

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES



**DISEÑO DE SOFTWARE PARA SOLUCIÓN DE CERCHAS EN 2D UTILIZANDO
EL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN JAVA**

POR:

MARCELO VELASQUEZ

OCTUBRE - 2023

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con profundo cariño y gratitud a mi madre, Nélida Velásquez. Su apoyo incansable en cada paso de mi camino y su constante motivación han sido el pilar que me ha llevado a culminar esta etapa de mi carrera. Anhele poder retribuir todo lo que has brindado por mí y llenarte de orgullo en los días por venir.

Asimismo, quiero dedicar esta tesis a mi abuela, Cristina Colque, cuyo apoyo inquebrantable y paciencia a lo largo de este trayecto han sido invaluable. También, quiero honrar la memoria de mi abuelo, Rosario Velásquez, quien ahora brilla en el cielo. Aunque físicamente no esté aquí para compartir este logro, su amor y luz continúan guiando mi camino. Gracias, Papá.

ÍNDICE
PRELIMINARES

| | |
|--------------------------------|-----|
| Hoja de aprobación..... | I |
| Hoja de ética de autoría | II |
| Dedicatoria | III |
| Agradecimiento... .. | IV |
| Resumen... .. | V |

CONTENIDO

| | |
|---|---|
| CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1.1 Sky Civ. | 1 |
| 1.1.2 Ftool | 2 |
| 1.2 PROBLEMA | 3 |
| 1.2.1. Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.2.2. Formulación del problema | 4 |
| 1.2.3 Sistematización del problema | 4 |
| 1.3 OBJETIVOS..... | 5 |
| 1.3.1 General..... | 5 |
| 1.3.2 Específicos | 5 |
| 1.4 HIPÓTESIS | 5 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN..... | 6 |
| 1.5.1 Académica | 6 |
| 1.5.2 Técnica..... | 6 |
| 1.5.3 Social | 7 |
| 1.6 ALCANCE Y LIMITACIONES | 7 |
| 1.6.1 Alcance | 7 |
| 1.6.2 Limitaciones..... | 8 |
| CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE CERCHAS | 9 |
| 2.1 FUNDAMENTO TEÓRICOS | 9 |
| 2.1.1 Cerchas..... | 9 |

| | |
|---|----|
| 2.1.2 Elementos que componen una cercha | 11 |
| 2.1.3 Tipos de cerchas y su clasificación | 12 |
| 2.1.3.1 Por su función de equilibrio..... | 12 |
| 2.1.3.2 Por su forma..... | 14 |
| 2.1.4 Desplazamiento en Cerchas | 17 |
| 2.1.5. Método de Rigidez..... | 19 |
| 2.1.5.1 Coeficiente de flexibilidad..... | 20 |
| 2.1.5.2 Coeficiente de rigidez | 20 |
| 2.1.5.3 Sistemas de Coordenadas..... | 21 |
| 2.1.5.3.1 Sistema de coordenadas locales. | 22 |
| 2.1.5.3.2 Sistema de coordenadas global. | 22 |
| 2.1.5.3.3. Transformación de ejes locales a ejes globales..... | 22 |
| 2.1.5.3.3.1 Relación entre desplazamientos de los nudos y fuerzas externas | 23 |
| 2.1.5.3.3.2 Demostración | 25 |
| 2.1.5.3.3.3 Transformación de coordenadas de desplazamientos | 27 |
| 2.1.5.3.3.4 Transformación de coordenadas de fuerzas externas..... | 28 |
| 2.1.5.4 Grados De Libertad..... | 31 |
| 2.1.5.5 Cosenos directores y Matriz de Rigidez global para cada elemento..... | 32 |
| 2.1.5.6 Planteamiento General del Método De Rigidez en la Solución de Cerchas. | 34 |
| 2.1.5.7 Ensamblaje de la Matriz de Rigidez General..... | 39 |
| 2.1.6 Procedimiento de cálculo..... | 42 |
| 1) Numeración de nodos, barras y grados de libertad | 42 |
| 2) Definir el Sistema de Coordenadas..... | 43 |
| 3) Cálculo de Longitud, Área y Módulo de Elasticidad..... | 43 |
| 4) Matriz de Rigidez de Cada Elemento | 43 |
| 5) Ensamblaje de matriz de rigidez de toda la estructura..... | 43 |
| 6) Vectores de Fuerzas y Desplazamientos | 44 |
| 7) Establecimiento de Sistema de Ecuaciones | 44 |
| 8) Resolución del sistema reducido (obtención de desplazamientos y las reacciones).45 | |
| 9) Fuerzas internas de cada barra | 45 |
| 2.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES | 46 |
| CAPÍTULO III FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SOFTWARE..... | 47 |

| | |
|---|----|
| 3.1 QUÉ ES UN SOFTWARE..... | 47 |
| 3.2 ORIGEN E HISTORIA DEL SOFTWARE..... | 47 |
| 3.3 TIPOS DE SOFTWARE | 48 |
| 3.4 INTRODUCCIÓN A JAVA..... | 49 |
| 3.5 INTRODUCCIÓN A NETBEANS..... | 50 |
| 3.6 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 51 |
| 3.7 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE..... | 52 |
| 3.7.1. Metodología Ágil..... | 52 |
| 3.7.2. Tipos de Metodología Ágiles..... | 53 |
| 3.7.3. Metodología utilizada para esta investigación AUP (Proceso Unificado Ágil) | 54 |
| 3.7.3.1 Fases del desarrollo de la metodología AUP | 55 |
| 3.8 MEDIOS Y RECURSOS | 55 |
| CAPÍTULO IV PROGRAMACIÓN GENERAL DEL SOFTWARE..... | 57 |
| 4.1. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA AUP | 57 |
| 4.1.1 FASE 1 Inicio | 59 |
| 4.1.1.1 Presupuesto | 59 |
| 4.1.1.2 Cronograma de Actividades..... | 60 |
| 4.1.1.2.1 Cronograma | 60 |
| 4.1.1.2.2 Diagrama de GANTT | 60 |
| 4.1.1.3 Requerimiento Funcionales y no Funcionales | 60 |
| 4.1.1.3.1 Requerimiento Funcional..... | 60 |
| 4.1.1.3.2 Requerimiento No Funcional..... | 63 |
| 4.1.2. FASE 2 Elaboración | 65 |
| 4.1.2.1 Modelado de casos de uso y descripción | 65 |
| 4.1.2.1.1 Descripción del caso de Uso-Usuario | 66 |
| 4.1.2.1.2 Descripción del caso de Uso-Administrador | 68 |
| 4.1.2.2 Definición de riesgos del proyecto | 70 |
| 4.1.2.2.1 Plan de respuesta ante riesgos..... | 71 |
| 4.1.2.3 Diagrama de actividades | 73 |
| 4.1.2.4 Diagrama de paquetes | 74 |
| 4.1.2.5 Diagramas de Flujos | 75 |
| 4.1.2.5.1 Diagrama de flujo para construcción de Matriz Rigidez de cada barra | 75 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.2.5.2 Diagrama de flujo del código para el ensamblado de matriz global..... | 76 |
| 4.1.2.5.3 Diagrama de flujo del código del cálculo de desplazamientos de una cercha ... | 76 |
| 4.1.2.5.4 Diagrama de flujo para imprimir los desplazamientos | 77 |
| 4.1.2.5.6 Diagrama de flujo para imprimir las Reacciones..... | 77 |
| 4.1.2.5.7 Diagrama de flujo del código para el cálculo de Fuerzas Internas | 78 |
| 4.1.2.5.8 Diagrama de flujo para Imprimir Fuerzas Internas..... | 78 |
| 4.1.2.5.9 Diagrama general para el cálculo de cerchas..... | 79 |
| 4.1.3. FASE 3 Construcción | 80 |
| 4.1.3.1 Características del Software..... | 80 |
| 4.1.3.2 Pantallas | 80 |
| 4.1.3.3 Inicio de la Programación..... | 83 |
| 4.1.3.4 Ingreso de Datos | 84 |
| 4.1.3.5 Sistema de unidades..... | 85 |
| 4.1.3.6 Propiedades del material..... | 87 |
| 4.1.3.7 Coordenadas de la barra..... | 88 |
| 4.1.3.8 Grados de Libertad de cada barra | 89 |
| 4.1.3.9 Tipo de Apoyos..... | 90 |
| 4.1.3.10 Tipo de Cargas | 92 |
| 4.1.3.11 Fuerzas Externas | 94 |
| 4.1.3.12 Desplazamiento Impuestos | 95 |
| 4.1.3.13 Programación del botón dibujar..... | 97 |
| 4.1.3.14 Programación del botón calcular | 99 |
| 4.1.3.15 Resultados..... | 102 |
| 4.1.3.15.1 Reacciones en los apoyos | 103 |
| 4.1.3.15.2 Desplazamientos | 103 |
| 4.1.3.15.3 Fuerzas Internas | 104 |
| 4.1.3.15.4 Mostrar el Procedimiento y Resumen de Resultados. | 104 |
| 4.1.3.16 Botón Guardar el procedimiento..... | 105 |
| 4.1.4. FASE 4 Transición..... | 106 |
| 4.1.4.1 Pruebas Funcionales del software..... | 106 |
| CAPÍTULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 110 |
| 5.1. EERCICIOS DE CERCHA EN DOS DIMENSIONES | 110 |

| | |
|---|-----|
| 5.1.1 EJERCICIO 1 | 110 |
| 5.2. RESULTADOS POR EL SOFTWARE ANÁLISIS DE CERCHAS | 111 |
| 5.2.1 Procedimiento de cálculo..... | 112 |
| 5.2.2 Resumen de los resultados finales. | 114 |
| 5.2.3 Resultados calculados manualmente..... | 115 |
| 5.4 EJERCICIO 2 | 117 |
| 5.4.1 Resultados en el software..... | 118 |
| 5.4.2 Resultados calculados manualmente..... | 119 |
| 5.5 EJERCICIO 3 | 122 |
| 5.5.1 Resultados en el software..... | 123 |
| 5.5.2 Resultados calculados manualmente..... | 124 |
| 5.6 ANÁLISIS COMPARATIVO..... | 128 |
| CONCLUSIONES..... | 129 |
| RECOMENDACIONES | 131 |
| Bibliografía..... | 132 |
| ANEXOS | 134 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Pantalla principal de SkyCiv | 1 |
| Figura 1.2 Pantalla principal de Ftool | 2 |
| Figura 2.1 Fotografía de una cercha en un techo..... | 9 |
| Figura 2.2 Cercha de Madera | 10 |
| Figura 2.3 Cercha metálica..... | 11 |
| Figura 2.4 Partes de una cercha | 11 |
| Figura 2.5 Cercha Isostática | 13 |
| Figura 2.6 Cercha Hiperestática | 14 |
| Figura 2.7 Cercha Triangular..... | 14 |
| Figura 2.8 Cercha Tijera..... | 15 |
| Figura 2.9 Cercha Rectangular | 15 |
| Figura 2.10 Cercha Pratt..... | 16 |
| Figura 2.11 Cercha Howe..... | 16 |
| Figura 2.12 Cercha Fink | 17 |
| Figura 2.13 Cercha con sistema de coordenadas..... | 21 |
| Figura 2.14 Eje local y global..... | 22 |
| Figura 2.15 Desplazamiento en Nudos..... | 26 |
| Figura 2.16 Fuerzas en Nudos | 26 |
| Figura 2.17 Transformación de Desplazamiento..... | 27 |
| Figura 2.18 Transformación de Fuerza..... | 28 |
| Figura 2.19 Grados de Libertad..... | 31 |
| Figura 2.20 Cosenos directores | 32 |
| Figura 2.21 Fuerzas Internas 1 | 36 |
| Figura 2.22 Fuerzas Internas 2 | 36 |
| Figura 2.23 Fuerzas Internas 3 | 37 |
| Figura 2.24 Fuerzas Internas 4 | 37 |
| Figura 2.25 Grados de Libertad..... | 39 |
| Figura.2. 26 Equilibrio de fuerzas | 40 |
| Figura 2.27 Numeración de nudos..... | 42 |
| Figura 2.28 Vectores de desplazamiento | 44 |
| Figura 3.1 Logo del lenguaje Java..... | 49 |

| | |
|--|-----|
| Figura 3.2 Software NetBeans..... | 50 |
| Figura 4.1 Caso de Uso – Usuario..... | 65 |
| Figura 4.2 Caso de Uso – Administrador | 68 |
| Figura 4.3 Diagrama de Actividades | 73 |
| Figura 4.4 Diagrama de Paquetes | 74 |
| Figura 4.5 Errores de try catch | 107 |
| Figura 4.6 El contador no reinicia | 108 |
| Figura 4.7 Pestaña de Gráficos | 108 |
| Figura 4.8 Comparación de resultados finales..... | 109 |
| Figura 4.9 Comparación de resultados de la matriz ensamblada | 109 |
| Figura 5.1. Ejercicio 1 de cercha en 2D | 110 |
| Figura 5.2 Discretización de la estructura Ejercicio 1..... | 111 |
| Figura 5.3 Gráfico del ejercicio en el software | 111 |
| Figura 5.4 Resultados finales del ejercicio..... | 114 |
| Figura 5.5 Ejercicio 2 de cercha en 2D | 117 |
| Figura 5.6 Discretización del ejercicio 2 | 117 |
| Figura 5.7 Resultados finales del ejercicio 2..... | 118 |
| Figura 5.8. Ejercicio 2 de cercha en 2D | 122 |
| Figura 5.9 Discretización del ejercicio 3 | 122 |
| Figura 5.10 Resultados finales del ejercicio 3..... | 123 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.1 Presupuesto para desarrollo del Software..... | 59 |
| Tabla 4.2 Requerimiento Funcionales | 60 |
| Tabla 4.3 Requerimiento No Funcionales | 63 |
| Tabla 4.4 Descripción del Caso de Uso-Introducción de Datos | 66 |
| Tabla 4.5 Descripción del Caso de Uso- Dibujar Gráfico | 66 |
| Tabla 4.6 Descripción del Caso de Uso- Calculo final..... | 66 |
| Tabla 4.7 Descripción del Caso de Uso- Visualizar el Procedimiento..... | 67 |
| Tabla 4.8 Descripción del Caso de Uso- Guardar | 67 |
| Tabla 4.9 Descripción del Caso de Uso- Actualizaciones | 68 |
| Tabla 4.10 Descripción del Caso de Uso- Versión Demo | 68 |
| Tabla 4.11 Descripción del Caso de Uso- Versión Premium | 69 |
| Tabla 4.12 Descripción del Caso de Uso- Servicio de Mantenimiento | 69 |
| Tabla 4.13 Escala de Probabilidades, Impacto y Severidad | 70 |
| Tabla 4.14 Identificación de Riesgo | 71 |
| Tabla 5.1 Análisis Comparativo de Ejercicio 1 | 128 |
| Tabla 5.2 Análisis Comparativo del Ejercicio 2..... | 128 |
| Tabla 5.3 Análisis Comparativo del Ejercicio 3..... | 128 |

ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1 Cuestionario de las entrevistas personales | 134 |
| Anexo 2 Métodos que se utilizaron para la programación del Botón Calcular | 138 |
| Anexo 3 Funciones para el cálculo de desplazamientos | 142 |
| Anexo 4 Código para el cálculo de las reacciones..... | 143 |
| Anexo 5 Funciones para calcular las fuerzas internas de cada barra | 144 |
| Anexo 6 Código para la función dibujar..... | 145 |
| Anexo 7 Cronograma-Diagrama de Gantt | 146 |
| Anexo 8 Manual de Usuario del Software | 148 |