibilidad de deformaciones
ΔP_i	: Carga de tracción virtual en el día i para la compatibilidad de deformaciones
ε_c	: Deformación unitaria por efecto del flujo plástico o creep por carga sostenida
ε_e	: Deformación unitaria elástica debido a una carga
ε_{sh}	: Deformación unitaria por shrinkage
ε_s	: Deformación unitaria en el acero de refuerzo
ε_y	: Deformación unitaria de fluencia en tracción del refuerzo pasivo
η	: Modificador de carga
θ_{cr}	: Rotación por creep
θ_e	: Rotación elástica inicial
θ_p	: Rotación plástica diferida
θ_{pi}	: Rotación plástica en el día i
θ_t	: Rotación total
σ_i	: Esfuerzo longitudinal en el acero causado por los efectos de flexión
ϕ_f	: Factor de resistencia a flexión
ϕ_v	: Factor de resistencia a corte
ψ	: Factor de creep

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIÓN DE PUENTES NO CONVENCIONALES, HÍBRIDOS

1.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Los puentes no convencionales son estructuras innovadoras que cumplen las siguientes características:

- No son comunes
- No están cubiertas en forma específica por el código
- Uso no convencional de tecnología existente
- Requiere experiencia especializada en el proceso constructivo.

Los puentes convencionales conformados por superestructura, subestructura y apoyos son estructuras con un tipo de análisis simple para el cual existen múltiples métodos de análisis, la presente investigación encaja en los puentes no convencionales ya que estamos adoptando una estructura metálica reticulada en forma no convencional el cual corresponde a una viga de altura variable con el fin de aligerar el centro de luz, empotrándola en los extremos para que trabaje en voladizo durante el proceso constructivo y donde el elemento de brida superior es reemplazado por una estructura de concreto postensado unido a las secciones metálicas mediante uniones híbridas.

En la literatura no hay un concepto único para definir lo que es una estructura híbrida, en particular un puente reticulado híbrido. El puente reticulado clásico está compuesto usualmente de una estructura reticulada metálica con un tablero de concreto armado conectado a vigas transversales metálicas. En el presente caso se introduce el termino de estructura reticulada híbrida, con el fin de definir una estructura de apariencia similar, compuesto de elementos metálicos para la brida inferior, diagonales y montantes a excepción de la brida superior la cual es reemplazada por vigas de concreto postensado.

En el reticulado de tablero inferior convencional, las vigas transversales sirven de apoyo al tablero de concreto armado, el cual está usualmente conectado a estas mediante conectores de corte, y funciona como una losa continua. Al fraguar la losa y soportar las acciones de gravedad como peso de veredas, barandas, barreras y carga viva la losa experimentará cargas axiales de tracción debido a que ya forma parte de la brida inferior del reticulado, estos efectos se superponen

a las acciones de flexión local por encontrarse apoyada en las vigas transversales y la losa puede llegar a funcionar como estructura fisurada en servicio, estas fisuras no deben exceder cierto valor ya que existe un tamaño máximo de abertura de fisuras acorde a las normativas vigentes. (Ver figura 1)

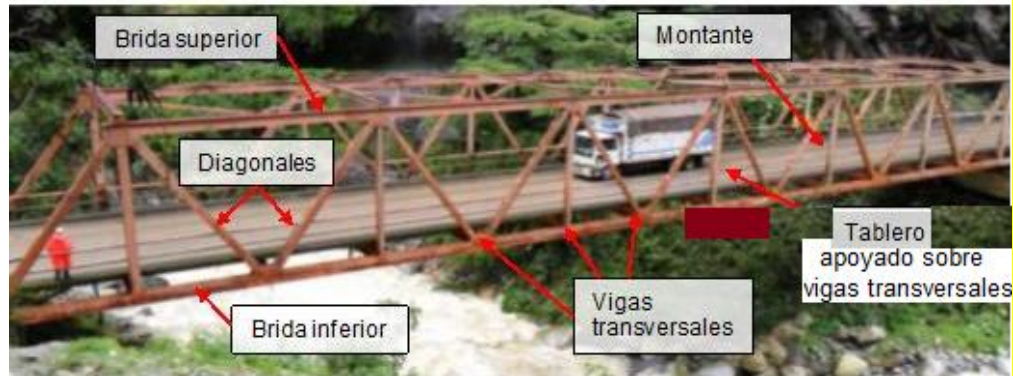


Figura 1: Reticulados convencionales

En el reticulado híbrido, la estructura metálica (las diagonales) esta monolíticamente integrada a la brida inferior, brida superior y al tablero de concreto, las uniones metálicas están embebidas en el concreto de la brida inferior, siendo todas las componentes estructurales del tablero inferior, estructuras postensadas longitudinal y transversalmente, haciendo que todo el tablero inferior funcione como una gran brida inferior en el sentido longitudinal. (Ver figura 2)

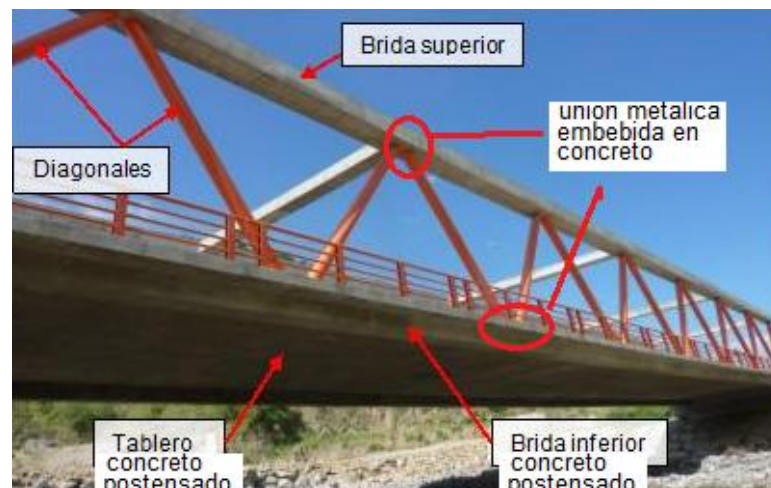


Figura 2: Reticulados híbrido

1.1.2 EXPERIENCIAS GLOBALES

El primer puente reticulado híbrido del que se tiene registro es el puente Nantenbach, culminado en el año 1993 y ubicado en Bavaria, Alemania (Figura 3

a). Este es un puente ferroviario y consta de tres tramos, siendo el tramo central de 208 m y los dos externos de 83.2 m. Su sección transversal consiste en dos reticulados principales de peralte variable, espaciados 6 m transversalmente.

Otro ejemplo de este tipo de puentes es el viaducto Lully, ubicado en Lully, Friburgo, Suiza (Figura 3b). Este viaducto de aproximadamente 1 km y tramos típicos de 42.75 m, está conformado por un par de reticulados tubulares espaciales de sección triangular, y su construcción culminó en el año 1995.

Similarmente, el viaducto St. Kilian (Figura 3c) es otro representante de la tipología en discusión. Este viaducto de aproximadamente 445 m y tramo máximo de 61.5 m, se encuentra ubicado en Alemania, y está conformado por un par de reticulados espaciales de sección triangular. Su construcción culminó en el año 2006.

Por otro lado, el puente “Objekt W7b” es un paso elevado que conecta Lindach-Vorchdorf, sobre la carretera principal A1, en el estado de Austria Alta (Figura 3d). Este es un puente reticulado compuesto integral, de aproximadamente 70 m de longitud total, cuya sección transversal es un reticulado espacial triangular; su construcción culminó en el año 2008.



(a) Puente Nantenbach (Alemania)

Fuente: <https://structurae.net>



(b) Viaducto Lully (Suiza)

Fuente: Google Maps Street View



(c) Viaducto St. Kilian (Alemania)

Fuente: <https://structurae.net>



(d) Paso elevado Lindach-Vorchdorf (Austria)

Fuente: Stadler y Mayrhofer (2010)

Figura 3: Reticulados híbridos en Europa

En Japón, una de las primeras estructuras de este tipo fue el puente Shitsumi-Ohashi (Figura 4a). Este es un puente de 5 tramos, con longitud máxima de vano de 75 m. Los tres primeros tramos consisten de una estructura reticulada híbrida y los dos restantes de una estructura convencional tipo viga cajón de concreto postensado. Su construcción culminó previo al año 2005.

También destacan los puentes sobre los ríos Sarutagawa y Tomoegawa, ubicados en Shizuoka, Japón (Figura 4b). Estos son puentes reticulados híbridos tipo cajón, con losa superior e inferior de concreto, y cuya construcción culminó en el año 2009. El puente Sarutagawa consta de 7 tramos que suman una longitud total de 625 m, con longitud máxima de vano de 110 m; mientras que el puente Tomoegawa consta de 5 tramos de longitud total 479 m, con longitud máxima de vano de 119 m.

Otro ejemplo es el puente Yamaguragawa, ubicado en Niigata, Japón (Figura 4c). Este es un puente reticulado híbrido ferroviario de un solo tramo de 51.8 m de longitud, y cuya construcción culminó previo al año 2010.



(a) Puente Shitsumi-Ohashi

Fuente: Yoshioka (2005)



(b) Puentes Sarutagawa y Tomoegawa

Fuente: Kanamoto et al. (2015)



(c) Puente Yamaguragawa

Fuente: www.dywidag-systems.com

Figura 4: Reticulados híbridos en Japón

Por otro lado, el viaducto Ganhaizi, ubicado en Sichuan, China, es también un ejemplo de puente reticulado híbrido. Este es un viaducto de tramo típico 62.5 m, compuesto por un par de reticulados espaciales tubulares, de sección transversal triangular, y cuya construcción culminó en el año 2012.



Fuente: <http://www.highestbridges.com>

Figura 5: Viaducto Ganhaizi (China)

Finalmente, una de las estructuras híbridas más recientes es el viaducto sobre el río Ulla, ubicado en España, en el Eje Atlántico de Alta Velocidad entre Pontevedra y A Coruña. Este es un puente de 12 tramos, de longitud total 1620 m, que consiste en un par de reticulados planos compuestos con la losa del tablero. Su construcción se culminó en el año 2015.

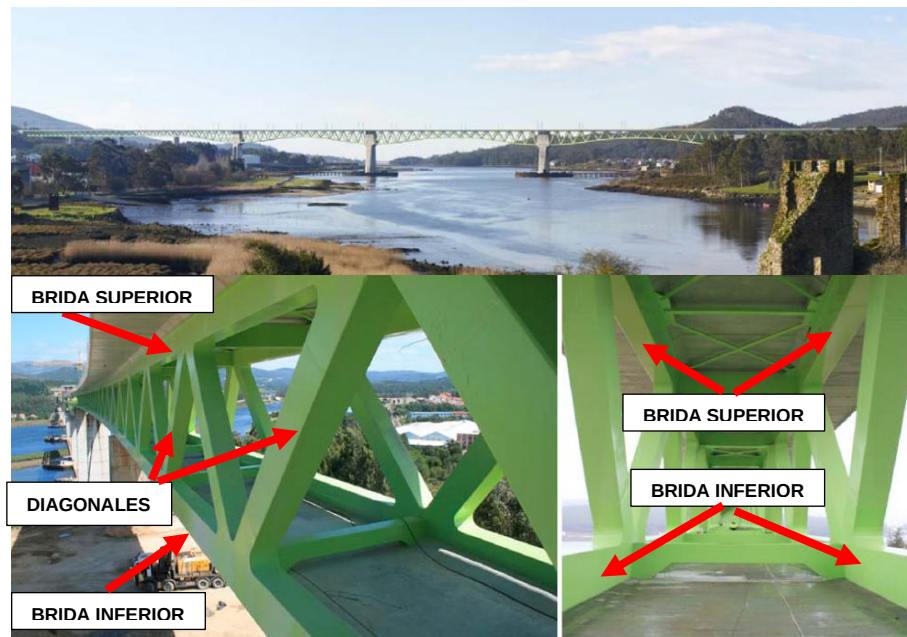


Figura 6: Viaducto sobre el río Ulla (España)

Fuente: Millanes et al. (2015)

1.1.3 EXPERIENCIAS NACIONALES

En el ámbito nacional se ha realizado este tipo de puentes en tres proyectos distintos: puente el Silencio, puente Tumbes (no está construido) y puente El Abejal.

El puente el Silencio está ubicado en el Eje Multimodal Amazonas Norte, Tramo 4 Olmos – Corral Quemado, en el departamento de Lambayeque. Este es un puente reticulado híbrido de tablero inferior, de 70 m de luz, con diagonales de acero y bridas de concreto, cuyos nudos se encuentran embebidos en el concreto del tablero. Su diseño se realizó en el año 2009 y su construcción culminó en el 2011.



Figura 7: Puente el Silencio (Eje multimodal Amazonas Norte, Tramo 4 Olmos – Corral Quemado, Lambayeque)

Fuente: Cortesía Dr. Víctor Sánchez

Por otro lado, el puente híbrido más reciente es el puente el Abejal, ubicado en la ruta PE-1N, Tramo Piura – Guayaquil, departamento de Tumbes. Este es un puente tipo arco reticulado híbrido de tablero inferior y con conexiones embebidas, de 50 m de luz. El tablero inferior trabaja en conjunto con el arco reticulado y se encuentra postensado longitudinalmente; además, las vigas transversales son monolíticas y postensadas también. Su construcción culminó en el año 2017.



Figura 8: Puente el Abejal (Tramo Piura – Guayaquil, Tumbes)

Fuente: Cortesía Ing. Mario Mamani

Mención aparte se hace al puente Río Colorado, el cual representa un caso exitoso del uso del concreto postensado. Todo el puente es de concreto, siendo las péndolas y las vigas tirantes que funcionan también como viga de rigidez, de concreto postensado. Solo los arriostres transversales del arco eran metálicos y tenían uniones híbridas. Este puente se encuentra ubicado en la carretera La Merced – Satipo, y es de tipo arco atirantado con péndolas y tirante presforzado. Su construcción culminó en el año 2000 (Figura 9).



Figura 9: Puente Río Colorado (Carretera La Merced – Satipo)

Fuente: Cortesía Dr. Víctor Sánchez

1.2. TIPOLOGÍA DE ESTUDIO

Un reticulado de altura variable es una estructura reticulada que reduce su canto o peralte total desde los extremos hacia el centro, las bridas superior e inferior transmiten cargas axiales que son equivalente a un momento de empotramiento en la zona extrema. Este empotramiento equivalente permite que el puente pueda ser construido siguiendo el procedimiento de voladizos sucesivos. El canto del reticulado cuya inercia es variable, aligera el peso de la estructura durante el proceso constructivo a medida que se incrementa el voladizo.

El empleo de una viga de inercia variable anclado en los apoyos, favorece construirla en voladizos sucesivos. La brida superior trabajará a tracción, razón por la cual se usa un tablero de concreto postensado, esta solución brinda mayor sección resistente en los extremos para fines de construcción en voladizo y también para resistir las sobrecargas cuando en la etapa final cuando se comporte como una viga empotrada de inercia variable por la disminución de momentos positivos. Cabe precisar que los nudos superiores del reticulado son de tipo híbrido ya que concurren a los nudos la brida superior de concreto y los elementos diagonal y montante de acero estructural.

Esta solución se adapta muy bien a cauces con laderas rocosas medianamente empinadas de tal manera que permita anclarnos a las mismas en los extremos y así se genere un empotramiento a la vez que se garantiza que la mayor porción de la estructura sea construida en voladizo y minimizar el peso de la estructura mediante elementos metálicos y equipos de montaje livianos.

La tipología estructural permite avanzar la construcción siempre en un solo sentido, desde dos frentes. Cuenta con una losa superior de concreto postensado que transmite la tracción, esta tracción es conducida hacia el extremo fijo en roca. Lo mismo ocurre con la brida inferior que tiene la forma de arco y que trabaja a compresión, esta compresión es conducida hacia el bloque de arranque. Estas acciones en tracción y compresión respectivamente sobre las márgenes, se adaptan de manera precisa a ríos con márgenes rocosas. Con estas consideraciones la relación flecha luz se puede trabajar como máximo en 1/12 para tener un adecuado comportamiento de la losa de concreto.

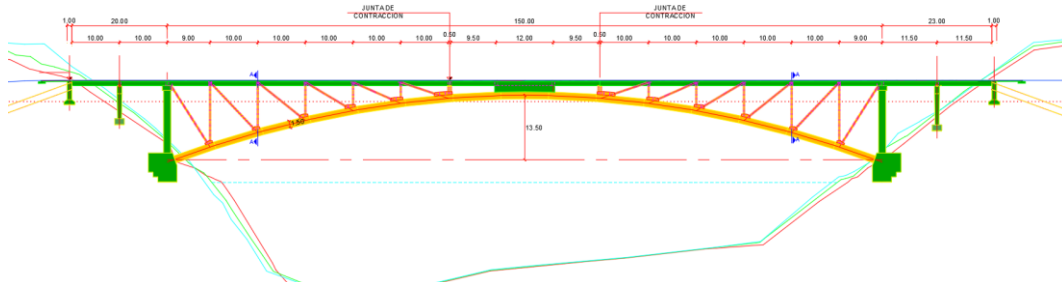


Figura 10: Puente reticulado de altura variable

El puente que es objeto de estudio se ha ideado para poder construirse desde dos frentes empleando dos grúas livianas (Figura 11), en ella se puede apreciar que el proceso inicia en ambas márgenes para culminar cerrando la estructura en el centro, donde tiene 150 de luz libre en su tramo central y consta de elementos de acero, concreto y un tablero de 9.20m de ancho con 2 carriles (uno por sentido).

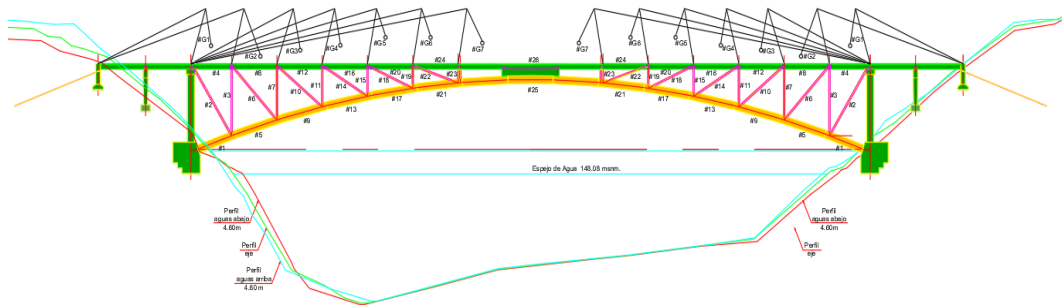


Figura 11: Esquema en elevación del proceso constructivo

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Diseñar un puente no convencional con tipología estructural de reticulado híbrido construido por voladizos sucesivos.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar las pérdidas que se producen en la fuerza del postensado, debido a los efectos instantáneos y de largo plazo en los tendones, su influencia en el proceso constructivo.
- Estimar los efectos del creep y shrinkage en la losa y su influencia en el proceso constructivo.
- Demostrar que esta tecnología innovadora es competitiva.

1.4. ALCANCES

El presente trabajo se limita al análisis y diseño de la superestructura del puente, frente a cargas gravitatorias, sísmicas y acción de viento.

Se incluye la verificación por corte fricción en la unión más solicitada, el presupuesto del puente, donde se determina el costo por metro lineal, y la comparación con los presupuestos de otros puentes similares construidos en Perú.

Se excluye la conexión y anclaje de extremo en el suelo rocoso el cual es un tema de investigación por si mismo.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 ANÁLISIS CONCEPTUAL

El puente materia de la presente tesis está compuesto por elementos de acero y elementos de concreto y tiene la ventaja que para su construcción no se requiere construir torres o falsos puentes, los mismos componentes de la estructura contribuyen con su construcción, debido a que se construirá por dos frentes hasta llegar a unirse en la zona central. Ambos segmentos del puente aun sin unirse se comportarán como dos grandes voladizos cuya respuesta es tracción en la losa y compresión en los tramos de arco, a partir de ahora se llamará a la losa del puente brida superior y al arco principal brida inferior, dicha losa se debe postensar a fin de que pueda soportar las fuerzas desarrolladas durante la colocación de los vanos sucesivos.

Esta construcción será posible gracias a una estructura provisional armable y desmontable que se fijará en las estructuras montadas y permitirá recibir los encofrados.

2.1.2 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR

Para atravesar valles profundos se debe tener consideraciones especiales tanto para las cargas sismicas como para las cargas no sismicas (Priestley, Seible, & Calvi, 1996), estos valles requieren puentes de grandes vanos cuya performance se logra con elementos como cables o tendones.

El puente materia de la presente tesis no es un puente en arco de tablero superior en el cual se pueden alcanzar relaciones flecha-luz de $1/5$, sino un reticulado de inercia variable donde esta relacion puede ser mayor. Según (Manzanares & Hinojoza, 2013) las relaciones flecha luz entre 0.20 y 0.30 tienen cargas criticas de pandeo mayores haciendo que estas relaciones sean las preferidas para el trabajo de un arco de tablero superior.

El puente materia de la presente tesis tiene una mejor correspondencia con los puentes segmentales de concreto en voladizo. Estos puentes son en su mayoría realizados mediante secciones tipo cajon unicelulares o de celda multiple.



Figura 12: Puente segmental de concreto construido en voladizos sucesivos

En su construcción este tipo de puentes alcanzan relaciones peralte máximo-volado máximo de 1/10 como en los puentes Stovset y Stolma Bridge (Takacs, 2002).

Las almas y ala inferior del puente tipo cajon se reemplazan por elementos metalicos en el puente materia de la presente tesis para simplificar las labores de montaje y ensamble. La losa equivalente al ala superior seguira siendo de concreto postensado. Se han comprobado que en los puentes reticulados de altura variable se pueden alcanzar relaciones flecha luz de 1/12 teniendo como limitante los esfuerzos en la losa para la etapa de puesta en servicio.

2.1.3 SECUENCIA CONSTRUCTIVA DEL POSTENSADO DE LA LOSA Y APARICIÓN DE EFECTOS DIFERIDOS

Debido al proceso constructivo la brida superior del reticulado de altura variable estará sometido a un tesado por etapas a medida que crece el voladizo, estas acciones que se mantienen en la losa producen efectos diferidos que a la vez hacen que se pierda la fuerza aplicada en el tensado. Por otro lado, la fragua y secado del concreto hace que la losa se contraiga por esta razón también se pierde fuerza en los cables de tensado a medida que transcurre el tiempo. El cálculo de las fuerzas de tensado se realiza en servicio para las etapas constructivas en voladizo, en cada etapa se debe garantizar que el concreto no se fisure o en caso que fisure lo haga en etapa de puesta en servicio y se garantice que los aceros tengan esfuerzos aceptables, en esta búsqueda se debe seguir y representar el proceso evolutivo de los esfuerzos.

En la tabla 1 se muestra la extension de las familias de postensado iniciando desde los anclajes muertos en la pantalla extrema hasta su correspondiente anclaje vivo al culminar cada paño

Tabla 1: Definición de cargas de postensado y extensión de familias de tesado

POSTENSADO LADO IZQUIERDO				
GRUPO	CANTIDAD TENDONES	NUMERO TORONES POR TENDON	L(m)	Fe(t)
T1.1	4	4 torones Ø0.6"	80.225	200
T1	9	8 torones Ø0.6"	70.225	1038.25
T2	4	6 torones Ø0.6"	60.70	381
T3	2	6 torones Ø0.6"	50.70	190.5
T4	2	6 torones Ø0.6"	40.70	190.5
T5	2	6 torones Ø0.6"	30.70	190.5
TY	4	4 torones Ø0.6"	21.70	0

Para iniciar la secuencia de tensado se debe tener la pantalla extrema anclada a la roca, el pilar de acceso, el primer tramo de brida inferior, la primera diagonal y la primera montante; se anclan los cables de la losa superior en un extremo y se pasan por ductos embebidos en el concreto todas las familias de cables que tendrá el puente y solo se tensan los de la familia T5 luego del vaciado de concreto del tramo de acceso y del primer paño en voladizo ya que esta permite precomprimir el primer paño en voladizo. Las familias restantes seguirán de largo hasta los paños correspondientes en los cuales serán tensados.

Cabe mencionar que el primer segmento de brida inferior, la primera diagonal y la primera montante se encuentran presente en esta etapa de tensado.

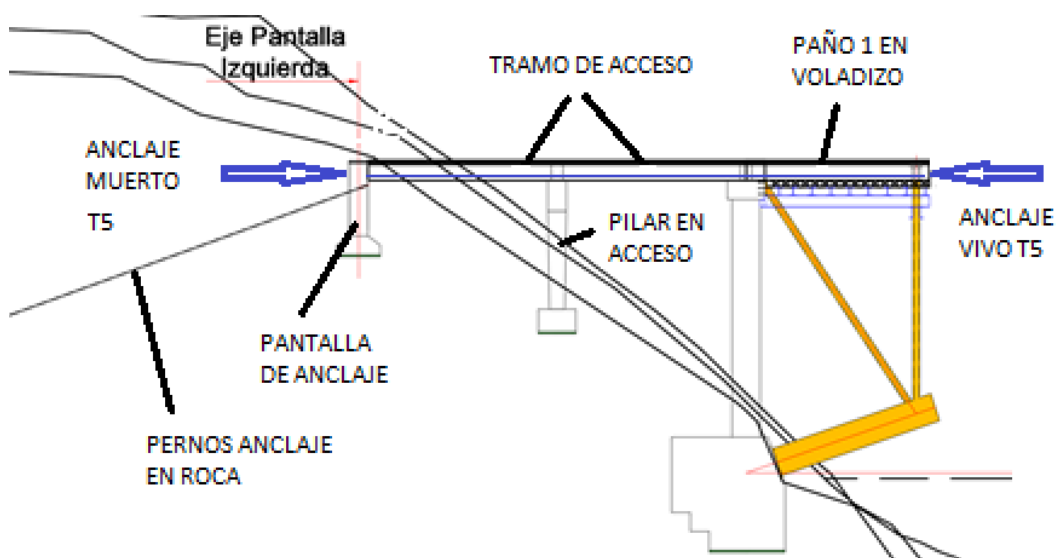


Figura 13: Vista en elevación de primera etapa de tensado

Los tendones restantes que no se tensan pasan al siguiente tramo de losa.

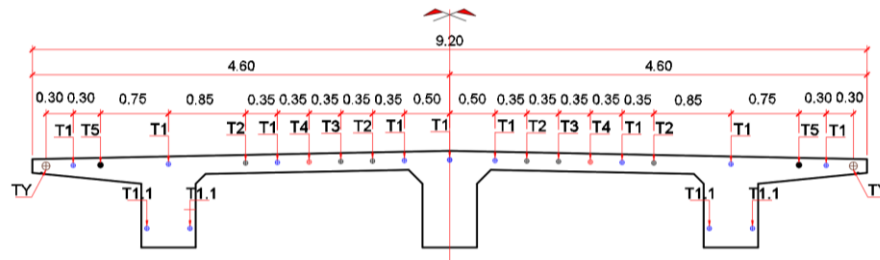


Figura 14: Sección transversal de tablero y vista de familia de tendones

El paño 2 en voladizo se vacía después de colocado el tramo 2 de brida inferior, la segunda diagonal, la segunda montante y el sistema de encofrado provisional. Para realizar el segundo vaciado de la losa se debe asegurar que todas las familias de cables hayan atravesado el tramo de losa, una vez realizada dicha actividad deben transcurrir por lo menos 14 días de maduración de la losa de concreto del segundo paño en voladizo para que esta sea tensada aun sobre la estructura provisional de vaciado.

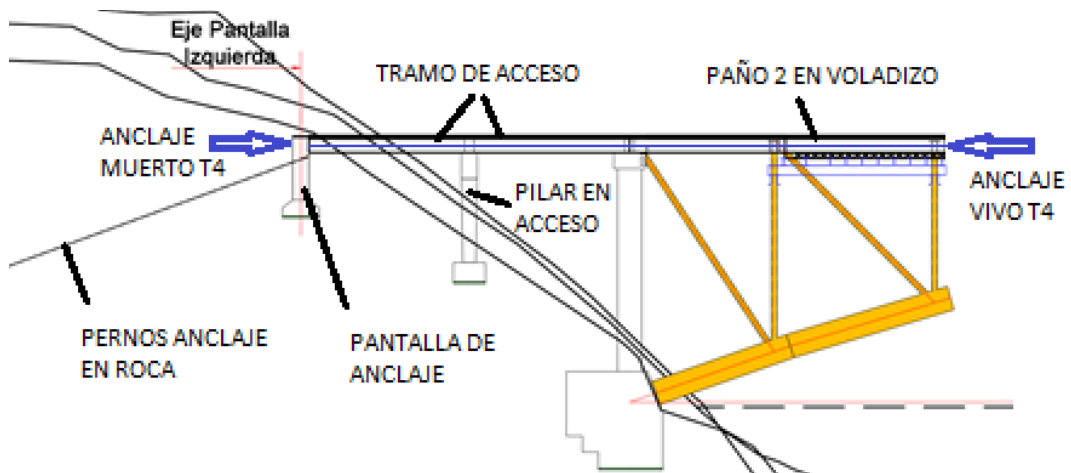


Figura 15: Vista en elevación de segunda etapa de tensado

Se tensan solo los tendones de la familia T4 ya que esta permite precomprimir desde el extremo hasta el segundo paño y el resto se dejan pasar a los siguientes tramos.

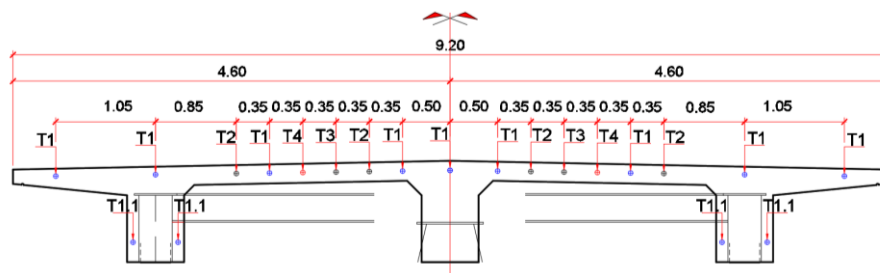


Figura 16: Sección transversal de tablero y vista de familia de tendones excepto T5

Se sigue la secuencia constructiva hasta colocar la sexta diagonal, la sexta montante y el sistema de encofrado provisional en el paño 6. Se continua con el vaciado del paño 6 y finalmente se tensa la familia 1.1. En esta etapa el puente trabaja en máximo voladizo.

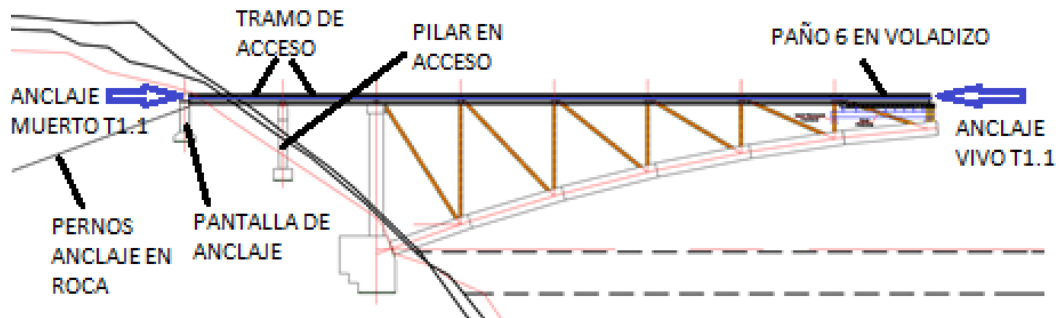


Figura 17: Vista en elevación de última etapa de tensado

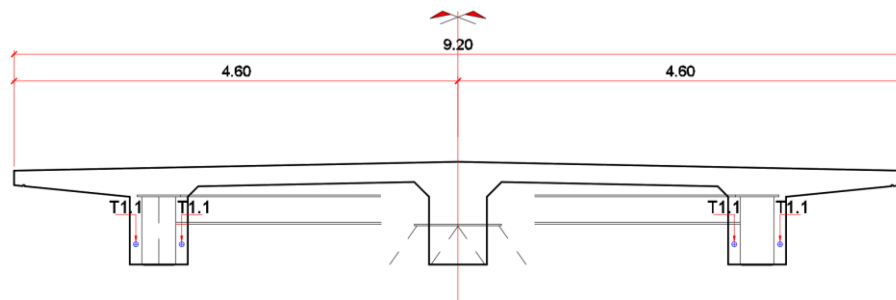


Figura 18: Sección transversal de tablero y vista de familia de tendones 1.1

2.1.4 EXPERIENCIAS EN EL PUENTE JIANGJIEGE

UBICACIÓN: Weng'an, Guizhou, China

ALTURA: 256m

LUZ: 330m

AÑO DE CONSTRUCCION: 1995

DESCRIPCION: El puente Jiangjiege es un puente reticulado de altura variable de concreto que cubre una luz de 330 metros sobre el río Wu. Con sus 256m de altura el Jiangjiege fue el puente más alto de China desde 1995, año en que fue abierto, hasta el 2001 cuando el puente Liuguanghe con sus 297m de altura fue completado. En la actualidad está ubicado entre los 60 puentes más altos del mundo.



Figura 19: Fotografía de la elevación del puente Jiangjie, China



Figura 20: Fotografía en perspectiva del puente Jiangjie, China

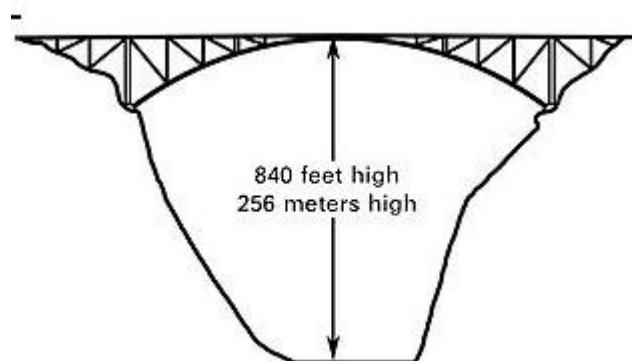


Figura 21: Elevación del reticulado y anclaje a macizos rocosos

El puente en arco reticulado de concreto postensado fue construido por el método de voladizos sucesivos. El tablero es continuo desde la losa de

aproximación y se hace discontinuo entre $0.5-0.6L$ del arco principal para liberar la fuerza de tensión en el tablero.

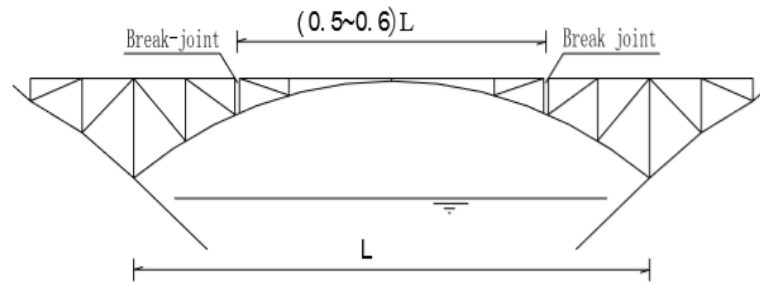


Figura 22: Ubicación de las juntas de dilatación y contracción del tablero

Su longitud total es de 416m, el tablero es de 13.40m de ancho y su relación flecha-luz es de $1/6$. El arco principal es un cajón de celda múltiple que tiene 3 celdas, 2.7m de altura y 10.56m de ancho.



Figura 23: Junta de dilatación que incluye llave de cortante para efectos sísmicos



Figura 24: Vista de accesos al puente Jiangjiede, China

2.2.2 EXPERIENCIA EN EL PUENTE TIANZHISHAN

UBICACIÓN: Yong-Liang Highway, Hunan Province, China

ALTURA: 110m

LUZ: 125m

AÑO DE CONSTRUCCION: 2003

DESCRIPCION: El puente Tianzhishan fue el punto de partida para muchos otros puentes chinos en arcos llenos en concreto, fue además el primero en emplear cables diagonales.



Figura 25: Fotografía en perspectiva puente Tianzhishan, China

El puente Tianzhishan es un puente en arco de tablero de concreto tipo CFST (Concrete filled Steel tube) combinado con cables diagonales y una longitud total de 172m (7m+2x9m+125m+9m+8m) con un ancho de tablero de 12m.

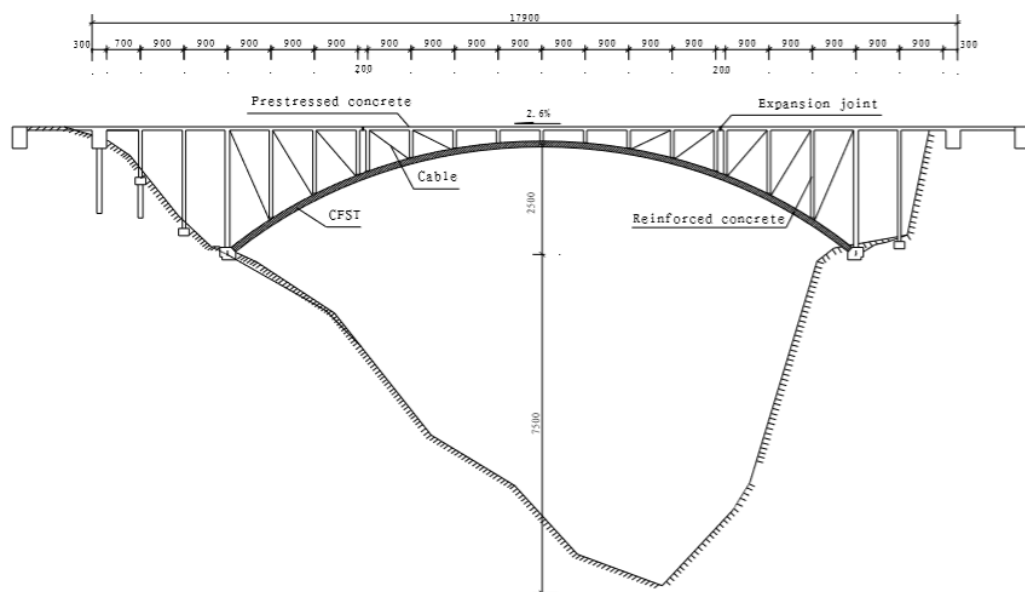


Figura 26: Ubicación de juntas de expansión y contracción en el tablero

La brida inferior del puente son los tramos del arco principal cuyos ejes son una catenaria invertida, cuenta con una relación flecha luz de 1/5.

La parte media de la brida superior fue ideada como viga continúa pretensada, y los dos extremos de la brida superior fueron considerados como elementos de concreto postensado.

Existen dos juntas de expansión entre la parte media y extremas de la brida superior con el objetivo de reducir las fuerzas internas originadas por la variación de temperatura. La cuerda inferior es el arco principal CFST. Algunas columnas conectan ambas bridas. Además, tanto las columnas de concreto armado como los cables diagonales actúan como almas para el reticulado conectando el tablero con el arco principal.



Figura 27: Vista del proceso constructivo, nótese el empleo de una grúa por frente de construcción

La sección transversal del arco principal está compuesta por dos tubos metálicos soldados como muestra la figura (28), el diámetro de los tubos es de 10cm y el espesor de 12mm conformando una altura total de 20cm y ancho de 10cm. Antes de cerrar el arco principal los tubos están vacíos, en total se emplearon 300t para fabricar las estructuras del arco principal.

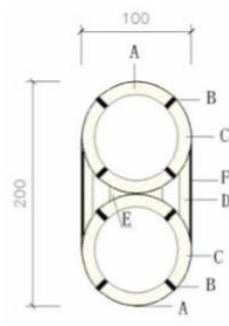


Figura 28: Tubos metálicos empleados en el arco principal del puente Tianzhishan

Los cables diagonales están conformados por 85 cables de 7 alambres paralelos.



Figura 29: Tubos metálicos montados en el arco principal del puente Tianzhishan

Ambos accesos del puente fueron contruidos vaciados insitu con andamios, el tramo central fue contruido empleando el método de los voladizos sucesivos, cada voladizo consiste de una pieza de arco principal, un cable en diagonal, una columna de concreto armado y un tramo de tablero postensado. Para el proceso constructivo se realizaron las siguientes etapas:

- Izar las piezas de arco conectadas. Antes de izar el concreto debe haber sido vaciado.
- Instalar los cables diagonales, estirar y ajustar deacuerdo a la elevación del extremo en voladizo y anclar los alambres.
- Izar las columnas.
- Encofrar el tramo de tablero y postensar la familia de cables correspondiente proveniente del bloque extremo.

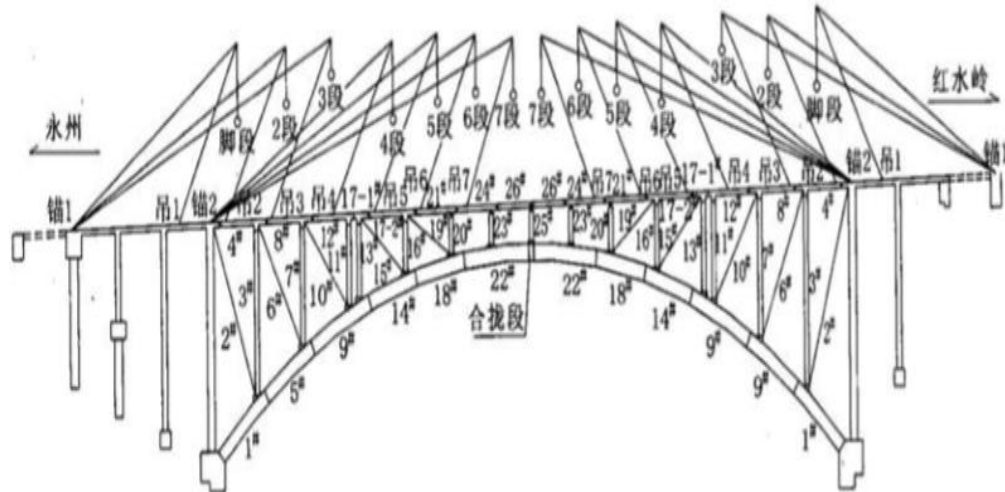


Figura 30: Etapas de montaje y construcción del puente Tianzhishan, China



Figura 31: Etapas de voladizos del puente Tianzhishan, China

CAPÍTULO III: MODELAMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Para realizar el modelamiento se debe entender las etapas del proceso constructivo planteado. El procedimiento a seguir durante la construcción obedece a una construcción en voladizo libre con control de desviaciones de la deflexión (Hoff, 1960).

Lo primero que se debe hacer es construir las cimentaciones tal como muestra la figura (32) para ello se deben realizar excavaciones en roca y realizar el vaciado de los siguientes componentes: Construcción y anclaje de pantalla en rocas, cimentación de pilar intermedio, bloque de arranque. Cabe señalar que la construcción de pantallas incluye el sistema de anclajes de las diferentes familias de tendones las cuales pasarán a través de ductos y terminarán donde vayan a ser tensados.

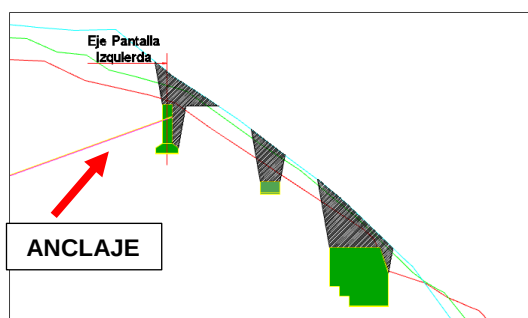


Figura 32: Excavación y vaciado de cimentaciones

Una vez completadas las cimentaciones se completa la subestructura con la construcción del pilar intermedio y del pilar sobre el bloque de arranque. A continuación, se encofra el tablero para proceder a colocar la armadura pasiva y activa, cabe mencionar que en esta etapa no se postensará ninguna familia de tendones, todas pasan figura (33). Con ello se puede vaciar el tablero para completar la estructura que soportará el reticulado en voladizo. Se debe mencionar que desde este momento la losa experimentará los efectos del acortamiento de fragua o shrinkage debido a que en el tiempo la losa tiende a perder su humedad y acortar su longitud, el ritmo de este acortamiento disminuye con el tiempo y es distinto para cada vano de losa pues las cargas sostenidas varían de vano a vano.

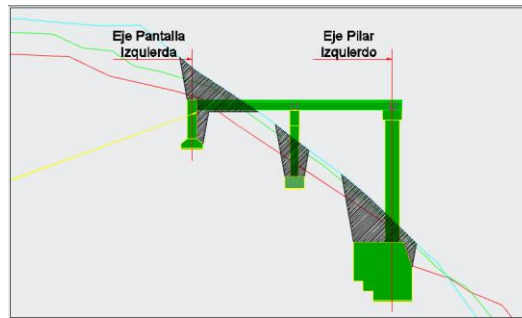


Figura 33: Construcción de primer tramo adyacente a accesos

A continuación, se posiciona la grúa en el extremo y se monta el primer arco, el cual va a ir colocado mediante pernos de anclaje al bloque se arranque mediante una plancha de conexión figura (34).

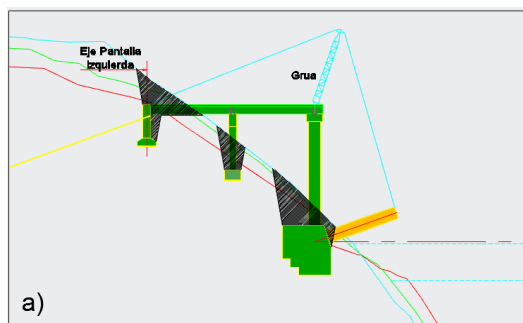


Figura 34: Montaje de primer módulo del arco metálico

Mediante conexiones emperrnadas se coloca la primera diagonal formando así un sistema estable que tracciona ligeramente la losa existente figura (35).

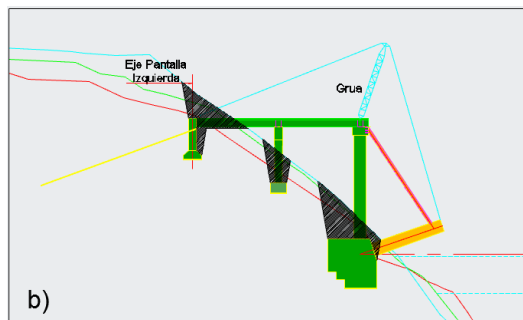


Figura 35: Montaje de primera diagonal formando un sistema equilibrado con el arco

Sobre la estructura ya estable se pueden colocar las montantes y diagonales transversales tal como muestra la figura (36).

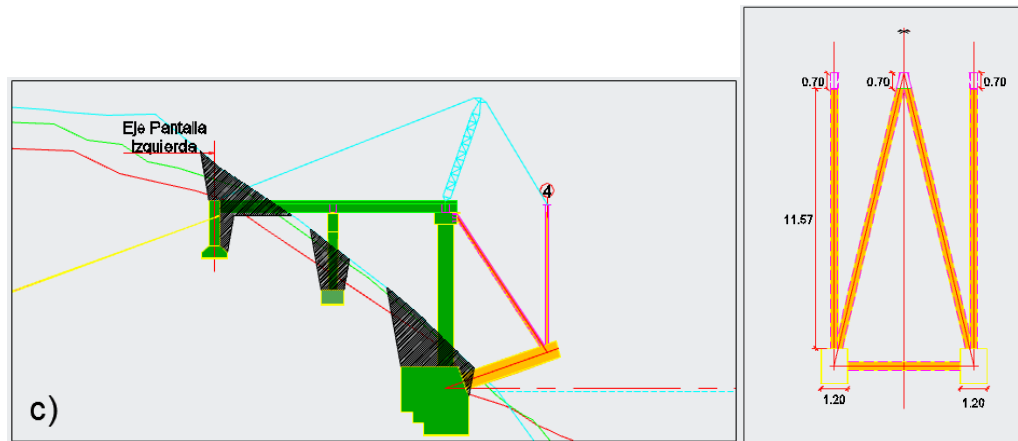


Figura 36: Colocación de primera montante y cortavientos

Como se puede apreciar lo único que faltaría para completar el primer paño o segmento en voladizo es el vaciado de la primera losa, para ello se debe montar una estructura provisional desmontable tal como indica la figura (37), el diseño tentativo de dicho encofrado se presenta en el anexo 4, luego de esto se arma el refuerzo de la primera losa empalmándolo con el proveniente de la losa anterior, adicionalmente se les da continuidad a los ductos de postensado.

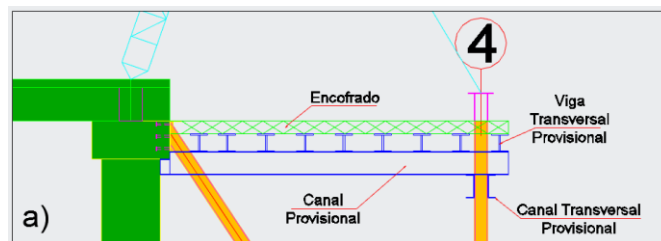


Figura 37: Montaje de encofrados móviles para el vaciado de la losa

Se realiza el vaciado del concreto y se deja fraguar durante 14 días para finalmente postensar en el extremo figura (38), recordemos que esta fuerza de compresión actúa en todo el tablero presente hasta el momento desde la pantalla hasta el extremo del volado, hay familias de tendones que no se postensan en esta etapa. El postensado actúa como una carga sostenida en la losa e induce efectos diferidos que harán que esta continúe acortándose plásticamente, este efecto es conocido como flujo plástico o creep. El ritmo del creep disminuye con el tiempo.

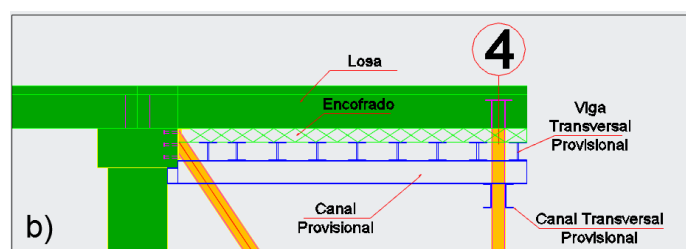
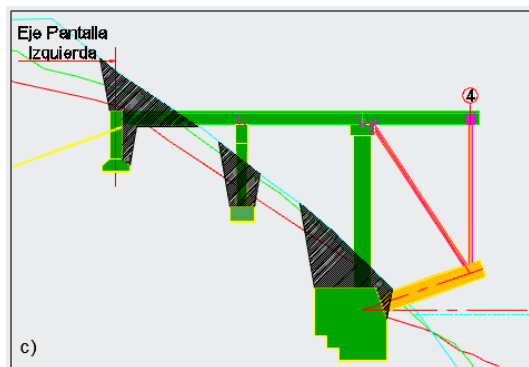
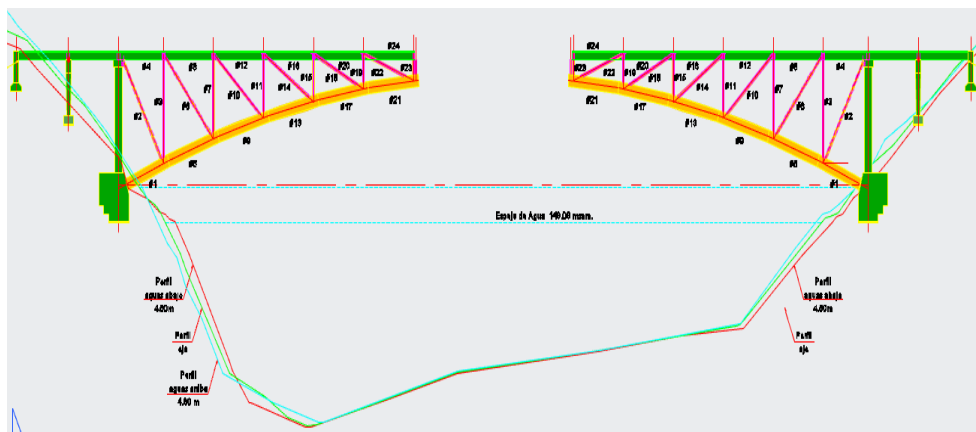


Figura 38: vaciado de la losa y postensado de la primera familia de cables

Al realizar el postensado se procede a retirar la estructura desmontable y reservarla para el siguiente voladizo. En la figura (39) se puede apreciar el esquema del primer paño en voladizo completo, la construcción del segundo paño implica repetir el proceso antes descrito en el que la grúa se coloca en el extremo del volado para acarrear el segundo segmento de arco, colocar diagonales, montantes y cortavientos transversales y segunda losa en voladizo y postensar la segunda familia de tendones y así el proceso se repite hasta completar el sexto paño o segmento en voladizo tal como se indicó al inicio, la figura (40) muestra el esquema del puente al completarse los voladizos.

*Figura 39: Desmontaje de encofrado móvil**Figura 40: Finalización del proceso constructivo en voladizo*

Ambos reticulados en voladizo están a 30m de unirse por lo que para cerrar los arcos dos grúas deben posicionarse en los extremos de ambos reticulados y acarrear en conjunto el segmento de cierre del arco que se encontrara en balsa o sobre el lecho del río tal como muestra la figura (41).

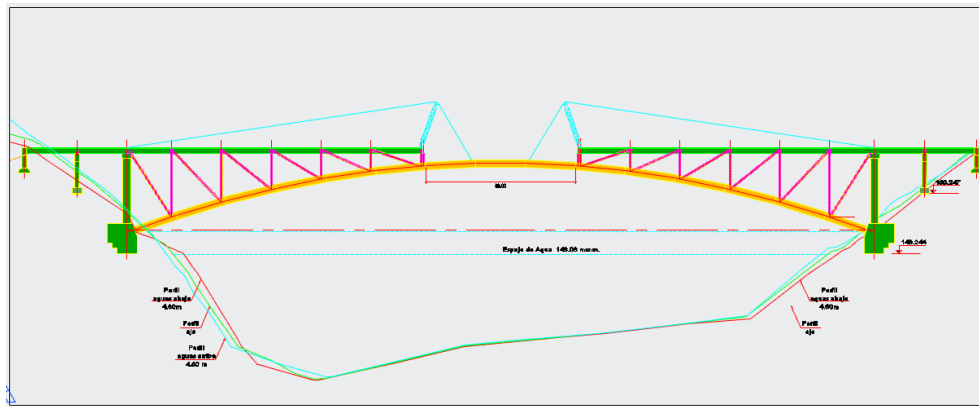


Figura 41: Montaje de modulo central del arco metálico

Una vez montados ambos arcos estos servirán como apoyos de los encofrados del tablero central tal como muestra y este será vaciado y postensado para completar el tablero tal como muestra la figura (42).

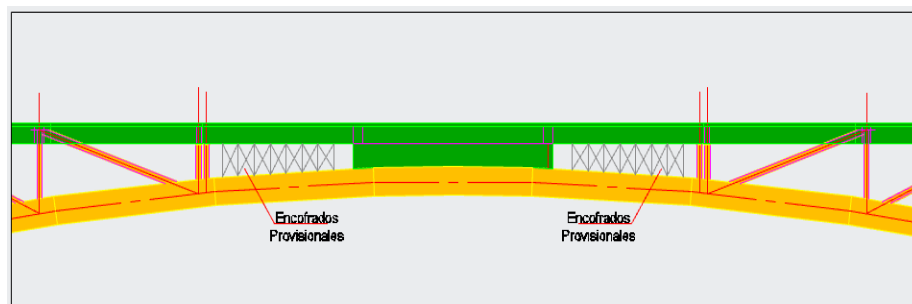


Figura 42: Colocación del tablero central

Podemos apreciar que las sucesivas cargas tienden a traccionar más la losa es por ello que el tesado secuencial es la mejor manera de responder a esos incrementos, sin embargo, cuando la estructura ya esté completa las acciones diferidas (creep y shrinkage) continuarán teniendo lugar en la losa y afectaran a la estructura. En el desarrollo del análisis estructural se verán dichos efectos y se discutirán las soluciones propuestas para minimizar sus efectos, A continuación, se describen las consideraciones realizadas en el modelamiento matemático del proceso de construcción etapa tras etapa.

3.2 MODELAMIENTO DE CONDICIONES DE APOYO DEL PUENTE

Las condiciones de apoyo se dan entre el suelo (rocoso) y las estructuras que llegan a ella, por ejemplo, la zapata del pilar intermedio (centro), el bloque de arranque del arco (derecha) y también la pantalla que llega a la roca (izquierda), la cual se ancla a la misma mediante pernos de anclaje postensados en roca.

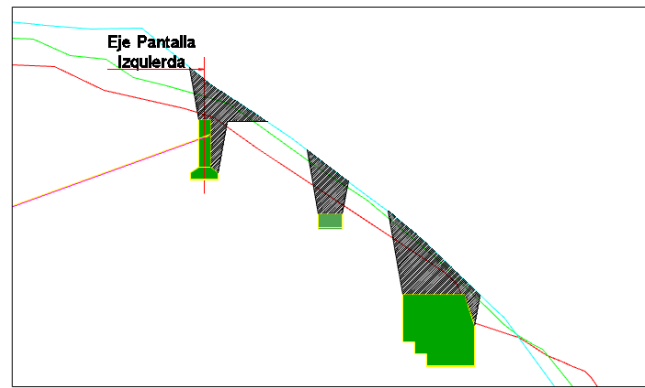


Figura 43: Estructuras de apoyo del puente

En el modelo estas zonas se representan mediante restricciones en la base. Cabe mencionar que el empotramiento que representa al bloque de arranque del arco es la estructura que va a balancear las cargas de compresión provenientes de la brida inferior de la estructura. El anclaje en roca de la izquierda se representa como apoyo articulado sin restricción al giro alrededor de un eje transversal al sentido del tránsito, el detalle ideado se muestra en la figura 44, 45, 46 y su representación en el modelo matemático en la figura 47.

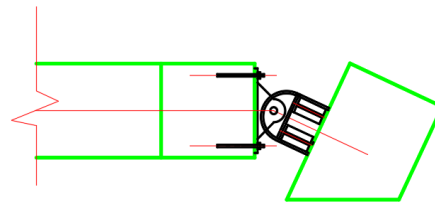


Figura 44: Vista lateral conexión Brida Superior-Anclaje en roca

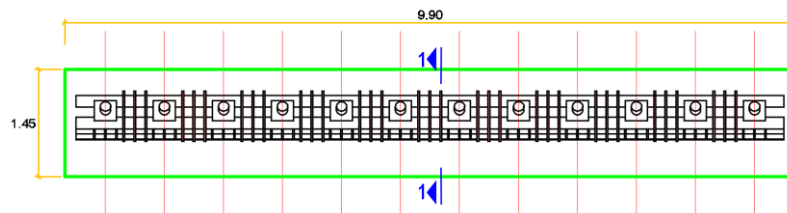


Figura 45: Vista frontal Brida Superior-Anclaje en roca

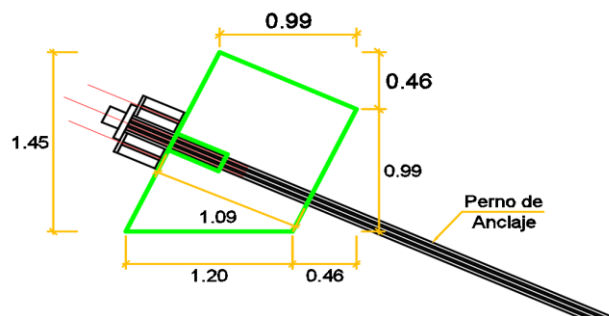


Figura 46: Corte en la sección de anclaje

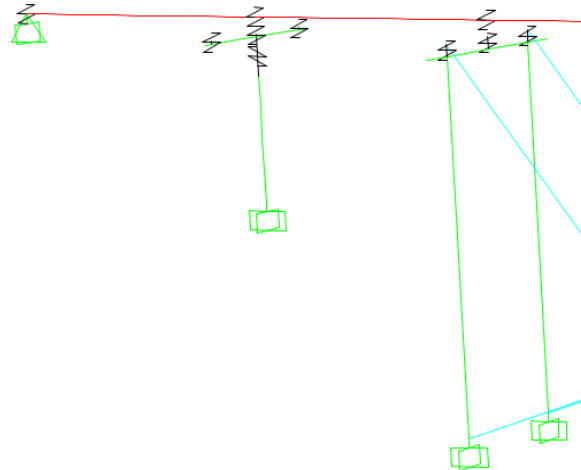


Figura 47: Representación de las condiciones de apoyo en el modelo matemático

Se puede apreciar que el tablero se vincula con la pantalla de anclaje en roca mediante apoyo articulado, es decir sin restricción al giro, pues los dispositivos con los que se vinculara serán similares a los empleados en el anclaje del puente Yanango los cuales se muestran en la figura 48 y 49.



Figura 48: Anclaje en roca empleado en Puente Yanango



Figura 49: Vista frontal de mecanismo de anclaje en roca

3.3 MODELAMIENTO DE COLUMNAS Y PILARES

3.3.1 MODELAMIENTO DE PILAR INTERMEDIO DE ACCESO

Los pilares intermedios son estructuras de apoyo para los tramos en el acceso, divide los accesos en dos tramos de aproximadamente 11m y es de seccion variable a lo largo de su eje. La seccion transversal del pilar de acceso es tipo cajon rectangular, en la parte superior tiene una viga cabezal de seccion rectangular solida con un voladizo acartelado de 2.70m.

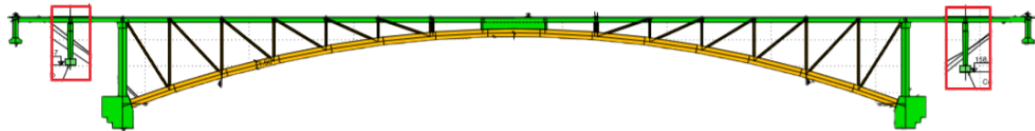
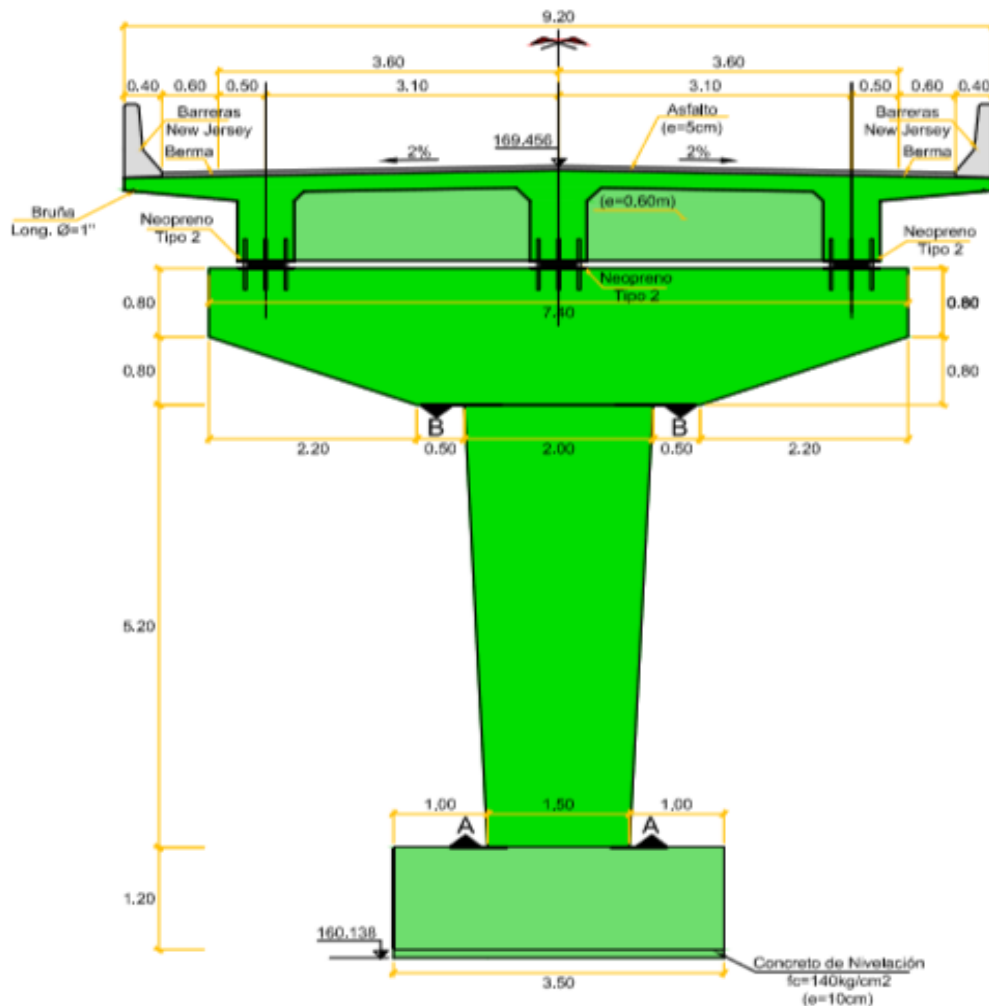


Figura 50: Vista general de ubicación de pilares intermedios



**VISTA DE ELEVACION
PILAR ACCESO IZQUIERDO**

Figura 51: Vista frontal del pilar intermedio

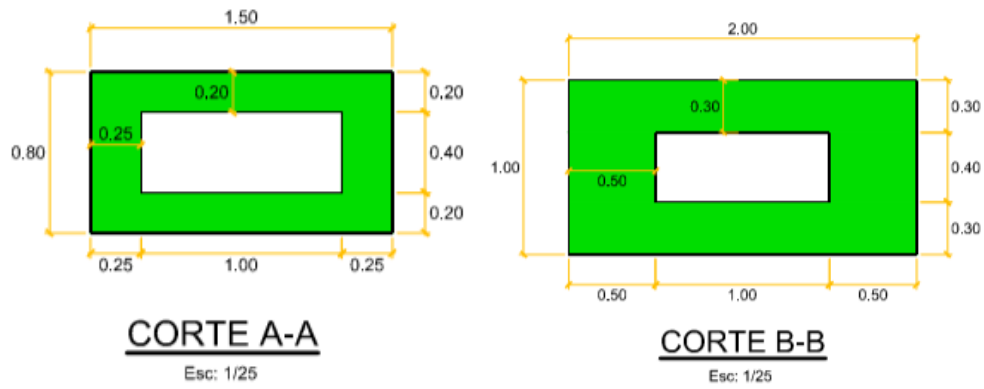


Figura 52: Secciones transversales de pilar intermedio

Para el modelamiento se tuvo en cuenta el tipo de vinculación existente entre el pilar y el tablero.

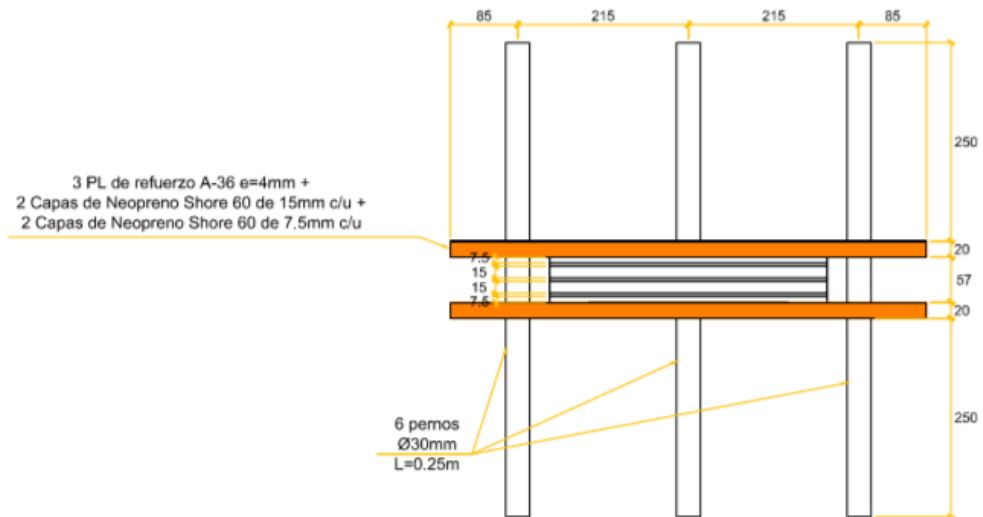


Figura 53: Vista transversal vinculación entre pilar central y tablero

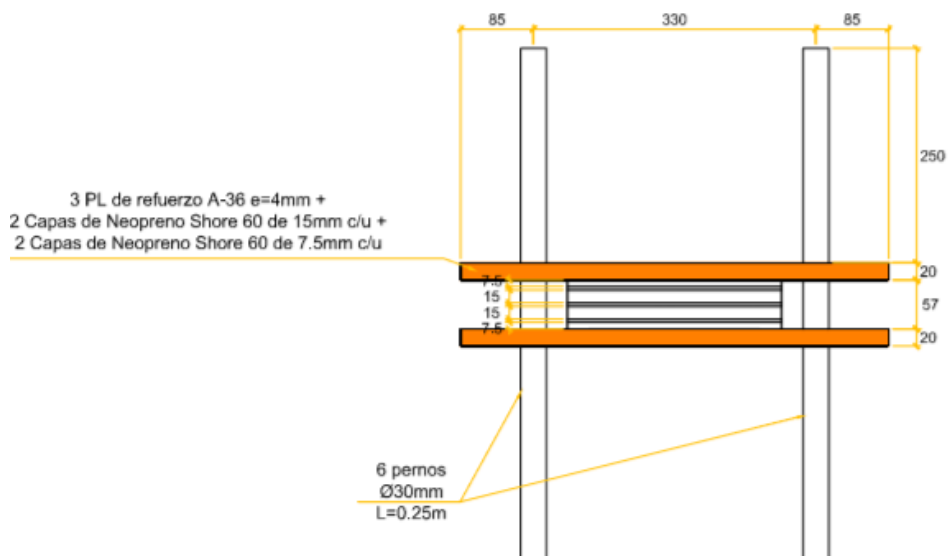


Figura 54: Vista longitudinal vinculación entre pilar intermedio y tablero

Con esta condición y la condición de variabilidad de la sección de concreto se realizó el siguiente modelo del pilar intermedio.

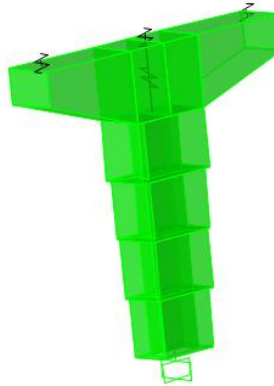


Figura 55: Modelo del pilar central empotrada en la base y con vínculo articulado en el sentido longitudinal

3.3.2 MODELAMIENTO DE PILAR DE ARRANQUE

Los pilares de arranque cumplen la función de ser el punto de inicio para el arranque de la construcción por voladizos sucesivos, además otorgan rigidez transversal ante eventos dinámicos. El pilar de arranque está conformado por dos columnas circulares de 13.10m de altura de concreto armado unida por una viga capitel de 9.10m que le permite trabajar como un pórtico en el sentido transversal.

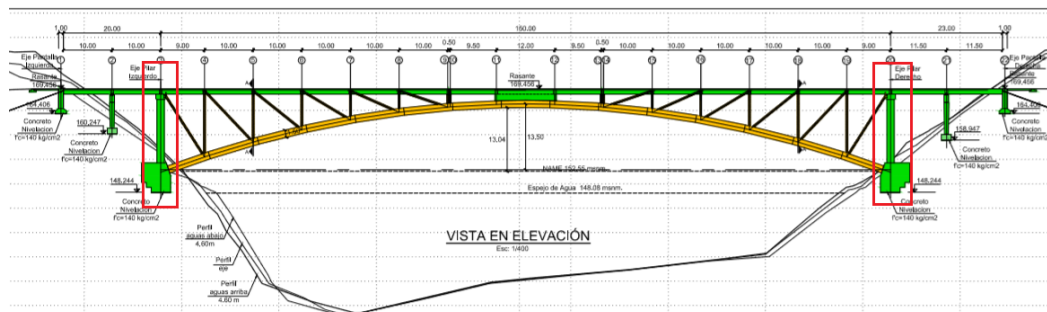


Figura 56: Vista general de ubicación de pilares de arranque

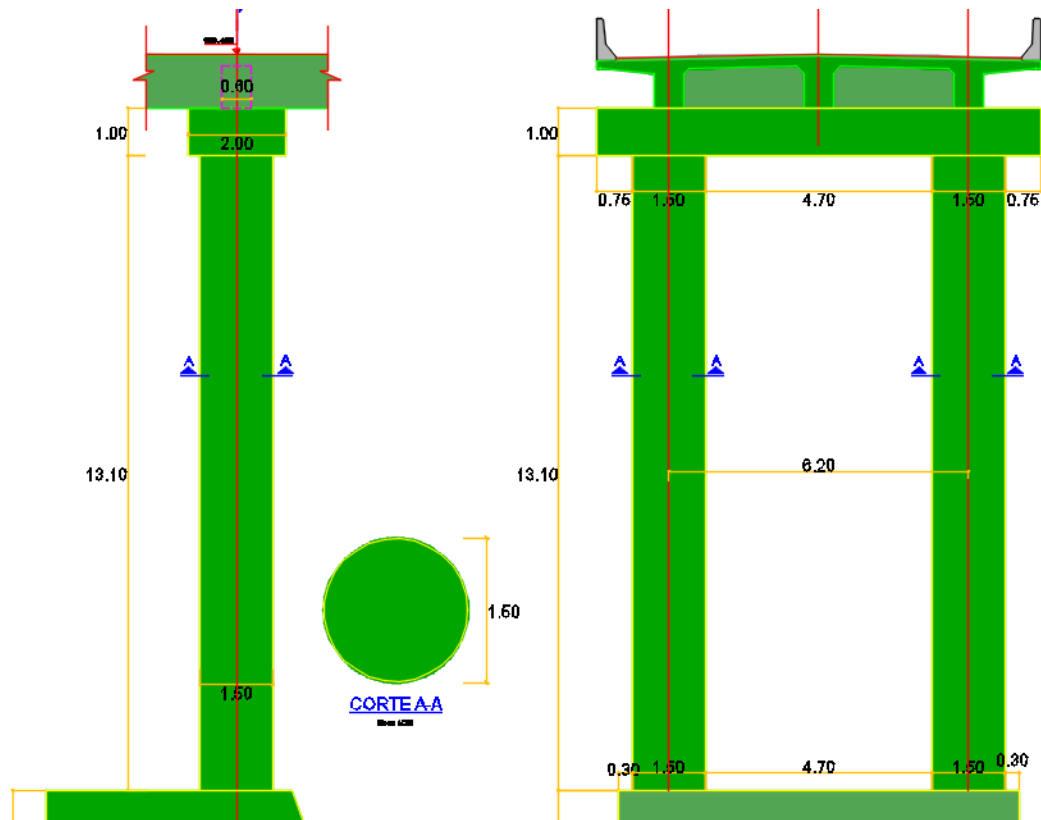


Figura 57: Elevación (izquierda) y vista frontal (derecha) de pilares de arranque

La vinculación de este pilar con el tablero es completamente rígida.

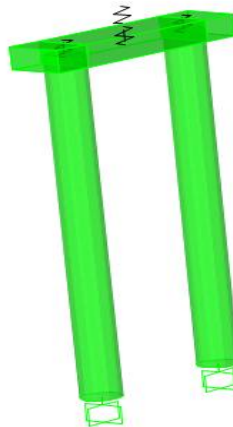


Figura 58: Modelo de pilar de arranque del puente

3.4 MODELAMIENTO DEL TABLERO DEL ACCESO

El tablero en el acceso es la estructura que va a balancear las cargas de tracción provenientes del voladizo, al construirse cada uno de los vanos, este tramo del puente será el más traccionado y descargará dicha tracción hacia los anclajes en roca. La sección transversal del tablero en el tramo de acceso consta

de un tablero viga losa de 3 vigas al igual que en los paños del reticulado (Ver figura 60)



Figura 59: Modelo de tirante para balancear voladizos sucesivos

Al ser esta estructura de concreto requiere refuerzo activo para contrarrestar las fuerzas de tracción debido al trabajo en voladizo, el cuerpo del tablero está preparado en espacio para soportar todas las familias de cables de postensado que se utilizarán en cada paño de voladizo. La distribución de familias de tendones se puede apreciar en la tabla N°1.

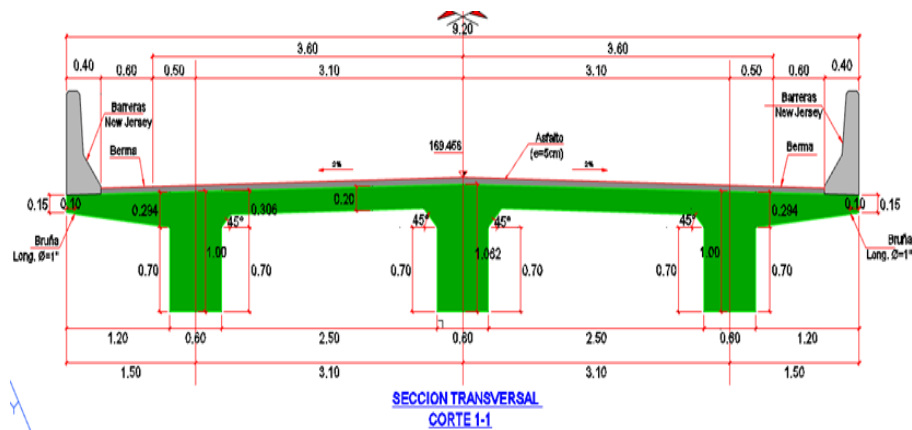


Figura 60: Sección transversal de tablero (Brida superior del reticulado de altura variable)

Property Data

Section Name: TABLERO

Properties

Cross-section (axial) area	3.3122	Section modulus about 3 axis	0.4185
Moment of Inertia about 3 axis	0.2851	Section modulus about 2 axis	4.8786
Moment of Inertia about 2 axis	22.4414	Plastic modulus about 3 axis	0.7574
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	7.3465
Shear area in 2 direction	1.7732	Radius of Gyration about 3 axis	0.2934
Shear area in 3 direction	1.729	Radius of Gyration about 2 axis	2.603
Torsional constant	0.17	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

OK

Figura 61: Propiedades de la sección transversal. Unidades (S.I)

3.5 MODELAMIENTO SECUENCIA TRIANGULADA #1 EN VOLADIZO

Una secuencia triangulada en voladizo viene a ser una etapa bastante simple en la cual conformando un triángulo por elementos tipo barras se llega a ser estable inclusive para soportar cargas.

3.5.1 MODELAMIENTO DE ARCO Y DIAGONAL

En una secuencia constructiva la estabilidad se consigue al conformar un triángulo entre la diagonal y el elemento de arco de la brida inferior del reticulado. Para el proyecto materia de tesis solo sería necesario posicionar una grúa en el eje del pilar de arranque para las maniobras de izaje y posicionamiento del arco

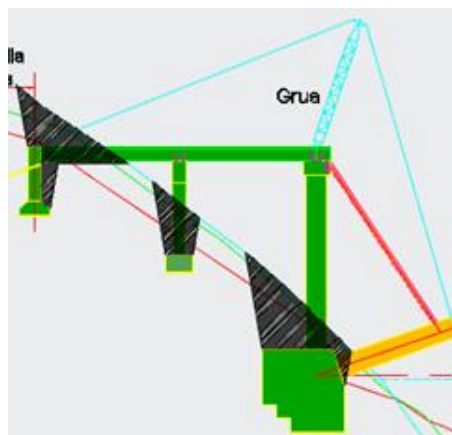
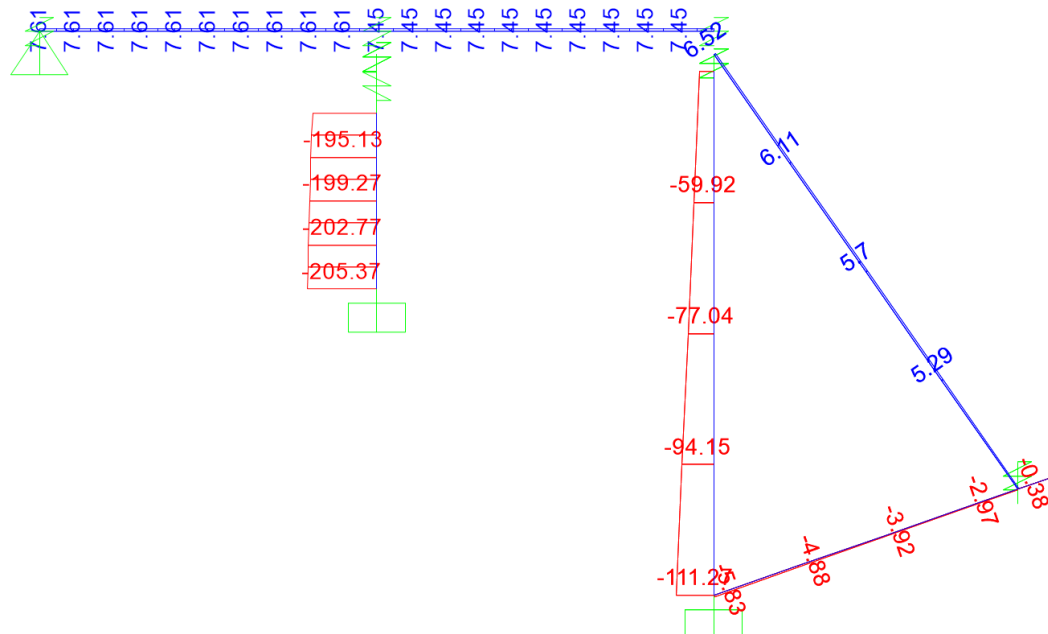
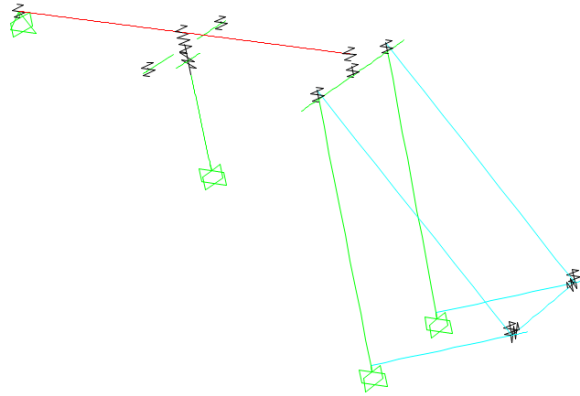


Figura 62: Configuración estructural de secuencia triangulada



3.5.2 MODELAMIENTO DE MONTANTE

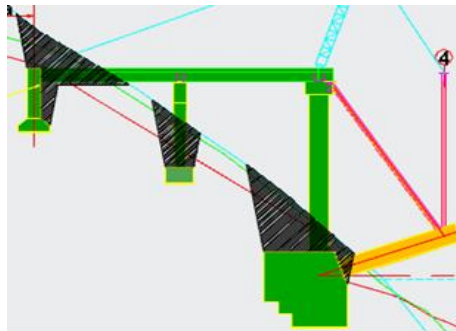


Figura 65: Montaje de la primera montante

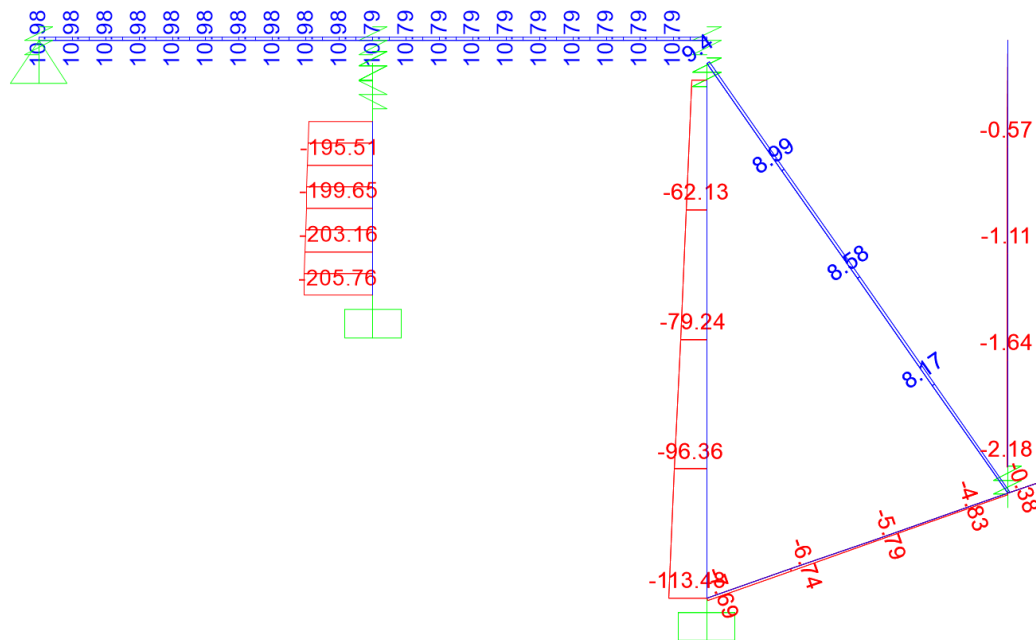


Figura 66: Resultados de las cargas axiales al actuar el peso de primera montante

3.5.3. MODELAMIENTO DE PRIMER PAÑO DE TABLERO EN VOLADIZO

Una vez montado el primer montante se acopla un sistema de encofrado metálico a estas montantes y al pilar de arranque, sobre este encofrado se realizara el vaciado del tramo de losa, en este momento el concreto se encuentra en estado fresco y no aporta con rigidez al sistema, el triángulo estable junto con la montante de deflectarán y el encofrado se deformara por acción del peso del concreto en estado fresco. El peso del concreto a vaciar es de 76.50t. El peso del encofrado será aproximadamente de 23.97t según se muestra en el anexo 04.

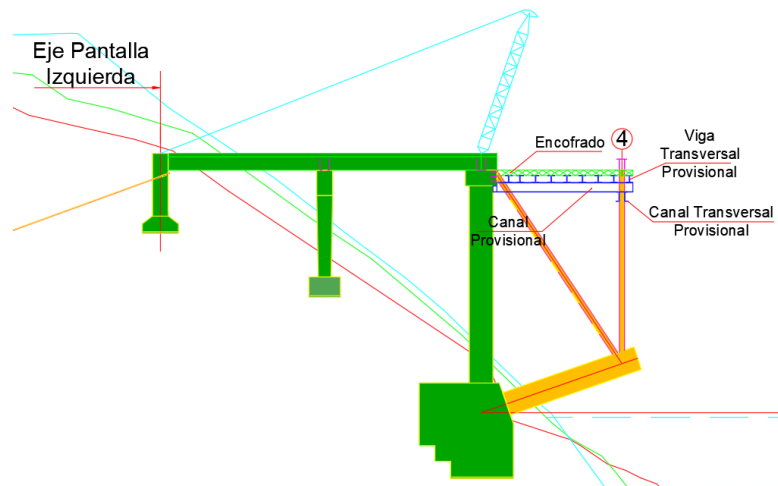


Figura 67: encofrado del primer tramo de losa

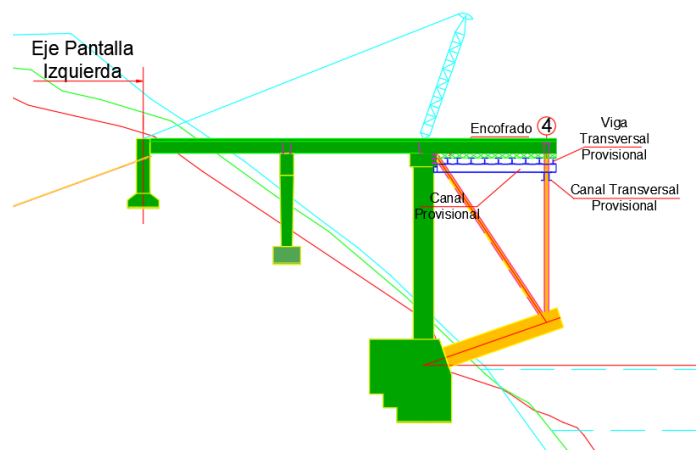


Figura 68: vaciado del primer tramo de losa

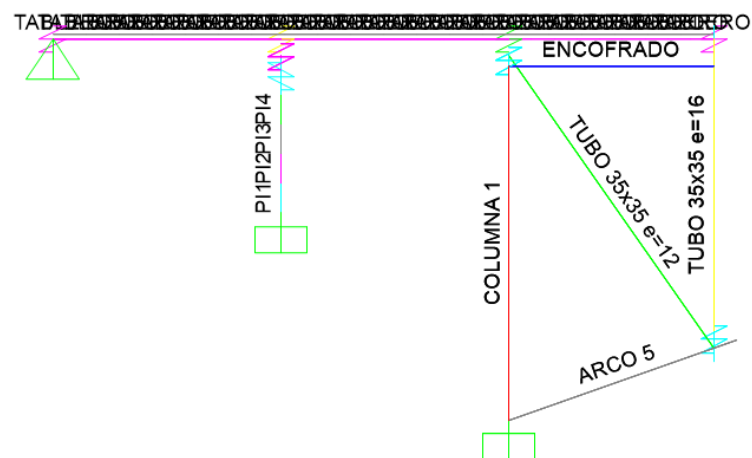
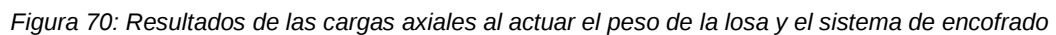


Figura 69: Modelo de Primera montante y primer tramo de losa.



Al endurecer el tablero tiene la forma del encofrado deformado, y ya aporta a la rigidez, en este momento empiezan a actuar los efectos del acortamiento por fragua, los efectos del creep también se inician sin embargo al no tener este tramo una carga de postensado sostenida, el valor es muy bajo, los efectos del creep por cargas verticales tampoco actuarán significativamente debido a que el encofrado es quien retiene las cargas de gravedad. Después de 14 días se realizará el postensado del tramo vaciado teniendo los cables de postensar anclaje muerto en la zona extrema del puente (zona de conexión con la roca) y anclaje vivo en el extremo en voladizo, este efecto hará que el tablero se defleccione hacia arriba. Al retirar el encofrado inmediatamente después de realizado el postensado el nudo izquierdo se flexionará y el derecho no debido a la proporción de rigidez de los elementos que concurren. Se mencionó anteriormente que todas las familias de cables del tablero, los cuales son necesarios para que este pueda trabajar como brida superior, empiezan en la pantalla de anclaje, viajan a través de ductos y terminan al finalizar cada paño de tablero, en la imagen se puede apreciar a nivel del tablero una línea adicional que representa la familia de tendones correspondientes a ese paño en voladizo, dicha familia de tendones puede ser representado como un tendón con área equivalente ya que coincide con el centroide equivalente de la familia real.

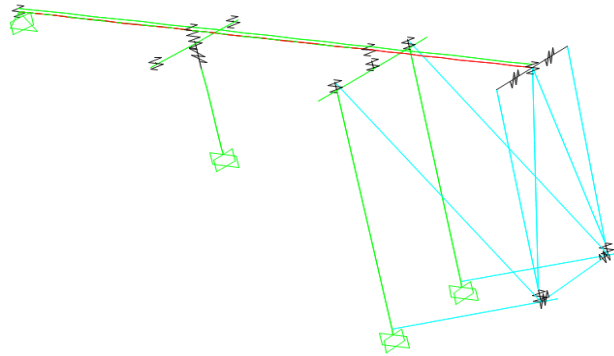


Figura 71: Modelamiento de familia 1 de tendones

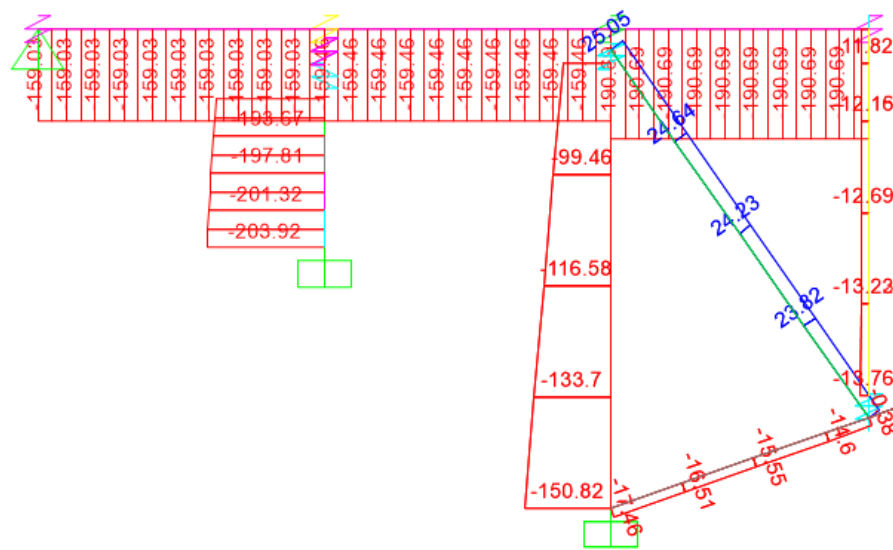


Figura 72: Resultados de las cargas axiales al realizar el postensado y retirar el encofrado

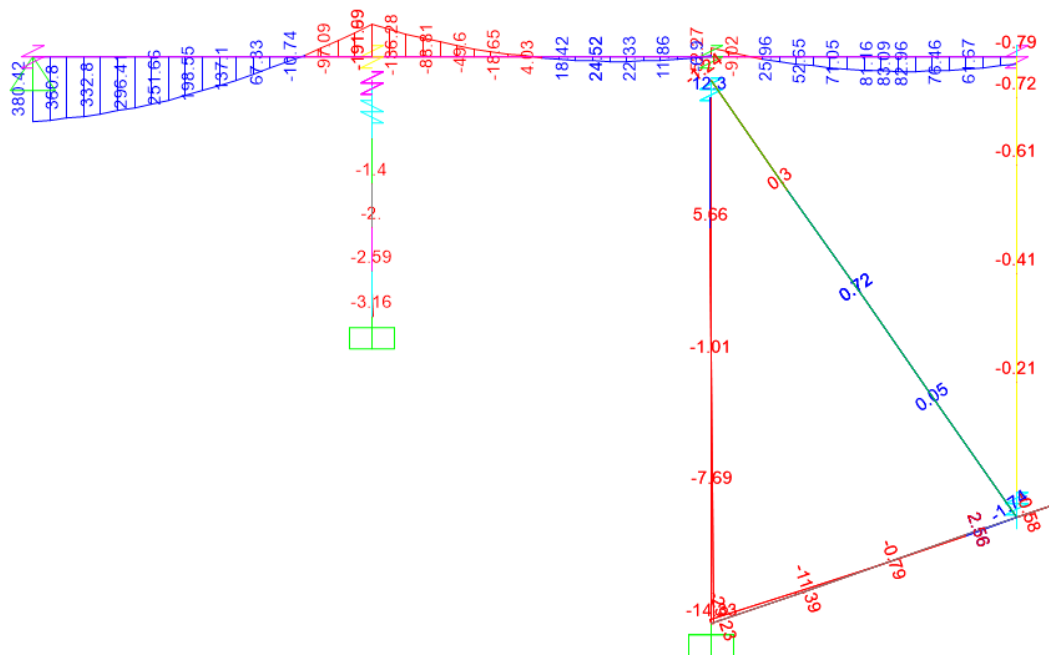


Figura 73: Resultados de los momentos flectores al realizar el postensado y retirar el encofrado

3.6 MODELAMIENTO SECUENCIA TRIANGULADA #2 EN VOLADIZO

En esta etapa ya se tiene un paño postensado construido el cual servirá como punto de partida para montar el 2do paño.

3.6.1 MODELAMIENTO DE ARCO Y DIAGONAL

Los pesos de los elementos montados generan tracción en la brida superior, siendo esta de concreto requieren estar suficientemente presforzadas para no fisurarse. Se modela el segundo triángulo estable, se debe aclarar que este triángulo cuenta con viga riostra entre arcos.



Figura 74: Modelamiento de secuencia triangulada #2.

3.6.2 MODELAMIENTO DE MONTANTE

La segunda secuencia triangulada, etapa cuya configuración es estable, es capaz de recibir la carga puntual proveniente de la montante sin problemas, dicha disposición estructural es ideal para preparar la etapa de vaciado del concreto y lograr el paño estable.

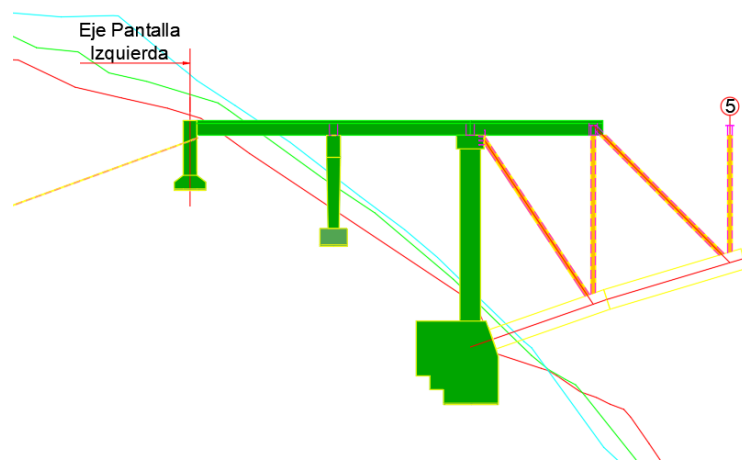


Figura 75: Modelamiento de segunda montante y segundo tramo de losa

3.6.3 MODELAMIENTO DE SEGUNDO PAÑO DE TABLERO EN VOLADIZO

Una vez montado la segunda montante se acopla el sistema de encofrado metálico a estas montantes y a las montantes del vano 1, sobre este encofrado se realizara el vaciado del tramo de losa, en este momento el concreto se encuentra en estado fresco y no aporta con rigidez al sistema, el triángulo estable junto con la montante de deflectarán y el encofrado se deformara por acción del peso del concreto en estado fresco. El peso del concreto a vaciar es de 85.00t. El peso del encofrado será aproximadamente de 26.63t tal como se muestra en el anexo 04.

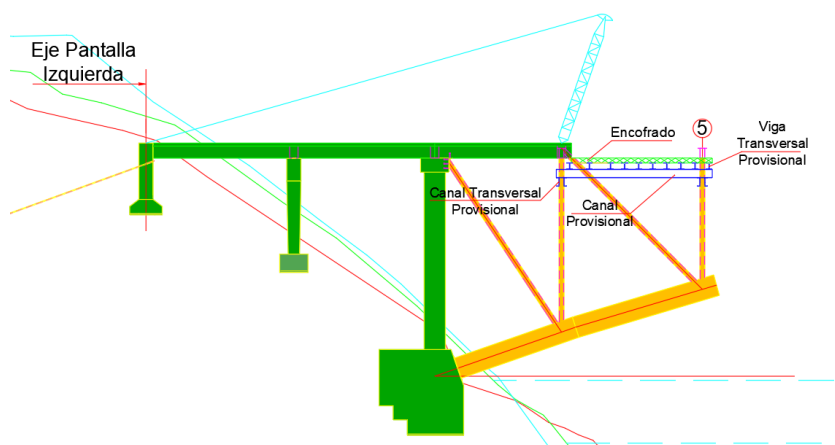


Figura 76: encofrado del segundo tramo de losa

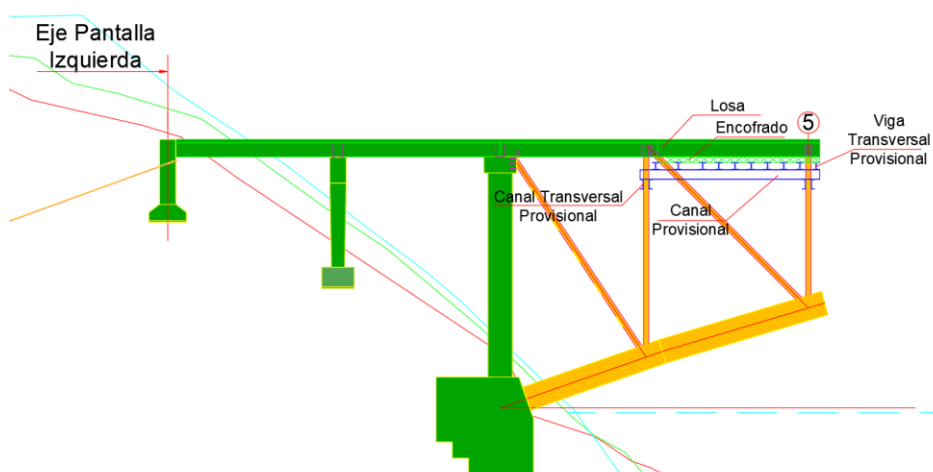


Figura 77: Vaciado del segundo tramo de losa

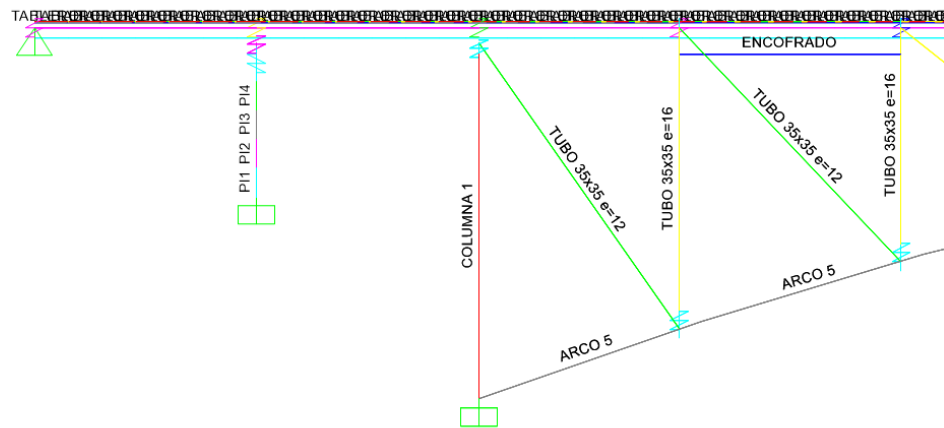


Figura 78: Modelo de segunda montante y segundo tramo de losa

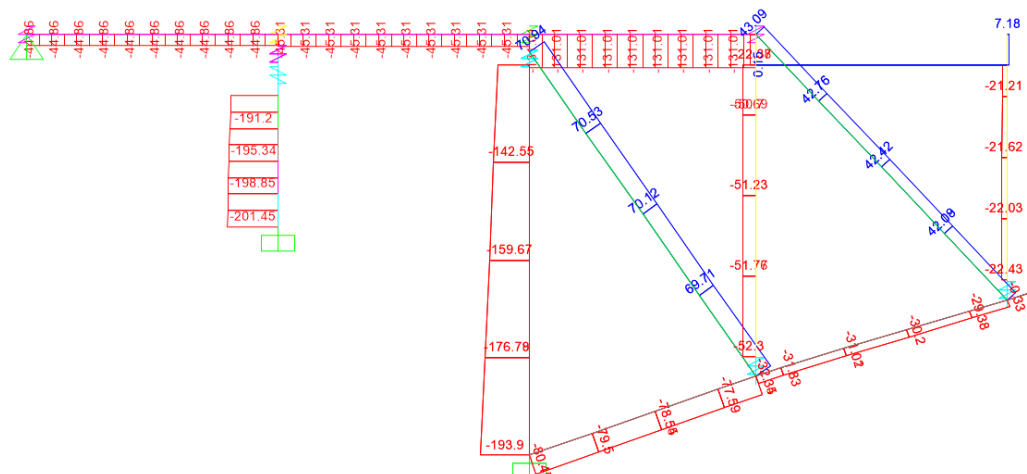


Figura 79: Resultados de las cargas axiales al actuar el peso de la losa y el sistema de encofrado

3.6.4 MODELAMIENTO DE SEGUNDA FAMILIA DE POSTENSADO

Al endurecer el tablero tiene la forma del encofrado deformado, y ya aporta a la rigidez, en este momento empiezan a actuar los efectos del acortamiento por fragua, los efectos del creep también se inician sin embargo al no tener este tramo una carga de postensado sostenida, el valor es muy bajo, los efectos del creep por cargas verticales tampoco actuarán significativamente debido a que el encofrado es quien retiene las cargas de gravedad. Después de 14 días se realizará el postensado del tramo vaciado teniendo los cables de postensar anclaje muerto en la zona extrema del puente (zona de conexión con la roca) y anclaje vivo en el extremo en voladizo, este efecto hará que el tablero se deflecte hacia arriba. Al retirar el encofrado inmediatamente después de realizado el

postensado el nudo izquierdo se flexionará y el derecho no debido a la proporción de rigidez de los elementos que concurren. Se mencionó anteriormente que todas las familias de cables del tablero, los cuales son necesarios para que este pueda trabajar como brida superior, empiezan en la pantalla de anclaje, viajan a través de ductos y terminan al finalizar cada paño de tablero, en la imagen se puede apreciar a nivel del tablero una línea adicional que representa la familia de tendones correspondientes a ese paño en voladizo, dicha familia de tendones puede ser representado como un tendón con área equivalente ya que coincide con el centroide equivalente de la familia real.

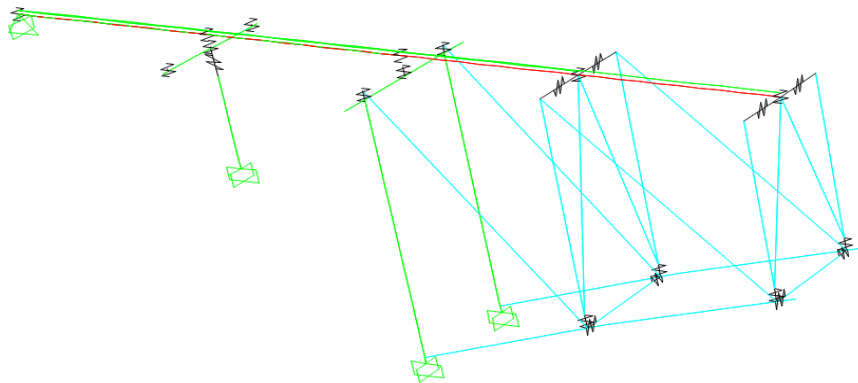


Figura 80: Modelamiento de familia 2 de tendones

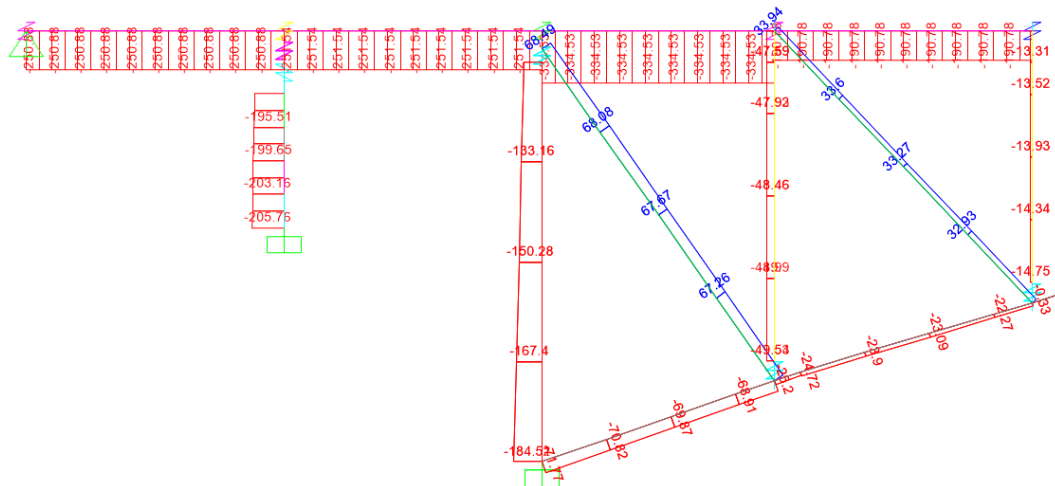


Figura 81: Resultados de las cargas axiales al realizar el postensado y retirar el encofrado

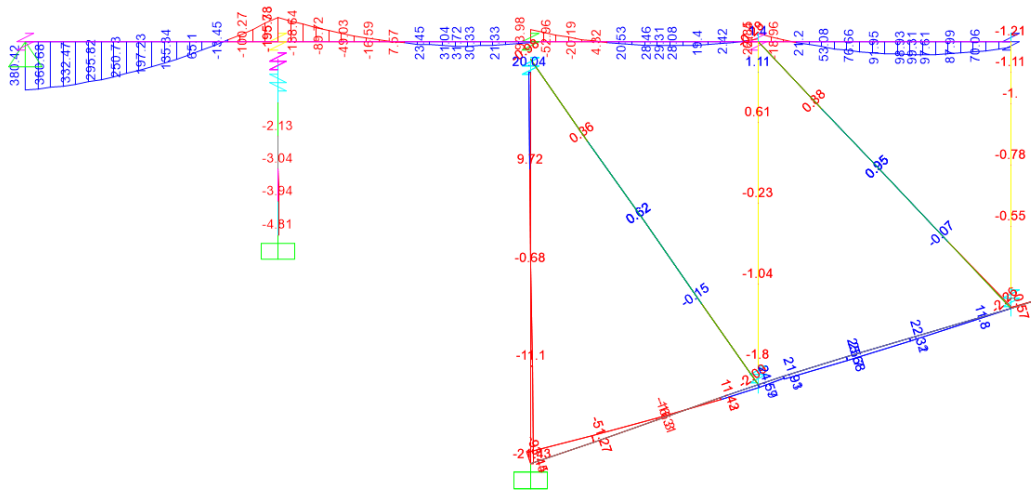


Figura 82: Resultados de momentos flectores al realizar el postensado y retirar el encofrado

3.7 MODELAMIENTO SECUENCIA TRIANGULADA #3 EN VOLADIZO

Se repiten la secuencia de los triángulos estables, vaciado y postensado del tercer paño tal como se explicó para el paño 1 y 2.



Figura 83: Modelamiento de voladizo #3.



Figura 84: Modelamiento de familia 3 de tendones

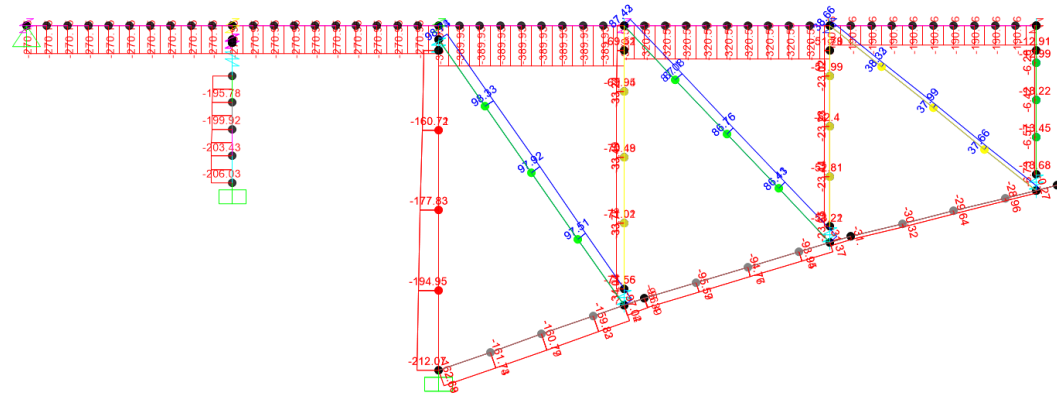


Figura 85: Resultados de cargas axiales en voladizo 3

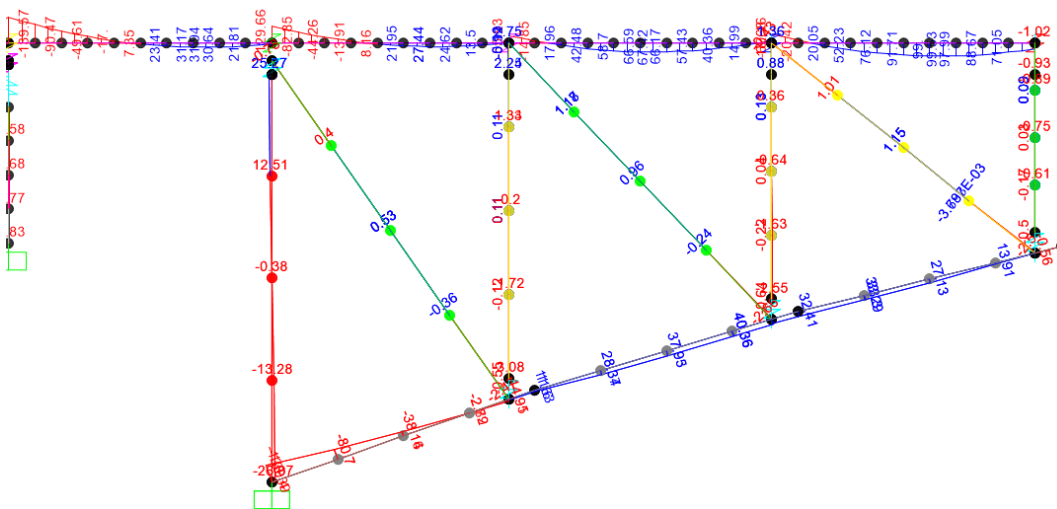


Figura 86: Resultados de momentos flectores en voladizo 3

3.8 MODELAMIENTO SECUENCIA TRIANGULADA #4 EN VOLADIZO

Se repiten la secuencia de los triángulos estables, vaciado y postensado del cuarto paño tal como se explicó para el paño 1 y 2.



Figura 87: Modelamiento de voladizo #4



Figura 88: Modelamiento de familia 4 de tendones

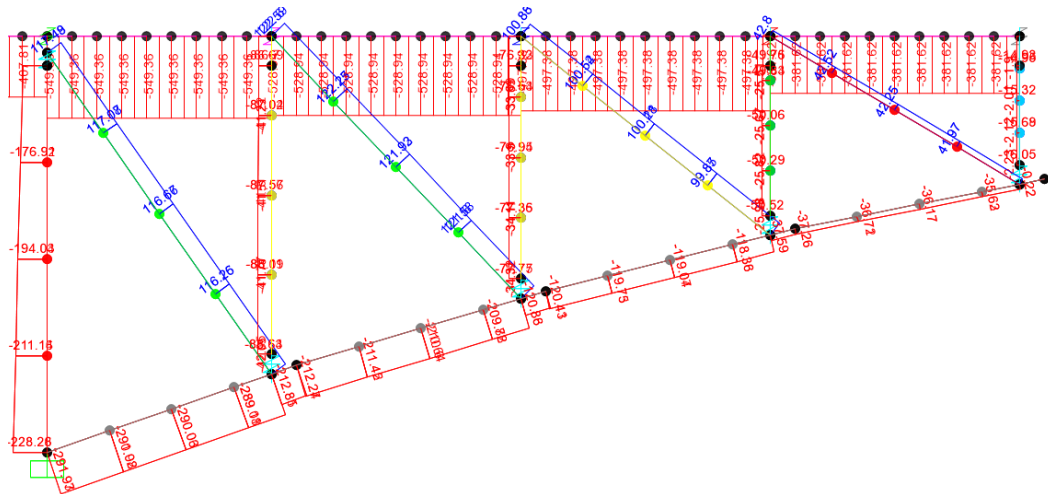


Figura 89: Resultados de cargas axiales en voladizo 4

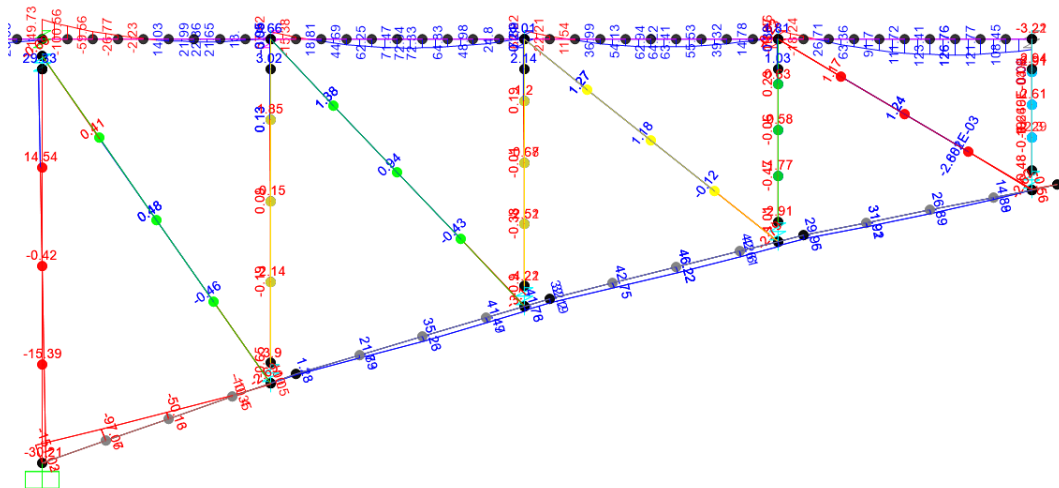


Figura 90: Resultados de momentos flectores en voladizo 4

3.9 MODELAMIENTO SECUENCIA TRIANGULADA #5 EN VOLADIZO

Se repiten la secuencia de los triángulos estables, vaciado y postensado del quinto paño tal como se explicó para el paño 1 y 2.

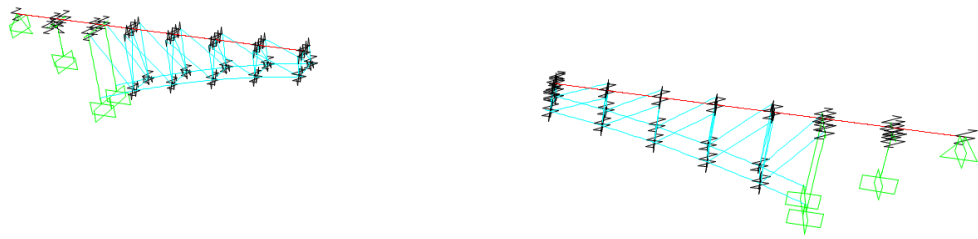


Figura 91: Modelamiento de voladizo #5

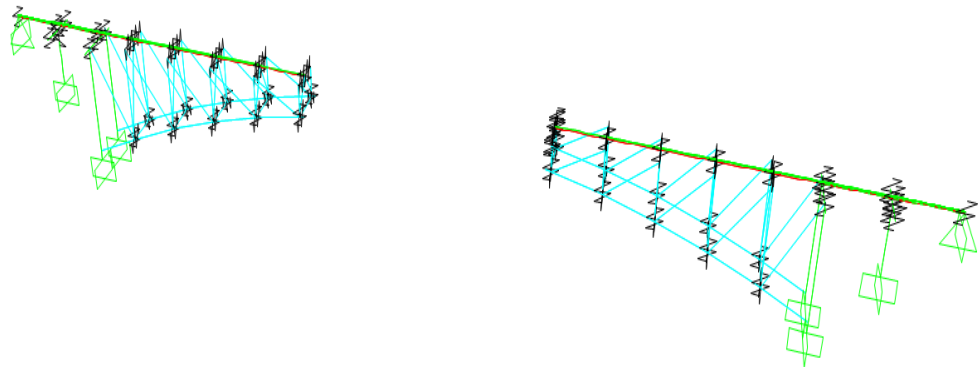


Figura 92: Modelamiento de familia 5 de tendones

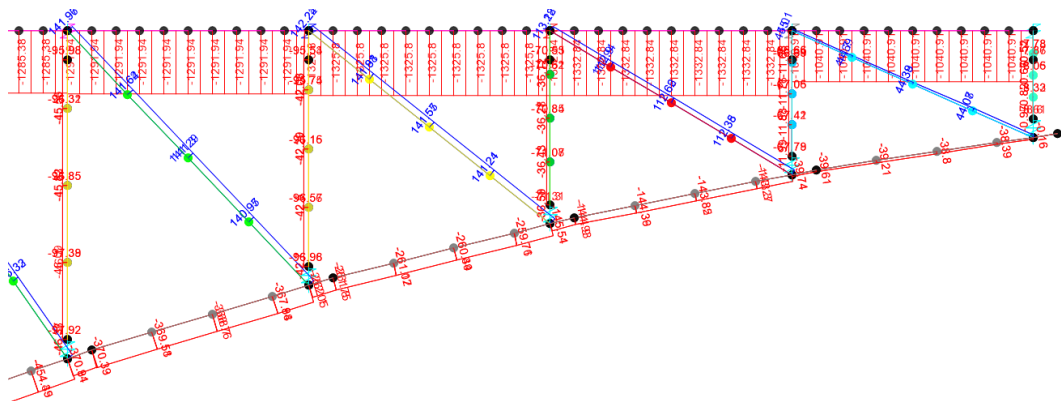


Figura 93: Resultados de cargas axiales en voladizo 5

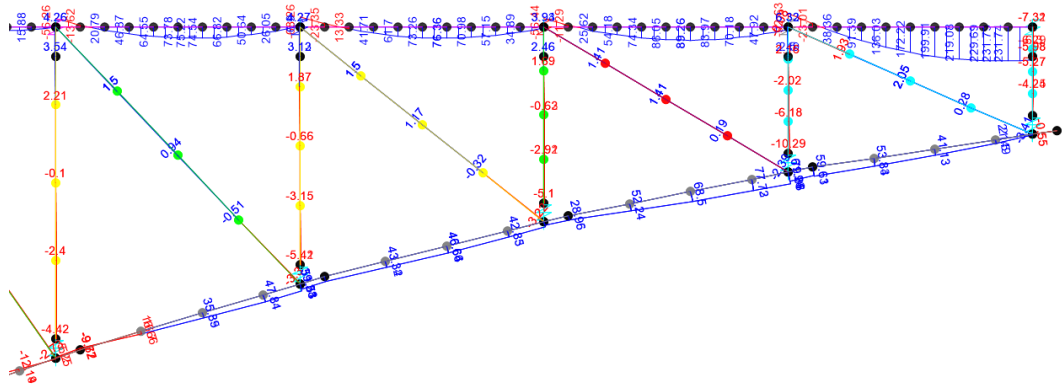


Figura 94: Resultados de momentos flectores en voladizo 5

3.10 MODELAMIENTO SECUENCIA TRIANGULADA #6 EN VOLADIZO

Se repiten la secuencia de los triángulos estables, vaciado y postensado del sexto paño tal como se explicó para el paño 1 y 2.

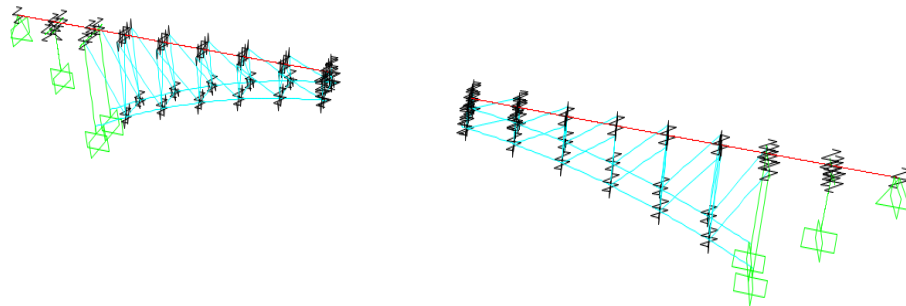


Figura 95: Modelamiento de voladizo #6

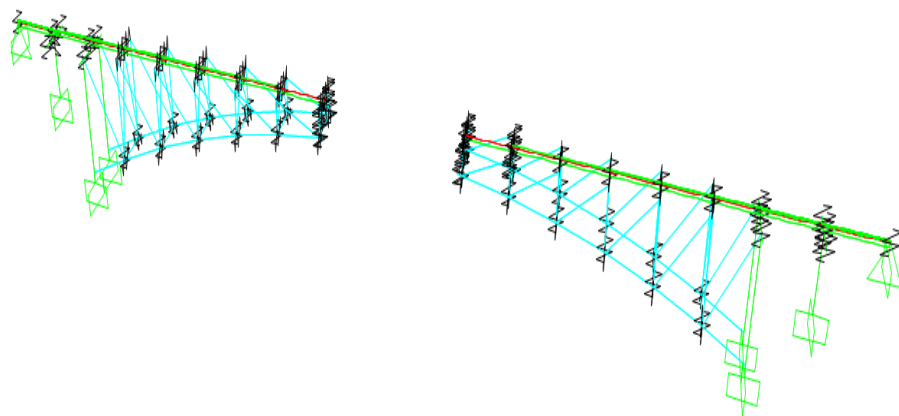


Figura 96: Modelamiento de familia 6 de tendones

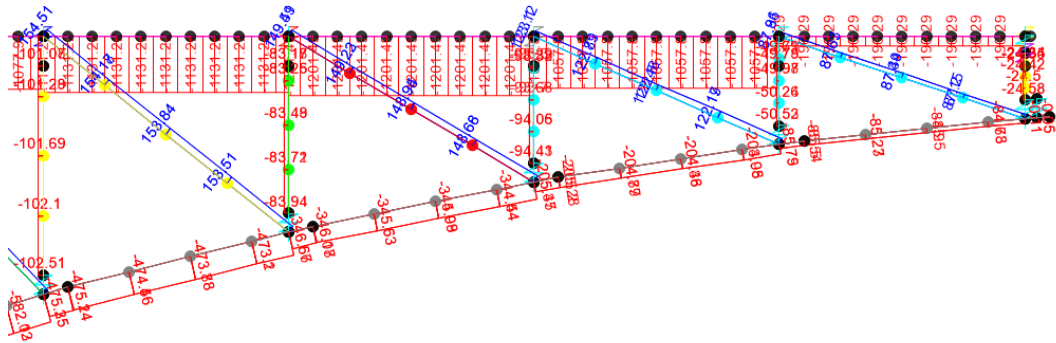


Figura 97: Resultados de cargas axiales en voladizo 6

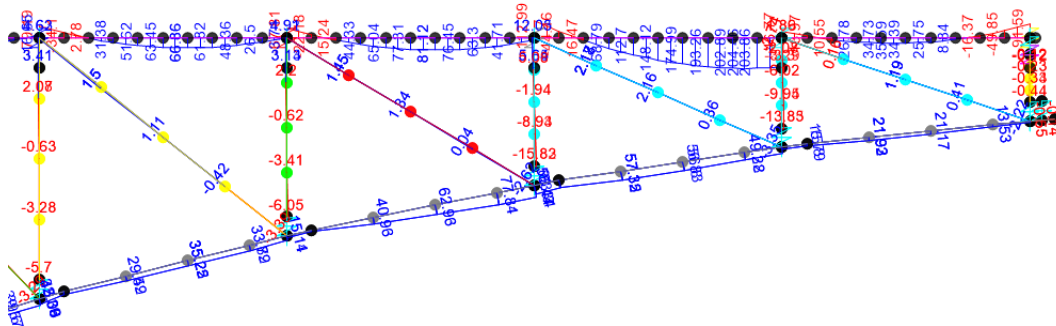


Figura 98: Resultados de momentos flectores en voladizo 6

3.11 MODELAMIENTO DE CIERRE DE BRIDA INFERIOR

Una vez completados los 6 paños las grúas de ambos frentes izan la estructura metálica (arco principal del tramo central) correspondiente a la brida inferior y la posicionan para completar el arco.

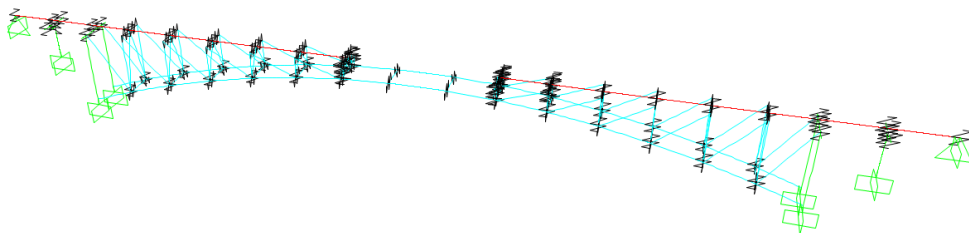


Figura 99: Modelamiento de cierre de brida inferior

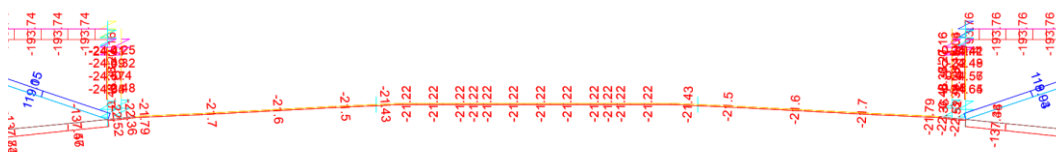


Figura 100: Resultados de cargas axiales en cierre de brida

3.13 MODELAMIENTO DE TABLERO EN TRAMO CENTRAL

El tramo central donde se encuentra la junta de expansión y contracción requiere de otras columnas para soportar el tablero es por ello que se colocan apoyadas en el tramo central recién colocado.

El tramo central de concreto armado es el tramo de tablero comprendido entre ambas juntas de expansión y se coloca encima del tramo central del arco principal y las dos columnas del tramo central que se acaban de colocar, dicho tramo está dividido en 3, dos de los cuales no se conectan al arco y el tercero central, de peralte variable, que se conecta a este mediante conectores de corte como lo muestra la figura (103).

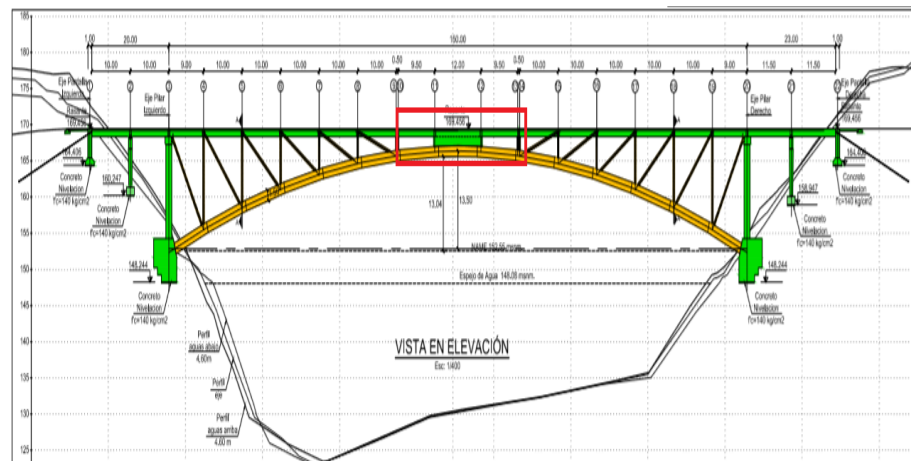


Figura 101: Ubicación de tramo de tablero central

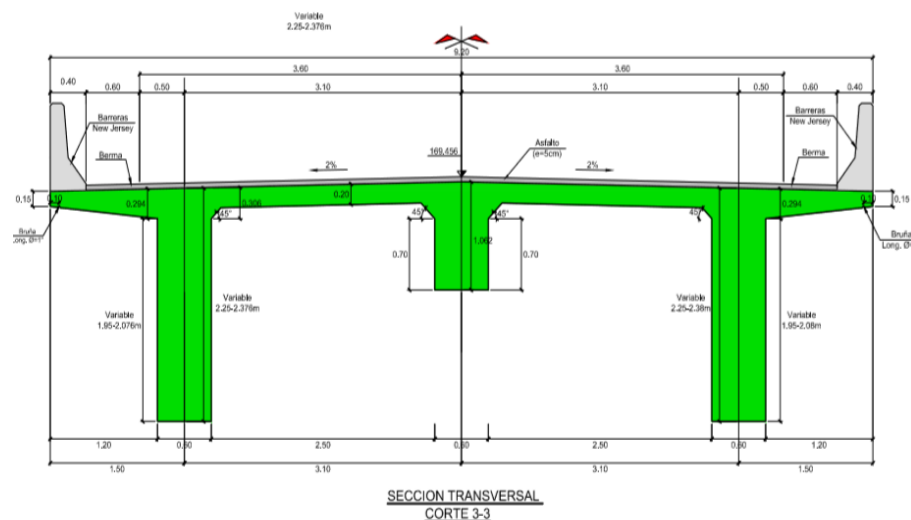


Figura 102: Sección transversal de tablero central

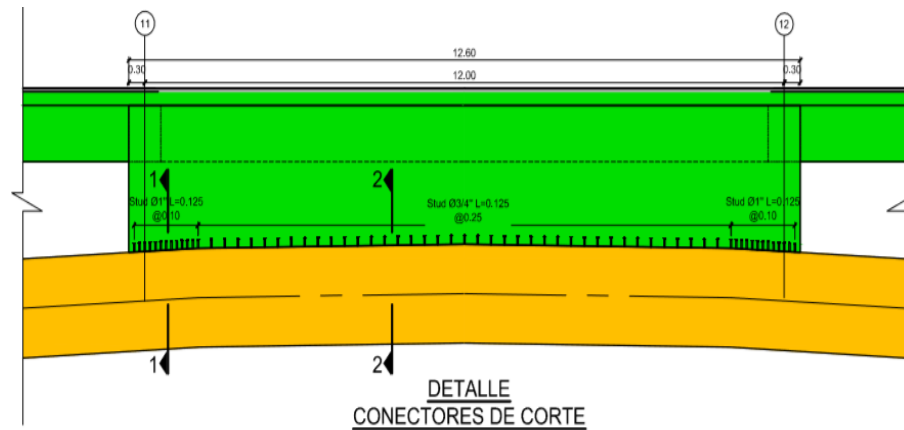


Figura 103: Vista en elevación de tramo central

Los conectores de corte se representan en el modelo mediante links rígidos entre el alma de concreto y el arco metálico.

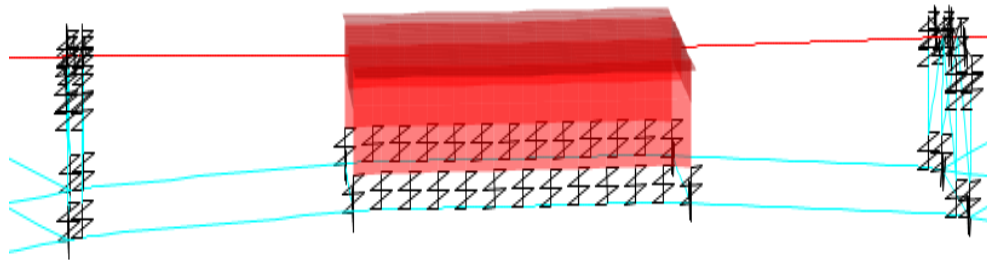


Figura 104: Vista en elevación del modelamiento de tramo central

Se aprecia que el tramo central se modela como elementos frame en los extremos y como elementos Shell en el centro, en el centro se hace esta variación ya que al incrementar el tamaño de las almas de las vigas exteriores toma importancia el efecto de comportamiento transversal a manera de pórtico del tablero de concreto, estos dos tipos de elementos se conectan mediante elementos constrains o esclavos en el punto de encuentro.

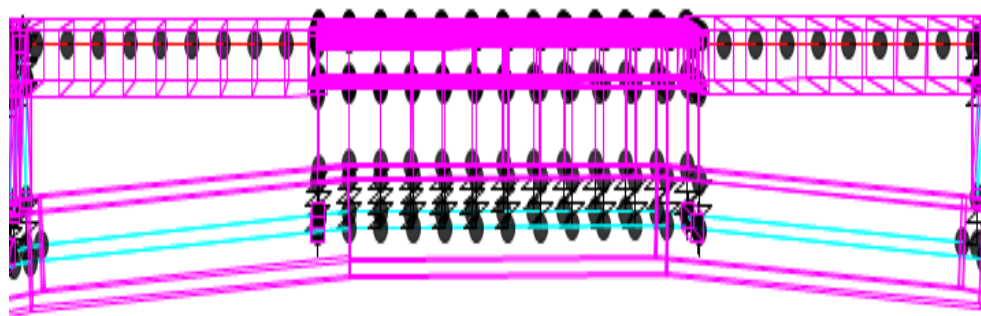
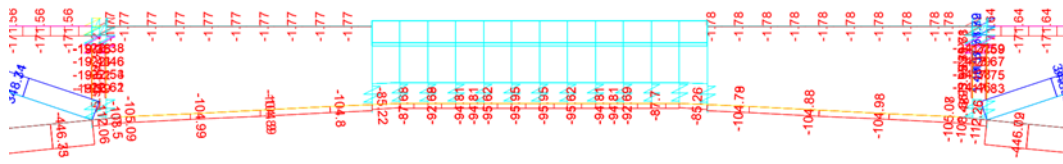


Figura 105: Vista en elevación extruida de modelo matemático de tramo central



CAPITULO IV: COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES

Los materiales empleados en la construcción del puente serán el acero estructural y el concreto (armado y postensado). El presente capítulo se orienta a comprender de manera simple los efectos que generan las acciones reológicas debido a los efectos del tiempo, los mismos que traducidos a fuerzas y deformaciones generan esfuerzos internos en la estructura en su conjunto. Estos esfuerzos internos se generan en estructuras hiperestáticas.

$$f'_c =$$

$$350 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{Resistencia mínima especificada del concreto del tablero}$$

$$f_y = 3500 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{Esfuerzo de fluencia del acero estructural}$$

$$f_{pu} = 18900 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{Esfuerzo de rotura de torones ASTM A416 Gr270}$$

En la determinación del comportamiento de los materiales se empleará el principio de superposición para la determinación de las deformaciones totales como sumatoria de las deformaciones producidas por los cambios ocurridos en cada intervalo de tiempo (Honarvar, Sritharan, & Rouse, 2017).

4.1 CONSTRUCCIÓN DE CURVA CARACTERÍSTICA DEL CREEP

Las características del creep de los materiales de construcción se definen mediante el coeficiente de creep $\psi = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_e}$ (RUSCH, et al, 1983).

De acuerdo a la norma AASHTO (2014) en coeficiente de creep se define como:

$$\psi_{(t,t_i)} = 1.9k_s k_{hc} k_f k_{td} t_i^{-0.118} \quad (1)$$

En lo cual:

$$k_s = 1.45 - 0.13 \left(\frac{V}{S} \right) \geq 1.0$$

$$k_{hc} = 1.56 - 0.008H$$

$$k_f = \frac{5}{1 + f'_{ci}}$$

$$k_{td} = \left(\frac{t}{61 - 4f'_{ci} + t} \right)$$

Donde:

k_s = factor por efecto de la relación volumen
– superficie del componente

k_{hc} = factor de humedad para la fluencia

k_f = factor por efecto de la resistencia del concreto

k_{td} = factor de desarrollo de tiempo

En el caso del puente materia de tesis se definió la sección transversal como de vigas T tal como muestra la figura 107, esta sección se ha considerado como la sección típica del puente ya que es la que está presente en su mayoría, pero cabe mencionar que de manera discreta en la zona de diafragmas del tablero se presentan algunas variaciones, la figura 108 muestra la sección transversal en la zona de diafragmas.

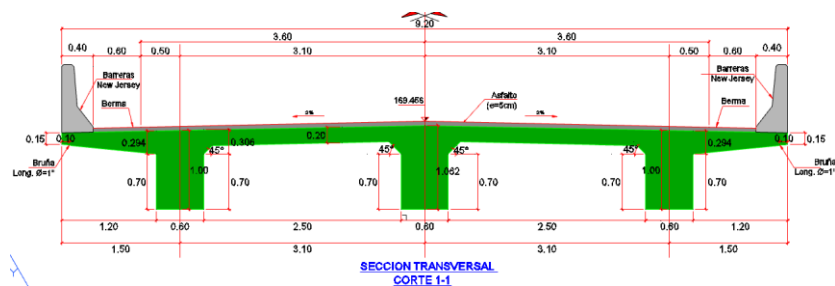


Figura 107: sección transversal de tablero del puente

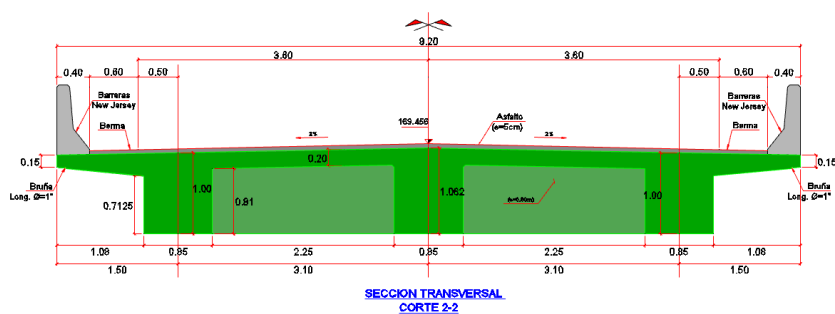


Figura 108: sección transversal de tablero del puente en zona de diafragma

Para la construcción de la curva de creep se considerará la sección transversal de la figura (107), para los fines de determinar el factor de proporción V/S. Dicha sección transversal tiene las siguientes características geométricas.

Tabla 2: Parámetros de la sección para elaboración de curvas por efecto diferido.

A(m ²)	3.40
P(m)	23.20
V/S(in)	5.77
Ks	1.00
H(%)	80.00
Khs	0.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Evolución de la deformación unitaria por efecto del creep.

$\Psi(t, t_i)$	ktd	t (días)
0.0000	0.0000	0
0.1045	0.0816	4
0.1932	0.1509	8
0.2695	0.2105	12
0.3358	0.2623	16
0.3939	0.3077	20
0.4453	0.3478	24
0.4911	0.3836	28
0.5321	0.4156	32
0.5690	0.4444	36
0.6025	0.4706	40
0.6329	0.4944	44
0.6608	0.5161	48
0.6863	0.5361	52
0.7316	0.5714	60
0.7704	0.6018	68
0.8041	0.6281	76
0.8337	0.6512	84
0.8597	0.6715	92
0.8829	0.6897	100
0.9037	0.7059	108
0.9224	0.7205	116
0.9548	0.7458	132
0.9818	0.7668	148
1.0046	0.7847	164
1.0242	0.8000	180
1.0412	0.8133	196
1.0561	0.8249	212
1.0692	0.8352	228
1.0809	0.8443	244
1.0914	0.8525	260
1.1008	0.8598	276
1.1250	0.8787	326
1.1434	0.8931	376
1.1579	0.9045	426
1.1697	0.9136	476
1.1794	0.9212	526
1.1875	0.9275	576
1.1944	0.9329	626
1.2004	0.9376	676
1.2055	0.9416	726
1.2101	0.9452	776
1.2141	0.9483	826
1.2177	0.9511	876
1.2209	0.9537	926
1.2411	0.9694	1426
1.2510	0.9772	1926
1.2569	0.9818	2426
1.2609	0.9849	2926
1.2637	0.9870	3426
1.2658	0.9887	3926
1.2674	0.9899	4426
1.2687	0.9909	4926
1.2697	0.9918	5426
1.2706	0.9925	5926
1.2714	0.9930	6426
1.2720	0.9935	6926
1.2725	0.9940	7426
1.2730	0.9944	7926
1.2735	0.9947	8426
1.2738	0.9950	8926
1.2742	0.9952	9426
1.2745	0.9955	9926
1.2748	0.9957	10426

Fuente: Elaboración propia

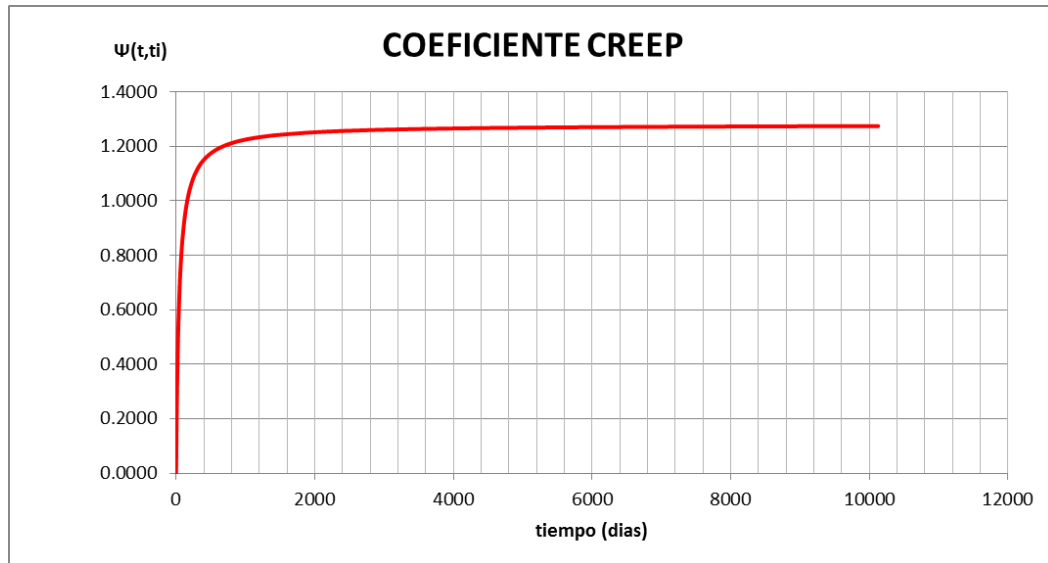


Figura 109: Grafico de comportamiento por Creep del concreto en el tiempo

4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DEL SHRINKAGE

De acuerdo a (RUSCH, et al, 1983) el shrinkage se define como la reducción de volumen en el concreto sin carga a temperatura constante. La causa primordial es la perdida de agua durante el proceso. La magnitud de esta deformación se define por medio de la deformación por shrinkage ϵ_{sh} .

De acuerdo a la norma AASHTO (2014) la deformación por shrinkage se define como:

$$\epsilon_{sh} = k_s * k_{hc} * k_f * k_{td} * 0.48 * 10^{-3} \quad (2)$$

En la cual:

$$k_{hc} = (2.00 - 0.014H)$$

Tabla 4: Evolución de la deformación unitaria por efecto del Shrinkage.

ϵ_{sh}	t (días)
0	0
3.4482E-05	4
6.3758E-05	8
8.8926E-05	12
0.00011079	16
0.00012997	20
0.00014692	24
0.00016202	28
0.00017554	32
0.00018773	36
0.00019878	40
0.00020883	44
0.00021801	48
0.00022644	52
0.00024137	60
0.00025419	68
0.00026531	76
0.00027505	84
0.00028366	92
0.00029131	100
0.00029816	108
0.00030434	116
0.00031501	132
0.00032391	148
0.00033145	164
0.00033792	180
0.00034353	196
0.00034844	212
0.00035277	228
0.00035663	244
0.00036008	260
0.00036319	276
0.00037117	326
0.00037725	376
0.00038204	426
0.00038592	476
0.00038911	526
0.00039179	576
0.00039407	626
0.00039604	676
0.00039775	726
0.00039925	776
0.00040058	826
0.00040176	876
0.00040282	926
0.00040465	1026
0.00040617	1126
0.00040744	1226
0.00040854	1326
0.00040948	1426
0.00041276	1926
0.00041471	2426
0.000416	2926
0.00041692	3426
0.00041761	3926
0.00041815	4426
0.00041858	4926
0.00041893	5426
0.00041922	5926
0.00041946	6426
0.00041967	6926
0.00041986	7426
0.00042002	7926
0.00042016	8426
0.00042028	8926
0.00042029	8976
0.0004203	9026
0.00042032	9076
0.00042033	9126
0.00042034	9176
0.00042035	9226
0.00042036	9276
0.00042037	9326
0.00042038	9376
0.00042039	9426
0.0004204	9476
0.00042041	9526
0.00042043	9626
0.00042045	9726
0.00042047	9826
0.00042049	9926
0.00042051	10026
0.00042053	10126

Fuente: Elaboración propia

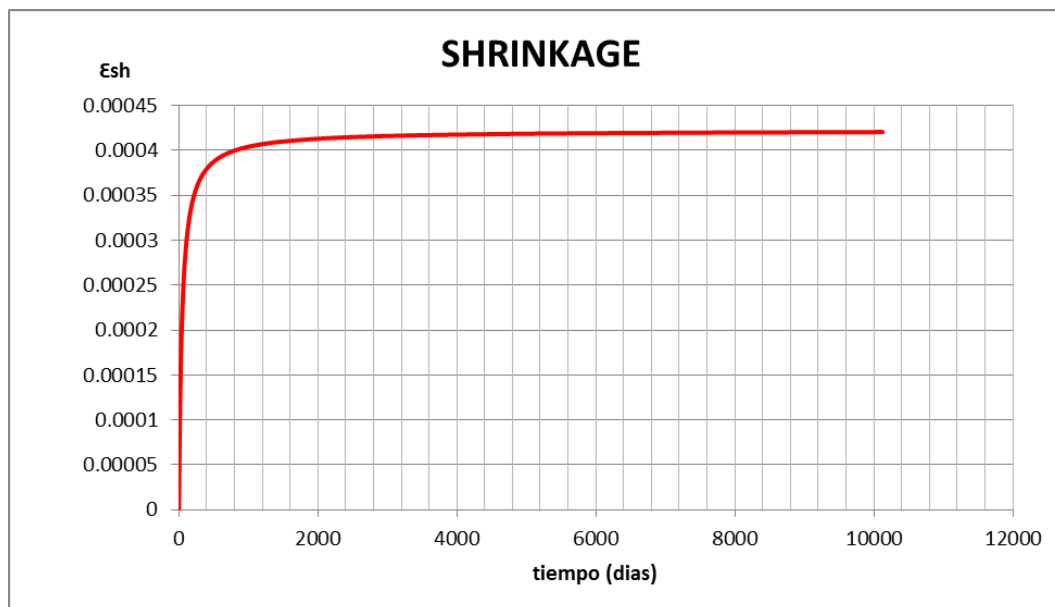


Figura 110: Grafico de comportamiento por Shrinkage del concreto en el tiempo

4.3. MODELOS SIMPLES PARA EXPLICAR LOS EFECTOS DIFERIDOS

Ya que el tablero es una estructura que se va a vaciar completa la explicación de sus efectos se va a realizar sobre aquellos que imponen las restricciones:

- Restricción al giro
- Restricción al desplazamiento

Los cálculos se van a hacer empleando modelos simples en el programa SAP 2000 en los cuales se consideran los efectos diferidos ingresando en el programa el comportamiento del concreto que describen las curvas elaboradas en la sección 4.2.

4.3.1 MODELO DE VERIFICACIÓN DE LOS EFECTOS EN EL DESPLAZAMIENTO

Para ello se va a realizar un modelo simple de una columna de 10m la sección de dicha columna tiene 1m^2 y se muestra en la figura 111, los detalles del material asignado a dicha sección se muestran en la figura 112. Se debe mencionar que todos los desplazamientos están en mm.

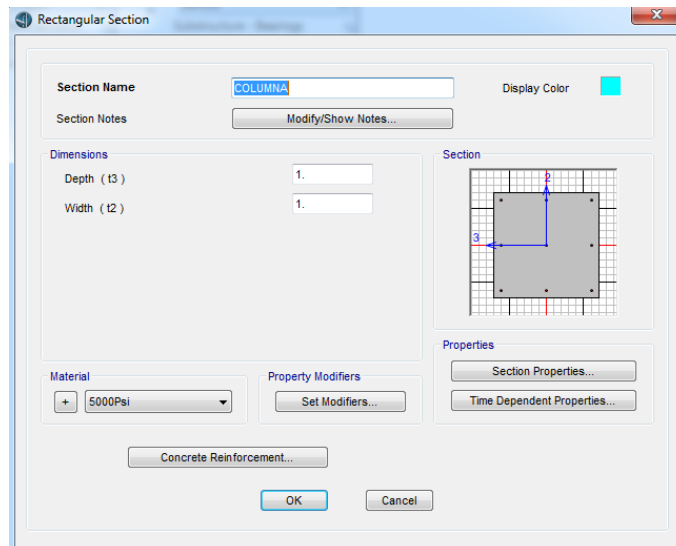


Figura 111: Sección transversal de modelo simplificado

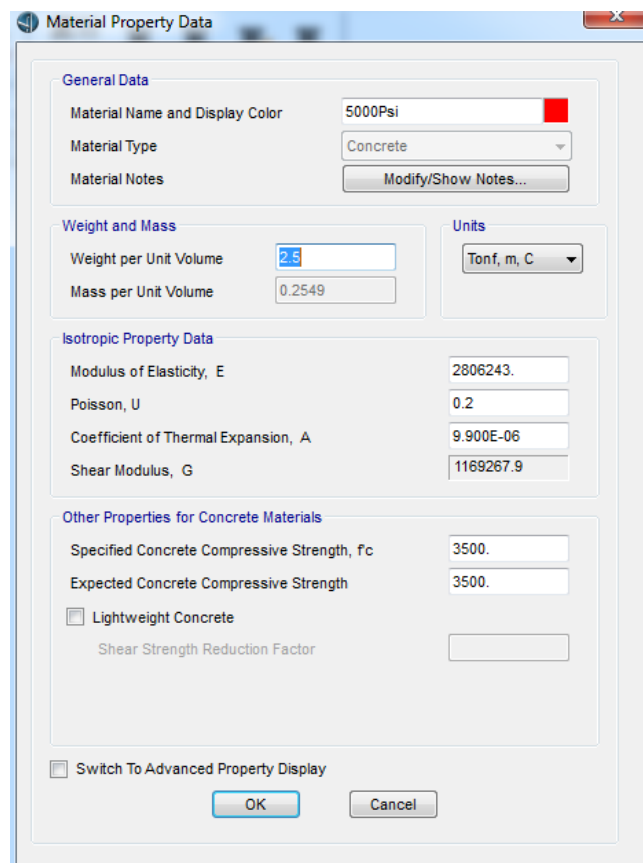


Figura 112: Propiedades del material

En la figura 113 y 114 se muestran los inputs correspondientes a los efectos diferidos

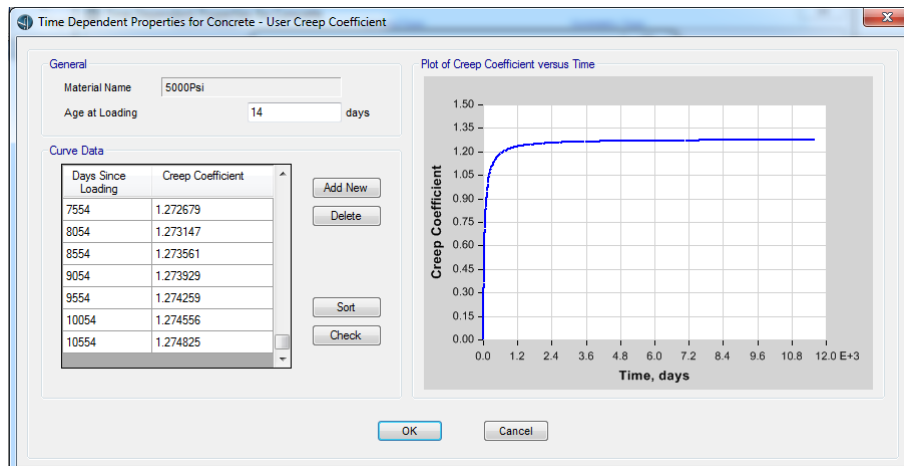


Figura 113: Input de datos de creep en el programa SAP2000

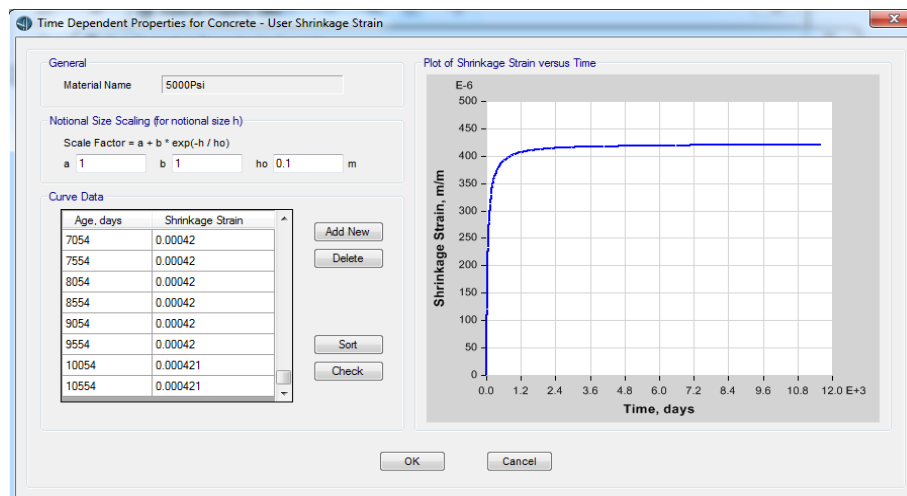


Figura 114: Input de datos de shrinkage en el programa SAP2000

Para el modelamiento de la columna simple se utilizó el elemento frame con extremo empotrado como muestra la figura (115).



Figura 115: Modelo de columna simple en el programa SAP2000

. La carga es de un tendón de postensar con una fuerza de 1000t tal como muestra la figura 116.

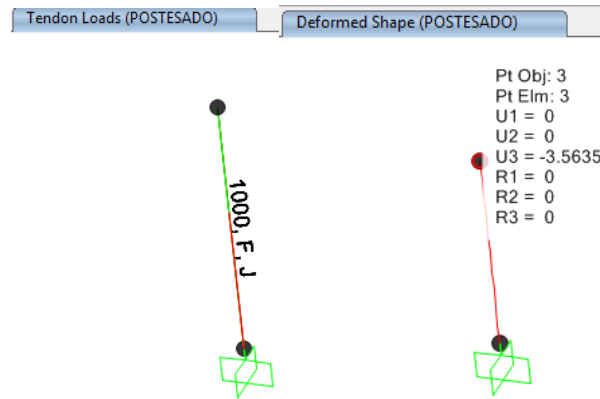


Figura 116: Modelo de columna con cable postensado en el programa SAP2000

Ahora se va a colocar esta acción de postensado y se evaluará que ocurre con esta deformación al transcurrir el tiempo, para ello se construirá un caso de análisis que tome en cuenta el transcurrir de los días a manera de proceso constructivo tal como se muestra en la figura (117), en este cuadro de análisis se puede ver que la etapa 1 (stage 1) representa la etapa de carga. Es importante que este análisis NO LINEAL tenga consideración en los efectos dependientes del tiempo.

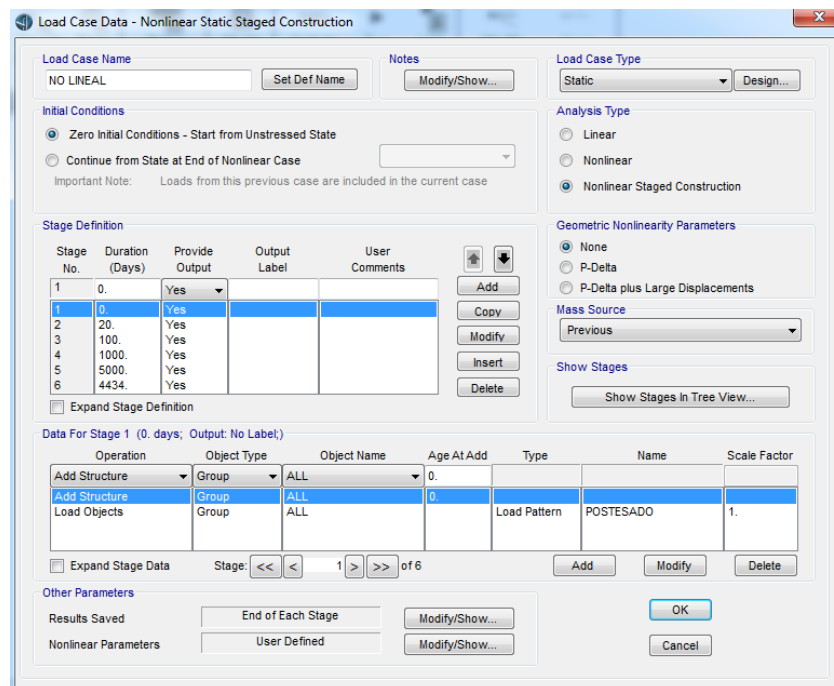


Figura 117: Secuencia constructiva de la columna especificada en el programa SAP2000

Adicionalmente se debe mencionar que en las sucesivas etapas (stage 2-6) solo se permite que transcurra el tiempo mas no se agrega carga alguna. Se realiza el análisis y se pueden apreciar los resultados en estas 6 etapas, revisemos la etapa 1 (stage 1: aplicación de la carga) en la figura 118 y podemos

comprobar que es exactamente igual al caso lineal de la figura 116, ahora veamos que ocurre cuando transcurre el tiempo. En la figura 119 se ven los resultados de la etapa 2 (stage 2: transcurridos 20 días) y en la figura 120 los de la etapa 6 (stage 6 transcurridos 10554 días). Las unidades se encuentran en mm.

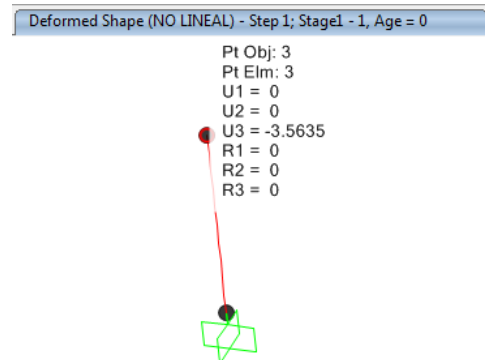


Figura 118: Deformación elástica instantánea.

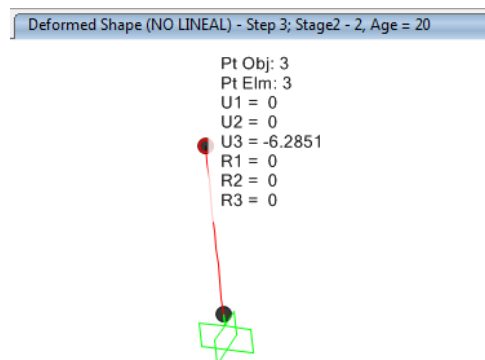


Figura 119: Evolución de la deformación al transcurrir 20 días.

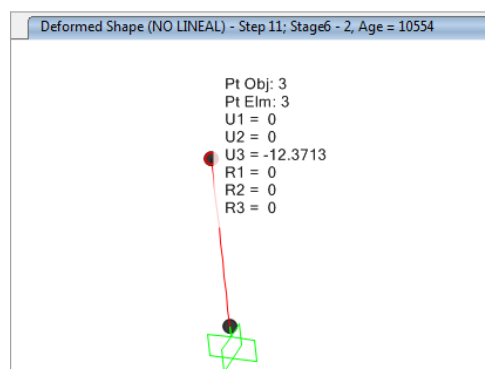


Figura 120: Evolución de la deformación al transcurrir 10554 días

Recalcamos que estos incrementos se deben a los efectos diferidos considerados en el análisis NO LINEAL, comprobemos estos resultados manualmente.

Tenemos que según la figura 120, transcurridos 10554 días de aplicada la carga existe un desplazamiento total de 12.37mm (acortamiento). Inicialmente

teníamos 3.56mm (acortamiento) producto de la respuesta elástica de la columna a esas 1000t de carga de postensado, analizando los datos se tiene:

Tabla 5: Cuadro de deformaciones SAP 2000

DEFORMACIONES	δ (mm)
Inicial Elastica (δ_e)	-3.56
Total tras 10554 días (δ_t)	-12.37
Deformacion diferida ($\delta_p = \delta_t - \delta_e$)	-8.81

Fuente: Elaboración propia

Esta deformación por efectos diferidos de 8.81mm (acortamiento) es producto del creep y shrinkage, para comprobarlo recurrimos a las curvas del comportamiento del material introducidas en el programa de las figuras 113 y 114, en ellas apreciamos a los 10554:

Tabla 6: Cuadro de factores SAP 2000

Factor creep (Ψ)	1.274825
Deformacion shrinkage (ϵ_{sh})	0.000421

Fuente: Elaboración propia

Sabemos que $\delta_p = \delta_{cr} + \delta_{sh}$

Para determinar δ_{cr} se debe emplear el factor hallado “ Ψ ” castigando con este factor a la deformación elástica, entonces tenemos:

$$\delta_{cr} = \Psi \delta_e$$

Para determinar δ_{sh} se debe emplear la deformación unitaria “ ϵ_{sh} ”

$$\delta_{sh} = L_{col} * \epsilon_{sh}$$

Con estas ecuaciones se tiene:

Tabla 7: Cuadro de factores calculo analítico

CALCULO MANUAL	
E (t/m ²)	2806243
A (m ²)	1
L col (m)	10.00
δ_{cr} (mm)	-4.54
δ_{sh} (mm)	-4.21
δ_p (mm)	-8.75

Fuente: Elaboración propia

Con esto se puede comprobar el valor de 8.75mm hallado manualmente es muy similar al valor que predice el programa de 8.81mm, la diferencia puede radicar en el tipo de análisis que es no lineal que no obedece al principio de superposición pero que para fines prácticos se puede emplear.

Una cosa importante a mencionar es que si no existiera carga alguna solo se daría el efecto de shrinkage ($\delta_{sh} = L_{col} * \epsilon_{sh}$) ya que el efecto de creep

obedece a la existencia de cargas sostenidas que se mantengan estables en el tiempo.

¿Qué ocurriría si se restringe el extremo libre no permitiendo que dicho punto se desplace?

Imaginemos que la columna se coloca y se postensa teniendo lugar la deformación elástica (δ_e) luego dicho extremo se fija no permitiendo la libre deformación para el efecto restante (δ_p). Es evidente que esto va a generar tracción en el elemento. Revisemos sus efectos añadiendo a la estructura una restricción posterior a la deformación producida por el postensado tal como muestra la figura 121.



Figura 121: Restricción al desplazamiento.

Al momento de recurrir a un programa de modelamiento matemático se deben tener en cuenta las recomendaciones para el adecuado uso de las herramientas del mismo. En el caso del análisis no lineal el manual dicho programa recomienda lo siguiente:

“El número de pasos solicitados para estas dos partes de cada etapa se aplica igualmente a todas las etapas del Caso de Carga.

¡Importante! El paso de tiempo utilizado para el análisis dependiente del tiempo se basa en el número de pasos guardados. Para estructuras estáticamente indeterminadas donde puede ocurrir una importante redistribución de tensiones debido a la fluencia y la contracción, es importante utilizar pasos de tiempo suficientemente pequeños, especialmente durante la juventud de la estructura donde pueden estar ocurriendo grandes cambios. Es posible que desee volver a

ejecutar el análisis con un número creciente de pasos guardados hasta que esté satisfecho de que los resultados han convergido.”

The number of steps requested for these two parts of each stage applies equally to all stages in the Load Case.

Important! The time step used for the time-dependent analysis is based on the number of steps saved. For statically indeterminate structures where significant stress redistribution may occur due to creep and shrinkage, it is important to use small-enough time steps, especially during the youth of the structure where large changes may be occurring. You may want to re-run the analysis with increasing numbers of steps saved until you are satisfied that the results have converged.

Figura 122: Recomendaciones de análisis del manual de usuario del programa SAP2000 (COMPUTERS AND STRUCTURES, 2016)

Para fines prácticos de verificación la opción de consideración del shrinkage será deshabilitada en el programa y solo verificaremos lo que genera el creep del concreto.

Las etapas constructivas para considerar la restricción se muestran en la figura 123 en ella podemos apreciar que en la etapa 1 (stage 1) se agrega la columna y el tendón a la vez que se postensa, en la figura 4.21 donde se aprecia la etapa 2 (stage 2) se agrega la restricción la cual no va a permitir que se desarrolle las deformaciones diferidas (δ_p) y por ende la columna se traccionará. En total se emplearon las siguientes etapas en las que solo transcurrió el tiempo:

Etapas de 1 día: 62

Etapas de 10 días: 6

Etapas de 100 días: 8

Etapas de 500 días: 5

Etapas de 1000 días: 7

Load Case Data - Nonlinear Static Staged Construction

Load Case Name: NO LINEAL-VERIF **Set Def Name** **Modify/Show...**

Initial Conditions:
☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Load Case Type: Static **Design...**

Analysis Type:
☐ Linear
☐ Nonlinear
☒ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:
☒ None
☐ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Stage Definition:

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
1	0.	Yes		
1	0.	Yes		
2	0.	Yes		
3	1.	Yes		
4	1.	Yes		
5	1.	Yes		
6	1.	Yes		

☐ Expand Stage Definition

Data For Stage 1 (0. days; Output: No Label):

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	ELEMENTOS	0.			
Add Structure	Group	ELEMENTOS	0.			
Load Objects	Group	ELEMENTOS	0.	Load Pattern	POSTESADO	1.

☐ Expand Stage Data Stage: << < 1 > >> of 87 **Add** **Modify** **Delete**

Other Parameters:
 Results Saved: End of Each Stage **Modify/Show...**
 Nonlinear Parameters: User Defined **Modify/Show...**

OK **Cancel**

Figura 123: Etapas constructivas para verificación de efecto de la restricción.

Load Case Data - Nonlinear Static Staged Construction

Load Case Name: NO LINEAL-VERIF **Set Def Name** **Modify/Show...**

Initial Conditions:
☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Load Case Type: Static **Design...**

Analysis Type:
☐ Linear
☐ Nonlinear
☒ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:
☒ None
☐ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Stage Definition:

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
2	0.	Yes		
1	0.	Yes		
2	0.	Yes		
3	1.	Yes		
4	1.	Yes		
5	1.	Yes		
6	1.	Yes		

☐ Expand Stage Definition

Data For Stage 2 (0. days; Output: No Label):

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	GP FUJO	0.			
Add Structure	Group	GP FUJO	0.			

☐ Expand Stage Data Stage: << < 2 > >> of 87 **Add** **Modify** **Delete**

Other Parameters:
 Results Saved: End of Each Stage **Modify/Show...**
 Nonlinear Parameters: User Defined **Modify/Show...**

OK **Cancel**

Figura 124: Etapa de colocación de restricción

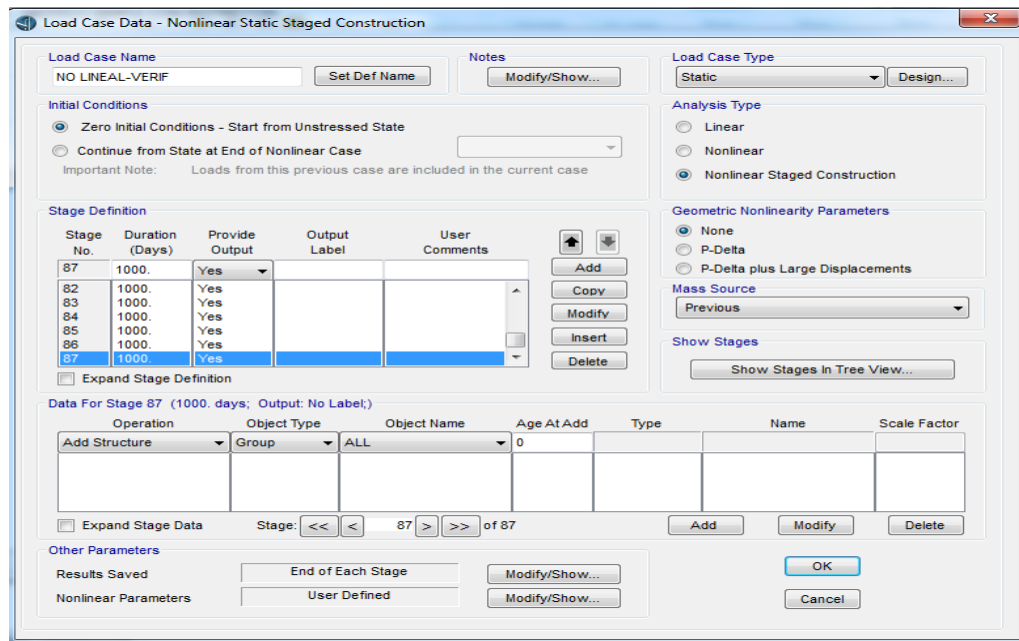


Figura 125: Séptima etapa de 1000 días y etapa final de análisis

Los resultados muestran las nuevas tracciones, también se pueden apreciar los días transcurridos, en la figura 131 se muestran los resultados a tiempo infinito (>10000).

Axial Force Diagram (NO LINEAL-VERIF) - Step 1; Stage1 - 1, Age = 0



Figura 126: Compresión a los 0 días

Axial Force Diagram (NO LINEAL-VERIF) - Step 22; Stage12 - 2, Age = 10



Figura 127: Compresión a los 10 días

Axial Force Diagram (NO LINEAL-VERIF) - Step 42; Stage22 - 2, Age = 20



Figura 128: Compresión a los 20 días

Axial Force Diagram (NO LINEAL-VERIF) - Step 134; Stage68 - 2, Age = 102



Figura 129: Compresión a los 102 días

Axial Force Diagram (NO LINEAL-VERIF) - Step 154; Stage78 - 2, Age = 1412



Figura 130: Compresión a los 1412 días

Axial Force Diagram (NO LINEAL-VERIF) - Step 176; Stage89 - 2, Age = 10412



Figura 131: Compresión a los 10412 días

Hablemos de la carga sostenida la cual empieza siendo 1000t, esta carga que proviene del postensado hace que la columna este esforzada también con

1000t como muestra la figura 126, se coloca la restricción como se muestra en la figura 132 (a), sin embargo, al transcurrir un espacio de tiempo, pequeño, se intenta dar un acortamiento pequeño (lo que corresponde solo en ese día) el cual no puede tener lugar debido a que el extremo está restringido esto hace que aparezca una tracción que reduce la carga sostenida de 1000t. Para saber el valor de dicha tracción se puede hacer retirando la restricción rígida y dejando deformar libremente por efecto diferido (δp_i) como muestra la figura 132 (b), como sabemos esto no se da en la realidad por lo que debe existir una fuerza recuperadora de tracción (ΔP_i) como muestra la figura 132 (c) que intente devolver dicho extremo a su posición original luego regresamos la restricción quedando la columna con la fuerza $P_i = P + \Delta P_i$ como muestra la figura 132 (d) y por ser “P” y “ ΔP_i ” de signo contrario tenemos que $P_i < P$. Para Cuando empieza el intervalo de tiempo sucesivo la columna estará sujeta a dos cargas sostenidas cada una con su curva de creep asociada, generando estas una nueva fuerza recuperadora que tendrá su propio historial de deformaciones plásticas, este efecto se mantiene en el tiempo.

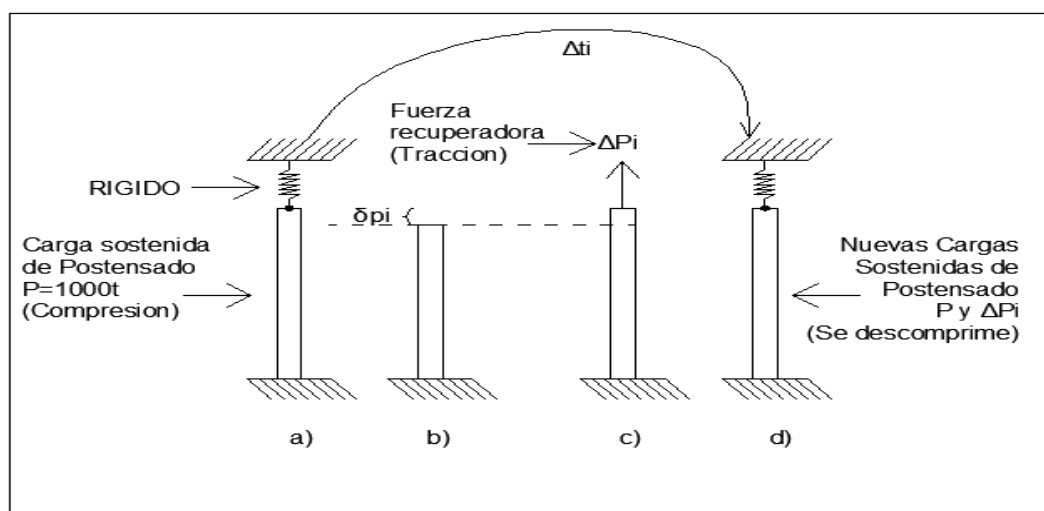
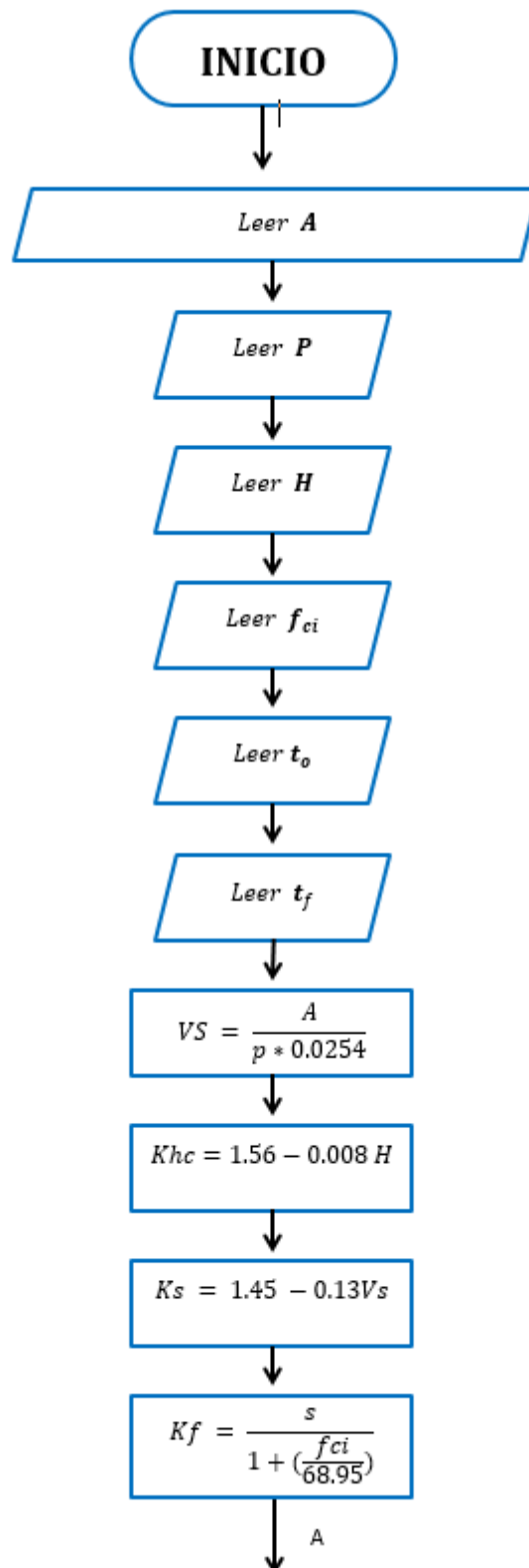
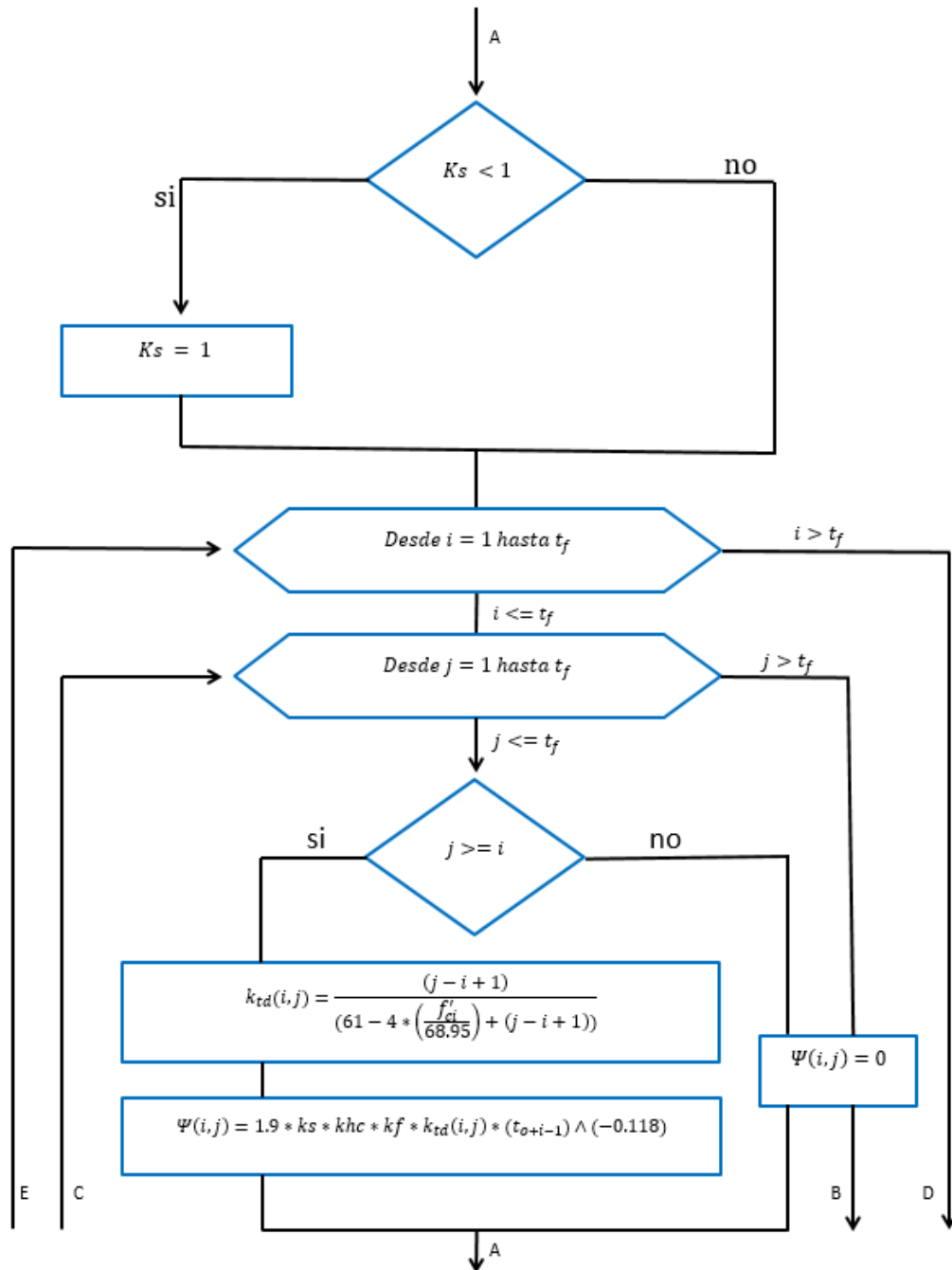
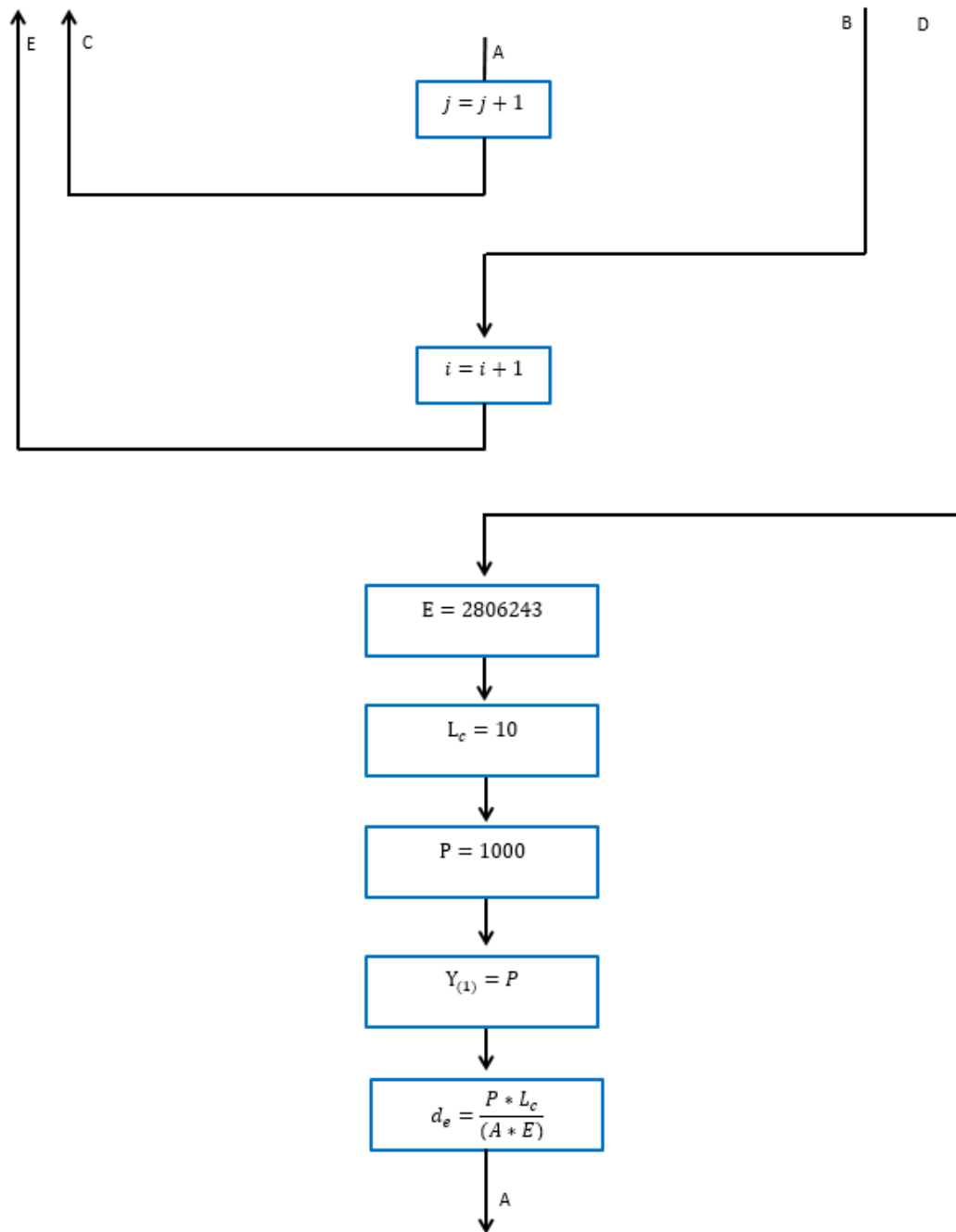


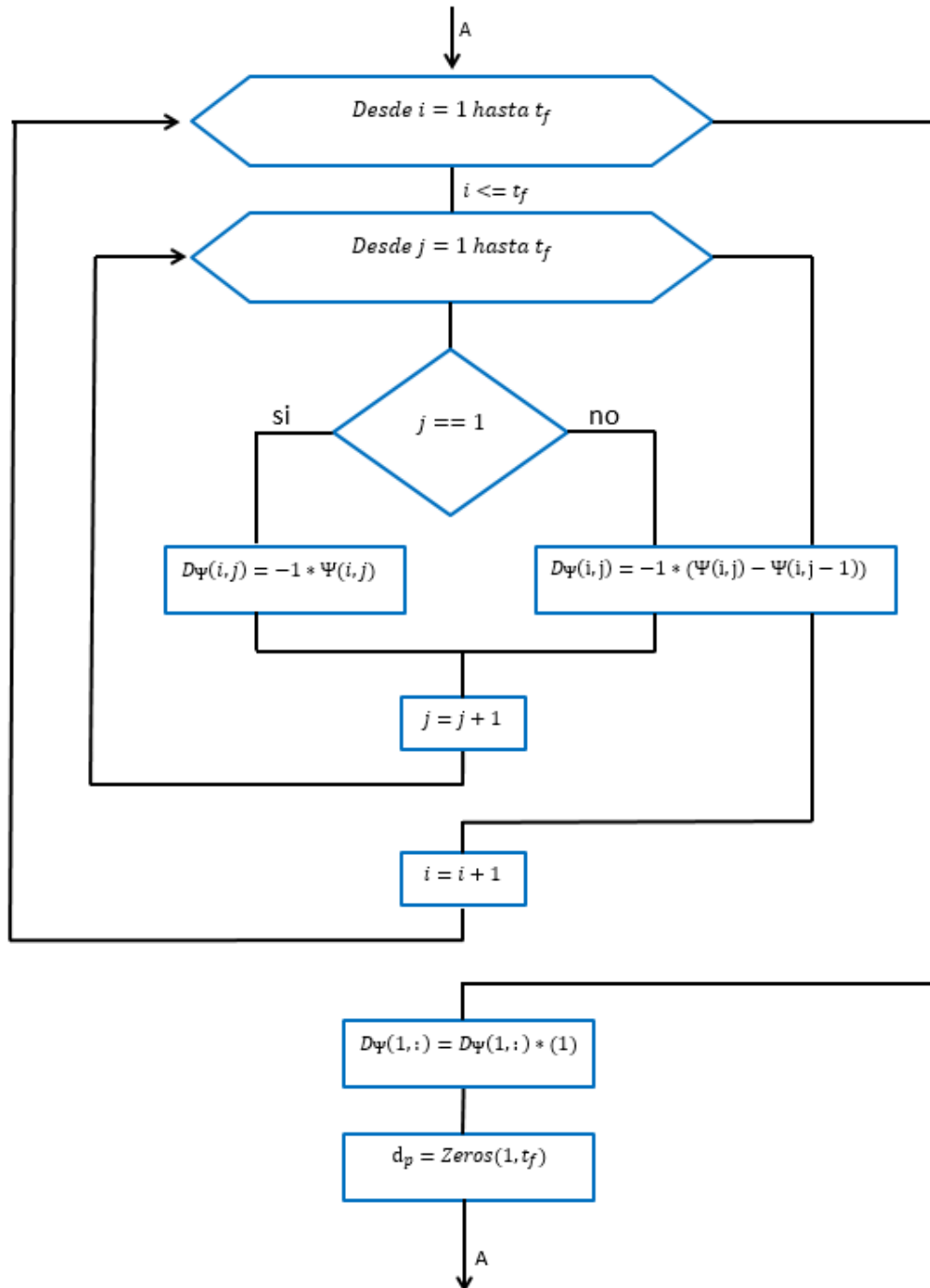
Figura 132: Determinación de fuerzas en cada etapa por efectos del creep.

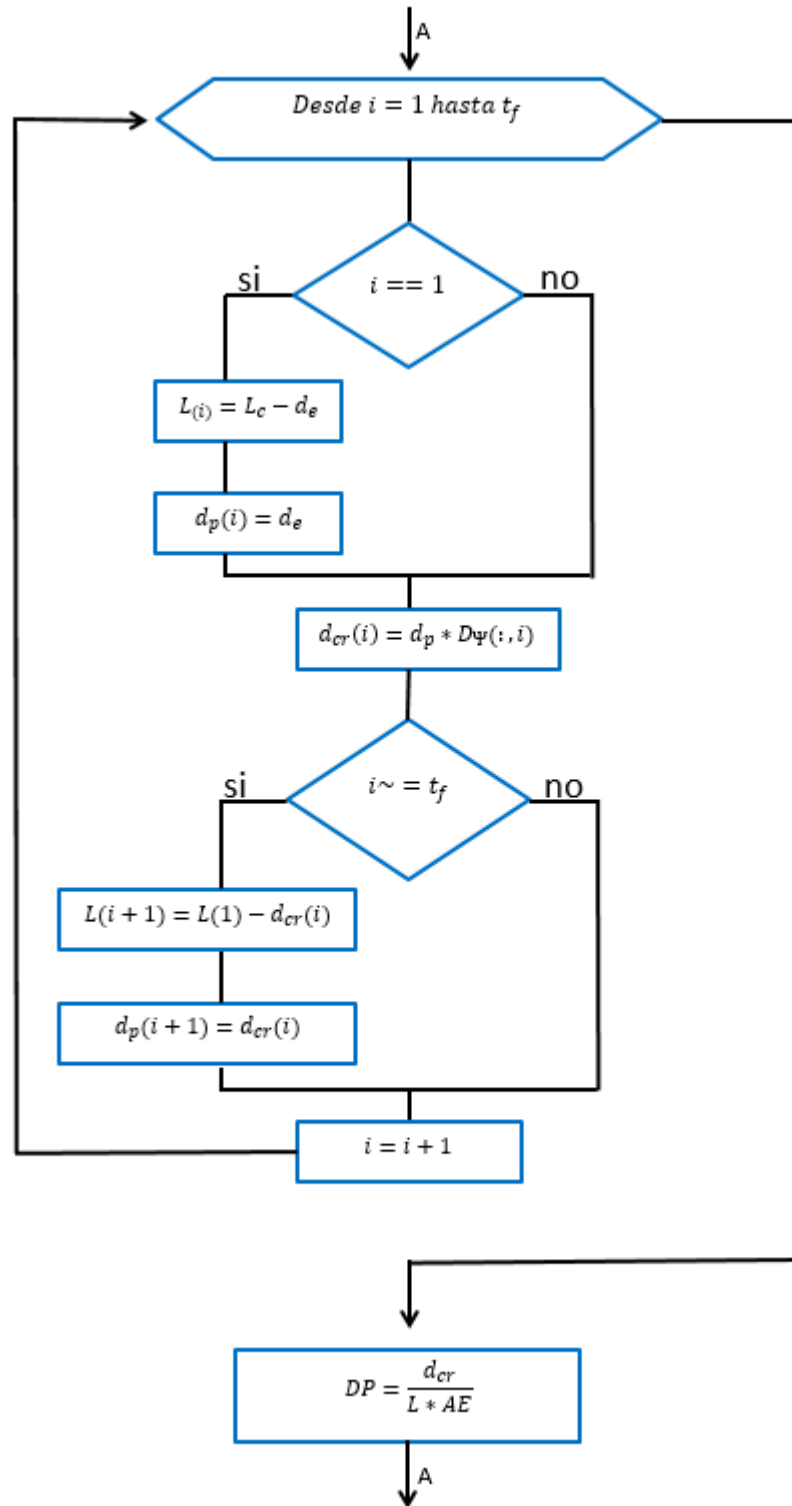
Para verificar los cálculos del programa emplearemos el cálculo manual paso a paso en el que el tiempo se partirá en pequeños intervalos en los que las fuerzas que actúen como cargas sostenidas y los efectos del creep se mantendrán constantes. El análisis se realiza por etapas en las cuales las condiciones de equilibrio y compatibilidad son expresadas en términos de diferencias finitas. Los cálculos se realizaron empleando el programa de cálculo matemático Matlab en el cual se consideró una función con variables de entrada según el modelo que planteamos cuyos resultados se muestran en el anexo 1 y que se explica a continuación mediante un diagrama de flujo:

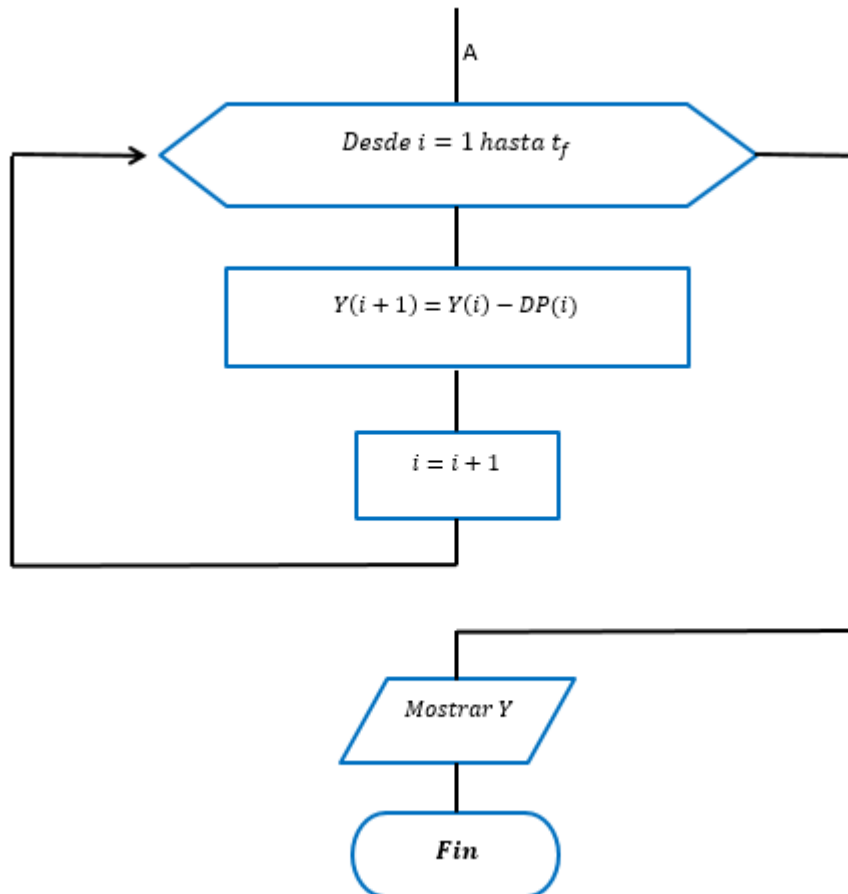












Cabe mencionar que los efectos del shrinkage no dependen de la carga sostenida que se tenga en ese momento es por ello que variara de acuerdo a la curva correspondiente a la propiedad del material.

4.3.2 MODELO DE VERIFICACIÓN DE LOS EFECTOS EN EL GIRO

Así como existe una relación lineal entre carga axial y acortamiento de una columna igual existe una relación lineal entre carga transversal al eje de una viga y giro de extremo. Para verificar ello se va a realizar un modelo simple de una viga de 10m la sección de dicha viga tiene 1m² y se muestra en la figura 133, el detalle del material asignado a dicha sección se muestra en la figura 134.

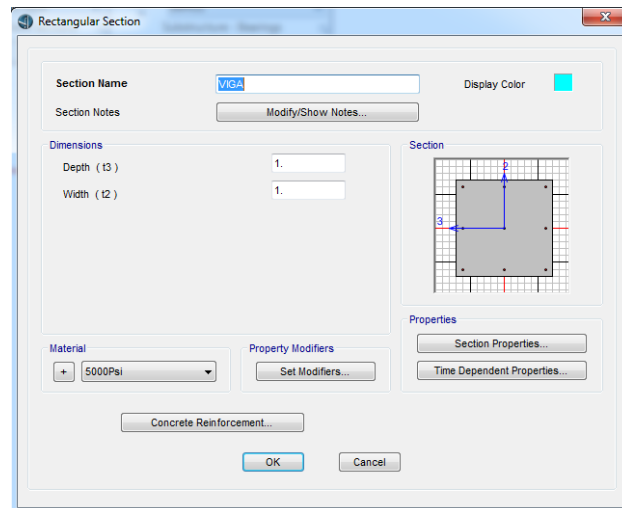


Figura 133: Sección transversal asignada al modelo simple

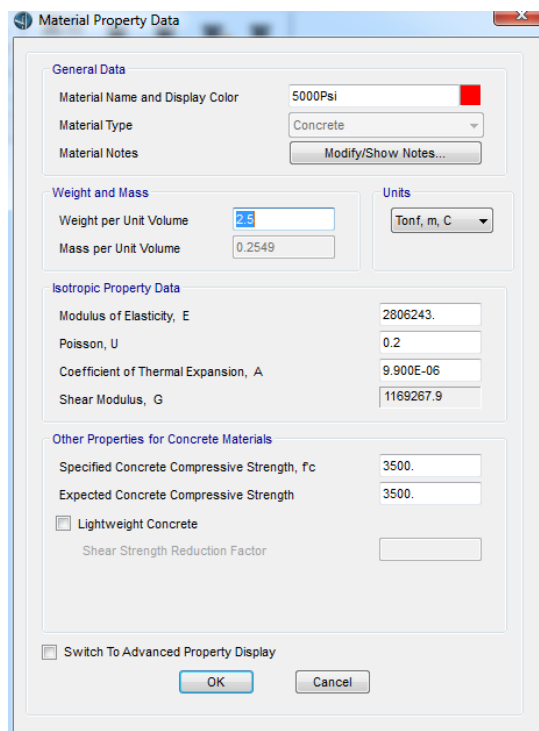


Figura 134: Material signado a la viga.

Se muestran los input del software para la consideración de efectos diferidos.

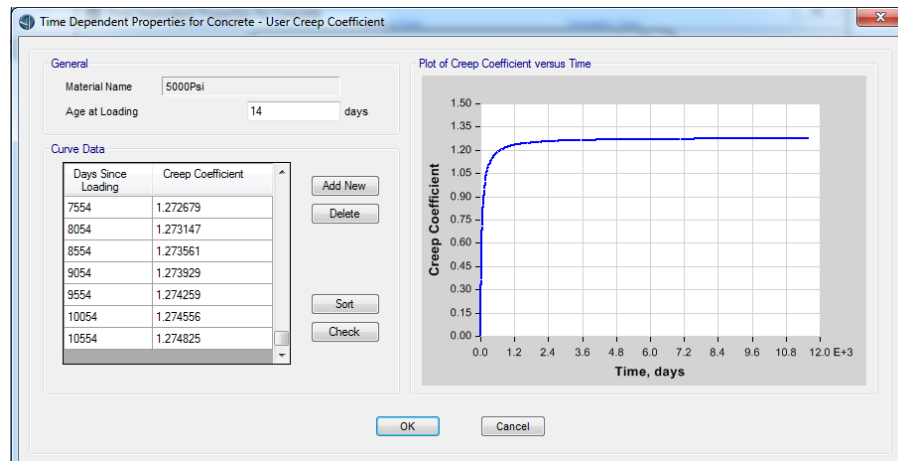


Figura 135: Curva de evolución del coeficiente de creep.

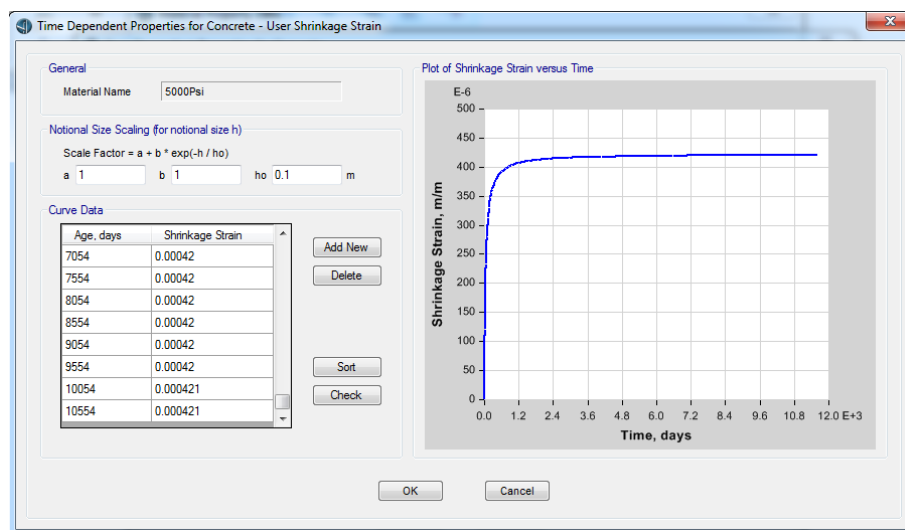


Figura 136: Curva de evolución de la deformación unitaria por shrinkage.

Con esto podemos describir el modelo, para el modelamiento de la viga simple se utilizó el elemento frame con extremos libres como muestra la figura 137 al cual se le añade una carga distribuida de 100t/m tal como muestra la figura 138, tras un análisis lineal se puede ver la rotación en la figura 139.

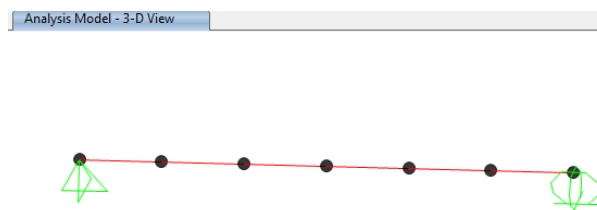


Figura 137: Viga simplemente apoyada empleada para el cálculo.

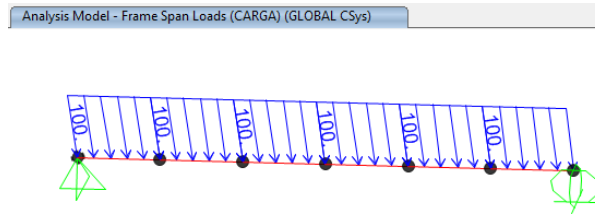


Figura 138: carga distribuida empleada para efectos de cálculo.

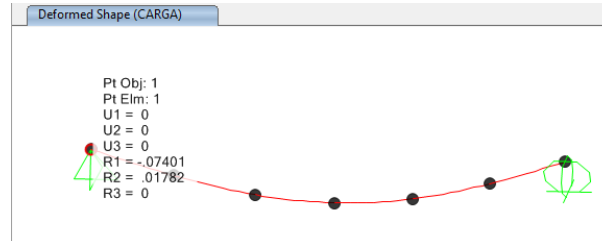


Figura 139: Giro elástico producido por la carga distribuida.

Se analizarán las rotaciones de extremo provenientes de la carga distribuida y se evaluará que ocurre con esta deformación al transcurrir el tiempo, para ello se construirá un caso de análisis que tome en cuenta el transcurrir de los días a manera de proceso constructivo tal como se muestra en la figura 140, en este cuadro de análisis se puede ver que la etapa 1 (stage 1) representa la etapa de carga. Es importante que este análisis NO LINEAL tenga consideración en los efectos dependientes del tiempo.

Load Case Data - Nonlinear Static Staged Construction

Load Case Name: CREEP+SH Set Def Name Modify/Show...

Initial Conditions:
☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:
☐ Linear
☐ Nonlinear
☒ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:
☒ None
☐ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Stage Definition:

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
1	0.	Yes		
2	20.	Yes		
3	100.	Yes		
4	1000.	Yes		
5	5000.	Yes		
6	4434.	Yes		

Expand Stage Definition

Data For Stage 1 (0. days; Output: No Label):

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	ALL	0.			
Add Structure	Group	ALL	0.			
Load Objects	Group	ALL		Load Pattern	CARGA	1.

Expand Stage Data Stage: << < 1 > >> of 6 Add Modify Delete

Other Parameters:
 Results Saved: End of Each Stage Modify/Show... OK
 Nonlinear Parameters: User Defined Modify/Show... Cancel

Figura 140: Secuencia constructiva de la viga especificada en el programa SAP2000.

Adicionalmente se debe mencionar que en las sucesivas etapas (stage 2-6) solo se permite que transcurra el tiempo mas no se agrega carga alguna. Se realiza el análisis y se pueden apreciar los resultados en estas 6 etapas, revisemos la etapa 1 (stage 1: aplicación de la carga) en la figura 141 y podemos comprobar que es exactamente igual al caso lineal de la figura 139, ahora veamos que ocurre cuando transcurre el tiempo. En la figura 142 se ven los resultados de la etapa 2 (stage 2: transcurridos 20 días) y en la figura 143, los de la etapa 6 (stage 6 transcurridos 10554 días).

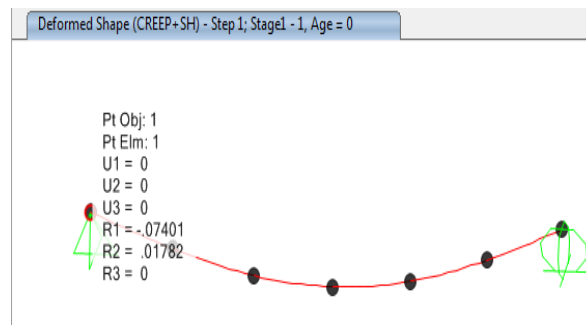


Figura 141: Giro elástico en el día 0.

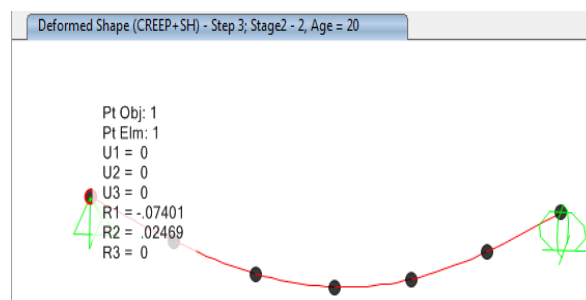


Figura 142: Evaluación del giro elástico día 20.

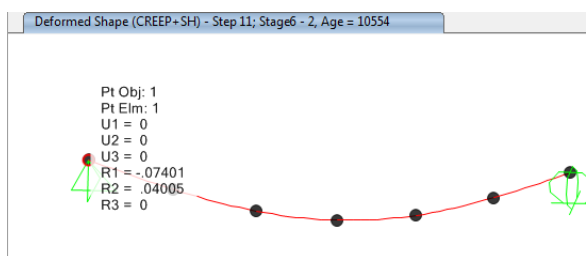


Figura 143: Evaluación del giro elástico día 10554.

Recalcamos que estos incrementos se deben a los efectos diferidos considerados en el análisis NO LINEAL, comprobemos estos resultados manualmente.

Tenemos que transcurridos 10554 días de aplicada la carga distribuida existe una rotación total de 0.04005. Inicialmente teníamos 0.01782 producto de

la respuesta elástica de la viga a esas 100t/m de carga distribuida, analizando los datos se tiene:

Tabla 8: Cuadro de rotaciones

ROTACIONES	θ (rad)
Inicial Elastica (θ_e)	0.01782
Total tras 10554 días (θ_t)	0.04005
Deformacion diferida ($\theta_p = \theta_t - \theta_e$)	0.02223

Fuente: Elaboración propia

Esta rotación por efectos diferidos de 0.02223 es producto del creep, y el shrinkage no influye en él, esto es debido a que el shrinkage no amplifica deformaciones elásticas solo afecta longitudinalmente al elemento y por tener esta viga un apoyo móvil solo se desplazará mas no se cargará axialmente

Para comprobar los efectos del creep recurrimos a las curvas del comportamiento del material introducidas en el programa de las figuras 135 y 136, en ellas apreciamos:

Tabla 9: Factor de creep SAP 2000

Factor creep (Ψ)	1.274825
-------------------------	----------

Fuente: Elaboración propia

Sabemos que $\theta_p = \theta_{cr}$

Para determinar θ_{cr} se debe emplear el factor hallado “ Ψ ” castigando con este factor a la deformación elástica, entonces tenemos:

$$\theta_{cr} = \Psi \theta_e$$

Con estas ecuaciones se tiene:

Tabla 10: Calculo giros

CALCULO MANUAL	
L vig (m)	10.00
θ_{cr} (mm)	0.022717
θ_p (mm)	0.022717

Fuente: Elaboración propia

Con esto se puede comprobar el valor de 0.022717 hallado manualmente es muy similar al valor que predice el programa de 0.02223, la diferencia puede radicar en el tipo de análisis que es no lineal que no obedece al principio de superposición pero que para fines prácticos se puede emplear.

Una cosa importante a mencionar es que si no existiera carga alguna solo se daría el efecto de shrinkage ($\delta_{sh} = L_{col} * \epsilon_{sh}$) ya que el efecto de creep

obedece a la existencia de cargas sostenidas que se mantengan estables en el tiempo, pero este efecto no se manifestaría en rotaciones.

¿Qué ocurriría si luego de la rotación elástica se restringen los extremos (apoyos) no permitiendo que dicho punto rote?

Imaginemos que la viga se coloca teniendo lugar la rotación elástica (θ_e) luego dicho extremo se fija no permitiendo el libre giro para el efecto restante (θ_p). Es evidente que esto va a generar momentos flectores en el elemento. Revisemos sus efectos añadiendo a la estructura una restricción al giro posterior a la rotación producida por la carga distribuida tal como muestra la figura 144.

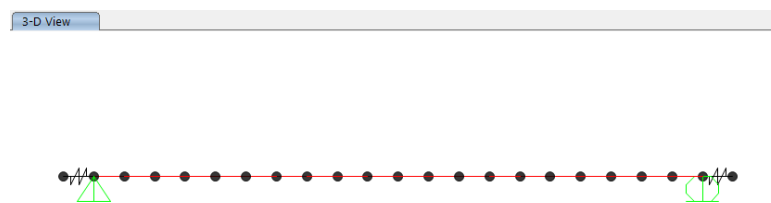


Figura 144: Restricciones al giro de la viga

Las etapas constructivas para considerar la restricción se muestran en la figura 145, en ella podemos apreciar que en la etapa 1 (stage 1) se agrega la carga distribuida, en la figura 146, donde se aprecia la etapa 2 (stage 2) se agrega la restricción la cual no va a permitir que se desarrolle las rotaciones diferidas (θ_p) y por ende aparezcan momentos flectores en los extremos.

En total se emplearon las siguientes etapas en las que solo transcurrió el tiempo:

Etapas de 1 día: 62

Etapas de 10 días: 6

Etapas de 100 días: 8

Etapas de 500 días: 5

Etapas de 1000 días: 7

Load Case Data - Nonlinear Static Staged Construction

Load Case Name: CREEP+SH [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case [v]
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear
☐ Nonlinear
☒ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters

☒ None
☐ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements
 Mass Source: Previous [v]

Stage Definition

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
1	0.	Yes		
2	0.	Yes		
3	1.	Yes		
4	1.	Yes		
5	1.	Yes		
6	1.	Yes		

[Add] [Copy] [Modify] [Insert] [Delete]

☐ Expand Stage Definition

Data For Stage 1 (0. days; Output: No Label)

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	VIGA	0.			
Add Structure	Group	VIGA	0.			
Load Objects	Group	ALL		Load Pattern	CARGA	1.

☐ Expand Stage Data Stage: << < 1 > >> of 87 [Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters

Results Saved: [End of Each Stage] [Modify/Show...]
 Nonlinear Parameters: [User Defined] [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 145: Secuencia constructiva de la viga especificada en el programa SAP2000.

Load Case Data - Nonlinear Static Staged Construction

Load Case Name: CREEP+SH [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case [v]
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear
☐ Nonlinear
☒ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters

☒ None
☐ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements
 Mass Source: Previous [v]

Stage Definition

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
2	0.	Yes		
1	0.	Yes		
2	0.	Yes		
3	1.	Yes		
4	1.	Yes		
5	1.	Yes		
6	1.	Yes		

[Add] [Copy] [Modify] [Insert] [Delete]

☐ Expand Stage Definition

Data For Stage 2 (0. days; Output: No Label)

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	EMP	0.			
Add Structure	Group	EMP	0.			

☐ Expand Stage Data Stage: << < 2 > >> of 87 [Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters

Results Saved: [End of Each Stage] [Modify/Show...]
 Nonlinear Parameters: [User Defined] [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 146: Restricciones al giro en la secuencia constructiva.

Load Case Data - Nonlinear Static Staged Construction

Load Case Name: CREEP+SH **Set Def Name** **Notes** **Modify/Show...**

Load Case Type: Static **Design...**

Initial Conditions:
☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:
☐ Linear
☐ Nonlinear
☒ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:
☒ None
☐ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements
Mass Source: Previous

Stage Definition:

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
82	1000	Yes		
83	1000	Yes		
84	1000	Yes		
85	1000	Yes		
86	1000	Yes		
87	1000	Yes		

☐ Expand Stage Definition

Data For Stage 87 (1000. days; Output: No Label):

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	ALL	1			

☐ Expand Stage Data **Stage:** << < 87 > >> of 87 **Add** **Modify** **Delete**

Other Parameters:
Results Saved: End of Each Stage **Modify/Show...**
Nonlinear Parameters: User Defined **Modify/Show...**

OK **Cancel**

Figura 147: Última etapa de la secuencia constructiva.

Los resultados muestran los momentos flectores, también se pueden apreciar los días transcurridos, en la figura 152 se puede apreciar el momento flector a tiempo infinito (>10000).



Figura 148: Evolución de los momentos flectores 0 días.

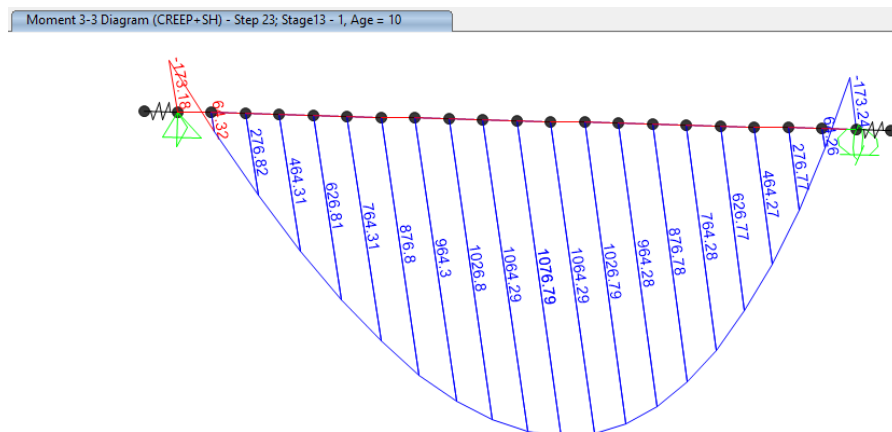


Figura 149: Evolución de los momentos flectores 10 días.

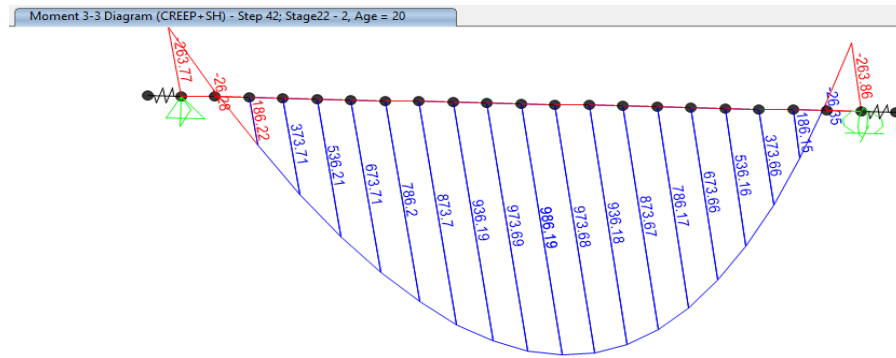


Figura 150: Evolución de momentos flectores 20 días.

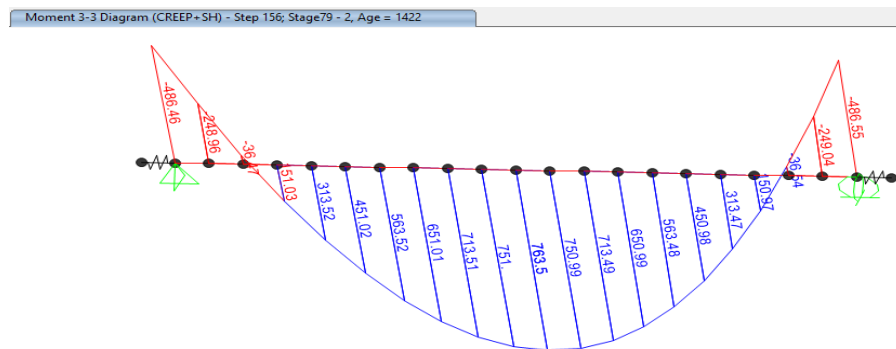


Figura 151: Evolución de momentos flectores 1422 días.

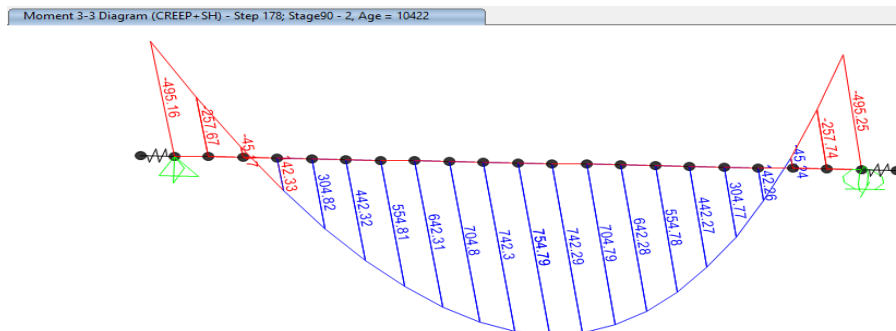


Figura 152: Evolución de momentos flectores 10422 días.

Hablemos de la carga sostenida la cual viene a ser la carga distribuida, esta carga en la viga hace que la misma gire en el extremo y por ser simplemente apoyado no exista momento negativo alguno como muestra la figura 153a y 153b. Se coloca la restricción como indica la figura 153c, sin embargo, al transcurrir un espacio de tiempo, pequeño, se intenta dar un giro pequeño correspondiente a ese día el cual no puede tener lugar debido a que el extremo está restringido esto hace que aparezca un momento flector recuperador como muestra la figura 153e.

Para saber el valor de dicho momento flector se puede aplicar compatibilidad de deformaciones retirando la restricción rígida y dejando rotar libremente por efecto diferido (θ_{pi}) como muestra la figura 153d, como sabemos

esto no se da en la realidad por lo que debe existir un momento flector recuperador (ΔM_i) que intente devolver dicho extremo a su posición original luego regresamos la restricción quedando la viga con la fuerza $M_i = \Delta M_i$ como muestra la figura 153e. Cuando empieza el intervalo de tiempo sucesivo la viga estará sujeta a un momento flector que junto con la carga distribuida actúan a manera de cargas sostenidas como muestra la figura 153f cada una con su curva de creep asociada, generando estas un nuevo momento flector recuperador que tendrá su propio historial de rotaciones plásticas, este efecto se mantiene en el tiempo.

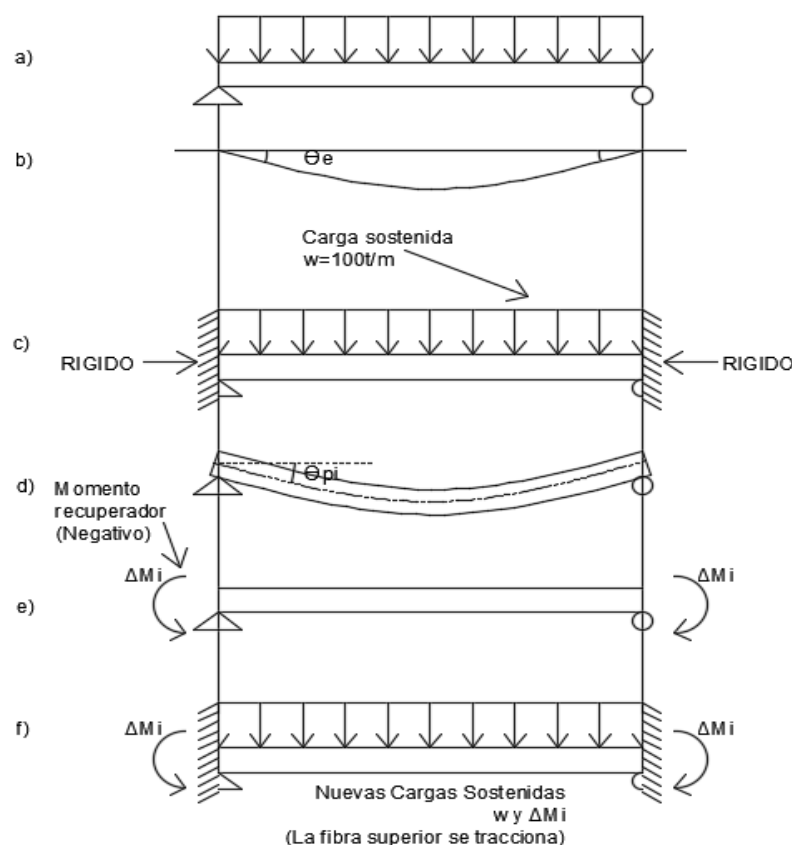
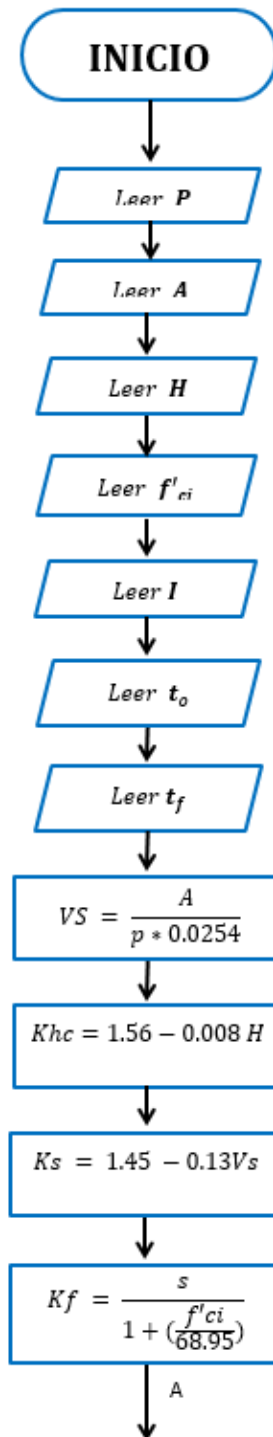


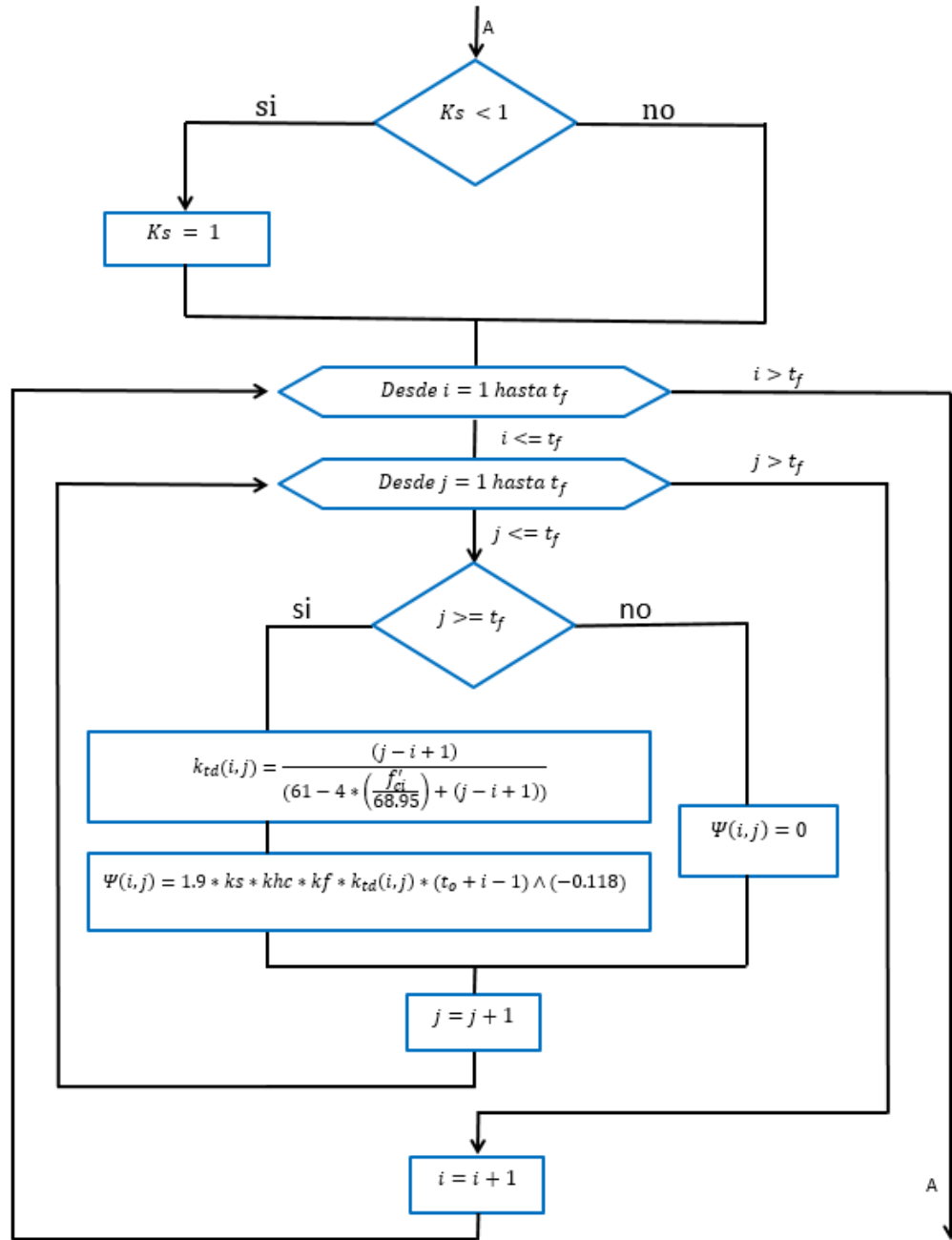
Figura 153: Compatibilidad de deformaciones para el cálculo de momentos flectores.

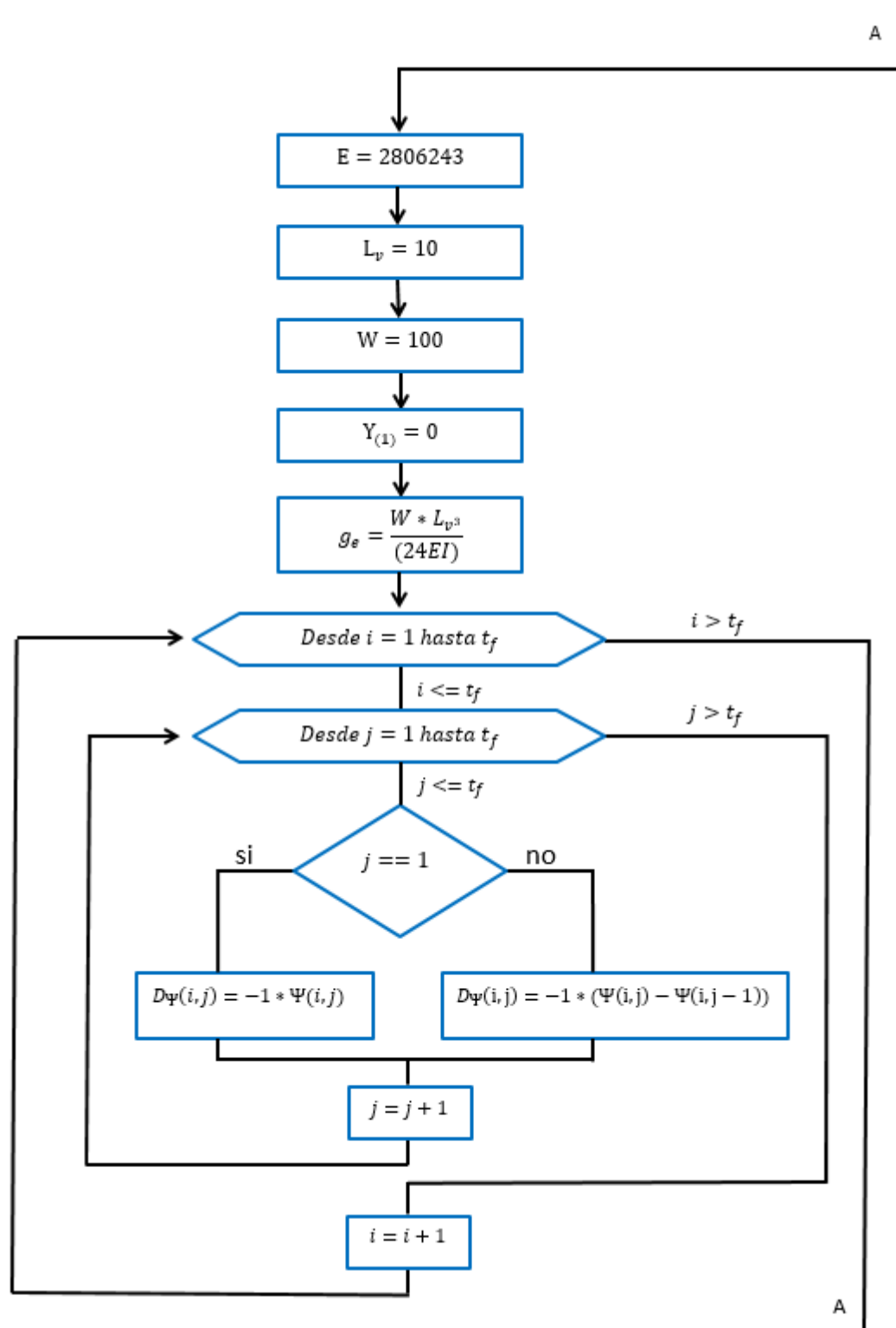
Para verificar los cálculos del programa emplearemos el cálculo manual paso a paso en el que el tiempo se partirá en pequeños intervalos en los que los momentos que actúen como cargas sostenidas y los efectos del creep se mantendrán constantes. El análisis se realiza por etapas en las cuales las condiciones de equilibrio y compatibilidad son expresadas en términos de diferencias finitas.

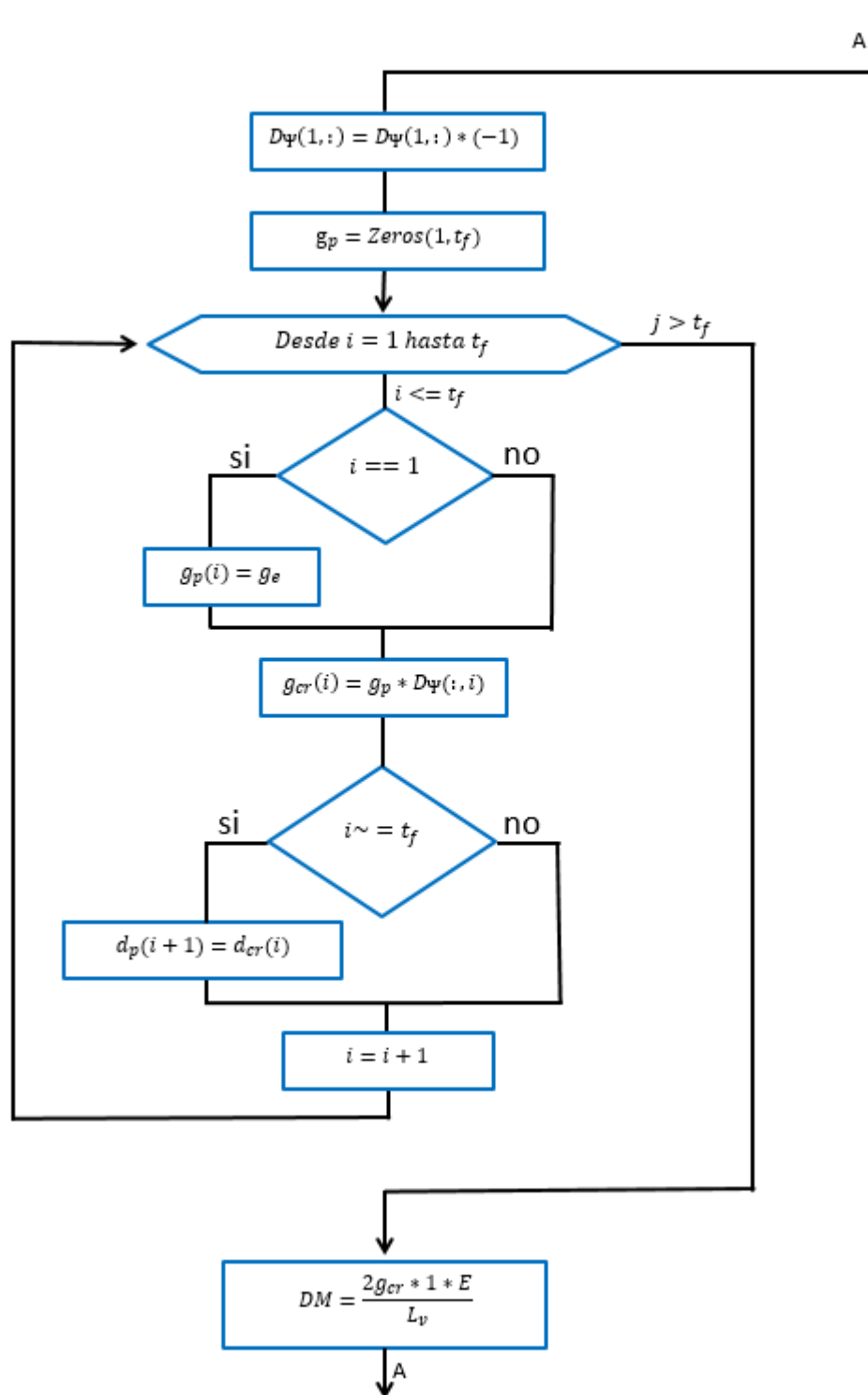
Los cálculos se realizaron empleando el programa de cálculo matemático Matlab en el cual se consideró una función con variables de entrada según el

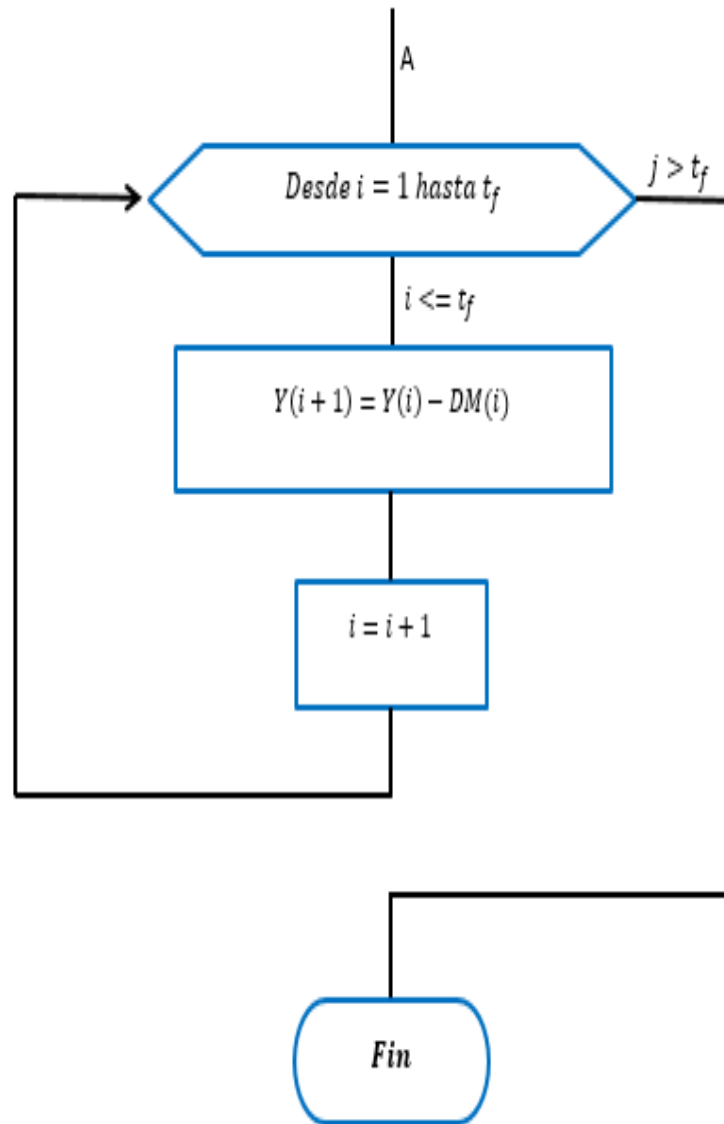
modelo que planteamos cuyos resultados se muestran en el Anexo 1 y que se explica a continuación mediante un diagrama de flujo:











Cabe mencionar que los efectos del shrinkage no dependen de la carga sostenida que se tenga en ese momento es por ello que variara de acuerdo a la curva correspondiente a la propiedad del material.

CAPITULO V: CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

5.1 INTRODUCCIÓN

Para realizar un correcto análisis estructural no solo se debe analizar la etapa de puesta en servicio del puente sino el proceso constructivo ya que los puentes en voladizos sucesivos están sometidos a grandes fuerzas que varían en cada etapa, en general las cargas a tener en cuenta son las siguientes:

5.2 CARGAS

5.2.1 CARGAS PERMANENTES DC

Son aquellas que actúan durante toda la vida útil de la estructura sin variar significativamente, o que varían en un solo sentido hasta alcanzar un valor límite. Corresponden a este grupo el peso propio de los elementos estructurales y las cargas muertas adicionales como el peso de la superficie de rodadura o las barreras. También se consideran cargas permanentes el empuje de tierra, los efectos de retracción y fluencia, las deformaciones permanentes originadas por los procedimientos de construcción y los efectos de asentamientos de apoyo.

5.2.1.1 PESO PROPIO Y CARGAS MUERTAS.

Se considera el peso propio de los componentes estructurales tomando en cuenta los siguientes pesos específicos:

- Concreto Armado 2.5t/m³
- Acero Estructural 7.85 t/m³
- Peso de barrera igual a 1t/m (incluye ambas barreras)
- Peso de asfalto igual a 0.97t/m (todo el ancho del tablero)

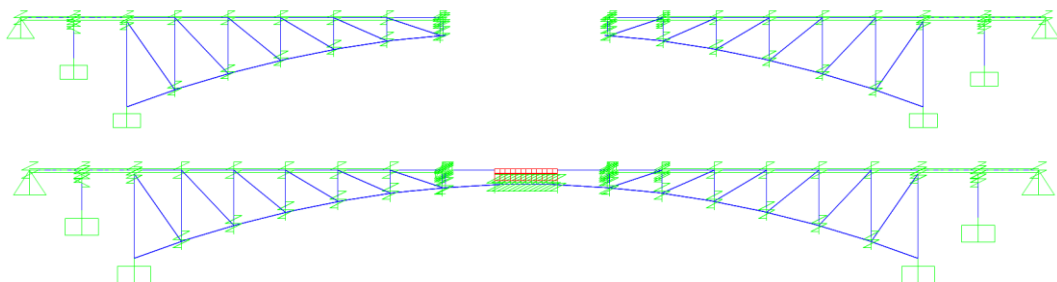


Figura 154: El peso propio considera los elementos dibujado en el programa de cálculo: etapa de voladizo (arriba) y etapa de arco completo (abajo).

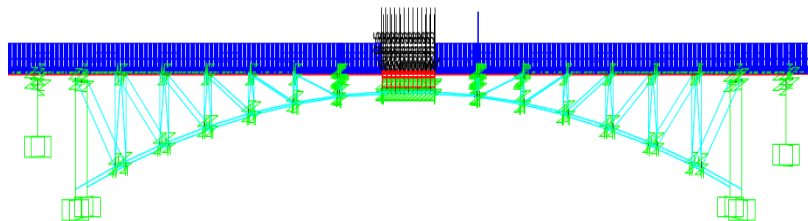


Figura 155: Input de cargas muertas de barrera y asfalto en el tablero del puente.

5.2.1.2 ACCIONES REOLOGICAS

Se considera las acciones debido a la retracción y fluencia del concreto para el diseño del puente materia de tesis, considerándose un coeficiente para el acortamiento de fragua y un coeficiente para el creep dependientes del tiempo con las variaciones y parámetros tal cual lo indica la norma AASHTO (2014). Ver construcción de curvas en el capítulo 4.

5.2.2 CARGAS VARIABLES LL

5.2.2.1 CARGA VIVA DE DISEÑO

Aquí se incluyen todos los efectos de la sobrecarga vehicular estipulados en el AASHTO (2014). Se define el número y extensión de carriles por los que va a circular las cargas vivas como los muestra la figura 156. El caso de carga vehicular HL93 es una envolvente del caso HL93K, HL93M y HL93S como lo indica la figura 157, a este caso de carga se le considera un factor de impacto del 33%,

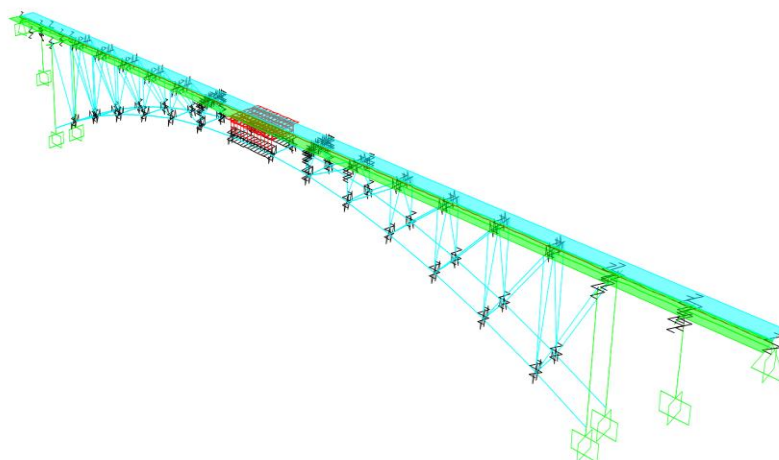


Figura 156: Definición de carriles de diseño.

Vehicle Class Data

Vehicle Class Name:

Define Vehicle Class

Vehicle Name	Scale Factor
HL-93K	1.
HL-93K	1.
HL-93M	1.
HL-93S	1.

Add Modify Delete

OK Cancel

Figura 157: Definición de carga HL93.

Vehicle Data - Vertical Loading

Vehicle Name: Design Type: Units:

Source: Convert to User Defined Notes...

Length Effects

Axle: Modify/Show...
Uniform: Modify/Show...

Vehicle Location in Lane

☐ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only
Straddle Reduction Factor:
☐ Vehicle Remains Fully in Lane (in Lane Longitudinal Direction)

Usage

☒ Lane Negative Moments at Supports
☒ Interior Vertical Support Forces
☒ All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge:
Lane Interior Edge:

Center of Gravity

Height - Axle Loads:
Height - Uniform Loads:

Load Plan
Load Elevation

Modify/Show Loads
Vertical Loading... Horizontal Loading...

Vehicle Data - Vertical Loading

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load Scale Factor		Axle Load Scale Factor			
			Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048	3.6287	Two Points	1.8288
Fixed Length	4.2672		0.9524	Fixed Width	3.048	14.515	Two Points	1.8288
Variable Length	4.2672	9.144	0.9524	Fixed Width	3.048	14.515	Two Points	1.8288
Trailing Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048			

Add Insert Modify Delete

Floating Axle Loads

For Lane Moments: Width Type: Axle Width:
For Other Responses: Width Type: Axle Width:
Floating Axle Load Scale Factor:
☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments
☐ Ignore Vertical Loads if Horizontal Centrifugal or Braking Loads are Defined

Superelevation Effects

☐ Adjust Vertical Loads for Superelevation
Axle Load Factor:
Uniform Load Factor:

Figura 158: Definición de carga HL93K.

Vehicle Name: HL-93M

Design Type: Vehicle Live

Units: Tonf, m, C

Source: AASHTO.xml

Convert to User Defined

Notes...

Length Effects

Axle: None

Uniform: None

Vehicle Location in Lane

☒ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only

Straddle Reduction Factor

☐ Vehicle Remains Fully in Lane (in Lane Longitudinal Direction)

Usage

☒ Lane Negative Moments at Supports

☒ Interior Vertical Support Forces

☒ All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048

Lane Interior Edge: 0.6096

Center of Gravity

Height - Axle Loads: 0

Height - Uniform Loads: 0

Load Plan

Load Elevation

Modify/Show Loads

Vertical Loading...

Horizontal Loading...

Vehicle Data - Vertical Loading

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048	11.3398	Two Points	1.8288
Fixed Length	1.2192		0.9524	Fixed Width	3.048	11.3398	Two Points	1.8288
Variable Length			0.9524	Fixed Width	3.048	11.3398	Two Points	1.8288
Trailing Load			0.9524	Fixed Width	3.048	11.3398	Two Points	1.8288

Uniform Load Scale Factor: 1

Axle Load Scale Factor: 1.33

Floating Axle Loads

For Lane Moments: 0

For Other Responses: 0

Width Type: One Point

Axle Width: 1

Superelevation Effects

☒ Adjust Vertical Loads for Superelevation

Axle Load Factor

Uniform Load Factor

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

☐ Ignore Vertical Loads if Horizontal Centrifugal or Braking Loads are Defined

Figura 159: Definición de carga HL93M.

Vehicle Name: HL-93S

Design Type: Vehicle Live

Units: Tonf, m, C

Source: AASHTO.xml

Convert to User Defined

Notes...

Length Effects

Axle: None

Uniform: None

Vehicle Location in Lane

☒ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only

Straddle Reduction Factor

☐ Vehicle Remains Fully in Lane (in Lane Longitudinal Direction)

Usage

☒ Lane Negative Moments at Supports

☒ Interior Vertical Support Forces

☒ All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048

Lane Interior Edge: 0.6096

Center of Gravity

Height - Axle Loads: 0

Height - Uniform Loads: 0

Load Plan

Load Elevation

Modify/Show Loads

Vertical Loading...

Horizontal Loading...

Vehicle Data - Vertical Loading

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.8572	Fixed Width	3.048	3.2659	Two Points	1.8288
Fixed Length	4.2672		0.8572	Fixed Width	3.048	13.0635	Two Points	1.8288
Variable Length	15.24	0. (Infinite)	0.8572	Fixed Width	3.048	13.0635	Two Points	1.8288
Fixed Length	4.2672		0.8572	Fixed Width	3.048	13.0635	Two Points	1.8288
Trailing Load			0.8572	Fixed Width	3.048	13.0635	Two Points	1.8288

Uniform Load Scale Factor: 1

Axle Load Scale Factor: 1.33

Floating Axle Loads

For Lane Moments: 0

For Other Responses: 0

Width Type: One Point

Axle Width: 1

Superelevation Effects

☒ Adjust Vertical Loads for Superelevation

Axle Load Factor

Uniform Load Factor

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

☐ Ignore Vertical Loads if Horizontal Centrifugal or Braking Loads are Defined

Figura 160: Definición de carga HL93S.

5.2.2.2 VARIACIONES DE TEMPERATURA

Para los efectos térmicos se ha considerado un gradiente de calentamiento del tablero de acuerdo a la normativa de puentes del MTC 2018.

Figura 161: Definición de gradiente térmico.

5.2.2.3 SOBRECARGA DE CONSTRUCCION PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Representa al personal obrero y técnico presente en el tablero así como a las maquinarias y equipos menores necesarios para la construcción. Se emplearán 50Kg/m2 para la etapa de máximo voladizo

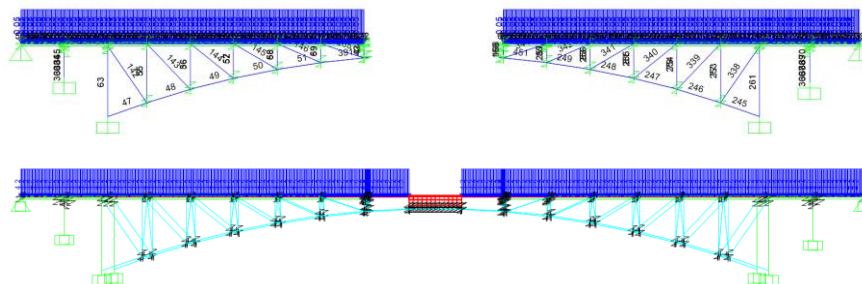


Figura 162: Sobrecarga de construcción, etapa de volado (arriba), etapa completa (abajo).

5.2.2.4 SOBRECARGA DE CONSTRUCCION PROCEDENTE DE GRUA

La grúa se posicionará en el punto más alejado del voladizo y será empleado para el izaje y posicionamiento de piezas metálicas y estructura de avance. Se empleará una grúa de 70t en el extremo del máximo voladizo.

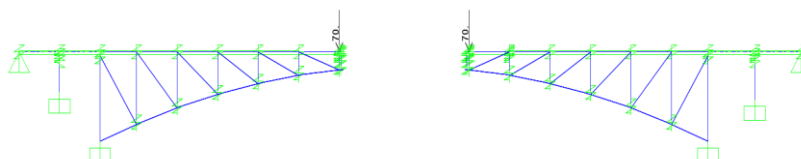


Figura 163: Sobrecarga procedente de grúa.

5.2.3 CARGA SÍSMICA

5.2.3.1 SISMO HORIZONTAL

Los efectos sísmicos serán analizados de acuerdo a lo indicado en el apartado 3.10.4 del AASHTO (2014). Se incluye a continuación la figura con la definición general del espectro.

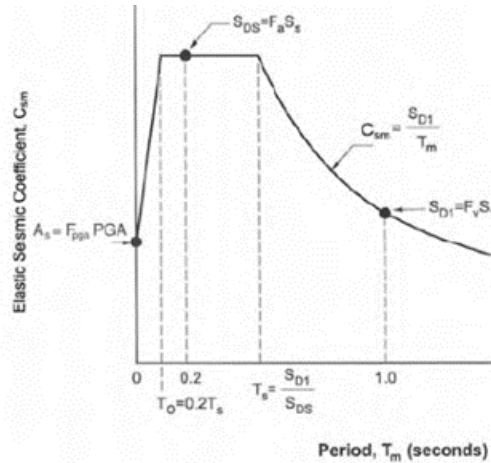


Figura 164: Parámetros para la definición de espectros sísmicos según la norma AASHTO (2014).

Los valores del espectro se definen de la siguiente manera:

Coeficientes de aceleración

- PGA: Coeficiente de aceleración pico
- S_s : Coeficiente de aceleración espectral para un periodo de 0.20s.
- S_1 : Coeficiente de aceleración espectral para un periodo de 1.00s.

Factores de sitio

- F_{pga} : Factor del sitio para la aceleración pico
- F_a : Factores de sitio para la aceleración de periodo 0.20s.
- F_v : Factores de sitio para la aceleración de periodo 1.00s.

Definición de los puntos principales del espectro

- $A_s = F_{pga} PGA$
- $S_{DS} = F_a S_s$
- $S_{D1} = F_v S_1$

Periodos que definen la meseta del espectro

- $T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

- $T_o = 0.2T_s$

Para valores intermedios de periodos las aceleraciones se definen de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$C_{sm}(T_m) = \begin{cases} A_s + (S_{DS} - A_s) \cdot \frac{T_m}{T_o} & \text{si } T_m \leq T_o \\ S_{DS} & \text{si } T_o < T_m \leq T_s \\ \frac{S_{DI}}{T_m} & \text{si } T_m > T_s \end{cases}$$

La presente tesis plantea la construcción de esta tipología de puentes en suelos rocosos. Por ello ubicaremos su uso en los suelos rocosos de la selva alta de la región San Martín.

Para fines de diseño se clasificará al puente materia de la presente tesis como puente esencial de tal manera que se espera, como mínimo, que este abierto para vehículos de emergencia o para fines de seguridad y/o defensa inmediatamente después del sismo de diseño con un periodo de retorno de 1000 años lo cual representa un 7% de probabilidad de excedencia en los 75 años de vida útil del puente.

De acuerdo al apéndice A3 del manual de Puentes (MTC, 2018) se muestran mapas del país con los coeficientes de aceleración PGA, S_s y S₁, lo que se hará para construir el espectro es situarnos en la zona alta de la región San Martín y obtener los coeficientes de aceleración. Todos los factores de sitio serán igual a 1 ya que el tipo de suelo en que nos estamos situando es rocoso.

Coeficientes de aceleración

- PGA: 0.330 Coeficiente de aceleración pico en terreno tipo B, roca.
- S_s: 0.825
- S₁: 0.29

Factores de sitio

- F_{pga}: 1.00
- F_a: 1.00
- F_v: 1.00

Definición de los puntos principales del espectro

- $A_s = 0.33$
- $S_{DS} = 0.825$

- $S_{D1} = 0.28$

Periodos que definen la meseta del espectro

- $T_S = 0.339$
- $T_O = 0.068$

A continuación, se muestran los valores del espectro tabulados.

Tabla 11: Periodos (s) vs Aceleraciones espectrales (/g)

T	Csm
0	0.330
0.1	0.825
0.2	0.825
0.3	0.825
0.4	0.700
0.5	0.560
0.6	0.467
0.7	0.400
0.8	0.350
0.9	0.311
1	0.280
1.1	0.255
1.2	0.233
1.3	0.215
1.4	0.200
1.5	0.187
1.6	0.175
1.7	0.165
1.8	0.156
1.9	0.147
2	0.140
2.1	0.133
2.2	0.127
2.3	0.122
2.4	0.117
2.5	0.112
2.6	0.108
2.7	0.104
2.8	0.100
2.9	0.097
3	0.093
3.1	0.090
3.2	0.088
3.3	0.085
3.4	0.082
3.5	0.080
3.6	0.078
3.7	0.076
3.8	0.074
3.9	0.072
4	0.070
4.1	0.068
4.2	0.067
4.3	0.065
4.4	0.064
4.5	0.062
4.6	0.061
4.7	0.060
4.8	0.058
4.9	0.057
5	0.056

El Espectro de Respuesta Elástica para la presente estructura es mostrado en la siguiente gráfica.

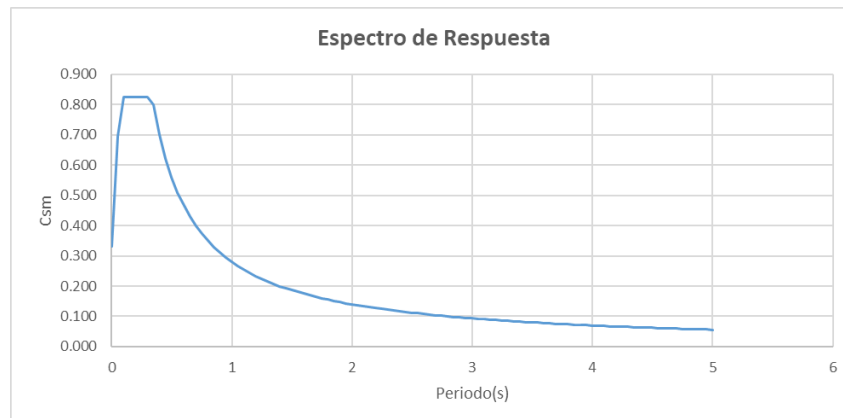


Figura 165: Espectro de respuesta

En el apartado 3.5 de la norma AASHTO (2014) se determina cual es la Categoría Sísmica de Diseño, en función del valor SD_1 del espectro de aceleraciones. Se incluye la Tabla 11.

Tabla 12: Categoría sísmica de diseño

Value of $S_{D1} = F_v S_1$	SDC
$S_{D1} < 0.15$	A
$0.15 \leq S_{D1} < 0.30$	B
$0.30 \leq S_{D1} < 0.50$	C
$0.50 \leq S_{D1}$	D

Fuente: AASHTO (2014)

En nuestro caso $SD_1=0.23$, Mayor que 0.15, luego corresponde una categoría de diseño SDC B.

5.2.3.3 SISMO VERTICAL

Considerando una posible amplificación de las cargas gravitatorias debido al efecto sísmico vertical se va a tomar una fracción de 2/3 del espectro horizontal definido, lo cual asociara una fuerza a las cargas permanentes (masa sísmica) de acuerdo al periodo vertical de la estructura.

5.2.4 CARGAS DE VIENTO

Se asumirá que las presiones aquí especificadas son provocadas por una velocidad básica del viento, V_B , de 160 km/h. Se asumirá que la carga de viento está uniformemente distribuida sobre el área expuesta al viento. El área expuesta será la sumatoria de las áreas de todos los componentes, incluyendo el sistema de piso y las barreras, vistas en elevación y perpendiculares a la dirección de

viento supuesta. Esta dirección se deberá variar para determinar las solicitaciones extremas en la estructura o en sus componentes. En el análisis se pueden despreciar las superficies que no contribuyen a la solicitación extrema considerada. Para puentes o elementos de puentes a más de 10 m sobre el nivel del terreno o del agua, la velocidad de viento de diseño, V_{DZ} , se deberá ajustar de la siguiente manera:

$$V_{DZ} = 2.5V_0 \left(\frac{V_{30}}{V_B} \right) \ln \frac{Z}{Z_0} \quad (3)$$

Z_0 =longitud de fricción del fetch aguas arriba una característica meteorológica del viento como lo especifica la tabla.

Tabla 13: Valores de V_0 y Z_0 para varias condiciones de superficie aguas arriba.

Condition	Open Country	Suburban	City
V_0 (mph)	8.20	10.90	12.00
Z_0 (ft)	0.23	3.28	8.20

Fuente: AASHTO (2014)

V_{30} se puede establecer desde:

- De acuerdo a las cartas de viento disponibles en ASCE 7-10 para varios intervalos de recurrencia.
- Curvas de viento específicas del sitio.
- En la ausencia de un mejor criterio se asume que $V_{30}=V_B=100\text{mph}$

Dado que las estructuras expuestas a la presión del viento se encuentran en promedio a 10m se va a tomar como velocidad de diseño la velocidad característica del lugar a los 10m de altura sobre el nivel del suelo.

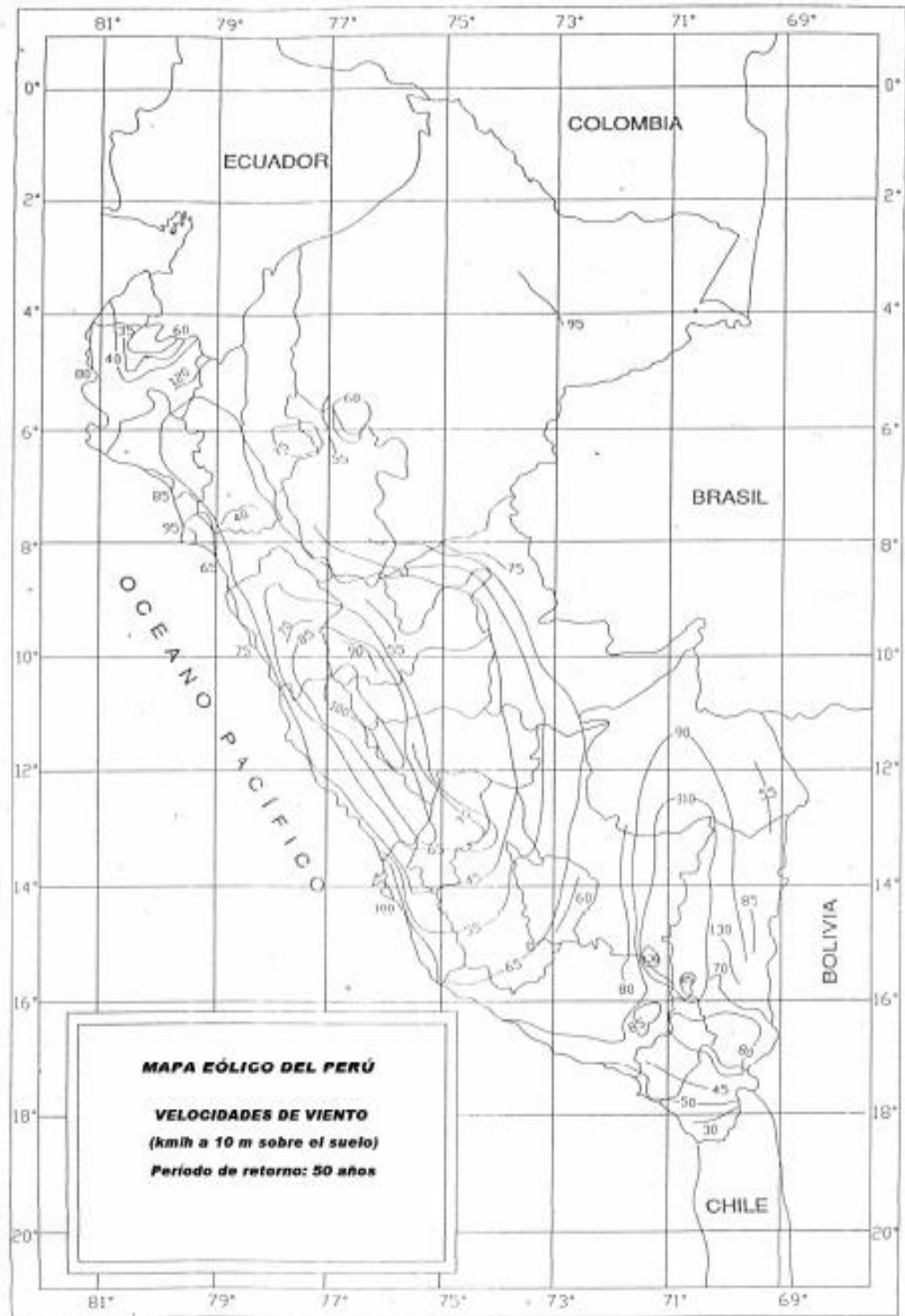


Figura 166: Mapa eólico del Perú.

Se empleará una velocidad de diseño de 45Km/h.

Si las condiciones locales lo justifican, se puede seleccionar una velocidad básica del viento de diseño diferente para las combinaciones de cargas que no involucran viento actuando sobre la sobrecarga. Se asumirá que la dirección del

viento de diseño es horizontal, a menos que el Artículo 3.8.3 de la norma AASHTO (2014) especifique lo contrario. En ausencia de datos más precisos, la presión del viento de diseño, en MPa, se puede determinar cómo

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad (4)$$

P_B =Presión de viento base especificado en la tabla 14

Tabla 14: Presión base P_B , correspondiente a $V_B=100$ mph.

Superstructure Component	Windward Load, ksf	Leeward Load, ksf
Trusses, Columns, and Arches	0.050	0.025
Beams	0.050	NA
Large Flat Surfaces	0.040	NA

fuelle: AAHTO LRFD

La carga total de viento no debería ser tomado menos de 30klf en barlovento y 0.15klf en sotavento en reticulados y arcos y no menor que 0.30klf en vigas o vigas prefabricadas.

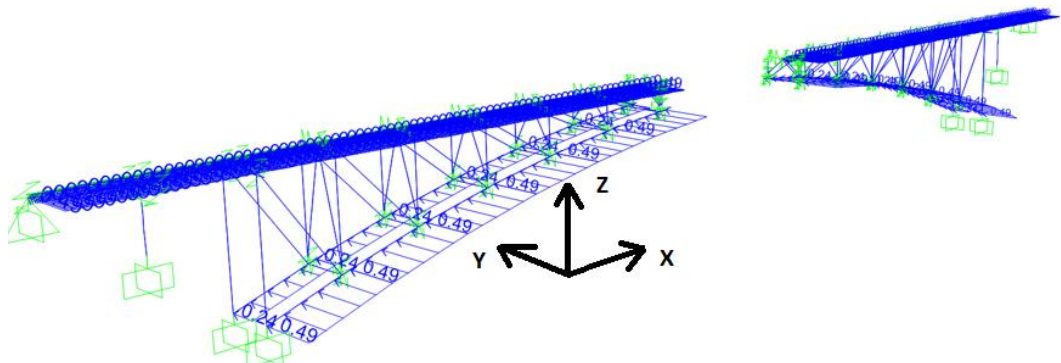


Figura 167: Elementos cargados considerados en el modelo para cargas de viento Etapa 1.

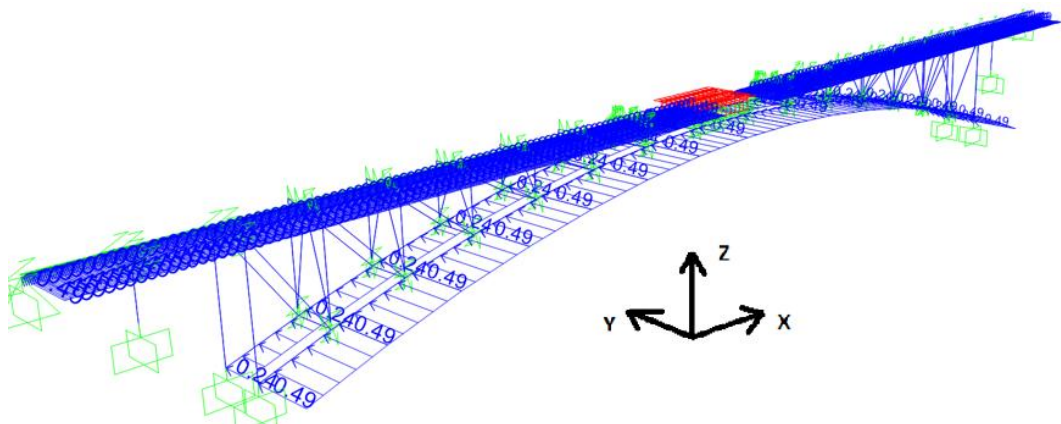


Figura 168: Elementos cargados considerados en el modelo para cargas de viento Etapa 2.

Se deberá considerar una fuerza de viento vertical ascendente de $0,96 \text{ KN/m}^2$ por el ancho del tablero, incluyendo los parapetos y aceras, como una carga lineal longitudinal. Esta fuerza se deberá aplicar sólo para los estados límites que no involucran viento actuando sobre la sobrecarga, y sólo cuando la dirección del viento se toma perpendicular al eje longitudinal del puente. Esta fuerza lineal se deberá aplicar en el punto correspondiente a un cuarto del ancho del tablero a barlovento juntamente con las cargas de viento horizontales especificadas en el Artículo 3.8.1. de la norma AASHTO (2014).

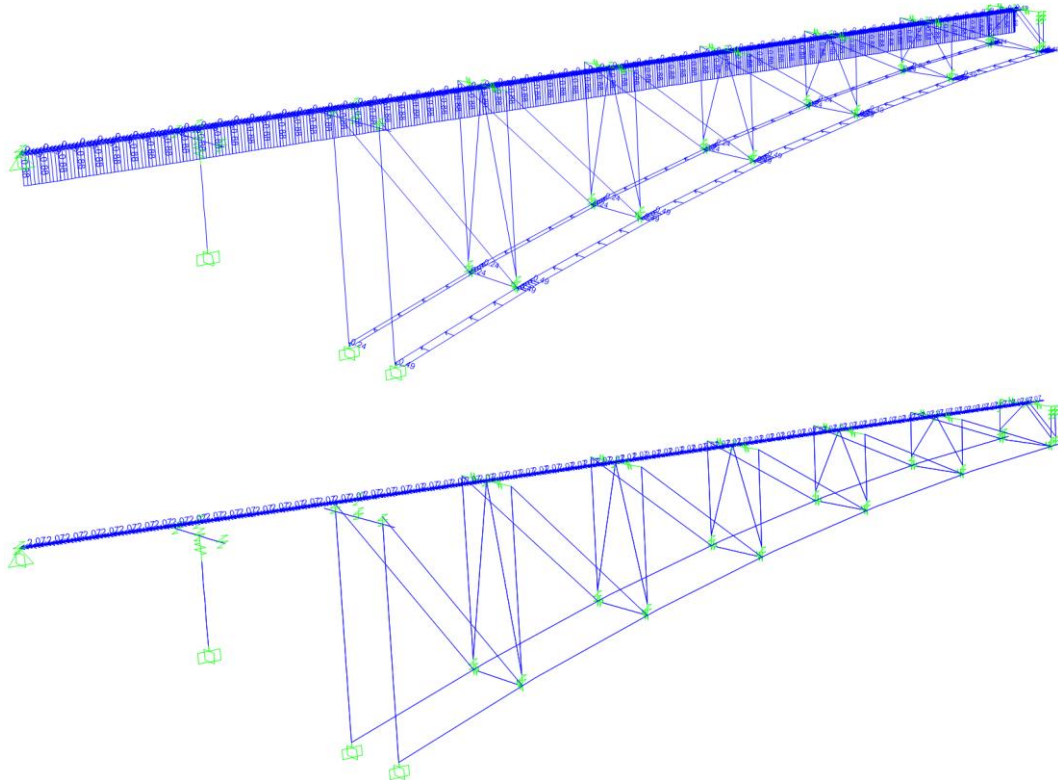


Figura 169: Carga de levantamiento y torsión por viento.

5.3 COMBINACIONES DE CARGA

La condición de diseño básica que debe cumplir cada uno de los componentes de la estructura es que su capacidad resistente no debe ser excedida por la capacidad mayorada de acuerdo al estado límite de análisis. La sollicitación mayorada es tomada como: $Q = \sum \eta_i \gamma_i Q_i$ donde η_i es el modificador de las cargas γ_i son los factores de carga y Q_i son las sollicitaciones de las cargas.

Tabla 15: Factores de amplificación de cargas 1.

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Use One of These at a Time			
										EQ	IC	CT	CV
Strength I (unless noted)	γ_p	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
Strength II	γ_p	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
Strength III	γ_p	—	1.00	1.40	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
Strength IV	γ_p	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—
Strength V	γ_p	1.35	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
Extreme Event I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—
Extreme Event II	γ_p	0.50	1.00	—	—	1.00	—	—	—	—	1.00	1.00	1.00
Service I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
Service II	1.00	1.30	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	—	—	—	—	—	—
Service III	1.00	0.80	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
Service IV	1.00	—	1.00	0.70	—	1.00	1.00/1.20	—	1.0	—	—	—	—
Fatigue I—LL, IM & CE only	—	1.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fatigue I II— LL, IM & CE only	—	0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Fuente: AASHTO (2014)

Tabla 16: Factores de amplificación de cargas 2.

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculate Downdrag	Load Factor	
	Maximum	Minimum
DC: Component and Attachments	1.25	0.90
DC: Strength IV only	1.50	0.90
DD: Downdrag	Piles, α Tomlinson Method	1.4
	Piles, λ Method	1.05
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (1999) Method	1.25
DW: Wearing Surfaces and Utilities	1.50	0.65
EH: Horizontal Earth Pressure	Active	1.50
	At-Rest	1.35
	AEP for anchored walls	1.35
EL: Locked-in Construction Stresses	1.00	1.00
EV: Vertical Earth Pressure	Overall Stability	1.00
	Retaining Walls and Abutments	1.35
	Rigid Buried Structure	1.30
	Rigid Frames	1.35
	Flexible Buried Structures other than Metal Box Culverts	1.95
	Flexible Metal Box Culverts and Structural Plate Culverts with Deep Corrugations	1.50
ES: Earth Surcharge	1.50	0.75

Fuente: AASHTO (2014)

5.4 MODELAMIENTO ESTRUCTURAL

5.4.1 DESCRIPCIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS

5.4.1.1 MODELO ETAPA 1

En el modelo 01 se tiene la representación de la etapa en que el puente se encontrará en voladizo con todos sus elementos trabajando para este fin. El modelo consta de dos bridas:

- El tablero de concreto es la brida superior que trabaja a tracción.
- En arco principal es la brida inferior que trabaja a compresión.

El tablero se encuentra fijo en el extremo izquierdo mediante el anclaje en el macizo rocoso mediante pernos de anclaje. El arco principal se encuentra fijo dentro del bloque de anclaje, todas las uniones entre el tablero y la subestructura son rígidas excepto en la última montante donde se emplean neoprenos de 200t/m de rigidez lateral, adicionalmente existen montantes y diagonales que proporcionan la estabilidad en cada etapa en voladizo que comprende el proceso constructivo.



Figura 170: Vista tridimensional del modelo matemático.

Este modelo también se emplea para la verificación sísmica en la etapa de construcción para lo cual se considera el 50% del espectro de diseño característico del lugar de acuerdo a la norma AASHTO (2020).

5.4.1.2 MODELO ETAPA 2

El modelo 02 representa la etapa en la que el puente trabaja completamente acoplado con el fin de soportar tanto las cargas muertas como las cargas vivas, este se construye a partir de la consideración que en ambos márgenes del río se construye el puente tal como describe el modelo 1 y al final estas dos configuraciones se unen en el centro mediante el tramo de arco final de 30m que cerrarían el mismo y darían fin a la condición de voladizo. Finalmente se coloca la parte del tablero central, tramo que se separa del resto del tablero mediante juntas de contracción.

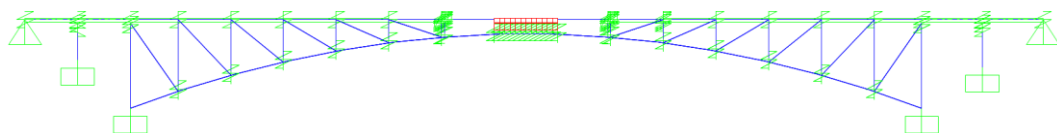


Figura 171: Vista tridimensional del modelo matemático.

5.5 PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS

5.5.1 TABLERO DE CONCRETO POSTENSADO

Tiene tres vigas de 0.60x1.00m (incluyendo losa) y una losa de 0.20m de espesor, un ancho total de 9.20m y una distancia entre vigas de 3.10m

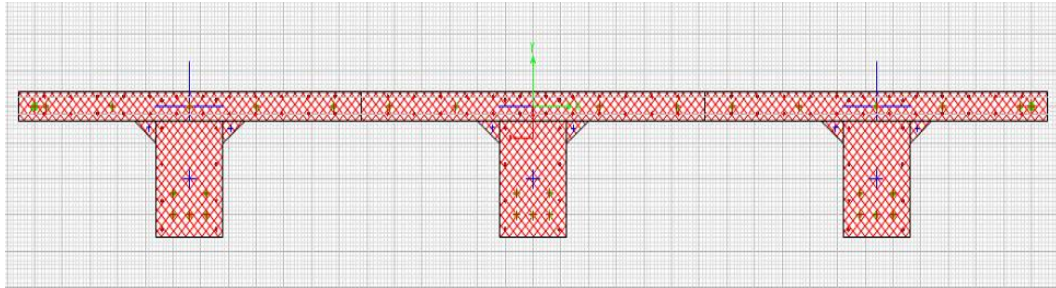


Figura 172: Modelo de sección transversal del tablero.

5.5.2 PILARES EN ACCESOS

El pilar de los accesos es de sección variable a lo largo de 5.20m de altura.

La imagen muestra la interfaz de usuario de un software de diseño de secciones transversales. En la parte superior, se define el nombre de la sección como 'P11' y se muestra un color de visualización. Debajo, se encuentran los campos de dimensiones: profundidad exterior (t3) de 0.8, anchura exterior (t2) de 1.5, espesor de la flange (tf) de 0.2 y espesor de la web (tw) de 0.25. A la derecha, se visualiza la sección transversal en un sistema de coordenadas. En la parte inferior, se selecciona el material como '4000Psi' y se muestran los modificadores de propiedades.

Figura 173: Sección transversal inferior de pilar en acceso.

La imagen muestra la interfaz de usuario de un software de diseño de secciones transversales. En la parte superior, se define el nombre de la sección como 'P14' y se muestra un color de visualización. Debajo, se encuentran los campos de dimensiones: profundidad exterior (t3) de 1.0, anchura exterior (t2) de 2.0, espesor de la flange (tf) de 0.3 y espesor de la web (tw) de 0.5. A la derecha, se visualiza la sección transversal en un sistema de coordenadas. En la parte inferior, se selecciona el material como '4000Psi' y se muestran los modificadores de propiedades.

Figura 174: Sección transversal superior de pilar en acceso.

5.5.3. PILARES EN ARRANQUES

Se encuentran sobre el bloque de arranque del arco, tiene 1.50m de diámetro y una longitud de 13.10m

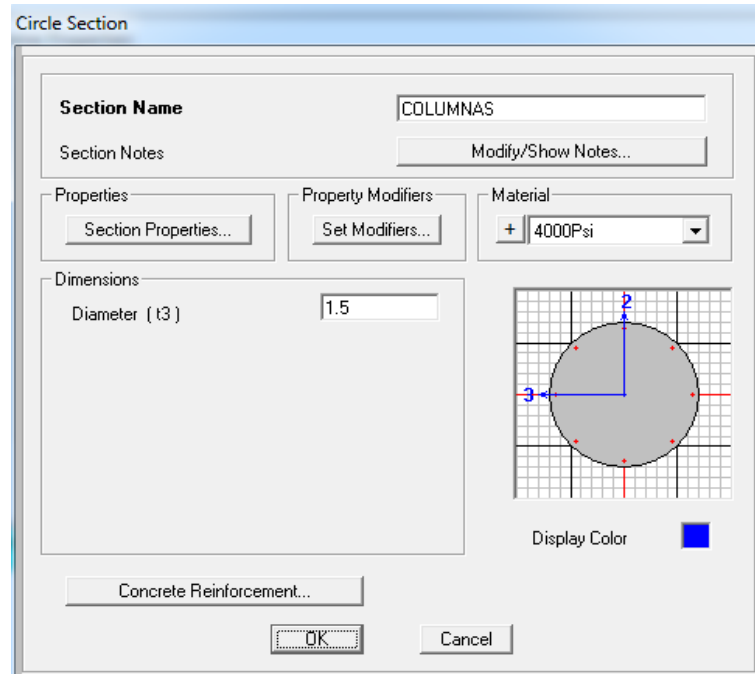


Figura 175: Definición de Columnas de Concreto.

5.5.4. VIGA CABEZAL

Una ambas columnas de concreto en el sentido transversal al eje del puente.

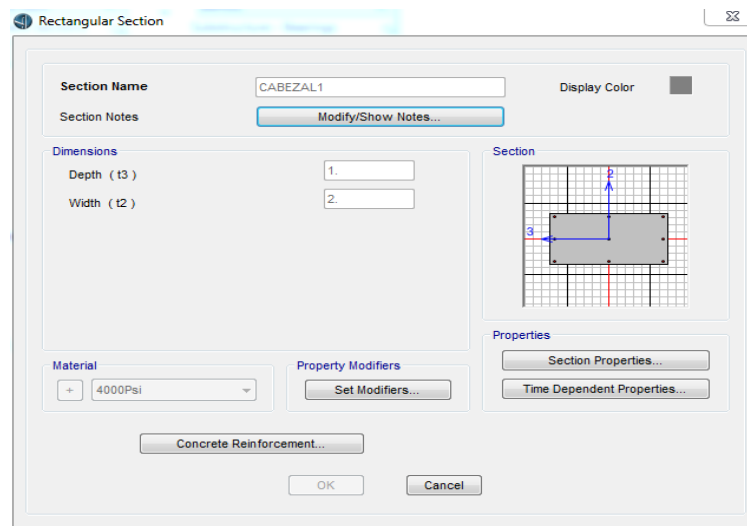


Figura 176: Sección transversal de viga cabezal.

5.5.5. MONTANTES

Las secciones de las montantes están compuestas por elementos tubulares rectangulares, existen 4 diferentes secciones.

Dimensions	
Outside depth (t3)	0.35
Outside width (t2)	0.35
Flange thickness (tf)	0.012
Web thickness (tw)	0.012

Section

Figura 177: Definición de secciones tubular 1.

Dimensions	
Outside depth (t3)	0.35
Outside width (t2)	0.35
Flange thickness (tf)	0.018
Web thickness (tw)	0.018

Section

Figura 178: Definición de secciones tubular 2.

Dimensions	
Outside depth (t3)	0.35
Outside width (t2)	0.35
Flange thickness (tf)	0.016
Web thickness (tw)	0.016

Section

Figura 179: Definición de secciones tubular 3.

Dimensions	
Outside depth (t3)	0.35
Outside width (t2)	0.35
Flange thickness (tf)	8.000E-03
Web thickness (tw)	8.000E-03

Section

Figura 180: Definición de secciones tubular 4.

5.5.6. DIAGONALES

Las secciones de las diagonales están compuestas por elementos tubulares rectangulares, existen 4 diferentes secciones.

Dimensions	
Outside depth (t3)	0.35
Outside width (t2)	0.35
Flange thickness (tf)	0.012
Web thickness (tw)	0.012
Corner Radius	0.

Section

Figura 181: Definición de sección diagonal 1.

Dimensions		Section
Outside depth (t3)	0.35	
Outside width (t2)	0.35	
Flange thickness (tf)	0.016	
Web thickness (tw)	0.016	
Corner Radius	0.	

Figura 182: Definición de sección diagonal 2.

Dimensions		Section
Outside depth (t3)	0.35	
Outside width (t2)	0.35	
Flange thickness (tf)	0.018	
Web thickness (tw)	0.018	
Corner Radius	0.	

Figura 183: Definición de sección diagonal 3.

Dimensions		Section
Outside depth (t3)	0.35	
Outside width (t2)	0.35	
Flange thickness (tf)	0.028	
Web thickness (tw)	0.028	
Corner Radius	0.	

Figura 184: Definición de sección diagonal 4.

5.5.7. VIGAS RIOSTRAS

Las secciones de las vigas riostras están compuestas por elementos tubulares rectangulares, existen 4 diferentes secciones.

Dimensions		Section
Outside depth (t3)	0.4	
Outside width (t2)	0.4	
Flange thickness (tf)	0.014	
Web thickness (tw)	0.014	
Corner Radius	0.	

Figura 185: Definición de sección viga riostra 1.

Dimensions		Section
Outside depth (t3)	0.4	
Outside width (t2)	0.4	
Flange thickness (tf)	0.01	
Web thickness (tw)	0.01	
Corner Radius	0.	

Figura 186: Definición de sección viga riostra 2.

5.5.8. ARCOS

Son secciones cajones tubulares rectangulares de 1.50 m de peralte y 1.20m de ancho.

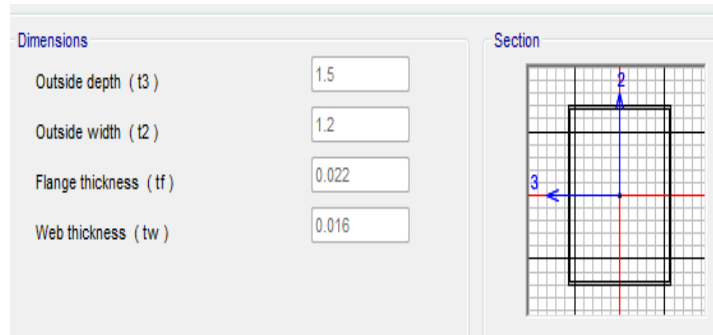


Figura 187: Sección transversal arco 1.

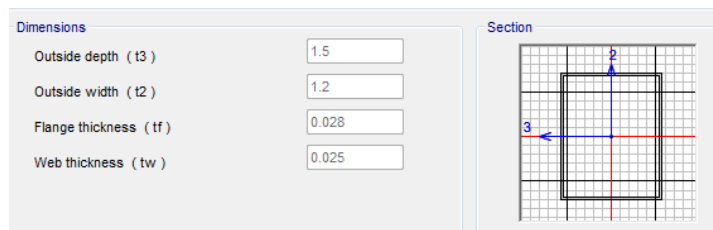


Figura 188: Sección transversal arco 2.

5.6. MASA DEL SISTEMA

La masa de la estructura es determinada considerando el peso propio de los elementos estructurales y el 100% del peso de las cargas permanentes. En el apartado 5.2.1.1 se detallan las cargas permanentes consideradas y que forman parte de la masa del sistema.

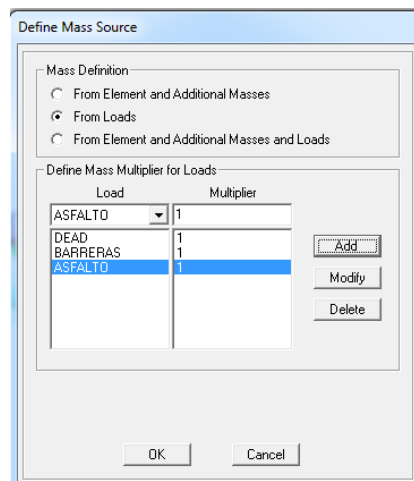


Figura 189. Definición de masa

5.7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

5.7.1. VIBRACIONES DE LA ESTRUCTURA

Del análisis estructural obtenemos los diferentes periodos y frecuencias de vibración para diversas formas de modo.

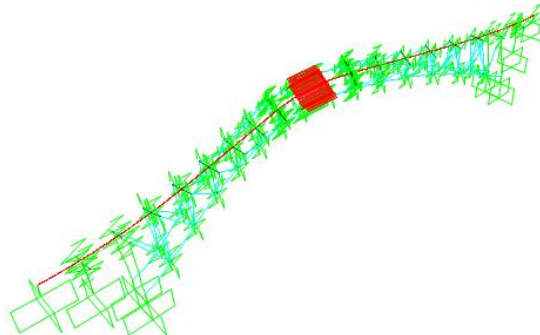


Figura 190: Modo de vibración fundamental.

Los periodos y frecuencias son resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 17: modos de vibración del puente

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.9216	0.0000	0.6093	0.0000	0.0000	0.6093	0.0000
MODAL	Mode	2	0.8340	0.0000	0.0000	0.4194	0.0000	0.6093	0.4194
MODAL	Mode	3	0.7097	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.6094	0.4194
MODAL	Mode	4	0.5315	0.0000	0.0563	0.0000	0.0000	0.6657	0.4194
MODAL	Mode	5	0.5164	0.0022	0.0000	0.0000	0.0022	0.6657	0.4194
MODAL	Mode	6	0.3994	0.0000	0.0879	0.0000	0.0022	0.7537	0.4194
MODAL	Mode	7	0.3249	0.0000	0.0000	0.2041	0.0023	0.7537	0.6235
MODAL	Mode	8	0.3042	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.7537	0.6235
MODAL	Mode	9	0.2755	0.0361	0.0000	0.0000	0.0384	0.7537	0.6235
MODAL	Mode	10	0.2549	0.0000	0.0000	0.0000	0.0384	0.7537	0.6235
MODAL	Mode	11	0.2362	0.0000	0.0108	0.0000	0.0384	0.7645	0.6235
MODAL	Mode	12	0.2214	0.0000	0.0819	0.0000	0.0384	0.8464	0.6235
MODAL	Mode	13	0.1918	0.0000	0.0000	0.0590	0.0384	0.8464	0.6825
MODAL	Mode	14	0.1715	0.0000	0.0001	0.0000	0.0384	0.8465	0.6825
MODAL	Mode	15	0.1568	0.0464	0.0000	0.0000	0.0848	0.8465	0.6825
MODAL	Mode	16	0.1374	0.0000	0.0070	0.0000	0.0848	0.8535	0.6825
MODAL	Mode	17	0.1372	0.0000	0.0001	0.0000	0.0848	0.8536	0.6825
MODAL	Mode	18	0.1297	0.6648	0.0000	0.0000	0.7495	0.8536	0.6825
MODAL	Mode	19	0.1247	0.0000	0.0485	0.0000	0.7495	0.9020	0.6825
MODAL	Mode	20	0.1223	0.0007	0.0000	0.0138	0.7503	0.9020	0.6963
MODAL	Mode	199	0.0326	0.0000	0.0001	0.0000	0.9155	0.9680	0.9029
MODAL	Mode	200	0.0325	0.0000	0.0001	0.0000	0.9155	0.9681	0.9029

Fuente: Elaboración propia

Se reportaron mas de 200 modos para poder superar el 90% de la masa movilizada en “x”, “y” y “z”. Se puede apreciar que el modo fundamental es en la dirección transversal al puente (eje y) esto demuestra la flexibilidad ante efectos de viento y sismo por la longitud considerable del puente. También podemos apreciar que recién en el modo 18 aparece una participación modal en la dirección paralela al puente (eje x) y esta tienen un periodo de 0.1297 segundos lo cual demuestra que en la dirección paralela al puente (eje x) el puente es rígido por la condición de borde fija que tiene en la roca.

5.7.2. DESPLAZAMIENTOS POR EFECTOS SISMICOS

En el apartado 5.3.3 se describe la construcción del espectro sísmico a emplear en el análisis estructural, con esto los resultados de los desplazamientos sísmicos máximos son:

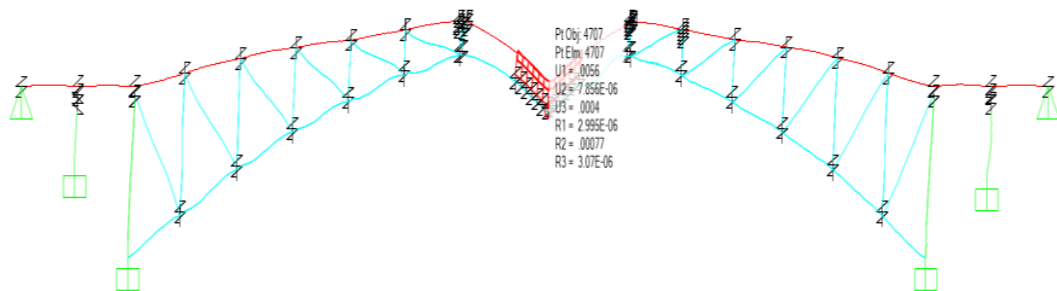


Figura 191: Desplazamiento longitudinal del puente.

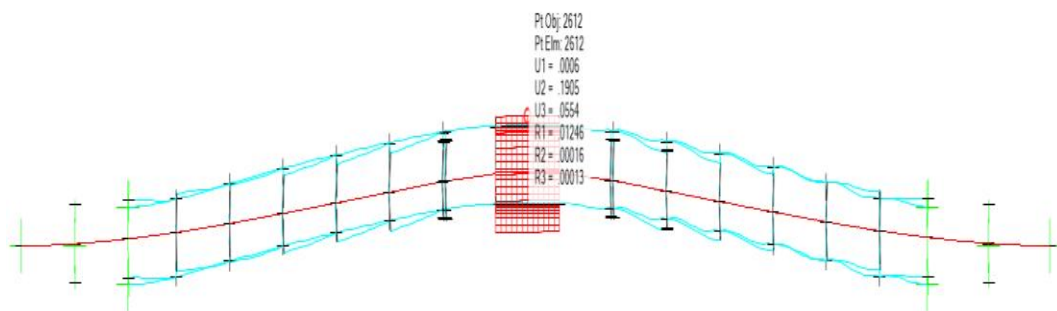


Figura 192: Desplazamiento transversal del puente.

CAPITULO VI: DISEÑO DE ELEMENTOS METÁLICOS

El cálculo de los elementos del puente se realizó suponiendo diversas etapas constructivas consistentes con las etapas propuestas para la construcción del puente, las cuales son indicadas a continuación:

El proceso constructivo propuesto para la construcción de la estructura es el siguiente:

1. Se procede al retiro de interferencias identificadas en el plano de interferencias.
2. Se realiza la construcción de las pantallas de anclaje además de los dispositivos de anclaje en roca. Simultáneamente se deben estar construyendo los bloques de arranque de ambas márgenes y luego los pilares de los accesos.
3. Se realiza el vaciado de la losa en los accesos, el postensado se debe anclar en extremo de la pantalla y pasar los ductos.
4. Se procede a la construcción del arco empezando por el elemento tubular en la zona del arranque, junto con la primera diagonal.
5. A continuación, se encofra la losa apoyando este encofrado en los arcos, se realiza el vaciado de la losa dejando dentro del concreto toda la montante conteniendo esta un pedazo de diagonal para ser luego empernado el segmento restante.
6. Se procede a la construcción del segundo tramo de arco y segunda diagonal, a continuación, el segundo tramo de losa y segunda montante y así sucesivamente hasta llegar al sexto paño.
7. Una vez estemos a 30m de encontrarnos con el otro frente de construcción, se colocan sendas grúas en los extremos y se montan los 30m del tramo central restante de arco.
8. Una vez montados ambos tramos de arcos centrales se construye el tablero integrando 12m de este a la estructura metálica mediante conectores de cortante.
9. Se realiza la construcción de muros New Jersey, veredas y asfalto.

6.1 VERIFICACIONES EN SERVICIO

Para el cálculo de acciones en Servicio 2 se tendrá en cuenta 4 puntos dentro de la sección transversal, como muestra la figura 187, dos en la fibra superior y dos en la fibra inferior.

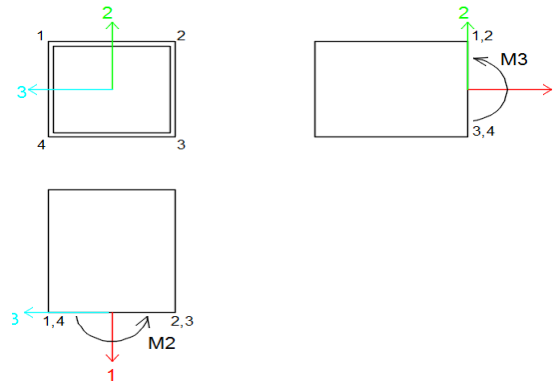


Figura 193: Ubicación de puntos de cálculo en la sección transversal.

Las acciones de flexión generarán esfuerzos longitudinales en cada uno de ellos, estos valores se obtienen combinando las acciones de la sección como muestran las ecuaciones:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{N_u}{A_s} + \frac{M2}{Sx_b} - \frac{M3}{Sy_t} \\ \sigma_2 &= \frac{N_u}{A_s} - \frac{M2}{Sx_t} - \frac{M3}{Sy_t} \\ \sigma_3 &= \frac{N_u}{A_s} - \frac{M2}{Sx_t} + \frac{M3}{Sy_b} \\ \sigma_4 &= \frac{N_u}{A_s} + \frac{M2}{Sx_b} + \frac{M3}{Sy_b}\end{aligned}\quad (5)$$

6.2 VERIFICACIONES EN ESTADO ÚLTIMO

Sabemos que en las secciones metálicas existen grandes cargas de compresión actuando en conjunto con momentos flectores es por ello que se deben analizar el diseño desde la perspectiva de coexistencia simultanea entre ambas, para esto las acciones de demanda deben ser factoradas para las combinaciones en resistencia, según el apartado 5.3 y las secciones ser analizadas en estado último.

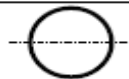
6.2.1 CAPACIDAD NOMINAL A COMPRESIÓN

La capacidad nominal a compresión de los tubos rectangulares metálicos empleados en el puente materia de tesis están definidos por el pandeo critico de Euler al cual denominaremos pandeo global, esta carga de pandeo no necesariamente se alcanza con un comportamiento óptimo de la sección ya que

tanto el ala como el alma (dependiendo de su geometría) pueden pandear antes de alcanzarse la carga crítica de pandeo de Euler.

La tabla 18 muestra las susceptibilidades a que está sujeto un elemento metálico en función a su sección transversal. Para nuestro caso tenemos secciones rectangulares tubulares el cual corresponde a la tercera sección según la tabla, la primera columna (without slender elements) corresponde a secciones en que los elementos (alas y almas) no son esbeltos es decir son suficientemente robustas para que la sección en general alcance la carga crítica de Euler sin que estos pandeen localmente, la segunda columna (with slender elements) corresponde a secciones en que los elementos (alas y almas) son esbeltos es decir son suficientemente delgadas para que la sección en general no alcance la carga crítica de Euler sin que estos pandeen localmente es por ello que la segunda columna consigna un factor Q para reducir esta carga crítica de pandeo y tomando en cuenta así los efectos locales de alas y almas en el caso de tenerlos.

Tabla 18: Hoja de ruta para la determinación de la resistencia nominal a la compresión.

Cross-Section	Without Slender Elements ($Q = 1.0$)		With Slender Elements ($Q < 1.0$)	
	Potential Buckling Mode	Applicable Equation for P_e	Potential Buckling Mode	Applicable Equations for P_e and Q
	FB and if $K_y L_y > K_z L_z$: TB	(6.9.4.1.2-1) (6.9.4.1.3-1) Note: see also Article C6.9.4.1.3	FB and if $K_y L_y > K_z L_z$: TB	(6.9.4.1.2-1) (6.9.4.1.3-1) Note: see also Article C6.9.4.1.3
			and: FLB	(6.9.4.2.2-1) or (6.9.4.2.2-2) or (6.9.4.2.2-7) or (6.9.4.2.2-8)
			and/or: WLB	(6.9.4.2.2-11)
	FB and: FTB	(6.9.4.1.2-1) (6.9.4.1.3-2) Note: see also Article C6.9.4.1.3	FB and: FTB	(6.9.4.1.2-1) (6.9.4.1.3-2) Note: see also Article C6.9.4.1.3
			and: FLB	(6.9.4.2.2-1) or (6.9.4.2.2-2) or (6.9.4.2.2-7) or (6.9.4.2.2-8)
			and/or: WLB	(6.9.4.2.2-11)
	FB	(6.9.4.1.2-1) Note: for built-up sections, see also Article 6.9.4.3	FB	(6.9.4.1.2-1) Note: for built-up sections, see also Article 6.9.4.3
			and: FLB	(6.9.4.2.2-10) or (6.9.4.2.2-11)
			and/or: WLB	(6.9.4.2.2-11)
	FB	(6.9.4.1.2-1)	FB	(6.9.4.1.2-1)
			and: LB	(6.9.4.2.2-12)
	FB	(6.9.4.1.2-1)	FB	(6.9.4.1.2-1)
	and: FTB	(6.9.4.1.3-2) Note: see also Article C6.9.4.1.3	and: FTB	(6.9.4.1.3-2) Note: see also Article C6.9.4.1.3
			Tors and: FLB	(6.9.4.2.2-1) or (6.9.4.2.2-2) or (6.9.4.2.2-7) or (6.9.4.2.2-8)
			and/or: SLB	(6.9.4.2.2-3) or (6.4.4.2.2-4)

Fuente: Tabla 6.9.4.1.1-1 AASHTO (2014)

En la tabla 6.1 para el tipo de sección empleada en el puente se menciona que se debe analizar el pandeo flexionante. Se debe analizar la resistencia al pandeo flexionante elástico “Pe” el cual debe ser tomado como:

$$P_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{Kl}{r_s}\right)^2} A_g \quad (6)$$

Donde:

A_g = Area transversal bruta del miembro.

K = Factor de longitud efectiva en el plano de pandeo determinado como se especifica en el artículo 4.6.2.5 AASHTO (2014)

l = Longitud no arriostrada en el plano de pandeo.

r_s = Radio de giro alrededor del eje normal al plano de pandeo

Según la norma AASHTO (2014) en el apartado 6.9.4, para calcular la resistencia nominal a la compresión, “Pn”, se deben tener en cuenta el valor más bajo para los posibles modos relacionados al pandeo; pandeo flexionante, pandeo torsional y pandeo torsional flexionante de la siguiente manera:

Para secciones con simetría doble como es el caso de los tubos rectangulares empleados en el puente son aplicables los siguientes modos de pandeo:

- El pandeo flexionante debería ser aplicable. El pandeo torsional debería ser aplicable para miembros en sección abierta en el cual la longitud torsional efectiva no arriostrada es más larga que la longitud lateral efectiva no arriostrada

“Pn” debería ser determinada de la siguiente manera:

- Si $\frac{P_e}{P_o} \geq 0.44$, luego
$$P_n = \left[0.658 \frac{P_o}{P_e} \right] P_o \quad (7)$$
- Si $\frac{P_e}{P_o} < 0.44$, luego

$$P_n = 0.877P_e \quad (8)$$

6.2.2 ELEMENTOS ESBELTOS Y NO ESBELTOS

Para saber si los elementos de una sección sometida a compresión son esbeltos se deben analizar los límites de esbeltez por compresión.

De acuerdo a lo que indica la norma AASHTO (2014) en la sección 6.9.4.2 se analizan las acciones que se deben seguir para caracterizar una sección sometida a carga axial fijándose el límite de esbeltez tal como indica la relación, las secciones que cumplen el límite de esbeltez son denominados no esbeltos y les corresponde un factor de reducción de esbeltez de $Q=1$ para secciones compuestas solo de elementos no esbeltos.

$$\frac{b}{t} \leq k \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (9)$$

Donde:

k = coeficiente de pandeo de la plancha especificado en la tabla 6.9.4.2.1 – 1 AASHTO (2014)

b = Ancho de la plancha especificado en la tabla 6.9.4.2.1 – 1 AASHTO (2014)

t = espesor de la plancha

Tabla 19: Tabla para la determinación de coeficientes de pandeo de planchas.

Plates Supported along One Edge (Unstiffened Elements)	k	b
Flanges of Rolled I-, Tee, and Channel Sections; Plates Projecting from Rolled I-Sections; and Outstanding Legs of Double Angles in Continuous Contact	0.56	• Half-flange width of rolled I- and tee sections
		• Full-flange width of channel sections
		• Distance between free edge and first line of bolts or welds in plates
		• Full width of an outstanding leg for double angles in continuous contact
Stems of Rolled Tees	0.75	• Full depth of tee
Outstanding Legs of Single Angles; Outstanding Legs of Double Angles with Separators; and All Other Unstiffened Elements	0.45	• Full width of outstanding leg for single angle or double angles with separators
		• Full projecting width for all others
Plates Supported Along Two Edges (Stiffened Elements)	k	b
Flanges and Webs of Square and Rectangular Built-Up Box Sections and HSS; and Nonperforated Flange Cover Plates	1.40	• Distance between adjacent lines of bolts or welds in flanges of built-up box sections
		• Distance between adjacent lines of bolts or clear distance between flanges when welds are used in webs of built-up box sections
		• Clear distance between webs or flanges minus inside corner radius on each side for HSS. Use the outside dimension minus three times the appropriate design wall thickness specified in Article 6.12.2.2.2 if the corner radius is not known
		• Distance between lines of welds or bolts for flange cover plates
Webs of I- and Channel Sections; and All Other Stiffened Elements	1.49	• Clear distance between flanges minus the fillet or corner radius at each flange for webs of rolled I- and channel sections
		• Distance between adjacent lines of bolts or clear distance between flanges when welds are used for webs of built-up I- and channel sections
		• Clear distance between edge supports for all others
Perforated Cover Plates	1.86	• Clear distance between edge supports; see also the paragraph at the end of Article 6.9.4.3.2

Fuente: Tabla 6.9.4.2.1-1 AASHTO (2014)

En el caso en que los elementos de la sección transversal no satisfagan la ecuación (5) deberán ser clasificados como elementos esbeltos

Para secciones transversales con miembros en compresión compuestos solo de elementos esbeltos no rigidizados, el factor de reducción por esbeltez de elementos “Q” debería ser tomado igual al factor para elementos no rigidizados, Q_s . Q_s debería ser tomado como el más bajo valor para todos los elementos esbeltos no rigidizados en la sección transversal. Para miembros en compresión con secciones transversales compuestos solo de elementos rigidizados, “Q” debería ser tomado igual al factor para elementos rigidizados, Q_a . Para miembros en compresión con secciones transversales compuestos simultáneamente de

elementos esbeltos rigidizados y no rigidizados, “Q” debería ser tomado igual al producto de Qs y Qa.

Para elementos esbeltos rigidizados, excepto para tubos circulares y elementos circulares HSS, “Qa” debería ser tomado como:

$$Q_a = \frac{A_{eff}}{A} \quad (10)$$

Donde:

A = Area total de la seccion transversal bruta del miembro.

A_{eff} = Suma de las areas efectivas de la seccion transversal basado en un ancho efectivo para cada elemento rigidizado esbelto en la seccion transversal.

$$\sum (b - b_e)t$$

El ancho efectivo, b_e , debería ser determinado de la siguiente manera:

- Para alas de secciones cajón rectangulares o cuadradas y HSS de espesor uniforme; y placas de cubierta no perforadas:

$$b_e = 1.92t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0.38}{(b/t)} * \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (11)$$

- Para almas; planchas de cubierta perforadas; y otros elementos rigidizados:

$$b_e = 1.92t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0.34}{(b/t)} * \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (12)$$

Donde:

$$f = Q_s F_y$$

Donde todos los elementos no rigidizados, si existiera alguno en la sección transversal son clasificados como no esbeltos, $Q_s=1.0$.

Según la norma AASHTO (2014) se debe considerar las acciones simultáneas de carga axial y momento flector para ello la norma indica relaciones entre las demandas y las capacidades que deben ser evaluadas.

6.2.3 CAPACIDAD A LA FLEXIÓN

La resistencia factorada a la flexión se debe tomar como:

$$M_r = \phi_f M_n \quad (13)$$

Donde:

M_n = Resistencia nominal a la flexión especificado en el artículo

6.12.2.2

ϕ_f = Factor de resistencia a la flexión especificado en el artículo 6.5.4.2

6.2.3.1 RESISTENCIA AL PANDEO LATERAL TORSIONAL

Para secciones con forma de cajón con simetría doble empleadas en arcos, la resistencia nominal a la flexión debe ser tomado como:

$$M_n = F_y S \left[1 - \frac{0.064 F_y S l \left(\frac{\sum \frac{b}{t}}{I_y} \right)^{0.5}}{A E} \right] \quad (14)$$

Donde:

S=Modulo de sección alrededor del eje de flexión.

A= Área encerrada dentro de las líneas centrales de las planchas que comprenden el cajón.

l = Longitud no arriostrada.

I_y = Momento de inercia alrededor del eje perpendicular al eje de flexión.

b = Distancia libre entre planchas.

t = Espesor de planchas

Para flexión en tubos rectangulares y cuadrados alrededor de cualquier eje, la resistencia nominal a la flexión debe ser tomada como el valor más bajo basado en la fluencia, pandeo local del ala o pandeo local del ala.

6.2.3.2 RESISTENCIA A LA FLUENCIA

Para el caso de fluencia la resistencia nominal a la flexión para tubos cuadrados y rectangulares deben ser tomados como:

$$M_n = M_p = F_y Z \quad (15)$$

Donde:

M_p = Momento plástico.

Z = Modulo de sección plástico alrededor de su eje de flexión.

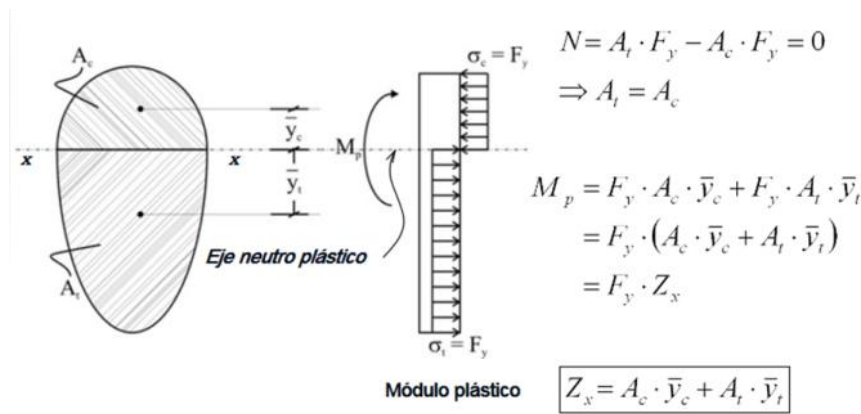


Figura 194: Calculo del módulo de sección plástica.

6.2.3.3 RESISTENCIA POR PANDEO LOCAL DE ALA

Donde la esbeltez λ_f de secciones tubulares rectangulares o cuadradas exceda λ_{pf} , el pandeo local del ala debe ser verificado. Para el pandeo local del ala, la resistencia nominal a la flexión debe ser tomado como:

- Si $\lambda_f \leq \lambda_{rf}$ luego

$$M_n = M_p - (M_p - F_y S) \left(3.57 \frac{b_{fc}}{t_{fc}} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (16)$$

- Si $\lambda_f > \lambda_{rf}$ luego

$$M_n = F_y S_{eff} \quad (17)$$

En el cual:

$$\lambda_f = \text{Esbeltez del ala a compresión} = \frac{b_{fc}}{t_{fc}}$$

$$\lambda_{pf} = \text{Límite de esbeltez para un ala compacta} = 1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_{rf} = \text{Límite de esbeltez para un ala no compacta} = 1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Donde:

b_{fc} = Ancho libre del ala en compresión entre las almas menos el radio interior de la esquina en cada lado.

S = Módulo de sección elástico alrededor del eje de flexión.

S_{eff} = Módulo de sección elástico efectivo alrededor del eje de flexión determinado usando un ancho efectivo del ala en compresión b_e determinado como:

$$b_e = 1.92 t_{fc} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[1 - \frac{0.38}{b_{fc}/t_{fc}} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right] \leq b_{fc} \quad (18)$$

t_{fc} = Espesor de diseño del ala en compresión tomado igual a 0.93 veces el espesor nominal de la resistencia eléctrica de la soldadura para las secciones HSS y tomado igual al espesor nominal para el resto de secciones.

Si $\lambda_f > \lambda_{rf}$ la siguiente condición:

$$f_c \leq \frac{1.96E}{\lambda_f^2}$$

Donde:

f_c = Esfuerzo en el ala de compresión en la sección bajo consideración debido a:

- Las cargas en servicio II en el estado límite de servicio
- La carga permanente no factorada más la combinación de carga de fatiga I en el estado límite de fatiga.
- La carga permanente factorada adecuada para el proceso constructivo.

6.2.3.4 RESISTENCIA POR PANDEO LOCAL DEL ALMA

Donde la esbeltez del alma, D/t_w , de secciones tubulares y rectangulares tipo HSS excede λ_{pw} el pandeo local del ala debe ser verificado. Para el pandeo local del alma, la resistencia nominal a flexión debe ser tomada como:

$$M_n = M_p - (M_p - F_y S) \left(0.305 \frac{D}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0.738 \right) \leq M_p \quad (19)$$

En la cual:

$$\lambda_{pw} = \text{Límite de esbeltez para un alma compacta} = 2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

6.2.4 CONSIDERACIONES PARA ARCOS DE ALMA MACIZA

6.2.4.1 ESBELTEZ DEL ALMA

La esbeltez de las almas de los nervios de los arcos deberán satisfacer la siguiente relación:

$$\frac{D}{t_w} \leq k \sqrt{\frac{E}{f_a}} \quad (20)$$

Donde:

f_a = Esfuerzo axial debido a las cargas factoradas

K = factor de estabilidad de plancha especificado en la tabla 20.

Tabla 20: Esbeltez de planchas de los arcos.

Condition	k	I_s
No longitudinal stiffener	1.25	—
One longitudinal stiffener	1.88	$I_s = 0.75 D t_w^3$
Two longitudinal stiffeners	2.51	$I_s = 2.2 D t_w^3$

Fuente: Tabla 6.14.4.2-1 AASHTO (2014)

El momento de inercia de los rigidizadores respecto de un eje paralelo al alma en la base del rigidizador no deberá ser menor que lo especificado en la Tabla 20.

La relación entre el ancho y el espesor de los rigidizadores deberá satisfacer la siguiente expresión:

$$\frac{b}{t_s} \leq 0.408 \sqrt{\frac{E}{f_a + \frac{f_b}{3}}} \leq 12 \quad (21)$$

Donde:

f_b = Esfuerzo máximo debido a cargas factoradas, incluyendo la amplificación de momentos

6.2.4.2 ESTABILIDAD DE LAS ALAS

La relación entre el ancho y el espesor de las alas deberá satisfacer la siguiente expresión:

- Para el ancho entre las almas:

$$\frac{b}{t} \leq 1.06 \sqrt{\frac{E}{f_a + f_b}} \quad (22)$$

- Para los anchos de los volados:

$$\frac{b}{t} \leq 0.408 \sqrt{\frac{E}{f_a + f_b}} \leq 12 \quad (23)$$

6.2.4 ACCIÓN SIMULTÁNEA DE FLEXIÓN Y TENSIÓN

Un componente sujeto a tensión y flexión debería satisfacer las siguientes ecuaciones:

Si $\frac{P_u}{P_r} < 0.2$, luego

$$\frac{P_u}{2.0P_r} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1.0 \quad (24)$$

Si $\frac{P_u}{P_r} \geq 0.2$, luego

$$\frac{P_u}{P_r} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1.0 \quad (25)$$

Donde:

P_r = Resistencia a la tension factorada como indica el artículo 6.8.2.1

M_{rx} = Resistencia a la flexion factorada alrededor del eje x tomado como ϕ_f veces

la resistencia nominal a la flexion alrededor del eje x como especifica el artículo

6.10,6.11 o 6.12 en los casos que sea aplicable

M_{ry} = Resistencia a la flexion factorada alrededor del eje y tomado como ϕ_f veces

la resistencia nominal a la flexion alrededor del eje y como especifica el artículo

6.12 en los casos que sea aplicable

$M_{ux}M_{uy}$ = Momentos alrededor del eje x e y respectivamente, resultante de las

cargas factoradas

P_u = Efecto de la carga axial resultante de as cargas factoradas

ϕ_f = Factor de resistencia a la flexion especificado en el artículo 6.5.4.2

La estabilidad del ala sujeto a esfuerzos de compresión neta debido al caso de flexión y tracción simultánea deben ser investigados por pandeo local.

6.2.5 ACCIÓN SIMULTÁNEA DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN

Excepto que el artículo 6.9.4.4 de la Norma AASHTO (2014) especifique otra cosa, la carga axial de compresión P_u y los momentos concurrentes M_{ux} y M_{uy} calculados por procedimientos analíticos elásticos deben satisfacer la relación:

Si $\frac{P_u}{P_r} < 0.2$, luego

$$\frac{P_u}{2.0P_r} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1.0 \quad (26)$$

Si $\frac{P_u}{P_r} \geq 0.2$, luego

$$\frac{P_u}{P_r} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1.0 \quad (27)$$

Donde:

P_r

= Resistencia a la compresion factorada como indica el articulo 6.9.2.1 AASHTO (2014)

M_{rx} = Resistencia a la flexion factorada alrededor del eje x tomado como ϕ_f veces la resistencia nominal a la flexion alrededor del eje x como especifica el articulo 6.10,6.11 o 6.12 AASHTO (2014) en los casos que sea aplicable

M_{ry} = Resistencia a la flexion factorada alrededor del eje y tomado como ϕ_f veces la resistencia nominal a la flexion alrededor del eje y como especifica el articulo 6.12 AASHTO (2014) en los casos que sea aplicable

$M_{ux}M_{uy}$ = Momentos alrededor de los ejes x e y determinados mediante:

- Un análisis elástico de segundo orden tomado en cuenta la magnificación de momentos causada por la carga axial.
- El paso simple de cálculo especificado en el artículo 4.5.3.2.2b AASHTO (2014)

ϕ_f

= Factor de resistencia a la flexion especificado en el articulo 6.5.4.2 AASHTO (2014)

6.3 DISEÑO DE BRIDA INFERIOR (ARCO PRINCIPAL)

En el modelo se asignaron las secciones que se muestran en la figura 6.3 En dicha figura se muestran encerrados en el recuadro las secciones que trabajaran en la etapa de máximo voladizo. Las secciones restantes serán llamadas arcos centrales.

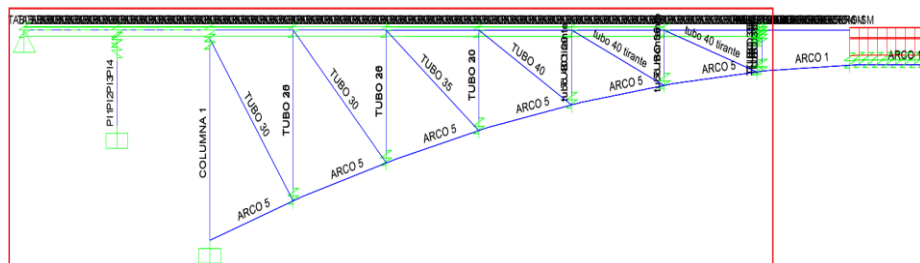


Figura 195: Secciones transversales usados en el arco principal.

Las propiedades de la sección del arco metálico son las siguientes.

Section Name ARCO 1 **Display Color**

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)

Outside width (t2)

Flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Section

Figura 196: Sección Arco 1 empleada en el arco principal.

Section Name ARCO 1

Properties

Cross-section (axial) area	0.0994	Section modulus about 3 axis	0.0494
Moment of Inertia about 3 axis	0.0371	Section modulus about 2 axis	0.0378
Moment of Inertia about 2 axis	0.0227	Plastic modulus about 3 axis	0.056
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0434
Shear area in 2 direction	0.048	Radius of Gyration about 3 axis	0.6107
Shear area in 3 direction	0.0528	Radius of Gyration about 2 axis	0.4775
Torsional constant	0.0419	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Figura 197: Propiedades de la sección transversal Arco 1 (Arcos centrales).

Section Name ARCO 5 **Display Color**

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)

Outside width (t2)

Flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Section

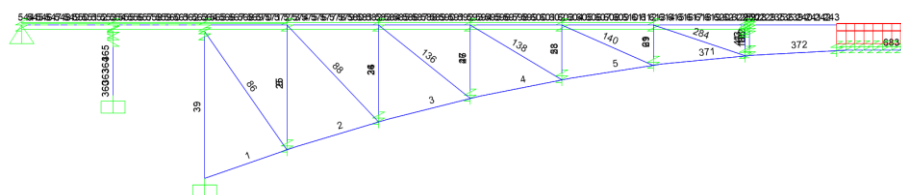
Figura 198: Sección Arco 5 empleada en el arco principal.

Section Name ARCO 5

Properties

Cross-section (axial) area	0.1394	Section modulus about 3 axis	0.0653
Moment of Inertia about 3 axis	0.049	Section modulus about 2 axis	0.055
Moment of Inertia about 2 axis	0.033	Plastic modulus about 3 axis	0.0755
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0626
Shear area in 2 direction	0.075	Radius of Gyration about 3 axis	0.5926
Shear area in 3 direction	0.0672	Radius of Gyration about 2 axis	0.4865
Torsional constant	0.0593	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Figura 199: Propiedades de la sección transversal Arco 5.



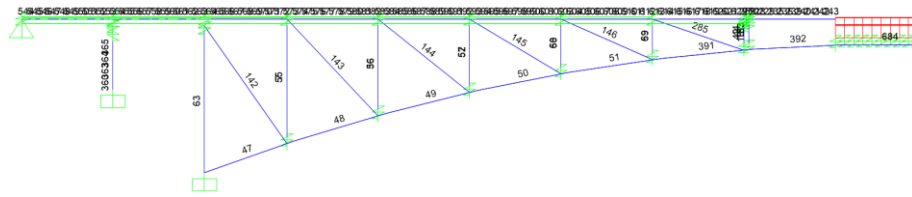


Figura 200: Etiquetas de las secciones empleadas, aguas arriba (arriba), aguas abajo (abajo).

Tabla 21: Resumen de propiedades de las secciones del arco principal.

TUBO ARCO 1		TUBO ARCO 5	
A	0.099 m ²	A	0.139 m ²
bf	1.200 m	bf	1.200 m
tf	0.022 m	tf	0.028 m
h	1.500 m	h	1.500 m
tw	0.016 m	tw	0.025 m
Q	0.581	Q	0.750
I _x	0.037 m ⁴	I _x	0.049 m ⁴
I _y	0.023 m ⁴	I _y	0.033 m ⁴
Y	0.750 m	Y	0.750 m
S _X	0.049 m ³	S _X	0.065 m ³
Z _X	0.056 m ³	Z _X	0.076 m ³
X	0.600 m	X	0.600 m
S _Y	0.038 m ³	S _Y	0.055 m ³
Z _Y	0.043 m ³	Z _Y	0.063 m ³
R _X	0.611 m	R _X	0.593 m
R _Y	0.478 m	R _Y	0.487 m

Fuente: Elaboración propia

6.3.1 VERIFICACIÓN DEL ARCO METÁLICO EN SERVICIO

Los resultados de los esfuerzos producidos en los arcos principales se resumen:

Tabla 22: Resumen de esfuerzos del arco principal.

	ESFUERZOS EN SERVICIO II (Kg/cm ²)			
	ARCO TIPO 5		ARCO TIPO 1	
	MAX	MIN	MAX	MIN
ETAPA DE VOLADIZO	785.05	-1306.59		
TIEMPO CERO	1218.15	-1756.02	2317.65	-2299.19
TIEMPO INFINITO	1734.93	-1748.29	2411.36	-2287.26

6.3.2 VERIFICACIÓN DEL ARCO METÁLICO EN RESISTENCIA

Se muestran las etiquetas de los elementos verificados:

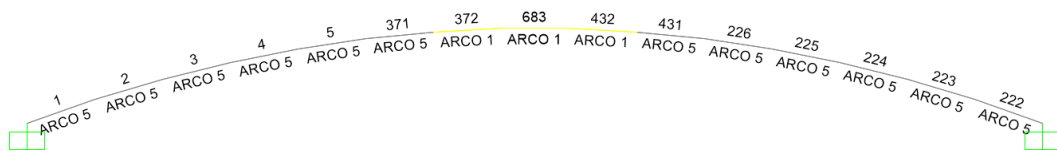


Figura 201: Etiquetas de las secciones empleadas para la verificación de la brida inferior

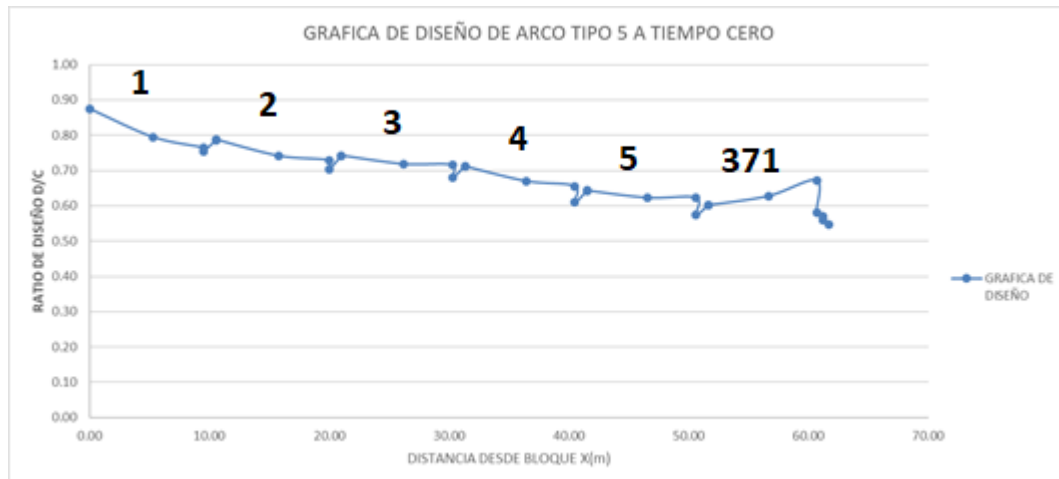


Figura 202: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo cero en resistencia

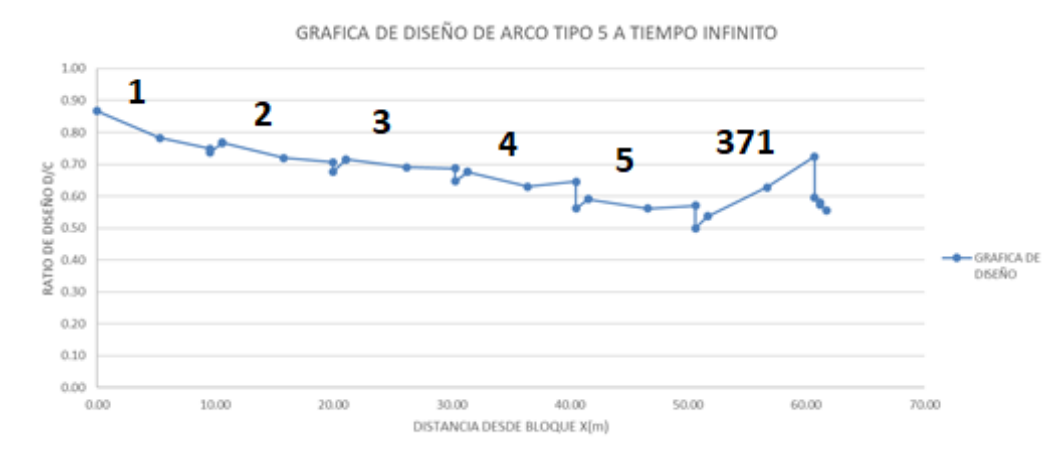


Figura 203: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo infinito en resistencia

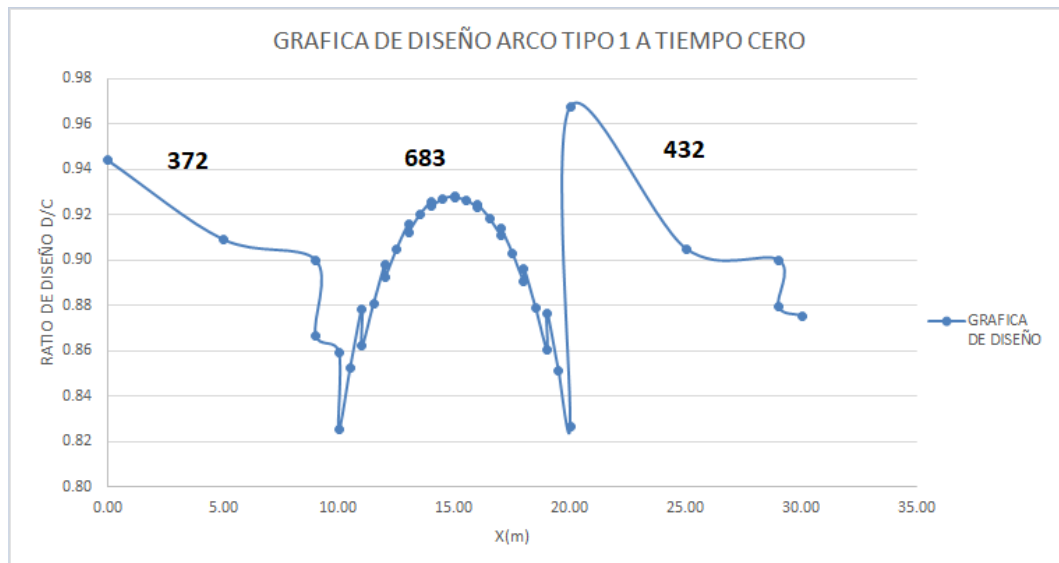


Figura 204: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo cero en resistencia

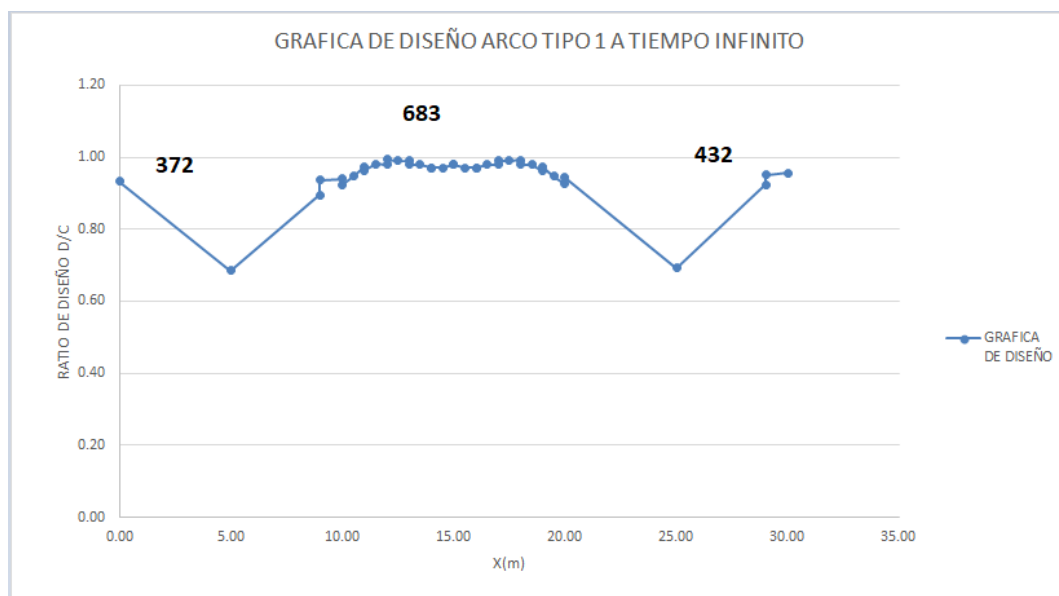


Figura 205: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo infinito en resistencia

6.3.3 VERIFICACIÓN DEL ARCO METÁLICO EN EVENTO EXTREMO ETAPA DE ARCO CERRADO

Los factores demanda-capacidad producidos en los arcos principales se resumen

SISMO X-X

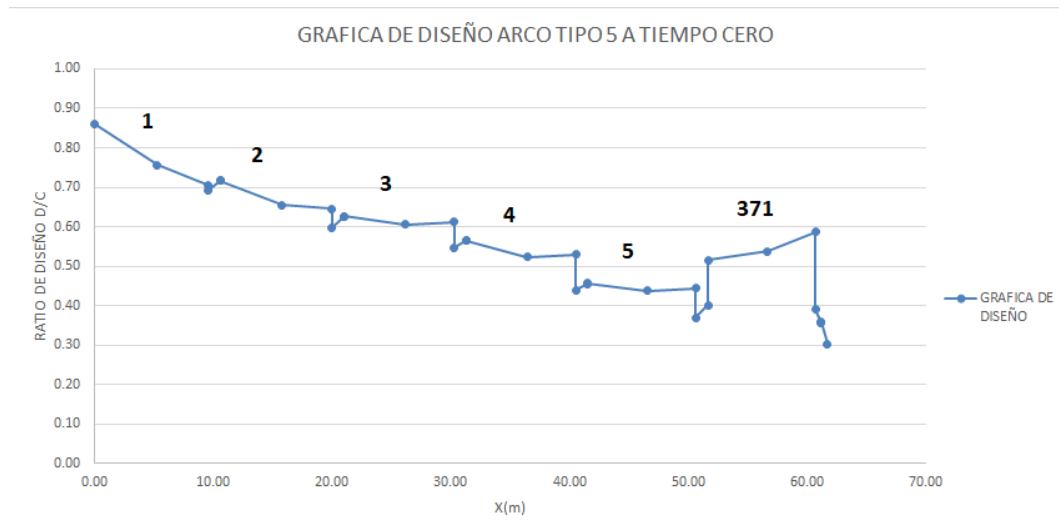


Figura 206: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo cero en evento extremo

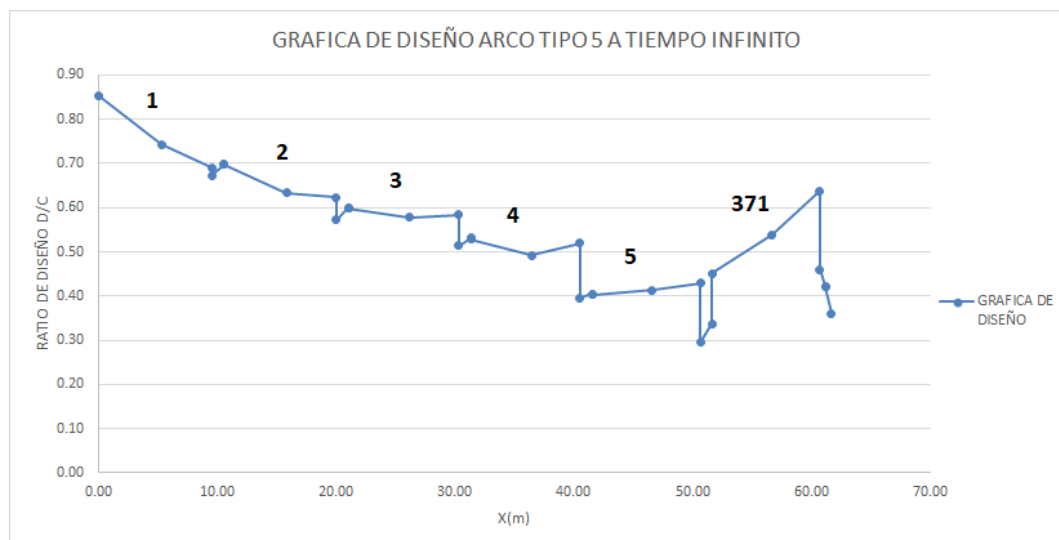


Figura 207: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo infinito en evento extremo

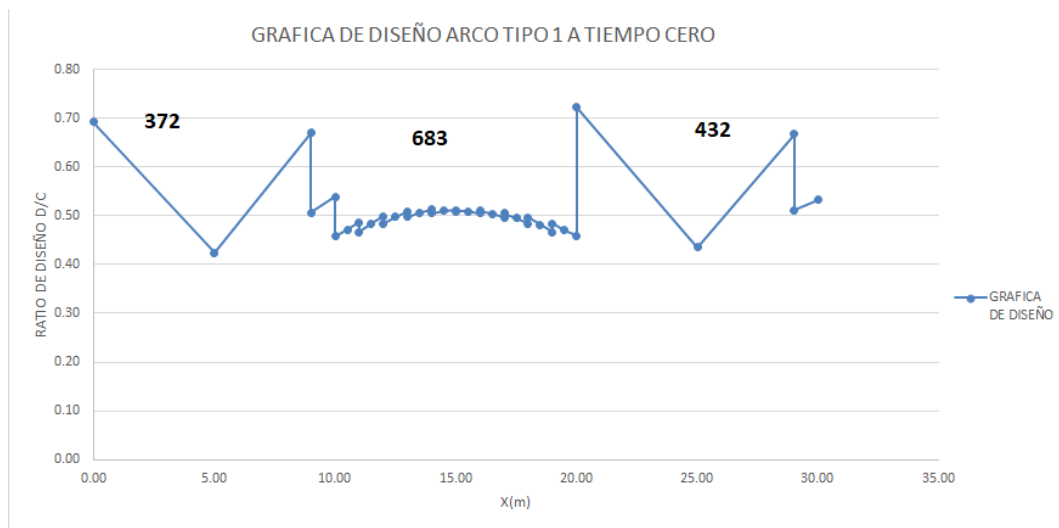


Figura 208: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo cero en evento extremo

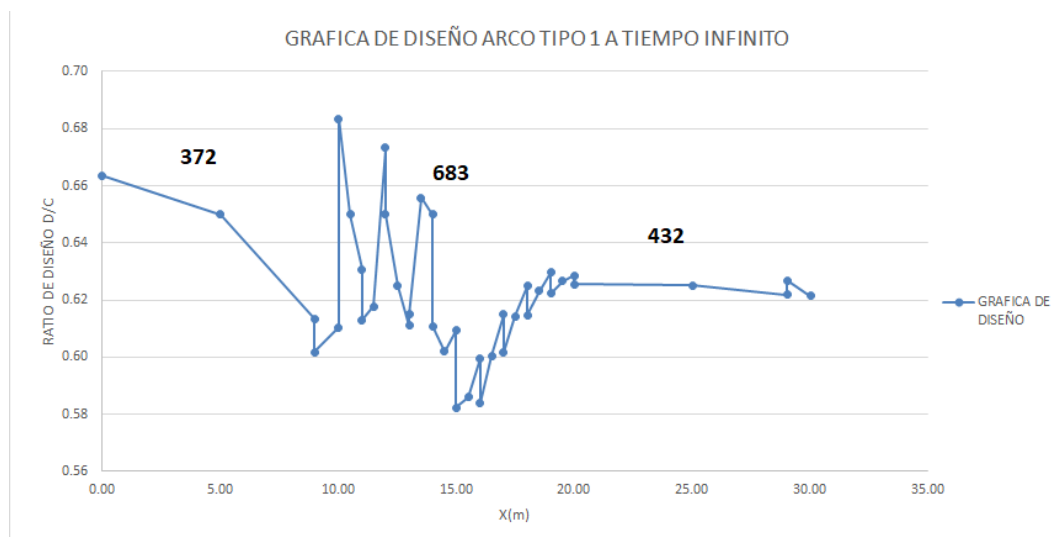


Figura 209: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo infinito en evento extremo

SISMO Y-Y

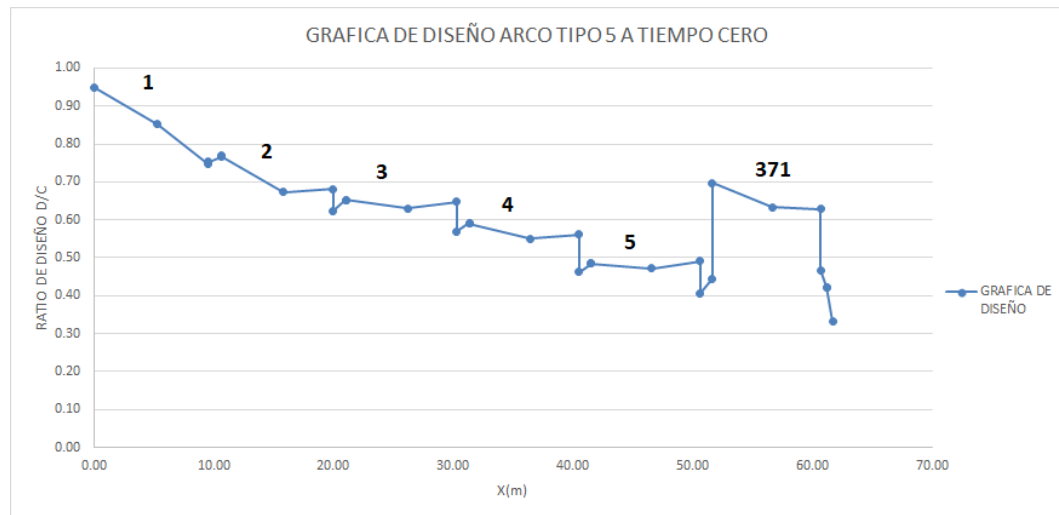


Figura 210: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo cero en evento extremo transversal

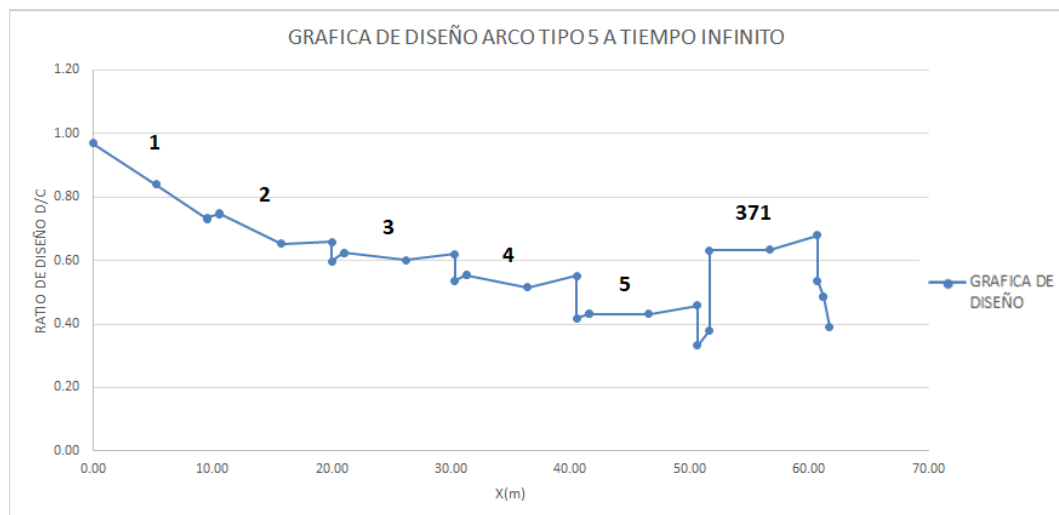


Figura 211: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 5) a tiempo infinito en evento extremo transversal

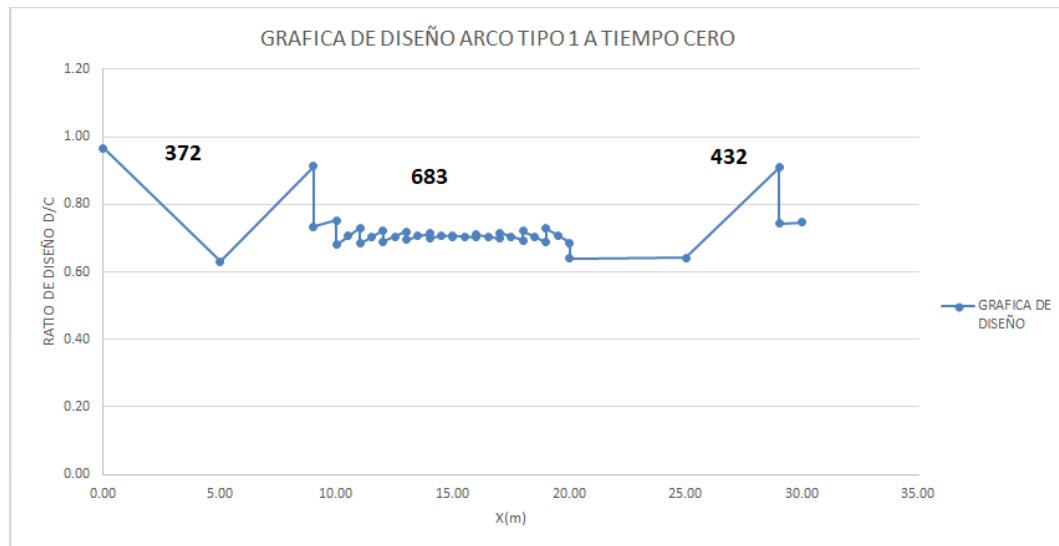


Figura 212: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo cero en evento extremo transversal

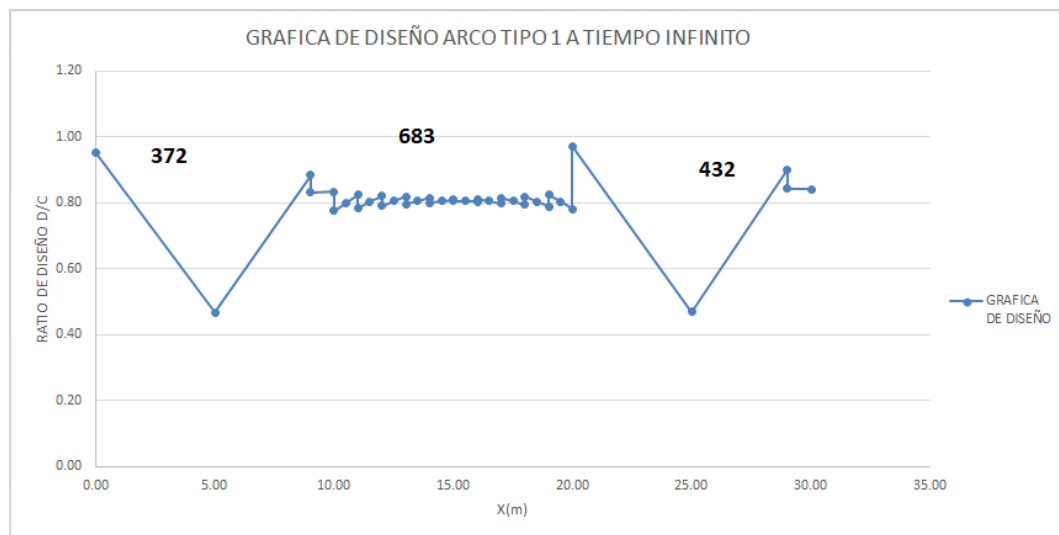


Figura 213: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior (Arco tipo 1) a tiempo infinito en evento extremo transversal

6.4. VERIFICACIÓN DEL ARCO METÁLICO EN EVENTO EXTREMO ETAPA DE MÁXIMO VOLADIZO

Se estudia la posibilidad que el evento sísmico ocurra en el momento en que el puente aún se encuentre en etapa de voladizo durante el proceso constructivo, para estos fines se siguen los lineamientos de la norma AASHTO (2014) de considerar el 50% de la acción del sismo de diseño.

La consideración sísmica también toma en cuenta la posibilidad que la estructura se encuentre con o sin encofrado metálico provisional.

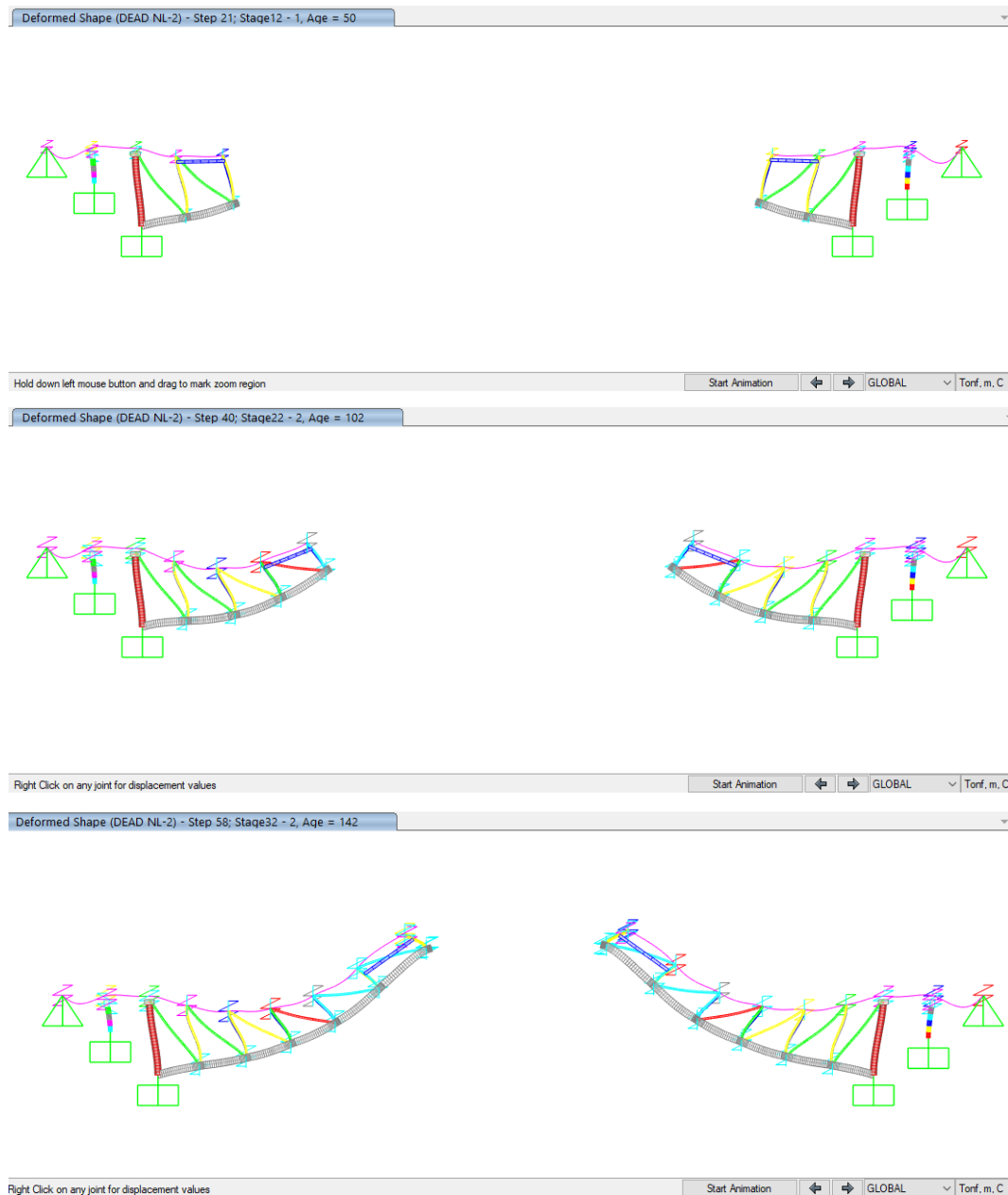


Figura 214: Vistas del proceso constructivo de los voladizos

Los elementos metálicos a verificar serán principalmente los de la brida inferior (arco principal).

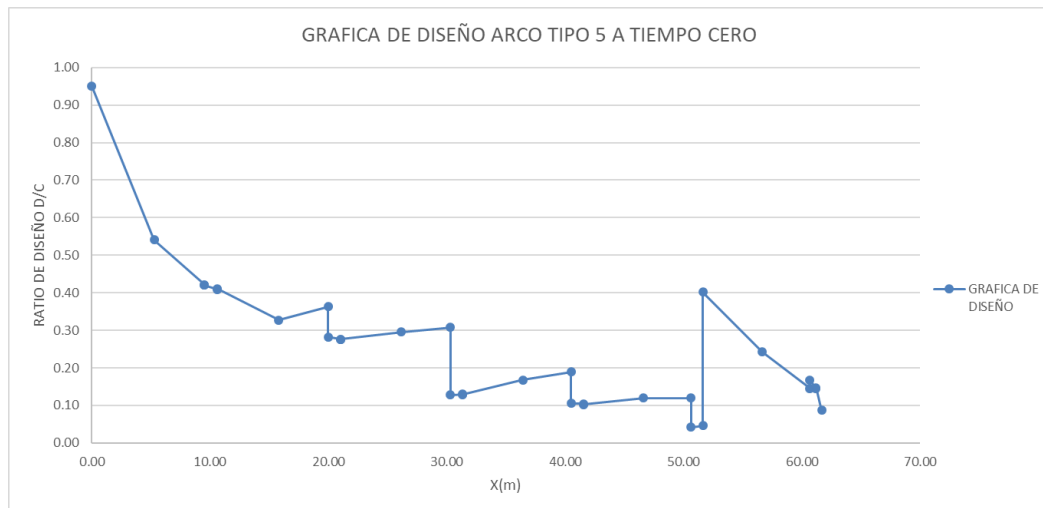


Figura 215: Resumen de factores D/C obtenidos en el diseño de la brida inferior en la etapa de máximo voladizo

Para el diseño de elementos de concreto se tuvo en cuenta las propiedades avanzadas del material tanto de la evolución de la resistencia como en propiedades dependientes del tiempo tanto para flujo plástico como acortamiento por fragua.

El tablero del puente es una sección viga-losa con 3 vigas rectangulares y una losa, debido a que constituye la brida superior del reticulado en voladizo estará sometido a grandes efectos de tracción durante el proceso constructivo. El tablero de concreto postensado se coloca en diferentes etapas tal como lo muestran los planos del proceso constructivo.

7.1.1. VERIFICACIÓN DE TABLERO EN SERVICIO

7.1.1.1. VERIFICACIÓN DE SECCIONES POSTENSADAS

$$f_r = 2\sqrt{f'_c} = 7.41 \frac{kg}{cm^2}$$

Donde:

f'_c = Esfuerzo característico de rotura del concreto del tablero = 350Kg/cm²

Tabla 23: Resumen de propiedades de la sección transversal.

A(m²)	3.4
Ix(m⁴)	0.3005
yb(m)	0.6928
yt(m)	0.3072
Sb(m³)	0.43
St(m³)	0.98

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las combinaciones en servicio se muestran en el anexo

2. A continuación se detallan los resultados en el cuadro resumen para cada tramo:

Tabla 24: Resumen de esfuerzos obtenidos en las fibras de la sección transversal del tablero tramo 1 al tramo 6.

	SERVICIO POS (Kg/cm2)					SERVICIO NEG (Kg/cm2)			
	MAX		MIN			MAX		MIN	
Tramos	σt	σb	σt	σb	Tramos	σt	σb	σt	σb
1	-1.07	12.13	-1.51	-29.74	1	43.01	46.31	42.57	5.39
2	-6.10	24.89	-13.80	-13.88	2	28.04	59.39	20.34	20.60
3	-4.03	23.58	-10.34	-13.63	3	25.96	51.80	19.64	14.67
4	-6.37	23.24	-10.83	-12.21	4	16.85	46.40	12.39	11.44
5	-0.41	38.01	-0.46	8.32	5	14.44	51.86	14.39	22.02
6	8.68	22.51	16.70	-2.00	6	11.96	20.65	19.97	-2.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Resumen de esfuerzos obtenidos en las fibras de la sección transversal del tablero en el acceso izquierdo.

		SERVICIO POS (Kg/cm2)						SERVICIO NEG (Kg/cm2)			
		MAX		MIN				MAX		MIN	
Tramos		σt	σb	σt	σb	Tramos		σt	σb	σt	σb
1		-71.68	33.10	-83.85	18.92	1		29.97	-19.65	18.68	18.68
2		-75.05	35.13	-81.25	17.52	2		30.07	-15.10	-15.10	-34.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Resumen de esfuerzos obtenidos en las fibras de la sección transversal del tablero en el acceso derecho.

SERVICIO POS (Kg/cm2)					SERVICIO NEG (Kg/cm2)				
MAX					MIN				
Tramos	σt	σb	σt	σb	Tramos	σt	σb	σt	σb
1	-78.00	36.75	-84.55	18.68	1.00	-19.56	95.20	-26.11	77.13
2	-72.72	32.07	-84.90	17.98	2.00	-14.27	90.51	-26.46	76.42

Fuente: Elaboración propia

Como los esfuerzos del tablero (σ_b) salen algunos mayores que el admisible se realiza una verificación de esfuerzos en el acero, los resultados se muestran en el anexo 3.

7.1.2. VERIFICACIÓN DE TABLERO EN RESISTENCIA

7.1.2.1. VERIFICACIÓN EN FLEJO COMPRESIÓN-TRACCIÓN DEL TRAMO CENTRAL DEL TABLERO

El tramo central del puente es un tramo del tablero de 12m de longitud en el cual la viga exterior es de sección variable para unirse al arco metálico. La viga interior se mantiene con el mismo peralte.

Las capacidades de las secciones toman en consideración las relaciones esfuerzo de tensión – deformación del concreto de acuerdo a (Chen & Duan, 2014)

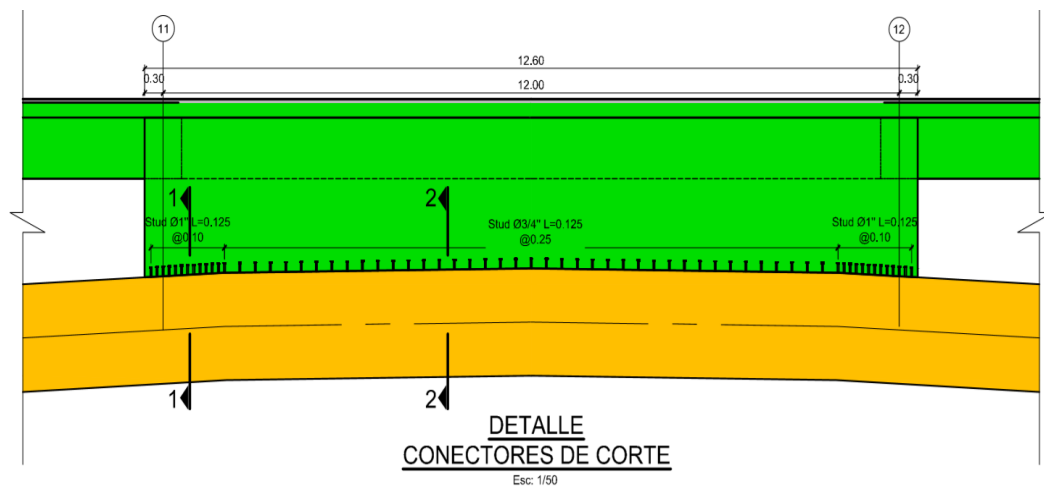


Figura 217: Vista en elevación en el tramo central.

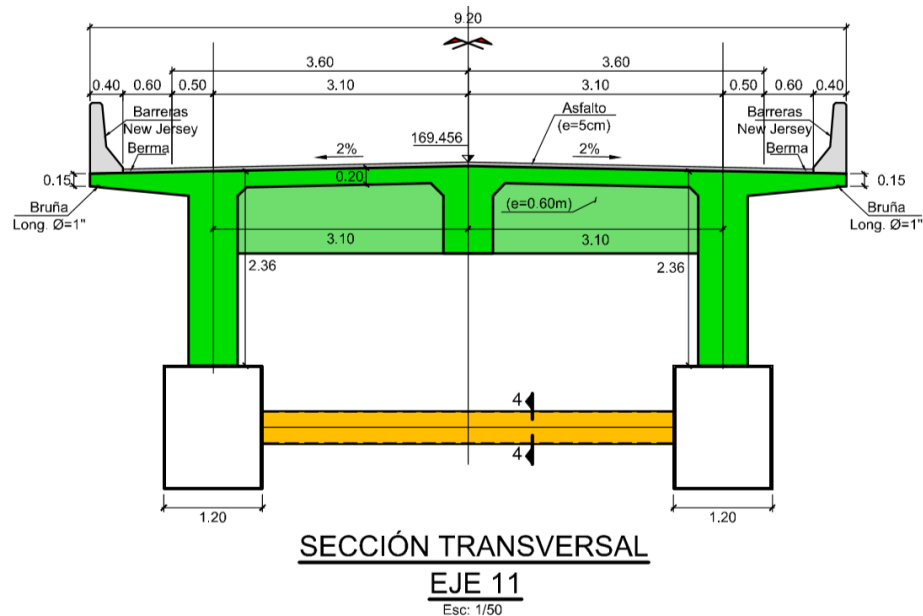
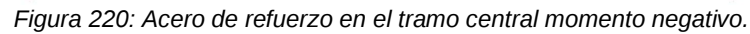
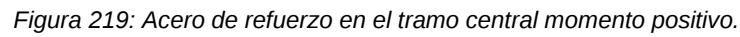


Figura 218: Sección transversal en el tramo central.



A continuación, se presentan los resultados en el estado límite de resistencia en la viga exterior.

	MAX			MIN		
Pos(m)	P	M22	V33	P	M22	V33
0	-30.39	-361.99	101.71	-221.96	-116.08	-22.67
2	249.03	321.16	-5.00	45.23	427.94	-102.62
4	257.76	384.85	19.39	59.27	523.71	-53.31
6	258.96	391.07	34.55	57.93	540.27	-38.99
8	257.76	384.85	19.39	59.27	523.71	53.31
10	249.03	321.16	5.00	45.23	427.94	102.62
12	-30.39	-361.99	-101.71	-221.96	-116.08	22.67

Diseño de puente no convencional: Estructura reticulada hibrida de altura variable construido por voladizos sucesivos

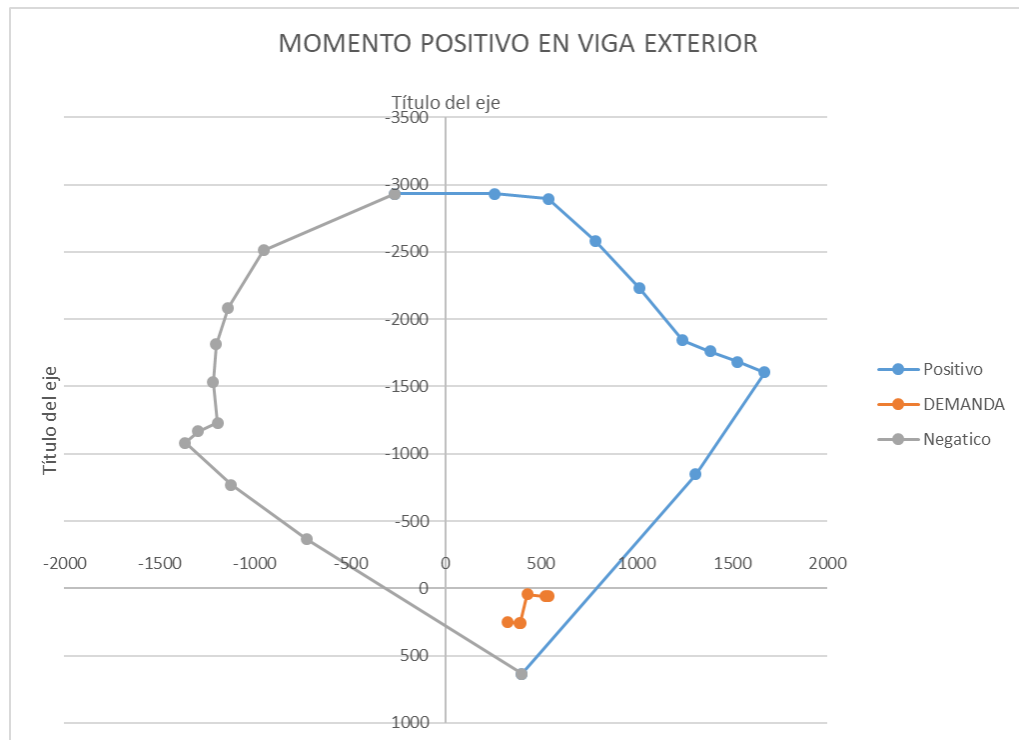


Figura 221: Diagrama de interacción de la sección del tablero central correspondiente a la viga exterior en la zona de momentos positivos.

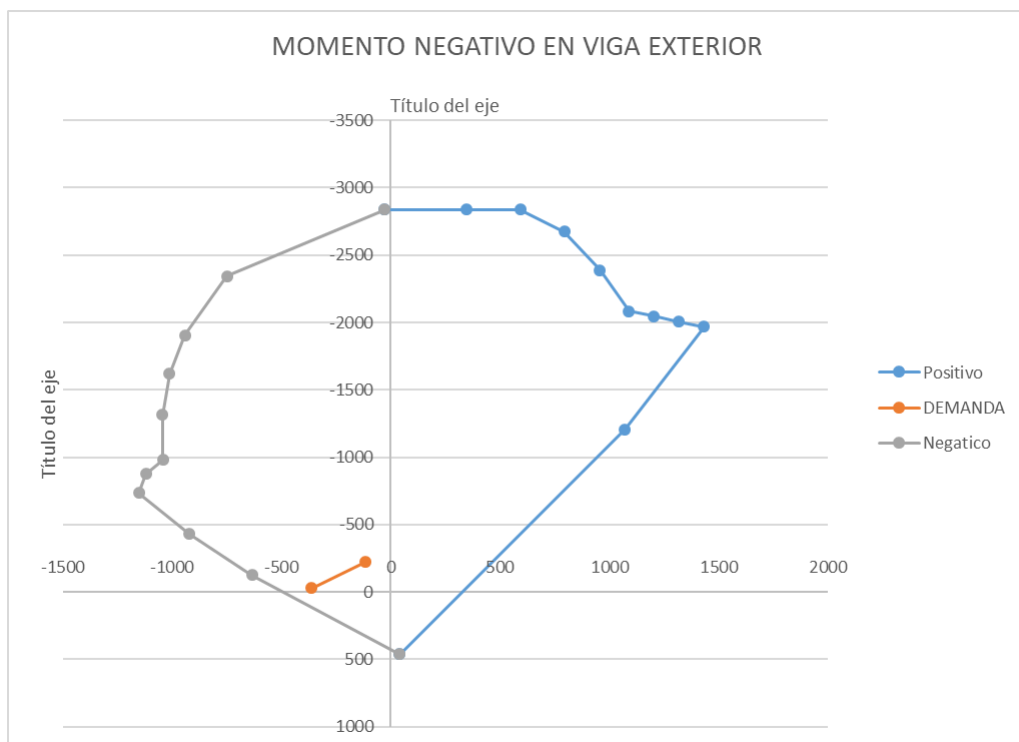


Figura 222: Diagrama de interacción de la sección del tablero central correspondiente a la viga exterior en la zona de momentos negativos.

7.1.2.1.2. CALCULOS EN VIGA INTERIOR

A continuación, se presentan los resultados en el estado límite de resistencia en la viga interior.

Tabla 28: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga interior en el tramo central en el estado límite de Resistencia.

	P	MAX		P	MIN	
		M22	V33		M22	V33
0	119.42	-117.65	111.00	-72.14	94.73	-12.18
2	80.94	52.23	3.49	-122.85	144.45	-93.18
4	83.77	89.79	22.04	-114.72	209.72	-49.97
6	84.16	91.90	34.49	-116.87	220.76	-38.34
8	83.77	89.79	-22.04	-114.72	209.72	49.97
10	80.94	52.23	-3.49	-122.85	144.45	93.18
12	119.42	-117.65	-111.00	-72.14	94.73	12.18

Fuente: Elaboración propia

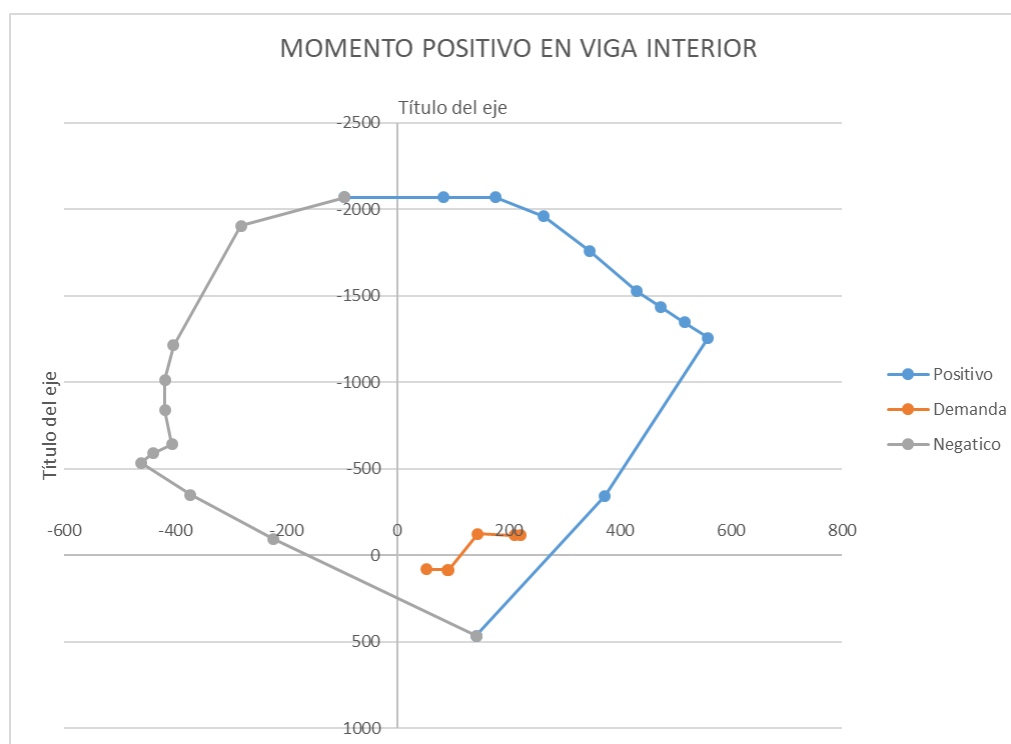


Figura 223: Diagrama de interacción de la sección del tablero central correspondiente a la viga interior en la zona de momentos positivos.

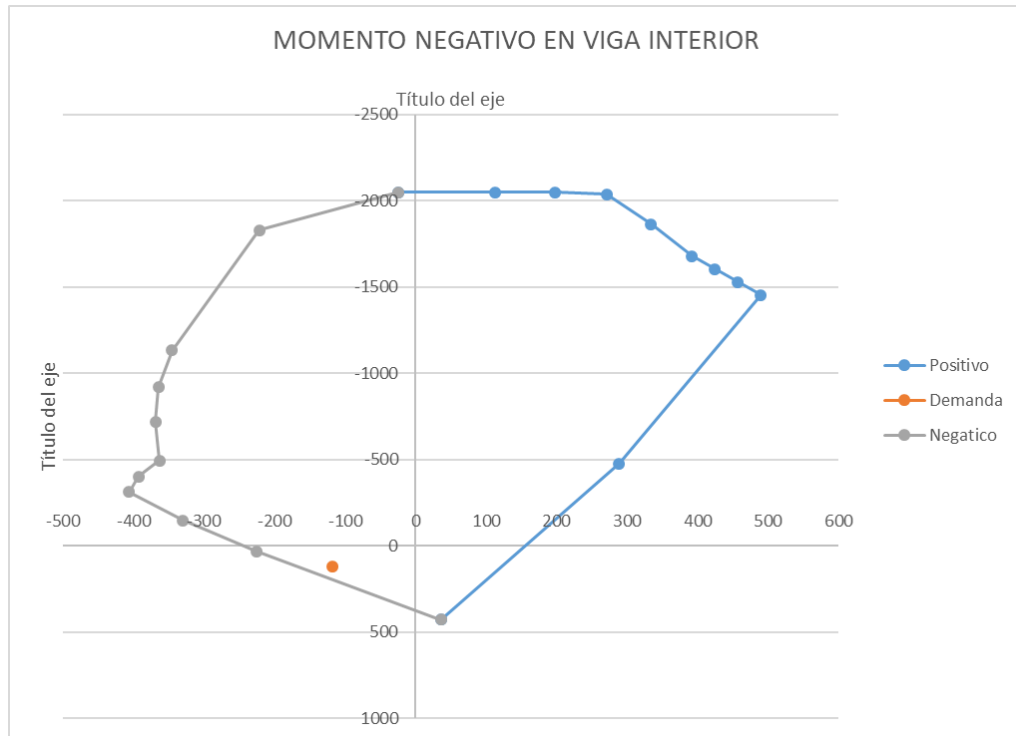


Figura 224: Diagrama de interacción de la sección del tablero central correspondiente a la viga interior en la zona de momentos negativos.

7.1.2.2. VERIFICACION EN FLEXO COMPRESION-TRACCION DEL TABLERO FUERA DE LA ZONA CENTRAL

7.1.2.2.1. VERIFICACION ACCESO IZQUIERDO

La distribución del postensado en el tramo es:

T1	23 tendones de 6Ø0.6" cada uno
-----------	--------------------------------

Para viga exterior

Resistencia I: $1.25 (\text{dead} + \text{barrera}) + 1.5Dw + 1.75LL + IM + \text{Temp}$

Tabla 29: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al acceso izquierdo.

TEMPERATURA POSITIVA										
Tramo	MAX					Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)			m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
1	0	708.89	-24.09	56.53	1	0	325.03	-26.18	49.63	
	0.5	708.89	-21.94	68.04		0.5	325.03	-24.03	62.24	
	1	708.89	-19.79	78.48		1	325.03	-21.88	73.78	
	1	708.89	-19.79	78.48		1	325.03	-21.88	73.78	
	1.5	708.89	-17.63	87.84		1.5	325.03	-19.72	84.25	
	2	708.89	-15.48	96.14		2	325.03	-17.57	93.65	
	2	708.89	-15.48	96.14		2	325.03	-17.57	93.65	
	2.5	708.89	-13.33	103.35		2.5	325.03	-15.42	101.97	
	3	708.89	-11.17	109.49		3	325.03	-13.26	109.22	
	3	708.89	-11.17	109.49		3	325.03	-13.26	109.22	
	3.5	708.89	-9.02	115.51		3.5	325.03	-11.11	114.41	
	4	708.89	-6.87	120.46		4	325.03	-8.96	118.52	
	4	708.89	-6.87	120.46		4	325.03	-8.96	118.52	
	4.5	708.89	-4.71	124.46		4.5	325.03	-6.80	121.42	
	5	708.89	-2.56	127.38		5	325.03	-4.65	123.23	
	5	708.89	-2.56	127.38		5	325.03	-4.65	123.23	
	5.5	708.89	-0.41	129.22		5.5	325.03	-2.50	123.96	
	6	708.89	1.75	129.98		6	325.03	-0.35	123.61	
	6	708.89	1.75	129.98		6	325.03	-0.35	123.61	
	6.5	708.89	3.90	129.65		6.5	325.03	1.81	122.18	
	7	708.89	6.05	128.25		7	325.03	3.96	119.67	
	7	708.89	6.05	128.25		7	325.03	3.96	119.67	
	7.5	708.89	8.21	125.76		7.5	325.03	6.11	116.08	
	8	708.89	10.36	122.20		8	325.03	8.27	111.41	
	8	708.89	10.36	122.20		8	325.03	8.27	111.41	
	8.5	708.89	12.51	117.57		8.5	325.03	10.42	105.67	
	9	708.89	14.67	111.86		9	325.03	12.57	98.86	
	9	708.89	14.67	111.86		9	325.03	12.57	98.86	
	9.5	708.89	16.82	105.09		9.5	325.03	14.73	90.98	
	10	708.89	18.97	97.24		10	325.03	16.88	82.03	
2	10	708.62	-10.75	97.02	2	10	324.51	-18.16	81.69	
	10.5	708.62	-8.60	101.68		10.5	324.51	-16.00	90.26	
	11	708.62	-6.45	105.29		11	324.51	-13.85	97.77	
	11	708.62	-6.45	105.29		11	324.51	-13.85	97.77	
	11.5	708.62	-4.29	108.65		11.5	324.51	-11.70	103.80	
	12	708.62	-2.14	110.93		12	324.51	-9.54	108.75	
	12	708.62	-2.14	110.93		12	324.51	-9.54	108.75	
	12.5	708.62	0.01	115.03		12.5	324.51	-7.39	109.35	
	13	708.62	2.17	118.05		13	324.51	-5.24	108.87	
	13	708.62	2.17	118.05		13	324.51	-5.24	108.87	
	13.5	708.62	4.32	120.11		13.5	324.51	-3.08	107.10	
	14	708.62	6.47	121.09		14	324.51	-0.93	104.26	
	14	708.62	6.47	121.09		14	324.51	-0.93	104.26	
	14.5	708.62	8.63	121.00		14.5	324.51	1.22	100.32	
	15	708.62	10.78	119.82		15	324.51	3.38	95.29	
	15	708.62	10.78	119.82		15	324.51	3.38	95.29	
	15.5	708.62	12.93	117.57		15.5	324.51	5.53	89.18	
	16	708.62	15.08	114.22		16	324.51	7.68	81.98	
	16	708.62	15.08	114.22		16	324.51	7.68	81.98	
	16.5	708.62	17.24	109.80		16.5	324.51	9.84	73.69	
	17	708.62	19.39	104.29		17	324.51	11.99	64.31	
	17	708.62	19.39	104.29		17	324.51	11.99	64.31	
	17.5	708.62	21.54	97.69		17.5	324.51	14.14	53.86	
	18	708.62	23.70	90.01		18	324.51	16.29	42.31	
	18	708.62	23.70	90.01		18	324.51	16.29	42.31	
	18.5	708.62	25.85	81.25		18.5	324.51	18.45	29.69	
	19	708.62	28.00	71.40		19	324.51	20.60	15.98	
	19	708.62	28.00	71.40		19	324.51	20.60	15.98	
	19.5	708.62	30.16	60.48		19.5	324.51	22.75	1.20	
	20	708.62	32.31	48.48		20	324.51	24.91	-14.67	

TEMPERATURA NEGATIVA									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
1	0	1346.85	-21.63	-87.14	1	0	962.99	-23.72	-94.05
	0.5	1346.85	-19.48	-76.87		0.5	962.99	-21.57	-82.67
	1	1346.85	-17.32	-67.66		1	962.99	-19.42	-72.36
	1	1346.85	-17.32	-67.66		1	962.99	-19.42	-72.36
	1.5	1346.85	-15.17	-59.52		1.5	962.99	-17.26	-63.11
	2	1346.85	-13.02	-52.46		2	962.99	-15.11	-54.95
	2	1346.85	-13.02	-52.46		2	962.99	-15.11	-54.95
	2.5	1346.85	-10.86	-46.48		2.5	962.99	-12.96	-47.86
	3	1346.85	-8.71	-41.57		3	962.99	-10.80	-41.84
	3	1346.85	-8.71	-41.57		3	962.99	-10.80	-41.84
	3.5	1346.85	-6.56	-36.78		3.5	962.99	-8.65	-37.88
	4	1346.85	-4.41	-33.06		4	962.99	-6.50	-35.00
	4	1346.85	-4.41	-33.06		4	962.99	-6.50	-35.00
	4.5	1346.85	-2.25	-30.29		4.5	962.99	-4.34	-33.34
	5	1346.85	-0.10	-28.60		5	962.99	-2.19	-32.75
	5	1346.85	-0.10	-28.60		5	962.99	-2.19	-32.75
	5.5	1346.85	2.05	-27.99		5.5	962.99	-0.04	-33.25
	6	1346.85	4.21	-28.47		6	962.99	2.12	-34.83
	6	1346.85	4.21	-28.47		6	962.99	2.12	-34.83
	6.5	1346.85	6.36	-30.02		6.5	962.99	4.27	-37.49
	7	1346.85	8.51	-32.66		7	962.99	6.42	-41.24
	7	1346.85	8.51	-32.66		7	962.99	6.42	-41.24
	7.5	1346.85	10.67	-36.37		7.5	962.99	8.58	-46.06
	8	1346.85	12.82	-41.16		8	962.99	10.73	-51.95
	8	1346.85	12.82	-41.16		8	962.99	10.73	-51.95
	8.5	1346.85	14.97	-47.03		8.5	962.99	12.88	-58.92
	9	1346.85	17.13	-53.96		9	962.99	15.04	-66.97
	9	1346.85	17.13	-53.96		9	962.99	15.04	-66.97
	9.5	1346.85	19.28	-61.97		9.5	962.99	17.19	-76.08
	10	1346.85	21.43	-71.04		10	962.99	19.34	-86.26
2	10	1346.60	-13.62	-71.26	2	10	962.49	-21.03	-86.58
	10.5	1346.60	-11.47	-65.15		10.5	962.49	-18.87	-76.57
	11	1346.60	-9.32	-60.11		11	962.49	-16.72	-67.63
	11	1346.60	-9.32	-60.11		11	962.49	-16.72	-67.63
	11.5	1346.60	-7.16	-55.32		11.5	962.49	-14.57	-60.17
	12	1346.60	-5.01	-51.60		12	962.49	-12.41	-53.78
	12	1346.60	-5.01	-51.60		12	962.49	-12.41	-53.78
	12.5	1346.60	-2.86	-46.07		12.5	962.49	-10.26	-51.75
	13	1346.60	-0.70	-41.61		13	962.49	-8.11	-50.80
	13	1346.60	-0.70	-41.61		13	962.49	-8.11	-50.80
	13.5	1346.60	1.45	-38.12		13.5	962.49	-5.95	-51.13
	14	1346.60	3.60	-35.70		14	962.49	-3.80	-52.54
	14	1346.60	3.60	-35.70		14	962.49	-3.80	-52.54
	14.5	1346.60	5.76	-34.36		14.5	962.49	-1.65	-55.04
	15	1346.60	7.91	-34.10		15	962.49	0.51	-58.63
	15	1346.60	7.91	-34.10		15	962.49	0.51	-58.63
	15.5	1346.60	10.06	-34.92		15.5	962.49	2.66	-63.31
	16	1346.60	12.22	-36.83		16	962.49	4.81	-69.08
	16	1346.60	12.22	-36.83		16	962.49	4.81	-69.08
	16.5	1346.60	14.37	-39.82		16.5	962.49	6.97	-75.93
	17	1346.60	16.52	-43.90		17	962.49	9.12	-83.87
	17	1346.60	16.52	-43.90		17	962.49	9.12	-83.87
	17.5	1346.60	18.68	-49.06		17.5	962.49	11.27	-92.90
	18	1346.60	20.83	-55.31		18	962.49	13.43	-103.00
	18	1346.60	20.83	-55.31		18	962.49	13.43	-103.00
	18.5	1346.60	22.98	-62.64		18.5	962.49	15.58	-114.20
	19	1346.60	25.13	-71.05		19	962.49	17.73	-126.47
	19	1346.60	25.13	-71.05		19	962.49	17.73	-126.47
	19.5	1346.60	27.29	-80.53		19.5	962.49	19.88	-139.82
	20	1346.60	29.44	-91.10		20	962.49	22.04	-154.24

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de interacción:

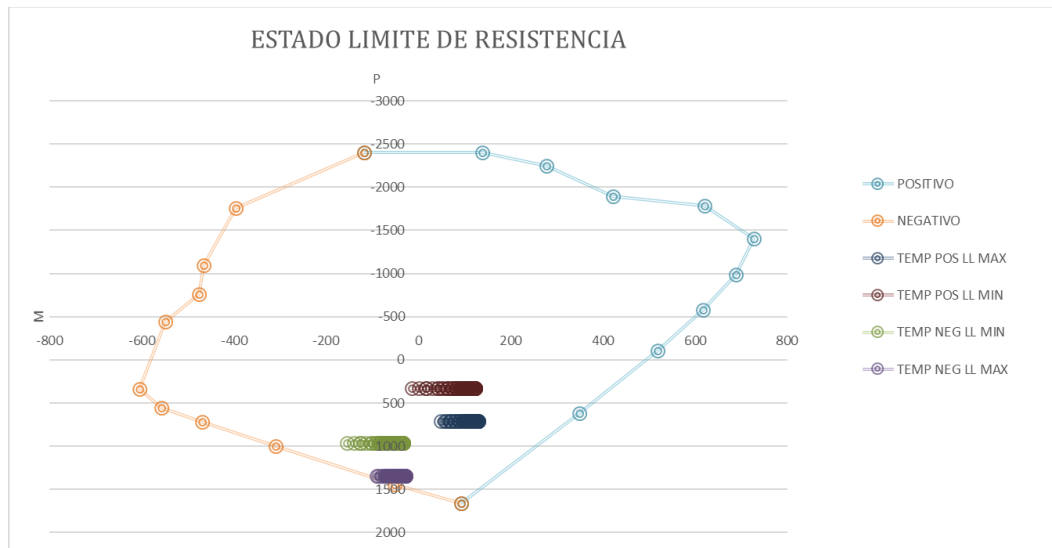


Figura 225: Diagrama de interacción de la sección del tablero correspondiente al acceso izquierdo.

7.1.2.2.2. VERIFICACION ACCESO DERECHO

La distribución del postensado en el tramo es:

T1	23 tendones de 6Ø0.6" cada uno
-----------	--------------------------------

Para viga exterior

Resistencia I: $1.25 (\text{dead} + \text{barrera}) + 1.5Dw + 1.75LL + IM + \text{Temp}$

Tabla 30: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al acceso derecho.

TEMPERATURA POSITIVA											
Tramo	MAX				Tramo	MIN					
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		
1	0.00	685.76	-26.67	44.45	1	0	312.24	-32.72	-14.75		
	0.48	685.76	-24.61	56.82		0.47917	312.24	-30.66	0.67		
	0.96	685.76	-22.55	68.19		0.95833	312.24	-28.59	15.09		
	0.96	685.76	-22.55	68.19		0.95833	312.24	-28.59	15.09		
	1.44	685.76	-20.48	78.58		1.4375	312.24	-26.53	28.53		
	1.92	685.76	-18.42	87.98		1.91666	312.24	-24.47	40.97		
	1.92	685.76	-18.42	87.98		1.91666	312.24	-24.47	40.97		
	2.40	685.76	-16.36	96.38		2.39583	312.24	-22.40	52.42		
	2.87	685.76	-14.29	103.78		2.87499	312.24	-20.34	62.87		
	2.87	685.76	-14.29	103.78		2.87499	312.24	-20.34	62.87		
	3.35	685.76	-12.23	110.19		3.35416	312.24	-18.28	72.33		
	3.83	685.76	-10.17	115.59		3.83332	312.24	-16.21	80.78		
	3.83	685.76	-10.17	115.59		3.83332	312.24	-16.21	80.78		
	4.31	685.76	-8.10	120.00		4.31249	312.24	-14.15	88.24		
	4.79	685.76	-6.04	123.41		4.79165	312.24	-12.09	94.69		
	4.79	685.76	-6.04	123.41		4.79165	312.24	-12.09	94.69		
	5.27	685.76	-3.98	125.81		5.27082	312.24	-10.02	100.15		
	5.75	685.76	-1.91	127.22		5.74998	312.24	-7.96	104.60		
	5.75	685.76	-1.91	127.22		5.74998	312.24	-7.96	104.60		
	6.23	685.76	0.15	127.62		6.22915	312.24	-5.90	108.05		
	6.71	685.76	2.22	127.03		6.70831	312.24	-3.83	110.50		
	6.71	685.76	2.21	127.03		6.70831	312.24	-3.83	110.50		
	7.19	685.76	4.28	125.45		7.18748	312.24	-1.77	111.95		
	7.67	685.76	6.34	122.87		7.66664	312.24	0.29	112.40		
	7.67	685.76	6.34	122.87		7.66664	312.24	0.29	112.40		
	8.15	685.76	8.41	119.31		8.14581	312.24	2.36	111.84		
	8.62	685.76	10.47	114.76		8.62497	312.24	4.42	110.29		
	8.62	685.76	10.47	114.76		8.62497	312.24	4.42	110.29		
	9.10	685.76	12.53	110.07		9.10414	312.24	6.49	106.51		
	9.58	685.76	14.60	104.39		9.5833	312.24	8.55	101.74		
	9.58	685.76	14.60	104.39		9.5833	312.24	8.55	101.74		
	10.06	685.76	16.66	99.87		10.06247	312.24	10.61	94.20		
	10.54	685.76	18.72	94.36		10.54163	312.24	12.68	85.67		
	10.54	685.76	18.72	94.36		10.54163	312.24	12.68	85.67		
	11.02	685.76	20.79	87.90		11.0208	312.24	14.74	76.15		
	11.50	685.76	22.85	80.46		11.49996	312.24	16.80	65.65		
	2	11.50	685.96	-21.32		80.63	2	11.49996	312.61	-23.10	65.89
		11.98	685.96	-19.26		90.30		11.97913	312.61	-21.03	76.46
		12.46	685.96	-17.20		98.99		12.45829	312.61	-18.97	86.06
		12.46	685.96	-17.20		98.99		12.45829	312.61	-18.97	86.06
12.94		685.96	-15.13	106.71	12.93746	312.61		-16.91	94.67		
13.42		685.96	-13.07	113.44	13.41662	312.61		-14.84	102.30		
13.42		685.96	-13.07	113.44	13.41662	312.61		-14.84	102.30		
13.90		685.96	-11.01	119.19	13.89579	312.61		-12.78	108.95		
14.37		685.96	-8.94	123.96	14.37495	312.61		-10.72	114.62		
14.37		685.96	-8.94	123.96	14.37495	312.61		-10.72	114.62		
14.85		685.96	-6.88	127.73	14.85412	312.61		-8.65	119.29		
15.33		685.96	-4.82	130.52	15.33328	312.61		-6.59	122.97		
15.33		685.96	-4.82	130.52	15.33328	312.61		-6.59	122.97		
15.81		685.96	-2.75	132.31	15.81245	312.61		-4.53	125.66		
16.29		685.96	-0.69	133.10	16.29161	312.61		-2.46	127.36		
16.29		685.96	-0.69	133.10	16.29161	312.61		-2.46	127.36		
16.77		685.96	1.37	132.91	16.77078	312.61		-0.40	128.06		
17.25		685.96	3.44	131.71	17.24994	312.61		1.66	127.77		
17.25		685.96	3.44	131.71	17.24994	312.61		1.66	127.77		
17.73		685.96	5.50	129.53	17.72911	312.61		3.73	126.48		
18.21		685.96	7.56	126.34	18.20827	312.61		5.79	124.19		
18.21		685.96	7.56	126.34	18.20827	312.61		5.79	124.19		
18.69		685.96	9.63	122.16	18.68744	312.61		7.85	120.91		
19.17		685.96	11.69	116.99	19.1666	312.61		9.92	116.64		
19.17		685.96	11.69	116.99	19.1666	312.61		9.92	116.64		
19.65		685.96	13.75	111.54	19.64577	312.61		11.98	110.65		
20.12		685.96	15.82	105.11	20.12493	312.61		14.04	103.66		
20.12		685.96	15.82	105.11	20.12493	312.61		14.04	103.66		
20.60		685.96	17.88	97.85	20.6041	312.61		16.11	95.51		
21.08		685.96	19.94	89.61	21.08326	312.61		18.17	86.37		
21.08		685.96	19.94	89.61	21.08326	312.61		18.17	86.37		
21.56		685.96	22.01	80.39	21.56243	312.61		20.24	76.25		
22.04		685.96	24.07	70.17	22.04159	312.61		22.30	65.14		
22.04		685.96	24.07	70.17	22.04159	312.61		22.30	65.14		
22.52		685.96	26.14	58.98	22.52076	312.61		24.36	53.04		
23.00		685.96	28.20	46.81	22.99992	312.61		26.43	39.97		

TEMPERATURA NEGATIVA										
Tramo	MAX					Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)			m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
1	0.00	1322.61	-24.87	-98.93		1	0	949.09	-30.92	-158.13
	0.48	1322.61	-22.81	-87.43			0.47917	949.09	-28.86	-143.58
	0.96	1322.61	-20.74	-76.91			0.95833	949.09	-26.79	-130.01
	0.96	1322.61	-20.74	-76.91			0.95833	949.09	-26.79	-130.01
	1.44	1322.61	-18.68	-67.39			1.4375	949.09	-24.73	-117.44
	1.92	1322.61	-16.62	-58.86			1.91666	949.09	-22.66	-105.86
	1.92	1322.61	-16.62	-58.86			1.91666	949.09	-22.66	-105.86
	2.40	1322.61	-14.55	-51.32			2.39583	949.09	-20.60	-95.28
	2.87	1322.61	-12.49	-44.78			2.87499	949.09	-18.54	-85.69
	2.87	1322.61	-12.49	-44.78			2.87499	949.09	-18.54	-85.69
	3.35	1322.61	-10.43	-39.24			3.35416	949.09	-16.47	-77.09
	3.83	1322.61	-8.36	-34.69			3.83332	949.09	-14.41	-69.50
	3.83	1322.61	-8.36	-34.69			3.83332	949.09	-14.41	-69.50
	4.31	1322.61	-6.30	-31.15			4.31249	949.09	-12.35	-62.91
	4.79	1322.61	-4.24	-28.60			4.79165	949.09	-10.28	-57.32
	4.79	1322.61	-4.24	-28.60			4.79165	949.09	-10.28	-57.32
	5.27	1322.61	-2.17	-27.06			5.27082	949.09	-8.22	-52.73
	5.75	1322.61	-0.11	-26.52			5.74998	949.09	-6.16	-49.14
	5.75	1322.61	-0.11	-26.52			5.74998	949.09	-6.16	-49.14
	6.23	1322.61	1.95	-26.98			6.22915	949.09	-4.09	-46.55
	6.71	1322.61	4.02	-28.43			6.70831	949.09	-2.03	-44.96
	6.71	1322.61	4.02	-28.43			6.70831	949.09	-2.03	-44.96
	7.19	1322.61	6.08	-30.88			7.18748	949.09	0.03	-44.38
	7.67	1322.61	8.14	-34.32			7.66664	949.09	2.10	-44.79
	7.67	1322.61	8.14	-34.32			7.66664	949.09	2.10	-44.79
	8.15	1322.61	10.21	-38.74			8.14581	949.09	4.16	-46.21
	8.62	1322.61	12.27	-44.16			8.62497	949.09	6.22	-48.62
	8.62	1322.61	12.27	-44.16			8.62497	949.09	6.22	-48.62
	9.10	1322.61	14.33	-49.71			9.10414	949.09	8.29	-53.27
	9.58	1322.61	16.40	-56.25			9.5833	949.09	10.35	-58.90
	9.58	1322.61	16.40	-56.25			9.5833	949.09	10.35	-58.90
	10.06	1322.61	18.46	-61.64			10.06247	949.09	12.41	-67.31
	10.54	1322.61	20.52	-68.01			10.54163	949.09	14.48	-76.70
	10.54	1322.61	20.52	-68.01			10.54163	949.09	14.48	-76.70
	11.02	1322.61	22.59	-75.33			11.0208	949.09	16.54	-87.08
	11.50	1322.61	24.65	-83.63			11.49996	949.09	18.60	-98.44
11.50	1322.79	-22.94	-83.48		11.49996	949.43	-24.71	-98.21		
11.98	1322.79	-20.87	-73.04		11.97913	949.43	-22.65	-86.87		
12.46	1322.79	-18.81	-63.57		12.45829	949.43	-20.58	-76.51		
12.46	1322.79	-18.81	-63.57		12.45829	949.43	-20.58	-76.51		
12.94	1322.79	-16.75	-55.08		12.93746	949.43	-18.52	-67.12		
13.42	1322.79	-14.68	-47.57		13.41662	949.43	-16.46	-58.71		
13.42	1322.79	-14.68	-47.57		13.41662	949.43	-16.46	-58.71		
13.90	1322.79	-12.62	-41.05		13.89579	949.43	-14.39	-51.29		
14.37	1322.79	-10.56	-35.51		14.37495	949.43	-12.33	-44.85		
14.37	1322.79	-10.56	-35.51		14.37495	949.43	-12.33	-44.85		
14.85	1322.79	-8.49	-30.96		14.85412	949.43	-10.27	-39.41		
15.33	1322.79	-6.43	-27.41		15.33328	949.43	-8.20	-34.95		
15.33	1322.79	-6.43	-27.41		15.33328	949.43	-8.20	-34.95		
15.81	1322.79	-4.37	-24.84		15.81245	949.43	-6.14	-31.49		
16.29	1322.79	-2.30	-23.27		16.29161	949.43	-4.08	-29.02		
16.29	1322.79	-2.30	-23.27		16.29161	949.43	-4.08	-29.02		
16.77	1322.79	-0.24	-22.70		16.77078	949.43	-2.01	-27.54		
17.25	1322.79	1.82	-23.12		17.24994	949.43	0.05	-27.06		
17.25	1322.79	1.82	-23.12		17.24994	949.43	0.05	-27.06		
17.73	1322.79	3.89	-24.53		17.72911	949.43	2.11	-27.58		
18.21	1322.79	5.95	-26.94		18.20827	949.43	4.18	-29.09		
18.21	1322.79	5.95	-26.94		18.20827	949.43	4.18	-29.09		
18.69	1322.79	8.01	-30.35		18.68744	949.43	6.24	-31.60		
19.17	1322.79	10.08	-34.75		19.1666	949.43	8.30	-35.10		
19.17	1322.79	10.08	-34.75		19.1666	949.43	8.30	-35.10		
19.65	1322.79	12.14	-39.42		19.64577	949.43	10.37	-40.32		
20.12	1322.79	14.20	-45.08		20.12493	949.43	12.43	-46.53		
20.12	1322.79	14.20	-45.08		20.12493	949.43	12.43	-46.53		
20.60	1322.79	16.27	-51.56		20.6041	949.43	14.49	-53.90		
21.08	1322.79	18.33	-59.03		21.08326	949.43	16.56	-62.27		
21.08	1322.79	18.33	-59.03		21.08326	949.43	16.56	-62.27		
21.56	1322.79	20.39	-67.48		21.56243	949.43	18.62	-71.62		
22.04	1322.79	22.46	-76.92		22.04159	949.43	20.68	-81.96		
22.04	1322.79	22.46	-76.92		22.04159	949.43	20.68	-81.96		
22.52	1322.79	24.52	-87.34		22.52076	949.43	22.75	-93.28		
23.00	1322.79	26.59	-98.74		22.99992	949.43	24.81	-105.58		

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de interacción:

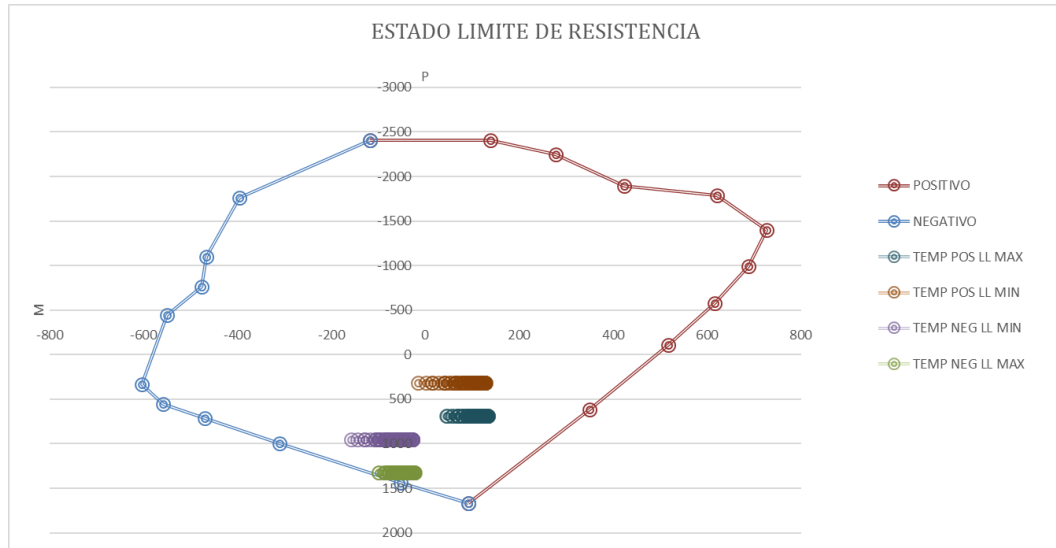


Figura 226: Diagrama de interacción de la sección del tablero correspondiente al acceso derecho.

7.1.2.2.3. VERIFICACION EN TABLERO POSTENSADO SOBRE ARCO

La distribución del postensado por tramo es:

T1	23 tendones de 6Ø0.6" cada uno
T2	21 tendones de 6Ø0.6" cada uno
T3	19 tendones de 6Ø0.6" cada uno
T4	17 tendones de 6Ø0.6" cada uno
T5	13 tendones de 6Ø0.6" cada uno

Para viga exterior

Resistencia I: $1.25 (\text{dead} + \text{barrera}) + 1.5Dw + 1.75LL + IM + \text{Temp}$

Tabla 31: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado sobre el arco para $\Delta T > 0$.

TEMPERATURA POSITIVA										
Tramo	MAX					Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)			m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
1	0	1180.24	-22.19	-63.08		1	0	759.51	-69.20	-192.10
	0.5	1180.24	-20.04	-52.52			0.5	759.51	-66.91	-161.79
	1	1180.24	-17.89	-43.04			1	759.51	-64.62	-132.55
	1	1180.24	-17.89	-43.03			1	759.51	-60.84	-131.97
	1.5	1180.24	-15.73	-23.78			1.5	759.51	-58.65	-111.60
	2	1180.24	-13.58	-5.60			2	759.51	-56.46	-92.32
	2	1180.24	-13.58	-5.41			2	759.51	-55.67	-91.97
	2.5	1180.24	-11.38	19.14			2.5	759.51	-52.97	-80.40
	3	1180.24	-9.18	42.61			3	759.51	-50.28	-69.90
	3	1180.24	-6.30	42.61			3	759.51	-36.52	-69.90
	3.5	1180.24	-1.26	49.86			3.5	759.51	-31.57	-61.12
	4	1180.24	3.79	56.05			4	759.51	-26.63	-53.41
	4	1180.24	4.15	56.05			4	759.51	-26.63	-53.41
	4.5	1180.24	6.32	62.14			4.5	759.51	-24.22	-46.88
	5	1180.24	8.49	67.16			5	759.51	-21.80	-41.43
	5	1180.24	8.52	67.57			5	759.51	-21.74	-41.30
	5.5	1180.24	15.28	74.87			5.5	759.51	-19.21	-37.46
	6	1180.24	22.05	81.08			6	759.51	-16.68	-34.70
	6	1180.24	31.70	81.08			6	759.51	-7.30	-34.70
	6.5	1180.24	34.14	64.58			6.5	759.51	-5.10	-33.70
	7	1180.24	36.59	46.99			7	759.51	-2.89	-33.78
	7	1180.24	36.99	44.69			7	759.51	-2.89	-33.78
	7.5	1180.24	39.14	28.63			7.5	759.51	-0.74	-36.03
	8	1180.24	41.30	11.50			8	759.51	1.42	-39.36
	8	1180.24	41.30	11.50			8	759.51	1.42	-39.36
	8.5	1180.24	43.56	4.43			8.5	759.51	3.58	-48.64
9	1180.24	45.82	-3.73	9			759.51	5.74	-59.00	
2	9	1102.53	-18.89	-11.54		2	9	698.57	-49.69	-66.91
	9.5	1102.53	-16.73	2.23			9.5	698.57	-47.27	-52.99
	10	1102.53	-14.58	14.93			10	698.57	-44.85	-40.15
	10	1102.53	-14.58	14.79			10	698.57	-44.35	-40.53
	10.5	1102.53	-12.43	34.23			10.5	698.57	-42.20	-30.94
	11	1102.53	-10.27	52.58			11	698.57	-40.04	-22.41
	11	1102.53	-10.27	52.58			11	698.57	-40.04	-22.41
	11.5	1102.53	-6.54	71.96			11.5	698.57	-37.07	-15.24
	11.5	1102.53	-6.54	71.96			11.5	698.57	-37.07	-15.24
	12	1102.53	-4.25	81.80			12	698.57	-27.50	-9.07
	12	1102.53	-4.25	81.94			12	698.57	-27.47	-9.07
	12.5	1102.53	-0.50	91.32			12.5	698.57	-23.27	-4.04
	13	1102.53	3.25	99.63			13	698.57	-19.06	-0.08
	13	1102.53	3.48	96.10			13	698.57	-18.97	-0.08
	13.5	1102.53	7.27	103.07			13.5	698.57	-16.55	1.98
	14	1102.53	11.06	108.95			14	698.57	-14.13	2.96
	14	1102.53	15.64	108.95			14	698.57	-7.81	2.96
	14.5	1102.53	19.81	104.35			14.5	698.57	-4.09	2.32
	15	1102.53	23.99	98.67			15	698.57	-0.38	0.61
	15	1102.53	24.19	98.67			15	698.57	-0.38	0.61
	15.5	1102.53	26.36	90.99			15.5	698.57	1.78	-2.40
	16	1102.53	28.52	82.23			16	698.57	3.93	-6.49
	16	1102.53	28.72	82.09			16	698.57	3.93	-6.49
	16.5	1102.53	36.20	74.82			16.5	698.57	6.23	-12.46
	16.5	1102.53	36.20	74.82			16.5	698.57	6.23	-12.46
	17	1102.53	43.76	56.08			17	698.57	10.04	-19.36
	17	1102.53	44.04	56.08			17	698.57	10.04	-19.36
	17.5	1102.53	46.21	34.92			17.5	698.57	12.20	-27.78
	18	1102.53	48.38	12.67			18	698.57	14.35	-37.28
	18	1102.53	48.59	12.46			18	698.57	14.35	-37.28
	18.5	1102.53	50.74	0.01			18.5	698.57	16.50	-53.46
	19	1102.53	52.89	-13.51			19	698.57	18.66	-70.72

TEMPERATURA POSITIVA									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
3	19	976.61	-19.90	-22.23	3	19	604.21	-53.18	-80.62
	19.5	976.61	-17.74	-8.69		19.5	604.21	-51.01	-62.72
	20	976.61	-15.59	3.77		20	604.21	-48.84	-45.90
	20	976.61	-15.59	3.98		20	604.21	-48.68	-45.89
	20.5	976.61	-13.43	27.47		20.5	604.21	-44.22	-35.93
	21	976.61	-11.28	49.89		21	604.21	-39.76	-27.05
	21	976.61	-11.28	49.72		21	604.21	-39.62	-27.10
	21.5	976.61	-7.28	68.86		21.5	604.21	-36.69	-19.63
	21.5	976.61	-7.28	68.86		21.5	604.21	-36.69	-19.63
	22	976.61	-4.97	76.44		22	604.21	-28.48	-13.13
	22	976.61	-4.97	76.58		22	604.21	-28.45	-13.13
	22.5	976.61	-0.96	84.48		22.5	604.21	-24.33	-8.12
	23	976.61	3.04	91.32		23	604.21	-20.20	-4.19
	23	976.61	3.24	91.12		23	604.21	-20.17	-4.19
	23.5	976.61	6.74	98.11		23.5	604.21	-17.75	-2.11
	24	976.61	10.23	104.01		24	604.21	-15.33	-1.11
	24	976.61	14.81	104.01		24	604.21	-8.93	-1.11
	24.5	976.61	18.97	99.77		24.5	604.21	-4.99	-1.30
	25	976.61	23.14	94.45		25	604.21	-1.05	-2.57
	25	976.61	23.35	94.45		25	604.21	-1.05	-2.57
	25.5	976.61	25.51	87.41		25.5	604.21	1.11	-5.74
	26	976.61	27.68	79.29		26	604.21	3.26	-9.98
	26	976.61	27.88	78.69		26	604.21	3.26	-9.98
	26.5	976.61	35.54	71.90		26.5	604.21	5.56	-15.36
	26.5	976.61	35.54	71.90		26.5	604.21	5.56	-15.36
	27	976.61	42.96	53.60		27	604.21	9.37	-21.64
	27	976.61	43.24	53.60		27	604.21	9.37	-21.64
	27.5	976.61	45.48	32.88		27.5	604.21	11.52	-29.56
	28	976.61	47.71	11.09		28	604.21	13.67	-38.56
	28	976.61	47.74	10.87		28	604.21	13.67	-38.56
	28.5	976.61	49.89	-1.15		28.5	604.21	15.83	-54.21
	29	976.61	52.05	-14.26		29	604.21	17.98	-70.95
4	29	791.81	-20.96	-24.11	4	29	471.60	-54.31	-83.46
	29.5	791.81	-18.80	-10.30		29.5	471.60	-52.14	-64.38
	30	791.81	-16.65	2.43		30	471.60	-49.98	-46.38
	30	791.81	-16.65	2.62		30	471.60	-49.81	-46.35
	30.5	791.81	-14.49	26.50		30.5	471.60	-45.35	-35.70
	31	791.81	-12.34	49.31		31	471.60	-40.90	-26.12
	31	791.81	-12.34	49.14		31	471.60	-40.78	-26.17
	31.5	791.81	-8.24	68.84		31.5	471.60	-37.84	-18.19
	31.5	791.81	-8.24	68.84		31.5	471.60	-37.84	-18.19
	32	791.81	-5.94	76.80		32	471.60	-29.69	-11.21
	32	791.81	-5.94	76.94		32	471.60	-29.67	-11.21
	32.5	791.81	-1.94	85.78		32.5	471.60	-25.46	-6.10
	33	791.81	2.05	93.54		33	471.60	-21.24	-2.07
	33	791.81	2.22	93.34		33	471.60	-21.22	-2.07
	33.5	791.81	5.79	100.86		33.5	471.60	-18.79	0.44
	34	791.81	9.37	107.30		34	471.60	-16.36	1.87
	34	791.81	14.11	107.30		34	471.60	-10.14	1.87
	34.5	791.81	16.42	103.30		34.5	471.60	-7.77	1.89
	35	791.81	18.74	98.22		35	471.60	-5.39	0.83
	35	791.81	18.77	98.60		35	471.60	-1.87	0.83
	35.5	791.81	22.48	91.44		35.5	471.60	0.29	-1.54
	36	791.81	26.19	83.19		36	471.60	2.44	-5.00
	36	791.81	26.39	82.61		36	471.60	2.45	-5.00
	36.5	791.81	34.62	76.32		36.5	471.60	4.74	-9.63
	36.5	791.81	34.62	76.32		36.5	471.60	4.74	-9.63
	37	791.81	37.70	58.19		37	471.60	8.49	-15.42
	37	791.81	37.73	58.37		37	471.60	8.49	-15.37
	37.5	791.81	41.89	38.51		37.5	471.60	10.64	-22.87
	38	791.81	46.05	17.56		38	471.60	12.80	-31.44
	38	791.81	46.07	17.06		38	471.60	12.80	-31.45
	38.5	791.81	48.23	7.40		38.5	471.60	14.95	-47.10
	39	791.81	50.38	-3.34		39	471.60	17.11	-63.82

TEMPERATURA POSITIVA										
Tramo	MAX					Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)			m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
5	39	498.46	-21.90	-26.82	5	39	287.41	-56.65	-93.16	
	39.5	498.46	-19.75	-11.05		39.5	287.41	-54.28	-71.45	
	40	498.46	-17.60	3.65		40	287.41	-51.91	-50.81	
	40	498.46	-17.60	4.03		40	287.41	-48.30	-50.81	
	40.5	498.46	-15.44	24.11		40.5	287.41	-46.14	-39.42	
	41	498.46	-13.29	43.12		41	287.41	-43.97	-29.10	
	41	498.46	-13.29	42.95		41	287.41	-43.93	-29.16	
	41.5	498.46	-9.24	63.92		41.5	287.41	-40.96	-20.90	
	41.5	498.46	-9.24	63.92		41.5	287.41	-40.96	-20.90	
	42	498.46	-6.96	75.57		42	287.41	-31.73	-14.53	
	42	498.46	-6.96	75.93		42	287.41	-28.68	-14.53	
	42.5	498.46	-3.11	84.05		42.5	287.41	-26.46	-9.67	
	43	498.46	0.73	91.09		43	287.41	-24.23	-5.89	
	43	498.46	0.89	90.91		43	287.41	-24.20	-5.89	
	43.5	498.46	4.32	99.95		43.5	287.41	-21.75	-3.29	
	44	498.46	7.74	107.90		44	287.41	-19.30	-1.77	
	44	498.46	12.22	107.90		44	287.41	-12.40	-1.77	
	44.5	498.46	14.51	105.30		44.5	287.41	-10.01	-1.34	
	45	498.46	16.80	101.61		45	287.41	-7.61	-2.01	
	45	498.46	16.81	101.99		45	287.41	-3.64	-2.01	
	45.5	498.46	20.59	96.43		45.5	287.41	-1.49	-3.77	
	46	498.46	24.37	89.79		46	287.41	0.67	-6.62	
	46	498.46	24.56	88.67		46	287.41	0.68	-6.62	
	46.5	498.46	32.61	83.58		46.5	287.41	2.99	-10.65	
	46.5	498.46	32.61	83.58		46.5	287.41	2.99	-10.65	
	47	498.46	35.57	66.78		47	287.41	7.04	-15.77	
	47	498.46	35.58	66.98		47	287.41	7.06	-15.75	
	47.5	498.46	39.74	48.39		47.5	287.41	9.22	-22.25	
	48	498.46	43.90	28.72		48	287.41	11.37	-29.85	
	48	498.46	44.08	28.06		48	287.41	11.37	-29.85	
	48.5	498.46	46.24	18.88		48.5	287.41	13.52	-42.77	
	49	498.46	48.39	8.61		49	287.41	15.68	-56.78	
6	49	21.11	-26.25	-24.20	6	49	13.08	-62.32	-102.23	
	49.5	21.11	-24.09	-8.16		49.5	13.08	-59.95	-80.32	
	50	21.11	-21.94	6.81		50	13.08	-57.57	-59.49	
	50	21.11	-21.94	7.21		50	13.08	-53.79	-59.49	
	50.5	21.11	-19.78	28.63		50.5	13.08	-51.62	-45.09	
	51	21.11	-17.62	48.99		51	13.08	-49.45	-31.78	
	51	21.11	-17.62	48.78		51	13.08	-49.35	-31.79	
	51.5	21.11	-13.55	71.54		51.5	13.08	-46.35	-20.31	
	51.5	21.11	-13.55	71.54		51.5	13.08	-46.35	-20.31	
	52	21.11	-11.27	84.97		52	13.08	-38.08	-9.84	
	52	21.11	-11.27	85.33		52	13.08	-35.02	-9.84	
	52.5	21.11	-9.11	97.63		52.5	13.08	-32.86	-0.50	
	53	21.11	-6.95	108.86		53	13.08	-30.70	7.76	
	53	21.11	-6.74	108.67		53	13.08	-30.68	7.76	
	53.5	21.11	-2.38	120.75		53.5	13.08	-23.96	14.94	
	54	21.11	1.98	131.77		54	13.08	-17.25	21.05	
	54	21.11	6.25	128.55		54	13.08	-17.17	21.05	
	54.5	21.11	8.56	128.26		54.5	13.08	-14.85	26.02	
	55	21.11	10.87	126.89		55	13.08	-12.53	29.92	
	55	21.11	10.89	127.26		55	13.08	-9.17	29.92	
	55.5	21.11	14.66	122.84		55.5	13.08	-7.02	32.46	
	56	21.11	18.44	117.34		56	13.08	-4.86	33.92	
	56	21.11	18.64	115.68		56	13.08	-4.86	33.92	
	56.5	21.11	27.05	112.78		56.5	13.08	-2.51	34.25	
	56.5	21.11	27.05	112.78		56.5	13.08	-2.51	34.25	
	57	21.11	29.98	98.12		57	13.08	2.18	33.70	
	57	21.11	30.01	98.23		57	13.08	2.19	34.01	
	57.5	21.11	34.22	78.97		57.5	13.08	4.35	31.40	
	58	21.11	38.43	58.63		58	13.08	6.50	27.72	
	58	21.11	38.64	57.74		58	13.08	6.50	27.72	
	58.5	21.11	40.79	41.13		58.5	13.08	8.66	21.16	
	59	21.11	42.94	23.45		59	13.08	10.81	13.52	

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de interacción:

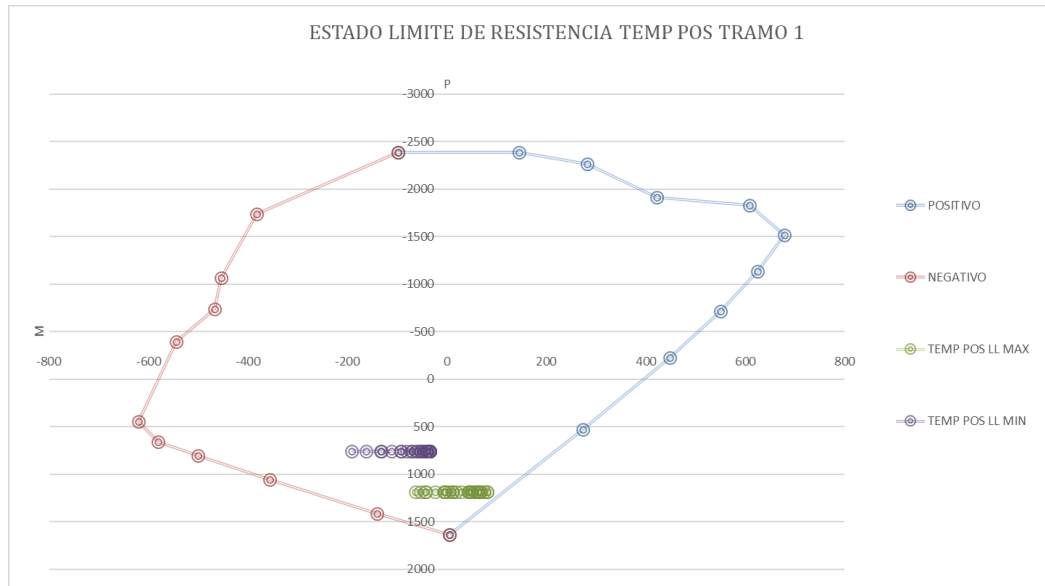


Figura 227: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 1.

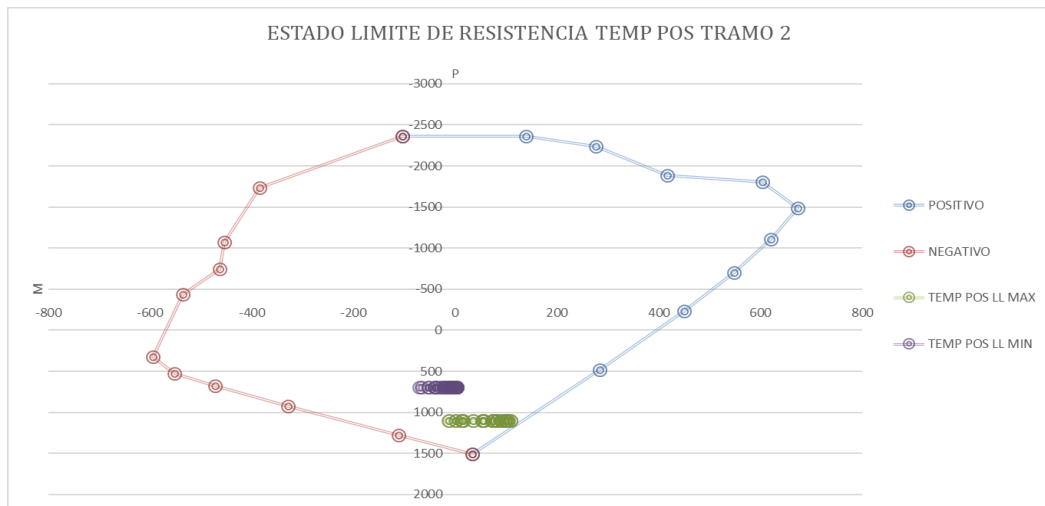


Figura 228: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 2.

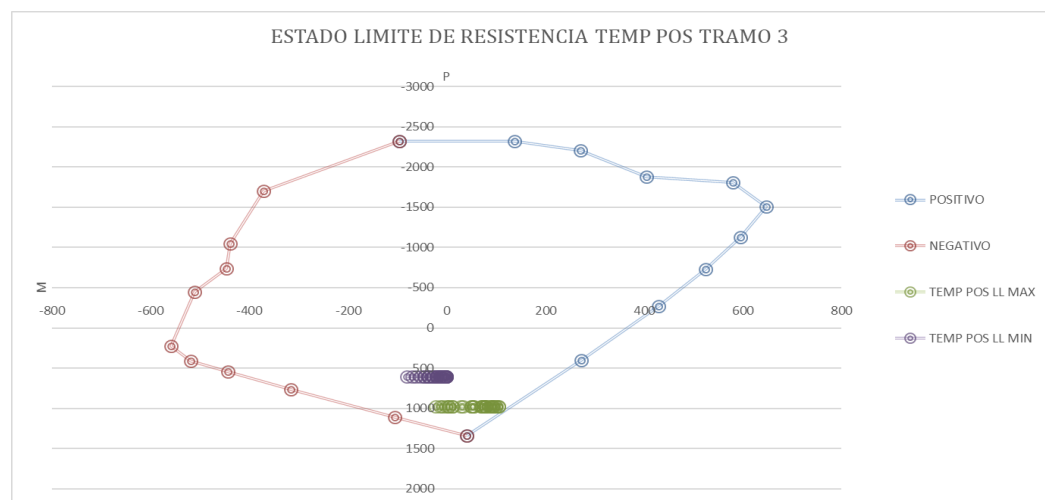


Figura 229: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 3.

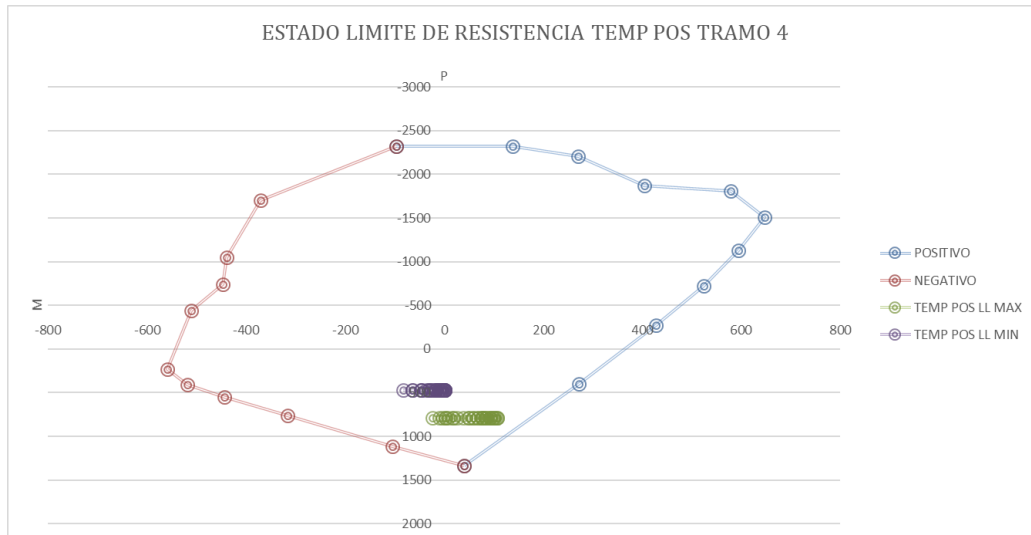


Figura 230: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 4.



Figura 231: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 5.

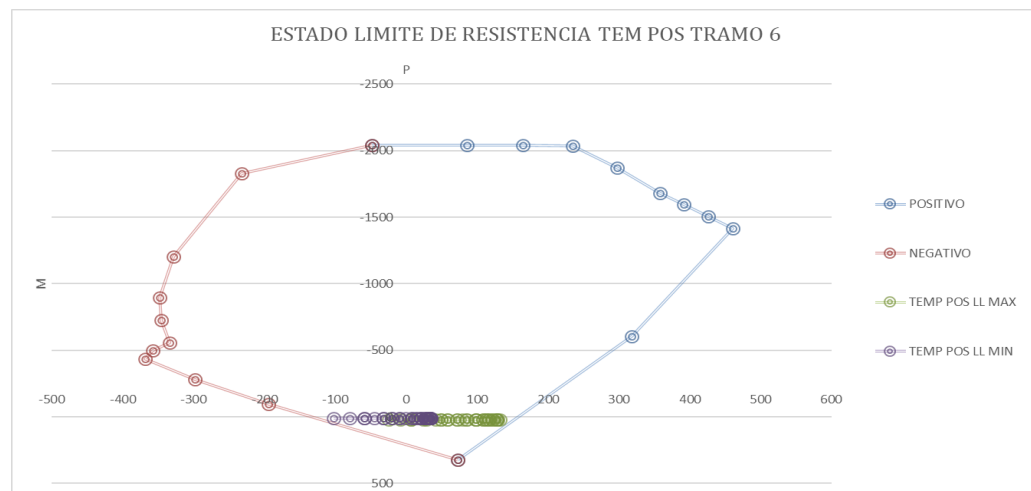


Figura 232: Diagrama de interacción para $\Delta T > 0$ de la sección correspondiente al tramo 6.

Tabla 32: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado sobre el arco para $\Delta T < 0$.

TEMPERATURA NEGATIVA									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
1	0	1260.39	-23.49	-73.36	1	0	982.71	-70.50	-202.38
	0.5	1260.39	-21.33	-62.16		0.5	982.71	-68.20	-171.42
	1	1260.39	-19.18	-52.03		1	982.71	-65.91	-141.54
	1	1260.39	-19.18	-52.02		1	982.71	-62.14	-140.96
	1.5	1260.39	-17.02	-32.12		1.5	982.71	-59.95	-119.95
	2	1260.39	-14.87	-13.29		2	982.71	-57.76	-100.01
	2	1260.39	-14.87	-13.11		2	982.71	-56.96	-99.67
	2.5	1260.39	-12.67	12.09		2.5	982.71	-54.27	-87.45
	3	1260.39	-10.47	36.21		3	982.71	-51.57	-76.31
	3	1260.39	-7.59	36.21		3	982.71	-37.81	-76.31
	3.5	1260.39	-2.55	44.11		3.5	982.71	-32.86	-66.88
	4	1260.39	2.49	50.94		4	982.71	-27.92	-58.52
	4	1260.39	2.85	50.94		4	982.71	-27.92	-58.52
	4.5	1260.39	5.03	57.68		4.5	982.71	-25.51	-51.35
	5	1260.39	7.20	63.35		5	982.71	-23.10	-45.25
	5	1260.39	7.23	63.75		5	982.71	-23.03	-45.12
	5.5	1260.39	13.99	71.70		5.5	982.71	-20.50	-40.63
	6	1260.39	20.75	78.56		6	982.71	-17.97	-37.22
	6	1260.39	30.41	78.56		6	982.71	-8.60	-37.22
	6.5	1260.39	32.85	62.70		6.5	982.71	-6.39	-35.58
	7	1260.39	35.29	45.76		7	982.71	-4.19	-35.02
	7	1260.39	35.70	43.46		7	982.71	-4.19	-35.02
	7.5	1260.39	37.85	28.05		7.5	982.71	-2.03	-36.62
	8	1260.39	40.01	11.57		8	982.71	0.12	-39.30
	8	1260.39	40.01	11.57		8	982.71	0.12	-39.30
	8.5	1260.39	42.27	5.14		8.5	982.71	2.29	-47.93
	9	1260.39	44.52	-2.37		9	982.71	4.45	-57.64
2	9	1168.28	-18.86	-11.25	2	9	901.67	-49.66	-66.62
	9.5	1168.28	-16.70	2.51		9.5	901.67	-47.24	-52.72
	10	1168.28	-14.55	15.19		10	901.67	-44.82	-39.89
	10	1168.28	-14.55	15.05		10	901.67	-44.32	-40.28
	10.5	1168.28	-12.39	34.47		10.5	901.67	-42.17	-30.69
	11	1168.28	-10.24	52.81		11	901.67	-40.01	-22.19
	11	1168.28	-10.24	52.81		11	901.67	-40.01	-22.19
	11.5	1168.28	-6.51	72.17		11.5	901.67	-37.04	-15.03
	11.5	1168.28	-6.51	72.17		11.5	901.67	-37.04	-15.03
	12	1168.28	-4.22	81.99		12	901.67	-27.47	-8.88
	12	1168.28	-4.22	82.13		12	901.67	-27.44	-8.88
	12.5	1168.28	-0.47	91.50		12.5	901.67	-23.24	-3.86
	13	1168.28	3.28	99.80		13	901.67	-19.03	0.08
	13	1168.28	3.52	96.26		13	901.67	-18.94	0.08
	13.5	1168.28	7.31	103.21		13.5	901.67	-16.52	2.13
	14	1168.28	11.10	109.09		14	901.67	-14.10	3.09
	14	1168.28	15.67	109.09		14	901.67	-7.78	3.09
	14.5	1168.28	19.85	104.47		14.5	901.67	-4.06	2.44
	15	1168.28	24.02	98.77		15	901.67	-0.35	0.71
	15	1168.28	24.22	98.77		15	901.67	-0.35	0.71
	15.5	1168.28	26.39	91.08		15.5	901.67	1.81	-2.32
	16	1168.28	28.55	82.30		16	901.67	3.96	-6.42
	16	1168.28	28.75	82.16		16	901.67	3.97	-6.42
	16.5	1168.28	36.23	74.88		16.5	901.67	6.26	-12.40
	16.5	1168.28	36.23	74.88		16.5	901.67	6.26	-12.40
	17	1168.28	43.79	56.12		17	901.67	10.07	-19.32
	17	1168.28	44.07	56.12		17	901.67	10.07	-19.32
	17.5	1168.28	46.24	34.94		17.5	901.67	12.23	-27.76
	18	1168.28	48.41	12.68		18	901.67	14.38	-37.27
	18	1168.28	48.62	12.46		18	901.67	14.38	-37.27
	18.5	1168.28	50.77	0.00		18.5	901.67	16.54	-53.47
	19	1168.28	52.92	-13.53		19	901.67	18.69	-70.74

TEMPERATURA NEGATIVA									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
3	19	1024.25	-20.01	-23.51	3	19	778.46	-53.29	-81.90
	19.5	1024.25	-17.86	-9.91		19.5	778.46	-51.13	-63.95
	20	1024.25	-15.70	2.61		20	778.46	-48.96	-47.06
	20	1024.25	-15.70	2.81		20	778.46	-48.79	-47.06
	20.5	1024.25	-13.55	26.37		20.5	778.46	-44.34	-37.04
	21	1024.25	-11.40	48.84		21	778.46	-39.88	-28.10
	21	1024.25	-11.40	48.67		21	778.46	-39.74	-28.15
	21.5	1024.25	-7.39	67.87		21.5	778.46	-36.81	-20.61
	21.5	1024.25	-7.39	67.87		21.5	778.46	-36.81	-20.61
	22	1024.25	-5.09	75.51		22	778.46	-28.59	-14.06
	22	1024.25	-5.09	75.65		22	778.46	-28.57	-14.06
	22.5	1024.25	-1.08	83.61		22.5	778.46	-24.44	-9.00
	23	1024.25	2.93	90.50		23	778.46	-20.31	-5.00
	23	1024.25	3.12	90.31		23	778.46	-20.29	-5.00
	23.5	1024.25	6.62	97.35		23.5	778.46	-17.87	-2.87
	24	1024.25	10.12	103.31		24	778.46	-15.44	-1.81
	24	1024.25	14.69	103.31		24	778.46	-9.04	-1.81
	24.5	1024.25	18.86	99.13		24.5	778.46	-5.11	-1.94
	25	1024.25	23.02	93.87		25	778.46	-1.17	-3.15
	25	1024.25	23.23	93.87		25	778.46	-1.17	-3.15
	25.5	1024.25	25.40	86.89		25.5	778.46	0.99	-6.26
	26	1024.25	27.56	78.82		26	778.46	3.14	-10.45
	26	1024.25	27.76	78.23		26	778.46	3.15	-10.45
	26.5	1024.25	35.42	71.50		26.5	778.46	5.45	-15.77
	26.5	1024.25	35.42	71.50		26.5	778.46	5.45	-15.77
	27	1024.25	42.84	53.25		27	778.46	9.25	-21.99
	27	1024.25	43.12	53.25		27	778.46	9.25	-21.99
	27.5	1024.25	45.36	32.59		27.5	778.46	11.40	-29.85
	28	1024.25	47.60	10.86		28	778.46	13.56	-38.79
	28	1024.25	47.62	10.65		28	778.46	13.56	-38.79
	28.5	1024.25	49.78	-1.32		28.5	778.46	15.71	-54.38
	4	29	1024.25	51.93		-14.37	4	29	778.46
29		821.19	-21.33	-25.45	29	609.85		-54.69	-84.80
29.5		821.19	-19.18	-11.45	29.5	609.85		-52.52	-65.53
30		821.19	-17.02	1.47	30	609.85		-50.36	-47.34
30		821.19	-17.02	1.66	30	609.85		-50.19	-47.31
30.5		821.19	-14.87	25.73	30.5	609.85		-45.73	-36.47
31		821.19	-12.72	48.72	31	609.85		-41.27	-26.70
31		821.19	-12.72	48.56	31	609.85		-41.15	-26.76
31.5		821.19	-8.62	68.44	31.5	609.85		-38.22	-18.59
31.5		821.19	-8.62	68.44	31.5	609.85		-38.22	-18.59
32		821.19	-6.32	76.60	32	609.85		-30.07	-11.42
32		821.19	-6.32	76.73	32	609.85		-30.04	-11.42
32.5		821.19	-2.32	85.76	32.5	609.85		-25.83	-6.12
33		821.19	1.67	93.71	33	609.85		-21.62	-1.90
33		821.19	1.84	93.51	33	609.85		-21.60	-1.90
33.5		821.19	5.42	101.22	33.5	609.85		-19.17	0.80
34		821.19	8.99	107.85	34	609.85		-16.74	2.42
34		821.19	13.74	107.85	34	609.85		-10.52	2.42
34.5		821.19	16.05	104.04	34.5	609.85		-8.14	2.63
35		821.19	18.36	99.15	35	609.85		-5.77	1.75
35		821.19	18.39	99.53	35	609.85		-2.25	1.75
35.5		821.19	22.10	92.55	35.5	609.85		-0.09	-0.43
36		821.19	25.81	84.49	36	609.85		2.07	-3.70
36		821.19	26.01	83.91	36	609.85		2.07	-3.70
36.5		821.19	34.24	77.81	36.5	609.85		4.37	-8.14
36.5		821.19	34.24	77.81	36.5	609.85		4.37	-8.14
37		821.19	37.32	59.87	37	609.85		8.11	-13.74
37		821.19	37.35	60.05	37	609.85		8.11	-13.69
37.5		821.19	41.51	40.37	37.5	609.85		10.27	-21.00
38		821.19	45.67	19.62	38	609.85		12.42	-29.38
38		821.19	45.70	19.12	38	609.85		12.42	-29.40
38.5		821.19	47.85	9.64	38.5	609.85		14.58	-44.85
39	821.19	50.00	-0.91	39	609.85	16.73	-61.38		

TEMPERATURA NEGATIVA									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
5	39	526.49	-21.70	-26.30	5	39	387.20	-56.44	-92.64
	39.5	526.49	-19.54	-10.64		39.5	387.20	-54.07	-71.04
	40	526.49	-17.39	3.96		40	387.20	-51.70	-50.50
	40	526.49	-17.39	4.34		40	387.20	-48.09	-50.50
	40.5	526.49	-15.23	24.31		40.5	387.20	-45.93	-39.21
	41	526.49	-13.08	43.21		41	387.20	-43.76	-29.00
	41	526.49	-13.08	43.05		41	387.20	-43.72	-29.06
	41.5	526.49	-9.03	63.91		41.5	387.20	-40.75	-20.91
	41.5	526.49	-9.03	63.91		41.5	387.20	-40.75	-20.91
	42	526.49	-6.75	75.45		42	387.20	-31.53	-14.64
	42	526.49	-6.75	75.82		42	387.20	-28.47	-14.64
	42.5	526.49	-2.91	83.84		42.5	387.20	-26.25	-9.88
	43	526.49	0.94	90.77		43	387.20	-24.02	-6.21
	43	526.49	1.10	90.58		43	387.20	-23.99	-6.21
	43.5	526.49	4.52	99.52		43.5	387.20	-21.54	-3.71
	44	526.49	7.95	107.37		44	387.20	-19.09	-2.30
	44	526.49	12.43	107.37		44	387.20	-12.19	-2.30
	44.5	526.49	14.72	104.67		44.5	387.20	-9.80	-1.98
	45	526.49	17.01	100.87		45	387.20	-7.40	-2.75
	45	526.49	17.02	101.25		45	387.20	-3.43	-2.75
	45.5	526.49	20.80	95.59		45.5	387.20	-1.28	-4.62
	46	526.49	24.58	88.84		46	387.20	0.88	-7.57
	46	526.49	24.77	87.72		46	387.20	0.89	-7.57
	46.5	526.49	32.82	82.53		46.5	387.20	3.20	-11.71
	46.5	526.49	32.82	82.53		46.5	387.20	3.20	-11.71
	47	526.49	35.78	65.62		47	387.20	7.25	-16.93
	47	526.49	35.79	65.82		47	387.20	7.27	-16.91
	47.5	526.49	39.95	47.13		47.5	387.20	9.43	-23.52
	48	526.49	44.11	27.35		48	387.20	11.58	-31.22
	48	526.49	44.29	26.69		48	387.20	11.58	-31.22
	48.5	526.49	46.45	17.41		48.5	387.20	13.73	-44.24
	49	526.49	48.60	7.04		49	387.20	15.89	-58.36
6	49	21.46	-26.87	-28.89	6	49	16.17	-62.94	-106.92
	49.5	21.46	-24.71	-12.54		49.5	16.17	-60.57	-84.70
	50	21.46	-22.56	2.74		50	16.17	-58.19	-63.56
	50	21.46	-22.56	3.14		50	16.17	-54.41	-63.56
	50.5	21.46	-20.40	24.87		50.5	16.17	-52.24	-48.85
	51	21.46	-18.24	45.54		51	16.17	-50.07	-35.23
	51	21.46	-18.24	45.33		51	16.17	-49.97	-35.25
	51.5	21.46	-14.17	68.40		51.5	16.17	-46.97	-23.45
	51.5	21.46	-14.17	68.40		51.5	16.17	-46.97	-23.45
	52	21.46	-11.89	82.14		52	16.17	-38.70	-12.67
	52	21.46	-11.89	82.50		52	16.17	-35.64	-12.67
	52.5	21.46	-9.73	95.11		52.5	16.17	-33.48	-3.02
	53	21.46	-7.57	106.65		53	16.17	-31.32	5.55
	53	21.46	-7.36	106.46		53	16.17	-31.30	5.55
	53.5	21.46	-3.00	118.85		53.5	16.17	-24.58	13.04
	54	21.46	1.36	130.17		54	16.17	-17.87	19.45
	54	21.46	5.63	126.96		54	16.17	-17.79	19.45
	54.5	21.46	7.94	126.97		54.5	16.17	-15.47	24.74
	55	21.46	10.25	125.92		55	16.17	-13.15	28.95
	55	21.46	10.27	126.29		55	16.17	-9.79	28.95
	55.5	21.46	14.04	122.18		55.5	16.17	-7.64	31.80
	56	21.46	17.82	116.99		56	16.17	-5.48	33.57
	56	21.46	18.02	115.33		56	16.17	-5.48	33.57
	56.5	21.46	26.43	112.74		56.5	16.17	-3.13	34.21
	56.5	21.46	26.43	112.74		56.5	16.17	-3.13	34.21
	57	21.46	29.36	98.39		57	16.17	1.56	33.97
	57	21.46	29.39	98.50		57	16.17	1.57	34.27
	57.5	21.46	33.60	79.54		57.5	16.17	3.73	31.98
	58	21.46	37.81	59.52		58	16.17	5.88	28.61
	58	21.46	38.02	58.63		58	16.17	5.88	28.61
	58.5	21.46	40.17	42.33		58.5	16.17	8.04	22.35
	59	21.46	42.33	24.96		59	16.17	10.19	15.02

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de interacción:

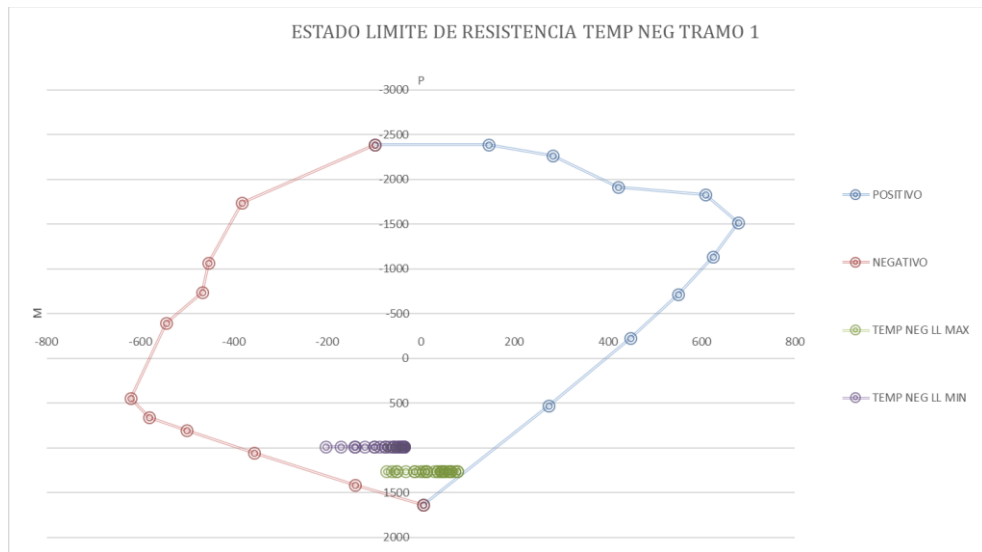


Figura 233: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 1.

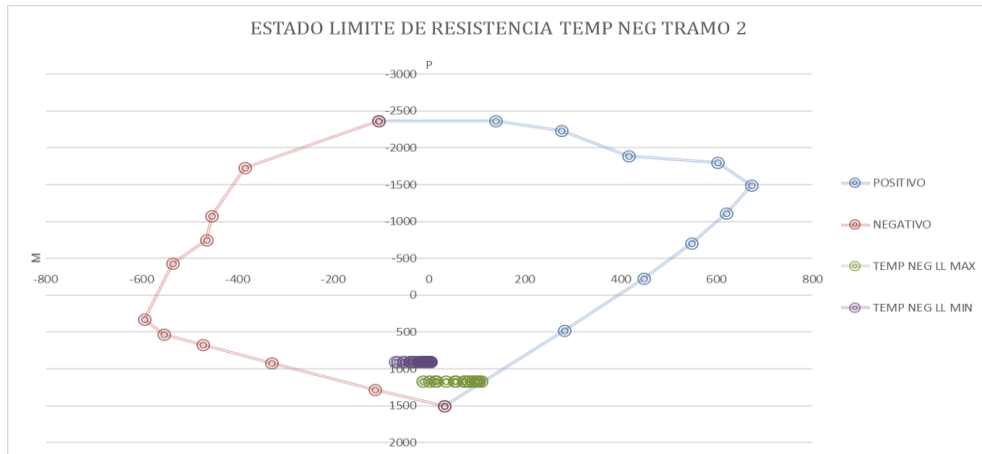


Figura 234: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 2.

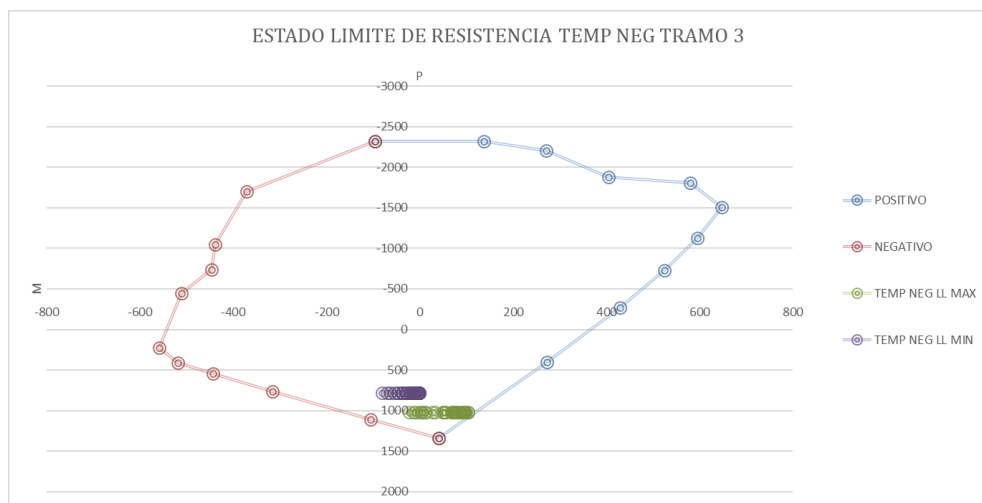


Figura 235: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 3.

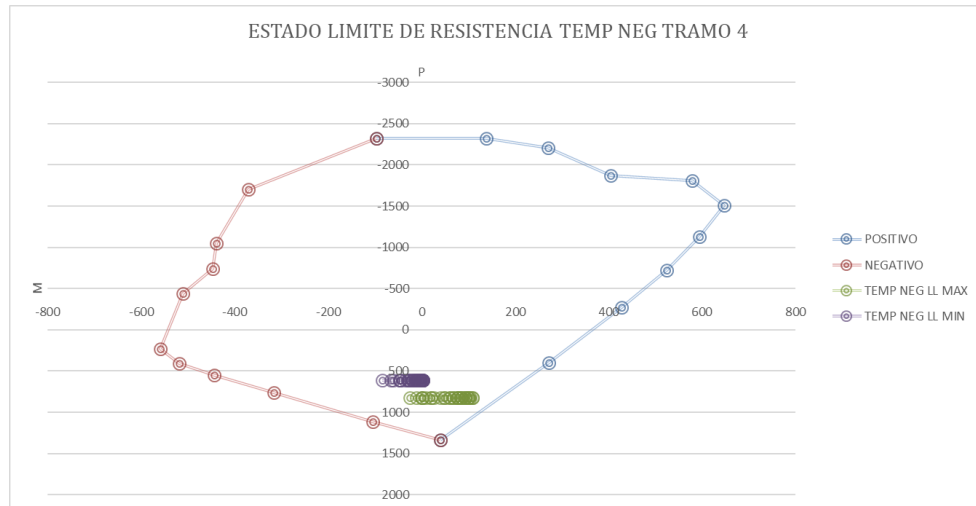


Figura 236: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 4.

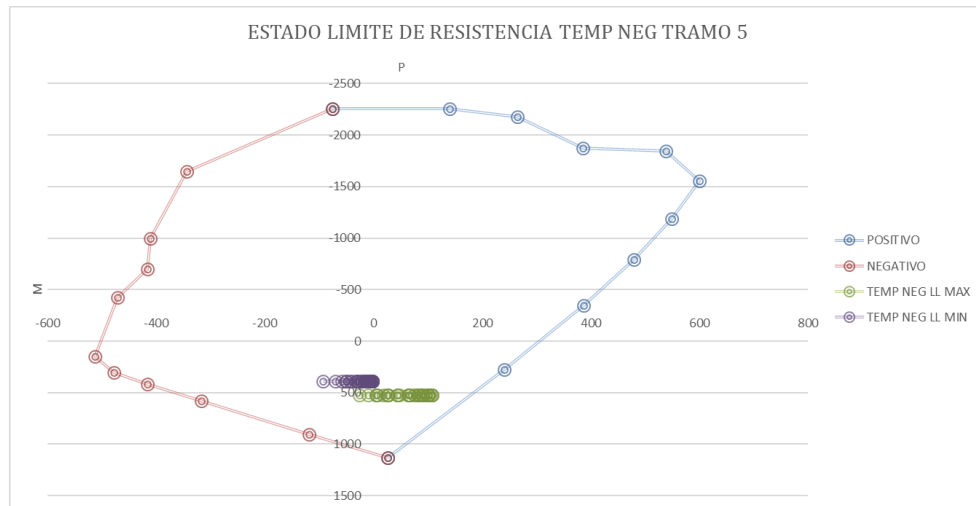


Figura 237: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 5.

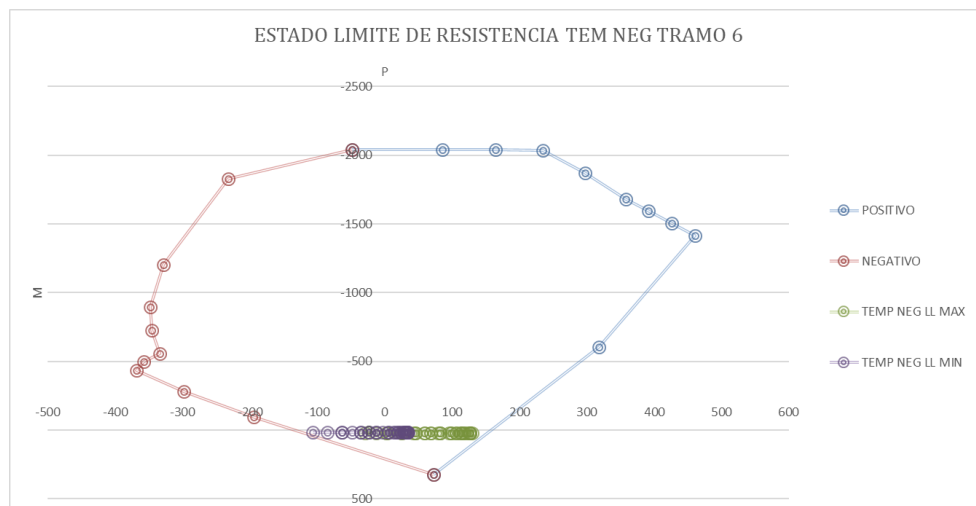


Figura 238: Diagrama de interacción para $\Delta T < 0$ de la sección correspondiente al tramo 6.

7.1.2.3. CORTANTE DE TABLERO EN ACCESO IZQUIERDO

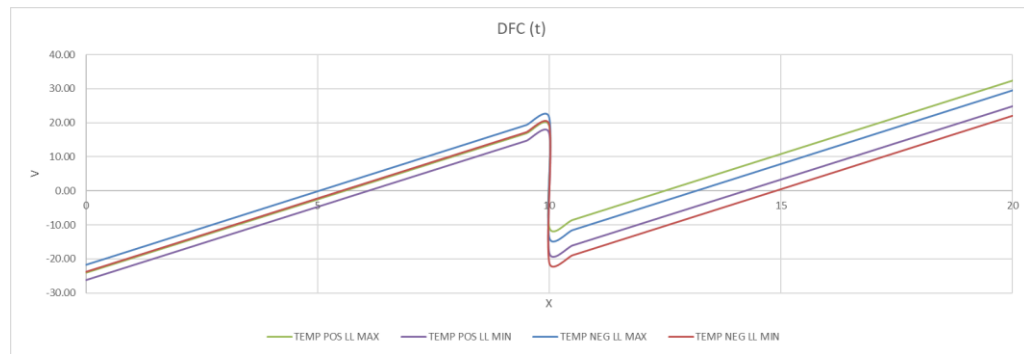


Figura 239: Diagrama de fuerza cortante del tablero en el acceso izquierdo.

Cortantes máximas:

Resistencia 1 max: 32.31t

Resistencia 1 min: -28.18t

$h = 1000\text{mm}$

$d = 910\text{mm}$

$b_v = 600\text{mm}$

$F_y = 420\text{N/mm}^2$

$f_c = 35\text{N/mm}^2$

$a = 182\text{mm}$

$d_v = d - \frac{a}{2} = 819\text{mm}$

Cortante Actuante:

$V_U = 316.96\text{N}$

Cortante resiste:

$V_r = \phi_v V_n$

$\phi_v = 0.90$

Siendo V_n el menor de:

$V_n = V_c + V_s + V_p$

$V_n = 0.25 * f'_c * b_v * d_v + V_p$

Donde

Cortante resistente del concreto

$V_c = 0.083 * \beta \sqrt{f'_c} * b_v * d_v$

$V_c = 48.72\text{t}$

Cortante resistente del acero

$V_s = \frac{A_v * f_y * d_v * (\cot\theta + \cot\alpha) * \text{sen}\alpha}{s}$

Se proponen estribos $\phi \frac{1}{2} @ 0.30\text{m}$

$$A_v = 2.53 \text{ cm}^2 \text{ (2 ramas)}$$

$$V_s = 29.05 \text{ t}$$

Componente de la fuerza de pretensado

$$V_p = 0.00$$

Cortante nominal resistente

$$V_n = 77.77 \text{ t}$$

Cortante resistente total

$$V_r = 70.00 \text{ t} > 32.31$$

Refuerzo transversal mínimo (A_{vmin})

$$A_v \geq 0.27 * \sqrt{f'_c} * \frac{b_v * s}{f_y}$$

Sabemos que $A_v = 2.53 \text{ cm}^2$

$$\therefore A_v \geq 2.16 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal

$$v_u = \frac{V_u - \phi V_p}{\phi_v b_v * d_v}$$

$$v_u = 7.31 \text{ Kg/cm}^2$$

También

$$\text{Si } v_u < 0.125 f'_c, \quad s_{\max} = 0.8 * d_v \leq 60 \text{ cm}$$

$$\text{Si } v_u \geq 0.125 f'_c, \quad s_{\max} = 0.4 * d_v \leq 30 \text{ cm}$$

Como:

$$v_u = 7.31 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\therefore s_{\max} = 60 \text{ cm}$$

Se va asumir un espaciamiento máximo de 30cm.

$\therefore$ Usar $\phi 1/2''$ 1@0.05, 4@0.10, 5@0.20 Resto @0.30

7.1.2.4. CORTANTE DE TABLERO EN ACCESO DERECHO

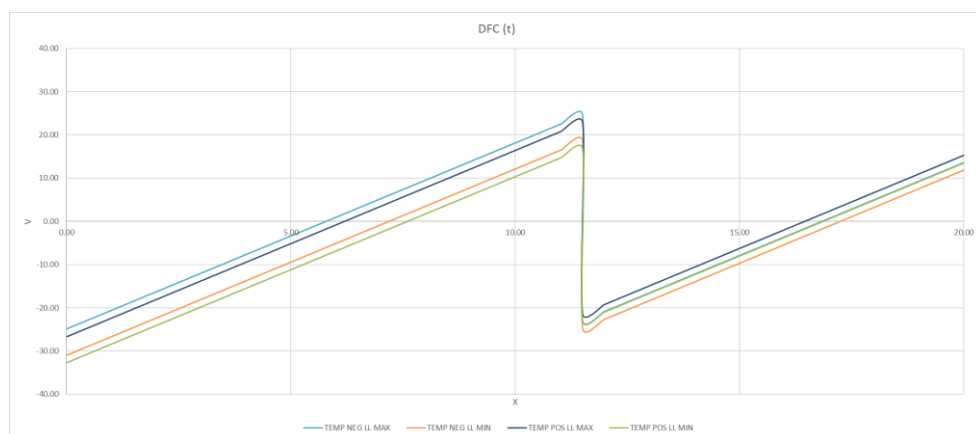


Figura 240: Diagrama de fuerza cortante del tablero en el acceso derecho.

Cortantes máximas:

Resistencia 1 max: 22.85t

Resistencia 1 min: -32.72t

$h = 1000\text{mm}$

$d = 910\text{mm}$

$b_v = 600\text{mm}$

$F_y = 420\text{N/mm}^2$

$f_c = 35\text{N/mm}^2$

$a = 182\text{mm}$

$d_v = d - \frac{a}{2} = 819\text{mm}$

Cortante Actuante:

$V_U = 320.983\text{N}$

Cortante resiste:

$V_r = \phi_v * V_n$

$\phi_v = 0.90$

Siendo V_n el menor de:

$V_n = V_C + V_S + V_P$

$V_n = 0.25 * f'_c * b_v * d_v + V_P$

Donde

Cortante resistente del concreto

$V_C = 0.083 * \beta \sqrt{f'_c} * b_v * d_v$

$V_C = 48.72\text{t}$

Cortante resistente del acero

$V_s = \frac{A_v * f_y * d_v * (\cot\theta + \cot\alpha) * \text{sena}\alpha}{s}$

Se proponen estribos $\phi \frac{1}{2} @ 0.30\text{m}$

$A_s = 2.53\text{cm}^2$ (2 ramas)

$V_s = 29.05\text{t}$

Componente de la fuerza de pretensado

$V_P = 0.00$

Cortante nominal resistente

$V_n = 77.77\text{t}$

Cortante resistente total

$$V_r = 70.00t > 32.72$$

Refuerzo transversal mínimo (A_{vmin})

$$A_v \geq 0.27 * \sqrt{f'_c} * \frac{b_v * s}{f_y}$$

Sabemos que $A_v = 2.53 \text{ cm}^2$

$$\therefore A_v \geq 2.16 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal

$$v_u = \frac{V_u - \phi V_p}{\phi_v * b_v * d_v}$$

$$v_u = 7.40 \text{ Kg/cm}^2$$

También

$$\text{Si } v_u < 0.125f'_c \quad , \quad s_{\max} = 0.8 * d_v \leq 60 \text{ cm}$$

$$\text{Si } v_u \geq 0.125f'_c \quad , \quad s_{\max} = 0.4 * d_v \leq 30 \text{ cm}$$

Como:

$$v_u = 7.31 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\therefore s_{\max} = 60 \text{ cm}$$

Se va asumir un espaciamento máximo de 30cm.

$$\therefore \text{Usar } \phi 1/2" \quad 1@0.05, 4@0.10, 5@0.20 \text{ Resto } @0.30$$

7.1.2.5. CORTANTE DE TABLERO POSTENSADO SOBRE ARCO

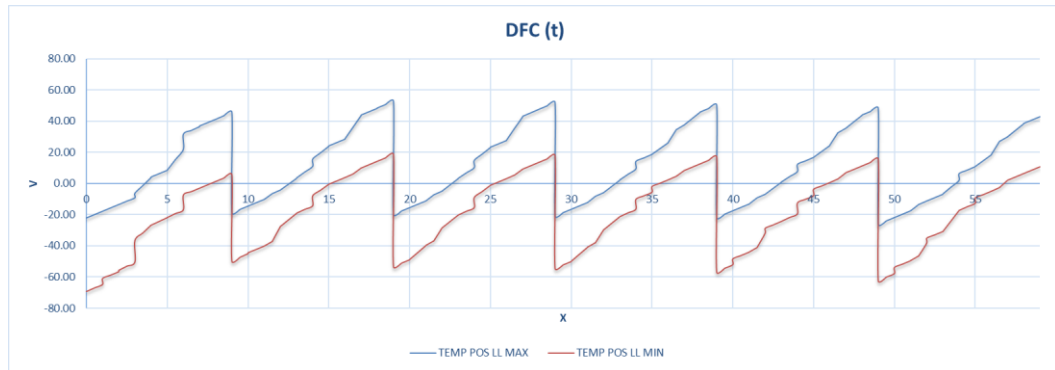


Figura 241: Diagrama de fuerza cortante del tablero postensado sobre el arco $\Delta T > 0$.

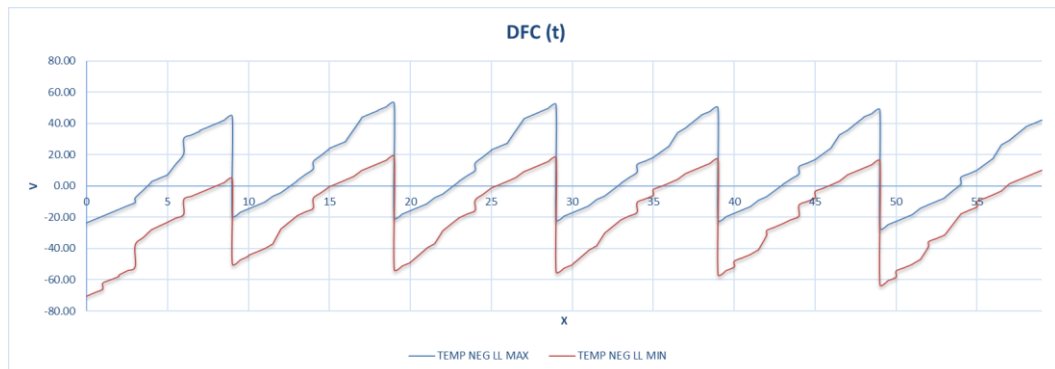


Figura 242: Diagrama de fuerza cortante del tablero postensado sobre el arco $\Delta T < 0$.

Cortantes máximas:

Resistencia 1 max: 52.89t

Resistencia 1 min: -69.20t

$h = 1000\text{mm}$

$d = 910\text{mm}$

$b_v = 600\text{mm}$

$F_y = 420\text{N/mm}^2$

$f_c = 35\text{N/mm}^2$

$a = 182\text{mm}$

$d_v = d - \frac{a}{2} = 819\text{mm}$

Cortante Actuante:

$$V_U = 678.852\text{N}$$

Cortante resiste:

$$V_r = \phi_v V_n$$

$$\phi_v = 0.90$$

Siendo V_n el menor de:

$$V_n = V_C + V_S + V_P$$

$$V_n = 0.25 * f'_c * b_v * d_v + V_P$$

Donde

Cortante resistente del concreto

$$V_C = 0.083 * \beta \sqrt{f'_c} * b_v * d_v$$

$$V_C = 48.72\text{t}$$

Cortante resistente del acero

$$V_s = \frac{A_v * f_y * d_v * (\cot\theta + \cot\alpha) * \text{sen}\alpha}{s}$$

Se proponen estribos $\phi \frac{1}{2} @ 0.30\text{m}$

$$A_s = 2.53\text{cm}^2 \text{ (2 ramas)}$$

$$V_s = 29.05\text{t}$$

Componente de la fuerza de pretensado

$$V_P = 0.00$$

Cortante nominal resistente

$$V_n = 77.77\text{t}$$

Cortante resistente total

$$V_r = 70.00\text{t} > 69.20$$

Refuerzo transversal mínimo (A_{vmin})

$$A_v \geq 0.27 * \sqrt{f'_c} * \frac{b_v * s}{f_y}$$

Sabemos que $A_v = 2.53\text{cm}^2$

$$\therefore A_v \geq 2.16\text{cm}^2$$

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal

$$v_u = \frac{V_u - \phi V_p}{\phi_v * b_v * d_v}$$

$$v_u = 15.65 \text{ Kg/cm}^2$$

También

$$\text{Si } v_u < 0.125f'_c, \quad s_{\max} = 0.8 * d_v \leq 60 \text{ cm}$$

$$\text{Si } v_u \geq 0.125f'_c, \quad s_{\max} = 0.4 * d_v \leq 30 \text{ cm}$$

Como:

$$v_u = 15.65 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\therefore s_{\max} = 60 \text{ cm}$$

Se va asumir un espaciamiento máximo de 30cm.

$\therefore$ Usar $\phi 1/2''$ 1@0.05, 4@0.10, 5@0.20 Resto @0.30

7.1.2.6. CORTANTE EN TRAMO CENTRAL

VIGA EXTERIOR

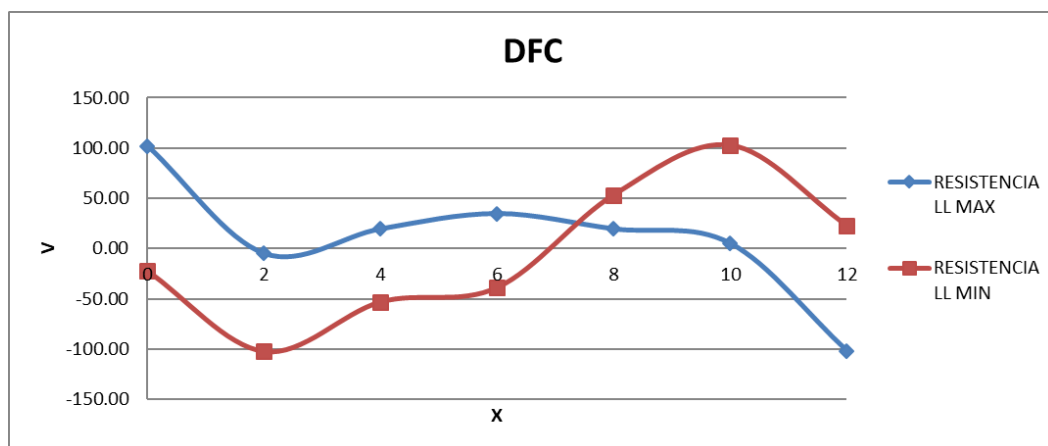


Figura 243: Diagrama de fuerza cortante del tablero en tramo central en viga exterior.

Cortantes máximas:

Resistencia 1 max: 53.31t

Resistencia 1 min: -102.62t

$h = 2000 \text{ mm}$

$$d = 1910\text{mm}$$

$$b = 600\text{mm}$$

$$F_y = 420\text{N/mm}^2$$

$$f_c = 35\text{N/mm}^2$$

$$a = 382\text{mm}$$

$$d_v = d - \frac{a}{2} = 1719\text{mm}$$

Cortante Actuante:

$$V_U = 1006.72\text{N}$$

Cortante resiste:

$$V_r = \phi_v V_n$$

$$\phi_v = 0.90$$

Siendo V_n el menor de:

$$V_n = V_C + V_S + V_P$$

$$V_n = 0.25 * f'_c * b_v * d_v + V_P$$

Donde

Cortante resistente del concreto

$$V_C = 0.083 * \beta \sqrt{f'_c} * b_v * d_v$$

$$V_C = 102.27\text{t}$$

Cortante resistente del acero

$$V_s = \frac{A_v * f_y * d_v * (\cot\theta + \cot\alpha) * \text{sen}\alpha}{s}$$

Se proponen estribos $\phi \frac{1}{2} @ 0.30\text{m}$

$$A_s = 2.53\text{cm}^2 \text{ (2 ramas)}$$

$$V_s = 60.97\text{t}$$

Componente de la fuerza de pretensado

$$V_P = 0.00$$

Cortante nominal resistente

$$V_n = 163.24\text{t}$$

Cortante resistente total

$$V_r = 146.92\text{t} > 102.62$$

Refuerzo transversal mínimo (A_{vmin})

$$A_v \geq 0.27 * \sqrt{f'_c} * \frac{b_v * s}{f_y}$$

Sabemos que $A_v = 2.53\text{cm}^2$

$$\therefore A_v \geq 2.16\text{cm}^2$$

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal

$$v_u = \frac{V_u - \phi V_p}{\phi_v * b_v * d_v}$$

$$v_u = 11.05 \text{ Kg/cm}^2$$

También

$$\text{Si } v_u < 0.125f'_c, \quad s_{\max} = 0.8 * d_v \leq 60 \text{ cm}$$

$$\text{Si } v_u \geq 0.125f'_c, \quad s_{\max} = 0.4 * d_v \leq 30 \text{ cm}$$

Como:

$$v_u = 11.05 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\therefore s_{\max} = 60 \text{ cm}$$

Se va asumir un espaciamiento máximo de 30cm.

$\therefore$ Usar $\phi 1/2''$ 1@0.05, 4@0.10, 5@0.20 Resto @0.30

VIGA INTERIOR

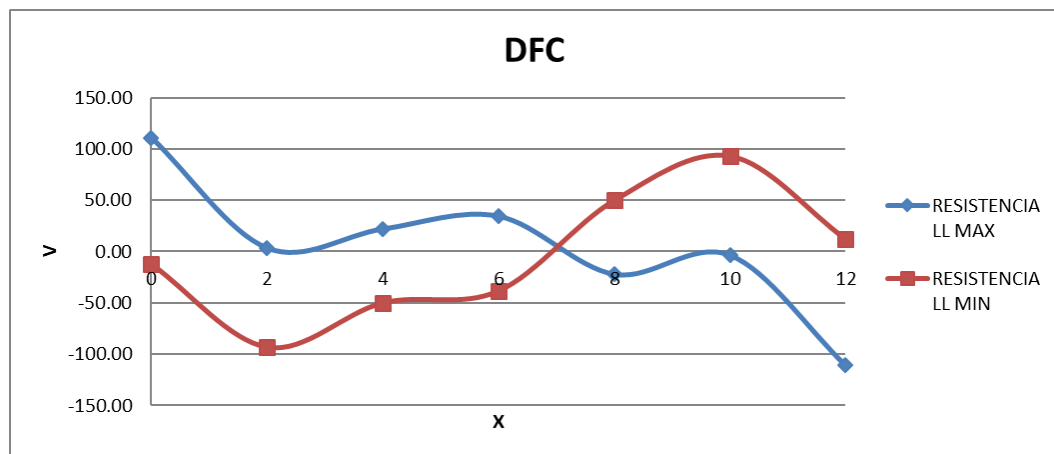


Figura 244: Diagrama de fuerza cortante del tablero en tramo central en viga interior.

Cortantes máximas:

Resistencia 1 max: 49.97t

Resistencia 1 min: -111.00t

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 910 \text{ mm}$$

$$b_v = 600 \text{ mm}$$

$$F_y = 420 \text{ N/mm}^2$$

$$f_c = 35 \text{ N/mm}^2$$

$$a = 182 \text{ mm}$$

$$d_v = d - \frac{a}{2} = 819 \text{ mm}$$

Cortante Actuante:

$$V_U = 1088.91 \text{ N}$$

Cortante resiste:

$$V_r = \phi_v * V_n$$

$$\phi_v = 0.90$$

Siendo V_n el menor de:

$$V_n = V_c + V_s + V_p$$

$$V_n = 0.25 * f'_c * b_v * d_v + V_p$$

Donde

Cortante resistente del concreto

$$V_c = 0.083 * \beta \sqrt{f'_c} * b_v * d_v$$

$$V_c = 48.72t$$

Cortante resistente del acero

$$V_s = \frac{A_v * f_y * d_v * (\cot\theta + \cot\alpha) * \text{sen}\alpha}{s}$$

Se proponen estribos ϕ 3/4 @0.25m

$$A_s = 2.53\text{cm}^2 \text{ (2 ramas)}$$

$$V_s = 78.13t$$

Componente de la fuerza de pretensado

$$V_p = 0.00$$

Cortante nominal resistente

$$V_n = 126.85t$$

Cortante resistente total

$$V_r = 114.17t > 111.00$$

Refuerzo transversal mínimo (A_{vmin})

$$A_v \geq 0.27 * \sqrt{f'_c} * \frac{b_v * s}{f_y}$$

Sabemos que $A_v = 5.70\text{cm}^2$

$$\therefore A_v \geq 1.80\text{cm}^2$$

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal

$$v_u = \frac{V_u - \phi V_p}{\phi_v b_v * d_v}$$

$$v_u = 15.65\text{Kg/cm}^2$$

También

$$\text{Si } v_u < 0.125f'_c, \quad s_{\max} = 0.8 * d_v \leq 60\text{cm}$$

$$\text{Si } v_u \geq 0.125f'_c, \quad s_{\max} = 0.4 * d_v \leq 30\text{cm}$$

Como:

$$v_u = 25.10\text{Kg/cm}^2$$

$$\therefore S_{\max} = 60\text{cm}$$

Se va asumir un espaciamiento máximo de 25cm.

$\therefore$ Usar $\phi 3/4"$ 1@0.05, 4@0.10, 5@0.20 Resto @0.25

7.1.3. VERIFICACIÓN DEL TABLERO EN EVENTO EXTREMO

7.1.3.1. EVENTO EXTREMO POR SISMO LONGITUDINAL

7.1.3.1.1. VERIFICACIÓN ACCESO IZQUIERDO

Evento Extremo I: 1.25 (dead+barrera)+1.5Dw+Sismo X

Tabla 33. Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado en el acceso izquierdo en evento extremo debido a la ocurrencia sísmica en la dirección longitudinal del puente.

EVENTO EXTREMO								
Tramo	MAX				Tramo	MIN		
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)
1	0	1015.43	-21.79	-37.19	1	0	895.29	-22.07
	0.5	1015.43	-19.64	-26.83		0.5	895.29	-19.91
	1	1015.43	-17.48	-17.53		1	895.29	-17.76
	1	1015.43	-17.48	-17.54		1	895.29	-17.76
	1.5	1015.43	-15.33	-9.31		1.5	895.29	-15.61
	2	1015.43	-13.18	-2.16		2	895.29	-13.45
	2	1015.43	-13.18	-2.16		2	895.29	-13.45
	2.5	1015.43	-11.02	3.91		2.5	895.29	-11.30
	3	1015.43	-8.87	8.90		3	895.29	-9.15
	3	1015.43	-8.87	8.90		3	895.30	-9.14
	3.5	1015.43	-6.72	12.93		3.5	895.30	-6.99
	4	1015.43	-4.57	15.90		4	895.30	-4.84
	4	1015.42	-4.57	15.90		4	895.30	-4.84
	4.5	1015.42	-2.41	17.79		4.5	895.30	-2.68
	5	1015.42	-0.26	18.59		5	895.30	-0.53
	5	1015.41	-0.26	18.59		5	895.31	-0.53
	5.5	1015.41	1.89	18.32		5.5	895.31	1.63
	6	1015.41	4.04	16.96		6	895.31	3.78
	6	1015.40	4.04	16.96		6	895.32	3.78
	6.5	1015.40	6.19	14.52		6.5	895.32	5.93
	7	1015.40	8.35	11.00		7	895.32	8.09
	7	1015.40	8.35	11.01		7	895.33	8.09
	7.5	1015.40	10.50	6.41		7.5	895.33	10.24
	8	1015.40	12.65	0.73		8	895.33	12.39
	8	1015.38	12.65	0.73		8	895.34	12.40
	8.5	1015.38	14.80	-6.02		8.5	895.34	14.55
	9	1015.38	16.96	-13.84		9	895.34	16.70
	9	1015.37	16.96	-13.84		9	895.35	16.70
	9.5	1015.37	19.11	-22.73		9.5	895.35	18.86
	10	1015.37	21.26	-32.69		10	895.35	21.01
2	10	1014.93	-19.84	-32.96	2	10	894.94	-20.93
	10.5	1014.93	-17.69	-23.55		10.5	894.94	-18.77
	11	1014.93	-15.53	-15.21		11	894.94	-16.62
	11	1014.92	-15.54	-15.20		11	894.96	-16.62
	11.5	1014.92	-13.38	-7.91		11.5	894.96	-14.46
	12	1014.92	-11.23	-1.43		12	894.96	-12.31
	12	1014.90	-11.23	-1.43		12	894.97	-12.30
	12.5	1014.90	-9.08	4.20		12.5	894.97	-10.15
	13	1014.90	-6.93	8.78		13	894.97	-8.00
	13	1014.89	-6.94	8.77		13	894.99	-7.99
	13.5	1014.89	-4.78	12.26		13.5	894.99	-5.84
	14	1014.89	-2.63	14.68		14	894.99	-3.68
	14	1014.87	-2.64	14.67		14	895.01	-3.67
	14.5	1014.87	-0.49	15.99		14.5	895.01	-1.52
	15	1014.87	1.67	16.23		15	895.01	0.63
	15	1014.85	1.66	16.22		15	895.03	0.64
	15.5	1014.85	3.81	15.37		15.5	895.03	2.79
	16	1014.85	5.96	13.43		16	895.03	4.95
	16	1014.82	5.95	13.43		16	895.05	4.96
	16.5	1014.82	8.11	10.40		16.5	895.05	7.11
	17	1014.82	10.26	6.28		17	895.05	9.26
	17	1014.80	10.25	6.28		17	895.07	9.27
	17.5	1014.80	12.41	1.07		17.5	895.07	11.42
	18	1014.80	14.56	-5.21		18	895.07	13.58
	18	1014.78	14.56	-5.22		18	895.10	13.58
	18.5	1014.78	16.71	-12.59		18.5	895.10	15.73
	19	1014.78	18.86	-21.04		19	895.10	17.89
	19	1014.75	18.87	-21.05		19	895.13	17.88
	19.5	1014.75	21.02	-30.58		19.5	895.13	20.04
	20	1014.75	23.17	-41.19		20	895.13	22.19

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de interacción:

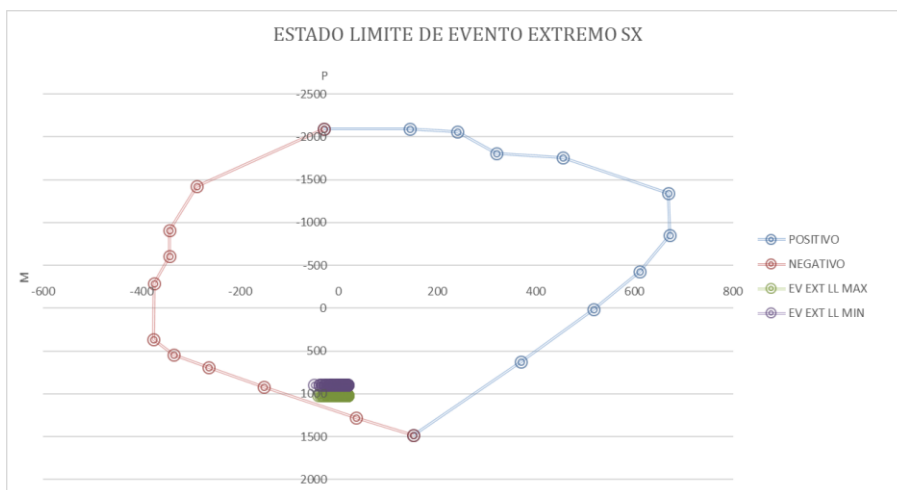


Figura 245: Diagrama de interacción en Evento Extremo de la sección en el acceso izquierdo.

7.1.3.1.2. VERIFICACION EN ACCESO DERECHO

Evento Extremo I: 1.25 (dead+barrera)+1.5Dw+Sismo X

Tabla 34: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado en el acceso derecho en evento extremo debido a la ocurrencia sísmica en la dirección longitudinal del puente.

EVENTO EXTREMO									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
1	0.00	995.23	-24.99	-49.17	1	0.00	878.13	-25.77	-56.97
	0.48	995.23	-22.92	-37.62		0.48	878.13	-23.70	-45.05
	0.96	995.23	-20.86	-27.05		0.96	878.13	-21.64	-34.11
	0.96	995.26	-20.86	-27.04		0.96	878.10	-21.64	-34.12
	1.44	995.26	-18.80	-17.46		1.44	878.10	-19.57	-24.18
	1.92	995.26	-16.73	-8.88		1.92	878.10	-17.51	-15.22
	1.92	995.29	-16.73	-8.87		1.92	878.08	-17.51	-15.23
	2.40	995.29	-14.67	-1.28		2.40	878.08	-15.45	-7.27
	2.87	995.29	-12.60	5.31		2.87	878.08	-13.39	-0.31
	2.87	995.32	-12.59	5.32		2.87	878.05	-13.40	-0.32
	3.35	995.32	-10.53	10.91		3.35	878.05	-11.33	5.65
	3.83	995.32	-8.47	15.50		3.83	878.05	-9.27	10.63
	3.83	995.34	-8.46	15.51		3.83	878.02	-9.28	10.62
	4.31	995.34	-6.39	19.09		4.31	878.02	-7.22	14.60
	4.79	995.34	-4.33	21.68		4.79	878.02	-5.15	17.57
	4.79	995.37	-4.31	21.69		4.79	878.00	-5.17	17.56
	5.27	995.37	-2.25	23.26		5.27	878.00	-3.10	19.55
	5.75	995.37	-0.19	23.84		5.75	878.00	-1.04	20.53
	5.75	995.39	-0.17	23.85		5.75	877.98	-1.06	20.52
	6.23	995.39	1.89	23.42		6.23	877.98	1.01	20.51
	6.71	995.39	3.95	21.99		6.71	877.98	3.07	19.50
	6.71	995.41	3.97	21.99		6.71	877.96	3.06	19.49
	7.19	995.41	6.03	19.56		7.19	877.96	5.12	17.49
	7.67	995.41	8.09	16.13		7.67	877.96	7.19	14.49
	7.67	995.43	8.10	16.13		7.67	877.94	7.17	14.48
	8.15	995.43	10.17	11.70		8.15	877.94	9.24	10.49
	8.62	995.43	12.23	6.28		8.62	877.94	11.30	5.50
	8.62	995.45	12.24	6.28		8.62	877.92	11.29	5.49
	9.10	995.45	14.30	-0.13		9.10	877.92	13.35	-0.49
	9.58	995.45	16.37	-7.37		9.58	877.92	15.42	-7.62
	9.58	995.46	16.37	-7.38		9.58	877.90	15.41	-7.61
	10.06	995.46	18.44	-15.36		10.06	877.90	17.48	-15.98
	10.54	995.46	20.50	-24.29		10.54	877.90	19.54	-25.36
	10.54	995.48	20.50	-24.29		10.54	877.89	19.54	-25.35
	11.02	995.48	22.57	-34.20		11.02	877.89	21.60	-35.71
	11.50	995.48	24.63	-45.07		11.50	877.89	23.66	-47.05

EVENTO EXTREMO									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
2	11.50	995.81	-24.37	-44.88	2	11.50	878.15	-24.60	-46.84
	11.98	995.81	-22.31	-33.70		11.98	878.15	-22.54	-35.56
	12.46	995.81	-20.25	-23.50		12.46	878.15	-20.47	-25.25
	12.46	995.83	-20.25	-23.51		12.46	878.14	-20.47	-25.24
	12.94	995.83	-18.18	-14.29		12.94	878.14	-18.41	-15.91
	13.42	995.83	-16.12	-6.05		13.42	878.14	-16.35	-7.57
	13.42	995.84	-16.12	-6.05		13.42	878.12	-16.35	-7.56
	13.90	995.84	-14.05	1.20		13.90	878.12	-14.29	-0.20
	14.37	995.84	-11.99	7.47		14.37	878.12	-12.22	6.18
	14.37	995.85	-11.99	7.46		14.37	878.11	-12.22	6.18
	14.85	995.85	-9.92	12.74		14.85	878.11	-10.16	11.57
	15.33	995.85	-7.86	17.03		15.33	878.11	-8.10	15.97
	15.33	995.86	-7.86	17.02		15.33	878.10	-8.10	15.98
	15.81	995.86	-5.79	20.32		15.81	878.10	-6.04	19.39
	16.29	995.86	-3.73	22.61		16.29	878.10	-3.97	21.80
	16.29	995.87	-3.73	22.61		16.29	878.09	-3.98	21.80
	16.77	995.87	-1.66	23.91		16.77	878.09	-1.91	23.22
	17.25	995.87	0.40	24.22		17.25	878.09	0.15	23.65
	17.25	995.88	0.40	24.22		17.25	878.09	0.15	23.65
	17.73	995.88	2.47	23.53		17.73	878.09	2.21	23.09
	18.21	995.88	4.53	21.84		18.21	878.09	4.27	21.52
	18.21	995.88	4.53	21.84		18.21	878.08	4.27	21.52
	18.69	995.88	6.60	19.16		18.69	878.08	6.33	18.97
	19.17	995.88	8.66	15.48		19.17	878.08	8.40	15.41
	19.17	995.89	8.66	15.48		19.17	878.08	8.40	15.42
	19.65	995.89	10.72	10.87		19.65	878.08	10.46	10.81
	20.12	995.89	12.79	5.33		20.12	878.08	12.52	5.14
	20.12	995.89	12.79	5.34		20.12	878.07	12.52	5.14
	20.60	995.89	14.85	-1.19		20.60	878.07	14.59	-1.52
	21.08	995.89	16.92	-8.71		21.08	878.07	16.65	-9.16
	21.08	995.90	16.92	-8.71		21.08	878.07	16.65	-9.16
	21.56	995.90	18.98	-17.21		21.56	878.07	18.71	-17.79
	22.04	995.90	21.04	-26.70		22.04	878.07	20.78	-27.41
	22.04	995.90	21.04	-26.70		22.04	878.07	20.77	-27.41
	22.52	995.90	23.11	-37.17		22.52	878.07	22.84	-38.01
	23.00	995.90	25.17	-48.61		23.00	878.07	24.90	-49.58

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de interacción:

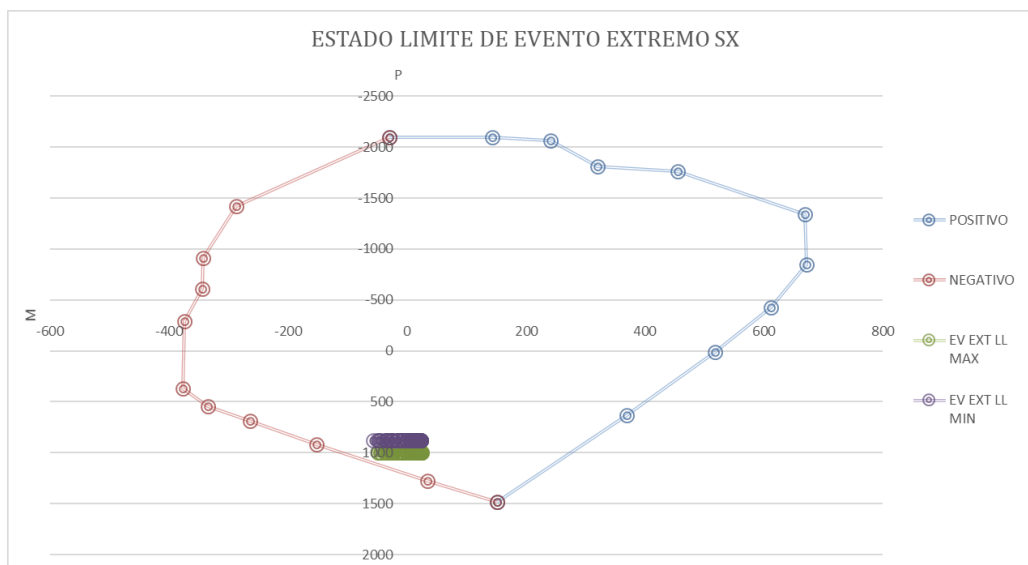


Figura 246: Diagrama de interacción en Evento Extremo de la sección en el acceso derecho.

7.1.3.1.3. VERIFICACION EN TRAMO CENTRAL

Evento Extremo I: 1.25 (dead+barrera)+1.5Dw+Sismo X

VIGA EXTERIOR

Tabla 35: Resumen 1 de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga exterior en el tramo central en el estado límite de evento extremo.

Pos(m)	SISMO MAX					
	MAX			MIN		
	P	M22	V33	P	M22	V33
0	-111.95	-324.04	52.79	-166.68	-253.78	17.26
2	210.58	393.86	-23.25	152.36	424.37	-51.14
4	220.20	461.04	5.45	163.49	500.71	-15.32
6	217.92	470.25	15.52	160.49	512.88	-5.49
8	220.20	461.04	5.45	163.49	500.71	15.32
10	210.58	393.86	23.25	152.36	424.37	51.14
12	-111.95	-324.04	-52.79	-166.68	-253.78	-17.26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Resumen 2 de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga exterior en el tramo central en el estado límite de evento extremo.

Pos(m)	SISMO MIN					
	MAX			MIN		
	P	M22	V33	P	M22	V33
0	-133.39	-317.22	48.33	-188.13	-246.96	12.79
2	190.58	399.17	-27.67	132.35	429.68	-55.56
4	208.65	465.40	-5.44	151.94	505.07	-26.21
6	214.28	474.60	3.11	156.84	517.23	-17.90
8	208.65	465.40	-5.44	151.94	505.07	26.21
10	190.58	399.17	27.67	132.35	429.68	55.56
12	-133.39	-317.22	-48.33	-188.13	-246.96	-12.79

Fuente: Elaboración propia

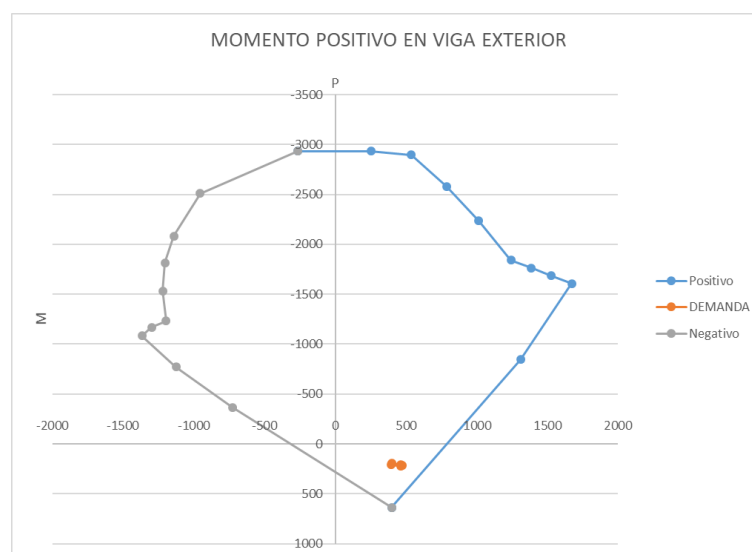


Figura 247: Diagrama de interacción para momento positivo en la viga exterior en Evento Extremo de la sección del tablero central.

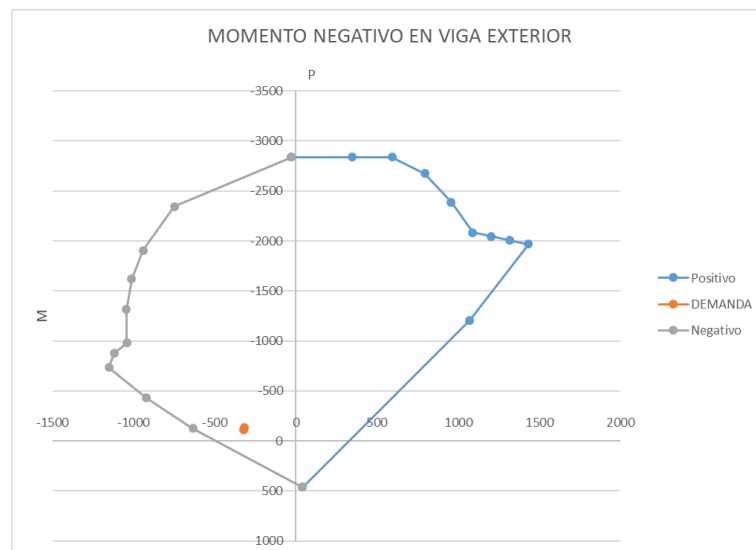


Figura 248: Diagrama de interacción para momento negativo en la viga exterior en Evento Extremo de la sección del tablero central.

VIGA INTERIOR

Tabla 37: Resumen 1 de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga interior en el tramo central en el estado límite de evento extremo.

	SISMO MAX					
	MAX			MIN		
	P	M22	V33	P	M22	V33
0	0.56	-105.31	39.43	-54.17	-44.63	4.23
2	68.44	111.85	-6.10	10.21	139.45	-33.72
4	71.57	138.90	6.27	14.85	174.02	-14.31
6	70.82	141.93	11.69	13.39	179.59	-9.12
8	71.57	138.90	-6.27	14.85	174.02	14.31
10	68.44	111.85	6.10	10.21	139.45	33.72
12	0.56	-105.31	-39.43	-54.17	-44.63	-4.23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Resumen 2 de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente a la viga interior en el tramo central en el estado límite de evento extremo.

	SISMO MIN					
	MAX			MIN		
	P	M22	V33	P	M22	V33
0	-6.41	-103.10	37.98	-61.14	-42.42	2.78
2	61.94	113.57	-7.53	3.71	141.18	-35.15
4	67.81	140.32	2.73	11.10	175.44	-17.84
6	69.64	143.34	7.66	12.20	181.01	-13.15
8	67.81	140.32	-2.73	11.10	175.44	17.84
10	61.94	113.57	7.53	3.71	141.18	35.15
12	-6.41	-103.10	-37.98	-61.14	-42.42	-2.78

Fuente: Elaboración propia

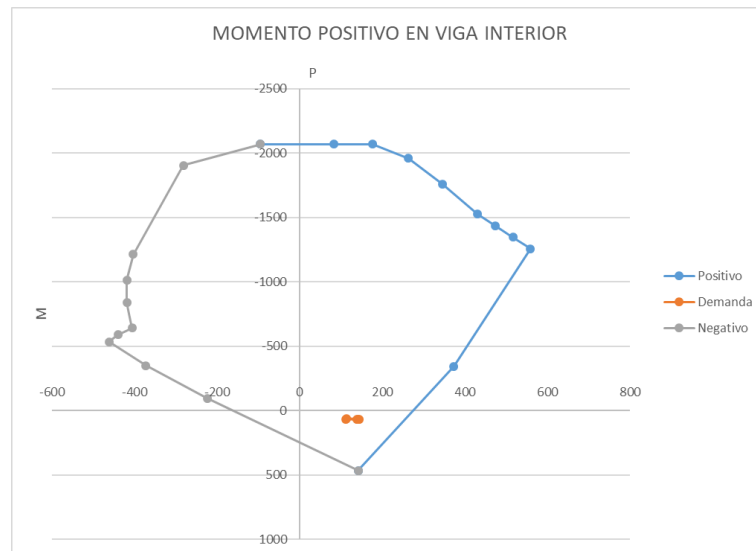


Figura 249: Diagrama de interacción para momento positivo en la viga interior en Evento Extremo de la sección del tablero central.

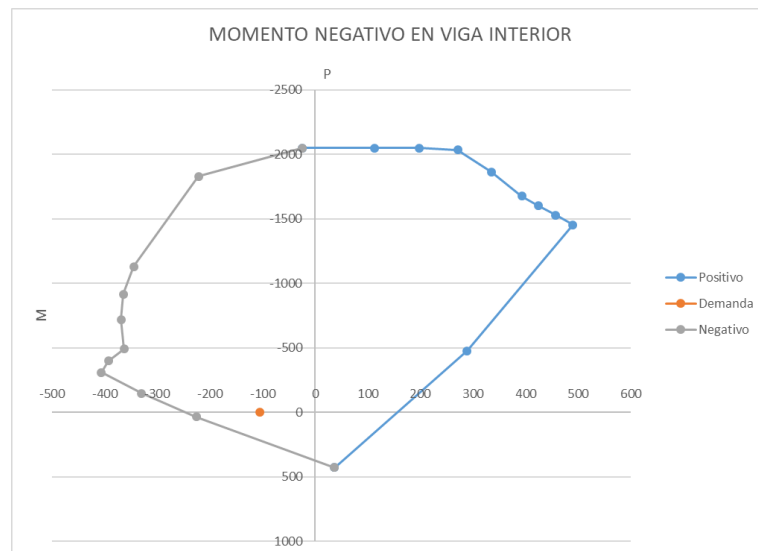


Figura 250: Diagrama de interacción para momento negativo en la viga interior en Evento Extremo de la sección del tablero central.

7.1.3.1.4. VERIFICACION EN TABLERO SOBRE ARCO

Evento Extremo I: $1.25 (\text{dead} + \text{barrera}) + 1.5Dw + \text{Sismo X}$

Tabla 39: Resumen de fuerzas obtenidas en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado sobre el arco en evento extremo debido a la ocurrencia sísmica (caso máximo) en la dirección longitudinal del puente.

SISMO MAXIMO									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
1	0	1281.40	-21.29	-65.07	1	0	781.64	-29.17	-99.00
	0.5	1281.40	-19.14	-52.19		0.5	781.64	-27.01	-83.17
	1	1281.40	-16.98	-40.26		1	781.64	-24.86	-68.55
	1	1279.49	-16.86	-40.26		1	783.55	-24.25	-68.55
	1.5	1279.49	-14.68	-31.41		1.5	783.55	-22.07	-57.29
	2	1279.49	-12.50	-23.47		2	783.55	-19.89	-47.28
	2	1277.50	-12.88	-23.47		2	785.54	-19.51	-47.28
	2.5	1277.50	-10.73	-12.86		2.5	785.54	-17.35	-34.86
	3	1277.50	-8.58	-3.13		3	785.54	-15.20	-23.71
	3	1275.43	-9.04	-3.13		3	787.61	-14.73	-23.71
	3.5	1275.43	-6.60	7.09		3.5	787.61	-12.29	-12.15
	4	1275.43	-4.15	16.41		4	787.61	-9.84	-1.85
	4	1273.29	-1.03	16.41		4	789.75	-5.88	-1.85
	4.5	1273.29	1.23	17.77		4.5	789.75	-3.63	0.65
	5	1273.29	3.49	18.19		5	789.75	-1.37	1.94
	5	1271.07	3.30	18.19		5	791.96	-1.18	1.94
	5.5	1271.07	5.45	18.50		5.5	791.96	0.98	3.49
	6	1271.07	7.61	17.86		6	791.96	3.13	3.84
	6	1268.78	7.74	17.86		6	794.25	2.99	3.84
	6.5	1268.78	10.64	18.14		6.5	794.25	5.89	5.56
	7	1268.78	13.54	17.51		7	794.25	8.79	6.04
	7	1266.42	18.21	17.51		7	796.61	12.73	6.04
	7.5	1266.42	20.50	8.65		7.5	796.61	15.02	-1.53
	8	1266.42	22.78	-0.97		8	796.61	17.30	-10.49
	8	1263.99	23.21	-0.97		8	799.04	16.88	-10.49
	8.5	1263.99	25.36	-8.47		8.5	799.04	19.03	-17.85
9	1263.99	27.52	-16.53	9	799.04	21.19	-26.80		
2	9	1183.20	-16.34	-23.24	2	9	720.13	-24.04	-34.44
	9.5	1183.20	-14.18	-7.33		9.5	720.13	-21.88	-17.62
	10	1183.20	-12.02	8.20		10	720.13	-19.72	-2.58
	10	1180.62	-11.82	8.20		10	722.71	-18.32	-2.58
	10.5	1180.62	-9.63	17.79		10.5	722.71	-16.13	5.74
	11	1180.62	-7.43	26.63		11	722.71	-13.93	12.65
	11	1177.97	-8.16	26.63		11	725.37	-13.20	12.65
	11.5	1177.97	-6.00	36.62		11.5	725.37	-11.04	20.95
	12	1177.97	-3.85	45.63		12	725.37	-8.89	28.06
	12	1175.25	-4.70	45.63		12	728.09	-8.04	28.06
	12.5	1175.25	-2.33	54.65		12.5	728.09	-5.67	35.85
	13	1175.25	0.04	62.61		13	728.09	-3.29	42.52
	13	1172.46	2.85	62.61		13	730.87	1.34	42.52
	13.5	1172.46	5.12	62.39		13.5	730.87	3.61	41.87
	14	1172.46	7.39	61.09		14	730.87	5.88	40.13
	14	1169.61	7.22	61.09		14	733.72	6.05	40.13
	14.5	1169.61	9.37	59.61		14.5	733.72	8.20	39.14
	15	1169.61	11.53	57.05		15	733.72	10.35	37.06
	15	1166.69	12.48	57.05		15	736.64	9.40	37.06
	15.5	1166.69	15.38	54.08		15.5	736.64	12.30	35.51
	16	1166.69	18.28	50.05		16	736.64	15.20	32.86
	16	1163.71	23.28	50.05		16	739.62	18.17	32.86
	16.5	1163.71	25.56	37.91		16.5	739.62	20.45	22.87
	17	1163.71	27.85	24.77		17	739.62	22.74	11.73
	17	1160.68	28.81	24.77		17	742.66	21.77	11.73
	17.5	1160.68	30.97	12.14		17.5	742.66	23.93	1.24
	18	1160.68	33.12	-1.15		18	742.66	26.08	-10.75
	18	1157.58	34.02	-1.15		18	745.76	25.18	-10.75
	18.5	1157.58	37.53	-10.33		18.5	745.76	28.69	-20.32
	19	1157.58	41.04	-19.74		19	745.76	32.20	-31.82

SISMO MAXIMO									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
3	19	1040.66	-15.28	-26.20	3	19	621.61	-27.37	-41.52
	19.5	1040.66	-13.11	-18.01		19.5	621.61	-25.20	-28.17
	20	1040.66	-10.94	-10.03		20	621.61	-23.03	-16.75
	20	1037.41	-11.99	-10.03		20	624.86	-21.98	-16.75
	20.5	1037.41	-9.83	3.24		20.5	624.86	-19.83	-4.03
	21	1037.41	-7.68	16.79		21	624.86	-17.67	6.28
	21	1034.10	-8.89	16.79		21	628.17	-16.47	6.28
	21.5	1034.10	-6.61	30.87		21.5	628.17	-14.19	17.18
	22	1034.10	-4.33	44.00		22	628.17	-11.91	26.88
	22	1030.73	-2.66	44.00		22	631.54	-7.51	26.88
	22.5	1030.73	-0.41	48.70		22.5	631.54	-5.27	29.32
	23	1030.73	1.83	52.33		23	631.54	-3.03	30.66
	23	1027.31	0.34	52.33		23	634.96	-1.54	30.66
	23.5	1027.31	2.50	55.45		23.5	634.96	0.61	32.91
	24	1027.31	4.65	57.49		24	634.96	2.77	34.08
	24	1023.83	4.42	57.49		24	638.44	3.00	34.08
	24.5	1023.83	7.06	59.07		24.5	638.44	5.65	36.33
	25	1023.83	9.70	59.56		25	638.44	8.29	37.49
	25	1020.29	15.64	59.56		25	641.98	10.93	37.49
	25.5	1020.29	17.93	51.37		25.5	641.98	13.21	31.57
	26	1020.29	20.21	42.11		26	641.98	15.50	24.55
	26	1016.71	21.91	42.11		26	645.56	13.80	24.55
	26.5	1016.71	24.06	32.34		26.5	645.56	15.95	18.52
	27	1016.71	26.22	21.60		27	645.56	18.10	11.30
	27	1013.07	27.92	21.60		27	649.20	16.40	11.30
	27.5	1013.07	31.24	12.23		27.5	649.20	19.72	5.66
	28	1013.07	34.56	3.78		28	649.20	23.04	-3.05
	28	1009.39	40.28	3.78		28	652.88	25.34	-3.05
	28.5	1009.39	42.56	-7.74		28.5	652.88	27.62	-20.03
29	1009.39	44.85	-19.63	29	652.88	29.91	-38.78		
4	29	839.40	-13.79	-27.67	4	29	495.59	-30.91	-49.59
	29.5	839.40	-11.63	-18.06		29.5	495.59	-28.75	-31.83
	30	839.40	-9.48	-8.99		30	495.59	-26.60	-15.70
	30	835.55	-11.27	-8.99		30	499.43	-24.81	-15.70
	30.5	835.55	-9.10	6.50		30.5	499.43	-22.65	0.68
	31	835.55	-6.94	23.79		31	499.43	-20.49	13.09
	31	831.66	-6.97	23.79		31	503.32	-16.80	13.09
	31.5	831.66	-4.75	33.25		31.5	503.32	-14.58	18.09
	32	831.66	-2.53	41.74		32	503.32	-12.36	21.91
	32	827.73	-4.44	41.74		32	507.26	-10.45	21.91
	32.5	827.73	-2.29	49.90		32.5	507.26	-8.29	27.19
	33	827.73	-0.14	57.00		33	507.26	-6.14	31.37
	33	823.75	-2.05	57.00		33	511.23	-4.23	31.37
	33.5	823.75	0.42	63.42		33.5	511.23	-1.75	36.77
	34	823.75	2.90	68.76		34	511.23	0.72	41.09
	34	819.73	6.99	68.76		34	515.25	5.08	41.09
	34.5	819.73	9.28	65.32		34.5	515.25	7.37	38.52
	35	819.73	11.56	60.80		35	515.25	9.65	34.87
	35	815.68	13.39	60.80		35	519.31	7.82	34.87
	35.5	815.68	15.54	55.70		35.5	519.31	9.98	32.44
	36	815.68	17.70	49.52		36	519.31	12.13	28.91
	36	811.58	19.46	49.52		36	523.40	10.37	28.91
	36.5	811.58	22.57	43.03		36.5	523.40	13.49	26.66
	37	811.58	25.69	35.57		37	523.40	16.60	23.23
	37	807.46	31.27	35.57		37	527.53	18.93	23.23
	37.5	807.46	33.55	20.41		37.5	527.53	21.21	12.57
	38	807.46	35.84	5.91		38	527.53	23.50	-0.91
	38	803.30	37.32	5.91		38	531.68	22.02	-0.91
	38.5	803.30	39.47	-2.31		38.5	531.68	24.17	-13.94
	39	803.30	41.63	-10.60		39	531.68	26.33	-29.06

SISMO MAXIMO									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
5	39	544.81	-16.93	-31.36	5	39	319.06	-28.72	-52.07
	39.5	544.81	-14.78	-17.68		39.5	319.06	-26.56	-32.94
	40	544.81	-12.62	-4.82		40	319.06	-24.41	-15.14
	40	540.44	-13.25	-4.82		40	323.43	-22.53	-15.14
	40.5	540.44	-11.06	3.79		40.5	323.43	-20.35	-3.82
	41	540.44	-8.87	12.49		41	323.43	-18.16	5.25
	41	536.05	-10.13	12.49		41	327.82	-16.90	5.25
	41.5	536.05	-7.97	24.30		41.5	327.82	-14.75	15.53
	42	536.05	-5.82	35.46		42	327.82	-12.60	24.30
	42	531.63	-7.06	35.46		42	332.24	-11.35	24.30
	42.5	531.63	-4.70	46.34		42.5	332.24	-8.98	33.43
	43	531.63	-2.33	56.19		43	332.24	-6.62	41.42
	43	527.19	0.16	56.19		43	336.68	-1.77	41.42
	43.5	527.19	2.43	57.56		43.5	336.68	0.50	41.98
	44	527.19	4.69	57.85		44	336.68	2.76	41.45
	44	522.73	4.29	57.85		44	341.14	3.16	41.45
	44.5	522.73	6.44	58.07		44.5	341.14	5.31	41.91
	45	522.73	8.59	57.21		45	341.14	7.47	41.28
	45	518.25	9.50	57.21		45	345.62	6.56	41.28
	45.5	518.25	12.36	55.93		45.5	345.62	9.42	41.17
	46	518.25	15.22	53.59		46	345.62	12.28	39.93
	46	513.76	20.23	53.59		46	350.11	15.50	39.93
	46.5	513.76	22.51	43.11		46.5	350.11	17.78	31.22
	47	513.76	24.80	31.67		47	350.11	20.07	21.30
	47	509.26	25.54	31.67		47	354.61	19.32	21.30
	47.5	509.26	27.70	20.77		47.5	354.61	21.47	11.85
	48	509.26	29.85	9.27		48	354.61	23.63	0.83
	48	504.75	30.46	9.27		48	359.11	23.02	0.83
	48.5	504.75	33.90	1.67		48.5	359.11	26.46	-7.72
	49	504.75	37.34	-6.43		49	359.11	29.90	-17.95
6	49	67.40	-21.75	-39.44	6	49	-27.64	-34.61	-53.69
	49.5	67.40	-19.58	-27.39		49.5	-27.64	-32.44	-38.19
	50	67.40	-17.41	-14.77		50	-27.64	-30.27	-25.41
	50	62.66	-18.50	-14.77		50	-22.91	-29.18	-25.41
	50.5	62.66	-16.34	2.55		50.5	-22.91	-27.03	-10.58
	51	62.66	-14.19	19.49		51	-22.91	-24.88	2.48
	51	57.91	-15.55	19.49		51	-18.15	-23.52	2.48
	51.5	57.91	-13.33	37.25		51.5	-18.15	-21.30	17.00
	52	57.91	-11.11	54.05		52	-18.15	-19.07	30.33
	52	53.15	-9.98	54.05		52	-13.39	-14.92	30.33
	52.5	53.15	-7.75	62.34		52.5	-13.39	-12.69	36.55
	53	53.15	-5.52	69.59		53	-13.39	-10.46	41.65
	53	48.37	-6.86	69.59		53	-8.61	-9.12	41.65
	53.5	48.37	-4.71	76.63		53.5	-8.61	-6.97	48.15
	54	48.37	-2.55	82.61		54	-8.61	-4.82	53.54
	54	43.59	-2.33	82.61		54	-3.83	-5.03	53.54
	54.5	43.59	0.12	88.02		54.5	-3.83	-2.58	59.93
	55	43.59	2.58	92.37		55	-3.83	-0.12	65.23
	55	38.79	7.89	92.37		55	0.97	2.89	65.23
	55.5	38.79	10.17	87.76		55.5	0.97	5.17	62.92
	56	38.79	12.46	82.08		56	0.97	7.46	59.52
	56	33.99	13.42	82.08		56	5.76	6.50	59.52
	56.5	33.99	15.57	75.48		56.5	5.76	8.65	56.25
	57	33.99	17.73	67.83		57	5.76	10.81	51.87
	57	29.20	18.34	67.83		57	10.56	10.19	51.87
	57.5	29.20	21.81	60.47		57.5	10.56	13.66	48.51
	58	29.20	25.28	52.09		58	10.56	17.13	44.03
	58	24.41	29.61	52.09		58	15.35	20.81	44.03
	58.5	24.41	31.89	37.51		58.5	15.35	23.09	33.73
	59	24.41	34.18	22.89		59	15.35	25.38	21.31

Fuente: Elaboración propia

Diagramas de interacción:

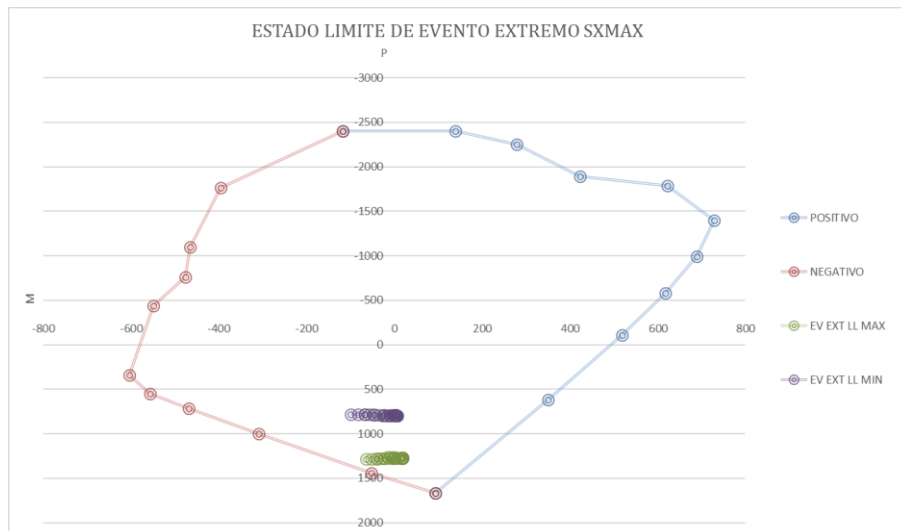


Figura 251: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 1.

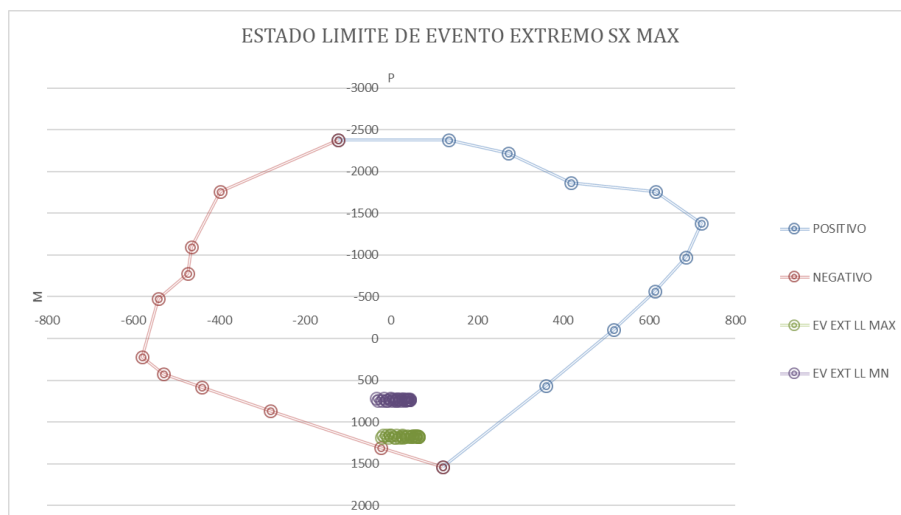


Figura 252: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 2.

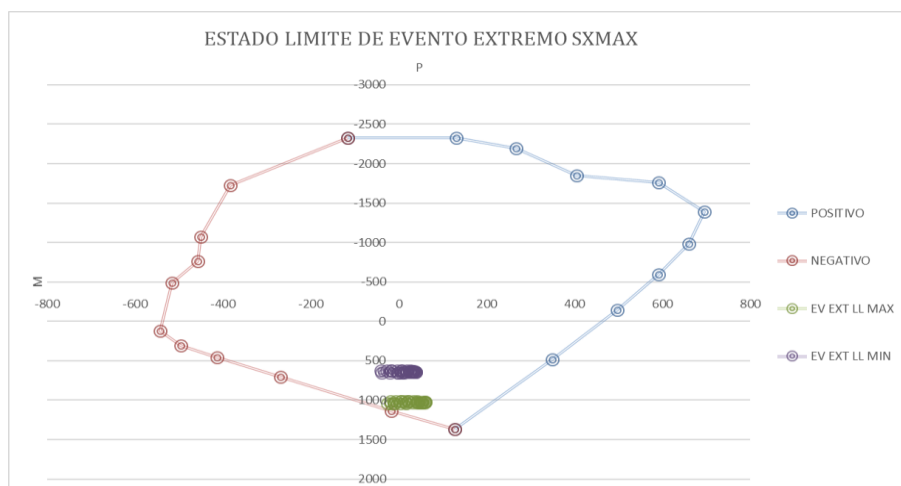


Figura 253: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 3.

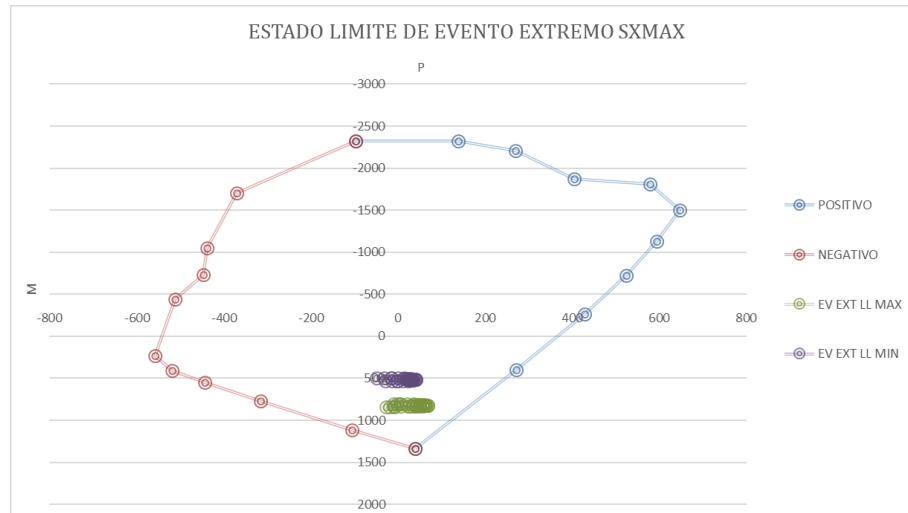


Figura 254: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 4.

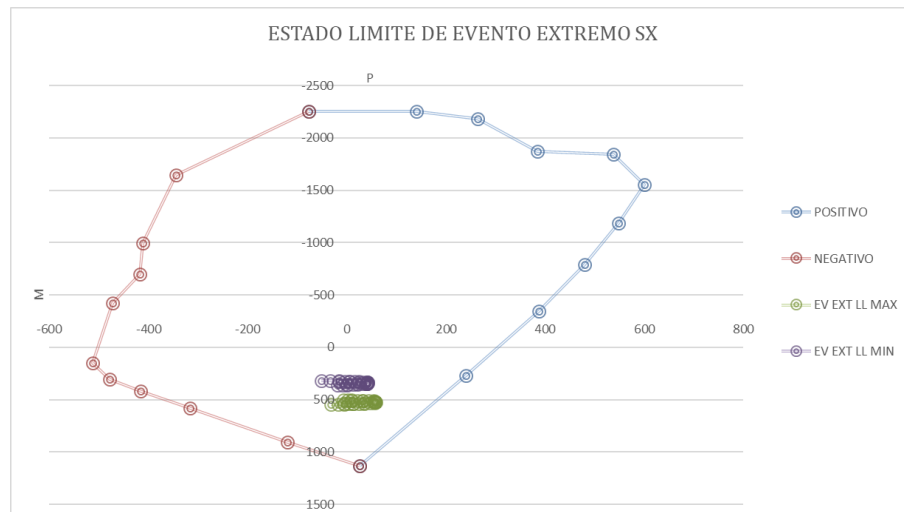


Figura 255: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 5.

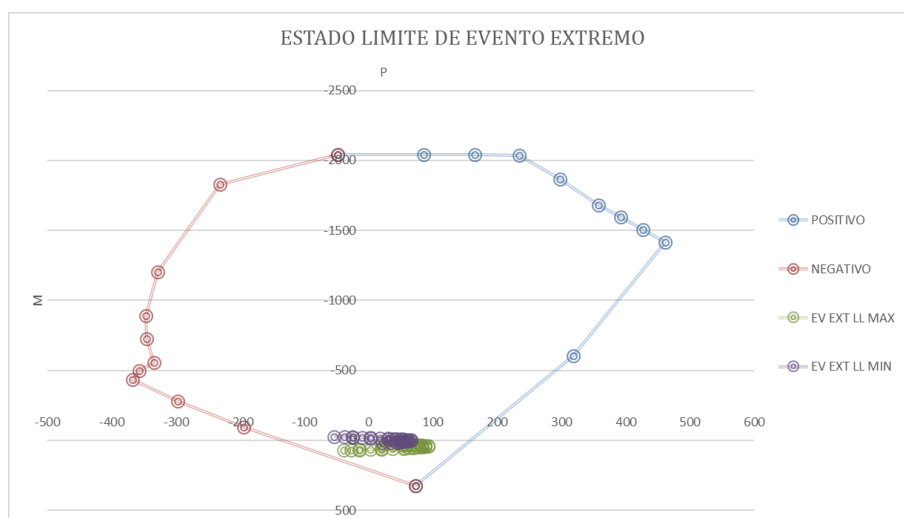


Figura 256: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso máximo) de la sección correspondiente al tramo 6.

Tabla 40: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado sobre el arco en evento extremo debido a la ocurrencia sísmica (caso mínimo) en la dirección longitudinal del puente.

SISMO MINIMO										
Tramo	MAX					Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)			m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
1	0	1202.80	-40.76	-105.61	1	0	703.03	-48.63	-139.54	
	0.5	1202.80	-38.39	-88.44		0.5	703.03	-46.27	-119.42	
	1	1202.80	-36.03	-72.22		1	703.03	-43.90	-100.50	
	1	1200.88	-30.01	-72.22		1	704.95	-37.40	-100.50	
	1.5	1200.88	-27.68	-60.43		1.5	704.95	-35.07	-86.31	
	2	1200.88	-25.34	-49.56		2	704.95	-32.73	-73.37	
	2	1198.89	-25.73	-49.56		2	706.94	-32.35	-73.37	
	2.5	1198.89	-23.57	-41.10		2.5	706.94	-30.20	-63.10	
	3	1198.89	-21.42	-33.52		3	706.94	-28.04	-54.09	
	3	1196.83	-21.88	-33.52		3	709.00	-27.58	-54.09	
	3.5	1196.83	-19.53	-27.39		3.5	709.00	-25.22	-46.63	
	4	1196.83	-17.17	-22.15		4	709.00	-22.86	-40.41	
	4	1194.69	-12.24	-22.15		4	711.15	-17.09	-40.41	
	4.5	1194.69	-10.04	-18.14		4.5	711.15	-14.90	-35.25	
	5	1194.69	-7.85	-15.07		5	711.15	-12.71	-31.32	
	5	1192.47	-8.04	-15.07		5	713.36	-12.52	-31.32	
	5.5	1192.47	-5.89	-13.33		5.5	713.36	-10.37	-28.34	
	6	1192.47	-3.74	-12.55		6	713.36	-8.21	-26.56	
	6	1190.18	-3.60	-12.55		6	715.65	-8.35	-26.56	
	6.5	1190.18	-1.33	-13.10		6.5	715.65	-6.08	-25.68	
	7	1190.18	0.94	-14.57		7	715.65	-3.81	-26.04	
	7	1187.82	4.27	-14.57		7	718.01	-1.21	-26.04	
	7.5	1187.82	6.42	-17.52		7.5	718.01	0.94	-27.69	
	8	1187.82	8.58	-21.22		8	718.01	3.10	-30.74	
	8	1185.39	9.00	-21.22		8	720.44	2.67	-30.74	
	8.5	1185.39	11.16	-27.31		8.5	720.44	4.83	-36.69	
	9	1185.39	13.31	-33.96		9	720.44	6.98	-44.22	
2	9	1107.66	-34.08	-40.80	2	9	644.58	-41.78	-52.00	
	9.5	1107.66	-31.71	-27.52		9.5	644.58	-39.41	-37.81	
	10	1107.66	-29.34	-14.62		10	644.58	-37.04	-25.39	
	10	1105.07	-24.03	-14.62		10	647.17	-30.53	-25.39	
	10.5	1105.07	-21.76	-5.56		10.5	647.17	-28.26	-17.61	
	11	1105.07	-19.49	2.74		11	647.17	-25.99	-11.23	
	11	1102.42	-20.22	2.74		11	649.82	-25.26	-11.23	
	11.5	1102.42	-18.07	9.70		11.5	649.82	-23.11	-5.98	
	12	1102.42	-15.92	15.67		12	649.82	-20.96	-1.90	
	12	1099.70	-16.77	15.67		12	652.54	-20.10	-1.90	
	12.5	1099.70	-14.42	20.08		12.5	652.54	-17.75	1.28	
	13	1099.70	-12.06	23.44		13	652.54	-15.40	3.35	
	13	1096.91	-7.94	23.44		13	655.33	-9.45	3.35	
	13.5	1096.91	-5.76	24.92		13.5	655.33	-7.27	4.40	
	14	1096.91	-3.58	25.32		14	655.33	-5.09	4.36	
	14	1094.06	-3.75	25.32		14	658.18	-4.92	4.36	
	14.5	1094.06	-1.60	23.93		14.5	658.18	-2.77	3.46	
	15	1094.06	0.56	21.46		15	658.18	-0.61	1.47	
	15	1091.15	1.51	21.46		15	661.09	-1.57	1.47	
	15.5	1091.15	3.78	17.45		15.5	661.09	0.69	-1.12	
	16	1091.15	6.04	12.37		16	661.09	2.96	-4.81	
	16	1088.17	10.47	12.37		16	664.07	5.36	-4.81	
	16.5	1088.17	12.62	5.83		16.5	664.07	7.51	-9.21	
	17	1088.17	14.78	-1.70		17	664.07	9.67	-14.75	
	17	1085.13	15.74	-1.70		17	667.11	8.70	-14.75	
	17.5	1085.13	17.90	-10.61		17.5	667.11	10.86	-21.51	
	18	1085.13	20.05	-20.16		18	667.11	13.01	-29.76	
	18	1082.03	20.95	-20.16		18	670.21	12.11	-29.76	
	18.5	1082.03	23.12	-32.04		18.5	670.21	14.29	-42.02	
	19	1082.03	25.30	-44.12		19	670.21	16.46	-56.21	

SISMO MINIMO									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
3	19	971.34	-28.82	-51.00	3	19	552.30	-40.91	-66.31
	19.5	971.34	-26.53	-40.00		19.5	552.30	-38.62	-50.16
	20	971.34	-24.23	-29.22		20	552.30	-36.32	-35.94
	20	968.09	-25.28	-29.22		20	555.55	-35.27	-35.94
	20.5	968.09	-23.13	-19.65		20.5	555.55	-33.12	-26.92
	21	968.09	-20.97	-9.81		21	555.55	-30.97	-20.31
	21	964.78	-22.18	-9.81		21	558.86	-29.76	-20.31
	21.5	964.78	-19.82	-1.27		21.5	558.86	-27.40	-14.96
	22	964.78	-17.46	6.32		22	558.86	-25.03	-10.80
	22	961.42	-13.56	6.32		22	562.22	-18.42	-10.80
	22.5	961.42	-11.35	12.24		22.5	562.22	-16.21	-7.14
	23	961.42	-9.14	17.10		23	562.22	-14.00	-4.57
	23	957.99	-10.63	17.10		23	565.65	-12.51	-4.57
	23.5	957.99	-8.48	19.95		23.5	565.65	-10.36	-2.58
	24	957.99	-6.32	21.74		24	565.65	-8.21	-1.67
	24	954.51	-6.56	21.74		24	569.13	-7.97	-1.67
	24.5	954.51	-4.26	20.96		24.5	569.13	-5.67	-1.78
	25	954.51	-1.95	19.10		25	569.13	-3.37	-2.97
	25	950.98	3.83	19.10		25	572.66	-0.89	-2.97
	25.5	950.98	5.98	15.35		25.5	572.66	1.27	-4.45
	26	950.98	8.13	10.54		26	572.66	3.42	-7.02
	26	947.39	9.83	10.54		26	576.25	1.72	-7.02
	26.5	947.39	11.99	3.87		26.5	576.25	3.87	-9.94
	27	947.39	14.14	-3.75		27	576.25	6.03	-14.05
	27	943.76	15.85	-3.75		27	579.88	4.32	-14.05
	27.5	943.76	18.05	-12.80		27.5	579.88	6.52	-19.37
	28	943.76	20.25	-20.94		28	579.88	8.72	-27.77
	28	940.07	22.58	-20.94		28	583.57	7.64	-27.77
	28.5	940.07	24.73	-30.41		28.5	583.57	9.79	-42.69
	29	940.07	26.89	-40.24		29	583.57	11.95	-59.40
4	29	780.20	-29.18	-49.25	4	29	436.39	-46.29	-71.18
	29.5	780.20	-27.02	-38.52		29.5	436.39	-44.14	-52.29
	30	780.20	-24.87	-28.30		30	436.39	-41.98	-35.01
	30	776.36	-26.65	-28.30		30	440.24	-40.20	-35.01
	30.5	776.36	-24.29	-18.92		30.5	440.24	-37.83	-24.74
	31	776.36	-21.92	-7.73		31	440.24	-35.47	-18.43
	31	772.47	-18.23	-7.73		31	444.13	-28.06	-18.43
	31.5	772.47	-15.97	1.96		31.5	444.13	-25.80	-13.20
	32	772.47	-13.71	10.68		32	444.13	-23.54	-9.15
	32	768.53	-15.63	10.68		32	448.06	-21.63	-9.15
	32.5	768.53	-13.47	17.43		32.5	448.06	-19.48	-5.29
	33	768.53	-11.32	23.11		33	448.06	-17.32	-2.53
	33	764.56	-13.23	23.11		33	452.04	-15.41	-2.53
	33.5	764.56	-10.89	26.20		33.5	452.04	-13.07	-0.44
	34	764.56	-8.55	28.22		34	452.04	-10.73	0.55
	34	760.54	-3.96	28.22		34	456.06	-5.87	0.55
	34.5	760.54	-1.81	27.86		34.5	456.06	-3.71	1.06
	35	760.54	0.35	26.42		35	456.06	-1.56	0.48
	35	756.48	2.17	26.42		35	460.11	-3.39	0.48
	35.5	756.48	4.33	22.99		35.5	460.11	-1.24	-0.27
	36	756.48	6.48	18.49		36	460.11	0.92	-2.13
	36	752.39	8.24	18.49		36	464.21	-0.84	-2.13
	36.5	752.39	10.47	12.09		36.5	464.21	1.39	-4.28
	37	752.39	12.70	4.72		37	464.21	3.62	-7.61
	37	748.26	16.04	4.72		37	468.33	3.70	-7.61
	37.5	748.26	18.20	-4.28		37.5	468.33	5.86	-12.11
	38	748.26	20.35	-12.61		38	468.33	8.01	-19.44
	38	744.11	21.83	-12.61		38	472.49	6.53	-19.44
	38.5	744.11	23.99	-21.95		38.5	472.49	8.68	-33.57
	39	744.11	26.14	-31.34		39	472.49	10.84	-49.80

SISMO MINIMO									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
5	39	506.10	-35.34	-54.76	5	39	280.35	-47.12	-75.47
	39.5	506.10	-32.97	-41.59		39.5	280.35	-44.76	-56.85
	40	506.10	-30.60	-29.25		40	280.35	-42.39	-39.56
	40	501.74	-25.74	-29.25		40	284.72	-35.02	-39.56
	40.5	501.74	-23.47	-20.44		40.5	284.72	-32.75	-28.05
	41	501.74	-21.19	-11.54		41	284.72	-30.47	-18.78
	41	497.34	-22.44	-11.54		41	289.11	-29.22	-18.78
	41.5	497.34	-20.29	-3.03		41.5	289.11	-27.06	-11.81
	42	497.34	-18.13	4.82		42	289.11	-24.91	-6.34
	42	492.92	-19.38	4.82		42	293.53	-23.67	-6.34
	42.5	492.92	-17.02	11.03		42.5	293.53	-21.31	-1.89
	43	492.92	-14.67	16.21		43	293.53	-18.95	1.43
	43	488.48	-10.71	16.21		43	297.97	-12.64	1.43
	43.5	488.48	-8.53	19.11		43.5	297.97	-10.46	3.53
	44	488.48	-6.34	20.93		44	297.97	-8.27	4.53
	44	484.02	-6.75	20.93		44	302.43	-7.87	4.53
	44.5	484.02	-4.59	21.13		44.5	302.43	-5.72	4.97
	45	484.02	-2.44	20.26		45	302.43	-3.56	4.33
	45	479.54	-1.53	20.26		45	306.91	-4.47	4.33
	45.5	479.54	0.74	17.82		45.5	306.91	-2.20	3.06
	46	479.54	3.01	14.32		46	306.91	0.07	0.67
	46	475.05	7.24	14.32		46	311.40	2.51	0.67
	46.5	475.05	9.40	9.36		46.5	311.40	4.67	-2.53
	47	475.05	11.55	3.43		47	311.40	6.82	-6.94
	47	470.55	12.30	3.43		47	315.90	6.07	-6.94
	47.5	470.55	14.45	-3.71		47.5	315.90	8.23	-12.64
	48	470.55	16.60	-11.48		48	315.90	10.38	-19.91
	48	466.05	17.22	-11.48		48	320.41	9.77	-19.91
	48.5	466.05	19.39	-21.45		48.5	320.41	11.95	-30.83
	49	466.05	21.57	-31.92		49	320.41	14.13	-43.44
6	49	65.87	-36.39	-68.87	6	49	-29.17	-49.25	-83.12
	49.5	65.87	-34.09	-52.03		49.5	-29.17	-46.96	-62.84
	50	65.87	-31.79	-34.63		50	-29.17	-44.66	-45.26
	50	61.14	-32.88	-34.63		50	-24.43	-43.57	-45.26
	50.5	61.14	-30.73	-20.01		50.5	-24.43	-41.42	-33.14
	51	61.14	-28.58	-5.78		51	-24.43	-39.26	-22.78
	51	56.39	-29.93	-5.78		51	-19.68	-37.90	-22.78
	51.5	56.39	-27.57	6.21		51.5	-19.68	-35.54	-14.04
	52	56.39	-25.20	17.24		52	-19.68	-33.17	-6.49
	52	51.62	-21.56	17.24		52	-14.92	-26.50	-6.49
	52.5	51.62	-19.27	26.37		52.5	-14.92	-24.21	0.57
	53	51.62	-16.98	34.46		53	-14.92	-21.92	6.52
	53	46.84	-18.32	34.46		53	-10.14	-20.58	6.52
	53.5	46.84	-16.16	40.67		53.5	-10.14	-18.43	12.19
	54	46.84	-14.01	45.83		54	-10.14	-16.27	16.76
	54	42.06	-13.79	45.83		54	-5.35	-16.49	16.76
	54.5	42.06	-11.46	49.13		54.5	-5.35	-14.16	21.04
	55	42.06	-9.13	51.36		55	-5.35	-11.83	24.22
	55	37.27	-3.03	51.36		55	-0.56	-8.04	24.22
	55.5	37.27	-0.88	51.84		55.5	-0.56	-5.88	27.01
	56	37.27	1.27	51.26		56	-0.56	-3.73	28.70
	56	32.47	2.23	51.26		56	4.24	-4.69	28.70
	56.5	32.47	4.39	49.07		56.5	4.24	-2.53	29.84
	57	32.47	6.54	45.83		57	4.24	-0.38	29.88
	57	27.67	7.15	45.83		57	9.04	-0.99	29.88
	57.5	27.67	9.36	41.08		57.5	9.04	1.21	29.12
	58	27.67	11.56	35.31		58	9.04	3.41	27.25
	58	22.88	12.97	35.31		58	13.82	4.17	27.25
	58.5	22.88	15.13	27.64		58.5	13.82	6.33	23.85
	59	22.88	17.28	19.92		59	13.82	8.48	18.34

Fuente: Elaboración propia

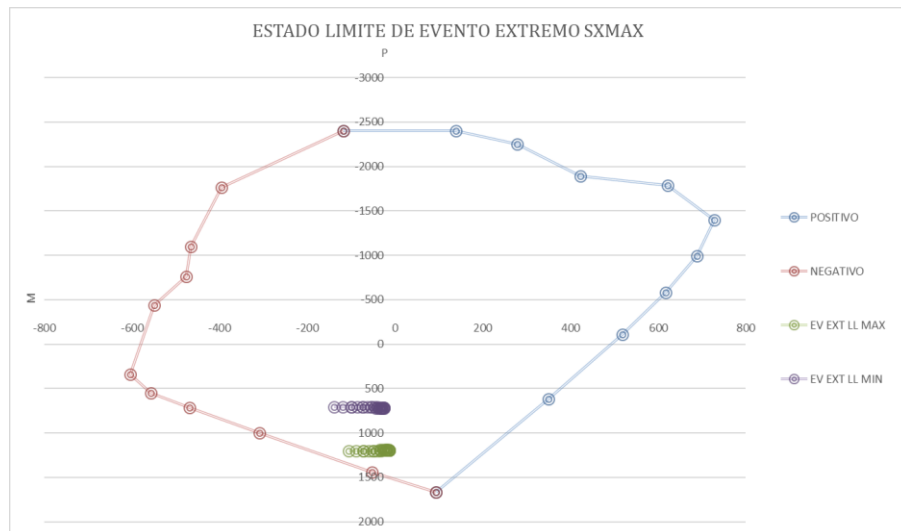


Figura 257: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 1.

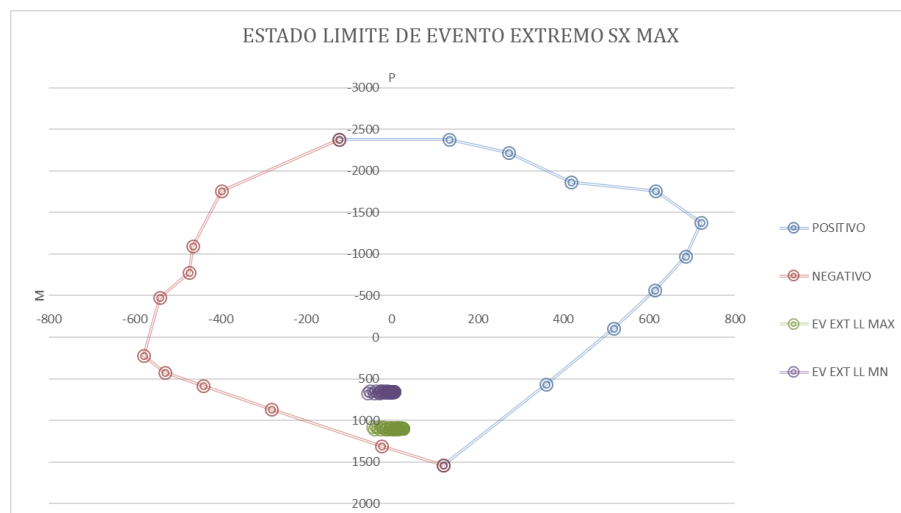


Figura 258: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 2.

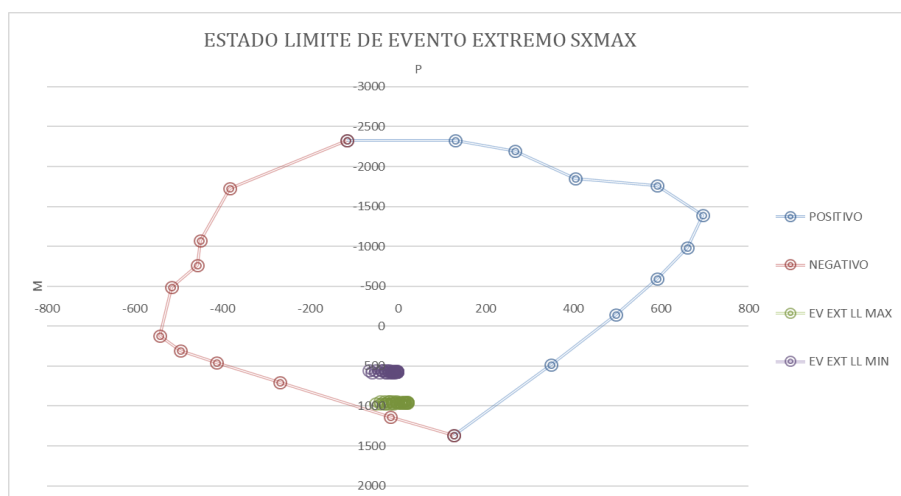


Figura 259: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 3.

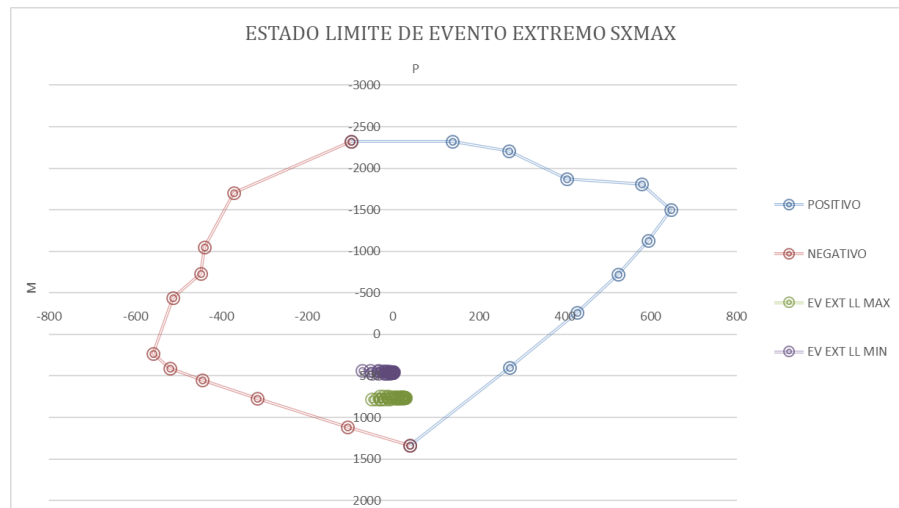


Figura 260: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 4.

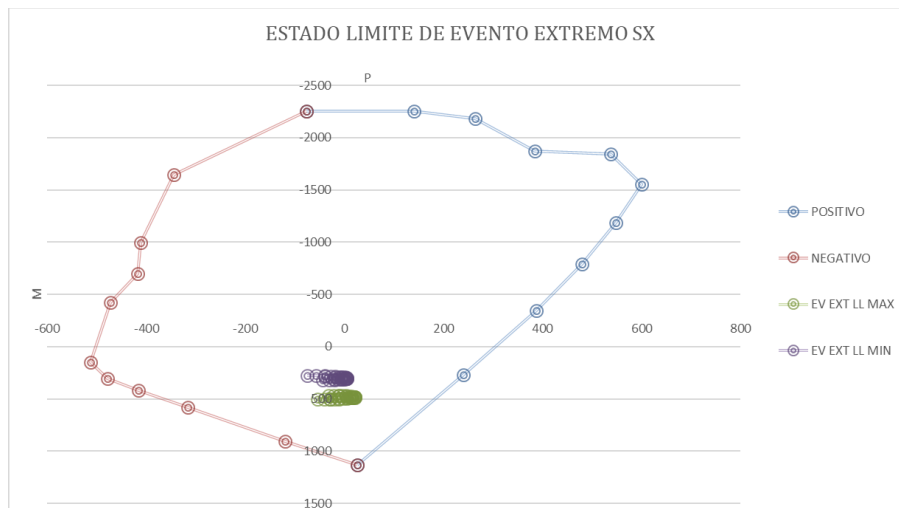


Figura 261: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 5.

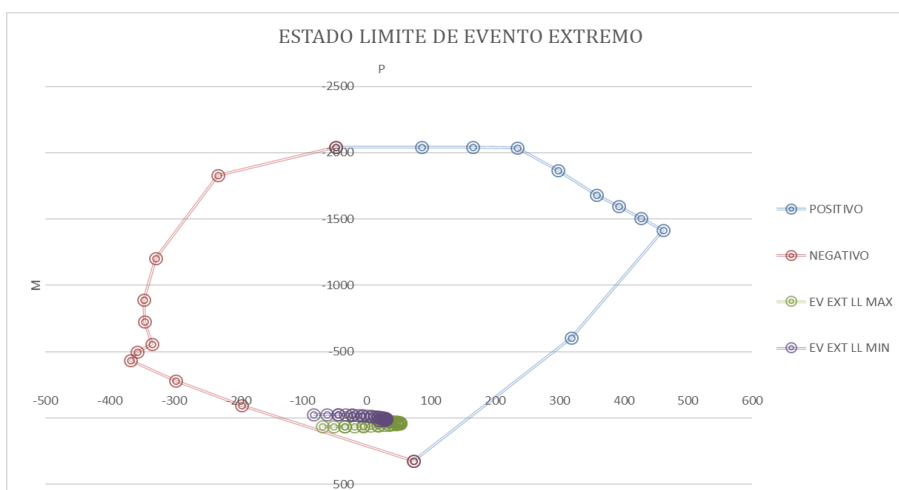


Figura 262: Diagrama de interacción para Evento Extremo (caso mínimo) de la sección correspondiente al tramo 6.

7.1.3.2. EVENTO EXTREMO POR SISMO TRANSVERSAL

Esta verificación se realiza bajo la consideración de estructura completa. La distribución del postensado en el tramo es:

T1	4 tendones de 6Ø0.6" cada uno
-----------	-------------------------------

Evento Extremo I: 1.25 (dead+barrera) +1.5Dw+Sismo Y

Tabla 41: Resumen de fuerzas obtenidos en la sección transversal del tablero correspondiente al tablero postensado en los accesos en evento extremo debido a la ocurrencia sísmica en la dirección transversal del puente.

EVENTO EXTREMO Y									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
1	0.00	2891.66	219.62	3865.75	1	0.00	2785.21	-219.62	-3865.75
	0.48	2891.66	219.62	3876.52		0.48	2785.21	-219.62	-3876.52
	0.96	2891.66	219.62	3890.12		0.96	2785.21	-219.62	-3890.12
	0.96	2891.69	224.91	3890.12		0.96	2785.18	-224.91	-3890.12
	1.44	2891.69	224.91	3905.76		1.44	2785.18	-224.91	-3905.76
	1.92	2891.69	224.91	3924.31		1.92	2785.18	-224.91	-3924.31
	1.92	2891.71	230.05	3924.31		1.92	2785.15	-230.05	-3924.31
	2.40	2891.71	230.05	3945.13		2.40	2785.15	-230.05	-3945.13
	2.87	2891.71	230.05	3968.90		2.87	2785.15	-230.05	-3968.90
	2.87	2891.74	235.02	3968.90		2.87	2785.13	-235.02	-3968.90
	3.35	2891.74	235.02	3995.15		3.35	2785.13	-235.02	-3995.15
	3.83	2891.74	235.02	4024.38		3.83	2785.13	-235.02	-4024.38
	3.83	2891.76	239.80	4024.38		3.83	2785.11	-239.80	-4024.38
	4.31	2891.76	239.80	4056.23		4.31	2785.11	-239.80	-4056.23
	4.79	2891.76	239.80	4091.07		4.79	2785.11	-239.80	-4091.07
	4.79	2891.78	244.37	4091.07		4.79	2785.08	-244.37	-4091.07
	5.27	2891.78	244.37	4128.65		5.27	2785.08	-244.37	-4128.65
	5.75	2891.78	244.37	4169.19		5.75	2785.08	-244.37	-4169.19
	5.75	2891.80	248.71	4169.19		5.75	2785.06	-248.71	-4169.19
	6.23	2891.80	248.71	4212.55		6.23	2785.06	-248.71	-4212.55
	6.71	2891.80	248.71	4258.81		6.71	2785.06	-248.71	-4258.81
	6.71	2891.82	252.82	4258.81		6.71	2785.04	-252.82	-4258.81
	7.19	2891.82	252.82	4307.93		7.19	2785.04	-252.82	-4307.93
	7.67	2891.82	252.82	4359.86		7.67	2785.04	-252.82	-4359.86
	7.67	2891.84	256.67	4359.86		7.67	2785.03	-256.67	-4359.86
	8.15	2891.84	256.67	4414.67		8.15	2785.03	-256.67	-4414.67
	8.62	2891.84	256.67	4472.18		8.62	2785.03	-256.67	-4472.18
	8.62	2891.85	260.25	4472.18		8.62	2785.01	-260.25	-4472.18
	9.10	2891.85	260.25	4532.52		9.10	2785.01	-260.25	-4532.52
	9.58	2891.85	260.25	4595.46		9.58	2785.01	-260.25	-4595.46
	9.58	2891.87	263.56	4595.46		9.58	2784.99	-263.56	-4595.46
	10.06	2891.87	263.56	4661.16		10.06	2784.99	-263.56	-4661.16
	10.54	2891.87	263.56	4729.32		10.54	2784.99	-263.56	-4729.32
	10.54	2891.88	266.59	4729.32		10.54	2784.98	-266.59	-4729.32
	11.02	2891.88	266.59	4800.15		11.02	2784.98	-266.59	-4800.15
	11.50	2891.88	266.59	4873.31		11.50	2784.98	-266.59	-4873.31

EVENTO EXTREMO Y									
Tramo	MAX				Tramo	MIN			
	m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)		m	P(t)	V2(t)	M3(t-m)
2	11.50	2892.83	269.01	4867.11	2	11.50	2785.86	-269.01	-4867.11
	11.98	2892.83	269.01	4938.72		11.98	2785.86	-269.01	-4938.72
	12.46	2892.83	269.01	5012.63		12.46	2785.86	-269.01	-5012.63
	12.46	2892.84	271.53	5012.63		12.46	2785.84	-271.53	-5012.63
	12.94	2892.84	271.53	5089.08		12.94	2785.84	-271.53	-5089.08
	13.42	2892.84	271.53	5167.67		13.42	2785.84	-271.53	-5167.67
	13.42	2892.85	273.75	5167.67		13.42	2785.83	-273.75	-5167.67
	13.90	2892.85	273.75	5248.66		13.90	2785.83	-273.75	-5248.66
	14.37	2892.85	273.75	5331.65		14.37	2785.83	-273.75	-5331.65
	14.37	2892.86	275.68	5331.65		14.37	2785.82	-275.68	-5331.65
	14.85	2892.86	275.68	5416.88		14.85	2785.82	-275.68	-5416.88
	15.33	2892.86	275.68	5503.95		15.33	2785.82	-275.68	-5503.95
	15.33	2892.87	277.32	5503.95		15.33	2785.81	-277.32	-5503.95
	15.81	2892.87	277.32	5593.10		15.81	2785.81	-277.32	-5593.10
	16.29	2892.87	277.32	5683.96		16.29	2785.81	-277.32	-5683.96
	16.29	2892.88	278.68	5683.96		16.29	2785.81	-278.68	-5683.96
	16.77	2892.88	278.68	5776.72		16.77	2785.81	-278.68	-5776.72
	17.25	2892.88	278.68	5871.05		17.25	2785.81	-278.68	-5871.05
	17.25	2892.88	279.78	5871.05		17.25	2785.80	-279.78	-5871.05
	17.73	2892.88	279.78	5967.11		17.73	2785.80	-279.78	-5967.11
	18.21	2892.88	279.78	6064.62		18.21	2785.80	-279.78	-6064.62
	18.21	2892.89	280.64	6064.62		18.21	2785.79	-280.64	-6064.62
	18.69	2892.89	280.64	6163.69		18.69	2785.79	-280.64	-6163.69
	19.17	2892.89	280.64	6264.09		19.17	2785.79	-280.64	-6264.09
	19.17	2892.89	281.27	6264.09		19.17	2785.79	-281.27	-6264.09
	19.65	2892.89	281.27	6365.89		19.65	2785.79	-281.27	-6365.89
	20.12	2892.89	281.27	6468.90		20.12	2785.79	-281.27	-6468.90
	20.12	2892.90	281.70	6468.90		20.12	2785.79	-281.70	-6468.90
	20.60	2892.90	281.70	6573.16		20.60	2785.79	-281.70	-6573.16
	21.08	2892.90	281.70	6678.52		21.08	2785.79	-281.70	-6678.52
	21.08	2892.90	281.96	6678.52		21.08	2785.78	-281.96	-6678.52
	21.56	2892.90	281.96	6785.00		21.56	2785.78	-281.96	-6785.00
	22.04	2892.90	281.96	6892.48		22.04	2785.78	-281.96	-6892.48
	22.04	2892.90	282.07	6892.48		22.04	2785.78	-282.07	-6892.48
	22.52	2892.90	282.07	7000.95		22.52	2785.78	-282.07	-7000.95
	23.00	2892.90	282.07	7110.33		23.00	2785.78	-282.07	-7110.33

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de interacción:

Refuerzo existente en la parte extrema del tablero del puente.

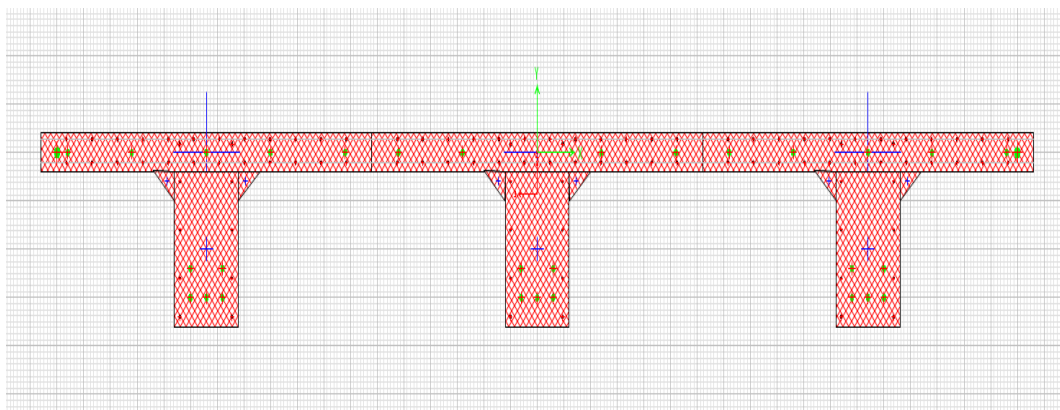


Figura 263: Sección transversal del modelo matemático para el cálculo del diagrama de interacción

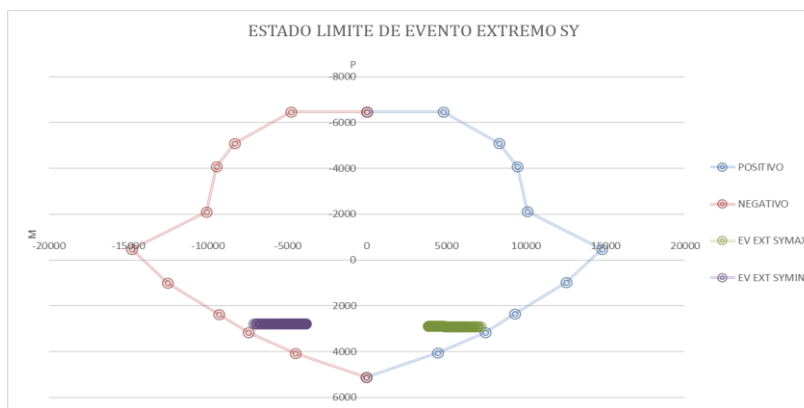


Figura 264: Diagrama de interacción para Evento Extremo por sismo transversal al sentido longitudinal del puente correspondiente a la sección extrema.

Por lo que se usara 4 tendones de 4Ø0.6" cada uno a una distancia de 15 cm del extremo del tablero debido a la combinación de evento extremo en Y.

7.1.3.3. EVENTO EXTREMO POR SISMO TRANSVERSAL EN ETAPA DE MAXIMO VOLADIZO DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO

En esta etapa se verificará los efectos en el tablero de concreto debido a la ocurrencia sísmica. Como se trata de una etapa en fase de construcción se verificará con el 50% del espectro de diseño característico del lugar según indica el apartado 3.10.10. La verificación de ocurrencia sísmica se realizará en condición de máximo voladizo.

Tabla 42: Esfuerzos en los accesos debido a la ocurrencia sísmica.

		SISMO CONSTRUCCION (Kg/cm2)			
		FIB SUPERIOR		FIB INFERIOR	
Tramo	Ubc (m)	σ_{t1}	σ_{t2}	σ_{b1}	σ_{b2}
1	0	-11.28	-150.24	99.07	-7.41
	0.5	-11.18	-148.73	96.72	-8.69
	1	-10.82	-146.99	93.82	-10.53
	1	-10.82	-146.99	93.82	-10.53
	1.5	-10.22	-145.02	90.39	-12.91
	2	-9.36	-142.81	86.42	-15.84
	2	-9.36	-142.81	86.42	-15.84
	2.5	-8.26	-140.38	81.93	-19.31
	3	-6.92	-137.72	76.91	-23.33
	3	-6.92	-137.72	76.91	-23.33

	3.5	-5.30	-134.79	71.28	-27.95
	4	-3.49	-131.73	65.30	-32.96
	4	-3.49	-131.73	65.31	-32.96
	4.5	-1.42	-128.40	58.73	-38.57
	5	0.90	-124.85	51.65	-44.72
	5	0.90	-124.85	51.65	-44.71
	5.5	3.45	-121.09	44.06	-51.37
	6	6.24	-117.11	35.97	-58.55
	6	6.24	-117.11	35.97	-58.55
	6.5	9.36	-112.78	27.12	-66.48
	7	12.51	-108.52	18.33	-74.42
	7	12.51	-108.52	18.33	-74.42
	7.5	15.99	-103.92	8.79	-83.10
	8	19.70	-99.12	-1.23	-92.28
	8	19.70	-99.12	-1.23	-92.28
	8.5	23.63	-94.12	-11.71	-101.94
	9	27.78	-88.92	-22.64	-112.07
	9	27.78	-88.92	-22.64	-112.07
	9.5	32.36	-83.28	-34.57	-123.19
	10	36.72	-77.97	-45.85	-133.74
2	10	36.88	-77.96	-46.19	-134.19
	10.5	33.07	-80.68	-39.24	-126.41
	11	29.47	-83.22	-32.72	-119.07
	11	29.47	-83.22	-32.72	-119.07
	11.5	26.08	-85.57	-26.64	-112.21
	11.5	22.91	-87.74	-21.01	-105.80
	12	22.91	-87.74	-21.01	-105.80
	12	19.78	-89.83	-15.53	-99.52
	12.5	17.23	-91.49	-11.11	-94.42
	13	17.23	-91.49	-11.11	-94.42
	13	14.72	-93.08	-6.84	-89.45
	13.5	12.43	-94.47	-3.04	-84.95
	14	12.43	-94.47	-3.04	-84.95
	14	10.37	-95.67	0.31	-80.95
	14.5	8.53	-96.67	3.18	-77.44
	15	8.54	-96.67	3.18	-77.44
	15	6.81	-97.52	5.75	-74.20
	15.5	5.55	-98.07	7.52	-71.88
	16	5.55	-98.07	7.52	-71.88
	16	4.40	-98.47	8.98	-69.85
	16.5	3.48	-98.67	9.97	-68.31
	16.5	3.48	-98.67	9.97	-68.31
	17	2.79	-98.67	10.48	-67.27

	17	2.33	-98.46	10.52	-66.72
	17.5	2.33	-98.46	10.52	-66.72
	18	2.09	-98.01	10.01	-66.69
	18	2.09	-97.45	9.16	-67.12
	18.5	2.09	-97.45	9.16	-67.12
	19	2.32	-96.64	7.77	-68.06
	19	2.78	-95.64	5.91	-69.50

Se puede apreciar que existen esfuerzos excesivos por lo cual se recomienda el uso de cables durante la fase constructiva.

Se emplearán 4 paquetes de 5 cables de 1" durante el proceso constructivo para garantizar la integridad de la estructura.

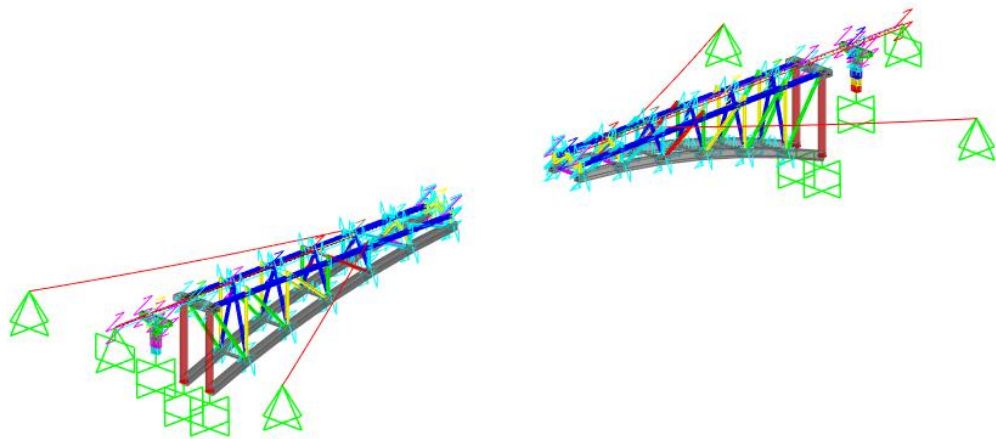


Figura 265: Modelo sísmico con cables en condición de máximo voladizo

Con dicha solución se obtienen los siguientes esfuerzos:

Tabla 43: Esfuerzos en los accesos debido a la ocurrencia sísmica con la consideración de cables.

		SISMO CONSTRUCCION (Kg/cm2)			
			FIB SUPERIOR	FIB INFERIOR	
Tramo	Ubc (m)	$\sigma t1$	$\sigma t2$	$\sigma b1$	$\sigma b2$
1	0	34.77	-104.24	18.53	-88.00
	0.5	32.56	-105.05	21.38	-84.07
	1	30.58	-105.65	23.77	-80.63
	1	30.58	-105.65	23.77	-80.63
	1.5	28.82	-106.05	25.68	-77.67
	2	27.28	-106.24	27.11	-75.21
	2	27.28	-106.24	27.11	-75.21
	2.5	25.97	-106.22	28.07	-73.23
	3	24.88	-106.00	28.54	-71.75
	3	24.88	-106.00	28.54	-71.75

	3.5	24.00	-105.56	28.53	-70.75
	4	23.38	-104.94	28.05	-70.27
	4	23.38	-104.94	28.05	-70.27
	4.5	22.96	-104.10	27.09	-70.28
	5	22.78	-103.05	25.65	-70.78
	5	22.78	-103.05	25.65	-70.78
	5.5	22.82	-101.80	23.73	-71.77
	6	23.09	-100.34	21.33	-73.26
	6	23.09	-100.34	21.33	-73.26
	6.5	23.60	-98.63	18.36	-75.30
	7	24.30	-96.82	15.11	-77.71
	7	24.30	-96.82	15.11	-77.71
	7.5	25.24	-94.76	11.29	-80.67
	8	26.41	-92.50	7.01	-84.11
	8	26.41	-92.50	7.01	-84.11
	8.5	27.80	-90.04	2.26	-88.04
	9	29.41	-87.38	-2.96	-92.46
	9	29.41	-87.38	-2.96	-92.46
	9.5	31.33	-84.39	-8.91	-97.59
	10	33.30	-81.49	-14.76	-102.72
2	10	33.46	-81.47	-15.10	-103.17
	10.5	30.34	-83.51	-9.71	-96.95
	11	27.44	-85.35	-4.77	-91.19
	11	27.44	-85.35	-4.77	-91.19
	11.5	24.76	-86.99	-0.29	-85.92
	11.5	22.30	-88.44	3.73	-81.13
	12	22.30	-88.44	3.73	-81.13
	12	19.93	-89.77	7.49	-76.57
	12.5	18.06	-90.75	10.38	-73.01
	13	18.06	-90.75	10.38	-73.01
	13	16.28	-91.61	13.00	-69.68
	13.5	14.73	-92.27	15.15	-66.85
	14	14.73	-92.27	15.14	-66.85
	14	13.41	-92.72	16.82	-64.51
	14.5	12.31	-92.98	18.03	-62.66
	15	12.31	-92.98	18.03	-62.66
	15	11.39	-93.04	18.79	-61.23
	15.5	10.81	-92.90	19.01	-60.46
	16	10.81	-92.90	19.01	-60.46
	16	10.41	-92.55	18.79	-60.11
	16.5	10.23	-92.00	18.10	-60.25
	16.5	10.23	-92.00	18.10	-60.25
	17	10.29	-91.26	16.92	-60.89

	17	10.57	-90.31	15.28	-62.02
	17.5	10.57	-90.31	15.28	-62.02
	18	11.14	-89.04	12.94	-63.83
	18	11.82	-87.81	10.57	-65.78
	18.5	11.82	-87.81	10.57	-65.78
	19	12.79	-86.26	7.51	-68.39
	19	13.98	-84.51	3.98	-71.49

Se aprecia que los esfuerzos en el tramo inicial se reducen de manera significativa y ante la ocurrencia de un sismo en fase constructiva se encuentran con una tracción inferior al esfuerzo de rotura del concreto.

7.2. DISEÑO DE CONEXIONES

Las conexiones del reticulado híbrido de altura variable construido por voladizos sucesivos son de tipo híbrido (embebido en concreto). Cada nodo debe tener la capacidad de transmitir la componente horizontal y vertical generadas por las montantes y diagonales que recibe.

Si se desea realizar un estudio completo de la conexión se deben presentar como mínimo las siguientes fases:

- (a) Identificación de la conexión más demandada, es decir que en alguna etapa del proceso constructivo o durante la fase en servicio recibe las mayores fuerzas axiales y su estabilidad es crucial para el funcionamiento del puente.
- (b) Estudio del comportamiento local de la conexión mediante modelos refinados.
- (c) Evaluación de la resistencia de la conexión.

En el presente trabajo, conforme a lo señalado en 1.4, se realiza solo la primera fase descrita y se hace una estimación de la resistencia a través de los criterios de diseño expuestos en el capítulo VI.

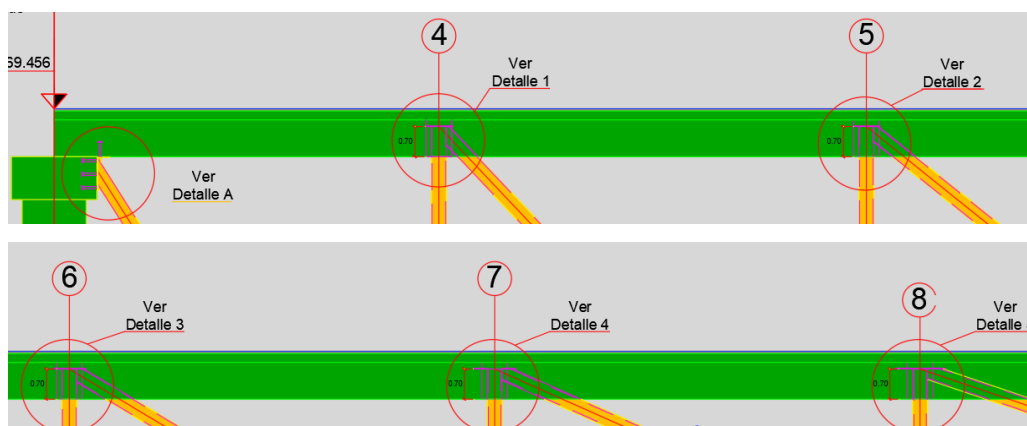


Figura 266: Ubicación de detalles de conexión

Las conexiones en el reticulado híbrido son un tema crítico para garantizar la estabilidad de la misma. Las conexiones híbridas se ubican a lo largo del tablero de concreto en la zona de vigas.

(a) Fuerzas transmitidas por las conexiones

La selección de la conexión más desfavorable se realiza mediante una comparación de las cargas que concurren a las mismas. Este fin se logra cuantificando las acciones de las cargas permanentes. Al mismo tiempo se estudian las líneas de influencia de las resultantes transmitidas por los nodos para identificar los máximos efectos de la sobrecarga vehicular. En base a estas consideraciones se identifican los nudos con los máximos efectos concurrentes.

La figura 267 establece la convención de signos a utilizar para el estudio de las fuerzas resultantes, según la cual una resultante vertical negativa representa una fuerza de compresión en la montante.

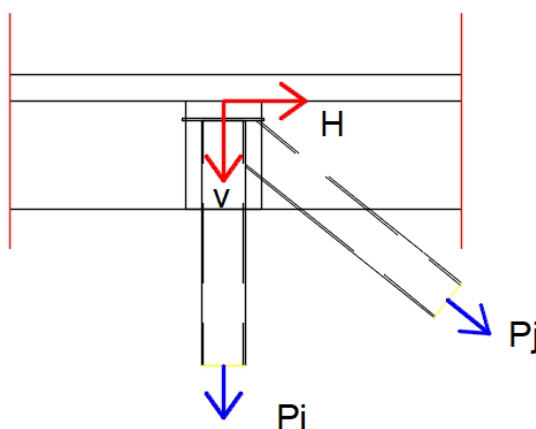


Figura 267: Convención de resultantes en nudo superior

Las resultantes se calculan considerando las componentes de las fuerzas axiales de las diagonales y la carga vertical de las montantes que llegan a cada nudo. En la tabla 44 se resume el resultado de este cálculo en cada nudo considerando solo las cargas permanentes.

Tabla 44: Resultados de cargas permanentes transmitidas por los nudos

DETALLE NUDO	Resultante	Combinación DC+DW	Combinación 1.25DC+1.50DW
1	H	93.04	117.49
	V	-3.35	-4.48
2	H	135.40	171.02
	V	-8.66	-11.28
3	H	176.40	223.44
	V	-4.44	-6.13
4	H	228.90	289.49
	V	-43.16	-54.79
5	H	443.21	557.12
	V	-19.06	-24.88

El efecto de la sobrecarga vehicular se estudia a través del desarrollo de líneas de influencia. Para esto se ha considerado una carga unitaria desplazándose sobre un eje de carril a 0.40m del eje de la viga aguas arriba, como se muestra en la figura 268.

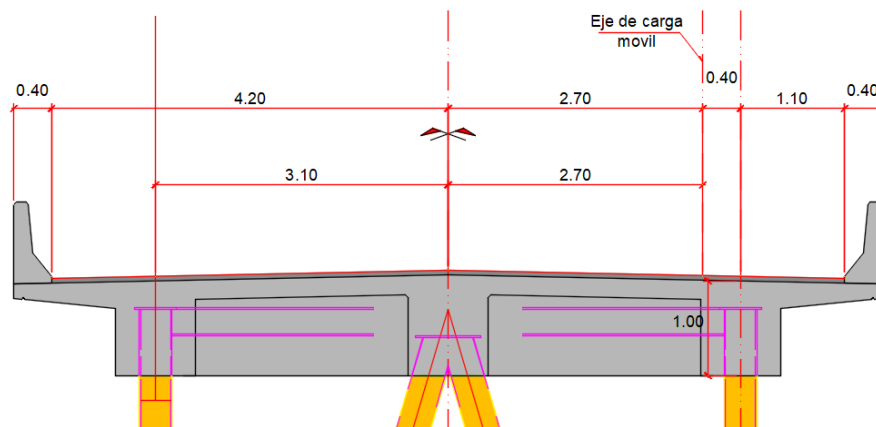
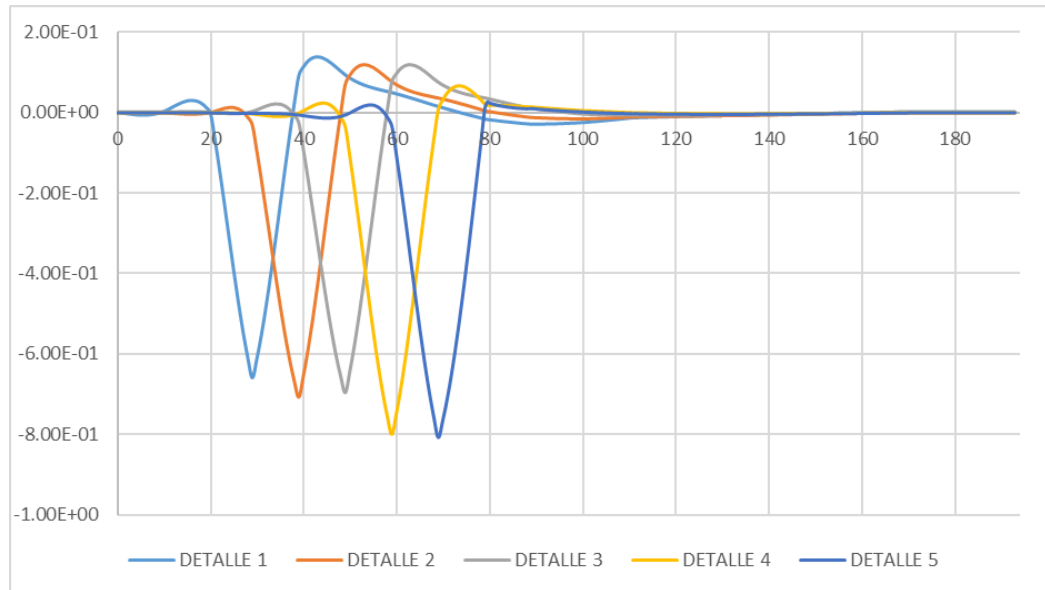
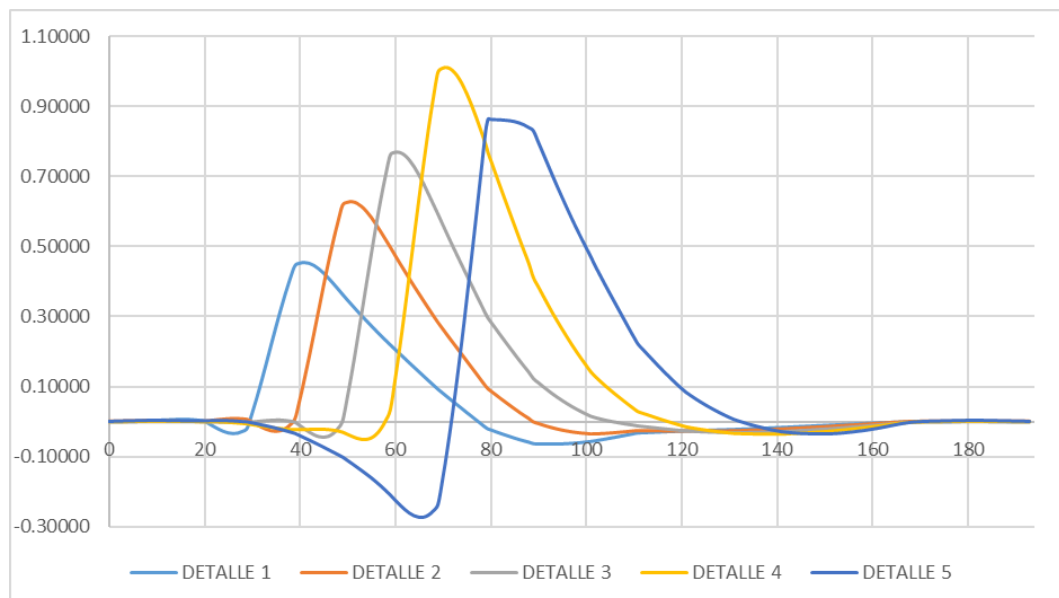


Figura 268: Eje de cargas para líneas de influencia de resultantes en nudos

En las figuras 269(a) y 269(b) representan las líneas de influencia de la resultante de fuerzas de los nudos superiores (conexión híbrida), respectivamente.



(a) Líneas de influencia de resultante vertical



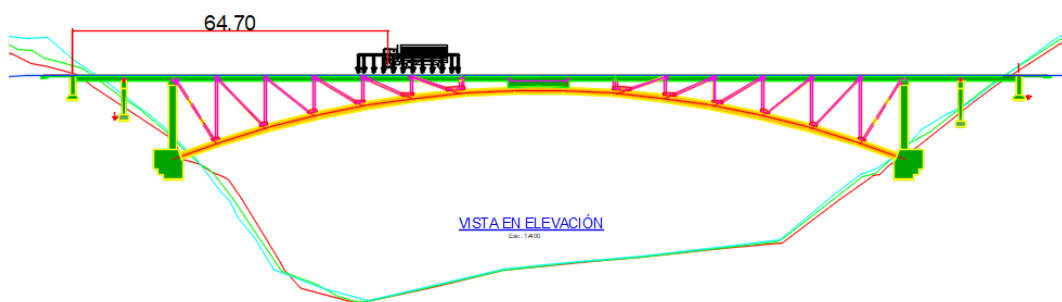
(b) Líneas de influencia de resultante vertical

Figura 269: Líneas de influencia de resultantes en nudos superiores

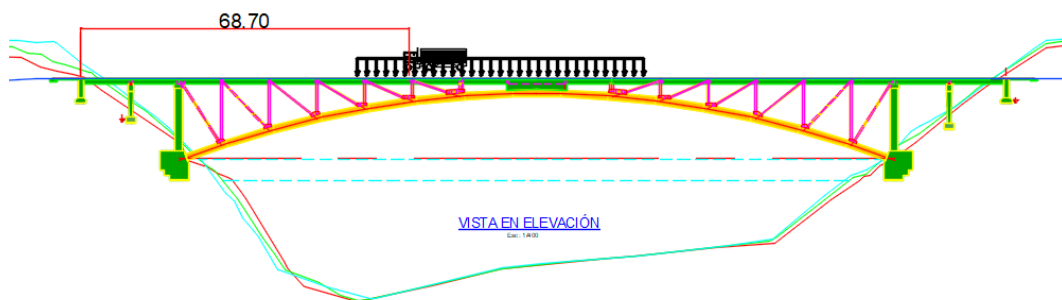
Analizando la tabla 44 se observa que para todos los nudos superiores la resultante vertical transmitida induce un punzonamiento del nudo con la brida superior. De la misma tabla se puede ver que el mayor efecto de punzonamiento se presenta en el nudo del detalle 4, mientras que la mayor resultante horizontal se presenta en el nudo del detalle 5. Por otro lado, de las líneas de influencia se observa que la contribución de la carga vehicular a la carga vertical es máxima en el nudo del detalle 5, mientras que la contribución a la resultante horizontal es

máxima para el nudo del detalle 4, por tanto, se calculará la carga para ambos nudos mencionados.

Tras el análisis efectuado, se procede a calcular los máximos efectos de la carga vehicular para los nudos de los detalles 4 y 5. La ubicación de la sobrecarga para cada nudo a estudiar se presenta en la figura 270, mientras que las fuerzas resultantes ya combinadas con las cargas permanentes correspondientes a esos nudos se presentan en la tabla 45.



(a) Posicionamiento para nudo en detalle 5



(b) Posicionamiento para nudo en detalle 4

Figura 270: Ubicación de la carga vehicular para estudio de los nudos

Tabla 45: Resultados de las fuerzas transmitidas por los nudos de interés

DETALLE NUDO	Resultante	SERVICIO	RESISTENCIA
4	H	299.63	413.28
	V	-45.68	-59.21
5	H	485.44	631.02
	V	-49.76	-78.61

De la tabla anterior se puede apreciar que la componente vertical de la resultante transmitida es una carga de punzonamiento contra la brida superior.

(b) Modelos refinados

Una mejor comprensión del comportamiento de los nudos se puede lograr mediante la elaboración de modelos locales refinados de las conexiones más desfavorables identificadas. Los modelos deberían representar los elementos embebidos de acero y la condición de contacto no lineal del tipo friccional entre estos y el concreto circundante. Estos modelos pueden ser de utilidad para comprender el flujo de carga y el comportamiento local del nudo, así como identificar las cuñas de extracción o falla para la posterior evaluación de la resistencia de la conexión.

Aunque los modelos locales descritos pueden ser de gran utilidad, estos están fuera del alcance de este trabajo ya que se trata de un tema de investigación por sí mismo.

(c) Estimación de la resistencia de las conexiones

En el caso en estudio se emplearán conexiones similares a las empleadas en las conexiones del puente El Abejal (Figura 8). La conexión está formada por la unión de una montante y una diagonal a una plancha superior embebida al concreto que cuenta con rigidizadores y estribos soldados que abrazan al refuerzo longitudinal.

Para cumplir el fin del presente trabajo, se realiza una estimación de la resistencia del nudo superior del detalle 5 para ello se toma en cuenta la capacidad a corte en interfaz monolítica.

El enfoque que se adopta consiste en calcular las fuerzas actuantes y resistentes a través de planos de falla potenciales para así estudiar la seguridad de la conexión. Para el cálculo de la resistencia se aplica el criterio de corte por fricción en la interfase según el artículo citado anteriormente, el cual permite calcular la resistencia al corte en el plano de falla basado en el desarrollo de fuerzas de adherencia y fricción a través de la siguiente expresión (AASHTO, 2014):

$$V_{ni} = cA_{cv} + \mu(A_{vf}f_y + P_c) \quad (28)$$

donde:

c = Factor de cohesión

A_{cv} = Área de concreto que participa en la transferencia de corte

- μ = Coeficiente de fricción
- A_{vf} = Área de refuerzo que atraviesa el plano de corte
- f_y = Esfuerzo de fluencia del refuerzo, no mayor a 60 ksi
- P_c = Fuerza neta de compresión permanente normal al plano de corte.
Si es tracción, $P_c = 0$

Además, la resistencia nominal al corte, V_{ni} , no se tomará mayor que:

$$V_{ni} \leq K_1 f'_c A_{cv} \quad (29)$$

$$V_{ni} \leq K_2 A_{cv} \quad (30)$$

donde:

- f'_c = Resistencia a la compresión del concreto
- K_1 = Fracción de la resistencia a compresión del concreto disponible para resistir el corte en la interfase
- K_2 = Esfuerzo límite de resistencia al corte en la interfase

Los valores del factor de cohesión c , coeficiente de fricción μ , factor K_1 y K_2 se deben tomar según el artículo 5.8.4.3 del AASHTO (2014), el cual se resume en la siguiente tabla

Tabla 46: Factores para el cálculo de la resistencia al corte en la interfase

Caso	c (ksi)	μ	K_1	K_2 (ksi)
Para losas de concreto vaciadas en sitio	0.28	1	0.30	1.8
sobre vigas de concreto con superficie limpia, libre de lechada y con superficie rugosa de amplitud 0.25 pulg				1.3

Para concreto de peso normal vaciado monolíticamente	0.40	1.4	0.25	1.5
Para concreto ligero vaciado monolíticamente o no monolíticamente contra una superficie de concreto limpia, libre de lechada con superficie intencionalmente rugosa de amplitud 0.25 pulg	0.24	1	0.25	1.0
Para concreto de peso normal vaciado contra una superficie de concreto limpia, libre de lechada con superficie intencionalmente rugosa de amplitud 0.25 pulg	0.24	1	0.25	1.5
Para concreto vaciado contra una superficie de concreto limpia, libre de lechada, pero sin rugosidad intencional	0.075	0.6	0.20	0.8
Para concreto anclado a acero estructural por pernos con cabeza o barras de refuerzo, donde todo el acero en contacto con el concreto está limpio y libre de pintura	0.025	0.7	0.20	0.8

Fuente: AASHTO (2014)

Los factores de resistencia para los elementos de acero son (AASHTO, 2014):

Tabla 47: Factores de resistencia para elementos de acero

Efecto	Factor
Flexión	$\phi_f = 1.0$
Corte	$\phi_v = 1.0$
Compresión axial (acero solo)	$\phi_c = 0.95$
Tensión (fluencia en el área bruta)	$\phi_y = 0.95$

Los factores de resistencia para los elementos de concreto son (AASHTO, 2014):

Tabla 48: Factores de resistencia para elementos de concreto

Efecto	Factor
Corte y torsión (concreto de peso normal)	$\phi = 0.90$
Sección de concreto reforzado controlada por tracción	$\phi = 0.90$
Sección de concreto presforzado controlada por tracción	$\phi = 1.00$
Sección controlada por compresión	$\phi = 0.75$

Además, para las secciones de concreto en transición entre la condición controlada por tracción y controlada por compresión, se utiliza la transición del factor de resistencia según la siguiente figura:

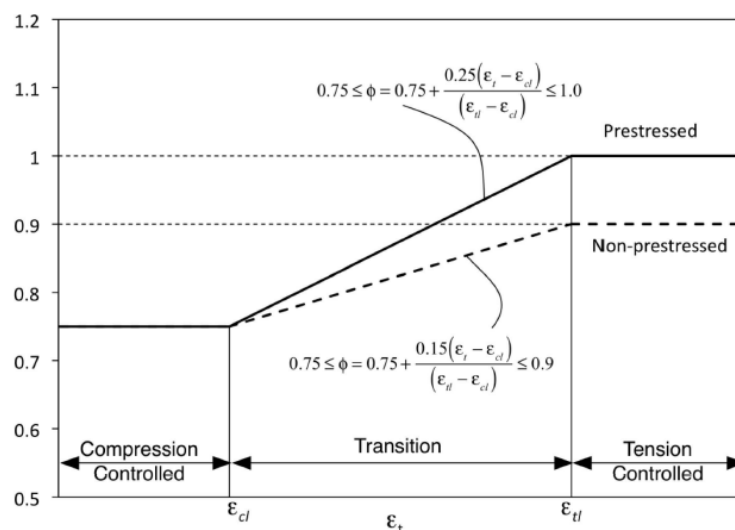


Figura 271: Variación de ϕ con la deformación unitaria del refuerzo extremo a tracción (Fuente: AASHTO (2014))

Se asume una cuña de falla potencial como la que se muestra en la figura 272. El ángulo de inclinación de la cuña se asume a 45° .

Superficie de punzonamiento

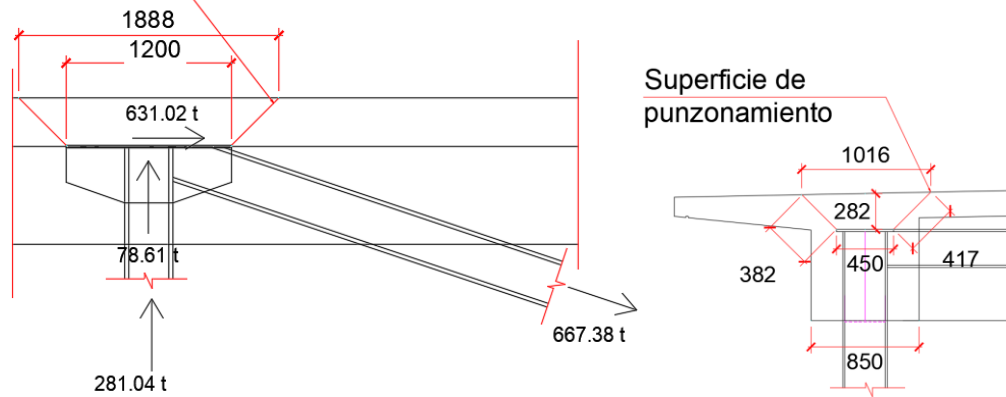


Figura 272: Cuña de falla en nudo de detalle 5

PRESION DE CONTACTO EN PLACA SUPERIOR

Se realizará la verificación de la presión sobre la plancha metálica superior la cual tiene un área de $A_p = 1.20 \times 0.45 = 0.54 \text{ m}^2$. Se determinó que la mayor carga vertical que concurre a un nodo es de 78.61t, esta representa la componente vertical como resultado de descomponer las cargas axiales en montante y diagonal, por lo cual se tiene una presión de 14.56 Kg/cm^2 que es una presión baja comparada con la resistencia mínima a especificada del concreto.

PUNZONAMIENTO EN VIGA DE CONCRETO

Adicionalmente se realizará la verificación del efecto de punzonamiento en el cuerpo de la viga de concreto por efecto de la carga vertical. Para ello se determinan los planos de falla a corte por efecto del punzonamiento.

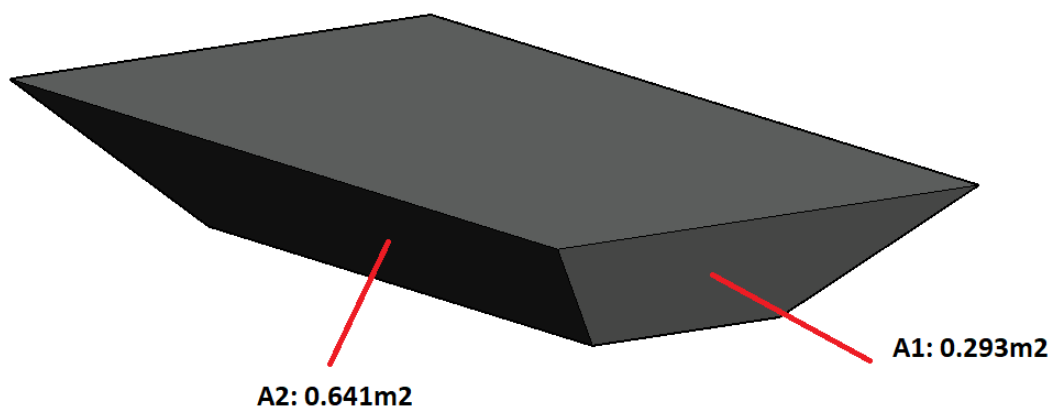


Figura 273: Detalle de superficie de falla en nudo de detalle 5

De la figura anterior se identifican las superficies de falla en las que se debe verificar a resistencia de la conexión cuya resistencia en conjunto otorga la capacidad a punzonamiento total.

Sumando las áreas de la superficie de falla se tienen $A_{cv} = 2 * (A_1 + A_2) = 1.868m^2$, con esta área se calculará la capacidad nominal a corte por cohesión del nudo:

$$V_r = \phi_v V_n = \phi_v * c * A_{cv} * \cos(45^\circ)$$

Por ser esta porción de concreto monolítica se considera una cohesión de $c = 0.40ksi$ la cual equivale a $c = 275.8 t/m^2$ y un $\phi_v = 0.70$, por lo tanto, se tendrá una capacidad a punzonamiento de $V_r = 255.22t$ lo cual cumple adecuadamente con la resistencia a punzonamiento ya que la demanda vertical en el nodo es de 78.61t.

MANEJO DE FUERZAS DE TENSION EN VIGAS DE CONCRETO

A continuación, se investigará el nodo bajo la acción de la componente horizontal de la fuerza resultante. Esta fuerza se debe completamente a la acción de la diagonal por lo cual entra de manera local por el patín de la viga y concentra grandes esfuerzos de tracción, por esta razón es recomendable contrarrestar dichos efectos con un postensado longitudinal. Una vez que estos esfuerzos ingresan por las vigas se difunden en la sección total del tablero, este efecto se controla con las familias de postensado que viajan por el tablero en las distintas etapas del proceso constructivo.

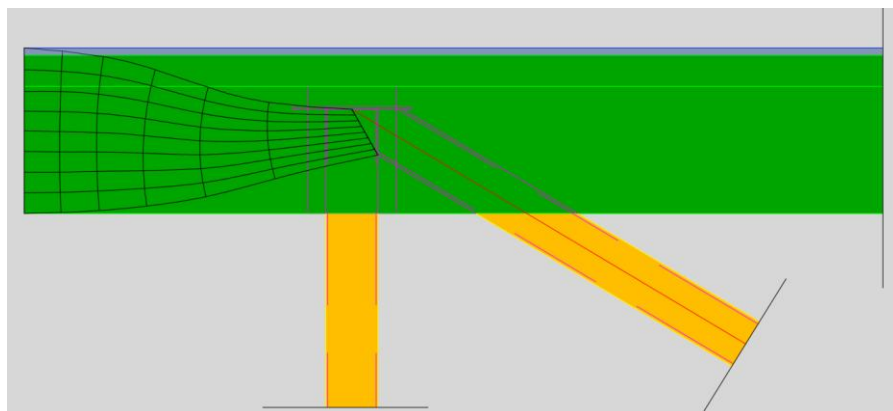


Figura 274: difusión de los esfuerzos de tracción provenientes de la diagonal hacia la sección total

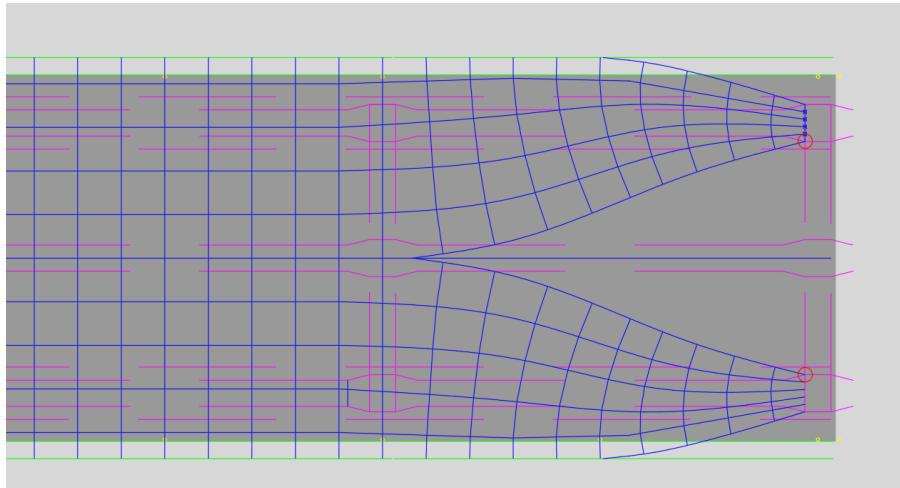


Figura 275: Vista en planta de la difusión de los esfuerzos de tracción provenientes de la diagonal hacia la sección total del tablero

ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA

DEMANDAS

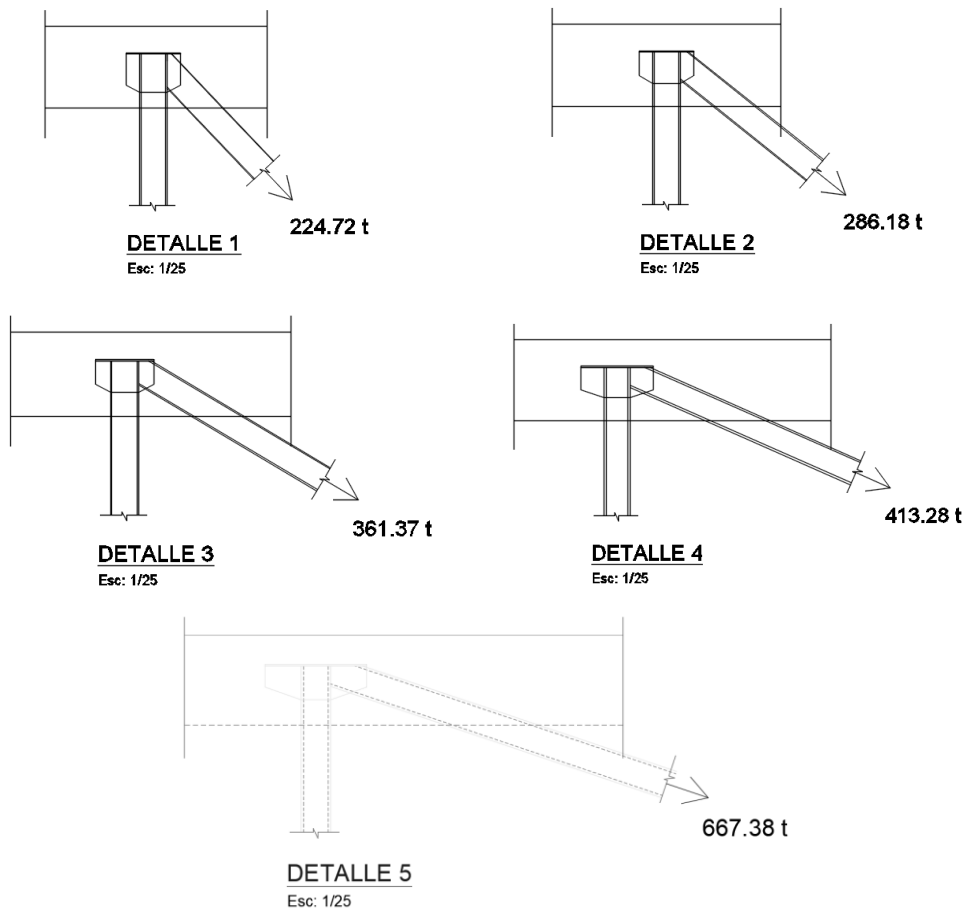


Figura 276: Detalles de conexiones híbridas

Tabla 49: Cuadro de diseño de acero pasivo para los nudos híbridos

DETALLE	FUERZA "F"	ANGULO "β"	F*Sen(β)	Acero de refuerzo
1	222.74	44	154.72	17 $\Phi \frac{3}{4}$ "
2	286.18	51	222.40	15 $\Phi 1$ "
3	361.37	59	309.75	17 $\Phi 1$ "
4	413.28	66	377.55	27 $\Phi 1$ "
5	667.38	71	631.02	39 $\Phi 1$ "

ESTADO LIMITE DE SERVICIO

Para evitar el agrietamiento se realizará el postensado local de la zona del nudo.

Tabla 50: Cuadro de diseño de acero activo para los nudos híbridos

DETALLE	FUERZA "F"	ANGULO "β"	F*Sen(β)	Acero de refuerzo
1	164.99	44	114.61	8 torones de 0.6"
2	211.99	51	164.74	11 torones de 0.6"
3	267.68	59	229.44	16 torones de 0.6"
4	300.01	66	274.07	24 torones de 0.6"
5	513.41	71	485.43	38 torones de 0.6"

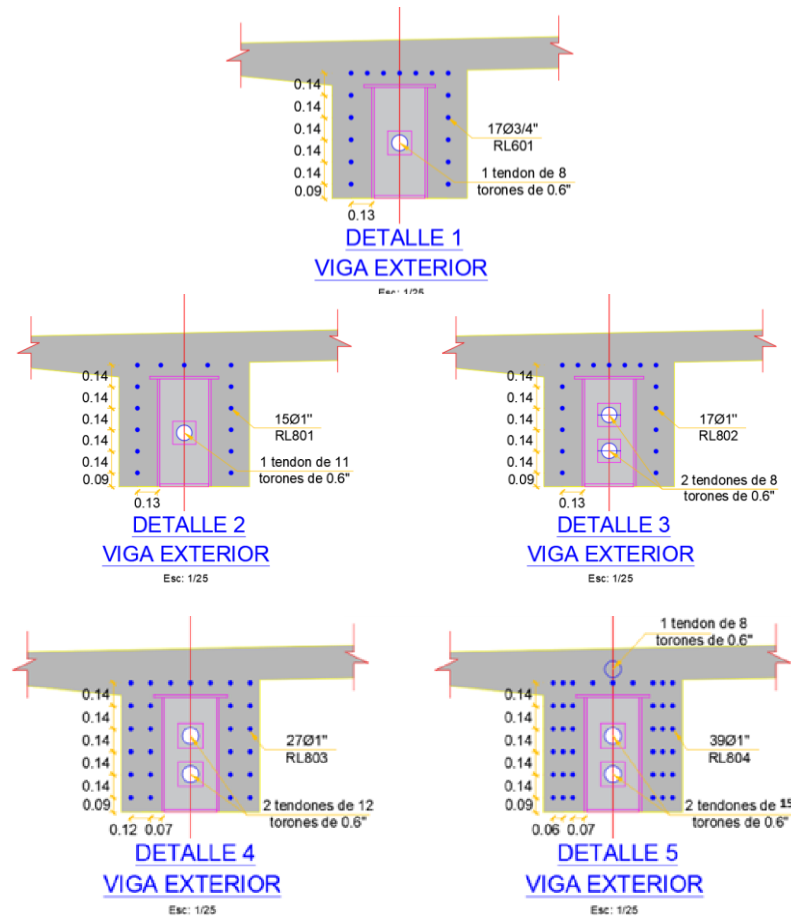


Figura 277: Sección transversal en zona de conexiones híbridas

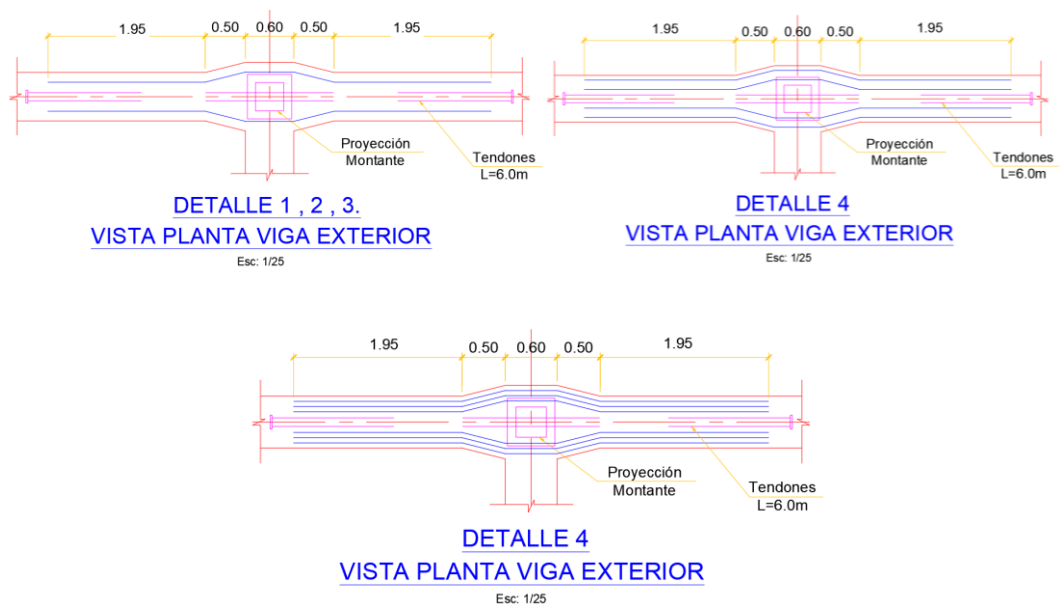


Figura 278: Vista en planta en zona de conexiones híbridas

VERIFICACION DE CORTE POR FRICCION

Además de los efectos ya mencionados se tendrá un efecto de corte por fricción entre el tubo metálico y la superficie de concreto, A continuación, se muestra la demanda máxima por corte que se genera en el nodo 5.

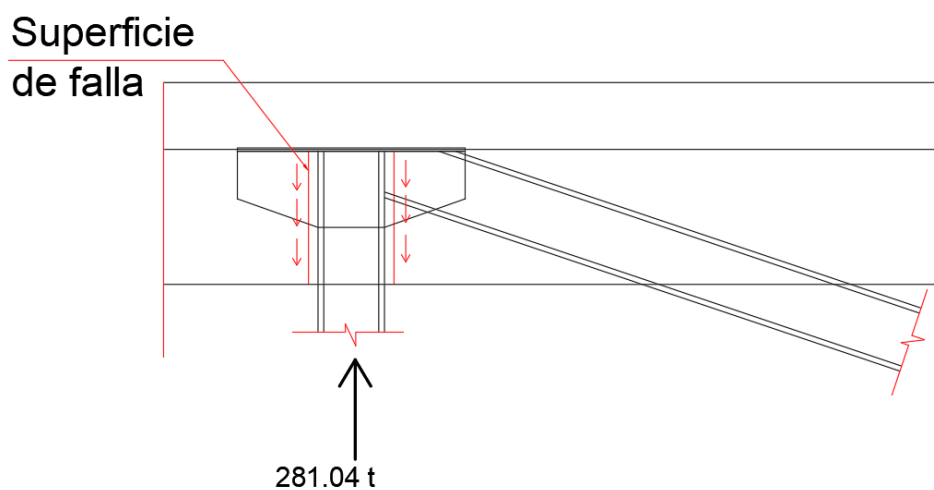


Figura 279: Demanda máxima por corte para evaluación de fricción

Sabemos que en el nodo se aplicarán 38 torones de 0.6" lo cual representa una carga de compresión de $P_T = 0.75 \times f_{pu} \times A_p \times n$

Donde:

f_{pu}	Esfuerzo de rotura de torón ASTM A416 Gr270
A_p	Área de un torón de postensado
n	Numero de torones de postensado

Por lo tanto, se tendría una fuerza de postensado de $P_T = 754.11t$, sabiendo que la diagonal genera una componente horizontal de 485.43t, se tendría una carga de compresión neta de $P_C = 268.11t$ sobre una superficie de acero con un coeficiente de fricción entre concreto y acero de $\mu = 0.70$ y un factor de reducción de resistencia por corte de $\phi_v = 0.90$. Considerando dos caras para la resistencia a fricción de acuerdo a la figura 279.

$$V_r = 2 * \phi_v V_n = \phi_v * \mu * P_C = 2 * 0.90 * 0.70 * 268.11 = 337.81t$$

Por lo tanto: $V_r > V_u = 281.04t$

7.3. DISEÑO DE DISPOSITIVO SISMICO TIPO PIN EN JUNTA DE CONTRACCION

7.3.1. DESCRIPCIÓN

El pin sísmico del puente es un detalle ubicado en la junta de expansión de la losa, el cual permite garantizar la unión de ambos tramos en el sentido transversal, mientras que en el sentido longitudinal tienen un gap que permite el movimiento longitudinal en ambos sentidos, este elemento trabaja en flexión y corte.

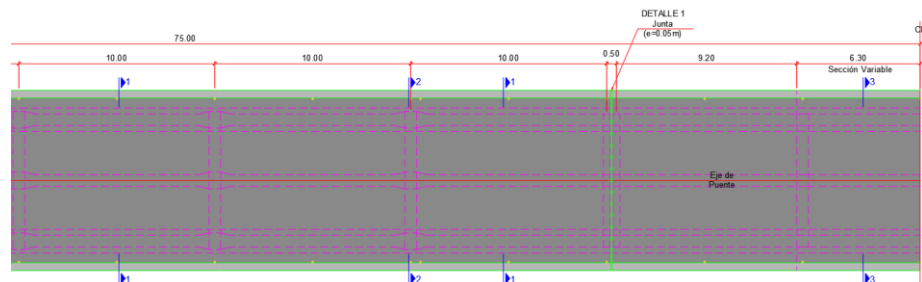


Figura 280: Junta de contracción

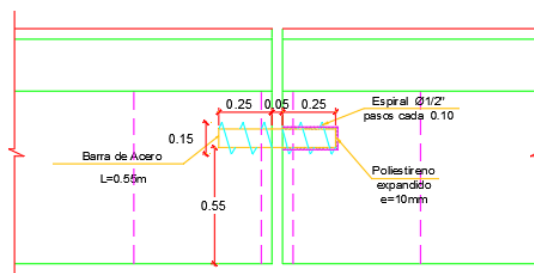


Figura 281: Elevación de dispositivo sísmico

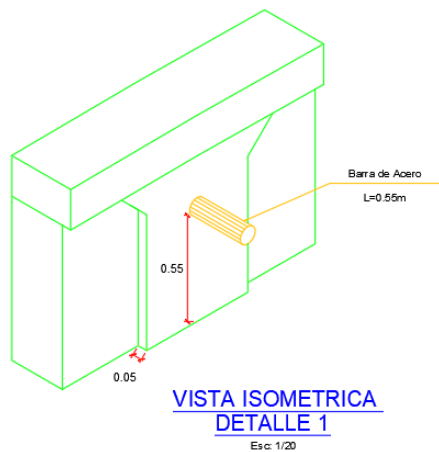


Figura 282: Vista isométrica de dispositivo sísmico

7.3.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Para hallar las demandas del dispositivo se deben evaluar las fuerzas de corte debido al análisis sísmico transversal al puente. El pin sísmico se encuentra anclado al diafragma extremo del tramo en voladizo.

Para realizar el análisis sísmico transversal se realiza un análisis modal espectral empleando el espectro de diseño descrito en el apartado 5.2.3.1.

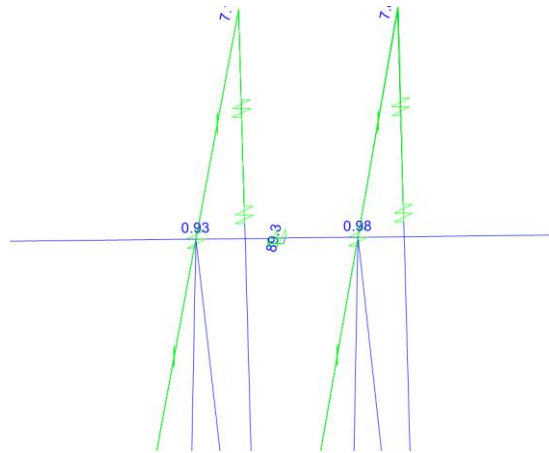


Figura 283: Fuerza cortante en dispositivo sísmico

La distancia desde el anclaje hasta la zona media del diafragma contiguo donde se introduce el pin es de 0.175m, por tanto, se tienen las siguientes acciones sobre el dispositivo. Adicionalmente se aplica el factor de reducción de la tabla 16 para juntas de expansión en la superestructura.

$$V_u = \frac{89.3}{0.80} = 105.05t$$

$$M_u = V_u * h = 105.05 * 0.175 = 18.38t.m$$

7.3.3. DISEÑO DEL PIN SÍSMICO

Para diseñar el pin sísmico emplearemos la relación propuesta por Kulicki (1983)

$$\frac{6.0M_u}{\phi_f D^3 F_y} + \left(\frac{2.2V_u}{\phi_v D^2 F_y} \right)^3 \leq 0.95 \quad (31)$$

Donde:

D = diametro del pin (in.)

M_u = Momento debido a las cargas factoradas (Kip – in.)

V_u = Cortante debido a las cargas factoradas (Kip)

F_y = Resistencia mínima especificada a la fluencia del pin (Ksi)

ϕ_f = factor de resistencia para las cargas de flexión

ϕ_v = factor de resistencia para las cargas de corte

Para determinar los factores de resistencia se emplearán los factores de la normativa AASHTO (2014).

- Para flexión $\phi_f = 1.00$
- Para corte $\phi_v = 1.00$

Con todas estas consideraciones el diámetro del pin sísmico debería ser de

N	3.00	Barras
Mu	530.66	Kip-in
Vu	65.49	Kip
Fy	65.00	Ksi
D	4.00	in
FACTOR		
D/C	0.77	

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS ECONÓMICO

8.1 GENERALIDADES

En el Perú existen puentes de diversas tipologías cada región donde se construyen y aplican tienen sus propias complejidades y características sin embargo existen ciertos patrones que podemos identificar en cada región.

Tabla 51: patrones que influyen en los presupuestos en puentes en el Perú. Alto (1), Intermedio (2), Bajo (3)

CARACTERISTICA	COSTA	SIERRA	SELVA
RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA	1	3	2
MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	1	2	3
DISPOSICION DE MAQUINARIAS	1	2	3
FLETE TERRESTRE	1	2	3

Fuente: Elaboración propia

En diversos proyectos realizados en el Perú se puede ver que los puentes con los mayores presupuestos se encuentran en la Selva del Perú debido a lo anteriormente mencionado y a la necesidad de salvar una luz mayor como lo es en los ríos anchos de la selva, es por ello que en esta región se aplican los puentes más complejos que tenemos. En la región de la selva existen desde los 2800msnm a 800msnm suelos de tipo rocoso por lo general en los cuales se suelen construir puentes tipo arco de tablero superior u otras tipologías que introducen complejidades constructivas que se suman a los patrones mencionados en la tabla 39 haciendo que los proyectos sean muy costosos a esto se suman otras características como términos de referencia muy conservadores.

El puente materia de la presente tiene una aplicación que encaja de manera muy eficiente en estas regiones del Perú y se propone su construcción como una medida de ahorro de recursos económicos para el estado.

En el presente capítulo se realiza una comparación de los costos de las diferentes alternativas empleadas al momento de la elección de un puente y se realiza la comparación de costos.

Los costos a comparar están asociados tanto a la superestructura como a la subestructura. Es así que se cuantifican todas las partidas excepto los accesos para así poder tomar en cuenta también las dificultades de traslado de equipos mecánicos.

8.2. PRESUPUESTO RETICULADO DE ALTURA VARIABLE CONSTRUIDO POR VOLADIZOS SUCESIVOS

El presente presupuesto tiene como referencia el presupuesto actualizado al año 2018.

Presupuesto

Presupuesto 0301001 CREACIÓN DEL PUENTE VEHICULAR SAN MARTIN-RETICULADO HIBRIDO

Subpresupuesto 001 CREACIÓN DEL PUENTE VEHICULAR SAN MARTIN-RETICULADO HIBRIDO

Costo al 30/04/2018

Lugar SAN MARTIN - SAN MARTIN - HUIMBAYOC

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	PUENTE SAN MARTIN				16,350,755.19
01.01	OBRAS PROVISIONALES				647,529.50
01.01.01	CARTEL DE OBRA 4.80 x 3.60 m	u	1.00	2,557.50	2,557.50
01.01.02	CAMPAMENTO PROVISIONAL	mes	12.00	2,500.00	30,000.00
01.01.03	SUMINISTRO DE AGUA EN CAMPAMENTO	glb	1.00	18,372.00	18,372.00
01.01.04	BARCAZA	glb	1.00	380,000.00	380,000.00
01.01.05	ESTRUCTURA METALICA PROVISIONAL FALSO PUENTE TABLERO	t	36.10	6,000.00	216,600.00
01.02	OBRAS PRELIMINARES				775,134.16
01.02.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	glb	1.00	643,587.49	643,587.49
01.02.02	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS BOSCOSAS	ha	1.24	10,460.88	12,971.49
01.02.03	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	m2	7,183.65	3.39	24,352.57
01.02.04	ACCESOS A CANTERAS, DME, PLANTAS Y FUENTE DE AGUA	km	3.93	23,975.22	94,222.61
01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				58,814.67
01.03.01	EXCAVACION PARA CIMIENTOS EN ROCA EN SECO	m3	1,190.52	39.88	47,477.94
01.03.02	TRANSPORTE DE DESECHOS Y EXCEDENTES A DME PARA D<= 1KM	m3k	1,190.52	9.02	10,738.49
01.03.03	TRANSPORTE DE DESECHOS Y EXCEDENTES A DME PARA D> 1KM	m3k	297.63	2.01	598.24
01.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				2,457,041.43
01.04.01	ENCOFRADO				455,942.39
01.04.01.01	ENCOFRADO BLOQUES DE ANCLAJE CARA NO VISTA	m2	51.35	90.65	4,654.88

01.04.01.02	ENCOFRADO DE PANTALLA DE ANCLAJE CARA VISTA	m2	88.69	101.48	9,000.26
01.04.01.03	ENCOFRADO DE PILARES CARA VISTA	m2	246.93	101.48	25,058.46
01.04.01.04	ENCOFRADO DE VIGAS CABEZAL CARA VISTA	m2	155.20	101.48	15,749.70
01.04.01.05	ENCOFRADO DE PILARES INTERMEDIOS CARA VISTA	m2	108.73	101.48	11,033.92
01.04.01.06	ENCOFRADO DE PILARES INTERMEDIOS CARA NO VISTA	m2	32.76	90.65	2,969.69
01.04.01.07	ENCOFRADO DE TABLERO CARA VISTA	m2	2,203.80	101.48	223,641.62
01.04.01.08	ENCOFRADO DE DIAFRAGMAS CARA VISTA	m2	218.80	101.48	22,203.82
01.04.01.09	ENCOFRADO DE TABLERO ACCESO IZQUIERDO CARA VISTA	m2	283.30	101.48	28,749.28
01.04.01.10	ENCOFRADO DE TABLERO ACCESO DERECHO CARA VISTA	m2	325.30	101.48	33,011.44
01.04.01.11	ENCOFRADO DE LOSAS DE APROXIMACION CARA NO VISTA	m2	4.00	90.65	362.60
01.04.01.12	ENCOFRADO DE DURMIRNTES CARA NO VISTA	m2	43.18	90.65	3,914.27
01.04.01.13	ENCOFRADO DE MUROS NEW JERSEY CARA VISTA	m2	744.90	101.48	75,592.45
01.04.02	CONCRETO				1,027,856.60
01.04.02.01	CONCRETO F'C=280 KG/CM2; BLOQUES DE ANCLAJE	m3	528.54	590.46	312,081.73
01.04.02.02	CONCRETO F'C=500 KG/CM2; PANTALLA DE ANCLAJE	m3	109.19	743.46	81,178.40
01.04.02.03	CONCRETO F'C=280 KG/CM2; PILARES	m3	92.60	590.46	54,676.60
01.04.02.04	CONCRETO F'C=280 KG/CM2; VIGAS CABEZAL	m3	36.80	590.46	21,728.93
01.04.02.05	CONCRETO F'C=280 KG/CM2; PILARES INTERMEDIOS	m3	51.00	590.46	30,113.46
01.04.02.06	CONCRETO F'C=350 KG/CM2; TABLERO	m3	524.04	644.25	337,612.77
01.04.02.07	CONCRETO F'C=350 KG/CM2; DIAGRAMAS	m3	44.50	644.25	28,669.13
01.04.02.08	CONCRETO F'C=350 KG/CM2; TABLERO ACCESO IZQUIERDO	m3	68.00	644.25	43,809.00
01.04.02.09	CONCRETO F'C=350 KG/CM2; TABLERO ACCESO DERECHO	m3	78.20	644.25	50,380.35
01.04.02.10	CONCRETO F'C=210 KG/CM2; LOSAS DE APROXIMACION	m3	18.40	552.47	10,165.45
01.04.02.11	CONCRETO F'C=210 KG/CM2; DURMIENTES	m3	12.21	552.47	6,745.66
01.04.02.12	CONCRETO F'C=210 KG/CM2; PARA MUROS NEW JERSEY	m3	78.00	552.47	43,092.66
01.04.02.13	CONCRETO F'C=140 KG/CM2; PARA SOLADO	m3	15.59	487.65	7,602.46
01.04.03	ARMADURA				973,242.44
01.04.03.01	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; BLOQUES DE ANCLAJE	kg	4,167.06	5.94	24,752.34
01.04.03.02	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; PANTALLA DE ANCLAJE	kg	17,600.00	5.94	104,544.00
01.04.03.03	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; PILARES	kg	12,136.13	5.94	72,088.61
01.04.03.04	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; VIGAS CABEZAL	kg	2,820.30	5.94	16,752.58
01.04.03.05	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; PILARES INTERMEDIOS	kg	5,392.46	5.94	32,031.21
01.04.03.06	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; TABLERO	kg	91,009.13	5.94	540,594.23
01.04.03.07	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; DIAGRAMAS	kg	3,967.45	5.94	23,566.65
01.04.03.08	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; TABLERO ACCESO IZQUIERDO	kg	6,005.26	5.94	35,671.24
01.04.03.09	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; TABLERO ACCESO DERECHO	kg	6,789.73	5.94	40,331.00
01.04.03.10	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; LOSAS DE APROXIMACION	kg	1,616.05	5.94	9,599.34
01.04.03.11	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; DURMIENTES	kg	845.45	5.94	5,021.97
01.04.03.12	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2; PARA MUROS NEW JERSEY	kg	11,496.51	5.94	68,289.27
01.05	ESTRUCTURA METALICA				9,902,396.18
01.05.01	FABRICACIÓN ESTRUCTURA METÁLICA DE SUPERESTRUCTURA A709 GR.50	t	478.00	12,503.79	5,976,811.62
01.05.02	ARENADO	t	478.00	428.76	204,947.28
01.05.03	PINTURA ANTICORROSIVA	t	478.00	635.46	303,749.88
01.05.04	PINTURA ESMALTE EPOXICO	t	478.00	695.95	332,664.10
01.05.05	PINTURA ESMALTE POLIURETANO	t	478.00	771.01	368,542.78

01.05.06	TRANSPORTE ESTRUCTURA METÁLICA A OBRA	t	478.00	652.51	311,899.78
01.05.07	MONTAJE Y LANZAMIENTO DE ESTRUCTURA METÁLICA	t	478.00	5,028.83	2,403,780.74
01.06	OBRAS DE CONCRETO PRESFORZADO				1,890,570.88
01.06.01	POSTENSADO				1,303,170.88
01.06.01.01	POSTENSADO	t-m	277,270.40	4.70	1,303,170.88
01.06.02	ANCLAJE EN ROCAS				587,400.00
01.06.02.01	ANCLAJE EN ROCAS	m	400.00	808.50	323,400.00
01.06.02.02	PERFORACION EN ROCAS DE 6"	m	400.00	660.00	264,000.00
01.07	PAVIMENTO ASFÁLTICO				53,699.97
01.07.01	RIEGO DE LIGA	m2	1,722.00	1.41	2,428.02
01.07.02	CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE PARA PUENTE	m3	86.10	184.22	15,861.34
01.07.03	CEMENTO ASFÁLTICO DE PENETRACION 60-70	kg	11,554.62	2.29	26,460.08
01.07.04	EMULSION ASFÁLTICA DE ROTURA RAPIDA CRR-1	l	3,271.80	2.40	7,852.32
01.07.05	ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	kg	57.77	19.01	1,098.21
01.08	VARIOS				565,568.40
01.08.01	APOYOS DE NEOPRENO TIPO I 0.35M X 0.50M (H=10CM)	u	8.00	1,611.56	12,892.48
01.08.02	APOYOS DE NEOPRENO TIPO II 0.35M X 0.35M (H=6.6CM)	u	6.00	1,583.56	9,501.36
01.08.03	TORON DE 7 ALAMBRES ASTM A416 FPU=1860 N/MM2	kg	1,600.14	50.00	80,007.00
01.08.04	PERNOS ANCLAJE D=1" L=0.50M ASTM F1554 G55	u	112.00	50.00	5,600.00
01.08.05	PERNOS ANCLAJE D=2" L=0.35M ASTM F1554 G55	u	32.00	50.00	1,600.00
01.08.06	PERNOS A490 D=25MM L=0.12M	u	4,688.00	50.00	234,400.00
01.08.07	PERNOS ALTA RESISTENCIA A490 D=38MM L=0.30	u	32.00	50.00	1,600.00
01.08.08	PERNOS ALTA RESISTENCIA A490 D=30MM L=0.30	u	48.00	50.00	2,400.00
01.08.09	PERNOS ALTA RESISTENCIA A490 D=25MM L=0.30	u	72.00	50.00	3,600.00
01.08.10	CONECTORES DE CORTE D=3/4"	u	328.00	50.00	16,400.00
01.08.11	CONECTORES DE CORTE D=1"	u	176.00	50.00	8,800.00
01.08.12	TUBOS DE DRENAJE PVC Ø3"	m	456.00	8.14	3,711.84
01.08.13	JUNTAS DE DILATACIÓN	m	20.00	1,042.03	20,840.60
01.08.14	BRUÑADO D=1"	m	386.00	10.92	4,215.12
01.08.15	PRUEBA DE CARGA	u	8.00	20,000.00	160,000.00
Costo Directo					16,350,755.19
COSTO DIRECTO					16,350,755.19
GASTOS GENERALES			25.00%		4,087,688.80
UTILIDAD			10.00%		<u>1,635,075.52</u>
SUBTOTAL					22,073,519.51
IGV			18.00%		<u>3,973,233.51</u>
PRESUPUESTO DE OBRA					26,046,753.02

Del siguiente presupuesto se puede extraer el costo del puente propiamente dicho el cual asciende a S/.16 350 755 .19.

8.3 COMPARACIÓN DE PRESUPUESTOS DE DIVERSOS PROYECTOS

A continuación, se prepara una tabla en la que se muestran los costos por metro lineal de diferentes tipos de puentes empleados en el Perú.

Tabla 52: Costo por metro lineal de puentes peruanos (no incluye accesos)

ITEM	NOMBRE DEL PROYECTO	COSTO	TIPOLOGIA	LONGITUD	COSTO/LONGITUD
1	PUENTE VEHICULAR PONGO ISLA	16,350,755.19	RETICULADO HIBRIDO	140.00	116,791.11
2	PUENTE UBIRIKI	15,762,133.12	ARCO RETICULADO TABLERO INFERIOR	125.00	126,097.06
3	PUENTE MARANURA	28,804,032.44	ARCO TABLERO SUPERIOR	202.00	142,594.22
4	PUENTE ABEJAL	7,276,313.52	ARCO RETICULADO HIBRIDO	50.00	145,526.27
5	PUENTE SALVADOR	49196067.25	PUENTE DE CONCRETO VOLADIZOS SUCESIVOS	300.00	163,986.89
6	PUENTE LEONCIO PRADO	12,000,039.67	PUENTE ARCO TABLERO INFERIOR	43.00	279,070.69
7	PUENTE JUNIN	19,172,765.23	PUENTE ARCO TABLERO INFERIOR	55.50	345,455.23
8	PUENTE NANAY	245,050,666.23	PUENTE ATIRANTADO	437.60	559,987.81

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que la solución de un puente en reticulado de altura variable construido en voladizos sucesivos es una solución competitiva en términos económicos.

CONCLUSIONES

Se han expuesto los aspectos más relevantes a tener en cuenta para el análisis de un puente reticulado híbrido construido por voladizos sucesivos, así como los criterios de diseño aplicables según las normativas actuales.

El puente materia de la presente tesis es solo aplicable a suelos de fundación rocosos de pendientes de mediana a altamente empinadas y se recomienda su uso en proyectos nacionales donde se cumplan estas características permitiendo ahorrar alrededor de 30% y así compensar los costos de corte en trazos sobre terrenos rocosos.

El puente reticulado híbrido de altura variable construido por voladizos sucesivos constituye una excelente solución tanto técnica como económica para abarcar la creciente necesidad de puentes en zonas como la selva alta del Perú.

Las tipologías estructurales propuestas han sido aplicadas anteriormente con éxito en el continente asiático cumpliendo adecuadamente su función aun en condiciones ambientales difíciles.

Se ha demostrado que todas las etapas del proceso constructivo son estables en la configuración de avance por triangulación por lo cual se puede construir habilitando las piezas desde barcaza a nivel del río o desde los accesos.

El factor dimensionante de la losa postensada son las pérdidas debido a los efectos de creep y shrinkage pues reduce de manera significativa las fuerzas postensoras a largo plazo, estos efectos varían de acuerdo a las condiciones ambientales y a la magnitud de las fuerzas postensoras.

La aplicación del postensado es una alternativa que permite abaratar costos en la construcción de puentes, el aprovechamiento de sus propiedades nos permite hacer factibles puentes de esta tipología en muchas partes del territorio nacional.

RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear esta tipología estructural en la región selva para peligros sísmicos con probabilidad de excedencia de 7% en 75 años con valores de PGA inferiores a 0.35g; este valor se basa en una extrapolación respecto al PGA empleado en la presente investigación tomando en cuenta los ratios demanda capacidad D/C obtenidos en el arco metálico en el estado límite de evento extremo en el sentido transversal del puente.

Se recomiendan emplear estas tipologías para relaciones flecha luz entre 1/5 a 1/12 siendo que a partir de 1/10 la losa trabajaría en estado elástico agrietado a tiempo infinito.

Se recomienda plantear cables de postensado longitudinal en los extremos del tablero para el estado último en la combinación de evento extremo en el sentido transversal del tablero

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2014). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* (7 ed.). American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Chen, W.-F., y Duan, L. (2014). *Bridge Engineering Handbook* (II Ed., Vol. II). CRC Press/ Taylor & Francis Group.
- Computers and Structures, Inc. (2016). *CSI Analysis Reference Manual*. Computers and Structures, Inc.
- Hoff, N. (1960). *Creep in Structures*. Springer. doi:1113/1124
- Honarvar, E., Sritharan, S., y Rouse, M. (2017). *Effect of Superstructure Creep and Shrinkage on Column Design Postensioned Concrete Box - Girder Bridges*. (I. Español, Trad.) Bridge Engineering Journal.
- Jung, K.-H., Jay Kim, J.-H., Yi, J.-W., y Lee, S.-H. (2013). Development and Evaluation of New Connection Systems for Hybrid Truss Bridges. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 11, 61-79.
- Kanamoto, T., Osada, K., Iwatate, J., y Usami, O. (2015). Hybrid prestressed concrete bridges with steel truss webs - Sarutagawa bridge and Tomoegawa Bridge. *IABSE-JSCE Joint Conference on Advances in Bridge Engineering-III*, 319-324.
- Manzanares, J., y Hinojoza, I. (25 de Julio de 2013). Relación entre el parámetro flecha-luz y la carga crítica de pandeo lateral para arcos parabólicos biempotrados bajo diferentes hipótesis de cálculo. (E. T. Arquitectura, Ed.) *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 29(3), 152 - 162
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Puentes*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Priestley, M., Seible, F., y Calvi, G. (1996). *Seismic Design and Retrofit of Bridges*. (& S. Jhon Wiley, Ed.). Wiley & Sons - Interscience.
- Reis, A., y Oliveira, J. (2011). Composite Truss Bridges: new trends, design and research. *Steel Construction*, 4(3), 176-182.
- Rusch, H., Jungwirth, D., y Hilsdorf, H. (1983). *Creep and Shrinkage* (Vol. II). Springer, Verlag.
- Shuk, S., y Poon, Y. (10 de Setiembre de 2009). *Optimization Span to Depth Ratios in High Strength Concrete Girder Bridge*, Toronto, Canada.
- Takacs, P. F. (2002). *Deformaciones en puentes voladizos de hormigón: observaciones y modelado teórico*. Trondheim, Noruega: Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología.
- Yoshioka, T. (2005). *The Latest Technologies of Prestressed Concrete Bridges in Japan*. Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles.
- Zhang, Y. (2005). Comparison of bridge structures of railway through truss composite bridges. *Journal of the China Railway Society*, 27(5), 107-110.

ANEXOS

ANEXO 1

MODELO CREEP DEFORMACION

```
function [a,b]=creep(A,P,H,fc,to,tf)
VS=A/P/0.0254;
ks=1.45-0.13*VS;
if ks<1
    ks=1;
end
khc=1.56-0.008*H;
kf=5/(1+fc);

for i=1:tf
    for j=1:tf
        if j>=i
            ktd(i,j)=(j-i+1)/(61-4*fc+(j-i+1));
            phi(i,j)=1.9*ks*khc*kf*ktd(i,j)*(to+i)^(-0.118);
        else phi(i,j)=0;
        end
    end
end
E=2806243;
At=1;
Lc=10;
P=1000;
Y(1)=P;
e=P*Lc/(At*E);
for i=1:tf
    for j=1:tf
        if j==1
            Dph(i,j)=-1*phi(i,j);
        else Dph(i,j)=-1*(phi(i,j)-phi(i,j-1));
        end
    end
end
Dph(1,:)=Dph(1,:)*(-1);
dp=zeros(1,tf);
for i=1:tf
    if i==1
        L(i)=Lc-e;
        dp(i)=e;
    end
    dcr(i)=dp*Dph(:,i);

    if i~=tf
        L(i+1)=L(1)-dcr(i);
        dp(i+1)=dcr(i);
    end
end
DP=dcr./L*At*E;
for i=1:tf
    Y(i+1)=Y(i)-DP(i);
```

```
end
DP;
Y
a=1;
b=1;
end
```

MODELO CREEP GIRO

```
function [a,b]=creepg(A,P,H,fc,to,tf)
VS=A/P/0.0254;
ks=1.45-0.13*VS;
if ks<1
    ks=1;
end
khc=1.56-0.008*H;
kf=5/(1+fc);

for i=1:tf
    for j=1:tf
        if j>=i
            ktd(i,j)=(j-i+1)./(61-4*fc+(j-i+1));
            phi(i,j)=1.9*ks*khc*kf*ktd(i,j)*(to+i-1)^(-0.118);
        else phi(i,j)=0;
        end
    end
end

E=2600000;
I=0.04;
Lv=8;
w=A*2.5;
Y(1)=0;
e=w*Lv^3/(24*I*E);
phi

for i=1:tf
    for j=1:tf
        if j==1
            Dph(i,j)=-1*phi(i,j);
        else Dph(i,j)=-1*(phi(i,j)-phi(i,j-1));
        end
    end
end

Dph(1,:)=Dph(1,:)*(-1);
gp=zeros(1,tf);
for i=1:tf
    if i==1
        gp(i)=e;
    end
    gcr(i)=gp*Dph(:,i);

    if i~=tf
        gp(i+1)=gcr(i);
    end
end
end
```

```
DM=2*gcr*I*E./Lv;  
for i=1:tf  
    Y(i+1)=Y(i)-DM(i);  
end  
DM;  
Y  
a=1;  
b=1;  
end
```

ANEXO 2

CALCULO DE ESFUERZOS EN EL TABLERO ENTRE LOS TRAMOS 1 Y 6

CUADRO DE ACCIONES PRODUCIDOS EN EL TABLERO (t-m)																
	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		GRUA		TEMP +		TEMP -	
Ubc.(m)	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
0	-101.26	-153.84	103.10	-19.50	98.80	-19.01	441.66	17.70	-39.18	-116.34	0.00	0.00	-1026.08	45.94	256.03	-16.38
0.5	-101.26	-127.65	103.10	-16.72	98.80	-16.30	441.66	15.85	-39.18	-97.67	0.00	0.00	-1026.08	42.77	256.03	-15.63
1	-101.26	-103.51	103.10	-14.19	98.80	-13.84	441.66	13.99	-39.18	-79.00	0.00	0.00	-1026.08	39.61	256.03	-14.88
1	-101.26	-103.51	103.10	-14.19	98.80	-13.84	441.66	14.00	-39.18	-78.40	0.00	0.00	-1026.08	39.61	256.03	-14.88
1.5	-101.26	-81.44	103.10	-11.91	98.80	-11.61	441.66	23.42	-39.18	-67.83	0.00	0.00	-1026.08	36.44	256.03	-14.12
2	-101.26	-61.44	103.10	-9.87	98.80	-9.63	441.66	32.84	-39.18	-57.26	0.00	0.00	-1026.08	33.27	256.03	-13.37
2	-101.26	-61.44	103.10	-9.87	98.80	-9.63	441.66	33.03	-39.18	-56.90	0.00	0.00	-1026.08	33.27	256.03	-13.37
2.5	-101.26	-43.50	103.10	-8.09	98.80	-7.89	441.66	50.18	-39.18	-53.23	0.00	0.00	-1026.08	30.10	256.03	-12.62
3	-101.26	-27.62	103.10	-6.56	98.80	-6.40	441.66	67.33	-39.18	-49.56	0.00	0.00	-1026.08	26.94	256.03	-11.87
3	-101.26	-27.62	103.10	-6.56	98.80	-6.40	441.66	67.33	-39.18	-49.56	0.00	0.00	-1026.08	26.94	256.03	-11.87
3.5	-101.26	-13.82	103.10	-5.28	98.80	-5.14	441.66	68.75	-39.18	-46.56	0.00	0.00	-1026.08	23.77	256.03	-11.12
4	-101.26	-2.08	103.10	-4.24	98.80	-4.13	441.66	70.17	-39.18	-43.55	0.00	0.00	-1026.08	20.60	256.03	-10.37
4	-101.26	-2.08	103.10	-4.24	98.80	-4.13	441.66	70.17	-39.18	-43.55	0.00	0.00	-1026.08	20.60	256.03	-10.37
4.5	-101.26	7.58	103.10	-3.46	98.80	-3.36	441.66	72.62	-39.18	-40.65	0.00	0.00	-1026.08	17.43	256.03	-9.62
5	-101.26	15.18	103.10	-2.93	98.80	-2.84	441.66	75.08	-39.18	-37.75	0.00	0.00	-1026.08	14.27	256.03	-8.87
5	-101.26	15.18	103.10	-2.93	98.80	-2.84	441.66	75.50	-39.18	-37.61	0.00	0.00	-1026.08	14.27	256.03	-8.87
5.5	-101.26	20.70	103.10	-2.65	98.80	-2.55	441.66	81.44	-39.18	-35.27	0.00	0.00	-1026.08	11.10	256.03	-8.11
6	-101.26	24.16	103.10	-2.62	98.80	-2.51	441.66	87.38	-39.18	-32.92	0.00	0.00	-1026.08	7.93	256.03	-7.36
6	-101.26	24.16	103.10	-2.62	98.80	-2.51	441.66	87.38	-39.18	-32.92	0.00	0.00	-1026.08	7.93	256.03	-7.36
6.5	-101.26	25.54	103.10	-2.83	98.80	-2.71	441.66	70.82	-39.18	-31.29	0.00	0.00	-1026.08	4.77	256.03	-6.61
7	-101.26	24.85	103.10	-3.30	98.80	-3.16	441.66	54.27	-39.18	-29.66	0.00	0.00	-1026.08	1.60	256.03	-5.86
7	-101.26	24.85	103.10	-3.30	98.80	-3.16	441.66	51.87	-39.18	-29.66	0.00	0.00	-1026.08	1.60	256.03	-5.86
7.5	-101.26	22.09	103.10	-4.02	98.80	-3.84	441.66	38.03	-39.18	-29.16	0.00	0.00	-1026.08	-1.57	256.03	-5.11
8	-101.26	17.26	103.10	-4.99	98.80	-4.77	441.66	24.19	-39.18	-28.66	0.00	0.00	-1026.08	-4.74	256.03	-4.36
8	-101.26	17.26	103.10	-4.99	98.80	-4.77	441.66	24.19	-39.18	-28.66	0.00	0.00	-1026.08	-4.74	256.03	-4.36
8.5	-101.26	10.35	103.10	-6.21	98.80	-5.94	441.66	21.91	-39.18	-33.22	0.00	0.00	-1026.08	-7.90	256.03	-3.61
9	-101.26	1.38	103.10	-7.67	98.80	-7.36	441.66	19.63	-39.18	-37.79	0.00	0.00	-1026.08	-11.07	256.03	-2.86
9	-78.37	-53.61	93.40	-8.54	89.27	-8.21	426.08	17.15	-35.59	-40.37	0.00	0.00	-943.59	-6.01	223.14	-4.26
9.5	-78.37	-31.61	93.40	-6.26	89.27	-5.99	426.08	20.93	-35.59	-36.45	0.00	0.00	-943.59	-6.01	223.14	-4.35
10	-78.37	-11.68	93.40	-4.22	89.27	-4.02	426.08	24.71	-35.59	-32.52	0.00	0.00	-943.59	-6.01	223.14	-4.45
10	-78.37	-11.68	93.40	-4.22	89.27	-4.02	426.08	24.56	-35.59	-32.92	0.00	0.00	-943.59	-6.01	223.14	-4.45
10.5	-78.37	6.18	93.40	-2.44	89.27	-2.29	426.08	36.46	-35.59	-31.24	0.00	0.00	-943.59	-6.01	223.14	-4.55
11	-78.37	21.97	93.40	-0.91	89.27	-0.80	426.08	48.36	-35.59	-29.56	0.00	0.00	-943.59	-6.02	223.14	-4.65
11	-78.37	21.97	93.40	-0.91	89.27	-0.80	426.08	48.36	-35.59	-29.56	0.00	0.00	-943.59	-6.02	223.14	-4.65
11.5	-78.37	35.58	93.40	0.38	89.27	0.44	426.08	62.49	-35.59	-28.12	0.00	0.00	-943.59	-6.02	223.14	-4.74
11.5	-78.37	35.58	93.40	0.38	89.27	0.44	426.08	62.49	-35.59	-28.12	0.00	0.00	-943.59	-6.02	223.14	-4.74
12	-78.37	47.35	93.40	1.41	89.27	1.45	426.08	67.72	-35.59	-26.69	0.00	0.00	-943.59	-6.02	223.14	-4.84
12	-78.37	47.35	93.40	1.41	89.27	1.45	426.08	67.86	-35.59	-26.69	0.00	0.00	-943.59	-6.02	223.14	-4.84
12.5	-78.37	56.92	93.40	2.19	89.27	2.21	426.08	73.80	-35.59	-25.28	0.00	0.00	-943.59	-6.02	223.14	-4.94
13	-78.37	64.43	93.40	2.73	89.27	2.72	426.08	79.74	-35.59	-23.86	0.00	0.00	-943.59	-6.02	223.14	-5.04
13	-78.37	64.43	93.40	2.73	89.27	2.72	426.08	76.07	-35.59	-23.86	0.00	0.00	-943.59	-6.02	223.14	-5.04
13.5	-78.37	69.86	93.40	3.01	89.27	3.00	426.08	81.73	-35.59	-23.30	0.00	0.00	-943.59	-6.03	223.14	-5.13
14	-78.37	73.22	93.40	3.04	89.27	3.03	426.08	87.39	-35.59	-22.74	0.00	0.00	-943.59	-6.03	223.14	-5.23
14	-78.37	73.22	93.40	3.04	89.27	3.03	426.08	87.39	-35.59	-22.74	0.00	0.00	-943.59	-6.03	223.14	-5.23
14.5	-78.37	74.51	93.40	2.83	89.27	2.82	426.08	83.27	-35.59	-22.73	0.00	0.00	-943.59	-6.03	223.14	-5.33
15	-78.37	73.72	93.40	2.36	89.27	2.37	426.08	79.15	-35.59	-22.73	0.00	0.00	-943.59	-6.03	223.14	-5.43
15	-78.37	73.72	93.40	2.36	89.27	2.37	426.08	79.15	-35.59	-22.73	0.00	0.00	-943.59	-6.03	223.14	-5.43
15.5	-78.37	70.86	93.40	1.64	89.27	1.68	426.08	74.08	-35.59	-22.95	0.00	0.00	-943.59	-6.04	223.14	-5.52
16	-78.37	65.93	93.40	0.68	89.27	0.74	426.08	69.01	-35.59	-23.17	0.00	0.00	-943.59	-6.04	223.14	-5.62
16	-78.37	65.93	93.40	0.68	89.27	0.74	426.08	68.86	-35.59	-23.17	0.00	0.00	-943.59	-6.04	223.14	-5.62
16.5	-78.37	58.81	93.40	-0.54	89.27	-0.44	426.08	66.51	-35.59	-24.18	0.00	0.00	-943.59	-6.04	223.14	-5.72
16.5	-78.37	58.81	93.40	-0.54	89.27	-0.44	426.08	66.51	-35.59	-24.18	0.00	0.00	-943.59	-6.04	223.14	-5.72
17	-78.37	49.85	93.40	-2.01	89.27	-1.86	426.08	53.25	-35.59	-25.13	0.00	0.00	-943.59	-6.04	223.14	-5.81

	CUADRO DE ACCIONES PRODUCIDOS EN EL TABLERO (t-m)															
	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		GRUA		TEMP +		TEMP -	
Ubc.(m)	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
17	-78.37	49.85	93.40	-2.01	89.27	-1.86	426.08	53.25	-35.59	-25.13	0.00	0.00	-943.59	-6.04	223.14	-5.81
17.5	-78.37	38.70	93.40	-3.72	89.27	-3.53	426.08	38.64	-35.59	-26.49	0.00	0.00	-943.59	-6.04	223.14	-5.91
18	-78.37	25.47	93.40	-5.69	89.27	-5.43	426.08	24.04	-35.59	-27.85	0.00	0.00	-943.59	-6.05	223.14	-6.01
18	-78.37	25.47	93.40	-5.69	89.27	-5.43	426.08	23.82	-35.59	-27.85	0.00	0.00	-943.59	-6.05	223.14	-6.01
18.5	-78.37	10.18	93.40	-7.91	89.27	-7.58	426.08	20.51	-35.59	-35.04	0.00	0.00	-943.59	-6.05	223.14	-6.11
19	-78.37	-7.18	93.40	-10.37	89.27	-9.98	426.08	17.21	-35.59	-42.23	0.00	0.00	-943.59	-6.05	223.14	-6.20
19	-135.33	-71.10	78.64	-11.44	74.88	-11.02	390.31	14.66	-35.30	-46.00	0.00	0.00	-819.45	0.05	172.98	-7.72
19.5	-135.33	-47.78	78.64	-8.99	74.88	-8.64	390.31	17.69	-35.30	-38.45	0.00	0.00	-819.45	-0.32	172.98	-7.77
20	-135.33	-26.53	78.64	-6.79	74.88	-6.51	390.31	20.71	-35.30	-30.90	0.00	0.00	-819.45	-0.69	172.98	-7.74
20	-135.33	-26.53	78.64	-6.79	74.88	-6.51	390.31	20.92	-35.30	-30.89	0.00	0.00	-819.45	-0.69	172.98	-7.74
20.5	-135.33	-7.34	78.64	-4.84	74.88	-4.61	390.31	36.52	-35.30	-29.35	0.00	0.00	-819.45	-1.06	172.98	-7.75
21	-135.33	9.78	78.64	-3.14	74.88	-2.97	390.31	52.12	-35.30	-27.82	0.00	0.00	-819.45	-1.42	172.98	-7.77
21	-135.33	9.78	78.64	-3.14	74.88	-2.97	390.31	51.95	-35.30	-27.87	0.00	0.00	-819.45	-1.42	172.98	-7.77
21.5	-135.33	24.72	78.64	-1.69	74.88	-1.56	390.31	65.31	-35.30	-26.62	0.00	0.00	-819.45	-1.79	172.98	-7.79
21.5	-135.33	24.72	78.64	-1.69	74.88	-1.56	390.31	65.31	-35.30	-26.62	0.00	0.00	-819.45	-1.79	172.98	-7.79
22	-135.33	37.81	78.64	-0.49	74.88	-0.39	390.31	67.68	-35.30	-25.38	0.00	0.00	-819.45	-2.16	172.98	-7.80
22	-135.33	37.81	78.64	-0.49	74.88	-0.39	390.31	67.83	-35.30	-25.38	0.00	0.00	-819.45	-2.16	172.98	-7.80
22.5	-135.33	48.72	78.64	0.46	74.88	0.53	390.31	71.71	-35.30	-24.50	0.00	0.00	-819.45	-2.53	172.98	-7.82
23	-135.33	57.55	78.64	1.16	74.88	1.21	390.31	75.60	-35.30	-23.63	0.00	0.00	-819.45	-2.90	172.98	-7.83
23	-135.33	57.55	78.64	1.16	74.88	1.21	390.31	75.40	-35.30	-23.63	0.00	0.00	-819.45	-2.90	172.98	-7.83
23.5	-135.33	64.30	78.64	1.61	74.88	1.64	390.31	80.56	-35.30	-23.56	0.00	0.00	-819.45	-3.27	172.98	-7.85
24	-135.33	68.99	78.64	1.81	74.88	1.84	390.31	85.73	-35.30	-23.49	0.00	0.00	-819.45	-3.64	172.98	-7.86
24	-135.33	68.99	78.64	1.81	74.88	1.84	390.31	85.73	-35.30	-23.49	0.00	0.00	-819.45	-3.64	172.98	-7.86
24.5	-135.33	71.59	78.64	1.76	74.88	1.79	390.31	81.47	-35.30	-23.54	0.00	0.00	-819.45	-4.01	172.98	-7.88
25	-135.33	72.12	78.64	1.46	74.88	1.50	390.31	77.22	-35.30	-23.58	0.00	0.00	-819.45	-4.38	172.98	-7.89
25	-135.33	72.12	78.64	1.46	74.88	1.50	390.31	77.22	-35.30	-23.58	0.00	0.00	-819.45	-4.38	172.98	-7.89
25.5	-135.33	70.58	78.64	0.91	74.88	0.97	390.31	72.30	-35.30	-24.48	0.00	0.00	-819.45	-4.75	172.98	-7.91
26	-135.33	66.96	78.64	0.11	74.88	0.19	390.31	67.38	-35.30	-25.37	0.00	0.00	-819.45	-5.12	172.98	-7.92
26	-135.33	66.96	78.64	0.11	74.88	0.19	390.31	66.76	-35.30	-25.37	0.00	0.00	-819.45	-5.12	172.98	-7.92
26.5	-135.33	61.15	78.64	-0.94	74.88	-0.83	390.31	64.39	-35.30	-26.27	0.00	0.00	-819.45	-5.49	172.98	-7.94
26.5	-135.33	61.15	78.64	-0.94	74.88	-0.83	390.31	64.39	-35.30	-26.27	0.00	0.00	-819.45	-5.49	172.98	-7.94
27	-135.33	53.49	78.64	-2.24	74.88	-2.09	390.31	51.09	-35.30	-27.08	0.00	0.00	-819.45	-5.86	172.98	-7.95
27	-135.33	53.49	78.64	-2.24	74.88	-2.09	390.31	51.09	-35.30	-27.08	0.00	0.00	-819.45	-5.86	172.98	-7.95
27.5	-135.33	43.65	78.64	-3.79	74.88	-3.59	390.31	36.44	-35.30	-28.43	0.00	0.00	-819.45	-6.23	172.98	-7.97
28	-135.33	31.73	78.64	-5.59	74.88	-5.34	390.31	21.80	-35.30	-29.78	0.00	0.00	-819.45	-6.60	172.98	-7.98
28	-135.33	31.73	78.64	-5.59	74.88	-5.34	390.31	21.58	-35.30	-29.78	0.00	0.00	-819.45	-6.60	172.98	-7.98
28.5	-135.33	17.74	78.64	-7.64	74.88	-7.32	390.31	18.20	-35.30	-36.93	0.00	0.00	-819.45	-6.97	172.98	-8.00
29	-135.33	1.68	78.64	-9.95	74.88	-9.55	390.31	14.82	-35.30	-44.07	0.00	0.00	-819.45	-7.34	172.98	-8.01
29	-268.56	-67.55	58.85	-11.14	55.75	-10.72	323.48	12.90	-42.47	-48.76	0.00	0.00	-655.69	-1.03	105.62	-9.15
29.5	-268.56	-42.92	58.85	-8.70	55.75	-8.35	323.48	15.79	-42.47	-40.40	0.00	0.00	-655.69	-2.13	105.62	-9.10
30	-268.56	-20.35	58.85	-6.51	55.75	-6.22	323.48	18.67	-42.47	-32.04	0.00	0.00	-655.69	-3.22	105.62	-9.05
30	-268.56	-20.35	58.85	-6.51	55.75	-6.22	323.48	18.86	-42.47	-32.01	0.00	0.00	-655.69	-3.22	105.62	-9.05
30.5	-268.56	0.15	58.85	-4.57	55.75	-4.34	323.48	34.44	-42.47	-30.18	0.00	0.00	-655.69	-4.31	105.62	-9.00
31	-268.56	18.58	58.85	-2.88	55.75	-2.70	323.48	50.02	-42.47	-28.34	0.00	0.00	-655.69	-5.41	105.62	-8.95
31	-268.56	18.58	58.85	-2.88	55.75	-2.70	323.48	49.85	-42.47	-28.40	0.00	0.00	-655.69	-5.41	105.62	-8.95
31.5	-268.56	34.83	58.85	-1.44	55.75	-1.30	323.48	63.37	-42.47	-27.05	0.00	0.00	-655.69	-6.50	105.62	-8.90
31.5	-268.56	34.83	58.85	-1.44	55.75	-1.30	323.48	63.37	-42.47	-27.05	0.00	0.00	-655.69	-6.50	105.62	-8.90
32	-268.56	49.23	58.85	-0.25	55.75	-0.15	323.48	65.73	-42.47	-25.72	0.00	0.00	-655.69	-7.59	105.62	-8.85
32	-268.56	49.23	58.85	-0.25	55.75	-0.15	323.48	65.86	-42.47	-25.72	0.00	0.00	-655.69	-7.59	105.62	-8.85
32.5	-268.56	61.44	58.85	0.69	55.75	0.77	323.48	70.30	-42.47	-25.16	0.00	0.00	-655.69	-8.69	105.62	-8.80
33	-268.56	71.57	58.85	1.39	55.75	1.44	323.48	74.73	-42.47	-24.60	0.00	0.00	-655.69	-9.78	105.62	-8.75
33	-268.56	71.57	58.85	1.39	55.75	1.44	323.48	74.53	-42.47	-24.60	0.00	0.00	-655.69	-9.78	105.62	-8.75
33.5	-268.56	79.62	58.85	1.83	55.75	1.87	323.48	79.84	-42.47	-24.50	0.00	0.00	-655.69	-10.87	105.62	-8.70
34	-268.56	85.59	58.85	2.02	55.75	2.05	323.48	85.15	-42.47	-24.39	0.00	0.00	-655.69	-11.97	105.62	-8.65

	CUADRO DE ACCIONES PRODUCIDOS EN EL TABLERO (t-m)															
	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		GRUA		TEMP +		TEMP -	
Ubc.(m)	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
34	-268.56	85.59	58.85	2.02	55.75	2.05	323.48	85.15	-42.47	-24.39	0.00	0.00	-655.69	-11.97	105.62	-8.65
34.5	-268.56	89.47	58.85	1.96	55.75	1.99	323.48	80.74	-42.47	-24.63	0.00	0.00	-655.69	-13.06	105.62	-8.60
35	-268.56	91.27	58.85	1.65	55.75	1.70	323.48	76.33	-42.47	-24.86	0.00	0.00	-655.69	-14.16	105.62	-8.55
35	-268.56	91.27	58.85	1.65	55.75	1.70	323.48	76.72	-42.47	-24.86	0.00	0.00	-655.69	-14.16	105.62	-8.55
35.5	-268.56	90.99	58.85	1.09	55.75	1.15	323.48	71.27	-42.47	-25.33	0.00	0.00	-655.69	-15.25	105.62	-8.50
36	-268.56	88.62	58.85	0.28	55.75	0.37	323.48	65.82	-42.47	-25.80	0.00	0.00	-655.69	-16.34	105.62	-8.45
36	-268.56	88.62	58.85	0.28	55.75	0.37	323.48	65.22	-42.47	-25.80	0.00	0.00	-655.69	-16.34	105.62	-8.45
36.5	-268.56	84.05	58.85	-0.77	55.75	-0.66	323.48	62.98	-42.47	-26.31	0.00	0.00	-655.69	-17.44	105.62	-8.40
36.5	-268.56	84.05	58.85	-0.77	55.75	-0.66	323.48	62.98	-42.47	-26.31	0.00	0.00	-655.69	-17.44	105.62	-8.40
37	-268.56	77.63	58.85	-2.08	55.75	-1.93	323.48	49.47	-42.47	-27.01	0.00	0.00	-655.69	-18.53	105.62	-8.35
37	-268.56	77.63	58.85	-2.08	55.75	-1.93	323.48	49.65	-42.47	-26.96	0.00	0.00	-655.69	-18.53	105.62	-8.35
37.5	-268.56	69.02	58.85	-3.64	55.75	-3.44	323.48	35.51	-42.47	-28.26	0.00	0.00	-655.69	-19.62	105.62	-8.30
38	-268.56	58.32	58.85	-5.45	55.75	-5.19	323.48	21.36	-42.47	-29.55	0.00	0.00	-655.69	-20.72	105.62	-8.25
38	-268.56	58.32	58.85	-5.45	55.75	-5.19	323.48	20.84	-42.47	-29.56	0.00	0.00	-655.69	-20.72	105.62	-8.25
38.5	-268.56	45.54	58.85	-7.51	55.75	-7.19	323.48	19.55	-42.47	-37.07	0.00	0.00	-655.69	-21.81	105.62	-8.20
39	-268.56	30.69	58.85	-9.82	55.75	-9.43	323.48	18.25	-42.47	-44.59	0.00	0.00	-655.69	-22.90	105.62	-8.15
39	-318.14	-114.41	29.64	-12.33	27.79	-11.85	191.96	14.16	-49.23	-54.77	0.00	0.00	-419.98	-12.11	96.02	-8.99
39.5	-318.14	-80.94	29.64	-9.91	27.79	-9.49	191.96	18.57	-49.23	-44.19	0.00	0.00	-419.98	-11.67	96.02	-9.18
40	-318.14	-49.53	29.64	-7.73	27.79	-7.38	191.96	22.98	-49.23	-33.61	0.00	0.00	-419.98	-11.23	96.02	-9.37
40	-318.14	-49.53	29.64	-7.73	27.79	-7.38	191.96	23.37	-49.23	-33.61	0.00	0.00	-419.98	-11.23	96.02	-9.37
40.5	-318.14	-20.17	29.64	-5.80	27.79	-5.50	191.96	34.48	-49.23	-31.52	0.00	0.00	-419.98	-10.79	96.02	-9.56
41	-318.14	7.13	29.64	-4.12	27.79	-3.87	191.96	45.59	-49.23	-29.44	0.00	0.00	-419.98	-10.34	96.02	-9.75
41	-318.14	7.13	29.64	-4.12	27.79	-3.87	191.96	45.42	-49.23	-29.50	0.00	0.00	-419.98	-10.34	96.02	-9.75
41.5	-318.14	32.24	29.64	-2.69	27.79	-2.48	191.96	59.74	-49.23	-28.39	0.00	0.00	-419.98	-9.90	96.02	-9.94
41.5	-318.14	32.24	29.64	-2.69	27.79	-2.48	191.96	59.74	-49.23	-28.39	0.00	0.00	-419.98	-9.90	96.02	-9.94
42	-318.14	55.51	29.64	-1.51	27.79	-1.34	191.96	65.39	-49.23	-28.21	0.00	0.00	-419.98	-9.46	96.02	-10.13
42	-318.14	55.51	29.64	-1.51	27.79	-1.34	191.96	65.77	-49.23	-28.21	0.00	0.00	-419.98	-9.46	96.02	-10.13
42.5	-318.14	76.58	29.64	-0.58	27.79	-0.44	191.96	68.94	-49.23	-28.43	0.00	0.00	-419.98	-9.01	96.02	-10.32
43	-318.14	95.56	29.64	0.10	27.79	0.23	191.96	72.11	-49.23	-28.66	0.00	0.00	-419.98	-8.57	96.02	-10.52
43	-318.14	95.56	29.64	0.10	27.79	0.23	191.96	71.91	-49.23	-28.66	0.00	0.00	-419.98	-8.57	96.02	-10.52
43.5	-318.14	112.46	29.64	0.53	27.79	0.64	191.96	78.29	-49.23	-28.97	0.00	0.00	-419.98	-8.13	96.02	-10.71
44	-318.14	127.27	29.64	0.71	27.79	0.82	191.96	84.66	-49.23	-29.28	0.00	0.00	-419.98	-7.69	96.02	-10.90
44	-318.14	127.27	29.64	0.71	27.79	0.82	191.96	84.66	-49.23	-29.28	0.00	0.00	-419.98	-7.69	96.02	-10.90
44.5	-318.14	139.98	29.64	0.64	27.79	0.75	191.96	81.19	-49.23	-29.60	0.00	0.00	-419.98	-7.24	96.02	-11.09
45	-318.14	150.59	29.64	0.32	27.79	0.44	191.96	77.73	-49.23	-29.93	0.00	0.00	-419.98	-6.80	96.02	-11.28
45	-318.14	150.59	29.64	0.32	27.79	0.44	191.96	78.12	-49.23	-29.93	0.00	0.00	-419.98	-6.80	96.02	-11.28
45.5	-318.14	159.11	29.64	-0.25	27.79	-0.11	191.96	73.85	-49.23	-30.26	0.00	0.00	-419.98	-6.36	96.02	-11.47
46	-318.14	165.52	29.64	-1.08	27.79	-0.90	191.96	69.59	-49.23	-30.58	0.00	0.00	-419.98	-5.91	96.02	-11.66
46	-318.14	165.52	29.64	-1.08	27.79	-0.90	191.96	68.42	-49.23	-30.58	0.00	0.00	-419.98	-5.91	96.02	-11.66
46.5	-318.14	169.71	29.64	-2.15	27.79	-1.94	191.96	66.96	-49.23	-30.95	0.00	0.00	-419.98	-5.47	96.02	-11.85
46.5	-318.14	169.71	29.64	-2.15	27.79	-1.94	191.96	66.96	-49.23	-30.95	0.00	0.00	-419.98	-5.47	96.02	-11.85
47	-318.14	172.03	29.64	-3.47	27.79	-3.22	191.96	54.35	-49.23	-31.42	0.00	0.00	-419.98	-5.03	96.02	-12.04
47	-318.14	172.03	29.64	-3.47	27.79	-3.22	191.96	54.56	-49.23	-31.40	0.00	0.00	-419.98	-5.03	96.02	-12.04
47.5	-318.14	172.12	29.64	-5.04	27.79	-4.74	191.96	41.28	-49.23	-32.12	0.00	0.00	-419.98	-4.59	96.02	-12.23
48	-318.14	170.11	29.64	-6.86	27.79	-6.50	191.96	28.01	-49.23	-32.84	0.00	0.00	-419.98	-4.14	96.02	-12.42
48	-318.14	170.11	29.64	-6.86	27.79	-6.50	191.96	27.33	-49.23	-32.84	0.00	0.00	-419.98	-4.14	96.02	-12.42
48.5	-318.14	166.00	29.64	-8.93	27.79	-8.51	191.96	26.10	-49.23	-37.96	0.00	0.00	-419.98	-3.70	96.02	-12.62
49	-318.14	159.78	29.64	-11.25	27.79	-10.76	191.96	24.86	-49.23	-43.08	0.00	0.00	-419.98	-3.26	96.02	-12.81
49	-154.44	-137.22	0.61	-15.75	0.56	-15.04	5.71	20.23	-3.46	-60.83	0.00	0.00	-13.04	16.64	-0.58	-11.79
49.5	-154.44	-113.00	0.61	-12.56	0.56	-11.95	5.71	23.12	-3.46	-51.85	0.00	0.00	-13.04	15.12	-0.58	-11.43
50	-154.44	-90.84	0.61	-9.61	0.56	-9.11	5.71	26.00	-3.46	-42.87	0.00	0.00	-13.04	13.60	-0.58	-11.07
50	-154.44	-90.84	0.61	-9.61	0.56	-9.11	5.71	26.42	-3.46	-42.87	0.00	0.00	-13.04	13.60	-0.58	-11.07
50.5	-154.44	-70.74	0.61	-6.92	0.56	-6.51	5.71	37.13	-3.46	-39.47	0.00	0.00	-13.04	12.08	-0.58	-10.71
51	-154.44	-52.69	0.61	-4.47	0.56	-4.16	5.71	47.84	-3.46	-36.07	0.00	0.00	-13.04	10.56	-0.58	-10.36

	CUADRO DE ACCIONES PRODUCIDOS EN EL TABLERO (t-m)															
	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		GRUA		TEMP +		TEMP -	
Ubc.(m)	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
51	-154.44	-52.69	0.61	-4.47	0.56	-4.16	5.71	47.62	-3.46	-36.09	0.00	0.00	-13.04	10.56	-0.58	-10.36
51.5	-154.44	-36.83	0.61	-2.28	0.56	-2.04	5.71	62.00	-3.46	-33.43	0.00	0.00	-13.04	9.04	-0.58	-10.00
51.5	-154.44	-36.83	0.61	-2.28	0.56	-2.04	5.71	62.00	-3.46	-33.43	0.00	0.00	-13.04	9.04	-0.58	-10.00
52	-154.44	-22.80	0.61	-0.33	0.56	-0.17	5.71	67.70	-3.46	-30.80	0.00	0.00	-13.04	7.51	-0.58	-9.64
52	-154.44	-22.80	0.61	-0.33	0.56	-0.17	5.71	68.07	-3.46	-30.80	0.00	0.00	-13.04	7.51	-0.58	-9.64
52.5	-154.44	-10.96	0.61	1.36	0.56	1.46	5.71	73.77	-3.46	-28.19	0.00	0.00	-13.04	5.99	-0.58	-9.28
53	-154.44	-1.18	0.61	2.80	0.56	2.85	5.71	79.46	-3.46	-25.58	0.00	0.00	-13.04	4.47	-0.58	-8.93
53	-154.44	-1.18	0.61	2.80	0.56	2.85	5.71	79.26	-3.46	-25.58	0.00	0.00	-13.04	4.47	-0.58	-8.93
53.5	-154.44	6.53	0.61	4.00	0.56	3.99	5.71	86.97	-3.46	-22.97	0.00	0.00	-13.04	2.95	-0.58	-8.57
54	-154.44	12.17	0.61	4.94	0.56	4.89	5.71	94.68	-3.46	-20.35	0.00	0.00	-13.04	1.43	-0.58	-8.21
54	-154.44	12.17	0.61	4.94	0.56	4.89	5.71	91.34	-3.46	-20.35	0.00	0.00	-13.04	1.43	-0.58	-8.21
54.5	-154.44	15.74	0.61	5.64	0.56	5.55	5.71	88.42	-3.46	-17.80	0.00	0.00	-13.04	-0.09	-0.58	-7.85
55	-154.44	17.24	0.61	6.08	0.56	5.97	5.71	85.51	-3.46	-15.24	0.00	0.00	-13.04	-1.61	-0.58	-7.49
55	-154.44	17.24	0.61	6.08	0.56	5.97	5.71	85.90	-3.46	-15.24	0.00	0.00	-13.04	-1.61	-0.58	-7.49
55.5	-154.44	16.66	0.61	6.27	0.56	6.15	5.71	80.93	-3.46	-12.97	0.00	0.00	-13.04	-3.13	-0.58	-7.14
56	-154.44	14.02	0.61	6.22	0.56	6.08	5.71	75.96	-3.46	-10.71	0.00	0.00	-13.04	-4.65	-0.58	-6.78
56	-154.44	14.02	0.61	6.22	0.56	6.08	5.71	74.24	-3.46	-10.71	0.00	0.00	-13.04	-4.65	-0.58	-6.78
56.5	-154.44	9.19	0.61	5.91	0.56	5.77	5.71	73.14	-3.46	-8.45	0.00	0.00	-13.04	-6.17	-0.58	-6.42
56.5	-154.44	9.19	0.61	5.91	0.56	5.77	5.71	73.14	-3.46	-8.45	0.00	0.00	-13.04	-6.17	-0.58	-6.42
57	-154.44	2.52	0.61	5.36	0.56	5.21	5.71	60.84	-3.46	-6.09	0.00	0.00	-13.04	-7.69	-0.58	-6.06
57	-154.44	2.52	0.61	5.36	0.56	5.21	5.71	60.96	-3.46	-5.77	0.00	0.00	-13.04	-7.69	-0.58	-6.06
57.5	-154.44	-6.34	0.61	4.55	0.56	4.42	5.71	45.05	-3.46	-4.37	0.00	0.00	-13.04	-9.21	-0.58	-5.70
58	-154.44	-17.26	0.61	3.50	0.56	3.38	5.71	29.14	-3.46	-2.97	0.00	0.00	-13.04	-10.73	-0.58	-5.35
58	-154.44	-17.26	0.61	3.50	0.56	3.38	5.71	28.22	-3.46	-2.97	0.00	0.00	-13.04	-10.73	-0.58	-5.35
58.5	-154.44	-30.25	0.61	2.19	0.56	2.10	5.71	17.30	-3.46	-3.45	0.00	0.00	-13.04	-12.25	-0.58	-4.99
59	-154.44	-45.31	0.61	0.63	0.56	0.58	5.71	6.39	-3.46	-3.93	0.00	0.00	-13.04	-13.77	-0.58	-4.63

SERVICIO TU POS (t-m)					
Tramo	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		P	M	P	M
1	0	-483.79	-128.71	-964.62	-262.76
	0.5	-483.79	-102.05	-964.62	-215.57
	1	-483.79	-77.94	-964.62	-170.93
	1	-483.79	-77.93	-964.62	-170.33
	1.5	-483.79	-45.10	-964.62	-136.35
	2	-483.79	-14.83	-964.62	-104.93
	2	-483.79	-14.64	-964.62	-104.57
	2.5	-483.79	20.81	-964.62	-82.61
	3	-483.79	53.69	-964.62	-63.21
	3	-483.79	53.69	-964.62	-63.21
	3.5	-483.79	68.28	-964.62	-47.03
	4	-483.79	80.32	-964.62	-33.41
	4	-483.79	80.32	-964.62	-33.41
	4.5	-483.79	90.82	-964.62	-22.46
	5	-483.79	98.76	-964.62	-14.06
	5	-483.79	99.18	-964.62	-13.93
	5.5	-483.79	108.04	-964.62	-8.66
	6	-483.79	114.34	-964.62	-5.96
	6	-483.79	114.34	-964.62	-5.96
	6.5	-483.79	95.58	-964.62	-6.53
	7	-483.79	74.26	-964.62	-9.67
	7	-483.79	71.86	-964.62	-9.67
	7.5	-483.79	50.69	-964.62	-16.50
	8	-483.79	26.95	-964.62	-25.90
	8	-483.79	26.95	-964.62	-25.90
	8.5	-483.79	12.21	-964.62	-42.92
	9	-483.79	-5.09	-964.62	-62.51

SERVICIO TU NEG (t-m)					
Tramo	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		P	M	P	M
1	0	798.32	-191.03	317.49	-325.07
	0.5	798.32	-160.45	317.49	-273.97
	1	798.32	-132.42	317.49	-225.41
	1	798.32	-132.41	317.49	-224.81
	1.5	798.32	-95.66	317.49	-186.91
	2	798.32	-61.48	317.49	-151.57
	2	798.32	-61.28	317.49	-151.21
	2.5	798.32	-21.92	317.49	-125.33
	3	798.32	14.88	317.49	-102.01
	3	798.32	14.88	317.49	-102.01
	3.5	798.32	33.39	317.49	-81.91
	4	798.32	49.35	317.49	-64.38
	4	798.32	49.35	317.49	-64.38
	4.5	798.32	63.77	317.49	-49.51
	5	798.32	75.63	317.49	-37.20
	5	798.32	76.05	317.49	-37.07
	5.5	798.32	88.83	317.49	-27.88
	6	798.32	99.04	317.49	-21.25
	6	798.32	99.04	317.49	-21.25
	6.5	798.32	84.20	317.49	-17.91
	7	798.32	66.80	317.49	-17.13
	7	798.32	64.40	317.49	-17.13
	7.5	798.32	47.15	317.49	-20.04
	8	798.32	27.33	317.49	-25.52
	8	798.32	27.33	317.49	-25.52
	8.5	798.32	16.51	317.49	-38.63
	9	798.32	3.12	317.49	-54.30

SERVICIO TU POS (t-m)					
		MAX		MIN	
2	9	-413.20	-59.22	-874.87	-116.74
	9.5	-413.20	-28.94	-874.87	-86.32
	10	-413.20	-1.22	-874.87	-58.45
	10	-413.20	-1.37	-874.87	-58.85
	10.5	-413.20	31.90	-874.87	-35.80
	11	-413.20	62.61	-874.87	-15.31
	11	-413.20	62.61	-874.87	-15.31
	11.5	-413.20	92.87	-874.87	2.26
	11.5	-413.20	92.87	-874.87	2.26
	12	-413.20	111.90	-874.87	17.49
	12	-413.20	112.05	-874.87	17.49
	12.5	-413.20	129.10	-874.87	30.03
	13	-413.20	143.60	-874.87	40.00
	13	-413.20	139.92	-874.87	40.00
	13.5	-413.20	151.57	-874.87	46.55
	14	-413.20	160.66	-874.87	50.53
	14	-413.20	160.66	-874.87	50.53
	14.5	-413.20	157.40	-874.87	51.40
	15	-413.20	151.58	-874.87	49.70
	15	-413.20	151.58	-874.87	49.70
	15.5	-413.20	142.23	-874.87	45.20
	16	-413.20	130.32	-874.87	38.14
	16	-413.20	130.17	-874.87	38.14
	16.5	-413.20	118.30	-874.87	27.61
	16.5	-413.20	118.30	-874.87	27.61
	17	-413.20	93.19	-874.87	14.80
	17	-413.20	93.19	-874.87	14.80
	17.5	-413.20	64.05	-874.87	-1.09
	18	-413.20	32.34	-874.87	-19.55
	18	-413.20	32.12	-874.87	-19.55
	18.5	-413.20	9.15	-874.87	-46.40
	19	-413.20	-16.37	-874.87	-75.81

SERVICIO TU NEG (t-m)					
		MAX		MIN	
2	9	753.53	-57.47	291.85	-114.99
	9.5	753.53	-27.29	291.85	-84.66
	10	753.53	0.34	291.85	-56.89
	10	753.53	0.19	291.85	-57.29
	10.5	753.53	33.36	291.85	-34.34
	11	753.53	63.98	291.85	-13.94
	11	753.53	63.98	291.85	-13.94
	11.5	753.53	94.14	291.85	3.54
	11.5	753.53	94.14	291.85	3.54
	12	753.53	113.08	291.85	18.67
	12	753.53	113.22	291.85	18.67
	12.5	753.53	130.19	291.85	31.11
	13	753.53	144.58	291.85	40.99
	13	753.53	140.91	291.85	40.99
	13.5	753.53	152.47	291.85	47.44
	14	753.53	161.46	291.85	51.33
	14	753.53	161.46	291.85	51.33
	14.5	753.53	158.10	291.85	52.10
	15	753.53	152.18	291.85	50.30
	15	753.53	152.18	291.85	50.30
	15.5	753.53	142.74	291.85	45.71
	16	753.53	130.74	291.85	38.55
	16	753.53	130.59	291.85	38.55
	16.5	753.53	118.62	291.85	27.94
	16.5	753.53	118.62	291.85	27.94
	17	753.53	93.41	291.85	15.03
	17	753.53	93.41	291.85	15.03
	17.5	753.53	64.18	291.85	-0.96
	18	753.53	32.38	291.85	-19.51
	18	753.53	32.16	291.85	-19.51
	18.5	753.53	9.10	291.85	-46.46
	19	753.53	-16.53	291.85	-75.96

SERVICIO TU POS (t-m)					
		MAX		MIN	
3	19	-410.95	-78.84	-836.56	-139.51
	19.5	-410.95	-48.04	-836.56	-104.18
	20	-410.95	-19.80	-836.56	-71.41
	20	-410.95	-19.59	-836.56	-71.40
	20.5	-410.95	18.68	-836.56	-47.20
	21	-410.95	54.38	-836.56	-25.56
	21	-410.95	54.20	-836.56	-25.62
	21.5	-410.95	84.98	-836.56	-6.95
	21.5	-410.95	84.98	-836.56	-6.95
	22	-410.95	102.44	-836.56	9.38
	22	-410.95	102.59	-836.56	9.38
	22.5	-410.95	118.88	-836.56	22.66
	23	-410.95	132.61	-836.56	33.38
	23	-410.95	132.41	-836.56	33.38
	23.5	-410.95	144.85	-836.56	40.72
	24	-410.95	154.72	-836.56	45.50
	24	-410.95	154.72	-836.56	45.50
	24.5	-410.95	152.60	-836.56	47.59
	25	-410.95	147.92	-836.56	47.12
	25	-410.95	147.92	-836.56	47.12
	25.5	-410.95	140.00	-836.56	43.23
	26	-410.95	129.52	-836.56	36.77
	26	-410.95	128.90	-836.56	36.77
	26.5	-410.95	118.28	-836.56	27.62
	26.5	-410.95	118.28	-836.56	27.62
	27	-410.95	94.39	-836.56	16.22
	27	-410.95	94.39	-836.56	16.22
	27.5	-410.95	66.48	-836.56	1.60
	28	-410.95	36.00	-836.56	-15.58
	28	-410.95	35.78	-836.56	-15.58
	28.5	-410.95	14.01	-836.56	-41.12
	29	-410.95	-10.33	-836.56	-69.22

SERVICIO TU NEG (t-m)					
		MAX		MIN	
3	19	581.48	-86.61	155.87	-147.27
	19.5	581.48	-55.45	155.87	-111.59
	20	581.48	-26.85	155.87	-78.46
	20	581.48	-26.64	155.87	-78.45
	20.5	581.48	11.98	155.87	-53.90
	21	581.48	48.03	155.87	-31.91
	21	581.48	47.85	155.87	-31.96
	21.5	581.48	78.99	155.87	-12.94
	21.5	581.48	78.99	155.87	-12.94
	22	581.48	96.81	155.87	3.74
	22	581.48	96.95	155.87	3.74
	22.5	581.48	113.60	155.87	17.38
	23	581.48	127.68	155.87	28.45
	23	581.48	127.48	155.87	28.45
	23.5	581.48	140.27	155.87	36.15
	24	581.48	150.50	155.87	41.28
	24	581.48	150.50	155.87	41.28
	24.5	581.48	148.74	155.87	43.73
	25	581.48	144.41	155.87	43.61
	25	581.48	144.41	155.87	43.61
	25.5	581.48	136.85	155.87	40.07
	26	581.48	126.72	155.87	33.97
	26	581.48	126.10	155.87	33.97
	26.5	581.48	115.84	155.87	25.17
	26.5	581.48	115.84	155.87	25.17
	27	581.48	92.30	155.87	14.13
	27	581.48	92.30	155.87	14.13
	27.5	581.48	64.74	155.87	-0.14
	28	581.48	34.62	155.87	-16.96
	28	581.48	34.40	155.87	-16.96
	28.5	581.48	12.98	155.87	-42.15
	29	581.48	-11.01	155.87	-69.90

SERVICIO TU POS (t-m)					
		MAX		MIN	
4	29	-486.17	-77.54	-852.12	-139.20
	29.5	-486.17	-46.31	-852.12	-102.50
	30	-486.17	-17.64	-852.12	-68.35
	30	-486.17	-17.45	-852.12	-68.32
	30.5	-486.17	21.37	-852.12	-43.25
	31	-486.17	57.62	-852.12	-20.75
	31	-486.17	57.45	-852.12	-20.80
	31.5	-486.17	88.96	-852.12	-1.46
	31.5	-486.17	88.96	-852.12	-1.46
	32	-486.17	106.97	-852.12	15.52
	32	-486.17	107.11	-852.12	15.52
	32.5	-486.17	124.51	-852.12	29.05
	33	-486.17	139.35	-852.12	40.01
	33	-486.17	139.14	-852.12	40.01
	33.5	-486.17	152.28	-852.12	47.94
	34	-486.17	162.84	-852.12	53.30
	34	-486.17	162.84	-852.12	53.30
	34.5	-486.17	161.10	-852.12	55.74
	35	-486.17	156.80	-852.12	55.60
	35	-486.17	157.19	-852.12	55.60
	35.5	-486.17	149.26	-852.12	52.66
	36	-486.17	138.75	-852.12	47.13
	36	-486.17	138.15	-852.12	47.13
	36.5	-486.17	128.16	-852.12	38.87
	36.5	-486.17	128.16	-852.12	38.87
	37	-486.17	104.56	-852.12	28.08
	37	-486.17	104.74	-852.12	28.13
	37.5	-486.17	77.82	-852.12	14.06
	38	-486.17	48.32	-852.12	-2.59
	38	-486.17	47.80	-852.12	-2.60
	38.5	-486.17	28.58	-852.12	-28.04
	39	-486.17	6.79	-852.12	-56.05

SERVICIO TU NEG (t-m)					
		MAX		MIN	
4	29	275.14	-85.66	-90.81	-147.32
	29.5	275.14	-53.29	-90.81	-109.48
	30	275.14	-23.47	-90.81	-74.18
	30	275.14	-23.28	-90.81	-74.16
	30.5	275.14	16.68	-90.81	-47.94
	31	275.14	54.07	-90.81	-24.29
	31	275.14	53.90	-90.81	-24.35
	31.5	275.14	86.56	-90.81	-3.87
	31.5	275.14	86.56	-90.81	-3.87
	32	275.14	105.71	-90.81	14.26
	32	275.14	105.85	-90.81	14.26
	32.5	275.14	124.40	-90.81	28.94
	33	275.14	140.37	-90.81	41.04
	33	275.14	140.17	-90.81	41.04
	33.5	275.14	154.45	-90.81	50.11
	34	275.14	166.15	-90.81	56.61
	34	275.14	166.15	-90.81	56.61
	34.5	275.14	165.56	-90.81	60.20
	35	275.14	162.40	-90.81	61.21
	35	275.14	162.79	-90.81	61.21
	35.5	275.14	156.01	-90.81	59.40
	36	275.14	146.64	-90.81	55.02
	36	275.14	146.04	-90.81	55.02
	36.5	275.14	137.20	-90.81	47.90
	36.5	275.14	137.20	-90.81	47.90
	37	275.14	114.74	-90.81	38.26
	37	275.14	114.92	-90.81	38.31
	37.5	275.14	89.14	-90.81	25.38
	38	275.14	60.78	-90.81	9.87
	38	275.14	60.26	-90.81	9.86
	38.5	275.14	42.19	-90.81	-14.43
	39	275.14	21.54	-90.81	-41.29

SERVICIO TU POS (t-m)					
		MAX	MIN		
5	39	-488.73	-136.55	-729.92	-205.48
	39.5	-488.73	-93.45	-729.92	-156.20
	40	-488.73	-52.88	-729.92	-109.46
	40	-488.73	-52.49	-729.92	-109.46
	40.5	-488.73	-7.77	-729.92	-73.78
	41	-488.73	34.39	-729.92	-40.64
	41	-488.73	34.22	-729.92	-40.70
	41.5	-488.73	76.91	-729.92	-11.22
	41.5	-488.73	76.91	-729.92	-11.22
	42	-488.73	108.60	-729.92	14.99
	42	-488.73	108.97	-729.92	14.99
	42.5	-488.73	135.49	-729.92	38.12
	43	-488.73	159.43	-729.92	58.66
	43	-488.73	159.23	-729.92	58.66
	43.5	-488.73	183.79	-729.92	76.54
	44	-488.73	205.77	-729.92	91.83
	44	-488.73	205.77	-729.92	91.83
	44.5	-488.73	215.32	-729.92	104.53
	45	-488.73	222.29	-729.92	114.63
	45	-488.73	222.68	-729.92	114.63
	45.5	-488.73	226.24	-729.92	122.13
	46	-488.73	227.21	-729.92	127.04
	46	-488.73	226.05	-729.92	127.04
	46.5	-488.73	227.11	-729.92	129.20
	46.5	-488.73	227.11	-729.92	129.20
	47	-488.73	214.66	-729.92	128.89
	47	-488.73	214.87	-729.92	128.92
	47.5	-488.73	199.05	-729.92	125.65
	48	-488.73	180.62	-729.92	119.77
	48	-488.73	179.94	-729.92	119.77
	48.5	-488.73	170.96	-729.92	106.91
	49	-488.73	159.38	-729.92	91.44
SERVICIO TU NEG (t-m)					
		MAX	MIN		
5	39	27.27	-133.42	-213.92	-202.35
	39.5	27.27	-90.95	-213.92	-153.71
	40	27.27	-51.02	-213.92	-107.60
	40	27.27	-50.63	-213.92	-107.60
	40.5	27.27	-6.55	-213.92	-72.55
	41	27.27	34.98	-213.92	-40.05
	41	27.27	34.81	-213.92	-40.11
	41.5	27.27	76.86	-213.92	-11.27
	41.5	27.27	76.86	-213.92	-11.27
	42	27.27	107.92	-213.92	14.32
	42	27.27	108.30	-213.92	14.32
	42.5	27.27	134.18	-213.92	36.81
	43	27.27	157.48	-213.92	56.72
	43	27.27	157.29	-213.92	56.72
	43.5	27.27	181.22	-213.92	73.96
	44	27.27	202.56	-213.92	88.62
	44	27.27	202.56	-213.92	88.62
	44.5	27.27	211.48	-213.92	100.68
	45	27.27	217.81	-213.92	110.15
	45	27.27	218.20	-213.92	110.15
	45.5	27.27	221.13	-213.92	117.02
	46	27.27	221.47	-213.92	121.30
	46	27.27	220.30	-213.92	121.30
	46.5	27.27	220.73	-213.92	122.82
	46.5	27.27	220.73	-213.92	122.82
	47	27.27	207.65	-213.92	121.88
	47	27.27	207.86	-213.92	121.91
	47.5	27.27	191.40	-213.92	118.00
	48	27.27	172.34	-213.92	111.49
	48	27.27	171.66	-213.92	111.49
	48.5	27.27	162.04	-213.92	97.99
	49	27.27	149.83	-213.92	81.89
SERVICIO TU POS (t-m)					
		MAX	MIN		
6	49	-160.60	-131.14	-169.77	-212.21
	49.5	-160.60	-99.28	-169.77	-174.25
	50	-160.60	-69.96	-169.77	-138.84
	50	-160.60	-69.54	-169.77	-138.84
	50.5	-160.60	-34.96	-169.77	-111.56
	51	-160.60	-2.93	-169.77	-86.84
	51	-160.60	-3.14	-169.77	-86.86
	51.5	-160.60	29.88	-169.77	-65.54
	51.5	-160.60	29.88	-169.77	-65.54
	52	-160.60	51.91	-169.77	-46.59
	52	-160.60	52.28	-169.77	-46.59
	52.5	-160.60	71.63	-169.77	-30.33
	53	-160.60	88.41	-169.77	-16.63
	53	-160.60	88.21	-169.77	-16.63
	53.5	-160.60	104.45	-169.77	-5.49
	54	-160.60	118.12	-169.77	3.09
	54	-160.60	114.78	-169.77	3.09
	54.5	-160.60	115.26	-169.77	9.05
	55	-160.60	113.19	-169.77	12.44
	55	-160.60	113.58	-169.77	12.44
	55.5	-160.60	106.89	-169.77	12.98
	56	-160.60	97.63	-169.77	10.96
	56	-160.60	95.91	-169.77	10.96
	56.5	-160.60	87.84	-169.77	6.25
	56.5	-160.60	87.84	-169.77	6.25
	57	-160.60	66.24	-169.77	-0.69
	57	-160.60	66.36	-169.77	-0.37
	57.5	-160.60	38.47	-169.77	-10.95
	58	-160.60	8.03	-169.77	-24.08
	58	-160.60	7.10	-169.77	-24.08
	58.5	-160.60	-20.91	-169.77	-41.66
	59	-160.60	-51.48	-169.77	-61.80
SERVICIO TU NEG (t-m)					
		MAX	MIN		
6	49	-148.14	-159.57	-157.31	-240.63
	49.5	-148.14	-125.82	-157.31	-200.79
	50	-148.14	-94.63	-157.31	-163.51
	50	-148.14	-94.21	-157.31	-163.51
	50.5	-148.14	-57.75	-157.31	-134.35
	51	-148.14	-23.84	-157.31	-107.75
	51	-148.14	-24.05	-157.31	-107.77
	51.5	-148.14	10.85	-157.31	-84.57
	51.5	-148.14	10.85	-157.31	-84.57
	52	-148.14	34.75	-157.31	-63.75
	52	-148.14	35.13	-157.31	-63.75
	52.5	-148.14	56.35	-157.31	-45.61
	53	-148.14	75.01	-157.31	-30.03
	53	-148.14	74.81	-157.31	-30.03
	53.5	-148.14	92.92	-157.31	-17.01
	54	-148.14	108.48	-157.31	-6.56
	54	-148.14	105.13	-157.31	-6.56
	54.5	-148.14	107.50	-157.31	1.28
	55	-148.14	107.30	-157.31	6.55
	55	-148.14	107.69	-157.31	6.55
	55.5	-148.14	102.88	-157.31	8.97
	56	-148.14	95.50	-157.31	8.83
	56	-148.14	93.78	-157.31	8.83
	56.5	-148.14	87.59	-157.31	6.00
	56.5	-148.14	87.59	-157.31	6.00
	57	-148.14	67.87	-157.31	0.94
	57	-148.14	67.98	-157.31	1.26
	57.5	-148.14	41.98	-157.31	-7.44
	58	-148.14	13.41	-157.31	-18.70
	58	-148.14	12.49	-157.31	-18.70
	58.5	-148.14	-13.65	-157.31	-34.40
	59	-148.14	-42.34	-157.31	-52.66

CUADRO DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN EL TABLERO (Kg/cm ²)																
Ubc.(m)	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		GRUA		TEMP +		TEMP -	
	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
0	12.75	-38.45	5.03	-1.46	4.85	-1.48	11.18	17.07	10.74	-27.98	0.00	0.00	-34.88	-19.59	9.20	3.75
0.5	10.07	-32.41	4.74	-0.82	4.57	-0.85	11.37	16.64	8.83	-23.67	0.00	0.00	-34.55	-20.32	9.13	3.93
1	7.60	-26.84	4.48	-0.24	4.32	-0.28	11.56	16.22	6.92	-19.37	0.00	0.00	-34.23	-21.05	9.05	4.10
1	7.60	-26.84	4.48	-0.24	4.32	-0.28	11.56	16.22	6.86	-19.23	0.00	0.00	-34.23	-21.05	9.05	4.10
1.5	5.35	-21.75	4.25	0.29	4.09	0.23	10.60	18.39	5.78	-16.79	0.00	0.00	-33.90	-21.78	8.97	4.27
2	3.30	-17.14	4.04	0.76	3.89	0.69	9.63	20.56	4.70	-14.35	0.00	0.00	-33.58	-22.51	8.90	4.45
2	3.30	-17.14	4.04	0.76	3.89	0.69	9.61	20.61	4.66	-14.27	0.00	0.00	-33.58	-22.51	8.90	4.45
2.5	1.47	-13.01	3.86	1.17	3.71	1.09	7.86	24.56	4.29	-13.43	0.00	0.00	-33.26	-23.24	8.82	4.62
3	-0.15	-9.35	3.70	1.52	3.56	1.43	6.11	28.51	3.91	-12.58	0.00	0.00	-32.93	-23.97	8.74	4.79
3	-0.15	-9.35	3.70	1.52	3.56	1.43	6.11	28.51	3.91	-12.58	0.00	0.00	-32.93	-23.97	8.74	4.79
3.5	-1.57	-6.16	3.57	1.82	3.43	1.72	5.96	28.84	3.61	-11.89	0.00	0.00	-32.61	-24.70	8.67	4.97
4	-2.77	-3.46	3.47	2.05	3.33	1.95	5.82	29.17	3.30	-11.19	0.00	0.00	-32.28	-25.43	8.59	5.14
4	-2.77	-3.46	3.47	2.05	3.33	1.95	5.82	29.17	3.30	-11.19	0.00	0.00	-32.28	-25.43	8.59	5.14
4.5	-3.75	-1.23	3.39	2.23	3.25	2.13	5.57	29.73	3.00	-10.52	0.00	0.00	-31.96	-26.16	8.51	5.31
5	-4.53	0.52	3.33	2.36	3.20	2.25	5.31	30.30	2.71	-9.85	0.00	0.00	-31.64	-26.89	8.44	5.49
5	-4.53	0.52	3.33	2.36	3.20	2.25	5.27	30.40	2.69	-9.82	0.00	0.00	-31.64	-26.89	8.44	5.49
5.5	-5.09	1.79	3.30	2.42	3.17	2.32	4.66	31.77	2.45	-9.28	0.00	0.00	-31.31	-27.62	8.36	5.66
6	-5.45	2.59	3.30	2.43	3.16	2.33	4.06	33.13	2.21	-8.74	0.00	0.00	-30.99	-28.35	8.28	5.83
6	-5.45	2.59	3.30	2.43	3.16	2.33	4.06	33.13	2.21	-8.74	0.00	0.00	-30.99	-28.35	8.28	5.83
6.5	-5.59	2.91	3.32	2.38	3.18	2.28	5.75	29.32	2.05	-8.37	0.00	0.00	-30.67	-29.08	8.21	6.01
7	-5.52	2.75	3.37	2.27	3.23	2.18	7.44	25.50	1.88	-7.99	0.00	0.00	-30.34	-29.81	8.13	6.18
7	-5.52	2.75	3.37	2.27	3.23	2.18	7.69	24.95	1.88	-7.99	0.00	0.00	-30.34	-29.81	8.13	6.18
7.5	-5.24	2.11	3.44	2.11	3.30	2.02	9.10	21.76	1.83	-7.87	0.00	0.00	-30.02	-30.54	8.05	6.35
8	-4.74	1.00	3.54	1.88	3.39	1.81	10.52	18.57	1.78	-7.76	0.00	0.00	-29.69	-31.27	7.98	6.53
8	-4.74	1.00	3.54	1.88	3.39	1.81	10.52	18.57	1.78	-7.76	0.00	0.00	-29.69	-31.27	7.98	6.53
8.5	-4.04	-0.59	3.67	1.60	3.51	1.54	10.75	18.04	2.24	-8.81	0.00	0.00	-29.37	-32.00	7.90	6.70
9	-3.12	-2.66	3.82	1.26	3.66	1.21	10.98	17.52	2.71	-9.87	0.00	0.00	-29.05	-32.73	7.82	6.87
9	3.18	-14.66	3.62	0.78	3.46	0.73	10.78	16.49	3.08	-10.36	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.00	5.58
9.5	0.93	-9.59	3.39	1.30	3.24	1.24	10.39	17.36	2.68	-9.45	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.01	5.56
10	-1.11	-5.00	3.18	1.77	3.04	1.70	10.01	18.23	2.28	-8.54	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.02	5.54
10	-1.11	-5.00	3.18	1.77	3.04	1.70	10.02	18.19	2.32	-8.64	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.02	5.54
10.5	-2.94	-0.88	3.00	2.18	2.86	2.10	8.80	20.94	2.15	-8.25	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.03	5.51
11	-4.55	2.76	2.84	2.54	2.71	2.44	7.59	23.68	1.98	-7.86	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.04	5.49
11	-4.55	2.76	2.84	2.54	2.71	2.44	7.59	23.68	1.98	-7.86	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.04	5.49
11.5	-5.94	5.90	2.71	2.83	2.58	2.73	6.14	26.94	1.83	-7.53	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.05	5.47
11.5	-5.94	5.90	2.71	2.83	2.58	2.73	6.14	26.94	1.83	-7.53	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.05	5.47
12	-7.15	8.61	2.60	3.07	2.48	2.96	5.61	28.14	1.68	-7.20	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.06	5.45
12	-7.15	8.61	2.60	3.07	2.48	2.96	5.59	28.18	1.68	-7.20	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.06	5.45
12.5	-8.12	10.82	2.52	3.25	2.40	3.13	4.99	29.55	1.54	-6.87	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.07	5.42
13	-8.89	12.55	2.47	3.38	2.35	3.25	4.38	30.92	1.39	-6.55	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.08	5.40
13	-8.89	12.55	2.47	3.38	2.35	3.25	4.76	30.07	1.39	-6.55	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.08	5.40
13.5	-9.45	13.80	2.44	3.44	2.32	3.32	4.18	31.37	1.34	-6.42	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.09	5.38
14	-9.79	14.58	2.44	3.45	2.32	3.32	3.60	32.68	1.28	-6.29	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.10	5.36
14	-9.79	14.58	2.44	3.45	2.32	3.32	3.60	32.68	1.28	-6.29	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.10	5.36
14.5	-9.92	14.87	2.46	3.40	2.34	3.28	4.02	31.73	1.28	-6.29	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.11	5.33
15	-9.84	14.69	2.51	3.29	2.38	3.17	4.44	30.78	1.28	-6.29	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.12	5.31
15	-9.84	14.69	2.51	3.29	2.38	3.17	4.44	30.78	1.28	-6.29	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.12	5.31
15.5	-9.55	14.03	2.58	3.13	2.45	3.01	4.96	29.61	1.30	-6.34	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.13	5.29
16	-9.04	12.90	2.68	2.90	2.55	2.80	5.48	28.44	1.32	-6.39	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.14	5.27
16	-9.04	12.90	2.68	2.90	2.55	2.80	5.49	28.41	1.32	-6.39	0.00	0.00	-27.14	-29.14	7.14	5.27
16.5	-8.32	11.25	2.80	2.62	2.67	2.52	5.73	27.86	1.42	-6.62	0.00	0.00	-27.14	-29.15	7.15	5.24
16.5	-8.32	11.25	2.80	2.62	2.67	2.52	5.73	27.86	1.42	-6.62	0.00	0.00	-27.14	-29.15	7.15	5.24
17	-7.40	9.19	2.95	2.28	2.82	2.20	7.09	24.81	1.52	-6.84	0.00	0.00	-27.13	-29.15	7.16	5.22

CUADRO DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN EL TABLERO (Kg/cm2)																
Ubc.(m)	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		GRUA		TEMP +		TEMP -	
	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
17	-7.40	9.19	2.95	2.28	2.82	2.20	7.09	24.81	1.52	-6.84	0.00	0.00	-27.13	-29.15	7.16	5.22
17.5	-6.26	6.62	3.13	1.89	2.99	1.81	8.58	21.44	1.66	-7.15	0.00	0.00	-27.13	-29.15	7.17	5.20
18	-4.91	3.57	3.33	1.44	3.18	1.37	10.07	18.07	1.80	-7.47	0.00	0.00	-27.13	-29.15	7.18	5.18
18	-4.91	3.57	3.33	1.44	3.18	1.37	10.10	18.02	1.80	-7.47	0.00	0.00	-27.13	-29.15	7.18	5.18
18.5	-3.35	0.04	3.56	0.92	3.40	0.88	10.43	17.26	2.54	-9.13	0.00	0.00	-27.13	-29.15	7.19	5.15
19	-1.57	-3.96	3.81	0.36	3.65	0.33	10.77	16.50	3.27	-10.78	0.00	0.00	-27.13	-29.15	7.20	5.13
19	3.29	-20.37	3.48	-0.32	3.33	-0.34	9.98	14.86	3.66	-11.64	0.00	0.00	-24.11	-24.09	5.88	3.31
19.5	0.90	-15.00	3.23	0.24	3.09	0.21	9.67	15.56	2.89	-9.90	0.00	0.00	-24.07	-24.17	5.88	3.31
20	-1.27	-10.10	3.01	0.75	2.87	0.70	9.36	16.25	2.12	-8.16	0.00	0.00	-24.03	-24.26	5.88	3.30
20	-1.27	-10.10	3.01	0.75	2.87	0.70	9.34	16.30	2.12	-8.16	0.00	0.00	-24.03	-24.26	5.88	3.30
20.5	-3.23	-5.67	2.81	1.20	2.67	1.14	7.75	19.90	1.96	-7.81	0.00	0.00	-23.99	-24.34	5.88	3.30
21	-4.98	-1.72	2.63	1.59	2.51	1.52	6.15	23.50	1.81	-7.45	0.00	0.00	-23.96	-24.43	5.88	3.30
21	-4.98	-1.72	2.63	1.59	2.51	1.52	6.17	23.46	1.81	-7.46	0.00	0.00	-23.96	-24.43	5.88	3.30
21.5	-6.51	1.72	2.49	1.92	2.36	1.84	4.80	26.54	1.68	-7.18	0.00	0.00	-23.92	-24.52	5.88	3.29
21.5	-6.51	1.72	2.49	1.92	2.36	1.84	4.80	26.54	1.68	-7.18	0.00	0.00	-23.92	-24.52	5.88	3.29
22	-7.85	4.74	2.36	2.20	2.24	2.11	4.56	27.08	1.56	-6.89	0.00	0.00	-23.88	-24.60	5.88	3.29
22	-7.85	4.74	2.36	2.20	2.24	2.11	4.55	27.12	1.56	-6.89	0.00	0.00	-23.88	-24.60	5.88	3.29
22.5	-8.96	7.25	2.27	2.42	2.15	2.32	4.15	28.01	1.47	-6.69	0.00	0.00	-23.84	-24.69	5.89	3.29
23	-9.86	9.29	2.19	2.58	2.08	2.48	3.75	28.91	1.38	-6.49	0.00	0.00	-23.80	-24.77	5.89	3.28
23	-9.86	9.29	2.19	2.58	2.08	2.48	3.77	28.86	1.38	-6.49	0.00	0.00	-23.80	-24.77	5.89	3.28
23.5	-10.55	10.84	2.15	2.68	2.03	2.58	3.24	30.05	1.37	-6.47	0.00	0.00	-23.77	-24.86	5.89	3.28
24	-11.03	11.92	2.13	2.73	2.01	2.63	2.72	31.24	1.36	-6.45	0.00	0.00	-23.73	-24.94	5.89	3.28
24	-11.03	11.92	2.13	2.73	2.01	2.63	2.72	31.24	1.36	-6.45	0.00	0.00	-23.73	-24.94	5.89	3.28
24.5	-11.30	12.53	2.13	2.72	2.02	2.62	3.15	30.26	1.37	-6.46	0.00	0.00	-23.69	-25.03	5.89	3.27
25	-11.35	12.65	2.16	2.65	2.05	2.55	3.59	29.28	1.37	-6.47	0.00	0.00	-23.65	-25.11	5.89	3.27
25	-11.35	12.65	2.16	2.65	2.05	2.55	3.59	29.28	1.37	-6.47	0.00	0.00	-23.65	-25.11	5.89	3.27
25.5	-11.20	12.29	2.22	2.52	2.10	2.43	4.09	28.15	1.46	-6.68	0.00	0.00	-23.62	-25.20	5.90	3.26
26	-10.83	11.46	2.30	2.34	2.18	2.25	4.59	27.01	1.56	-6.89	0.00	0.00	-23.58	-25.28	5.90	3.26
26	-10.83	11.46	2.30	2.34	2.18	2.25	4.65	26.87	1.56	-6.89	0.00	0.00	-23.58	-25.28	5.90	3.26
26.5	-10.23	10.12	2.41	2.10	2.29	2.01	4.90	26.33	1.65	-7.09	0.00	0.00	-23.54	-25.37	5.90	3.26
26.5	-10.23	10.12	2.41	2.10	2.29	2.01	4.90	26.33	1.65	-7.09	0.00	0.00	-23.54	-25.37	5.90	3.26
27	-9.45	8.35	2.54	1.80	2.42	1.72	6.26	23.26	1.73	-7.28	0.00	0.00	-23.50	-25.45	5.90	3.25
27	-9.45	8.35	2.54	1.80	2.42	1.72	6.26	23.26	1.73	-7.28	0.00	0.00	-23.50	-25.45	5.90	3.25
27.5	-8.44	6.08	2.70	1.44	2.57	1.37	7.75	19.88	1.87	-7.59	0.00	0.00	-23.46	-25.54	5.90	3.25
28	-7.22	3.34	2.89	1.02	2.75	0.97	9.25	16.51	2.01	-7.90	0.00	0.00	-23.43	-25.62	5.90	3.25
28	-7.22	3.34	2.89	1.02	2.75	0.97	9.27	16.45	2.01	-7.90	0.00	0.00	-23.43	-25.62	5.90	3.25
28.5	-5.79	0.11	3.09	0.55	2.95	0.51	9.62	15.68	2.74	-9.55	0.00	0.00	-23.39	-25.71	5.91	3.24
29	-4.15	-3.59	3.33	0.02	3.18	0.00	9.96	14.90	3.47	-11.20	0.00	0.00	-23.35	-25.79	5.91	3.24
29	-0.99	-23.47	2.87	-0.84	2.74	-0.83	8.20	12.49	3.74	-12.49	0.00	0.00	-19.18	-19.52	4.04	1.00
29.5	-3.51	-17.79	2.62	-0.28	2.49	-0.29	7.90	13.15	2.88	-10.56	0.00	0.00	-19.07	-19.77	4.04	1.01
30	-5.82	-12.59	2.40	0.23	2.28	0.20	7.61	13.82	2.03	-8.64	0.00	0.00	-18.96	-20.03	4.03	1.02
30	-5.82	-12.59	2.40	0.23	2.28	0.20	7.59	13.86	2.02	-8.63	0.00	0.00	-18.96	-20.03	4.03	1.02
30.5	-7.91	-7.86	2.20	0.68	2.08	0.64	5.99	17.45	1.84	-8.21	0.00	0.00	-18.84	-20.28	4.03	1.03
31	-9.80	-3.62	2.03	1.07	1.92	1.02	4.40	21.05	1.65	-7.78	0.00	0.00	-18.73	-20.53	4.02	1.04
31	-9.80	-3.62	2.03	1.07	1.92	1.02	4.42	21.01	1.65	-7.80	0.00	0.00	-18.73	-20.53	4.02	1.04
31.5	-11.46	0.13	1.88	1.40	1.77	1.34	3.04	24.12	1.52	-7.49	0.00	0.00	-18.62	-20.78	4.02	1.05
31.5	-11.46	0.13	1.88	1.40	1.77	1.34	3.04	24.12	1.52	-7.49	0.00	0.00	-18.62	-20.78	4.02	1.05
32	-12.93	3.45	1.76	1.67	1.65	1.61	2.79	24.67	1.38	-7.18	0.00	0.00	-18.51	-21.04	4.01	1.07
32	-12.93	3.45	1.76	1.67	1.65	1.61	2.78	24.70	1.38	-7.18	0.00	0.00	-18.51	-21.04	4.01	1.07
32.5	-14.18	6.27	1.66	1.89	1.56	1.82	2.33	25.72	1.32	-7.05	0.00	0.00	-18.40	-21.29	4.01	1.08
33	-15.22	8.60	1.59	2.05	1.49	1.97	1.87	26.74	1.27	-6.92	0.00	0.00	-18.29	-21.54	4.00	1.09
33	-15.22	8.60	1.59	2.05	1.49	1.97	1.89	26.70	1.27	-6.92	0.00	0.00	-18.29	-21.54	4.00	1.09
33.5	-16.04	10.46	1.54	2.15	1.45	2.07	1.35	27.92	1.26	-6.90	0.00	0.00	-18.17	-21.79	4.00	1.10
34	-16.65	11.83	1.52	2.20	1.43	2.11	0.81	29.14	1.24	-6.87	0.00	0.00	-18.06	-22.04	3.99	1.11

CUADRO DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN EL TABLERO (Kg/cm ²)																
Ubc.(m)	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		GRUA		TEMP +		TEMP -	
	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
34	-16.65	11.83	1.52	2.20	1.43	2.11	0.81	29.14	1.24	-6.87	0.00	0.00	-18.06	-22.04	3.99	1.11
34.5	-17.05	12.73	1.53	2.18	1.44	2.10	1.26	28.13	1.27	-6.93	0.00	0.00	-17.95	-22.30	3.99	1.12
35	-17.23	13.14	1.56	2.11	1.47	2.03	1.71	27.11	1.29	-6.98	0.00	0.00	-17.84	-22.55	3.98	1.13
35	-17.23	13.14	1.56	2.11	1.47	2.03	1.67	27.20	1.29	-6.98	0.00	0.00	-17.84	-22.55	3.98	1.13
35.5	-17.20	13.08	1.62	1.98	1.52	1.91	2.23	25.95	1.34	-7.09	0.00	0.00	-17.73	-22.80	3.98	1.15
36	-16.96	12.53	1.70	1.80	1.60	1.72	2.78	24.69	1.39	-7.20	0.00	0.00	-17.61	-23.05	3.97	1.16
36	-16.96	12.53	1.70	1.80	1.60	1.72	2.85	24.55	1.39	-7.20	0.00	0.00	-17.61	-23.05	3.97	1.16
36.5	-16.49	11.48	1.81	1.55	1.71	1.49	3.08	24.03	1.44	-7.32	0.00	0.00	-17.50	-23.30	3.97	1.17
36.5	-16.49	11.48	1.81	1.55	1.71	1.49	3.08	24.03	1.44	-7.32	0.00	0.00	-17.50	-23.30	3.97	1.17
37	-15.84	10.00	1.94	1.25	1.84	1.20	4.46	20.92	1.51	-7.48	0.00	0.00	-17.39	-23.56	3.96	1.18
37	-15.84	10.00	1.94	1.25	1.84	1.20	4.44	20.96	1.51	-7.47	0.00	0.00	-17.39	-23.56	3.96	1.18
37.5	-14.95	8.01	2.10	0.89	1.99	0.85	5.88	17.70	1.64	-7.76	0.00	0.00	-17.28	-23.81	3.96	1.19
38	-13.86	5.55	2.29	0.47	2.17	0.44	7.33	14.44	1.77	-8.06	0.00	0.00	-17.17	-24.06	3.95	1.20
38	-13.86	5.55	2.29	0.47	2.17	0.44	7.38	14.32	1.77	-8.06	0.00	0.00	-17.17	-24.06	3.95	1.20
38.5	-12.55	2.60	2.50	0.00	2.37	-0.02	7.52	14.02	2.54	-9.80	0.00	0.00	-17.06	-24.31	3.95	1.22
39	-11.04	-0.82	2.73	-0.53	2.60	-0.53	7.65	13.72	3.31	-11.53	0.00	0.00	-16.94	-24.57	3.94	1.23
39	2.34	-35.73	2.13	-1.97	2.03	-1.91	4.20	8.91	4.15	-14.08	0.00	0.00	-11.11	-15.15	3.74	0.75
39.5	-1.08	-28.02	1.88	-1.41	1.79	-1.37	3.75	9.93	3.07	-11.64	0.00	0.00	-11.16	-15.04	3.76	0.71
40	-4.29	-20.78	1.66	-0.91	1.57	-0.88	3.30	10.94	1.99	-9.20	0.00	0.00	-11.20	-14.94	3.78	0.66
40	-4.29	-20.78	1.66	-0.91	1.57	-0.88	3.26	11.03	1.99	-9.20	0.00	0.00	-11.20	-14.94	3.78	0.66
40.5	-7.30	-14.01	1.46	-0.46	1.38	-0.45	2.12	13.60	1.77	-8.72	0.00	0.00	-11.25	-14.84	3.80	0.62
41	-10.09	-7.71	1.29	-0.08	1.21	-0.08	0.98	16.16	1.56	-8.23	0.00	0.00	-11.29	-14.74	3.82	0.58
41	-10.09	-7.71	1.29	-0.08	1.21	-0.08	1.00	16.12	1.57	-8.25	0.00	0.00	-11.29	-14.74	3.82	0.58
41.5	-12.65	-1.92	1.15	0.25	1.07	0.24	-0.46	19.42	1.45	-7.99	0.00	0.00	-11.34	-14.63	3.84	0.53
41.5	-12.65	-1.92	1.15	0.25	1.07	0.24	-0.46	19.42	1.45	-7.99	0.00	0.00	-11.34	-14.63	3.84	0.53
42	-15.03	3.44	1.03	0.52	0.95	0.51	-1.04	20.72	1.44	-7.95	0.00	0.00	-11.39	-14.53	3.86	0.49
42	-15.03	3.44	1.03	0.52	0.95	0.51	-1.08	20.81	1.44	-7.95	0.00	0.00	-11.39	-14.53	3.86	0.49
42.5	-17.19	8.30	0.93	0.74	0.86	0.72	-1.40	21.54	1.46	-8.00	0.00	0.00	-11.43	-14.43	3.88	0.44
43	-19.13	12.68	0.86	0.89	0.79	0.87	-1.73	22.27	1.48	-8.05	0.00	0.00	-11.48	-14.33	3.90	0.40
43	-19.13	12.68	0.86	0.89	0.79	0.87	-1.71	22.23	1.48	-8.05	0.00	0.00	-11.48	-14.33	3.90	0.40
43.5	-20.85	16.57	0.82	0.99	0.75	0.97	-2.36	23.69	1.51	-8.13	0.00	0.00	-11.52	-14.23	3.92	0.36
44	-22.37	19.98	0.80	1.03	0.73	1.01	-3.01	25.16	1.55	-8.20	0.00	0.00	-11.57	-14.12	3.94	0.31
44	-22.37	19.98	0.80	1.03	0.73	1.01	-3.01	25.16	1.55	-8.20	0.00	0.00	-11.57	-14.12	3.94	0.31
44.5	-23.67	22.92	0.81	1.02	0.74	0.99	-2.65	24.37	1.58	-8.27	0.00	0.00	-11.61	-14.02	3.96	0.27
45	-24.75	25.36	0.84	0.94	0.77	0.92	-2.30	23.57	1.61	-8.35	0.00	0.00	-11.66	-13.92	3.98	0.22
45	-24.75	25.36	0.84	0.94	0.77	0.92	-2.34	23.66	1.61	-8.35	0.00	0.00	-11.66	-13.92	3.98	0.22
45.5	-25.62	27.32	0.90	0.81	0.83	0.79	-1.90	22.67	1.64	-8.42	0.00	0.00	-11.70	-13.82	4.00	0.18
46	-26.28	28.80	0.98	0.62	0.91	0.61	-1.47	21.69	1.68	-8.50	0.00	0.00	-11.75	-13.72	4.02	0.14
46	-26.28	28.80	0.98	0.62	0.91	0.61	-1.35	21.42	1.68	-8.50	0.00	0.00	-11.75	-13.72	4.02	0.14
46.5	-26.71	29.77	1.09	0.38	1.02	0.37	-1.20	21.08	1.72	-8.58	0.00	0.00	-11.79	-13.61	4.04	0.09
46.5	-26.71	29.77	1.09	0.38	1.02	0.37	-1.20	21.08	1.72	-8.58	0.00	0.00	-11.79	-13.61	4.04	0.09
47	-26.94	30.30	1.23	0.07	1.15	0.08	0.09	18.18	1.76	-8.69	0.00	0.00	-11.84	-13.51	4.06	0.05
47	-26.94	30.30	1.23	0.07	1.15	0.08	0.07	18.22	1.76	-8.69	0.00	0.00	-11.84	-13.51	4.06	0.05
47.5	-26.95	30.33	1.39	-0.29	1.30	-0.27	1.43	15.16	1.84	-8.85	0.00	0.00	-11.88	-13.41	4.07	0.00
48	-26.75	29.86	1.57	-0.71	1.48	-0.68	2.78	12.10	1.91	-9.02	0.00	0.00	-11.93	-13.31	4.09	-0.04
48	-26.75	29.86	1.57	-0.71	1.48	-0.68	2.85	11.95	1.91	-9.02	0.00	0.00	-11.93	-13.31	4.09	-0.04
48.5	-26.33	28.91	1.78	-1.19	1.69	-1.14	2.98	11.66	2.43	-10.20	0.00	0.00	-11.97	-13.21	4.11	-0.08
49	-25.69	27.48	2.02	-1.72	1.92	-1.66	3.10	11.38	2.96	-11.38	0.00	0.00	-12.02	-13.10	4.13	-0.13
49	9.49	-36.18	1.63	-3.61	1.55	-3.45	-1.90	4.83	6.12	-14.13	0.00	0.00	-2.08	3.45	1.19	-2.73
49.5	7.01	-30.60	1.30	-2.88	1.24	-2.74	-2.20	5.50	5.20	-12.06	0.00	0.00	-1.93	3.10	1.15	-2.65
50	4.74	-25.49	1.00	-2.20	0.95	-2.08	-2.49	6.16	4.28	-9.99	0.00	0.00	-1.77	2.75	1.11	-2.57
50	4.74	-25.49	1.00	-2.20	0.95	-2.08	-2.53	6.26	4.28	-9.99	0.00	0.00	-1.77	2.75	1.11	-2.57
50.5	2.69	-20.85	0.73	-1.58	0.68	-1.48	-3.63	8.73	3.93	-9.20	0.00	0.00	-1.62	2.40	1.08	-2.49
51	0.84	-16.69	0.48	-1.01	0.44	-0.94	-4.72	11.20	3.59	-8.42	0.00	0.00	-1.46	2.05	1.04	-2.40

CUADRO DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN EL TABLERO (Kg/cm2)																
Ubc.(m)	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		GRUA		TEMP +		TEMP -	
	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
51	0.84	-16.69	0.48	-1.01	0.44	-0.94	-4.70	11.15	3.59	-8.42	0.00	0.00	-1.46	2.05	1.04	-2.40
51.5	-0.78	-13.03	0.25	-0.51	0.23	-0.45	-6.17	14.46	3.32	-7.81	0.00	0.00	-1.31	1.70	1.01	-2.32
51.5	-0.78	-13.03	0.25	-0.51	0.23	-0.45	-6.17	14.46	3.32	-7.81	0.00	0.00	-1.31	1.70	1.01	-2.32
52	-2.21	-9.80	0.05	-0.06	0.03	-0.02	-6.75	15.78	3.05	-7.20	0.00	0.00	-1.15	1.35	0.97	-2.24
52	-2.21	-9.80	0.05	-0.06	0.03	-0.02	-6.79	15.86	3.05	-7.20	0.00	0.00	-1.15	1.35	0.97	-2.24
52.5	-3.42	-7.07	-0.12	0.33	-0.13	0.35	-7.37	17.17	2.78	-6.60	0.00	0.00	-1.00	1.00	0.93	-2.16
53	-4.42	-4.81	-0.27	0.66	-0.27	0.67	-7.96	18.49	2.51	-6.00	0.00	0.00	-0.84	0.65	0.90	-2.07
53	-4.42	-4.81	-0.27	0.66	-0.27	0.67	-7.93	18.44	2.51	-6.00	0.00	0.00	-0.84	0.65	0.90	-2.07
53.5	-5.21	-3.04	-0.39	0.94	-0.39	0.94	-8.72	20.22	2.25	-5.40	0.00	0.00	-0.69	0.30	0.86	-1.99
54	-5.79	-1.74	-0.49	1.16	-0.48	1.14	-9.51	22.00	1.98	-4.79	0.00	0.00	-0.53	-0.05	0.82	-1.91
54	-5.79	-1.74	-0.49	1.16	-0.48	1.14	-9.17	21.23	1.98	-4.79	0.00	0.00	-0.53	-0.05	0.82	-1.91
54.5	-6.15	-0.91	-0.56	1.32	-0.55	1.30	-8.87	20.55	1.72	-4.20	0.00	0.00	-0.37	-0.40	0.79	-1.83
55	-6.30	-0.57	-0.60	1.42	-0.59	1.39	-8.57	19.88	1.46	-3.62	0.00	0.00	-0.22	-0.75	0.75	-1.74
55	-6.30	-0.57	-0.60	1.42	-0.59	1.39	-8.61	19.97	1.46	-3.62	0.00	0.00	-0.22	-0.75	0.75	-1.74
55.5	-6.25	-0.70	-0.62	1.46	-0.61	1.43	-8.11	18.83	1.22	-3.09	0.00	0.00	-0.06	-1.10	0.71	-1.66
56	-5.98	-1.31	-0.62	1.45	-0.60	1.42	-7.60	17.68	0.99	-2.57	0.00	0.00	0.09	-1.45	0.68	-1.58
56	-5.98	-1.31	-0.62	1.45	-0.60	1.42	-7.42	17.28	0.99	-2.57	0.00	0.00	0.09	-1.45	0.68	-1.58
56.5	-5.48	-2.42	-0.59	1.38	-0.57	1.35	-7.31	17.03	0.76	-2.05	0.00	0.00	0.25	-1.81	0.64	-1.50
56.5	-5.48	-2.42	-0.59	1.38	-0.57	1.35	-7.31	17.03	0.76	-2.05	0.00	0.00	0.25	-1.81	0.64	-1.50
57	-4.80	-3.96	-0.53	1.25	-0.52	1.22	-6.05	14.20	0.52	-1.50	0.00	0.00	0.40	-2.16	0.60	-1.41
57	-4.80	-3.96	-0.53	1.25	-0.52	1.22	-6.06	14.22	0.49	-1.43	0.00	0.00	0.40	-2.16	0.60	-1.41
57.5	-3.89	-6.00	-0.45	1.07	-0.44	1.04	-4.44	10.55	0.34	-1.11	0.00	0.00	0.56	-2.51	0.57	-1.33
58	-2.78	-8.52	-0.34	0.82	-0.33	0.80	-2.81	6.89	0.20	-0.79	0.00	0.00	0.71	-2.86	0.53	-1.25
58	-2.78	-8.52	-0.34	0.82	-0.33	0.80	-2.72	6.67	0.20	-0.79	0.00	0.00	0.71	-2.86	0.53	-1.25
58.5	-1.45	-11.52	-0.21	0.52	-0.20	0.50	-1.60	4.16	0.25	-0.90	0.00	0.00	0.87	-3.21	0.49	-1.17
59	0.09	-14.99	-0.05	0.16	-0.04	0.15	-0.48	1.64	0.30	-1.01	0.00	0.00	1.02	-3.56	0.46	-1.08

SERVICIO TU POS (Kg/cm2)					
Tramo	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
1	0	-1.07	-43.90	-1.51	-88.95
	0.5	-3.80	-37.76	-6.33	-78.07
	1	-6.26	-32.20	-10.90	-67.78
	1	-6.26	-32.20	-10.96	-67.64
	1.5	-9.62	-24.63	-14.43	-59.81
	2	-12.71	-17.65	-17.64	-52.56
	2	-12.73	-17.60	-17.68	-52.48
	2.5	-16.36	-9.43	-19.93	-47.42
	3	-19.72	-1.85	-21.91	-42.94
	3	-19.72	-1.85	-21.91	-42.94
	3.5	-21.21	1.51	-23.56	-39.21
	4	-22.44	4.29	-24.96	-36.07
	4	-22.44	4.29	-24.96	-36.07
	4.5	-23.51	6.71	-26.08	-33.55
	5	-24.33	8.54	-26.93	-31.61
	5	-24.37	8.64	-26.95	-31.58
	5.5	-25.27	10.68	-27.49	-30.37
	6	-25.92	12.13	-27.76	-29.74
	6	-25.92	12.13	-27.76	-29.74
	6.5	-24.00	7.81	-27.70	-29.88
	7	-21.82	2.89	-27.38	-30.60
	7	-21.58	2.34	-27.38	-30.60
	7.5	-19.41	-2.54	-26.68	-32.18
	8	-16.98	-8.02	-25.72	-34.34
	8	-16.98	-8.02	-25.72	-34.34
	8.5	-15.48	-11.41	-23.98	-38.27
	9	-13.71	-15.40	-21.98	-42.78

SERVICIO TU NEG (Kg/cm2)					
Tramo	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
1	0	43.01	-20.56	42.57	-65.61
	0.5	39.88	-13.51	37.35	-53.82
	1	37.02	-7.05	32.38	-42.63
	1	37.02	-7.05	32.32	-42.49
	1.5	33.26	1.42	28.45	-33.75
	2	29.76	9.31	24.83	-25.61
	2	29.74	9.35	24.80	-25.52
	2.5	25.72	18.43	22.15	-19.56
	3	21.96	26.91	19.77	-14.18
	3	21.96	26.91	19.77	-14.18
	3.5	20.07	31.18	17.71	-9.55
	4	18.44	34.86	15.92	-5.50
	4	18.44	34.86	15.92	-5.50
	4.5	16.96	38.18	14.40	-2.08
	5	15.75	40.92	13.14	0.76
	5	15.71	41.01	13.13	0.79
	5.5	14.40	43.96	12.19	2.91
	6	13.35	46.31	11.51	4.44
	6	13.35	46.31	11.51	4.44
	6.5	14.87	42.89	11.17	5.21
	7	16.65	38.88	11.09	5.39
	7	16.90	38.33	11.09	5.39
	7.5	18.66	34.35	11.39	4.72
	8	20.69	29.78	11.95	3.45
	8	20.69	29.78	11.95	3.45
	8.5	21.79	27.29	13.29	0.43
	9	23.16	24.20	14.89	-3.18

Tramo	SERVICIO TU POS (Kg/cm2)				
	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σt	σb	σt	σb
2	9	-6.10	-25.81	-13.80	-52.65
	9.5	-9.19	-18.83	-16.91	-45.63
	10	-12.03	-12.43	-19.76	-39.21
	10	-12.01	-12.47	-19.71	-39.30
	10.5	-15.41	-4.80	-22.07	-33.99
	11	-18.55	2.28	-24.17	-29.26
	11	-18.55	2.28	-24.17	-29.26
	11.5	-21.65	9.26	-25.96	-25.21
	11.5	-21.65	9.26	-25.96	-25.21
	12	-23.59	13.65	-27.52	-21.70
	12	-23.61	13.68	-27.52	-21.70
	12.5	-25.35	17.61	-28.80	-18.81
	13	-26.83	20.95	-29.82	-16.51
	13	-26.46	20.11	-29.82	-16.51
	13.5	-27.65	22.79	-30.49	-15.00
	14	-28.58	24.89	-30.90	-14.08
	14	-28.58	24.89	-30.90	-14.08
	14.5	-28.24	24.14	-30.99	-13.88
	15	-27.65	22.79	-30.81	-14.27
	15	-27.65	22.79	-30.81	-14.27
	15.5	-26.69	20.64	-30.35	-15.31
	16	-25.48	17.89	-29.63	-16.94
	16	-25.46	17.86	-29.63	-16.94
	16.5	-24.25	15.12	-28.55	-19.36
	16.5	-24.25	15.12	-28.55	-19.36
	17	-21.68	9.33	-27.24	-22.32
	17	-21.68	9.33	-27.24	-22.32
	17.5	-18.70	2.61	-25.62	-25.98
	18	-15.46	-4.70	-23.73	-30.24
	18	-15.44	-4.75	-23.73	-30.24
	18.5	-13.09	-10.04	-20.99	-36.43
	19	-10.48	-15.93	-17.98	-43.21

Tramo	SERVICIO TU NEG (Kg/cm2)				
	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σt	σb	σt	σb
2	9	28.04	8.91	20.34	-17.93
	9.5	24.95	15.87	17.24	-10.93
	10	22.13	22.24	14.40	-4.53
	10	22.14	22.21	14.44	-4.63
	10.5	18.75	29.85	12.09	0.67
	11	15.62	36.91	10.01	5.37
	11	15.62	36.91	10.01	5.37
	11.5	12.54	43.87	8.22	9.40
	11.5	12.54	43.87	8.22	9.40
	12	10.60	48.23	6.68	12.89
	12	10.59	48.27	6.68	12.89
	12.5	8.85	52.18	5.40	15.76
	13	7.38	55.50	4.39	18.03
	13	7.76	54.65	4.39	18.03
	13.5	6.58	57.31	3.73	19.52
	14	5.66	59.39	3.34	20.42
	14	5.66	59.39	3.34	20.42
	14.5	6.00	58.61	3.26	20.60
	15	6.60	57.25	3.44	20.18
	15	6.60	57.25	3.44	20.18
	15.5	7.57	55.07	3.91	19.12
	16	8.80	52.30	4.64	17.47
	16	8.81	52.27	4.64	17.47
	16.5	10.04	49.51	5.73	15.02
	16.5	10.04	49.51	5.73	15.02
	17	12.61	43.70	7.05	12.05
	17	12.61	43.70	7.05	12.05
	17.5	15.60	36.96	8.68	8.36
	18	18.85	29.63	10.58	4.08
	18	18.88	29.58	10.58	4.08
	18.5	21.23	24.26	13.33	-2.13
	19	23.85	18.35	16.35	-8.93

Tramo	SERVICIO TU POS (Kg/cm2)				
	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σt	σb	σt	σb
3	19	-4.03	-30.26	-10.34	-56.77
	19.5	-7.18	-23.16	-13.95	-48.62
	20	-10.06	-16.65	-17.30	-41.07
	20	-10.08	-16.60	-17.31	-41.07
	20.5	-14.00	-7.78	-19.78	-35.49
	21	-17.65	0.45	-21.99	-30.50
	21	-17.63	0.41	-21.99	-30.51
	21.5	-20.77	7.51	-23.89	-26.21
	21.5	-20.77	7.51	-23.89	-26.21
	22	-22.56	11.53	-25.56	-22.44
	22	-22.57	11.56	-25.56	-22.44
	22.5	-24.24	15.32	-26.92	-19.38
	23	-25.64	18.49	-28.02	-16.91
	23	-25.62	18.44	-28.02	-16.91
	23.5	-26.89	21.31	-28.77	-15.22
	24	-27.90	23.58	-29.26	-14.12
	24	-27.90	23.58	-29.26	-14.12
	24.5	-27.69	23.10	-29.47	-13.63
	25	-27.21	22.02	-29.42	-13.74
	25	-27.21	22.02	-29.42	-13.74
	25.5	-26.40	20.19	-29.02	-14.64
	26	-25.33	17.77	-28.36	-16.13
	26	-25.26	17.63	-28.36	-16.13
	26.5	-24.18	15.18	-27.43	-18.24
	26.5	-24.18	15.18	-27.43	-18.24
	27	-21.74	9.67	-26.26	-20.87
	27	-21.74	9.67	-26.26	-20.87
	27.5	-18.88	3.24	-24.77	-24.24
	28	-15.77	-3.79	-23.01	-28.20
	28	-15.74	-3.84	-23.01	-28.20
	28.5	-13.52	-8.86	-20.40	-34.09
	29	-11.03	-14.47	-17.53	-40.56

Tramo	SERVICIO TU NEG (Kg/cm2)				
	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σt	σb	σt	σb
3	19	25.96	-2.86	19.64	-29.37
	19.5	22.77	4.32	15.99	-21.14
	20	19.85	10.91	12.61	-13.50
	20	19.83	10.96	12.60	-13.50
	20.5	15.88	19.86	10.09	-7.84
	21	12.19	28.18	7.85	-2.77
	21	12.21	28.13	7.85	-2.78
	21.5	9.03	35.31	5.91	1.60
	21.5	9.03	35.31	5.91	1.60
	22	7.21	39.42	4.20	5.45
	22	7.19	39.45	4.20	5.45
	22.5	5.49	43.29	2.81	8.59
	23	4.05	46.54	1.68	11.14
	23	4.07	46.49	1.68	11.14
	23.5	2.76	49.44	0.89	12.92
	24	1.72	51.80	0.36	14.10
	24	1.72	51.80	0.36	14.10
	24.5	1.90	51.39	0.11	14.67
	25	2.34	50.40	0.13	14.64
	25	2.34	50.40	0.13	14.64
	25.5	3.11	48.65	0.49	13.82
	26	4.15	46.32	1.11	12.42
	26	4.21	46.17	1.11	12.42
	26.5	5.26	43.81	2.01	10.39
	26.5	5.26	43.81	2.01	10.39
	27	7.67	38.38	3.14	7.84
	27	7.67	38.38	3.14	7.84
	27.5	10.48	32.03	4.60	4.55
	28	13.56	25.08	6.32	0.67
	28	13.59	25.03	6.32	0.67
	28.5	15.78	20.09	8.89	-5.13
	29	18.23	14.56	11.73	-11.53

Tramo	SERVICIO TU POS (Kg/cm2)				
	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σt	σb	σt	σb
4	29	-6.37	-32.18	-10.83	-57.16
	29.5	-9.56	-24.98	-14.58	-48.69
	30	-12.50	-18.37	-18.07	-40.82
	30	-12.52	-18.32	-18.08	-40.81
	30.5	-16.48	-9.37	-20.64	-35.03
	31	-20.19	-1.02	-22.94	-29.85
	31	-20.17	-1.05	-22.94	-29.86
	31.5	-23.39	6.21	-24.91	-25.40
	31.5	-23.39	6.21	-24.91	-25.40
	32	-25.23	10.36	-26.65	-21.48
	32	-25.25	10.39	-26.65	-21.48
	32.5	-27.03	14.41	-28.03	-18.36
	33	-28.54	17.83	-29.15	-15.84
	33	-28.52	17.78	-29.15	-15.84
	33.5	-29.87	20.81	-29.96	-14.01
	34	-30.95	23.24	-30.51	-12.77
	34	-30.95	23.24	-30.51	-12.77
	34.5	-30.77	22.84	-30.76	-12.21
	35	-30.33	21.85	-30.75	-12.24
	35	-30.37	21.94	-30.75	-12.24
	35.5	-29.56	20.11	-30.45	-12.92
	36	-28.48	17.69	-29.88	-14.20
	36	-28.42	17.55	-29.88	-14.20
	36.5	-27.40	15.25	-29.04	-16.10
	36.5	-27.40	15.25	-29.04	-16.10
	37	-24.99	9.81	-27.93	-18.59
	37	-25.01	9.85	-27.94	-18.58
	37.5	-22.25	3.64	-26.50	-21.82
	38	-19.24	-3.16	-24.80	-25.66
	38	-19.19	-3.28	-24.80	-25.66
	38.5	-17.22	-7.71	-22.20	-31.53
	39	-14.99	-12.73	-19.33	-37.98

Tramo	SERVICIO TU NEG (Kg/cm2)				
	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σt	σb	σt	σb
4	29	16.85	-11.66	12.39	-36.64
	29.5	13.54	-4.19	8.52	-27.91
	30	10.49	2.68	4.91	-19.77
	30	10.47	2.72	4.91	-19.77
	30.5	6.39	11.94	2.23	-13.72
	31	2.56	20.56	-0.19	-8.27
	31	2.58	20.52	-0.18	-8.28
	31.5	-0.76	28.05	-2.28	-3.56
	31.5	-0.76	28.05	-2.28	-3.56
	32	-2.71	32.46	-4.13	0.62
	32	-2.73	32.50	-4.13	0.62
	32.5	-4.62	36.77	-5.63	4.00
	33	-6.26	40.46	-6.87	6.79
	33	-6.24	40.41	-6.87	6.79
	33.5	-7.70	43.70	-7.79	8.88
	34	-8.89	46.40	-8.46	10.38
	34	-8.89	46.40	-8.46	10.38
	34.5	-8.83	46.26	-8.82	11.21
	35	-8.51	45.53	-8.93	11.44
	35	-8.55	45.62	-8.93	11.44
	35.5	-7.86	44.06	-8.74	11.02
	36	-6.90	41.90	-8.30	10.01
	36	-6.84	41.76	-8.30	10.01
	36.5	-5.93	39.72	-7.57	8.37
	36.5	-5.93	39.72	-7.57	8.37
	37	-3.64	34.54	-6.58	6.15
	37	-3.66	34.59	-6.59	6.16
	37.5	-1.02	28.64	-5.27	3.18
	38	1.88	22.11	-3.68	-0.39
	38	1.93	21.99	-3.68	-0.40
	38.5	3.78	17.82	-1.20	-6.00
	39	5.89	13.06	1.55	-12.19

Tramo	SERVICIO TU POS (Kg/cm2)				
	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σt	σb	σt	σb
5	39	-0.41	-45.86	-0.46	-68.84
	39.5	-4.82	-35.92	-5.50	-57.48
	40	-8.97	-26.57	-10.28	-46.71
	40	-9.01	-26.48	-10.28	-46.71
	40.5	-13.58	-16.17	-13.93	-38.48
	41	-17.89	-6.45	-17.31	-30.84
	41	-17.87	-6.49	-17.31	-30.85
	41.5	-22.24	3.36	-20.32	-24.06
	41.5	-22.24	3.36	-20.32	-24.06
	42	-25.48	10.66	-23.00	-18.01
	42	-25.51	10.75	-23.00	-18.01
	42.5	-28.23	16.86	-25.36	-12.68
	43	-30.67	22.38	-27.47	-7.94
	43	-30.65	22.34	-27.47	-7.94
	43.5	-33.16	28.00	-29.29	-3.82
	44	-35.41	33.07	-30.86	-0.30
	44	-35.41	33.07	-30.86	-0.30
	44.5	-36.39	35.27	-32.15	2.63
	45	-37.10	36.87	-33.19	4.96
	45	-37.14	36.96	-33.19	4.96
	45.5	-37.50	37.79	-33.95	6.69
	46	-37.60	38.01	-34.46	7.82
	46	-37.48	37.74	-34.46	7.82
	46.5	-37.59	37.99	-34.68	8.32
	46.5	-37.59	37.99	-34.68	8.32
	47	-36.32	35.12	-34.65	8.25
	47	-36.34	35.16	-34.65	8.25
	47.5	-34.72	31.52	-34.31	7.50
	48	-32.84	27.27	-33.71	6.15
	48	-32.77	27.11	-33.71	6.15
	48.5	-31.85	25.04	-32.40	3.18
	49	-30.67	22.37	-30.82	-0.39

Tramo	SERVICIO TU NEG (Kg/cm2)				
	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σt	σb	σt	σb
5	39	14.44	-29.96	14.39	-52.94
	39.5	10.10	-20.17	9.42	-41.73
	40	6.02	-10.96	4.71	-31.10
	40	5.98	-10.87	4.71	-31.10
	40.5	1.47	-0.71	1.13	-23.02
	41	-2.77	8.87	-2.20	-15.53
	41	-2.76	8.83	-2.19	-15.54
	41.5	-7.06	18.52	-5.14	-8.89
	41.5	-7.06	18.52	-5.14	-8.89
	42	-10.23	25.68	-7.76	-2.99
	42	-10.27	25.77	-7.76	-2.99
	42.5	-12.91	31.74	-10.05	2.19
	43	-15.30	37.11	-12.09	6.78
	43	-15.28	37.06	-12.09	6.78
	43.5	-17.72	42.58	-13.85	10.76
	44	-19.91	47.50	-15.35	14.14
	44	-19.91	47.50	-15.35	14.14
	44.5	-20.82	49.56	-16.58	16.92
	45	-21.46	51.02	-17.55	19.10
	45	-21.50	51.11	-17.55	19.10
	45.5	-21.80	51.78	-18.25	20.69
	46	-21.84	51.86	-18.69	21.67
	46	-21.72	51.59	-18.69	21.67
	46.5	-21.76	51.69	-18.85	22.02
	46.5	-21.76	51.69	-18.85	22.02
	47	-20.43	48.68	-18.75	21.81
	47	-20.45	48.72	-18.75	21.81
	47.5	-18.76	44.93	-18.35	20.91
	48	-16.82	40.54	-17.69	19.41
	48	-16.75	40.38	-17.69	19.41
	48.5	-15.76	38.16	-16.31	16.30
	49	-14.52	35.35	-14.66	12.59

SERVICIO TU POS (Kg/cm2)					
Tramo	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
6	49	8.68	-34.96	16.70	-53.92
	49.5	5.43	-27.61	12.82	-45.17
	50	2.43	-20.85	9.20	-37.00
	50	2.39	-20.76	9.20	-37.00
	50.5	-1.15	-12.78	6.41	-30.71
	51	-4.42	-5.40	3.88	-25.01
	51	-4.40	-5.45	3.89	-25.02
	51.5	-7.78	2.17	1.71	-20.10
	51.5	-7.78	2.17	1.71	-20.10
	52	-10.03	7.24	-0.23	-15.74
	52	-10.07	7.33	-0.23	-15.74
	52.5	-12.05	11.79	-1.89	-11.99
	53	-13.76	15.66	-3.29	-8.83
	53	-13.74	15.61	-3.29	-8.83
	53.5	-15.40	19.36	-4.43	-6.26
	54	-16.80	22.51	-5.31	-4.28
	54	-16.46	21.74	-5.31	-4.28
	54.5	-16.51	21.85	-5.92	-2.91
	55	-16.29	21.37	-6.27	-2.13
	55	-16.33	21.46	-6.27	-2.13
	55.5	-15.65	19.92	-6.32	-2.00
	56	-14.70	17.78	-6.11	-2.47
	56	-14.53	17.39	-6.11	-2.47
	56.5	-13.70	15.53	-5.63	-3.55
	56.5	-13.70	15.53	-5.63	-3.55
	57	-11.50	10.55	-4.92	-5.15
	57	-11.51	10.57	-4.96	-5.08
	57.5	-8.66	4.15	-3.87	-7.52
	58	-5.54	-2.87	-2.53	-10.55
	58	-5.45	-3.09	-2.53	-10.55
	58.5	-2.59	-9.54	-0.73	-14.60
	59	0.54	-16.59	1.32	-19.24

SERVICIO TU NEG (Kg/cm2)					
Tramo	Ubc.(m)	MAX		MIN	
		σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
6	49	11.96	-41.14	19.97	-60.10
	49.5	8.51	-33.37	15.90	-50.92
	50	5.32	-26.17	12.09	-42.32
	50	5.27	-26.08	12.09	-42.32
	50.5	1.55	-17.67	9.11	-35.60
	51	-1.92	-9.85	6.39	-29.47
	51	-1.90	-9.90	6.39	-29.47
	51.5	-5.47	-1.86	4.02	-24.13
	51.5	-5.47	-1.86	4.02	-24.13
	52	-7.91	3.65	1.89	-19.32
	52	-7.95	3.74	1.89	-19.32
	52.5	-10.12	8.63	0.04	-15.14
	53	-12.03	12.94	-1.56	-11.55
	53	-12.00	12.89	-1.56	-11.55
	53.5	-13.86	17.07	-2.89	-8.55
	54	-15.45	20.65	-3.96	-6.14
	54	-15.10	19.88	-3.96	-6.14
	54.5	-15.35	20.43	-4.76	-4.33
	55	-15.33	20.38	-5.30	-3.12
	55	-15.37	20.47	-5.30	-3.12
	55.5	-14.87	19.36	-5.54	-2.56
	56	-14.12	17.66	-5.53	-2.59
	56	-13.94	17.26	-5.53	-2.59
	56.5	-13.31	15.84	-5.24	-3.24
	56.5	-13.31	15.84	-5.24	-3.24
	57	-11.30	11.29	-4.72	-4.41
	57	-11.31	11.32	-4.76	-4.34
	57.5	-8.65	5.32	-3.87	-6.34
	58	-5.73	-1.27	-2.71	-8.94
	58	-5.63	-1.48	-2.71	-8.94
	58.5	-2.96	-7.50	-1.11	-12.56
	59	-0.03	-14.12	0.76	-16.77

CALCULO DE ESFUERZOS EN EL TABLERO EN EL ACCESO IZQUIERDO

CUADRO DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN EL TABLERO (t-m)														
Ubc (m)	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		TEMP+		TEMP-	
	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
0	-552.16	-63.00	69.22	-9.61	66.87	-9.28	347.16	0.94	-91.54	-6.23	-1667.37	282.57	265.83	-152.82
0.5	-552.16	-44.37	69.22	-7.08	66.87	-6.84	347.16	0.79	-91.54	-5.23	-1667.37	286.26	265.83	-152.86
1	-552.16	-27.78	69.22	-4.80	66.87	-4.63	347.16	0.65	-91.54	-4.23	-1667.37	289.95	265.83	-152.90
1	-552.16	-27.78	69.22	-4.80	66.87	-4.63	347.16	0.65	-91.54	-4.23	-1667.37	289.95	265.83	-152.90
1.5	-552.16	-13.26	69.22	-2.77	66.87	-2.67	347.16	0.50	-91.54	-3.23	-1667.37	293.64	265.83	-152.93
2	-552.16	-0.80	69.22	-0.99	66.87	-0.95	347.16	0.35	-91.54	-2.23	-1667.37	297.33	265.83	-152.97
2	-552.16	-0.80	69.22	-0.99	66.87	-0.95	347.16	0.35	-91.54	-2.23	-1667.37	297.33	265.83	-152.97
2.5	-552.16	9.59	69.22	0.55	66.87	0.53	347.16	0.20	-91.54	-1.23	-1667.37	301.02	265.83	-153.01
3	-552.16	17.90	69.22	1.83	66.87	1.76	347.16	0.05	-91.54	-0.23	-1667.37	304.70	265.83	-153.05
3	-552.16	17.90	69.22	1.83	66.87	1.76	347.16	0.05	-91.54	-0.23	-1667.37	304.70	265.83	-153.05
3.5	-552.16	24.14	69.22	2.86	66.87	2.76	347.16	0.91	-91.54	-0.24	-1667.37	308.39	265.83	-153.09
4	-552.16	28.29	69.22	3.64	66.87	3.51	347.16	1.77	-91.54	-0.25	-1667.37	312.08	265.83	-153.13
4	-552.16	28.29	69.22	3.64	66.87	3.51	347.16	1.77	-91.54	-0.25	-1667.37	312.08	265.83	-153.13
4.5	-552.16	30.37	69.22	4.17	66.87	4.03	347.16	2.77	-91.54	-0.40	-1667.37	315.77	265.83	-153.17
5	-552.16	30.36	69.22	4.45	66.87	4.30	347.16	3.77	-91.54	-0.55	-1667.37	319.46	265.83	-153.21
5	-552.16	30.36	69.22	4.45	66.87	4.30	347.16	3.77	-91.54	-0.55	-1667.37	319.46	265.83	-153.21
5.5	-552.16	28.27	69.22	4.48	66.87	4.33	347.16	4.77	-91.54	-0.69	-1667.37	323.15	265.83	-153.25
6	-552.16	24.10	69.22	4.26	66.87	4.12	347.16	5.77	-91.54	-0.84	-1667.37	326.84	265.83	-153.29
6	-552.16	24.10	69.22	4.26	66.87	4.12	347.16	5.77	-91.54	-0.84	-1667.37	326.84	265.83	-153.29
6.5	-552.16	17.85	69.22	3.79	66.87	3.66	347.16	6.77	-91.54	-0.99	-1667.37	330.53	265.83	-153.33
7	-552.16	9.52	69.22	3.07	66.87	2.97	347.16	7.77	-91.54	-1.14	-1667.37	334.22	265.83	-153.37
7	-552.16	9.52	69.22	3.07	66.87	2.97	347.16	7.77	-91.54	-1.14	-1667.37	334.22	265.83	-153.37
7.5	-552.16	-0.89	69.22	2.10	66.87	2.03	347.16	8.77	-91.54	-1.29	-1667.37	337.91	265.83	-153.41
8	-552.16	-13.36	69.22	0.88	66.87	0.85	347.16	9.77	-91.54	-1.44	-1667.37	341.60	265.83	-153.45
8	-552.16	-13.36	69.22	0.88	66.87	0.85	347.16	9.77	-91.54	-1.44	-1667.37	341.60	265.83	-153.45
8.5	-552.16	-27.90	69.22	-0.59	66.87	-0.57	347.16	10.77	-91.54	-1.59	-1667.37	345.29	265.83	-153.49
9	-552.16	-44.50	69.22	-2.31	66.87	-2.23	347.16	11.77	-91.54	-1.74	-1667.37	348.98	265.83	-153.53
9	-552.16	-44.50	69.22	-2.31	66.87	-2.23	347.16	11.77	-91.54	-1.74	-1667.37	348.98	265.83	-153.53
9.5	-552.16	-63.16	69.22	-4.27	66.87	-4.13	347.16	12.77	-91.54	-1.89	-1667.37	352.67	265.83	-153.57
10	-552.16	-83.86	69.22	-6.49	66.87	-6.27	347.16	13.77	-91.54	-2.03	-1667.37	356.36	265.83	-153.61

CUADRO DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN EL TABLERO (t-m)														
Ubc (m)	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		TEMP+		TEMP-	
	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
10	-554.98	-85.78	69.27	-6.46	66.91	-6.24	347.38	13.87	-91.60	-2.05	-1667.51	356.26	265.77	-153.65
10.5	-554.98	-62.44	69.27	-4.50	66.91	-4.35	347.38	10.11	-91.60	-1.75	-1667.51	352.04	265.77	-153.53
11	-554.98	-41.15	69.27	-2.79	66.91	-2.69	347.38	6.36	-91.60	-1.45	-1667.51	347.82	265.77	-153.40
11	-554.98	-41.15	69.27	-2.79	66.91	-2.69	347.38	6.36	-91.60	-1.45	-1667.51	347.82	265.77	-153.40
11.5	-554.98	-21.91	69.27	-1.33	66.91	-1.28	347.38	3.46	-91.60	-1.57	-1667.51	343.59	265.77	-153.28
12	-554.98	-4.73	69.27	-0.12	66.91	-0.11	347.38	0.57	-91.60	-1.70	-1667.51	339.37	265.77	-153.16
12	-554.98	-4.73	69.27	-0.12	66.91	-0.11	347.38	0.57	-91.60	-1.70	-1667.51	339.37	265.77	-153.16
12.5	-554.98	10.38	69.27	0.85	66.91	0.82	347.38	0.67	-91.60	-5.23	-1667.51	335.15	265.77	-153.03
13	-554.98	23.41	69.27	1.56	66.91	1.51	347.38	0.78	-91.60	-8.76	-1667.51	330.92	265.77	-152.91
13	-554.98	23.41	69.27	1.56	66.91	1.51	347.38	0.78	-91.60	-8.76	-1667.51	330.92	265.77	-152.91
13.5	-554.98	34.36	69.27	2.02	66.91	1.95	347.38	1.01	-91.60	-12.51	-1667.51	326.70	265.77	-152.78
14	-554.98	43.23	69.27	2.23	66.91	2.16	347.38	1.24	-91.60	-16.25	-1667.51	322.48	265.77	-152.66
14	-554.98	43.23	69.27	2.23	66.91	2.16	347.38	1.24	-91.60	-16.25	-1667.51	322.48	265.77	-152.66
14.5	-554.98	50.01	69.27	2.20	66.91	2.12	347.38	1.49	-91.60	-20.00	-1667.51	318.25	265.77	-152.53
15	-554.98	54.70	69.27	1.91	66.91	1.84	347.38	1.74	-91.60	-23.75	-1667.51	314.03	265.77	-152.41
15	-554.98	54.70	69.27	1.91	66.91	1.84	347.38	1.74	-91.60	-23.75	-1667.51	314.03	265.77	-152.41
15.5	-554.98	57.30	69.27	1.37	66.91	1.32	347.38	1.99	-91.60	-27.51	-1667.51	309.81	265.77	-152.29
16	-554.98	57.81	69.27	0.58	66.91	0.56	347.38	2.24	-91.60	-31.27	-1667.51	305.58	265.77	-152.16
16	-554.98	57.81	69.27	0.58	66.91	0.56	347.38	2.24	-91.60	-31.27	-1667.51	305.58	265.77	-152.16
16.5	-554.98	56.22	69.27	-0.46	66.91	-0.44	347.38	2.49	-91.60	-35.02	-1667.51	301.36	265.77	-152.04
17	-554.98	52.54	69.27	-1.74	66.91	-1.68	347.38	2.75	-91.60	-38.78	-1667.51	297.13	265.77	-151.91
17	-554.98	52.54	69.27	-1.74	66.91	-1.68	347.38	2.75	-91.60	-38.78	-1667.51	297.13	265.77	-151.91
17.5	-554.98	46.77	69.27	-3.28	66.91	-3.17	347.38	3.00	-91.60	-42.54	-1667.51	292.91	265.77	-151.79
18	-554.98	38.92	69.27	-5.07	66.91	-4.90	347.38	3.25	-91.60	-46.30	-1667.51	288.69	265.77	-151.67
18	-554.98	38.92	69.27	-5.07	66.91	-4.90	347.38	3.25	-91.60	-46.30	-1667.51	288.69	265.77	-151.67
18.5	-554.98	28.97	69.27	-7.11	66.91	-6.87	347.38	3.51	-91.60	-50.06	-1667.51	284.46	265.77	-151.54
19	-554.98	16.95	69.27	-9.40	66.91	-9.08	347.38	3.76	-91.60	-53.82	-1667.51	280.24	265.77	-151.42
19	-554.98	16.95	69.27	-9.40	66.91	-9.08	347.38	3.76	-91.60	-53.82	-1667.51	280.24	265.77	-151.42
19.5	-554.98	2.86	69.27	-11.93	66.91	-11.53	347.38	4.01	-91.60	-57.58	-1667.51	276.02	265.77	-151.29
20	-554.98	-13.31	69.27	-14.72	66.91	-14.22	347.38	4.27	-91.60	-61.34	-1667.51	271.79	265.77	-151.17

SERVICIO TU POS (t-m)					
Tramo	Ubc (m)	MAX		MIN	
		P	M	P	M
1	0	-1736.28	201.62	-2174.98	194.44
	0.5	-1736.28	228.77	-2174.98	222.74
	1	-1736.28	253.38	-2174.98	248.50
	1	-1736.28	253.38	-2174.98	248.50
	1.5	-1736.28	275.43	-2174.98	271.70
	2	-1736.28	294.93	-2174.98	292.35
	2	-1736.28	294.93	-2174.98	292.35
	2.5	-1736.28	311.87	-2174.98	310.44
	3	-1736.28	326.24	-2174.98	325.96
	3	-1736.28	326.24	-2174.98	325.96
	3.5	-1736.28	339.06	-2174.98	337.91
	4	-1736.28	349.30	-2174.98	347.28
	4	-1736.28	349.30	-2174.98	347.28
	4.5	-1736.28	357.11	-2174.98	353.94
	5	-1736.28	362.34	-2174.98	358.03
	5	-1736.28	362.34	-2174.98	358.03
	5.5	-1736.28	365.00	-2174.98	359.54
	6	-1736.28	365.09	-2174.98	358.47
	6	-1736.28	365.09	-2174.98	358.47
	6.5	-1736.28	362.60	-2174.98	354.84
	7	-1736.28	357.55	-2174.98	348.64
	7	-1736.28	357.55	-2174.98	348.64
	7.5	-1736.28	349.93	-2174.98	339.87
	8	-1736.28	339.75	-2174.98	328.53
	8	-1736.28	339.75	-2174.98	328.53
	8.5	-1736.28	327.01	-2174.98	314.65
	9	-1736.28	311.71	-2174.98	298.21
	9	-1736.28	311.71	-2174.98	298.21
	9.5	-1736.28	293.88	-2174.98	279.22
	10	-1736.28	273.51	-2174.98	257.70
SERVICIO TU NEG (t-m)					
Tramo	Ubc (m)	MAX		MIN	
		P	M	P	M
1	0	196.92	-233.76	-241.78	-240.94
	0.5	196.92	-210.34	-241.78	-216.37
	1	196.92	-189.47	-241.78	-194.34
	1	196.92	-189.47	-241.78	-194.34
	1.5	196.92	-171.14	-241.78	-174.87
	2	196.92	-155.37	-241.78	-157.95
	2	196.92	-155.37	-241.78	-157.95
	2.5	196.92	-142.16	-241.78	-143.59
	3	196.92	-131.51	-241.78	-131.80
	3	196.92	-131.51	-241.78	-131.80
	3.5	196.92	-122.43	-241.78	-123.58
	4	196.92	-115.92	-241.78	-117.94
	4	196.92	-115.92	-241.78	-117.94
	4.5	196.92	-111.84	-241.78	-115.01
	5	196.92	-110.33	-241.78	-114.65
	5	196.92	-110.33	-241.78	-114.65
	5.5	196.92	-111.40	-241.78	-116.87
	6	196.92	-115.05	-241.78	-121.66
	6	196.92	-115.05	-241.78	-121.66
	6.5	196.92	-121.26	-241.78	-129.02
	7	196.92	-130.04	-241.78	-138.96
	7	196.92	-130.04	-241.78	-138.96
	7.5	196.92	-141.39	-241.78	-151.46
	8	196.92	-155.31	-241.78	-166.52
	8	196.92	-155.31	-241.78	-166.52
	8.5	196.92	-171.77	-241.78	-184.13
	9	196.92	-190.79	-241.78	-204.30
	9	196.92	-190.79	-241.78	-204.30
	9.5	196.92	-212.36	-241.78	-227.02
	10	196.92	-236.46	-241.78	-252.27
SERVICIO TU POS (t-m)					
Tramo	Ubc (m)	MAX		MIN	
		P	M	P	M
2	10	-1738.93	271.65	-2177.91	255.72
	10.5	-1738.93	290.86	-2177.91	279.00
	11	-1738.93	307.54	-2177.91	299.74
	11	-1738.93	307.54	-2177.91	299.74
	11.5	-1738.93	322.54	-2177.91	317.50
	12	-1738.93	334.98	-2177.91	332.71
	12	-1738.93	334.98	-2177.91	332.71
	12.5	-1738.93	347.86	-2177.91	341.95
	13	-1738.93	358.17	-2177.91	348.63
	13	-1738.93	358.17	-2177.91	348.63
	13.5	-1738.93	366.04	-2177.91	352.53
	14	-1738.93	371.34	-2177.91	353.85
	14	-1738.93	371.34	-2177.91	353.85
	14.5	-1738.93	374.07	-2177.91	352.58
	15	-1738.93	374.21	-2177.91	348.73
	15	-1738.93	374.21	-2177.91	348.73
	15.5	-1738.93	371.78	-2177.91	342.29
	16	-1738.93	366.77	-2177.91	333.27
	16	-1738.93	366.77	-2177.91	333.27
	16.5	-1738.93	359.17	-2177.91	321.66
	17	-1738.93	348.99	-2177.91	307.46
	17	-1738.93	348.99	-2177.91	307.46
	17.5	-1738.93	336.23	-2177.91	290.69
	18	-1738.93	320.89	-2177.91	271.33
	18	-1738.93	320.89	-2177.91	271.33
	18.5	-1738.93	302.97	-2177.91	249.40
	19	-1738.93	282.48	-2177.91	224.90
	19	-1738.93	282.48	-2177.91	224.90
	19.5	-1738.93	259.43	-2177.91	197.83
	20	-1738.93	233.81	-2177.91	168.20
SERVICIO TU NEG (t-m)					
Tramo	Ubc (m)	MAX		MIN	
		P	M	P	M
2	10	194.35	-238.27	-244.63	-254.19
	10.5	194.35	-214.70	-244.63	-226.57
	11	194.35	-193.67	-244.63	-201.48
	11	194.35	-193.67	-244.63	-201.48
	11.5	194.35	-174.33	-244.63	-179.37
	12	194.35	-157.55	-244.63	-159.81
	12	194.35	-157.55	-244.63	-159.81
	12.5	194.35	-140.32	-244.63	-146.22
	13	194.35	-125.65	-244.63	-135.20
	13	194.35	-125.65	-244.63	-135.20
	13.5	194.35	-113.44	-244.63	-126.96
	14	194.35	-103.80	-244.63	-121.29
	14	194.35	-103.80	-244.63	-121.29
	14.5	194.35	-96.72	-244.63	-118.21
	15	194.35	-92.23	-244.63	-117.71
	15	194.35	-92.23	-244.63	-117.71
	15.5	194.35	-90.31	-244.63	-119.80
	16	194.35	-90.98	-244.63	-124.48
	16	194.35	-90.98	-244.63	-124.48
	16.5	194.35	-94.22	-244.63	-131.74
	17	194.35	-100.06	-244.63	-141.59
	17	194.35	-100.06	-244.63	-141.59
	17.5	194.35	-108.47	-244.63	-154.01
	18	194.35	-119.47	-244.63	-169.02
	18	194.35	-119.47	-244.63	-169.02
	18.5	194.35	-133.04	-244.63	-186.60
	19	194.35	-149.18	-244.63	-206.76
	19	194.35	-149.18	-244.63	-206.76
	19.5	194.35	-167.88	-244.63	-229.48
	20	194.35	-189.15	-244.63	-254.76

	CUADRO DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN EL TABLERO (Kg/cm2)													
	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		TEMP+		TEMP-	
Ubc (m)	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb
0	-9.80	-30.76	3.02	-0.18	2.92	-0.17	10.11	10.43	-2.06	-4.13	-77.93	16.11	23.44	-27.41
0.5	-11.70	-26.47	2.76	0.40	2.67	0.39	10.13	10.39	-2.16	-3.90	-78.30	16.96	23.44	-27.42
1	-13.40	-22.65	2.53	0.93	2.44	0.90	10.14	10.36	-2.26	-3.67	-78.68	17.81	23.45	-27.43
1	-13.40	-22.65	2.53	0.93	2.44	0.90	10.14	10.36	-2.26	-3.67	-78.68	17.81	23.45	-27.43
1.5	-14.88	-19.30	2.32	1.40	2.24	1.35	10.16	10.32	-2.36	-3.44	-79.06	18.66	23.45	-27.44
2	-16.16	-16.43	2.14	1.81	2.06	1.75	10.18	10.29	-2.46	-3.21	-79.44	19.51	23.46	-27.45
2	-16.16	-16.43	2.14	1.81	2.06	1.75	10.18	10.29	-2.46	-3.21	-79.44	19.51	23.46	-27.45
2.5	-17.22	-14.03	1.98	2.16	1.91	2.09	10.19	10.26	-2.57	-2.98	-79.81	20.36	23.46	-27.46
3	-18.07	-12.11	1.85	2.46	1.79	2.37	10.21	10.22	-2.67	-2.75	-80.19	21.21	23.47	-27.47
3	-18.07	-12.11	1.85	2.46	1.79	2.37	10.21	10.22	-2.67	-2.75	-80.19	21.21	23.47	-27.47
3.5	-18.71	-10.68	1.74	2.69	1.68	2.60	10.12	10.42	-2.67	-2.75	-80.57	22.06	23.47	-27.48
4	-19.13	-9.72	1.66	2.87	1.61	2.78	10.03	10.62	-2.67	-2.75	-80.94	22.91	23.47	-27.49
4	-19.13	-9.72	1.66	2.87	1.61	2.78	10.03	10.62	-2.67	-2.75	-80.94	22.91	23.47	-27.49
4.5	-19.34	-9.24	1.61	3.00	1.56	2.90	9.93	10.85	-2.65	-2.78	-81.32	23.76	23.48	-27.50
5	-19.34	-9.24	1.58	3.06	1.53	2.96	9.83	11.08	-2.64	-2.82	-81.70	24.61	23.48	-27.50
5	-19.34	-9.24	1.58	3.06	1.53	2.96	9.83	11.08	-2.64	-2.82	-81.70	24.61	23.48	-27.50
5.5	-19.13	-9.72	1.58	3.07	1.52	2.96	9.72	11.31	-2.62	-2.85	-82.08	25.46	23.49	-27.51
6	-18.70	-10.68	1.60	3.02	1.55	2.92	9.62	11.54	-2.61	-2.89	-82.45	26.31	23.49	-27.52
6	-18.70	-10.68	1.60	3.02	1.55	2.92	9.62	11.54	-2.61	-2.89	-82.45	26.31	23.49	-27.52
6.5	-18.06	-12.13	1.65	2.91	1.59	2.81	9.52	11.77	-2.59	-2.92	-82.83	27.16	23.49	-27.53
7	-17.21	-14.05	1.72	2.74	1.66	2.65	9.42	12.00	-2.58	-2.96	-83.21	28.01	23.50	-27.54
7	-17.21	-14.05	1.72	2.74	1.66	2.65	9.42	12.00	-2.58	-2.96	-83.21	28.01	23.50	-27.54
7.5	-16.15	-16.44	1.82	2.52	1.76	2.43	9.31	12.23	-2.56	-2.99	-83.58	28.86	23.50	-27.55
8	-14.87	-19.32	1.95	2.24	1.88	2.16	9.21	12.46	-2.55	-3.02	-83.96	29.72	23.51	-27.56
8	-14.87	-19.32	1.95	2.24	1.88	2.16	9.21	12.46	-2.55	-3.02	-83.96	29.72	23.51	-27.56
8.5	-13.39	-22.67	2.10	1.90	2.02	1.84	9.11	12.69	-2.53	-3.06	-84.34	30.57	23.51	-27.57
9	-11.69	-26.50	2.27	1.50	2.19	1.45	9.01	12.92	-2.51	-3.09	-84.72	31.42	23.51	-27.58
9	-11.69	-26.50	2.27	1.50	2.19	1.45	9.01	12.92	-2.51	-3.09	-84.72	31.42	23.51	-27.58
9.5	-9.78	-30.80	2.47	1.05	2.39	1.01	8.90	13.16	-2.50	-3.13	-85.09	32.27	23.52	-27.59
10	-7.67	-35.57	2.70	0.54	2.61	0.52	8.80	13.39	-2.48	-3.16	-85.47	33.12	23.52	-27.60

	CUADRO DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN EL TABLERO (Kg/cm2)													
	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		TEMP+		TEMP-	
Ubc (m)	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb
10	-7.55	-36.10	2.70	0.55	2.61	0.53	8.80	13.41	-2.48	-3.17	-85.47	33.09	23.52	-27.61
10.5	-9.94	-30.72	2.50	1.00	2.41	0.97	9.18	12.55	-2.52	-3.10	-85.03	32.12	23.51	-27.58
11	-12.12	-25.81	2.32	1.39	2.24	1.35	9.57	11.68	-2.55	-3.03	-84.60	31.14	23.50	-27.55
11	-12.12	-25.81	2.32	1.39	2.24	1.35	9.57	11.68	-2.55	-3.03	-84.60	31.14	23.50	-27.55
11.5	-14.08	-21.37	2.17	1.73	2.10	1.67	9.86	11.02	-2.53	-3.06	-84.17	30.17	23.49	-27.52
12	-15.84	-17.41	2.05	2.01	1.98	1.94	10.16	10.35	-2.52	-3.09	-83.74	29.20	23.47	-27.49
12	-15.84	-17.41	2.05	2.01	1.98	1.94	10.16	10.35	-2.52	-3.09	-83.74	29.20	23.47	-27.49
12.5	-17.38	-13.93	1.95	2.23	1.88	2.16	10.15	10.37	-2.16	-3.90	-83.31	28.22	23.46	-27.46
13	-18.72	-10.93	1.88	2.40	1.81	2.32	10.14	10.40	-1.80	-4.71	-82.87	27.25	23.45	-27.44
13	-18.72	-10.93	1.88	2.40	1.81	2.32	10.14	10.40	-1.80	-4.71	-82.87	27.25	23.45	-27.44
13.5	-19.84	-8.40	1.83	2.50	1.77	2.42	10.11	10.45	-1.42	-5.58	-82.44	26.28	23.44	-27.41
14	-20.74	-6.36	1.81	2.55	1.75	2.47	10.09	10.50	-1.03	-6.44	-82.01	25.30	23.42	-27.38
14	-20.74	-6.36	1.81	2.55	1.75	2.47	10.09	10.50	-1.03	-6.44	-82.01	25.30	23.42	-27.38
14.5	-21.44	-4.79	1.81	2.54	1.75	2.46	10.07	10.56	-0.65	-7.31	-81.58	24.33	23.41	-27.35
15	-21.91	-3.71	1.84	2.48	1.78	2.39	10.04	10.62	-0.27	-8.17	-81.15	23.35	23.40	-27.32
15	-21.91	-3.71	1.84	2.48	1.78	2.39	10.04	10.62	-0.27	-8.17	-81.15	23.35	23.40	-27.32
15.5	-22.18	-3.11	1.90	2.35	1.83	2.27	10.01	10.68	0.12	-9.04	-80.72	22.38	23.38	-27.29
16	-22.23	-3.00	1.98	2.17	1.91	2.10	9.99	10.73	0.50	-9.90	-80.28	21.41	23.37	-27.26
16	-22.23	-3.00	1.98	2.17	1.91	2.10	9.99	10.73	0.50	-9.90	-80.28	21.41	23.37	-27.26
16.5	-22.07	-3.36	2.08	1.93	2.01	1.87	9.96	10.79	0.89	-10.77	-79.85	20.43	23.36	-27.24
17	-21.69	-4.21	2.22	1.64	2.14	1.58	9.94	10.85	1.27	-11.64	-79.42	19.46	23.35	-27.21
17	-21.69	-4.21	2.22	1.64	2.14	1.58	9.94	10.85	1.27	-11.64	-79.42	19.46	23.35	-27.21
17.5	-21.10	-5.54	2.37	1.28	2.29	1.24	9.91	10.91	1.66	-12.50	-78.99	18.49	23.33	-27.18
18	-20.30	-7.35	2.56	0.87	2.47	0.84	9.88	10.97	2.04	-13.37	-78.56	17.51	23.32	-27.15
18	-20.30	-7.35	2.56	0.87	2.47	0.84	9.88	10.97	2.04	-13.37	-78.56	17.51	23.32	-27.15
18.5	-19.28	-9.64	2.76	0.40	2.67	0.39	9.86	11.03	2.42	-14.24	-78.13	16.54	23.31	-27.12
19	-18.06	-12.41	3.00	-0.13	2.90	-0.12	9.83	11.08	2.81	-15.10	-77.69	15.56	23.30	-27.09
19	-18.06	-12.41	3.00	-0.13	2.90	-0.12	9.83	11.08	2.81	-15.10	-77.69	15.56	23.30	-27.09
19.5	-16.61	-15.66	3.26	-0.71	3.15	-0.69	9.81	11.14	3.19	-15.97	-77.26	14.59	23.28	-27.06
20	-14.96	-19.39	3.54	-1.36	3.42	-1.31	9.78	11.20	3.58	-16.84	-76.83	13.62	23.27	-27.04

SERVICIO TU POS (Kg/cm2)					
Tramo	Ubc (m)	MAX		MIN	
		σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
1	0	-71.68	-4.58	-83.85	-19.14
	0.5	-74.45	1.68	-86.74	-12.62
	1	-76.97	7.35	-89.37	-6.68
	1	-76.97	7.35	-89.37	-6.68
	1.5	-79.22	12.43	-91.75	-1.33
	2	-81.22	16.93	-93.86	3.43
	2	-81.22	16.93	-93.86	3.43
	2.5	-82.95	20.83	-95.71	7.60
	3	-84.42	24.15	-97.29	11.18
	3	-84.42	24.15	-97.29	11.18
	3.5	-85.73	27.10	-98.51	13.93
	4	-86.78	29.46	-99.47	16.10
	4	-86.78	29.46	-99.47	16.10
	4.5	-87.57	31.26	-100.15	17.63
	5	-88.11	32.47	-100.57	18.57
	5	-88.11	32.47	-100.57	18.57
	5.5	-88.38	33.08	-100.73	18.92
	6	-88.39	33.10	-100.62	18.68
	6	-88.39	33.10	-100.62	18.68
	6.5	-88.14	32.53	-100.25	17.84
	7	-87.62	31.37	-99.61	16.41
	7	-87.62	31.37	-99.61	16.41
	7.5	-86.84	29.61	-98.71	14.39
	8	-85.80	27.26	-97.56	11.77
	8	-85.80	27.26	-97.56	11.77
	8.5	-84.50	24.32	-96.14	8.57
	9	-82.93	20.80	-94.46	4.78
	9	-82.93	20.80	-94.46	4.78
	9.5	-81.11	16.69	-92.51	0.40
	10	-79.03	11.99	-90.31	-4.56

SERVICIO TU NEG (Kg/cm2)					
Tramo	Ubc (m)	MAX		MIN	
		σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
1	0	29.69	-48.10	17.52	-62.66
	0.5	27.30	-42.70	15.01	-57.00
	1	25.16	-37.89	12.76	-51.92
	1	25.16	-37.89	12.76	-51.92
	1.5	23.29	-33.66	10.77	-47.43
	2	21.67	-30.03	9.04	-43.53
	2	21.67	-30.03	9.04	-43.53
	2.5	20.32	-26.98	7.57	-40.22
	3	19.24	-24.53	6.36	-37.50
	3	19.24	-24.53	6.36	-37.50
	3.5	18.31	-22.43	5.52	-35.60
	4	17.64	-20.93	4.95	-34.30
	4	17.64	-20.93	4.95	-34.30
	4.5	17.23	-19.99	4.65	-33.63
	5	17.07	-19.65	4.61	-33.54
	5	17.07	-19.65	4.61	-33.54
	5.5	17.18	-19.89	4.84	-34.05
	6	17.55	-20.73	5.33	-35.16
	6	17.55	-20.73	5.33	-35.16
	6.5	18.19	-22.16	6.08	-36.86
	7	19.09	-24.19	7.09	-39.15
	7	19.09	-24.19	7.09	-39.15
	7.5	20.25	-26.81	8.37	-42.03
	8	21.67	-30.01	9.91	-45.50
	8	21.67	-30.01	9.91	-45.50
	8.5	23.35	-33.81	11.71	-49.56
	9	25.30	-38.20	13.77	-54.21
	9	25.30	-38.20	13.77	-54.21
	9.5	27.50	-43.17	16.10	-59.45
	10	29.97	-48.72	18.68	-65.27

SERVICIO TU POS (Kg/cm2)					
Tramo	Ubc (m)	MAX		MIN	
		σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
2	10	-78.92	11.48	-90.20	-5.10
	10.5	-80.88	15.91	-92.58	0.27
	11	-82.59	19.76	-94.70	5.05
	11	-82.59	19.76	-94.70	5.05
	11.5	-84.12	23.22	-96.51	9.14
	11.5	-85.39	26.08	-98.07	12.65
	12	-85.39	26.08	-98.07	12.65
	12	-86.71	29.05	-99.01	14.78
	12.5	-87.76	31.43	-99.70	16.32
	13	-87.76	31.43	-99.70	16.32
	13	-88.57	33.25	-100.09	17.22
	13.5	-89.11	34.47	-100.23	17.52
	14	-89.11	34.47	-100.23	17.52
	14	-89.39	35.10	-100.10	17.23
	14.5	-89.40	35.13	-99.71	16.34
	15	-89.40	35.13	-99.71	16.34
	15	-89.15	34.57	-99.05	14.86
	15.5	-88.64	33.41	-98.13	12.78
	16	-88.64	33.41	-98.13	12.78
	16	-87.86	31.66	-96.94	10.10
	16.5	-86.82	29.31	-95.49	6.83
	16.5	-86.82	29.31	-95.49	6.83
	17	-85.52	26.37	-93.77	2.96
	17	-83.95	22.84	-91.79	-1.50
	17.5	-83.95	22.84	-91.79	-1.50
	18	-82.12	18.70	-89.55	-6.56
	18	-80.02	13.98	-87.05	-12.21
	18.5	-80.02	13.98	-87.05	-12.21
	19	-77.67	8.67	-84.28	-18.45
	19	-75.05	2.76	-81.25	-25.28

SERVICIO TU NEG (Kg/cm2)					
Tramo	Ubc (m)	MAX		MIN	
		σ_t	σ_b	σ_t	σ_b
2	10	30.07	-49.22	18.79	-65.80
	10.5	27.67	-43.78	15.97	-59.43
	11	25.52	-38.94	13.40	-53.65
	11	25.52	-38.94	13.40	-53.65
	11.5	23.54	-34.48	11.14	-48.55
	12	21.82	-30.61	9.14	-44.04
	12	21.82	-30.61	9.14	-44.04
	12.5	20.06	-26.63	7.75	-40.91
	13	18.56	-23.25	6.63	-38.36
	13	18.56	-23.25	6.63	-38.36
	13.5	17.31	-20.44	5.78	-36.46
	14	16.33	-18.21	5.20	-35.16
	14	16.33	-18.21	5.20	-35.16
	14.5	15.60	-16.58	4.89	-34.45
	15	15.14	-15.55	4.84	-34.33
	15	15.14	-15.55	4.84	-34.33
	15.5	14.95	-15.10	5.05	-34.82
	16	15.02	-15.26	5.53	-35.89
	16	15.02	-15.26	5.53	-35.89
	16.5	15.35	-16.01	6.27	-37.57
	17	15.94	-17.35	7.28	-39.84
	17	15.94	-17.35	7.28	-39.84
	17.5	16.81	-19.29	8.55	-42.70
	18	17.93	-21.83	10.08	-46.16
	18	17.93	-21.83	10.08	-46.16
	18.5	19.32	-24.95	11.88	-50.22
	19	20.97	-28.68	13.94	-54.86
	19	20.97	-28.68	13.94	-54.86
	19.5	22.88	-32.99	16.26	-60.10
	20	25.05	-37.89	18.85	-65.93

CALCULO DE ESFUERZOS EN EL TABLERO EN EL ACCESO DERECHO

	CUADRO DE ESFUERZOS EN EL TABLERO (t-m)													
	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		TEMP+		TEMP-	
Ubc (m)	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
0.00	-596.35	-24.04	69.09	-16.41	66.75	-15.86	340.84	4.12	-86.04	-57.38	-1664.11	283.50	265.73	-150.98
0.48	-596.35	-5.60	69.09	-13.48	66.75	-13.02	340.84	3.91	-86.04	-54.42	-1664.11	286.01	265.73	-151.09
0.96	-596.35	10.94	69.09	-10.77	66.75	-10.40	340.84	3.71	-86.04	-51.47	-1664.11	288.51	265.73	-151.20
0.96	-596.35	10.94	69.09	-10.77	66.75	-10.40	340.84	3.71	-86.04	-51.47	-1664.11	288.51	265.73	-151.20
1.44	-596.35	25.58	69.09	-8.29	66.75	-8.00	340.84	3.50	-86.04	-48.51	-1664.11	291.01	265.73	-151.32
1.92	-596.35	38.31	69.09	-6.04	66.75	-5.83	340.84	3.29	-86.04	-45.55	-1664.11	293.51	265.73	-151.43
1.92	-596.35	38.31	69.09	-6.04	66.75	-5.83	340.84	3.29	-86.04	-45.55	-1664.11	293.51	265.73	-151.43
2.40	-596.35	49.12	69.09	-4.01	66.75	-3.88	340.84	3.08	-86.04	-42.59	-1664.11	296.02	265.73	-151.54
2.87	-596.35	58.02	69.09	-2.22	66.75	-2.15	340.84	2.87	-86.04	-39.63	-1664.11	298.52	265.73	-151.66
2.87	-596.35	58.02	69.09	-2.22	66.75	-2.15	340.84	2.87	-86.04	-39.63	-1664.11	298.52	265.73	-151.66
3.35	-596.35	64.98	69.09	-0.66	66.75	-0.64	340.84	2.67	-86.04	-36.67	-1664.11	301.02	265.73	-151.77
3.83	-596.35	70.03	69.09	0.67	66.75	0.65	340.84	2.46	-86.04	-33.71	-1664.11	303.52	265.73	-151.88
3.83	-596.35	70.03	69.09	0.67	66.75	0.65	340.84	2.46	-86.04	-33.71	-1664.11	303.52	265.73	-151.88
4.31	-596.35	73.14	69.09	1.77	66.75	1.71	340.84	2.25	-86.04	-30.75	-1664.11	306.03	265.73	-152.00
4.79	-596.35	74.33	69.09	2.64	66.75	2.56	340.84	2.04	-86.04	-27.79	-1664.11	308.53	265.73	-152.11
4.79	-596.35	74.33	69.09	2.64	66.75	2.56	340.84	2.04	-86.04	-27.79	-1664.11	308.53	265.73	-152.11
5.27	-596.35	73.58	69.09	3.29	66.75	3.18	340.84	1.83	-86.04	-24.83	-1664.11	311.03	265.73	-152.22
5.75	-596.35	70.91	69.09	3.70	66.75	3.58	340.84	1.63	-86.04	-21.87	-1664.11	313.53	265.73	-152.33
5.75	-596.35	70.91	69.09	3.70	66.75	3.58	340.84	1.63	-86.04	-21.87	-1664.11	313.53	265.73	-152.33
6.23	-596.35	66.30	69.09	3.89	66.75	3.75	340.84	1.42	-86.04	-18.91	-1664.11	316.04	265.73	-152.45
6.71	-596.35	59.77	69.09	3.84	66.75	3.71	340.84	1.22	-86.04	-15.96	-1664.11	318.54	265.73	-152.56
6.71	-596.35	59.77	69.09	3.84	66.75	3.71	340.84	1.22	-86.04	-15.96	-1664.11	318.54	265.73	-152.56
7.19	-596.35	51.31	69.09	3.56	66.75	3.44	340.84	1.02	-86.04	-13.01	-1664.11	321.04	265.73	-152.67
7.67	-596.35	40.93	69.09	3.06	66.75	2.96	340.84	0.82	-86.04	-10.06	-1664.11	323.54	265.73	-152.79
7.67	-596.35	40.93	69.09	3.06	66.75	2.96	340.84	0.82	-86.04	-10.06	-1664.11	323.54	265.73	-152.79
8.15	-596.35	28.64	69.09	2.33	66.75	2.25	340.84	0.64	-86.04	-7.11	-1664.11	326.05	265.73	-152.90
8.62	-596.35	14.43	69.09	1.36	66.75	1.32	340.84	0.47	-86.04	-4.17	-1664.11	328.55	265.73	-153.01
8.62	-596.35	14.43	69.09	1.36	66.75	1.32	340.84	0.47	-86.04	-4.17	-1664.11	328.55	265.73	-153.01
9.10	-596.35	-1.69	69.09	0.17	66.75	0.16	340.84	1.18	-86.04	-2.52	-1664.11	331.05	265.73	-153.13
9.58	-596.35	-19.71	69.09	-1.26	66.75	-1.21	340.84	1.89	-86.04	-0.87	-1664.11	333.55	265.73	-153.24
9.58	-596.35	-19.71	69.09	-1.26	66.75	-1.21	340.84	1.89	-86.04	-0.87	-1664.11	333.55	265.73	-153.24
10.06	-596.35	-39.62	69.09	-2.91	66.75	-2.81	340.84	4.82	-86.04	-1.08	-1664.11	336.06	265.73	-153.35
10.54	-596.35	-61.42	69.09	-4.79	66.75	-4.63	340.84	7.75	-86.04	-1.28	-1664.11	338.56	265.73	-153.47
10.54	-596.35	-61.42	69.09	-4.79	66.75	-4.63	340.84	7.75	-86.04	-1.28	-1664.11	338.56	265.73	-153.47
11.02	-596.35	-85.10	69.09	-6.90	66.75	-6.67	340.84	10.70	-86.04	-1.50	-1664.11	341.06	265.73	-153.58
11.50	-596.35	-110.64	69.09	-9.24	66.75	-8.93	340.84	13.66	-86.04	-1.72	-1664.11	343.56	265.73	-153.69

	CUADRO DE ESFUERZOS EN EL TABLERO (t-m)													
	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		TEMP+		TEMP-	
Ubc (m)	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
11.50	-594.39	-109.31	69.06	-9.27	66.72	-8.95	340.69	13.60	-86.00	-1.71	-1664.00	343.64	265.77	-153.66
11.98	-594.39	-86.41	69.06	-6.75	66.72	-6.52	340.69	12.77	-86.00	-1.61	-1664.00	341.33	265.77	-153.63
12.46	-594.39	-65.37	69.06	-4.47	66.72	-4.32	340.69	11.94	-86.00	-1.50	-1664.00	339.02	265.77	-153.59
12.46	-594.39	-65.37	69.06	-4.47	66.72	-4.32	340.69	11.94	-86.00	-1.50	-1664.00	339.02	265.77	-153.59
12.94	-594.39	-46.22	69.06	-2.41	66.72	-2.33	340.69	11.11	-86.00	-1.40	-1664.00	336.72	265.77	-153.55
13.42	-594.39	-28.94	69.06	-0.59	66.72	-0.57	340.69	10.28	-86.00	-1.29	-1664.00	334.41	265.77	-153.52
13.42	-594.39	-28.94	69.06	-0.59	66.72	-0.57	340.69	10.28	-86.00	-1.29	-1664.00	334.41	265.77	-153.52
13.90	-594.39	-13.56	69.06	1.01	66.72	0.97	340.69	9.45	-86.00	-1.19	-1664.00	332.10	265.77	-153.48
14.37	-594.39	-0.08	69.06	2.37	66.72	2.29	340.69	8.62	-86.00	-1.08	-1664.00	329.80	265.77	-153.44
14.37	-594.39	-0.08	69.06	2.37	66.72	2.29	340.69	8.62	-86.00	-1.08	-1664.00	329.80	265.77	-153.44
14.85	-594.39	11.51	69.06	3.51	66.72	3.39	340.69	7.79	-86.00	-0.98	-1664.00	327.49	265.77	-153.41
15.33	-594.39	21.19	69.06	4.41	66.72	4.26	340.69	6.97	-86.00	-0.87	-1664.00	325.18	265.77	-153.37
15.33	-594.39	21.19	69.06	4.41	66.72	4.26	340.69	6.97	-86.00	-0.87	-1664.00	325.18	265.77	-153.37
15.81	-594.39	28.95	69.06	5.09	66.72	4.92	340.69	6.14	-86.00	-0.77	-1664.00	322.88	265.77	-153.33
16.29	-594.39	34.81	69.06	5.54	66.72	5.35	340.69	5.31	-86.00	-0.66	-1664.00	320.57	265.77	-153.30
16.29	-594.39	34.81	69.06	5.54	66.72	5.35	340.69	5.31	-86.00	-0.66	-1664.00	320.57	265.77	-153.30
16.77	-594.39	38.75	69.06	5.75	66.72	5.56	340.69	4.48	-86.00	-0.56	-1664.00	318.26	265.77	-153.26
17.25	-594.39	40.77	69.06	5.74	66.72	5.55	340.69	3.65	-86.00	-0.45	-1664.00	315.96	265.77	-153.22
17.25	-594.39	40.77	69.06	5.74	66.72	5.55	340.69	3.65	-86.00	-0.45	-1664.00	315.96	265.77	-153.22
17.73	-594.39	40.87	69.06	5.50	66.72	5.31	340.69	2.82	-86.00	-0.35	-1664.00	313.65	265.77	-153.19
18.21	-594.39	39.06	69.06	5.03	66.72	4.86	340.69	1.99	-86.00	-0.24	-1664.00	311.34	265.77	-153.15
18.21	-594.39	39.06	69.06	5.03	66.72	4.86	340.69	1.99	-86.00	-0.24	-1664.00	311.34	265.77	-153.15
18.69	-594.39	35.33	69.06	4.33	66.72	4.18	340.69	1.16	-86.00	-0.14	-1664.00	309.04	265.77	-153.11
19.17	-594.39	29.68	69.06	3.40	66.72	3.28	340.69	0.33	-86.00	-0.03	-1664.00	306.73	265.77	-153.08
19.17	-594.39	29.68	69.06	3.40	66.72	3.28	340.69	0.33	-86.00	-0.03	-1664.00	306.73	265.77	-153.08
19.65	-594.39	22.12	69.06	2.24	66.72	2.16	340.69	0.26	-86.00	-0.68	-1664.00	304.42	265.77	-153.04
20.12	-594.39	12.65	69.06	0.85	66.72	0.82	340.69	0.18	-86.00	-1.32	-1664.00	302.12	265.77	-153.01
20.12	-594.39	12.65	69.06	0.85	66.72	0.82	340.69	0.18	-86.00	-1.32	-1664.00	302.12	265.77	-153.01
20.60	-594.39	1.27	69.06	-0.77	66.72	-0.75	340.69	0.28	-86.00	-2.15	-1664.00	299.81	265.77	-152.97
21.08	-594.39	-12.00	69.06	-2.62	66.72	-2.53	340.69	0.39	-86.00	-2.98	-1664.00	297.50	265.77	-152.93
21.08	-594.39	-12.00	69.06	-2.62	66.72	-2.53	340.69	0.39	-86.00	-2.98	-1664.00	297.50	265.77	-152.93
21.56	-594.39	-27.18	69.06	-4.70	66.72	-4.54	340.69	0.49	-86.00	-3.81	-1664.00	295.20	265.77	-152.90
22.04	-594.39	-44.24	69.06	-7.01	66.72	-6.77	340.69	0.60	-86.00	-4.64	-1664.00	292.89	265.77	-152.86
22.04	-594.39	-44.24	69.06	-7.01	66.72	-6.77	340.69	0.60	-86.00	-4.64	-1664.00	292.89	265.77	-152.86
22.52	-594.39	-63.19	69.06	-9.54	66.72	-9.22	340.69	0.70	-86.00	-5.47	-1664.00	290.58	265.77	-152.82
23.00	-594.39	-84.01	69.06	-12.31	66.72	-11.89	340.69	0.80	-86.00	-6.30	-1664.00	288.28	265.77	-152.79

SERVICIO TU POS (t-m)						SERVICIO TU NEG (t-m)					
TRAMO	Ubc (m)	MAX		MIN		TRAMO	Ubc (m)	MAX		MIN	
		P	M	P	M			P	M	P	M
1	0.00	-1783.78	231.31	-2210.66	169.81	1	0.00	146.05	-203.17	-280.83	-264.67
	0.48	-1783.78	257.82	-2210.66	199.49		0.48	146.05	-179.27	-280.83	-237.61
	0.96	-1783.78	281.99	-2210.66	226.82		0.96	146.05	-157.72	-280.83	-212.89
	0.96	-1783.78	281.99	-2210.66	226.82		0.96	146.05	-157.72	-280.83	-212.89
	1.44	-1783.78	303.80	-2210.66	251.80		1.44	146.05	-138.53	-280.83	-190.53
	1.92	-1783.78	323.25	-2210.66	274.41		1.92	146.05	-121.70	-280.83	-170.53
	1.92	-1783.78	323.25	-2210.66	274.41		1.92	146.05	-121.70	-280.83	-170.53
	2.40	-1783.78	340.33	-2210.66	294.66		2.40	146.05	-107.23	-280.83	-152.90
	2.87	-1783.78	355.04	-2210.66	312.53		2.87	146.05	-95.14	-280.83	-137.64
	2.87	-1783.78	355.04	-2210.66	312.53		2.87	146.05	-95.14	-280.83	-137.64
	3.35	-1783.78	367.37	-2210.66	328.04		3.35	146.05	-85.42	-280.83	-124.75
	3.83	-1783.78	377.33	-2210.66	341.16		3.83	146.05	-78.08	-280.83	-114.25
	3.83	-1783.78	377.33	-2210.66	341.16		3.83	146.05	-78.08	-280.83	-114.25
	4.31	-1783.78	384.90	-2210.66	351.90		4.31	146.05	-73.12	-280.83	-106.12
	4.79	-1783.78	390.10	-2210.66	360.27		4.79	146.05	-70.54	-280.83	-100.37
	4.79	-1783.78	390.10	-2210.66	360.27		4.79	146.05	-70.54	-280.83	-100.37
	5.27	-1783.78	392.91	-2210.66	366.25		5.27	146.05	-70.34	-280.83	-97.00
	5.75	-1783.78	393.35	-2210.66	369.85		5.75	146.05	-72.52	-280.83	-96.02
	5.75	-1783.78	393.35	-2210.66	369.85		5.75	146.05	-72.52	-280.83	-96.02
	6.23	-1783.78	391.40	-2210.66	371.06		6.23	146.05	-77.08	-280.83	-97.42
	6.71	-1783.78	387.07	-2210.66	369.90		6.71	146.05	-84.02	-280.83	-101.20
	6.71	-1783.78	387.07	-2210.66	369.90		6.71	146.05	-84.02	-280.83	-101.20
	7.19	-1783.78	380.38	-2210.66	366.35		7.19	146.05	-93.33	-280.83	-107.36
	7.67	-1783.78	371.31	-2210.66	360.43		7.67	146.05	-105.02	-280.83	-115.90
	7.67	-1783.78	371.31	-2210.66	360.44		7.67	146.05	-105.02	-280.83	-115.90
	8.15	-1783.78	359.90	-2210.66	352.14		8.15	146.05	-119.05	-280.83	-126.81
	8.62	-1783.78	346.12	-2210.66	341.48		8.62	146.05	-135.45	-280.83	-140.08
	8.62	-1783.78	346.12	-2210.66	341.48		8.62	146.05	-135.45	-280.83	-140.08
	9.10	-1783.78	330.86	-2210.66	327.17		9.10	146.05	-153.31	-280.83	-157.01
	9.58	-1783.78	313.26	-2210.66	310.50		9.58	146.05	-173.53	-280.83	-176.29
	9.58	-1783.78	313.26	-2210.66	310.50		9.58	146.05	-173.53	-280.83	-176.29
	10.06	-1783.78	295.53	-2210.66	289.64		10.06	146.05	-193.88	-280.83	-199.77
	10.54	-1783.78	275.46	-2210.66	266.44		10.54	146.05	-216.56	-280.83	-225.59
	10.54	-1783.78	275.46	-2210.66	266.44		10.54	146.05	-216.56	-280.83	-225.59
	11.02	-1783.78	253.09	-2210.66	240.89		11.02	146.05	-241.54	-280.83	-253.75
	11.50	-1783.78	228.41	-2210.66	213.02		11.50	146.05	-268.85	-280.83	-284.23

SERVICIO TU POS (t-m)						SERVICIO TU NEG (t-m)					
TRAMO	Ubc (m)	MAX		MIN		TRAMO	Ubc (m)	MAX		MIN	
		P	M	P	M			P	M	P	M
2	11.50	-1781.92	229.71	-2208.62	214.40	2	11.50	147.85	-267.59	-278.84	-282.90
	11.98	-1781.92	254.42	-2208.62	240.04		11.98	147.85	-240.54	-278.84	-254.91
	12.46	-1781.92	276.80	-2208.62	263.36		12.46	147.85	-215.81	-278.84	-229.25
	12.46	-1781.92	276.80	-2208.62	263.36		12.46	147.85	-215.81	-278.84	-229.25
	12.94	-1781.92	296.86	-2208.62	284.36		12.94	147.85	-193.40	-278.84	-205.91
	13.42	-1781.92	314.59	-2208.62	303.02		13.42	147.85	-173.34	-278.84	-184.91
	13.42	-1781.92	314.59	-2208.62	303.02		13.42	147.85	-173.34	-278.84	-184.91
	13.90	-1781.92	329.97	-2208.62	319.33		13.90	147.85	-155.61	-278.84	-166.25
	14.37	-1781.92	343.01	-2208.62	333.30		14.37	147.85	-140.23	-278.84	-149.94
	14.37	-1781.92	343.01	-2208.62	333.30		14.37	147.85	-140.23	-278.84	-149.94
	14.85	-1781.92	353.69	-2208.62	344.92		14.85	147.85	-127.21	-278.84	-135.98
	15.33	-1781.92	362.01	-2208.62	354.17		15.33	147.85	-116.54	-278.84	-124.38
	15.33	-1781.92	362.01	-2208.62	354.17		15.33	147.85	-116.54	-278.84	-124.38
	15.81	-1781.92	367.97	-2208.62	361.07		15.81	147.85	-108.24	-278.84	-115.14
	16.29	-1781.92	371.57	-2208.62	365.60		16.29	147.85	-102.29	-278.84	-108.27
	16.29	-1781.92	371.57	-2208.62	365.60		16.29	147.85	-102.29	-278.84	-108.27
	16.77	-1781.92	372.80	-2208.62	367.77		16.77	147.85	-98.72	-278.84	-103.76
	17.25	-1781.92	371.66	-2208.62	367.56		17.25	147.85	-97.52	-278.84	-101.62
	17.25	-1781.92	371.66	-2208.62	367.56		17.25	147.85	-97.52	-278.84	-101.62
	17.73	-1781.92	368.16	-2208.62	364.99		17.73	147.85	-98.68	-278.84	-101.85
	18.21	-1781.92	362.28	-2208.62	360.05		18.21	147.85	-102.21	-278.84	-104.45
	18.21	-1781.92	362.28	-2208.62	360.05		18.21	147.85	-102.21	-278.84	-104.45
	18.69	-1781.92	354.04	-2208.62	352.73		18.69	147.85	-108.12	-278.84	-109.42
	19.17	-1781.92	343.42	-2208.62	343.06		19.17	147.85	-116.38	-278.84	-116.75
	19.17	-1781.92	343.42	-2208.62	343.06		19.17	147.85	-116.38	-278.84	-116.75
	19.65	-1781.92	331.20	-2208.62	330.26		19.65	147.85	-126.27	-278.84	-127.20
	20.12	-1781.92	316.61	-2208.62	315.11		20.12	147.85	-138.51	-278.84	-140.01
	20.12	-1781.92	316.61	-2208.62	315.11		20.12	147.85	-138.51	-278.84	-140.01
	20.60	-1781.92	299.85	-2208.62	297.41		20.60	147.85	-152.93	-278.84	-155.36
	21.08	-1781.92	280.73	-2208.62	277.37		21.08	147.85	-169.70	-278.84	-173.07
	21.08	-1781.92	280.73	-2208.62	277.37		21.08	147.85	-169.70	-278.84	-173.07
	21.56	-1781.92	259.27	-2208.62	254.97		21.56	147.85	-188.82	-278.84	-193.12
	22.04	-1781.92	235.47	-2208.62	230.23		22.04	147.85	-210.28	-278.84	-215.52
	22.04	-1781.92	235.47	-2208.62	230.23		22.04	147.85	-210.28	-278.84	-215.52
	22.52	-1781.92	209.33	-2208.62	203.16		22.52	147.85	-234.08	-278.84	-240.25
	23.00	-1781.92	180.86	-2208.62	173.76		23.00	147.85	-260.20	-278.84	-267.30

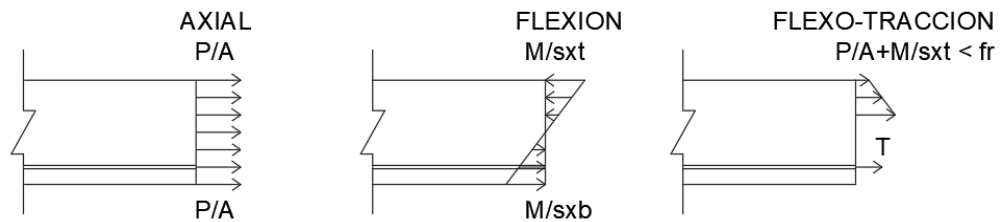
CUADRO DE ESFUERZOS EN EL TABLERO (Kg/cm2)														
DEAD			Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		TEMP+		TEMP-	
Ubc (m)	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb
0.00	-15.57	-23.61	3.79	-1.70	3.67	-1.64	9.89	11.27	3.34	-15.85	-79.79	15.03	23.70	-26.79
0.48	-17.48	-19.35	3.49	-1.02	3.37	-0.98	9.92	11.23	3.04	-15.17	-80.05	15.60	23.71	-26.82
0.96	-19.19	-15.54	3.21	-0.39	3.10	-0.38	9.94	11.18	2.73	-14.48	-80.31	16.18	23.72	-26.85
0.96	-19.19	-15.54	3.21	-0.39	3.10	-0.38	9.94	11.18	2.73	-14.48	-80.31	16.18	23.72	-26.85
1.44	-20.71	-12.16	2.95	0.18	2.85	0.17	9.96	11.13	2.42	-13.80	-80.57	16.76	23.74	-26.87
1.92	-22.03	-9.22	2.72	0.70	2.63	0.68	9.98	11.08	2.12	-13.12	-80.83	17.34	23.75	-26.90
1.92	-22.03	-9.22	2.72	0.70	2.63	0.68	9.98	11.08	2.12	-13.12	-80.83	17.34	23.75	-26.90
2.40	-23.15	-6.72	2.51	1.17	2.42	1.13	10.00	11.03	1.81	-12.43	-81.09	17.91	23.76	-26.92
2.87	-24.08	-4.67	2.32	1.58	2.24	1.53	10.02	10.99	1.50	-11.75	-81.35	18.49	23.77	-26.95
2.87	-24.08	-4.67	2.32	1.58	2.24	1.53	10.02	10.99	1.50	-11.75	-81.35	18.49	23.77	-26.95
3.35	-24.80	-3.06	2.16	1.94	2.09	1.87	10.05	10.94	1.20	-11.07	-81.61	19.07	23.78	-26.98
3.83	-25.32	-1.90	2.02	2.25	1.95	2.17	10.07	10.89	0.89	-10.38	-81.87	19.65	23.79	-27.00
3.83	-25.32	-1.90	2.02	2.25	1.95	2.17	10.07	10.89	0.89	-10.38	-81.87	19.65	23.79	-27.00
4.31	-25.64	-1.18	1.91	2.50	1.84	2.42	10.09	10.84	0.58	-9.70	-82.13	20.22	23.81	-27.03
4.79	-25.77	-0.91	1.82	2.70	1.76	2.61	10.11	10.79	0.28	-9.02	-82.38	20.80	23.82	-27.05
4.79	-25.77	-0.91	1.82	2.70	1.76	2.61	10.11	10.79	0.28	-9.02	-82.38	20.80	23.82	-27.05
5.27	-25.69	-1.08	1.75	2.85	1.69	2.75	10.13	10.75	-0.03	-8.34	-82.64	21.38	23.83	-27.08
5.75	-25.41	-1.70	1.71	2.95	1.65	2.85	10.15	10.70	-0.34	-7.65	-82.90	21.96	23.84	-27.11
5.75	-25.41	-1.70	1.71	2.95	1.65	2.85	10.15	10.70	-0.34	-7.65	-82.90	21.96	23.84	-27.11
6.23	-24.93	-2.76	1.69	2.99	1.63	2.89	10.17	10.65	-0.64	-6.97	-83.16	22.53	23.85	-27.13
6.71	-24.26	-4.27	1.69	2.98	1.64	2.88	10.20	10.60	-0.95	-6.29	-83.42	23.11	23.86	-27.16
6.71	-24.26	-4.27	1.69	2.98	1.64	2.88	10.20	10.60	-0.95	-6.29	-83.42	23.11	23.86	-27.16
7.19	-23.38	-6.22	1.72	2.92	1.66	2.82	10.22	10.56	-1.26	-5.61	-83.68	23.69	23.88	-27.18
7.67	-22.30	-8.61	1.78	2.80	1.71	2.70	10.24	10.51	-1.56	-4.93	-83.94	24.27	23.89	-27.21
7.67	-22.30	-8.61	1.78	2.80	1.71	2.70	10.24	10.51	-1.56	-4.93	-83.94	24.27	23.89	-27.21
8.15	-21.03	-11.45	1.85	2.63	1.79	2.54	10.26	10.47	-1.87	-4.25	-84.20	24.84	23.90	-27.24
8.62	-19.56	-14.73	1.95	2.41	1.89	2.32	10.27	10.43	-2.17	-3.57	-84.46	25.42	23.91	-27.26
8.62	-19.56	-14.73	1.95	2.41	1.89	2.32	10.27	10.43	-2.17	-3.57	-84.46	25.42	23.91	-27.26
9.10	-17.88	-18.45	2.08	2.13	2.00	2.06	10.20	10.59	-2.34	-3.19	-84.72	26.00	23.92	-27.29
9.58	-16.02	-22.61	2.22	1.80	2.15	1.74	10.13	10.76	-2.52	-2.81	-84.98	26.58	23.94	-27.32
9.58	-16.02	-22.61	2.22	1.80	2.15	1.74	10.13	10.76	-2.52	-2.81	-84.98	26.58	23.94	-27.32
10.06	-13.95	-27.20	2.39	1.42	2.31	1.37	9.82	11.43	-2.49	-2.85	-85.24	27.15	23.95	-27.34
10.54	-11.69	-32.23	2.59	0.99	2.50	0.95	9.52	12.11	-2.47	-2.90	-85.50	27.73	23.96	-27.37
10.54	-11.69	-32.23	2.59	0.99	2.50	0.95	9.52	12.11	-2.47	-2.90	-85.50	27.73	23.96	-27.37
11.02	-9.24	-37.70	2.81	0.50	2.71	0.48	9.21	12.79	-2.45	-2.95	-85.76	28.31	23.97	-27.39
11.50	-6.59	-43.59	3.05	-0.04	2.95	-0.04	8.91	13.47	-2.43	-3.00	-86.02	28.89	23.98	-27.42

	CUADRO DE ESFUERZOS EN EL TABLERO (Kg/cm2)													
	DEAD		Barrera		DW		LL+IM max		LL+IM MIN		TEMP+		TEMP-	
Ubc (m)	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb	σt	σb
11.50	-6.67	-43.23	3.05	-0.05	2.95	-0.04	8.91	13.46	-2.43	-3.00	-86.02	28.91	23.98	-27.41
11.98	-9.04	-37.94	2.79	0.53	2.70	0.52	8.99	13.26	-2.44	-2.98	-85.78	28.37	23.98	-27.40
12.46	-11.22	-33.09	2.55	1.06	2.47	1.02	9.08	13.07	-2.45	-2.95	-85.54	27.84	23.97	-27.39
12.46	-11.22	-33.09	2.55	1.06	2.47	1.02	9.08	13.07	-2.45	-2.95	-85.54	27.84	23.97	-27.39
12.94	-13.21	-28.67	2.34	1.53	2.26	1.48	9.17	12.88	-2.46	-2.93	-85.30	27.31	23.97	-27.39
13.42	-15.00	-24.68	2.15	1.96	2.08	1.89	9.25	12.69	-2.47	-2.90	-85.06	26.78	23.97	-27.38
13.42	-15.00	-24.68	2.15	1.96	2.08	1.89	9.25	12.69	-2.47	-2.90	-85.06	26.78	23.97	-27.38
13.90	-16.59	-21.13	1.99	2.32	1.92	2.24	9.34	12.50	-2.48	-2.88	-84.83	26.25	23.96	-27.37
14.37	-17.99	-18.02	1.85	2.64	1.78	2.55	9.42	12.31	-2.49	-2.85	-84.59	25.71	23.96	-27.36
14.37	-17.99	-18.02	1.85	2.64	1.78	2.55	9.42	12.31	-2.49	-2.85	-84.59	25.71	23.96	-27.36
14.85	-19.19	-15.35	1.73	2.90	1.67	2.80	9.51	12.12	-2.50	-2.83	-84.35	25.18	23.95	-27.35
15.33	-20.20	-13.11	1.63	3.11	1.58	3.00	9.60	11.93	-2.51	-2.81	-84.11	24.65	23.95	-27.34
15.33	-20.20	-13.11	1.63	3.11	1.58	3.00	9.60	11.93	-2.51	-2.81	-84.11	24.65	23.95	-27.34
15.81	-21.00	-11.32	1.56	3.27	1.51	3.16	9.68	11.73	-2.53	-2.78	-83.87	24.12	23.95	-27.34
16.29	-21.61	-9.97	1.52	3.37	1.47	3.25	9.77	11.54	-2.54	-2.76	-83.63	23.58	23.94	-27.33
16.29	-21.61	-9.97	1.52	3.37	1.47	3.25	9.77	11.54	-2.54	-2.76	-83.63	23.58	23.94	-27.33
16.77	-22.02	-9.06	1.49	3.42	1.44	3.30	9.85	11.35	-2.55	-2.73	-83.39	23.05	23.94	-27.32
17.25	-22.23	-8.59	1.50	3.42	1.45	3.30	9.94	11.16	-2.56	-2.71	-83.15	22.52	23.93	-27.31
17.25	-22.23	-8.59	1.50	3.42	1.45	3.30	9.94	11.16	-2.56	-2.71	-83.15	22.52	23.93	-27.31
17.73	-22.24	-8.57	1.52	3.36	1.47	3.25	10.03	10.97	-2.57	-2.68	-82.91	21.99	23.93	-27.30
18.21	-22.05	-8.99	1.57	3.25	1.52	3.14	10.11	10.78	-2.58	-2.66	-82.67	21.45	23.93	-27.29
18.21	-22.05	-8.99	1.57	3.25	1.52	3.14	10.11	10.78	-2.58	-2.66	-82.67	21.45	23.93	-27.29
18.69	-21.66	-9.85	1.64	3.09	1.59	2.99	10.20	10.59	-2.59	-2.64	-82.43	20.92	23.92	-27.29
19.17	-21.08	-11.15	1.74	2.88	1.68	2.78	10.28	10.39	-2.60	-2.61	-82.20	20.39	23.92	-27.28
19.17	-21.08	-11.15	1.74	2.88	1.68	2.78	10.28	10.39	-2.60	-2.61	-82.20	20.39	23.92	-27.28
19.65	-20.29	-12.90	1.86	2.61	1.80	2.52	10.29	10.38	-2.53	-2.76	-81.96	19.86	23.92	-27.27
20.12	-19.31	-15.08	2.00	2.29	1.94	2.21	10.30	10.36	-2.47	-2.91	-81.72	19.33	23.91	-27.26
20.12	-19.31	-15.08	2.00	2.29	1.94	2.21	10.30	10.36	-2.47	-2.91	-81.72	19.33	23.91	-27.26
20.60	-18.13	-17.71	2.17	1.91	2.10	1.85	10.29	10.38	-2.38	-3.10	-81.48	18.79	23.91	-27.25
21.08	-16.76	-20.77	2.36	1.49	2.28	1.44	10.28	10.41	-2.30	-3.29	-81.24	18.26	23.90	-27.24
21.08	-16.76	-20.77	2.36	1.49	2.28	1.44	10.28	10.41	-2.30	-3.29	-81.24	18.26	23.90	-27.24
21.56	-15.18	-24.27	2.58	1.01	2.49	0.97	10.27	10.43	-2.21	-3.48	-81.00	17.73	23.90	-27.23
22.04	-13.41	-28.21	2.82	0.47	2.72	0.46	10.26	10.45	-2.12	-3.68	-80.76	17.20	23.90	-27.23
22.04	-13.41	-28.21	2.82	0.47	2.72	0.46	10.26	10.45	-2.12	-3.68	-80.76	17.20	23.90	-27.23
22.52	-11.45	-32.58	3.08	-0.11	2.98	-0.11	10.25	10.48	-2.04	-3.87	-80.52	16.66	23.89	-27.22
23.00	-9.29	-37.39	3.37	-0.75	3.25	-0.72	10.23	10.50	-1.95	-4.06	-80.28	16.13	23.89	-27.21

SERVICIO TU POS (Kg/cm2)						SERVICIO TU NEG (Kg/cm2)					
TRAMO	Ubc (m)	MAX		MIN		TRAMO	Ubc (m)	MAX		MIN	
		ot	ob	ot	ob			ot	ob	ot	ob
1	0.00	-78.00	-0.64	-84.55	-27.76	1	0.00	25.49	-42.46	18.94	-69.58
	0.48	-80.75	5.48	-87.63	-20.91		0.48	23.01	-36.95	16.13	-63.34
	0.96	-83.26	11.05	-90.47	-14.61		0.96	20.78	-31.97	13.57	-57.63
	0.96	-83.26	11.05	-90.47	-14.61		0.96	20.78	-31.97	13.57	-57.63
	1.44	-85.52	16.09	-93.06	-8.84		1.44	18.79	-27.55	11.25	-52.47
	1.92	-87.54	20.57	-95.40	-3.62		1.92	17.04	-23.66	9.18	-47.86
	1.92	-87.54	20.57	-95.40	-3.62		1.92	17.04	-23.66	9.18	-47.86
	2.40	-89.31	24.52	-97.50	1.05		2.40	15.54	-20.32	7.35	-43.79
	2.87	-90.83	27.91	-99.35	5.17		2.87	14.29	-17.53	5.77	-40.27
	2.87	-90.83	27.91	-99.35	5.17		2.87	14.29	-17.53	5.77	-40.27
	3.35	-92.11	30.76	-100.96	8.75		3.35	13.28	-15.29	4.43	-37.29
	3.83	-93.14	33.05	-102.32	11.78		3.83	12.52	-13.59	3.34	-34.87
	3.83	-93.14	33.05	-102.32	11.78		3.83	12.52	-13.59	3.34	-34.87
	4.31	-93.93	34.80	-103.43	14.26		4.31	12.00	-12.45	2.50	-32.99
	4.79	-94.47	36.00	-104.30	16.19		4.79	11.74	-11.85	1.90	-31.67
	4.79	-94.47	36.00	-104.30	16.19		4.79	11.74	-11.85	1.90	-31.67
	5.27	-94.76	36.65	-104.92	17.57		5.27	11.72	-11.81	1.55	-30.89
	5.75	-94.80	36.75	-105.29	18.40		5.75	11.94	-12.31	1.45	-30.66
	5.75	-94.80	36.75	-105.29	18.40		5.75	11.94	-12.31	1.45	-30.66
	6.23	-94.60	36.30	-105.42	18.68		6.23	12.42	-13.37	1.60	-30.99
	6.71	-94.15	35.30	-105.30	18.41		6.71	13.13	-14.97	1.99	-31.86
	6.71	-94.15	35.30	-105.30	18.41		6.71	13.13	-14.97	1.99	-31.86
	7.19	-93.46	33.76	-104.93	17.59		7.19	14.10	-17.12	2.63	-33.28
	7.67	-92.52	31.67	-104.32	16.23		7.67	15.31	-19.81	3.51	-35.25
	7.67	-92.52	31.67	-104.32	16.23		7.67	15.31	-19.81	3.51	-35.25
	8.15	-91.33	29.03	-103.46	14.31		8.15	16.77	-23.05	4.64	-37.77
	8.62	-89.91	25.85	-102.35	11.85		8.62	18.47	-26.83	6.02	-40.83
	8.62	-89.91	25.85	-102.35	11.85		8.62	18.47	-26.83	6.02	-40.83
	9.10	-88.32	22.33	-100.87	8.55		9.10	20.32	-30.96	7.77	-44.74
	9.58	-86.50	18.27	-99.14	4.71		9.58	22.41	-35.62	9.77	-49.19
	9.58	-86.50	18.27	-99.14	4.71		9.58	22.41	-35.62	9.77	-49.19
	10.06	-84.66	14.18	-96.98	-0.11		10.06	24.52	-40.32	12.21	-54.61
	10.54	-82.58	9.55	-94.57	-5.46		10.54	26.88	-45.55	14.88	-60.56
	10.54	-82.58	9.55	-94.57	-5.46		10.54	26.88	-45.55	14.88	-60.56
	11.02	-80.26	4.39	-91.92	-11.36		11.02	29.47	-51.32	17.80	-67.06
	11.50	-77.70	-1.31	-89.04	-17.79		11.50	32.30	-57.62	20.96	-74.10

SERVICIO TU POS (Kg/cm2)						SERVICIO TU NEG (Kg/cm2)					
TRAMO	Ubc (m)	MAX		MIN		TRAMO	Ubc (m)	MAX		MIN	
		ot	ob	ot	ob			ot	ob	ot	ob
2	11.50	-77.78	-0.95	-89.12	-17.41	2	11.50	32.22	-57.27	20.89	-73.73
	11.98	-80.34	4.75	-91.77	-11.49		11.98	29.42	-51.03	17.98	-67.27
	12.46	-82.66	9.91	-94.19	-6.11		12.46	26.85	-45.32	15.32	-61.35
	12.46	-82.66	9.91	-94.19	-6.11		12.46	26.85	-45.32	15.32	-61.35
	12.94	-84.74	14.54	-96.37	-1.27		12.94	24.53	-40.15	12.90	-55.96
	13.42	-86.58	18.63	-98.30	3.04		13.42	22.45	-35.52	10.73	-51.12
	13.42	-86.58	18.63	-98.30	3.04		13.42	22.45	-35.52	10.73	-51.12
	13.90	-88.18	22.18	-100.00	6.81		13.90	20.61	-31.43	8.79	-46.81
	14.37	-89.53	25.19	-101.44	10.03		14.37	19.02	-27.88	7.10	-43.05
	14.37	-89.53	25.19	-101.44	10.03		14.37	19.02	-27.88	7.10	-43.05
	14.85	-90.64	27.66	-102.65	12.71		14.85	17.67	-24.88	5.65	-39.82
	15.33	-91.50	29.58	-103.61	14.85		15.33	16.56	-22.42	4.45	-37.15
	15.33	-91.50	29.58	-103.61	14.85		15.33	16.56	-22.42	4.45	-37.15
	15.81	-92.12	30.95	-104.32	16.44		15.81	15.70	-20.50	3.49	-35.02
	16.29	-92.49	31.78	-104.79	17.48		16.29	15.08	-19.13	2.78	-33.43
	16.29	-92.49	31.78	-104.79	17.48		16.29	15.08	-19.13	2.78	-33.43
	16.77	-92.62	32.07	-105.02	17.98		16.77	14.71	-18.30	2.31	-32.39
	17.25	-92.50	31.80	-105.00	17.93		17.25	14.59	-18.03	2.09	-31.90
	17.25	-92.50	31.80	-105.00	17.93		17.25	14.59	-18.03	2.09	-31.90
	17.73	-92.14	30.99	-104.73	17.34		17.73	14.71	-18.29	2.11	-31.95
	18.21	-91.53	29.64	-104.22	16.20		18.21	15.07	-19.11	2.38	-32.55
	18.21	-91.53	29.64	-104.22	16.20		18.21	15.07	-19.11	2.38	-32.55
	18.69	-90.67	27.74	-103.46	14.51		18.69	15.69	-20.47	2.90	-33.69
	19.17	-89.57	25.29	-102.45	12.28		19.17	16.54	-22.38	3.66	-35.39
	19.17	-89.57	25.29	-102.45	12.28		19.17	16.54	-22.38	3.66	-35.39
	19.65	-88.30	22.47	-101.13	9.33		19.65	17.57	-24.66	4.74	-37.80
	20.12	-86.79	19.10	-99.56	5.83		20.12	18.84	-27.49	6.07	-40.76
	20.12	-86.79	19.10	-99.56	5.83		20.12	18.84	-27.49	6.07	-40.76
	20.60	-85.05	15.23	-97.72	1.75		20.60	20.33	-30.81	7.66	-44.30
	21.08	-83.07	10.82	-95.64	-2.88		21.08	22.07	-34.68	9.50	-48.38
	21.08	-83.07	10.82	-95.64	-2.88		21.08	22.07	-34.68	9.50	-48.38
	21.56	-80.85	5.87	-93.32	-8.05		21.56	24.05	-39.10	11.58	-53.01
	22.04	-78.38	0.37	-90.76	-13.76		22.04	26.28	-44.05	13.90	-58.18
	22.04	-78.38	0.37	-90.76	-13.76		22.04	26.28	-44.05	13.90	-58.18
	22.52	-75.67	-5.66	-87.95	-20.00		22.52	28.75	-49.54	16.46	-63.89
	23.00	-72.72	-12.23	-84.90	-26.79		23.00	31.45	-55.57	19.27	-70.13

ANEXO 3



Donde:

h = Peralte total del tablero

M_u = Momento flector en el estado límite de servicio

d = Peralte efectivo del acero en el tablero

f'_c = Resistencia característica a la compresión del concreto empleado en el tablero

f_y = Resistencia a la tracción del acero de refuerzo del tablero.

b = Ancho del tablero para el bloque de compresión.

E_c = Modulo de elasticidad del concreto

E_s = Modulo de elasticidad del acero

n = Relacion modular $= E_s/E_c$

A_s = Área del acero de refuerzo

A_{s2} = Area transformada del acero de refuerzo $= n \cdot A_s$

k = Altura del bloque de compresión

m = Momento estatico superior

n = Momento estatico inferior

I_t = Momento de inercia transformado en estado elástico agrietado

A_t = Área transformada en estado elástico agrietado

S_{rt} = Modulo de sección elástico en la fibra superior en condición agrietada

S_{rs} = Modulo de sección elástico a nivel del acero de refuerzo en condición agrietada

f_{t1} = Esfuerzo en la fibra superior debido al efecto de flexion

f_{c1} = Esfuerzo a nivel del centroide de la sección debido al efecto de flexion

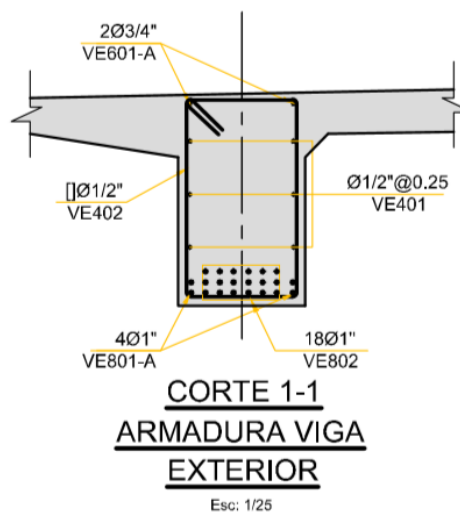
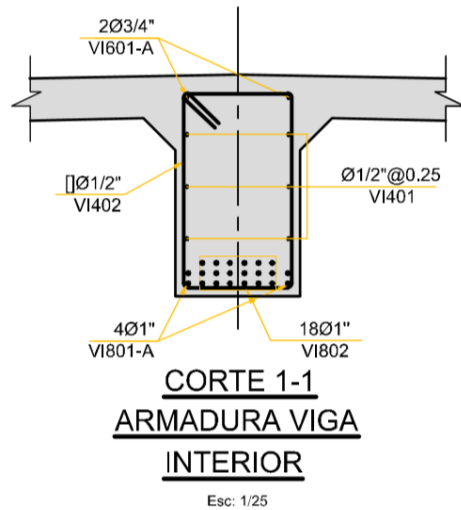
f_{s1} = Esfuerzo a nivel del acero de refuerzo debido al efecto de flexion

f_{t2} = Esfuerzo en la fibra superior debido al efecto de carga axial

f_{c2} = Esfuerzo a nivel del centroide de la sección debido al efecto de carga axial

f_{s2} = Esfuerzo a nivel del acero de refuerzo debido al efecto de carga axial

ESFUERZOS EN EL ACERO TRAMO 1



CALCULO DEL CENTROIDE DEL ACERO				
Cant	As, varilla (cm2)	y (cm)	Cant*y	
24	5.07	5	608.4	
24	5.07	8	973.44	
18	5.07	11	1003.86	
As total (cm2)	334.62	SUMA	2585.7	
		$\bar{Y}$ (cm)	7.73	

h	1.00	m
Mu	99.02	t-m
d	92.27	cm
f _c	350.00	Kg/cm2
f _y	4200.00	Kg/cm2
b	920.00	cm

Axial (t)	Momento (t-m)
798.32	99.04

n	8
As2	2676.96 cm ²

k	20.45 cm
m	192279.8458
n	192279.8454

PROPIEDADES EAA

It	0.1643 m ⁴
At	2.15 m ²
Srt	0.804 m ³
Srs	0.229 m ³

Esfuerzos debido a flexion

ft1	-12.32 Kg/cm ²
fc1	0.00 Kg/cm ²
fs1	346.27 Kg/cm ²

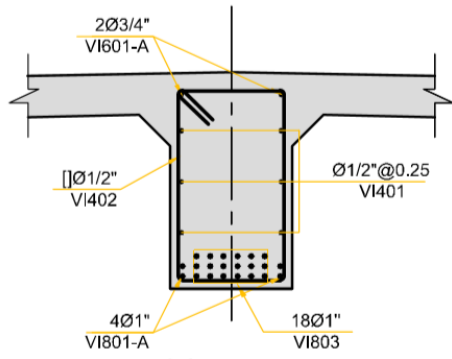
Esfuerzos debido a carga axial

ft2	37.15 Kg/cm ²
fc2	37.15 Kg/cm ²
fs2	297.24 Kg/cm ²

Esfuerzos totales

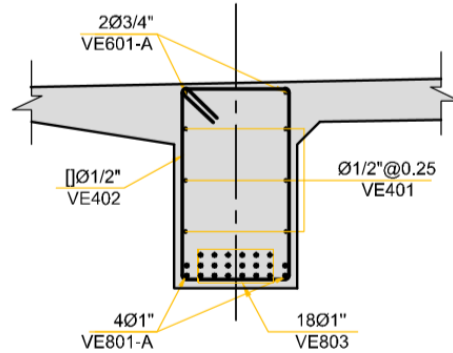
ft	24.83 Kg/cm ²
fc	37.15 Kg/cm ²
fs	643.51 Kg/cm ²

ESFUERZOS EN EL ACERO TRAMO 2



CORTE 3-3
ARMADURA VIGA
INTERIOR

Esc: 1/25



CORTE 3-3
ARMADURA VIGA
EXTERIOR

Esc: 1/25

CALCULO DEL CENTROIDE DEL ACERO				
Cant	As, varilla (cm2)	y (cm)	Cant*y	
24	5.07	5	608.4	
24	5.07	8	973.44	
18	5.07	11	1003.86	
As total (cm2	334.62	SUMA	2585.7	
		Ȳ (cm)	7.73	

h	1.00	m
Mu	161.46	t-m
d	92.27	cm
f'c	350.00	Kg/cm2
fy	4200.00	Kg/cm2
b	920.00	cm

Axial (t)	Momento (t-m)
753.53	161.46

n	8
As2	2676.96 cm2

k	20.45 cm
m	192279.8458
n	192279.8454

PROPIEDADES EAA

It	0.1643 m4
At	2.15 m2
Srt	0.804 m3
Srs	0.229 m3

Esfuerzos debido a flexion

ft1	-20.09 Kg/cm2
fc1	0.00 Kg/cm2
fs1	564.63 Kg/cm2

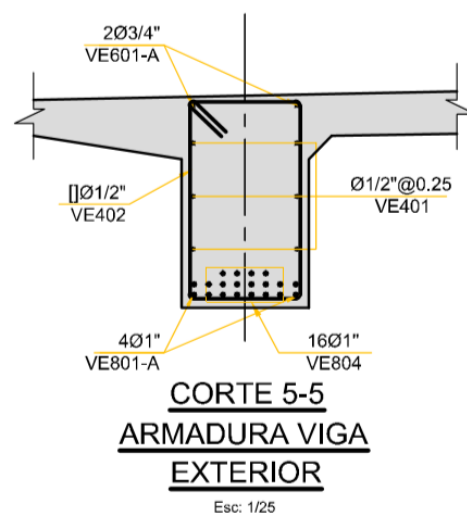
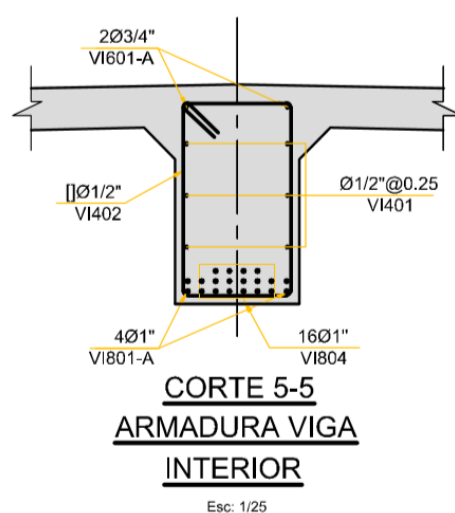
Esfuerzos debido a carga axial

ft2	35.07 Kg/cm2
fc2	35.07 Kg/cm2
fs2	280.56 Kg/cm2

Esfuerzos totales

ft	14.98 Kg/cm ²
fc	35.07 Kg/cm ²
fs	845.19 Kg/cm ²

ESFUERZOS EN EL ACERO TRAMO 3



CALCULO DEL CENTROIDE DEL ACERO				
Cant	As, varilla (cm ²)	y (cm)	Cant*y	
24	5.07	5	608.4	
24	5.07	8	973.44	
12	5.07	11	669.24	
As total (cm ²)	304.2	SUMA	2251.08	
		Ȳ (cm)	7.40	

h	1.00	m
Mu	150.50	t-m
d	92.60	cm
f'c	350.00	Kg/cm ²
f _y	4200.00	Kg/cm ²
b	920.00	cm

Axial (t)	Momento (t-m)
581.48	150.5

n	8
As2	2433.6 cm ²

k	19.65 cm
m	177541.2336
n	177541.233

PROPIEDADES EAA

It	0.1528 m ⁴
At	2.05 m ²
Srt	0.778 m ³
Srs	0.209 m ³

Esfuerzos debido a flexion

ft1	-19.35 Kg/cm ²
fc1	0.00 Kg/cm ²
fs1	574.94 Kg/cm ²

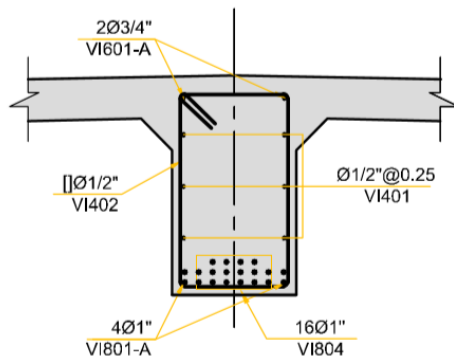
Esfuerzos debido a carga axial

ft2	28.35 Kg/cm ²
fc2	28.35 Kg/cm ²
fs2	226.83 Kg/cm ²

Esfuerzos totales

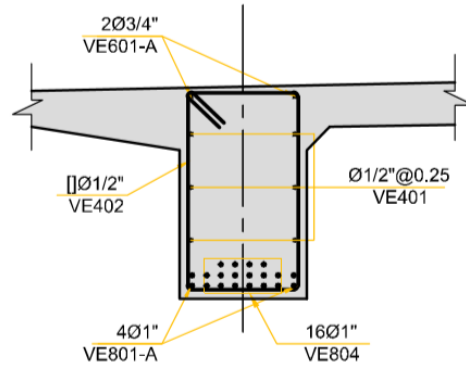
ft	9.00 Kg/cm ²
fc	28.35 Kg/cm ²
fs	801.77 Kg/cm ²

ESFUERZOS EN EL ACERO TRAMO 4



CORTE 5-5
ARMADURA VIGA
INTERIOR

Esc: 1/25



CORTE 5-5
ARMADURA VIGA
EXTERIOR

Esc: 1/25

CALCULO DEL CENTROIDE DEL ACERO				
Cant	As, varilla (cm ²)	y (cm)	Cant*y	
24	5.07	5	608.4	
24	5.07	8	973.44	
12	5.07	11	669.24	
As total (cm ²)	304.2	SUMA	2251.08	
		$\bar{Y}$ (cm)	7.40	

h	1.00	m
Mu	166.15	t-m
d	92.60	cm
f _c	350.00	Kg/cm ²
f _y	4200.00	Kg/cm ²
b	920.00	cm

Axial (t)	Momento (t-m)
275.14	166.15

n	8
As2	2433.6 cm ²

k	19.65 cm
m	177541.2336
n	177541.233

PROPIEDADES EAA

It	0.1528 m ⁴
At	2.05 m ²
Srt	0.778 m ³
Srs	0.209 m ³

Esfuerzos debido a flexion

ft1	-21.37 Kg/cm ²
fc1	0.00 Kg/cm ²
fs1	634.72 Kg/cm ²

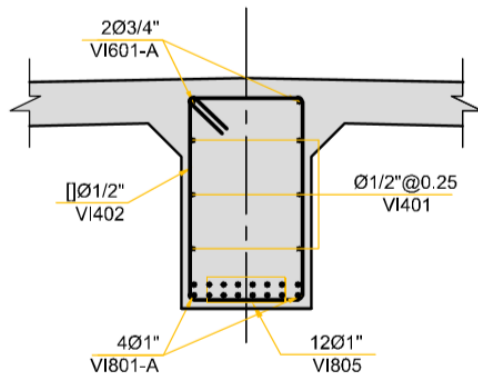
Esfuerzos debido a carga axial

ft2	13.42 Kg/cm ²
fc2	13.42 Kg/cm ²
fs2	107.33 Kg/cm ²

Esfuerzos totales

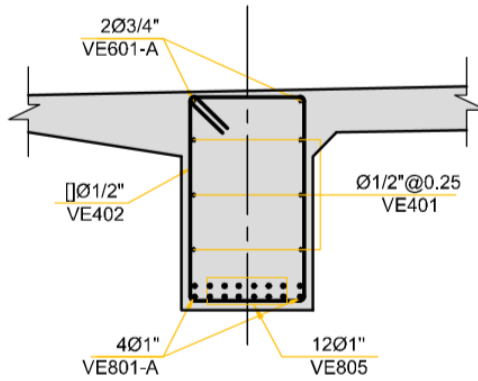
ft	-7.95 Kg/cm ²
fc	13.42 Kg/cm ²
fs	742.05 Kg/cm ²

ESFUERZOS EN EL ACERO TRAMO 5



CORTE 7-7
ARMADURA VIGA
INTERIOR

Esc: 1/25



CORTE 7-7
ARMADURA VIGA
EXTERIOR

Esc: 1/25

CALCULO DEL CENTROIDE DEL ACERO				
Cant	As, varilla (cm ²)	y (cm)	Cant*y	
24	5.07	5	608.4	
24	5.07	8	973.44	
As total (cm ²)		243.36	SUMA	1581.84
		Ȳ (cm)		6.50

h	1.00	m
Mu	221.47	t-m
d	93.50	cm
f _c	350.00	Kg/cm ²
f _y	4200.00	Kg/cm ²
b	920.00	cm

Axial (t)	Momento (t-m)
27.27	221.47

n	8
As2	1946.88 cm ²

k	17.89 cm
m	147205.7514
n	147205.7514

PROPIEDADES EAA

It	0.1289 m ⁴
At	1.84 m ²
Srt	0.720 m ³
Srs	0.170 m ³

Esfuerzos debido a flexion

ft1	-30.75 Kg/cm ²
fc1	0.00 Kg/cm ²
fs1	1039.62 Kg/cm ²

Esfuerzos debido a carga axial

ft2	1.48 Kg/cm ²
fc2	1.48 Kg/cm ²
fs2	11.85 Kg/cm ²

Esfuerzos totales

ft	-29.26 Kg/cm ²
fc	1.48 Kg/cm ²
fs	1051.47 Kg/cm ²

ANEXO 4

El sistema de encofrado se plantea metálico para así poder facilitar su armado y desplazamiento, el metrado del concreto en estado fresco a ser vaciado sobre los encofrados provisionales es el siguiente:

El metrado del sistema de encofrado planteado es el siguiente:

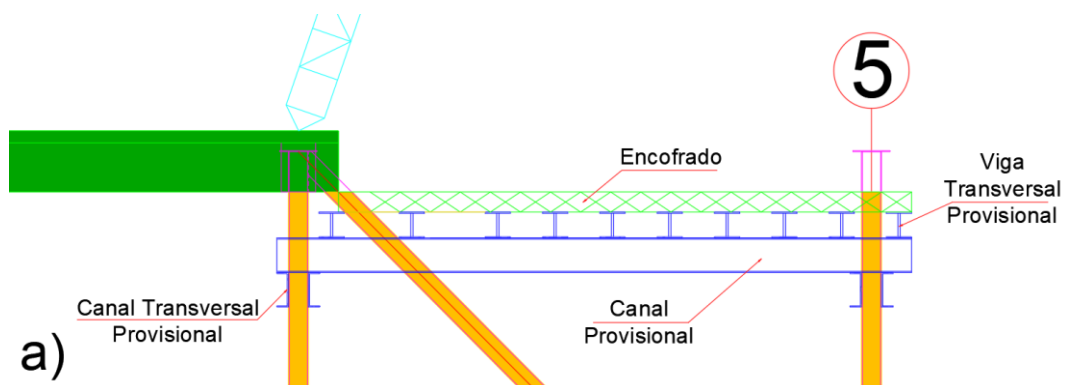
ENCOFRADO TIPO 1

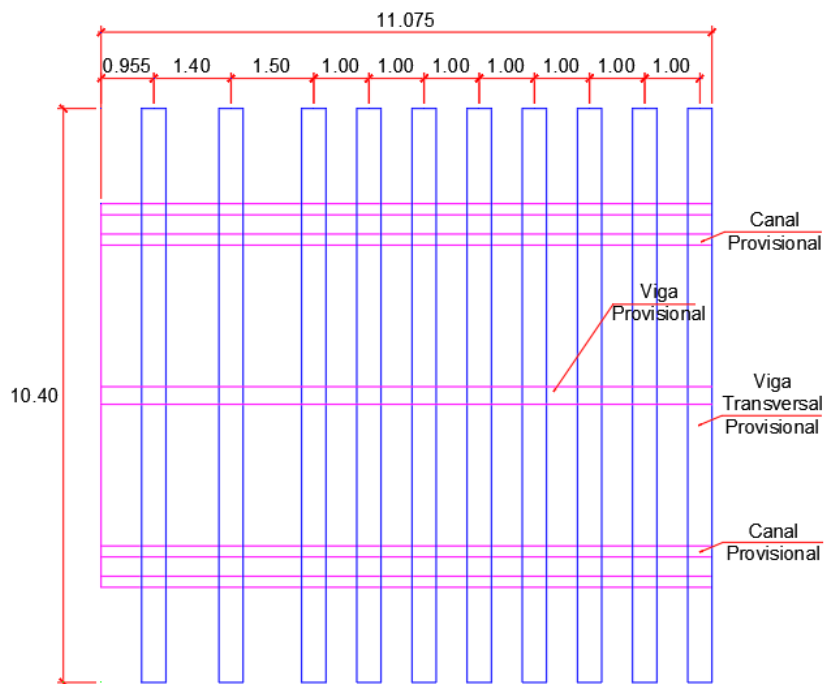
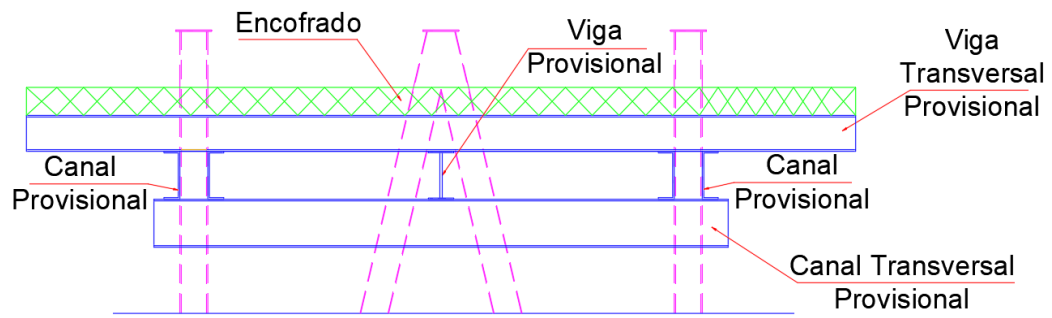
Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
Text	Text	Unitless	m	Tonf
VIGA TRANSV PROV	Frame	55	114.40	16.13
CANAL PROVISIONAL	Frame	20	21.71	6.05
VIGA	Frame	10	10.86	1.79
			SUMA	23.97

ENCOFRADO TIPO 2

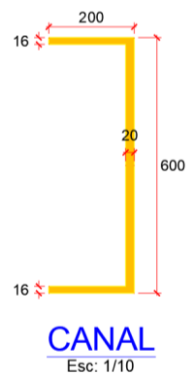
Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
Text	Text	Unitless	m	Tonf
VIGA TRANSV PROV	Frame	55	127.11	17.92
CANAL PROVISIONAL	Frame	20	24.12	6.73
VIGA	Frame	10	12.06	1.98
			SUMA	26.63

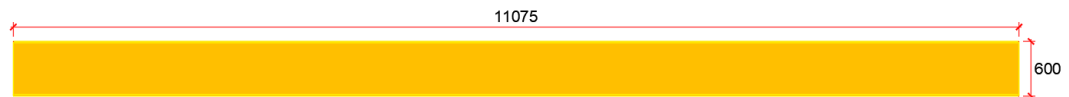
A continuación, se muestra el diseño de los elementos del encofrado metálico planteado:





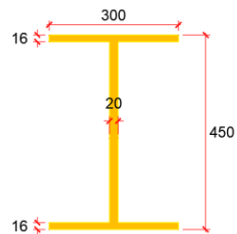
Los elementos que conforman el encofrado tienen la siguiente geometría:





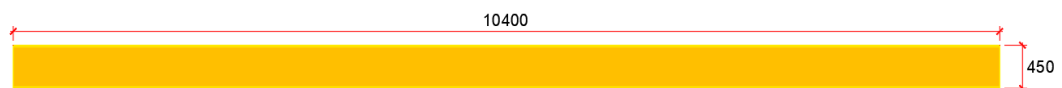
CANAL

Esc: 1/50



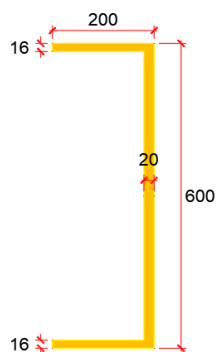
VIGA TRANSVERSAL

Esc: 1/10



VIGA TRANSVERSAL

Esc: 1/50



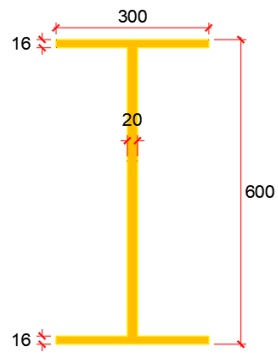
CANAL TRANSVERSAL

Esc: 1/10

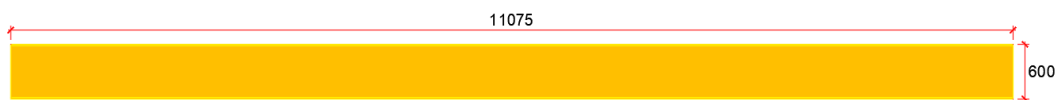


CANAL TRANSVERSAL

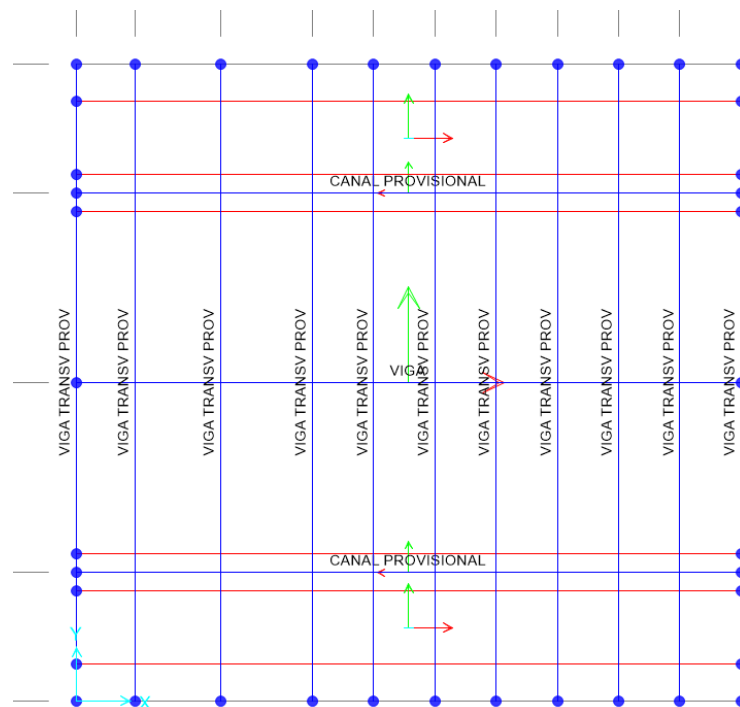
Esc: 1/50

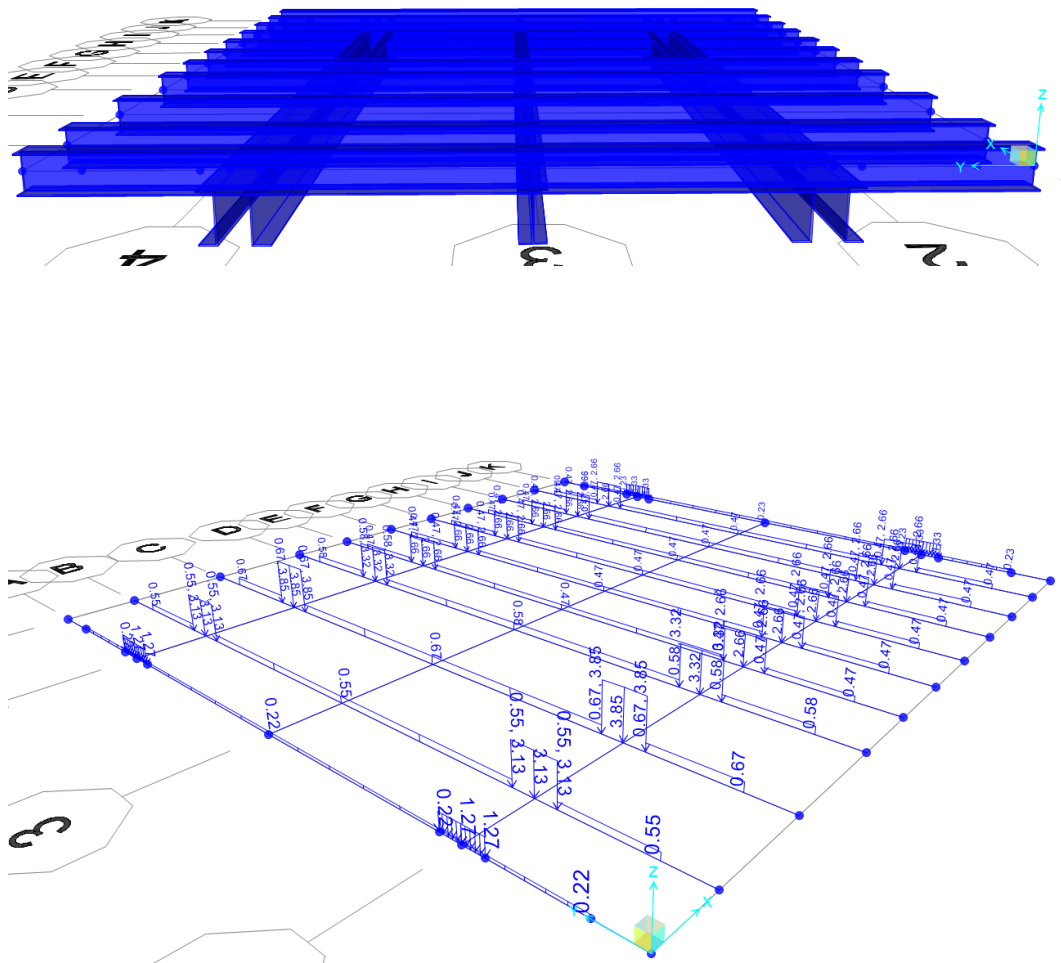


VIGA
Esc: 1/10

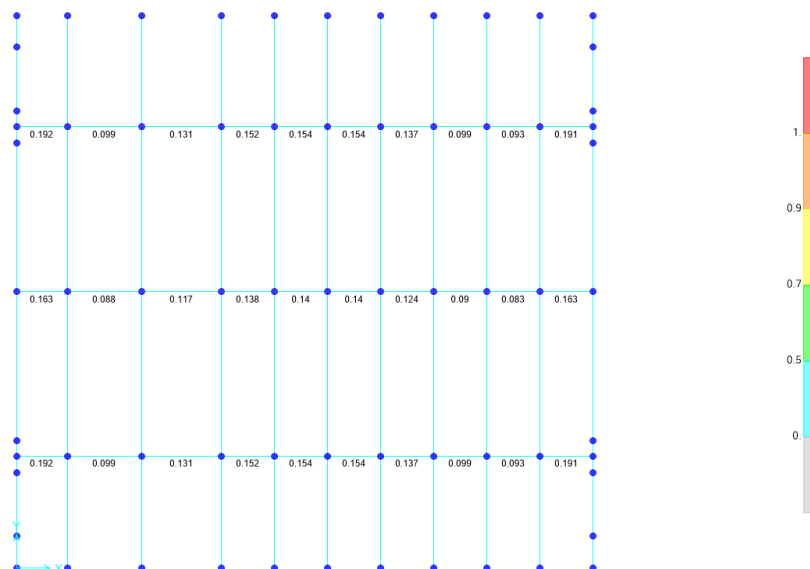


VIGA
Esc: 1/50





A continuación, se muestran los ratios de diseño de los elementos del encofrado metálico donde un factor demanda capacidad (D/C) menor a 1 indicara que el elemento tiene un diseño adecuado.



A continuación, se muestran las deformaciones verticales del encofrado metálico, el cual debe ser compensado con contraflecha constructiva.

