

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	2
1.2.1. Objetivo general . . . . .	2
1.2.2. Objetivos específicos . . . . .	2
1.3. Alcances . . . . .	2
1.3.1. Capítulo I: Introducción . . . . .	3
1.3.2. Capítulo II: Revisión bibliográfica . . . . .	3
1.3.3. Capítulo III: Variación de la rigidez a la flexión: Aplicación cables metálicos . . . . .	3
1.3.4. Capítulo IV: Análisis numérico . . . . .	3
1.3.5. Capítulo V: Conclusiones . . . . .	3
1.4. Metodología . . . . .	3
1.5. Resultados esperados . . . . .	4
<b>2. Revisión bibliográfica</b>	<b>5</b>
2.1. Descripción de la estructura de un cable . . . . .	5
2.2. Discusión . . . . .	6
2.3. Modelos en la literatura . . . . .	6
2.3.1. J. Lanteigne (1985) . . . . .	7
2.3.2. K.O. Papailiou (1997) . . . . .	11
2.3.2.1. Tensiones en alambres . . . . .	11
2.3.2.2. Momento y rigidez del cable . . . . .	14
2.3.3. Jean-Bernard Dastous (2005) . . . . .	16
2.3.3.1. Rigidez a flexión tangente . . . . .	16
2.3.4. Alain Cardou (2013) . . . . .	18
2.3.5. Sébastien Langlois, Frédéric Legeron y Frédéric Lévesque (2013) . . . . .	19
2.3.6. Francesco Foti y Luca Martinelli (2016) . . . . .	21
2.4. Efecto del daño asimétrico en cables . . . . .	23
2.4.1. Respuesta numérica y experimental de cables dañados asimétricamente. . . . .	24
2.5. Comentarios revisión bibliográfica . . . . .	25
<b>3. Variación de la rigidez a la flexión: Aplicación cables metálicos</b>	<b>27</b>
3.1. Ecuación momento curvatura para cables dañados asimétricamente . . . . .	29
3.2. Daño con distribución asimétrica . . . . .	33
3.3. Propiedades mecánicas . . . . .	35
3.3.1. Ley constitutiva . . . . .	35

3.3.2. Coeficiente de fricción . . . . .	37
3.4. Resultados Momento y Rigidez a flexión en función de curvatura . . . . .	38
3.5. Curvaturas en cables, modelo de elementos finitos . . . . .	43
3.6. Resultados curvaturas en cable acero 9.5 [mm] . . . . .	45
<b>4. Análisis numérico</b>	<b>51</b>
4.1. Implementación de algoritmo . . . . .	51
4.2. Cinemática de deformación y formulación de trabajo virtual . . . . .	55
4.2.1. Matriz de rigidez elástica . . . . .	57
4.2.2. Matriz de rigidez geométrica . . . . .	57
4.3. Resultados numéricos . . . . .	58
<b>5. Conclusiones</b>	<b>71</b>
5.1. Resumen . . . . .	71
5.2. Conclusiones . . . . .	71
5.3. Limitaciones y recomendaciones de investigación futura . . . . .	72
<b>Bibliografía</b>	<b>73</b>
<b>A. Inercias máximas y mínimas cables con daño asimétrico</b>	<b>75</b>
<b>B. Polinomio Ley Constitutiva</b>	<b>77</b>
<b>C. Gráficos Momento y Rigidez a Flexión vs Curvatura</b>	<b>79</b>
C.1. Cable Aluminio 1x7 (1+6) diámetro 10.1 [mm] . . . . .	79
C.2. Cable Acero 1x7 (1+6) diámetro 12.7 [mm] . . . . .	82
C.3. Cable Aluminio 1x7 (1+6) diámetro 14.3 [mm] . . . . .	85
<b>D. Gráficos Curvaturas vs Longitud</b>	<b>88</b>
D.1. Cable Aluminio 1x7 (1+6) diámetro 10.1 [mm] . . . . .	88
D.2. Cable Acero 1x7 (1+6) diámetro 12.7 [mm] . . . . .	90
D.3. Cable Aluminio 1x7 (1+6) diámetro 14.3 [mm] . . . . .	92
<b>E. Matrices de rigidez</b>	<b>94</b>
E.1. Stick State . . . . .	94
E.1.1. Matriz de rigidez elástica. . . . .	94
E.1.2. Matriz de rigidez geométrica . . . . .	97
E.2. Slip State . . . . .	100
E.2.1. Matriz de rigidez elástica. . . . .	101
E.2.2. Matriz de rigidez geométrica . . . . .	104