



Universidad de la República  
Facultad de Ingeniería



Instituto de Estructuras y Transporte  
Prof. Julio Ricaldoni



# MANUAL DE USO v2.0

*Autor:*

Mihdí CABALLERO

5 de noviembre de 2015

Esta es la segunda versión de prueba de la herramienta ARCHFEM. Conforme se realicen actualizaciones la funcionalidad, eficiencia y opciones de ARCHFEM van a ir aumentando. Como es una versión de prueba, posiblemente se encuentren errores o resultados mal presentados, y si es así no dudar en enviar comentarios y sugerencias a [mcaballero@fing.edu.uy](mailto:mcaballero@fing.edu.uy).

## 1 INTRODUCCIÓN

Este material esta preparado para guiar al estudiante en una correcta utilización de la herramienta ARCHFEM.

ARCHFEM es un programa realizado en GNU-Octave que utiliza el Método de los Elementos Finitos (MEF) para el análisis de arcos en dos dimensiones, cuyo código es abierto. Es importante mencionar las hipótesis tomadas en el estudio de arcos que fueron consideradas para la creación de esta herramienta.

Respecto a la geometría, ARCHFEM analiza vigas curvas cuyo eje se encuentra en un plano  $xy$  con una sección transversal constante y simétrica respecto a dicho plano, las cargas de fuerza pertenecen al plano  $xy$  mientras que las de momento son normales a dicho plano y los desplazamientos según el eje  $z$  se consideran nulos. Es decir que ARCHFEM realiza un análisis plano de solicitaciones y deformaciones. Las hipótesis del material consideradas es que este es elástico lineal e isótropo, y también se consideran pequeñas deformaciones. Esta última hipótesis no es menor, ya que si se modela una estructura que de antemano se sabe que va a tener deformaciones muy grandes, ARCHFEM no va a realizar un análisis correcto y los resultados no serán acertados.

## 2 EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

Para poder utilizar ARCHFEM, es necesario tener por lo menos la versión de GNU-Octave 3.6.4, ésta se puede descargar por el link en la nota al pie<sup>1</sup>. Luego crear la carpeta C:\Octave y extraer el contenido del .zip en la carpeta. Ejecutar el acceso directo creado en dicha carpeta para abrir Octave. Para moverse entre carpetas correspondiente se utilizan los comandos 'cd nombre' para entrar a la carpeta llamada nombre y para subir a la carpeta anterior se usa 'cd ..'. Para ver los archivos y carpetas que hay en la carpeta en la que estamos parados se usa 'ls' o para ver el directorio se escribe 'dir'. Para abrir los archivos de texto de entrada de datos y para quien quiera ver el código de los archivos .m se recomienda fuertemente usar el editor de texto [Notepad++](#) o el editor [Geany](#). Es preferible tener instalado uno de estos editores de texto antes de ejecutar ARCHFEM desde Octave.

Una vez que se cuente con todo el software necesario, descomprimir el contenido de ARCHFEM.zip en una carpeta de fácil acceso. Luego, desde Octave dirigirse hasta el directorio en donde se encuentre el archivo `archfem.m` y ejecutar dicho archivo desde la consola de Octave escribiendo solo el nombre, sin la extensión. Se debería de encontrar dentro del programa ARCHFEM en este momento.

---

<sup>1</sup>[http://sourceforge.net/projects/octave/files/Octave%20Windows%20binaries/Octave%203.6.4%20for%20Windows%20MinGW%20installer/Octave3.6.4\\_gcc4.6.2\\_20130408.7z/download](http://sourceforge.net/projects/octave/files/Octave%20Windows%20binaries/Octave%203.6.4%20for%20Windows%20MinGW%20installer/Octave3.6.4_gcc4.6.2_20130408.7z/download)

### 3 ENTRADA DE DATOS

ARCHFEM permite la resolución de arcos de radio de curvatura constante como variable. Una vez que decidamos que tipo de arco se quiere analizar, lo seleccionamos a través de la consola de Octave. ARCHFEM va leer la información que se encuentra en los archivos de entrada en la carpeta Input. Los datos de entrada varían un poco dependiendo del tipo de arco a estudiar, por un tema de como ARCHFEM calcula las coordenadas de los nodos del arco. La entrada de datos para los tres tipos de arcos es similar, teniendo una diferencia en los parámetros que definen la geometría de cada uno.

Por lo tanto, vamos en orden a explicar brevemente los datos de entrada:

**Radio de curvatura (forma circular)** Este es el radio que va a tener el arco, expresado en metros.

**Coordenada x de los extremos respecto al centro de la circunferencia (arco circular)**

En esta parte hay que indicar cuales son las coordenadas en un eje horizontal x de los extremos del arco, expresadas en metros. Tener en cuenta que la distancia entre dichas coordenadas no puede ser mayor al doble del radio de curvatura anteriormente especificado.

**Coordenadas de los dos apoyos [x,y](forma parabólica y catenaria)** En este caso se indican las coordenadas de los apoyos, que pueden estar ubicados en cualquier punto del plano xy.

**Coordenada de otro punto conocido del arco (forma parabólica)** Se indica el tercer punto necesario para poder definir el trazado parabólico del arco, nuevamente puede ser cualquiera del plano xy.

**Constante [a] de la función de la catenaria  $y(x) = a * \cosh(x/a)$  (forma catenaria)** Como el nombre lo indica, se introduce el valor de la constante de la catenaria  $a = H/w$ , en donde H es la fuerza horizontal que transmite el arco y w la carga de peso propio del mismo.

**Num Elementos** Determina el grado de discretización del arco. El mínimo necesario es de 2 elementos y conforme aumente el número de elementos, mejor se aproxima la curvatura del arco y mejor son los resultados. Utilizando entre 100 y 150 elementos asegura tener un error menor al 1 % respecto a la solución analítica del arco, sin embargo, en algunos casos una discretización tan alta puede consumir varios segundos para poder realizar los gráficos.

**Carga distribuida** Se indica el valor de carga distribuida a colocar, se considera positiva vertical hacia arriba y está expresada en kN/m .

**Tipo de distribución de la carga** ARCHFEM resuelve cargas distribuidas por unidad de largo de arco (peso propio) o distribuidas en un eje horizontal.

**Cargas puntuales** En este caso se pueden colocar cargas puntuales en cualquier nodo de la estructura, y pueden ser las siguientes:

- Cargas horizontales, positivas hacia la derecha  $\rightarrow$ .
- Cargas verticales, positivas hacia arriba  $\uparrow$ .
- Momentos puntuales, positivos en sentido antihorario  $\curvearrowright$ .

Se debe indicar la cantidad de nodos a tener una carga puntual aplicada, para que ARCHFEM pueda interpretar correctamente los datos de entrada. Tener en cuenta que el valor del nodo elegido debe existir dentro de la discretización del arco, es decir:  $1 \leq n^{\circ} \text{ nodo} \leq n^{\circ} \text{ elementos} + 1$ . Si no se quiere colocar ninguna carga puntual, tener elegido por lo menos un nodo y ponerle un valor de 0 a cada carga. Para seguir agregando cargas puntuales, lo que hay que hacer es copiar una línea y pegarla inmediatamente abajo de la anterior. No se deben repetir los nodos en la lista de cargas puntuales, por lo que si se tienen varias cargas aplicadas en un mismo nodo, se recomienda encontrar las resultante en ese nodo en las direcciones indicados en el input del arco.

**Tipos de apoyos de cada extremo** Se puede definir para cada extremo del arco cuatro tipo de restricciones, una más restrictiva que la otra. La opción 1 no restringe ningún grado de libertad en el extremo (libre); la opción 2 restringe desplazamiento vertical (deslizante); la opción 3 restringe desplazamiento vertical y horizontal (fijo) y la opción 4 restringe desplazamiento vertical, horizontal y giro en el nodo (empotramiento).

**Módulo Elasticidad** Se define el módulo de elasticidad del material a analizar. Recordar que se trabaja bajo hipótesis de material elástico lineal e isótropo.

**Área de la viga** Se puede trabajar con secciones de diferente forma, ya que en el Método de los Elementos Finitos lo que se toma en cuenta es solamente el área de la sección transversal de la viga. Se expresa en  $\text{m}^2$ .

**Inercia de la viga** De la misma forma que con el área, se cumple lo mismo con la inercia de la viga. Expresada en  $\text{m}^4$ .

**Escala para ploteo de estructura deformada** En varios casos, la flecha obtenida en el arco puede ser muy pequeña en relación a las dimensiones del mismo, por lo que este valor indica a ARCHFEM con qué escala se desea plotear el arco deformado.

**¿Ver valores de solicitaciones en las figuras?** Esta opción lo que hace es colocar los valores de las solicitaciones en cada elemento de la estructura. Al incrementar la discretización la visualización de los valores es cada vez peor.

**Elija que gráficos desea ver** ARCHFEM presenta la opción de elegir que gráfico ver y cual no. Esto es útil si se quiere ahorrar tiempo de proceso, ya que graficar es lo que le lleva más tiempo a ARCHFEM.

**Respecto al modelo de la estructura, elija que quiere ver** Se tiene la opción de elegir que componentes graficar de la estructura indeformada. Esto puede ser útil al trabajar con una cantidad de elementos muy grandes.

Para una correcta lectura de los datos, no debe haber ninguna línea en blanco entre medio de cada línea de entrada. Lo ideal es solamente modificar los valores presentes en el ejemplo ya existente (o agregar más líneas en el caso de cargas puntuales).

## 4 SALIDA DE DATOS

Una vez realizada la entrada de datos del problema, guardamos el archivo y volvemos a ARCHFEM. Siguiendo las indicaciones que da el programa, se oprime la tecla Enter para iniciar el análisis.

ARCHFEM contempla varios errores de entrada de datos y avisa si encuentra alguno, debiendo corregirse para poder continuar. Puede que algunos errores sean de sintaxis de Octave o datos mal expresados.

ARCHFEM realiza el proceso de datos y una vez terminado, comienza a crear los gráficos del modelo de la estructura, la deformada, y los diagramas de cortante, momento y directa. En la consola se indican los tiempos que le llevó realizar cada etapa. Los gráficos se presentan en figuras independientes y si se quieren guardar como imágenes los resultados más óptimos se obtienen imprimiendo en pantalla.

En la carpeta Output se crea un archivo .txt con los resultados, cuyo nombre del archivo refiere al arco analizado. En dicho archivo se presentan los valores de las reacciones verticales, horizontales y de momento en los extremos del arco; los desplazamientos verticales, horizontales y giros en cada nodo; los valores de las solicitaciones en el extremo izquierdo y derecho de cada elemento del arco.