

Capítulo 4

Conducto vertical

En la sección 3 ya se han explicado los métodos de resolución numéricos, sean estos del cálculo de la posición de equilibrio o bien de estabilidad lineal. Por lo tanto, solo se harán comentarios al respecto en caso que haya alguna diferencia o detalle digno de mención.

En este capítulo, se considerarán los dos casos en los que el conducto esta situado paralelamente a la dirección de la gravedad uno con la descarga en el sentido de la gravedad $\theta_G = 0$ y otro en el contrario $\theta_G = \pi$. En este capítulo se llevara a cabo el estudio de las formas de equilibrio y su estabilidad. No existe diferencia entre considerar flujo impuesto U y presión impuesta ya que se ha comprobado que ambos resultados son idénticos.

4.1. Descarga vertical hacia abajo $\theta_G = 0$

Es fácil comprobar que en este caso hay una rigidización geométrica positiva del conducto debida a la gravedad, es decir, rigidez a flexión y gravedad trabajan en el mismo sentido, por tanto, el sistema es más estable para G mayores como se observa en la figura 4.1. Cabe recordar que la posición de equilibrio en este caso coincide con la indeformada (recta), por lo que numéricamente se varía βU^2 .

4.2. Descarga vertical hacia arriba $\theta_G = \pi$

En este caso la gravedad trabaja en contra de la rigidez a flexión de la viga por tanto aquella desestabiliza el sistema cuando G es suficientemente grande $G > 7,67$ incluso en ausencia de fluido. Cuando esto ocurre, la solución de equilibrio recta $\theta_{eq}(\xi) = 0$ es inestable y aparecen dos soluciones de equilibrio estable simétricas. En la figura 4.2 se

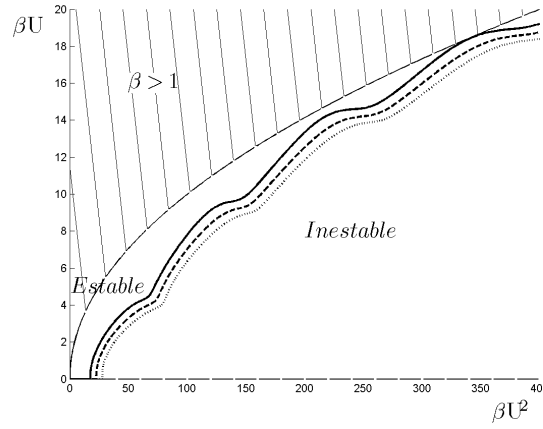


FIGURA 4.1: Efecto estabilizante de la gravedad en posición vertical y hacia abajo del conducto.

representa la solución de equilibrio estable para cada valor de G (sólo una de ellas por claridad).

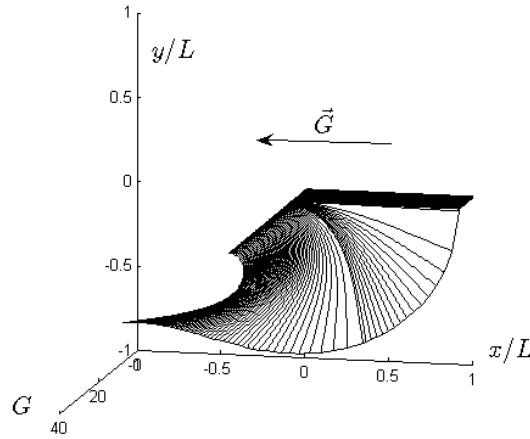
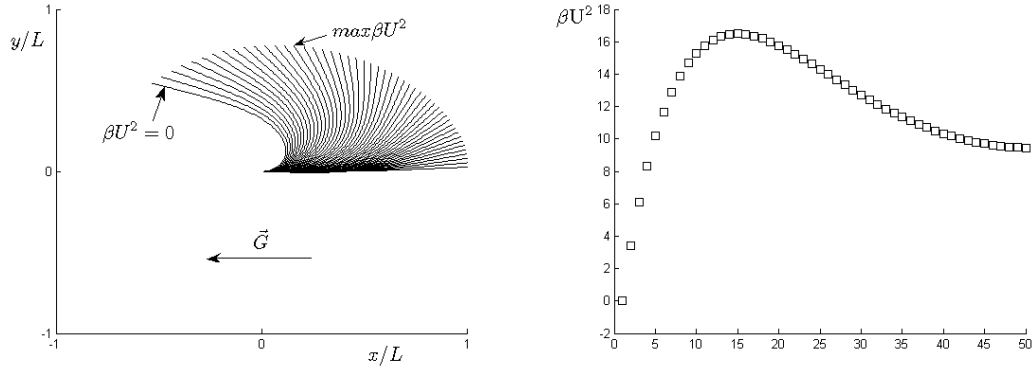


FIGURA 4.2: Deformadas estables para $\theta_G = \pi$, $\beta U^2 = 0$ variando G .

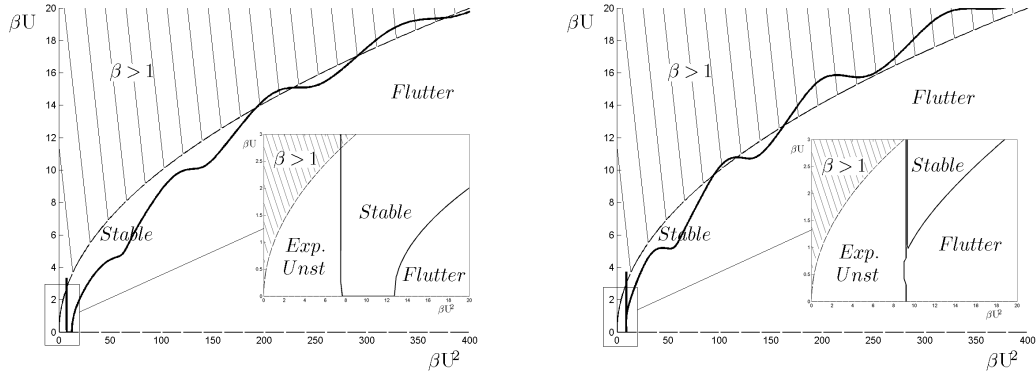
En presencia de fluido, la solución recta sigue existiendo y la solución estable no recta modifica su forma aunque se comprueba que siempre mantiene su estabilidad. En la figura 4.3 a la izquierda se representa las deformadas variando el ángulo del extremo libre desde el correspondiente al de gravedad pura hasta la deformada recta mientras a la derecha representa los valores de βU^2 para obtener las anteriores formas de equilibrio.

Obsérvese que βU^2 alcanza su valor máximo para una deformada intermedia. Esto tiene dos consecuencias. La primera es que existe un rango de βU^2 para el que existen dos soluciones de equilibrio, es decir, que un conducto flectado en equilibrio estable en un cierto rango de βU^2 , puede encontrar otra posición de equilibrio también estable distinta

FIGURA 4.3: Deformadas estables variando βU^2 y $\theta_G = \pi$, $G = 30$

a la original tras sufrir un cambio brusco de posición. Por otro lado, para valores de βU^2 mayores que el máximo que se observa en la figura sugiere que la única forma posible es recta, es decir, un incremento de βU^2 por encima de dicho valor máximo supone un cambio brusco de la posición de equilibrio. Se ha considerado un caso con G grande por presentar un comportamiento más rico, sin embargo, sistemas con valores de G menores no muestra éste máximo en βU^2 y, por tanto, tampoco sus consecuencias.

El análisis de estabilidad de la solución recta produce los resultados representados en la figura 4.4, donde se representa el comportamiento para $G = 15$ y $G = 30$. Se observa

FIGURA 4.4: Estabilidad del equilibrio $\theta_{eq}(\xi) = 0$ para $\theta_G = \pi$, (a) $G = 15$ y (b) $G = 30$

como la gravedad disminuye la región estable y además aparece una región de inestabilidad exponencial, es decir, no es de carácter oscilatorio como el flameo, independientemente del amortiguamiento.