

# Índice general

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introducción</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. Modificación del dominio de definición . . . . .                      | 3         |
| 1.1.1. Cambio de forma . . . . .   | 3         |
| 1.1.2. Cambio de topología . . . . .                                       | 4         |
| 1.2. Objetivos de este trabajo . . . . .                                   | 6         |
| 1.3. Organización del trabajo . . . . .                                    | 6         |
| <b>2. Derivada Topológica en elasticidad linealizada</b>                   | <b>7</b>  |
| 2.1. Introducción . . . . .  | 7         |
| 2.2. Formulación del problema de elasticidad . . . . .                     | 7         |
| 2.2.1. Formulación diferencial . . . . .                                   | 9         |
| 2.2.2. Formulación variacional . . . . .                                   | 9         |
| 2.3. La Derivada Topológica . . . . .                                      | 10        |
| 2.3.1. Definición de la Derivada Topológica . . . . .                      | 10        |
| 2.3.2. Derivada topológica vía análisis de sensibilidad al cambio de forma | 13        |
| 2.3.3. Expresiones de la Derivada Topológica . . . . .                     | 17        |
| <b>3. Optimización. Implementación computacional</b>                       | <b>19</b> |
| 3.1. Introducción . . . . .  | 19        |
| 3.2. El método de elementos finitos . . . . .                              | 20        |
| 3.2.1. Campo de desplazamientos . . . . .                                  | 21        |
| 3.2.2. Derivada Topológica . . . . .                                       | 22        |
| 3.2.3. Tensión de Von Mises . . . . .                                      | 22        |
| 3.3. Proceso de optimización topológica . . . . .                          | 24        |
| 3.3.1. Descripción general . . . . .                                       | 24        |
| 3.3.2. Implementación computacional . . . . .                              | 25        |
| 3.3.3. Creación de huecos en el dominio . . . . .                          | 28        |
| 3.3.4. Adaptatividad vía Derivada Topológica . . . . .                     | 31        |
| 3.4. Comentarios adicionales . . . . .                                     | 33        |
| <b>4. Ejemplos de aplicación en 2-D</b>                                    | <b>35</b> |
| 4.1. Introducción . . . . .  | 35        |
| 4.2. Ejemplo 1. Proyecto de barra . . . . .                                | 36        |
| 4.2.1. Análisis de los resultados . . . . .                                | 39        |
| 4.3. Ejemplo 2. Proyectos de vigas . . . . .                               | 42        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.3.1.    | Viga simplemente apoyada con carga inferior . . . . . | 42        |
| 4.3.2.    | Viga simplemente apoyada con carga superior . . . . . | 44        |
| 4.3.3.    | Viga corta en voladizo . . . . .                      | 46        |
| 4.4.      | Ejemplo 3. Proyectos de puentes . . . . .             | 51        |
| 4.4.1.    | Carga distribuida en parte superior . . . . .         | 51        |
| 4.4.2.    | Carga distribuida en parte central . . . . .          | 52        |
| <b>5.</b> | <b>Ejemplos de aplicación en 3-D</b>                  | <b>55</b> |
| 5.1.      | Introducción . . . . .                                | 55        |
| 5.2.      | Ejemplo 1. Proyectos de vigas . . . . .               | 56        |
| 5.2.1.    | Viga corta en voladizo . . . . .                      | 56        |
| 5.2.2.    | Viga en voladizo . . . . .                            | 63        |
| 5.3.      | Ejemplo 3. Proyecto de Caballete . . . . .            | 67        |
| <b>6.</b> | <b>Conclusiones</b>                                   | <b>73</b> |
| <b>A.</b> | <b>Prueba de los Teoremas 2.3.1 y 2.3.2</b>           | <b>75</b> |
| A.1.      | Prueba del Teorema 2.3.1 . . . . .                    | 75        |
| A.2.      | Prueba del Teorema 2.3.2 . . . . .                    | 76        |
|           | <b>Bibliografía</b>                                   | <b>77</b> |
|           | <b>Índice de Figuras</b>                              | <b>81</b> |
|           | <b>Índice de Tablas</b>                               | <b>86</b> |
|           | <b>Agradecimientos</b>                                | <b>89</b> |