

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo de investigación se realizó un estudio comparativo presentando la variación del diagrama momento-curvatura, considerando y no el efecto por cortante. Se realizó variando las cuantías de acero longitudinal a tensión y a compresión, y en algunos casos variando la cuantía de acero transversal. También se realizaron comparativas entre los modelos de las curvas esfuerzo-deformación del concreto confinado y no confinado, las comparaciones se realizaron con los modelos más utilizados en la actualidad, con la finalidad de dar al diseñador algunas bases para decidir cuál sería el mejor modelo a utilizar, cuando se desea calcular el diagrama $M-\phi$.

A partir del estudio realizado se observó que para las vigas rectangulares analizadas, la resistencia se incrementa conforme la cuantía longitudinal a tensión se incrementa. Por otro lado se observó que la capacidad de deformación en la sección disminuía y que la ductilidad de curvatura también decrecía. Sin embargo cuando se incrementó la cuantía de refuerzo longitudinal a compresión, la resistencia y la ductilidad de curvatura también se incrementó. Del estudio realizado se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Al comparar las curvas esfuerzo-deformación de un concreto simple o no confinado y la de un concreto confinado de acuerdo al modelo propuesto Kent y Park, (1971), se encontró que el modelo utilizado para un concreto confinado si influye de manera significativa en el incremento de las deformaciones, sin embargo la resistencia a compresión del concreto f'_c que se obtiene en ambos modelos es aproximadamente igual. No obstante cuando se utilizó el modelo de la curva esfuerzo-deformación propuesto por Park et al. (1982), se observó que el efecto de confinamiento no solo incrementa las deformaciones si no también los esfuerzos.
Por lo que se recomienda utilizar un modelo de la curva esfuerzo-deformación del concreto, el cual incluya el efecto de confinamiento.

- En este trabajo de investigación se presentaron los modelos analíticos de las curvas esfuerzo-deformación del concreto que son mas aceptados en la actualidad. Por lo que en ejemplo numérico 1 se presentó una comparativa de las curvas esfuerzo-deformación para un concreto confinado, propuestos por Hognestad (1951), Park *et al.* (1982) y Mander *et al.* (1988), (fig. 2.14). En dicha comparación se observó que el modelo más aceptable a utilizar es el propuesto por Mander *et al.* (1988), ya que este presenta una mayor resistencia a compresión, f'_c y una deformación unitaria asociada mayor, comparada con las que se obtuvieron en los otros dos modelos. Es decir que con el modelo de Mander *et al.* (1988), se obtuvieron valores cercanos a los modelos experimentales.
También se observó que la forma de la rama “*elástica*” es similar para los tres casos y que la deformación unitaria última del concreto que se obtiene con los modelos de Park *et al.* (1982) y Mander *et al.* (1988) es aproximadamente la misma. Concluyendo que la variación de la resistencia máxima del concreto, f'_c si influye de forma significativa con respecto al modelo esfuerzo-deformación del concreto que se utilice.

- Se presentó una comparativa de tres diagramas momento-curvatura para una misma sección en estudio (ejemplo numérico 1), cada uno de los diagramas $M-\phi$ se generaron a partir de los modelos analíticos de las curvas esfuerzo-deformación de un concreto confinado, propuestos por Hognestad (1951), Park *et al.* (1982) y Mander *et al.* (1988), la curva esfuerzo-deformación del acero utilizada fue la misma para los tres casos analizados, (*ASTM A7 06 Grade 60*, 1980).

Se observó que el momento de fluencia obtenido por los tres modelos es aproximadamente similar, al igual que la pendiente de posfluencia. La diferencia entre un diagrama y otro radica cuando se presenta la zona de ablandamiento, la zona de ablandamiento es aquella rama en la cual se tiene una pendiente negativa después de que se ha alcanzado la resistencia máxima en la sección. (fig. 2.15).

En el diagrama $M-\phi$ obtenido con el modelo propuesto por *Mander et al* (1988), se observó que la zona de ablandamiento se presenta a una deformación unitaria mayor que la de los otros 2 modelos evaluados. De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda utilizar este modelo, para la elaboración de los diagramas momento-curvatura.

En el capítulo 5 se realizaron ejemplos numéricos, en los cuales se analizó la influencia de las deformaciones por corte en los diagramas $M-\phi$, para secciones de vigas rectangulares comúnmente utilizadas. Los ejemplos realizados se dividieron en dos partes considerando y no el efecto por cortante, a partir de estos se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Consideración de flexión:
 - Se observó que a medida que la cuantía de acero longitudinal se incrementa, las vigas analizadas presentaron mayor capacidad de resistir momento flexionante, pero tienen menor capacidad de deformación, por lo que se obtuvieron ductilidades de curvatura menores. De tal forma que los diagramas $M-\phi$ realizados con poca cuantía de acero longitudinal, para las

secciones en estudio se obtuvieron ductilidades de curvatura mayores y también con mayor capacidad de deformación, por lo que presentan un comportamiento más dúctil, pero con menor resistencia a la flexión. De lo que se concluye que a mayor cuantía de acero longitudinal menor será la ductilidad de curvatura que se obtendrá.

- Para las vigas con un peralte mayor se observó que las ductilidades de curvatura decrecieron y presentaron deformaciones mayores comparadas con las vigas de menor peralte, sin embargo las secciones con relación ancho-peralte de 1:2.5 y 1:3 mostraron mayor capacidad a momento flexionante.

- Consideración de flexión y cortante:

- En los diagramas $M-\phi$ realizados con cuantías de acero longitudinal pequeñas, se observó que únicamente para las cuantías de acero mínimas, el efecto por cortante no contribuye de forma significativa. De tal modo que las secciones mostrarán un comportamiento más dúctil, lo cual es deseable para que no ocurra una falla frágil, ya que estas desarrollarán su máxima capacidad a flexión y mayor capacidad de deformación, comparadas con las que se modelaron para mayores cuantías.

De lo que se concluye que las curvas con cuantías de acero cercanas a la mínima, desarrollarán su máxima capacidad a flexión y mostrarán gran capacidad de deformación y la falla que ocurre primero es por flexión.

- En los diagramas $M-\phi$ realizados con mayor cuantía de acero longitudinal se aprecia que la falla que ocurrirá primero será por cortante, sin embargo puede darse el caso que la falla ocurra simultáneamente por flexión y corte. Por tal motivo es importante incluir en los diagramas momento-curvatura los efectos por corte, ya que de no tomar en cuenta esta contribución se podría considerar erróneamente la curvatura última y el momento último, por lo que estaríamos sobreestimando la resistencia de la

sección, también se estaría suponiendo que la sección esta disipando más energía de deformación, de la que en realidad se esta liberando y con esto obtendríamos una ductilidad de curvatura errónea. Es decir que los valores del M_u y ϕ_u obtenidos de un diagrama momento-curvatura calculado sin tomar en cuenta la contribución del efecto por cortante nunca se alcanzarán en la “realidad”. Por lo que se concluye que para obtener valores cercanos al comportamiento “real”, se recomienda que los diagramas M- ϕ se deben modelar con la incorporación del efecto por corte.

- Los diagramas M- ϕ generados con cuantías de acero longitudinal mayores a la mínima, pero menores a la cuantía de acero máxima se observó que la falla que ocurre primero es por cortante, pero también puede darse el caso que la falla ocurra simultáneamente por flexión y corte. Por lo que la sección de la viga en estudio no será capaz de desarrollar su máxima capacidad a flexión.
- En cuanto a los diagramas M- ϕ generados con la cuantía de acero longitudinal máxima, se observó que la influencia de las deformaciones por corte en secciones muy peraltadas, estas son afectadas de forma significativa ya que su capacidad de deformación es nula. Esto se debe a que su capacidad de resistir momento flexionante se reduce a tal grado que su momento último, M_u no llega alcanzar al momento de fluencia, M_y . Además que no sobrepasa el rango elástico y la sección no presentará ductilidad de curvatura, debido a que no se llega a la curvatura de fluencia.
- Al considerar en los diagramas momento-curvatura los efectos por cortante, no se sobreestima la resistencia en la sección, ya que el efecto del corte influye de forma significativa en su capacidad de deformación. Tampoco se estaría suponiendo que se está disipando más energía de deformación, de la que en realidad se esta liberando. Al tomar en cuenta el

efecto por corte se obtienen valores de ductilidad de curvatura cercanos al comportamiento “*real*”.

- Se observó que en vigas peraltadas, las ductilidades de curvatura decrecieron y mostraron grandes deformaciones comparadas con la viga de menor peralte. Las secciones con relación ancho-peralte de 1:2.5 y 1:3 presentan mayor capacidad a momento flexionante pero menor capacidad de deformación. También se observó lo que ya se mencionó anteriormente, que para las curvas correspondientes a la cuantía de acero longitudinal máxima, la sección no presenta ductilidad de curvatura, debido a que no se alcanzó la curvatura de fluencia. Por lo que es de suponer que en los elementos con una baja capacidad al corte, se producirá la falla debida al cortante.
- Se observó que únicamente en los diagramas $M-\phi$, calculados para las cuantías de acero mínimas, el efecto por corte no contribuye, independientemente de su relación ancho-peralte, también se apreció que la separación de los estribos no influyó significativamente en los resultados obtenidos, por lo que se supone que las secciones mostrarán un comportamiento más dúctil, debido a que desarrollarán su máxima capacidad a flexión.
- En cuanto a las curvas correspondientes a la cuantía de acero longitudinal máxima, se concluye que la influencia de las deformaciones por corte en los diagramas $M-\phi$, en secciones muy peraltadas si influye de forma significativa ya que su capacidad de deformación es nula, debido a que no se llega a la fluencia (M_y , ϕ_y), y no presentan ductilidad de curvatura. También se observó que en secciones muy peraltadas y variando la separación del refuerzo transversal, al considerar el efecto por cortante en los diagramas momento-curvatura, si influye en la resistencia y la capacidad de deformación de la sección. Por otro lado se observó que el refuerzo transversal influye de forma significativa, para lograr aumentar la ductilidad en una sección.