



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOPORTE TIPO CIMBRA BRIO DEL PUENTE PACHITEA, UTILIZANDO SAP2000 VERSION EDUCATIVA.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Christian Henry Bruno Chumpitaz

**Asesor:**

Ing. Luis Colonio García

Lima – Perú

2018

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvii</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
1.1. Antecedentes .....	18
1.2. Justificación .....	22
1.2.1. Objetivo .....	23
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1. Geometría de puentes .....	24
2.2. Elementos de los catálogos .....	38
2.3. Cargas de diseño .....	52
2.4. Criterios, análisis y diseño de estructuras de acero. ....	57
2.5. Definición de términos básicos .....	60
<b>CAPÍTULO 3. DESARROLLO .....</b>	<b>62</b>
3.1. Determinación de la geometría y cargas de diseño .....	62
3.2. Realización del modelo en SAP2000 .....	66
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>	<b>155</b>
4.1. Planos .....	155
4.2. Costos y presupuestos del soporte para puente .....	168
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>174</b>
5.1. Montaje.....	174
5.2. Inconvenientes en campo .....	179
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>180</b>

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>181</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>182</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>183</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 1: Recomendaciones para la elección de sistema de soporte .....	37
Tabla n.º 2: Carga de Uso del Husillo con Placa .....	40
Tabla n.º 3: Carga de Uso del Pie Vertical .....	43
Tabla n.º 4: Carga de Uso del Nudo .....	44
Tabla n.º 5: Carga de Uso de la Diagonal .....	45
Tabla n.º 6: Carga de Uso del Cabezal con Husillo .....	46
Tabla n.º 7: Carga de Uso de la Viga Ulmaflex.....	49
Tabla n.º 8: Carga de Uso de la Riostra MK-120 .....	50
Tabla n.º 9: Carga de Uso de la Riostra MK-180 .....	50
Tabla n.º 10: Combinación Axial - H Admisible.....	51
Tabla n.º 11: Velocidad de Diseño del Viento .....	55
Tabla n.º 12: Presión del Viento a Diferentes Alturas .....	55
Tabla n.º 13: Presión del Viento a Diferentes Alturas .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1: Elevación - Modelo simplificado 3D SAP2000 - elementos frame. ....	19
Figura n.º 2: Cargas actuantes sobre las vigas HEB-400 (ton).....	19
Figura n.º 3: Planta - Distribución Vigas Ulmaflex y Riostra MK 120 .....	20
Figura n.º 4: Esquema de carga (Ton/m)/Reacciones (Ton) en Riostra MK 120. ....	20
Figura n.º 5: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento en Viga Ulmaflex.....	21
Figura n.º 6: Esquema de carga en viga ulmaflex primaria (ton/m).....	21
Figura n.º 7: Diagrama en Viga Ulmaflex primarias críticas.....	22
Figura n.º 8: Soporte y Encofrado con Madera .....	24
Figura n.º 9: Soporte Metálico para Puente Salinas .....	25
Figura n.º 10: Soporte de Vigas de Lanzamiento para Viaducto Gran Maglar .....	26
Figura n.º 11: Carro de avance para puente sobre rio Grand.....	26
Figura n.º 12: Cimbra OC .....	28
Figura n.º 13: Torre Aluprop.....	29
Figura n.º 14: Cimbra OC .....	30
Figura n.º 15: Carro de Voladizos Sucesivos .....	33
Figura n.º 16: Cercha MK .....	34
Figura n.º 17: Cimbra MK .....	35
Figura n.º 18: Isometría de Cimbra Brio.....	39
Figura n.º 19: Husillo con placa .....	40
Figura n.º 20: Tubo con Disco .....	41
Figura n.º 21: Pie Vertical.....	42
Figura n.º 22: Brazo Horizontal.....	44
Figura n.º 23: Diagonal .....	45
Figura n.º 24: Cabezal con husillo .....	46
Figura n.º 25: Abrazadera Fija.....	47
Figura n.º 26: Abrazadera Giratoria .....	47
Figura n.º 27: Plataforma.....	48

Figura n.º 28: Viga Ulmaflex .....	49
Figura n.º 29: Riostra MK-120 .....	50
Figura n.º 30: Riostra MK-180 .....	50
Figura n.º 31: Perfil Metálico .....	52
Figura n.º 32: Estructura Metalica – Tramo Puerto Sungaro (m) .....	64
Figura n.º 33: Pilonos – Alzado (m) .....	65
Figura n.º 34: Módulo VP-04 (m).....	66
Figura n.º 35: Carga sobre la riostra MK-180 (m).....	67
Figura n.º 36: Reacciones D+W (ton).....	67
Figura n.º 37: Fuerzas cortantes D+W (ton).....	68
Figura n.º 38: Momentos Flectores D+W (ton.m) .....	68
Figura n.º 39: Deformaciones D+W (mm).....	68
Figura n.º 40: Carga asignada D+W (ton).....	69
Figura n.º 41: Reacciones D+W (ton).....	69
Figura n.º 42: Fuerzas cortantes D+W (ton).....	69
Figura n.º 43: Momentos Flectores D+W (ton.m) .....	69
Figura n.º 44: Deformaciones D+W (mm).....	69
Figura n.º 45: Módulo VP-05 (m).....	70
Figura n.º 46: Carga sobre el perfil W18x97 (m) .....	71
Figura n.º 47: Reacciones ELS (ton) .....	71
Figura n.º 48: Comprobación momento flector máximo (ELU), $x=1,75$ m .....	72
Figura n.º 49: Comprobación esfuerzo cortante máximo (ELU), $x=2,25$ m .....	73
Figura n.º 50: Deformaciones ELS (mm) .....	73
Figura n.º 51: Carga asignada (ton).....	74
Figura n.º 52: Comprobación momento flector y cortante máximo (ELU), $x=1,25$ m .....	74
Figura n.º 53: Reacciones ELS (ton) .....	75
Figura n.º 54: Deformaciones ELS (mm) .....	75
Figura n.º 55: Módulo VP-12 (m).....	76
Figura n.º 56: Carga sobre el perfil W18x97 (m) .....	77

Figura n.º 57: Reacciones ELS (ton) .....	78
Figura n.º 58: Deformaciones ELS (mm) .....	78
Figura n.º 59: Comprobación momento flector máximo (ELU), $x=1,75$ m .....	79
Figura n.º 60: Comprobación esfuerzo cortante máximo (ELU), $x=2,25$ m .....	80
Figura n.º 61: Carga asignada (ton).....	80
Figura n.º 62: Reacciones ELS (ton) .....	80
Figura n.º 63: Comprobación momento flector y cortante máximo (ELU), $x=0,50$ m.....	81
Figura n.º 64: Deformaciones ELS (mm) .....	82
Figura n.º 65: Soporte Montaje Modulo P-1B – Sección transversal (m).....	83
Figura n.º 66: Cargas del modelo de análisis modulo P-1B (ton, ton/m) .....	84
Figura n.º 67: Cuña fijada al modulo P-1B (m) .....	84
Figura n.º 68: Reacciones D+W (ton).....	85
Figura n.º 69: Cargas de viento y modulo pilono asignada a la cimbra brío (ton/m).....	86
Figura n.º 70: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) .....	87
Figura n.º 71: Fuerzas de tracción en los cables de acero D+W (ton).....	87
Figura n.º 72: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) 88	
Figura n.º 73: Máxima deformación en los apoyos D+W (mm) .....	89
Figura n.º 74: Soporte montaje modulo P-1B – Sección longitudinal (m).....	90
Figura n.º 75: Cargas al modelo de análisis modulo P-1B (ton, ton/m) .....	91
Figura n.º 76: Reacciones D+W (ton).....	92
Figura n.º 77: Cargas de viento asignada a la cimbra brío (ton/m).....	93
Figura n.º 78: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) .....	94
Figura n.º 79: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies desfavorable D+W (ton).....	94
Figura n.º 80: Máxima deformación nivel de los apoyos D+W (mm).....	95
Figura n.º 81: Soporte Montaje Modulo P-1A – Sección transversal (m).....	96
Figura n.º 82: Cargas del modelo de análisis modulo P-1A (ton, ton/m) .....	97
Figura n.º 83: Reacciones D+W (ton).....	98
Figura n.º 84: Cargas de viento y modulo pilono asignada a la cimbra brío (ton/m).....	99
Figura n.º 85: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) .....	100

Figura n.º 86: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton)	
100	
Figura n.º 87: Máxima deformación en los apoyos D+W (mm) .....	101
Figura n.º 88: Soporte Montaje Modulo P-2B – Sección transversal (m).....	102
Figura n.º 89: Cargas del modelo de análisis modulo P-2B (ton, ton/m) .....	103
Figura n.º 90: Reacciones D+W (ton).....	104
Figura n.º 91: Cargas de viento y modulo pilono asignada a la cimbra brio (ton/m).....	105
Figura n.º 92: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) .....	106
Figura n.º 93: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton)	
106	
Figura n.º 94: Máxima deformación en los apoyos y en la base liberada D+W (mm) .....	107
Figura n.º 95: Soporte montaje modulo P-2B – Sección longitudinal (m).....	108
Figura n.º 96: Cargas del modelo de análisis modulo P-2B (ton, ton/m) .....	109
Figura n.º 97: Reacciones D+W (ton).....	110
Figura n.º 98: Cargas de viento asignada a la cimbra brio (ton/m).....	111
Figura n.º 99: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) .....	112
Figura n.º 100: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies desfavorable D+W (ton)....	112
Figura n.º 101: Máxima deformación nivel de los apoyos D+W (mm).....	113
Figura n.º 102: Soporte Montaje Modulo P-3B – Sección transversal (m) .....	114
Figura n.º 103: Cargas del modelo de análisis modulo P-2B (ton, ton/m) .....	115
Figura n.º 104: Reacciones D+W (ton).....	116
Figura n.º 105: Cargas de viento y modulo pilono asignada a la cimbra brio (ton/m).....	117
Figura n.º 106: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) .....	118
Figura n.º 107: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies desfavorable D+W (ton)....	118
Figura n.º 108: Máxima deformación en los apoyos del pilono y en la base liberada D+W (mm)	119
Figura n.º 109: Soporte montaje modulo P-3B – Sección longitudinal (m).....	120
Figura n.º 110: Cargas del modelo de análisis modulo P-2B (ton, ton/m) .....	121
Figura n.º 111: Reacciones D+W (ton).....	122
Figura n.º 112: Cargas de viento asignada a la cimbra brio (ton/m).....	123
Figura n.º 113: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton).....	124



Figura n.º 114: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies desfavorable D+W (ton)....	124
Figura n.º 115: Máxima deformación nivel de los apoyos D+W (mm).....	125
Figura n.º 116: Soporte montaje modulo VT-04 – Alzado Eje A (m) .....	126
Figura n.º 117: Soporte montaje modulo VT-04 – Planta (m).....	127
Figura n.º 118: Modelo de análisis modulo VT-04 para carga por peso propio (ton).....	127
Figura n.º 119: Modelo de análisis modulo VT-04 para carga por viento (ton/m) .....	128
Figura n.º 120: Apoyo modulo viga tirante - Alzado (mm).....	128
Figura n.º 121: Apoyo modulo viga tirante - Sección transversal (mm) .....	129
Figura n.º 122: Reacciones - Peso propio (ton).....	129
Figura n.º 123: Reacciones - Reacciones (ton) .....	130
Figura n.º 124: Modulo transversal de análisis (ton) .....	130
Figura n.º 125: Reacciones D+W (ton).....	131
Figura n.º 126: Cargas asignadas (ton) .....	131
Figura n.º 127: Reacciones ELS (ton) .....	132
Figura n.º 128: Comprobación momento flector máximo (ELU), $x=2,35$ m .....	132
Figura n.º 129: Comprobación esfuerzo cortante máximo (ELU), $x=0,75$ m .....	133
Figura n.º 130: Deformada ELS (mm).....	133
Figura n.º 131: Carga asignada (ton) .....	134
Figura n.º 132: Reacciones D+W (ton).....	134
Figura n.º 133: Fuerza cortante D+W (ton).....	134
Figura n.º 134: Momentos Flectores D+W (ton.m).....	134
Figura n.º 135: Deformaciones (mm).....	134
Figura n.º 136: Cargas transmitidas a la cimbra brio (ton).....	135
Figura n.º 137: Cargas de viento asignada a la cimbra brio (ton) .....	136
Figura n.º 138: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) .....	137
Figura n.º 139: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) 137	
Figura n.º 140: Máxima deformada en los apoyos del modulo D+W (mm) .....	138
Figura n.º 141: Cargas de viento asignada a la cimbra brio (ton/m).....	139

Figura n.º 142: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) .....	140
Figura n.º 143: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) 140	
Figura n.º 144: Máxima deformada en los apoyos del modulo D+W (mm) .....	141
Figura n.º 145: Modulo transversal de análisis (ton) .....	142
Figura n.º 146: Reacciones D+W (ton).....	142
Figura n.º 147: Cargas asignadas (ton) .....	143
Figura n.º 148: Reacciones ELS (ton) .....	143
Figura n.º 149: Comprobación momento flector máximo (ELU), x=2,35 m .....	143
Figura n.º 150: Comprobación esfuerzo cortante máximo (ELU), x=4,00 m .....	144
Figura n.º 151: Deformada ELS (mm) .....	144
Figura n.º 152: Carga asignada (ton) .....	145
Figura n.º 153: Reacciones D+W (ton).....	145
Figura n.º 154: Fuerzas cortantes D+W (ton).....	145
Figura n.º 155: Momentos Flectores D+W (ton.m) .....	145
Figura n.º 156: Deformaciones (mm).....	146
Figura n.º 157: Carga asignada (ton) .....	146
Figura n.º 158: Reacciones D+W (ton).....	146
Figura n.º 159: Fuerzas cortantes D+W (ton).....	146
Figura n.º 160: Momentos Flectores D+W (ton.m) .....	147
Figura n.º 161: Deformaciones D+W (mm).....	147
Figura n.º 162: Cargas transmitidas a la cimbra brío (ton).....	148
Figura n.º 163: Cargas de viento asignada a la cimbra brío (ton/m).....	149
Figura n.º 164: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) .....	150
Figura n.º 165: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) 150	
Figura n.º 166: Máxima deformada en los apoyos del modulo D+W (mm) .....	151
Figura n.º 167: Cargas de viento asignada a la cimbra brío (ton/m).....	152
Figura n.º 168: Reacciones en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton) .....	153

Figura n.º 169: Fuerzas axiales máximas en el alineamiento de pies más desfavorable D+W (ton)	153
Figura n.º 170: Máxima deformada en los apoyos del modulo D+W (mm) .....	154
Figura n.º 171: Soporte longitudinal - Vista en planta .....	155
Figura n.º 172: Soporte longitudinal - Sección 01 .....	156
Figura n.º 173: Soporte longitudinal - Isometría 01 .....	156
Figura n.º 174: Soporte longitudinal - Vista en planta .....	157
Figura n.º 175: Soporte longitudinal - Sección 02 .....	157
Figura n.º 176: Soporte longitudinal - Isometría 02 .....	158
Figura n.º 177: Soporte longitudinal - Vista en planta .....	158
Figura n.º 178: Soporte longitudinal - Sección 03 .....	159
Figura n.º 179: Soporte longitudinal - Isometría 03 .....	159
Figura n.º 180: Soporte de tirantes - Vista en planta .....	160
Figura n.º 181: Soporte de tirantes - Elevación A .....	161
Figura n.º 182: Soporte de tirantes - Isometría 05 .....	162
Figura n.º 183: Soporte de tirantes - Isometría 07 .....	163
Figura n.º 184: Soporte de tirantes - Isometría 09 .....	164
Figura n.º 185: Andamio de acceso y soporte - Vista en planta .....	165
Figura n.º 186: Andamio de acceso y soporte - Sección 2 .....	166
Figura n.º 187: Andamio de acceso y soporte - Isometría 13 .....	167
Figura n.º 188: Soporte de cajones .....	170
Figura n.º 189: Soporte de cajones .....	170
Figura n.º 190: Soporte de tirantes .....	171
Figura n.º 191: Soporte de tirantes .....	171
Figura n.º 192: Soporte de tirantes .....	172
Figura n.º 193: Soporte de tirantes .....	172
Figura n.º 194: Soporte de pilono .....	173
Figura n.º 195: Puente final .....	173
Figura n.º 196: Soporte para zona del pilono .....	174

Figura n.º 197: Soporte para zona de cajones.....	175
Figura n.º 198: Soporte para zona de tirantes .....	175
Figura n.º 199: Soporte para zona final de cajones .....	176
Figura n.º 200: Montaje del 1º y 2º Nivel .....	178
Figura n.º 201: Montaje del 3º Nivel y Colocación de Cabezales .....	179

## RESUMEN

En los últimos años en el Perú con el rubro de la construcción de puentes está aumentando debido a nuevas construcciones como reparaciones ya que las ciudades lo demandan.

En este contexto, encontramos a la empresa ULMA Encofrados Perú S.A. con más de 100 trabajadores entre ingenieros, técnicos y supervisores; cuenta con una alta demanda brindando a sus clientes el servicio de soporte, encofrados y andamios; entre sus principales clientes encontramos Fianza Sociedad Anónima.

El diseño de los soportes varía dependiendo de sus características ya que son estructuras temporales las cuales sirven para soportar cargas que transmitirán los elementos del puente a realizar. El soporte a realizar está espaciado a una distancia tal que resista en sus capacidades ya que sus elementos son de acero.

Para realizar el diseño del soporte del presente trabajo ha tenido que pasar por un conjunto de especificaciones y normas.

Por otro lado, ha pasado por el refinamiento en el software SAP2000 que busca facilitar el uso del Método de los Elementos Finitos realizando tareas esenciales en todo el modelo, llegando así a estar óptimos en todo el soporte.

## ABSTRACT

In recent years in Peru with the heading of bridge construction is increasing due to new construction such as repairs as cities demand it.

In this context, we find the company ULMA Encofrados Perú S.A. with more than 100 workers among engineers, technicians and supervisors; it has a high demand providing its customers with the support service, formwork and scaffolding; among its main clients we find Fianza Sociedad Anónima.

The design of the supports varies depending on their characteristics since they are temporary structures which serve to support loads that will transmit the elements of the bridge to be made. The support to be made is spaced at a distance that resists in its capabilities since its elements are made of steel.

To make the design of the support of this work has had to go through a set of specifications and standards.

On the other hand, it has gone through the refinement in the SAP2000 software that seeks to facilitate the use of the Finite Element Method by performing essential tasks throughout the model, thus reaching optimal levels throughout the support.

**NOTA DE ACCESO**

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

## REFERENCIAS

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Manual de diseño de Puentes, Lima-Perú, 2012.
- AASHTO HIGHWAY SUBCOMMITTEE ON BRIDGES AND STRUCTURES, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 6th edition, EEUU, 2012.
- García Mendoza Miguel Ángel, “Sistema de Encofrados ULMA en Edificaciones y Obras Civiles”, Informe de Suficiencia para la Titulación Profesional FIC-UNI, 2005.
- Ramírez Goicochea Luis Enrique, “Procesos Constructivos del Puente Tsejtsi en Arco de Concreto Postensado de 80 m”, Titulación por Examen Profesional FIC-UNI, 1995.
- Costos, Construcción, Arquitectura e Ingeniería, Puente Pachitea Reto de envergadura para infraestructura vial, Edición 274, 2017
- Ulma Construcción, Catalogo General de Productos, España.
- Ulma Construcción, Guía de Usuario ESTRUCTURA MK, España.
- Ulma Construcción, Guía de Usuario CIMBRA MK, España.
- Ulma Construcción, Guía de Usuario BRIO, España.
- Ulma Construcción, TORRES ALUPROP, España.