

Tabla de Contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Introducción General.....	1
1.2	Diseño al corte en elementos de hormigón estructural.	4
1.3	Objetivos.	5
1.3.1	Objetivos Generales.	5
1.3.2	Objetivos Específicos.....	5
1.4	Alcance del estudio.	6
2	Revisión Bibliográfica.	7
2.1	Estudios sobre el comportamiento del Corte.	7
2.2	Investigaciones con respecto a la predicción de la contribución del hormigón V_c a la resistencia al corte.	11
2.2.1	Introducción.	11
2.2.2	Investigaciones en vigas de hormigón armado sin refuerzo de corte.	12
2.2.3	Mecanismos de la resistencia cortante en vigas de hormigón armado sin refuerzo de corte.....	19
2.2.4	Efecto del aumento en dimensiones y cantidad de refuerzo longitudinal.....	23
3	Expresiones utilizadas en la predicción de resistencia al corte por código ACI 318. ...	32
3.1	Desarrollo y evolución de las disposiciones para predecir la resistencia al corte.	33
3.2	Modelo Puntal-tensor.	36
3.3	Disposiciones ACI 318-08.....	37
3.3.1	Método Simplificado.....	39
3.3.2	Método Detallado.....	39
3.4	Disposiciones ACI 318-19.....	40
4	Base de Datos.....	43
4.1	Fundaciones tipo zapata aislada.....	44
4.2	Losa de Fundación.....	47
5	Análisis y discusión de resultados.....	48
5.1	Análisis de sensibilidad y comparación de ecuaciones utilizadas.....	49
5.1.1	Variación de Cuantía	49
5.1.2	Variación Profundidad de fundación.....	50
5.2	Predicción de Resistencia al Corte V_c en fundaciones aisladas de edificios habitacionales.	51

5.2.1 Aplicación de ecuación 2019 sin considerar el factor efecto de tamaño ($\lambda_s = 1.0$).....	58
5.3 Comparación de predicción de Resistencia al Corte V_c de ecuaciones, con Esfuerzo de Corte V_u presente en elemento.	60
5.3.1 Análisis de esfuerzo de corte solicitante en la cara del elemento soportado. .	62
5.3.2 Análisis de esfuerzo de corte solicitante a distancia “ d ” de la cara del elemento soportado.....	64
5.4 Análisis y aplicación de ecuaciones en Losas de Fundación	67
6 Conclusiones obtenidas.	70
7 Bibliografía.	73
Anexo y Apéndices.....	75
Apéndice A: Obtención de Parámetros relevantes de planos AutoCAD.	75
Apéndice B: Obtención de esfuerzos V_u de modelos computacionales utilizando software SAFE.	80
Apéndice C: Resultados obtenidos clasificados según características de la estructura.	84

Índice de Tablas

Tabla 3-1 Resistencia a cortante en una dirección: V_c para elementos no presforzados.	42
Tabla 5-1 Valores promedios, máximos y mínimos para la relación $vc_{2008}vc_{2019}$ según rango de cuantía.	56
Tabla 5-2 Valores promedio de parámetros y Predicción de resistencia al corte de datos obtenidos.....	57
Tabla 5-3 Valores estadísticos de esfuerzos en fundaciones aisladas analizadas en SAFE. Análisis de falla en plano inclinado 45°	66
Tabla 5-4 Valores estadísticos para la relación $vcACIvuSAFE$. Análisis de falla en plano inclinado 45°	66
Tabla 5-5 Valores estadísticos de esfuerzos en elementos de losas de fundación analizados en SAFE. Análisis de falla en plano inclinado 45°	68

Índice de Ilustraciones

Figura 1-1 Zapata corrida para muro (McCormac, J., 2011).	2
Figura 1-2 Zapata aislada o zapata para una sola columna (McCormac, J., 2011).	2
Figura 1-3 Zapata combinada (McCormac, J., 2011).	3
Figura 1-4 Losa de Cimentación (McCormac, J., 2011).	3
Figura 1-5 a) zapata con presión uniforme del suelo; b) forma de deformación de la zapata (McCormac, J., 2011).	3
Figura 2-1 Representación de estribo con extremo superior abierto y barra longitudinal.	8
Figura 2-2 Patrón de falla en vigas T sin estribos (Mörsch, 1908).	8
Figura 2-3 Sistema de armadura simple o múltiple con barras longitudinales dobladas en extremos y con estribos (Mörsch, 1908)	8
Figura 2-4 Modelo del peine propuesto por Kani (Kani, 1964).	9
Figura 2-5 Gráfico Capacidad de flexión de viga versus relación a/d (Enigma de la falla de corte) (Kani, 1964).	9
Figura 2-6 Puntal oblicuo soportado por los pies de los estribos verticales (Leonhardt y Walther, 1961).	10
Figura 2-7 Patrón de grietas en vigas T con diferentes cantidades de refuerzo de corte (Leonhardt y Mönnig, 1973).	10
Figura 2-8 Corte en elemento pretensado (Leonhardt, Rostásy y Koch, 1973) (Referencia CEB bulletin 180, 1987).	11
Figura 2-9 Tensiones longitudinales en dos secciones transversales en viga de H.A. (Kutchma et al., 2019).	11
Figura 2-10 Tramo de corte (a) y profundidad efectiva (d) en viga simplemente apoyada.	12
Figura 2-11 Enigma Falla de corte: mecanismos de falla al corte en función de la esbeltez (Kani, 1967).	13
Figura 2-12 Compatibilidad de deformaciones y equilibrio de fuerzas en la sección de elemento analizado: (a) Sección transversal, (b) Distribución de deformaciones, (c) Distribución de tensiones, (d) Distribución esfuerzos de corte y (e) Equilibrio de Fuerzas (Khuntia, 2001).	15
Figura 2-13 Viga simplemente apoyada sin refuerzo en alma: (a) Modelo de carga, (b) Diagrama fuerza de corte, (c) Diagrama de momento, (d) Acciones en tramo de corte (Gaetano Russo et al., 2005)	16
Figura 2-14 Specimen 2-1 (h=30 cm, línea gruesa). Specimen 2-4 (h=90 cm, línea delgada) (Sneed, 2007).	18
Figura 2-15 Número de grietas versus profundidad efectiva de viga (Sneed, 2007).	18

Figura 2-16 Componentes de la resistencia cortante en vigas de hormigón estructural (Kutchma et al., 2019).	19
Figura 2-17 Suposición básica de contacto entre agregado y matriz de hormigón (Huber et al., 2019).	20
Figura 2-18 Estructura del plano de grieta.	20
Figura 2-19 Nivel de rugosidad superficie de contacto, grieta sin (A) y con (B) fractura de agregado (Huber et al., 2019).	20
Figura 2-20 Acción de dovela: (a) Fuerzas desarrolladas en el refuerzo, (b) y (c) Desarrollo de esfuerzos transversales en la región del recubrimiento a lo largo de la barra (Fernández Ruiz et al., 2015).	21
Figura 2-21 Contribución a la resistencia cortante de cada acción de transferencia de corte (Huber et al., 2019).	23
Figura 2-22 γ_{mod} para ecuación 11-3 del ACI 318 versus profundidad efectiva "d" (Reineck et al., 2013).	24
Figura 2-23 γ_{mod} para ecuación 11-3 del ACI 318 versus cuantía de refuerzo longitudinal " ρ_w " (Reineck et al., 2013).	24
Figura 2-24 Ley efecto de tamaño por Bazant en escala logarítmica, con σ_n : fuerza nominal, D: tamaño característico de estructura (Syroka-Korol y Tejchman, 2014).	26
Figura 2-25 Geometría de elementos ensayados (1 in=25.4 mm) (Bazant, 1991).	26
Figura 2-26 Regresión lineal para vigas con barras ancladas. Obtención de parámetros B y d_0 (Bazant, 1991).	27
Figura 2-27 Gráfico efecto de tamaño para vigas con barras ancladas, para todos los rangos de tamaño 1:16 (1 in=25.4 mm, 1 psi=6895 Pa) (Bazant, 1991).	27
Figura 2-28 Fuerza de corte nominal medio VtD de las 9 vigas de hormigón armado ensayadas (3 para cada tamaño) comparado con la ley de efecto de tamaño de Bazant (V: Fuerza vertical máxima, D: altura efectiva de viga, t: espesor de viga de 200mm) (Syroka-Korol y Tejchman, 2014).	28
Figura 2-29 Patrón de agrietamiento experimental, caso vigas pequeñas (Syroka-Korol y Tejchman, 2014).	29
Figura 2-30 Patrón de agrietamiento experimental, caso vigas medianas (Syroka-Korol y Tejchman, 2014).	29
Figura 2-31 Patrón de agrietamiento experimental, caso vigas profundas (Syroka-Korol y Tejchman, 2014).	29
Figura 2-32 Relación lineal entre altura de la región agrietada h_c y la altura de viga H, en diferentes vigas esbeltas de concreto con barras de acero (Syroka-Korol y Tejchman, 2014).	29
Figura 2-33 Representación distribución de armadura: (A) $\rho_w = 2.0\%$, (B) $\rho_w = 1.0\%$, y (C) $\rho_w = 0.5\%$ (Angelakos, 1999).	30

Figura 2-34 Carga vs deformación para vigas de 32MPa con variación en refuerzo longitudinal (Angelakos, 1999).	31
Figura 3-1 Modelo Puntal-Tensor: Viga simplemente apoyada con carga concentrada.	36
Figura 3-2 Diseño a cortante en una dirección de una zapata aislada utilizando el método de puntal-tensor.	37
Figura 3-3 Impacto de profundidad en la relación de resistencia para elementos sin A_v o N_u (Kuchma et al., 2019).	41
Figura 3-4 Impacto de la cuantía en la relación de resistencia para elementos sin A_v o N_u (Kuchma et al., 2019).	41
Figura 4-1 Plano Planta de fundaciones, edificio habitacional de 10 niveles.	43
Figura 4-2 Armadura longitudinal de fundación aislada.	43
Figura 4-3 Histograma cantidad de fundaciones aisladas versus largo de fundación, en centímetros.....	44
Figura 4-4 Histograma cantidad de fundaciones aisladas versus ancho de fundación, en centímetros.....	44
Figura 4-5 Histograma cantidad de fundaciones aisladas versus profundidad “d” en centímetros.....	45
Figura 4-6 Histograma cantidad de fundaciones aisladas versus cuantía longitudinal ($\rho_w = A_s b w d$) en porcentaje.	46
Figura 4-7 Histograma de fundaciones aisladas según número de niveles de la estructura habitacional.	46
Figura 4-8 Cantidad de elementos en losa de fundación versus niveles del edificio.	47
Figura 5-1 Esfuerzo de corte nominal ($v_c = V_c b w d$) versus cuantía longitudinal ($\rho_w = A_s b w d$).	49
Figura 5-2 Esfuerzo de corte nominal ($v_c = V_c b w d$) versus profundidad “d” de elemento.	50
Figura 5-3 Cuantía “ ρ_w ” presente en elemento versus profundidad efectiva “d”.....	52
Figura 5-4 Esfuerzo cortante nominal ($v_c = V_c b w d$) versus profundidad efectiva “d” de fundación.....	53
Figura 5-5 Esfuerzo de corte nominal ($v_c = V_c b w d$) versus cuantía ($\rho_w = A_s b w d$) de fundaciones.....	53
Figura 5-6 Gráfico Esfuerzo de corte nominal v_c 2014 normalizado por versión 2019 versus Profundidad “d”.	53
Figura 5-7 Relación $V_c 2014 / V_c 2019$ promedio simple y detallada versus profundidad efectiva “d”.....	55
Figura 5-8 Gráfico Esfuerzo cortante nominal v_c 2014 normalizado por versión 2019 versus Cuantía ρ_w de fundación.	56

Figura 5-9 Gráfico Relación $vc_{2008}vc_{2019}$ versus Profundidad “d”. Caso sin efecto de tamaño ($\lambda_s = 1.0$).....	59
Figura 5-10 Gráfico Relación $vc_{2008}vc_{2019}$ versus cuantía longitudinal “pw”. Caso sin efecto de tamaño ($\lambda_s = 1.0$).....	59
Figura 5-11 Esfuerzo de corte en cara del elemento soportado.....	60
Figura 5-12 Esfuerzo de corte a distancia d de la cara del elemento soportado.....	60
Figura 5-13 Mecanismo de falla por corte en zapatas. Modelo de grietas en 45° (McCormac, J. 2011).....	61
Figura 5-14 Diagrama de Cuerpo libre en extremo zapata. Esfuerzos Internos (ACI318-14, 9.4.3.2).....	61
Figura 5-15 Gráfico Relación $vc_{2019}vu_{SAFE}$ versus Profundidad “d”. Análisis falla en plano vertical en cara de muro soportado.	63
Figura 5-16 Gráfico Relación $vc_{2019}vu_{SAFE}$ versus Cuantía longitudinal “pw”. Análisis falla en plano vertical en cara de muro soportado.....	63
Figura 5-17 Gráfico Relación $vc_{2019}vu_{SAFE}$ versus Profundidad efectiva “d”. Análisis falla en plano inclinado en 45°.	64
Figura 5-18 Gráfico Relación $vc_{2019}vu_{SAFE}$ versus Cuantía longitudinal “pw”. Análisis falla en plano inclinado en 45°.	64
Figura 5-19 Elemento de losa de fundación analizado.....	67
Figura 5-20 ϕ_{vc} predicho por ecuaciones ACI, normalizado por corte solicitante vu versus profundidad efectiva “d”.....	67
Figura 5-21 ϕ_{vc} predicho por ecuaciones ACI, normalizado por corte solicitante vu versus cuantía longitudinal “pw”.	67
Figura 5-22 Gráfico Relación $\phi_{vc_{2019}vusafe}$ versus Profundidad efectiva “d”. Casos con ($\lambda_s < 1.0$) y sin ($\lambda_s = 1.0$) efecto de tamaño.....	69
Figura 5-23 Gráfico Relación $\phi_{vc_{2019}vusafe}$ versus Cuantía longitudinal “pw”. Casos con ($\lambda_s < 1.0$) y sin ($\lambda_s = 1.0$) efecto de tamaño.....	69