

**ACTUALIZACIÓN DEL SOFTWARE ULTIMATE COLUMNS PROGRAMA PARA
LA REALIZACIÓN DE DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN TANTO UNIAXIAL COMO
BIAXIAL**

**CAMILO ANDRÉS ZAMBRANO
CARLOS HERNÁN GARCÍA QUINTERO**

**UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ
FACULTAD DE INGENIERÍA, PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
IBAGUÉ – TOLIMA**

2019

**ACTUALIZACIÓN DEL SOFTWARE ULTIMATE COLUMNS PROGRAMA PARA
LA REALIZACIÓN DE DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN TANTO UNIAXIAL COMO
BIAXIAL**

**CAMILO ANDRÉS ZAMBRANO
CARLOS HERNÁN GARCÍA QUINTERO**

Trabajo de grado para obtener el título de ingeniero civil

**UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ
FACULTAD DE INGENIERÍA, PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
IBAGUÉ - TOLIMA**

2019

Señores:
UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ
Facultad de Ingeniería Civil
DECANATO

ACTA DE SUSTENTACION DE MONOGRAFIA

Los Miembros del Jurado Calificador, que suscriben, reunidos para estudiar el Trabajo de Monografía, presentado por los alumnos de la facultad de Ingeniería Civil

MONOGRAFÍA TITULADA

ACTUALIZACIÓN DEL SOFTWARE ULTIMATE COLUMNS PROGRAMA PARA LA REALIZACIÓN DE DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN TANTO UNIAXIAL COMO BIAXIAL.

Derechos de Autor y Marcas Registradas

La presente monografía “ACTUALIZACIÓN DEL SOFTWARE ULTIMATE COLUMNS PROGRAMA PARA LA REALIZACIÓN DE DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN TANTO UNIAXIAL COMO BIAXIAL.” Emplea diversos recursos informáticos, que son debidamente presentados a continuación.

- ❖ Microsoft es una marca comercial registrada de Microsoft Corporation.
- ❖ Office y Excel son marcas comerciales registradas de Microsoft Corporation.
- ❖ Visual Basic son marcas comerciales registradas de Microsoft Corporation.
- ❖ AutoCAD es una marca comercial registrada de Autodesk Inc.

Los nombres de productos mencionados en este trabajo se utilizan sólo con propósitos identificativos y pueden ser marcas comerciales y/o marcas comerciales registradas de sus respectivas compañías.

Dedicatoria

Quiero dedicar todo el esfuerzo invertido en este trabajo a Mi madre María Eugenia y a mis hermanos David Alejandro y a Kevin Adrián por su incondicional apoyo durante todo este proceso durante mis años de estudios.

Camilo Andrés Zambrano Prada

Dedicatoria

Quiero dedicar todo el esfuerzo invertido en este trabajo a Mi madre Claudia Patricia por su invaluable apoyo a pesar de todas las dificultades, a mis hermanas Laura e Isabela a mis abuelos Delia y Hernando que siempre fueron un gran apoyo en mis estudios a mi novia Angélica que siempre estuvo conmigo a lo largo de mi carrera.

Carlos Hernán García Quintero

Agradecimientos

Lo autores desean expresar su gratitud hacia todos los Profesores de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Ibagué, que contribuyeron con su conocimiento y su paciencia de formarnos durante nuestros años de estudio.

Especial reconocimiento al Ingeniero Juan Guillermo Zuluaga Villermo quien fue el responsable de la concepción de orientar el desarrollo del aplicativo como proyecto de monografía, por la paciencia que nos tuvo durante el desarrollo del software y agradecer al ingeniero Carlos Ariel Naranjo Torres y el ingeniero Pablo Jiménez quienes fueron los encargados de proporcionarnos orientación, herramientas y conocimiento, en especial el apoyo que nos brindó el ingeniero Pablo Jiménez en colaboración con el ingeniero Juan Guillermo Zuluaga Villermo para ajustar y mejorar los detalles finales de la aplicación.

Y todos quienes hicieron posible lograr este objetivo.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	15
2. ASPECTOS GENERALES	16
2.1. PROBLEMA DE INTERVENCION.....	16
3. OBJETIVOS.....	17
3.1. GENERAL	17
3.2. ESPECÍFICOS	17
4. METODOLOGÍA.....	18
5. SUPOSICIONES DE DISEÑO	1918
5.1. Condiciones de diseño según la NRS-10. Titulo C-Concreto Estructural	19
5.2. Longitud de desarrollo.....	29
6. CHEQUEO DEL CORTANTE Y DISEÑO REFUERZO TRANSVERSAL	35
6.1. Caso 1. Cuando no se requiere acero de refuerzo por cortante.....	35
6.2. Caso 2. Cuando se requiere acero de refuerzo por cortante.....	37
6.3. Refuerzo de confinamiento.	39
7. PROCESO DE CHEQUEO DE CORTANTE EN EL ANÁLISIS DE DISEÑO BIAXIAL DE UNA COLUMNA.	44

8.	DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES GEOMÉTRICAS DEL DIBUJO..	47
8.1.	Definición y parámetros de dibujo.	47
8.2.	Análisis de la distribución de un despiece	48
8.3.	Propuesta de diseño de los despieces	50
9.	EXTRACCIÓN, DETERMINACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS DE ENTRADA PARA EL DIBUJO	55
10.	PROGRAMACIÓN VBA PARA GENERAR LOS DIBUJOS DE UN PROYECTO	58
11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	59
12.	CONCLUSIONES	67
13.	RECOMENDACIONES.....	68
14.	BIBLIOGRAFÍA	68
15.	ANEXOS	69

IUSTRACIONES

Ilustración 1. Definición de la distancia (d)	2321
Ilustración 2. Definición de luz libre.....	2523
Ilustración 3. Fuerza en la columnas y diagramas de fuerzas.....	3331
Ilustración 4. Fuerzas cortantes en dos direcciones	3432
Ilustración 5. Fuerza cortante resultante.....	3432
Ilustración 6. Aplicación de la fuerza cortante.	3533
Ilustración 7. Detalle sección trasversal COL 60 x 60 (DMO).....	4038
Ilustración 8. Separación vertical de estribos (DMO).....	4139
Ilustración 9. seccion trasversal Ilustración 10COL 60 x 60 (DES)	4240
Ilustración 11. Separación vertical de estribos (DES).....	4341
Ilustración 12. Dibujo de línea.....	4745
Ilustración 13. Dibujo de un circulo.....	4745
Ilustración 14. Dibujo de un arco.....	4846
Ilustración 15. Ejemplo de despiece longitudinal	4947
Ilustración 16. Detalle de la sección trasversal.....	5048
Ilustración 17. Detalle de sección trasversal en caso 1 y 2.....	5048

Ilustración 18. Detalle de la sección en planta.....	5149
Ilustración 19. Detalle de bordes y acero longitudinal en vista de corte	5149
Ilustración 20. Detalle de estribos de perímetro, simples, y ganchos	5250
Ilustración 21. Detalle de bordes de la sección longitudinal de la columna	5351
Ilustración 22. Detalle de separación de estribos y ganchos de acero longitudinal	5351
Ilustración 23. Detalles de acero pisos impares	5452
Ilustración 24. Detalles de acero pisos pares	5452
Ilustración 25. despiece a mano COL 60 x 60	6058
Ilustración 26. Detalle sección transversal	6159
Ilustración 27. Despiece longitudinal del Ultimate Columns 2.0	6563
Ilustración 28. Detalle seccion trasversal de una columna de 60 x 60. Aplicativo Ultimate Columns 2.0	6664

TABLAS

Tabla 2. Longitud de desarrollo tracción. (Montolla Vallencilla). Tabla extraída del manual Ultimate Columns 2.0	3130
Tabla 3. Longitud de desarrollo compresión (Montolla Vallencilla). Tabla extraída del manual Ultimate Columns 2.0	3231
Tabla 4. Longitud del gancho (Montolla Vallencilla). Extraído del manual de Ultimate Columns 2.0	3332
Tabla 5. Memorias de cálculos. Extraído de Resultados_ Ultimate Columns 2.0	4645
Tabla 6. Diseño final de un proyecto.	5958
Tabla 7. Distribución en planta.....	6261
Tabla 8. Tablas de ejes	6362
Tabla 9. Nombre de los niveles	6362
Tabla 10. Sección transversal	6463
Tabla 11. Despiece longitudinal	6463

DIAGRAMAS

Diagrama 1. Diseño de Columnas, Ultimate Columns 1.0. Extraído de la monografía “ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE PARA EL DISEÑO BIAXIAL DE COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO POR EL METODO DE EQUILIBRIO Y COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES”. Modificado por el Autor.....[4441](#)

Diagrama 2.Introducción del chequeo de cortante en proceso de diseño del acero longitudinal en el software Ultimate Columns 2.0. fuente: el Autor[4542](#)

Diagrama 3. Diseño Final.....[5754](#)

Diagrama 4. Dibujar diseño.....[5956](#)

1. INTRODUCCIÓN

El método de excentricidad uniaxial equivalente o compatibilidad de deformaciones fue el tipo de análisis que se tomó en la realización de la primera entrega de este software que consiste en un análisis detallado de las deformaciones que se presentan en una sección transversal de una columna y con esto hacer que el usuario proponga un diseño de una columna, para luego el software cheque dicha propuesta con una serie de combinaciones de carga provenientes de un software de análisis estructural, el programa también propone realizar el diseño de la columna con una dimensión especificada por el usuario con un tipo de acero en la sección transversal, y realiza el diseño para diferentes barras de #4 hasta #8. Adicionalmente el programa propone realiza el diseño de un proyecto completo ingresando una serie de datos que provienen del software de análisis estructural (Zuluaga Villermo, Juan Guillermo y Jiménez Puentes, Pablo Arturo, Elaboración de un software para el diseño biaxial de columnas de concreto reforzado por el método del equilibrio y compatibilidad de deformaciones, 2016).

En esta entrega el diseño de cortante en columnas de concreto reforzado tomando como fundamento la teoría de cortante y los parámetros de diseños según la NSR-10 del título C.11 – cortante y torsión, y con esto introducir el diseño a cortante en el proceso de diseño del acero longitudinal, y así complementar los resultados que arroja el programa indicando la cantidad de acero longitudinal y la separación de estribos.

En esta actualización adicionalmente se introdujo el dibujo en CAD de un proyecto, llegando a un formato de dibujo comprensible al lector del despiece de una columna en planos a partir de una base de esquemas propuestos, para esto se tuvo en cuenta; longitud de desarrollo de una barra de acero corrugado, zona de confinamiento y refuerzo trasversal según el tipo de diseño (DMO o DES) cumpliendo los requerimientos de la NSR-10. Para esto se utiliza la hoja de cálculo Excel con las funciones de Visual Basic disponibles.

Un propósito de esto, es hacer una comparativa de los dibujos arrojados por el software (Ultimate Columns 2.0) con los dibujos realizados manualmente.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1. PROBLEMA DE INTERVENCION

El problema de investigación en el presente proyecto es obtener la actualización del software donde se añadirá el diseño a cortante de una columna de concreto reforzado utilizando macros de Excel, se creará el código y se introducirá en el proceso de diseño del acero longitudinal existente en el mismo lenguaje de visual Basic.

El propósito por tanto es, generar una revisión y diseño de cortante, adicionalmente el confinamiento de la columna para luego generar una propuesta del dibujo de los despieces correspondientes al diseño final que el usuario haya escogido.

Debido a que el software solo se basaba en el diseño biaxial de columnas cuadradas y rectangulares por el método exacto de equilibrio y compatibilidad de deformaciones (Zuluaga Villermo, Juan Guillermo y Jiménez Puentes, Pablo Arturo, Elaboración de un software para el diseño biaxial de columnas de concreto reforzado por el método del equilibrio y compatibilidad de deformaciones, 2016) para determinar la cantidad de acero longitudinal. El propósito es aumentar la funcionalidad del software agregando el diseño a cortante y el dibujo de despieces.

El diseño que plantea el software lo realiza para cada columna que existe en un proyecto, partiendo de ahí se plantea el siguiente problema; los resultados arrojados por el software (si se incluyese el diseño a cortante en los resultados), a la hora de dibujar se tendrían diseños iguales, haciendo que el usuario tenga que determinar y buscar que diseño pertenece cada despiece con el modelado que realizó en el software de análisis estructural.

El propósito para el dibujo de los despieces es determinar un solo diseño a aquellas columnas que tengan similitud geométrica en el área transversal, distribución de los aceros longitudinales y la separación de estribos en el área confinada y no confinada, adicionalmente una ubicación del nombre de la columna en planta.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Realizar una actualización del software Ultimate Columns. Sobre el diseño biaxial de columnas por el método exacto de equilibrio y compatibilidad de deformaciones y validar los resultados de cálculo realizando un análisis comparativo de resultados de diseño, con las diferentes metodologías aproximadas existentes introduciendo el diseño a cortante y exportación de lenguaje VBA para que dibuje los diseños generados por el software en una herramienta de dibujo CAD.

3.2. ESPECÍFICOS

1. Desarrollar ecuaciones de cortantes que permita construir algoritmos para generar diagramas de cortante en MS Excel.
2. Complementar el código en Visual Basic que permita el diseño a cortante de columnas cuadradas y rectangulares para la condición más desfavorable de solicitaciones por combinación de cargas de acuerdo con los resultados de un análisis estructural.
3. Discretizar los valores arrojados por el software, desarrollando un esquema de código en VBA Excel orientado a AutoCAD para el dibujo de los planos y despieces de las columnas cuadradas y rectangulares.
4. Calibrar la actualización del software.

4. METODOLOGÍA

La metodología se dividirá en

1. Desarrollar y simplificar las ecuaciones generales de uso para la determinación de refuerzo a cortante en una columna rectangular y cuadrada en función del área de acero y la separación de los estribos para una zona de confinamiento y de no confinamiento de una columna.
 - 1.1. Desarrollar y simplificar las ecuaciones de diseño a cortante.
2. Elaborar e introducir el código en Visual Basic en el software MS Excel existente que permita el diseño de cortante de columnas cuadradas y rectangulares.
 - 2.1. Teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables de solicitaciones por combinaciones de cargas de acuerdo con los resultados de un análisis estructural de un programa externo, construir el algoritmo para que el programa sea autónomo con la realización del diseño de refuerzo transversal, calculando las separaciones de los aceros óptimas
 - 2.2. A Partir del algoritmo planteado en la metodología introducir en el software existente para que realice los pasos necesarios para llegar a obtener la condición de resistencia de la sección propuesta.
3. Elaborar un algoritmo que me permita llegar a un diseño final y óptimo elegido por el usuario para generar código VBA Excel (dibujo) exportado los resultados arrojados por el software a un software de dibujo CAD para el dibujo automático de los despieces estructurales de columnas cuadradas y rectangulares.
 - 3.1. Teniendo en cuenta la selección de diseño por el usuario construir un algoritmo que permita el dibujo automático en un software de dibujo CAD.
 - 3.2. A Partir del algoritmo planteado en la metodología introducirlo en el software existente para que realice los pasos necesarios para llegar a un esquema que pueda ser exportado a un software de dibujo CAD para el dibujo automático.
4. Hacer un análisis comparativo con otros diseños propuestos con el fin de validar los resultados de cálculo del software.
 - 4.1. Se generará una discusión en torno a los resultados, en el diseño de columnas de concreto reforzado, realizando una comparación de resultados de diseño y dibujo, con los realizados manualmente.

5. SUPOSICIONES DE DISEÑO

En el reglamento Sismo Resistente NSR-10 de Colombia se da a conocer las condiciones en las cuales se deben aplicar al diseño a cortante, requerimientos mínimos en la separación de estribos, y disposición en el confinamiento transversal de una columna según el tipo de diseño (DMO) o (DES). A continuación, se mencionan y se citan los títulos o capítulos en los cuales se basaron los diseños o dibujos que se plantearon en los siguientes capítulos de este escrito.

5.1. Condiciones de diseño según la NRS-10. Titulo C-Concreto Estructural

Este capítulo se indicará y explicará las normas tomadas para este proyecto.

C.7.9 Conexiones.

C.7.9.1- empalmes del refuerzo y para el anclaje del refuerzo de las columnas y vigas deben estar confinadas.

C.7.9.2- Se deben utilizar concreto exterior, estribos cerrados o espirales interiores para el confinamiento de las conexiones.

C.7.10- Refuerzo transversal para elementos a compresión.

C.7.10.1- el refuerzo transversal de elementos a compresión debe cumplir con C.7.10.4 y C.7.10.5 y para el refuerzo por cortante o por torsión debe cumplir con el capítulo C.11.

C.7.10.4- Espirales en esta sección de la norma esta todo lo que tiene que ver con el refuerzo en espiral, ya que en este proyecto no fue utilizado refuerzo en espiral no se explicara esta norma.

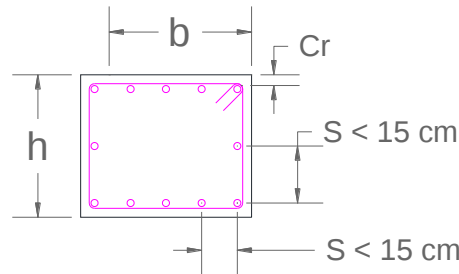
C.7.10.5- Estribos- los estribos para elementos sometidos a compresión se deben cumplir con:

C.7.10.5.1- El tipo de estribo debemos utilizar para confinar las barras no pre esforzadas, los estribos transversales por los menos deben ser No 3, para las barras longitudinales deben tener estribos No 10 o menores; diámetro No 4 y como mínimo para las barras longitudinales y paquetes de barras No 11, No 14 No 18. En las estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI) se permiten estribos de barra No 2 o cuando las columnas soporten 1 o 2 pisos.

C.7.10.5.2- el espaciamiento vertical que debe tener los estribos, no debe exceder 16 veces el diámetro de la barra longitudinal, 48 veces el diámetro de la barra o el alambre de los estribos y por últimos la menor dimensión del elemento sometido a compresión.

$$S_o > 16 \, db_{long} > 48 \, db_{est}$$

C.7.10.5.3- Los estribos se deben colocar de tal forma que cada barra longitudinal tenga un apoyo lateral proporcionado por la esquina de un estribo con un ángulo interior no mayor de 135° , la separación de las barras longitudinales no debe ser mayor a 150 mm libres de una barra apoyada lateralmente. Para poder utilizar un estribo circular completo, las barras longitudinales deben estar localizadas alrededor del perímetro de un círculo.



C.10.13.8- Estribos de refuerzo alrededor de un núcleo de acero estructural

Este capítulo define los estribos que deben ir alrededor de un núcleo de acero estructural.

C.10.13.8.1- La resistencia a la fluencia del diseño del núcleo de acero debe ser la mínima resistencia a la fluencia especificada del grado de acero estructural usado o no debe exceder a 350 MPa.

C.10.13.8.2- Los estribos deben estar alrededor del núcleo de acero estructural.

C.10.13.8.3- el diámetro de los estribos transversales no deben ser menor que 0.02 veces la mayor dimensión lateral del elemento compuesto. Pero este artículo tiene una excepción, excepto cuando los estribos no deben ser menores a No 10 y no necesitan ser mayores de No 16. Puede emplearse refuerzo electrosoldado de alambre de un área equivalente.

C.10.13.8.4- El espaciamiento vertical de los estribos transversales no debe ser mayor que la mitad de la menor dimensión lateral del elemento, ni de 48 veces el diámetro de los estribos, ni 16 veces el diámetro de las barras longitudinales

C.10.13.8.5- El área de las barras longitudinales que van adentro de los estribos no deben ser menores de 0.01 ni mayores de 0.08 veces el área neta del concreto.

C.10.13.8.6- se debe colocar una barra longitudinal a cada esquina en una sección rectangular, las demás barras deben estar espaciadas a menos $\frac{1}{2}$ de la menor dimensión lateral.

C.10.13.8.7- las barras longitudinales colocadas dentro de los estribos que utilizan para calcular A_{sx} y I_{sx} .

C.11.1- RESISTENCIA AL CORTANTE

C.11.1.1- los elementos de las secciones transversales sometidas a cortante debe estar basado con esta sección de la norma, excepto para los elementos diseñados por el apéndice A, deben cumplir con:

$$\phi V_n \geq V_u$$

V_u: es la fuerza cortante mayorada de la sección considerada

V_n: es la resistencia nominal al cortante se calcula como:

$$V_n = V_c + V_s$$

V_c: es la resistencia nominal al cortante por el concreto

V_s: es la resistencia nominal al cortante por el acero

C.11.1.1.1 al calcular el **V_n**, se considera el efecto de cualquier fisura en los elementos.

C.11.1.1.2 – Al calcular **V_c**, cuando sea aplicada, pueden incluir los efectos de tracción axial debida al flujo plástico y tracción en elementos restringidos y efectos de la compresión incluidas por la flexión en los elementos de altura variable.

C.11.1.2- $\sqrt{f'c}$ no debe exceder a 8.3 MPa, pero hay ciertas excepciones que si puede ser mayo a 8.3 MPa (ver C.11.1.2.1)

C.11.1.2.1- $\sqrt{f'c}$ puede dar valores mayores a 8.3 MPa al calcular **V_c**, **V_{ci}** y **V_{cw}**, para vigas reforzadas o pre-esforzadas y losas nervadas de concreto con refuerzo mínimo en el alma, deben cumplir con C.11.4.6.3, C.11.4.6.4 o C.11.5.5.2.

C.11.1.3- los valores máximos de **V_u** en los apoyos de acuerdo con C.11.1.3.1 y C.11.1.3.2, deben cumplir con las siguientes condiciones:

1. la reacción en el apoyo en la dirección de la cortante aplicada, genera compresión en las zonas extremas del elemento.

2 que las cargas son aplicadas en la cara superior del elemento o cerca del el

3 las cargas concentradas no se pueden aplicar en la cara del apoyo y la ubicación de la sección critica, se define en C.11.1.3.1 y C.11.1.3.2.

C.11.1.3.1- la norma nos permite diseñar las secciones localizadas de los elementos no preesforzados a una distancia menor que **d** que se mide desde la cara del apoyo para el **V_u** calculado a la distancia **d**

C.11.1.3.2- la norma nos permite diseñar las secciones localizadas de los elementos de concreto preesforzado a una distancia menor que $h / 2$ que se mide desde la cara del apoyo para el V_u calculado para una distancia $h / 2$.

C.11.1.4- para losas, zapatas, muros, ménsulas y cartelas se debe cumplir las especificaciones de C.11.7 y C.11.11.

C.11.2- RESISTENCIA AL CORTANTE PROPORCIONADA POR EL CONCRETO EN ELEMENTOS NO PREESFORZADOS

C.11.2.1- los requisitos que debemos cumplir a la hora de calcular V_c y λ . Para más detalle se puede dirigir a la NSR-10.

C.11.2.1.2- elementos sometidos a compresión axial

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

C.11.2.1.3- para los elementos a tracción axial V_c se debe tomar como 0 e menos que se mire la norma C.11.2.2.3

C.11.2.2- V_c se puede calcular con C.11.2.2.1 a C.11.2.2.3

C.11.2.2.2- para el cálculo de V_c con M_n sustituyendo a M_u y V_u / M_u que no sea mayor y menor a 1.0 donde.

$$M_m = M_u - N_u \left(\frac{4}{8} \frac{h-d}{8} \right)$$

Y V_c no debe tomar valores mayores la siguiente ecuación:

$$V_c = 0.29 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 N_u}{A_g}}$$

N_u / A_g se debe tomar en MPa, cuando M_m es negativo, V_c se debe calcular con la formula anterior.

C.11.4- RESISTENCIA AL CORTANTE PROPORCIONADA POR EL REFUERZO DE CORTANTE

C.11.4.1.1- los tipos de refuerzo que se permite utilizar:

1 “estribos perpendiculares al eje del elemento”

2. “refuerzo electrosoldado de alambre con alambres localizados perpendicularmente al eje del elemento”

3. “espirales, estribos circulares y estribos cerrado de confinamiento”

C.11.4.1.2- este versículo indica que tipo de refuerzo debe tener los elementos no preesforzados al cortante:

1. “estribos que formen un ángulo de 45° o más con el refuerzo longitudinal por tracción”

2. “refuerzo longitudinal con una parte doblada que forme un ángulo de 30° o más con el refuerzo longitudinal de tracción”

3. “combinaciones de estribos y refuerzo longitudinal doblado”

C.11.4.2- los valores que se toman de f_y y f_{yt} en el diseño de refuerzo cortante no deben ser mayores a 420 MPa, pero cuando se utiliza refuerzo electrosoldado de alambre corrugado los valores no deben ser mayores a 550 MPa.

C.11.4.3- la distancia d , que se debe tomar como la distancia medida desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo longitudinal en tracción, en los dos casos en preesforzado y no preesforzado y también se dice que no es necesario tomar esa distancia como $0.8 \cdot h$ en la siguiente ilustración se muestra la distancia d .

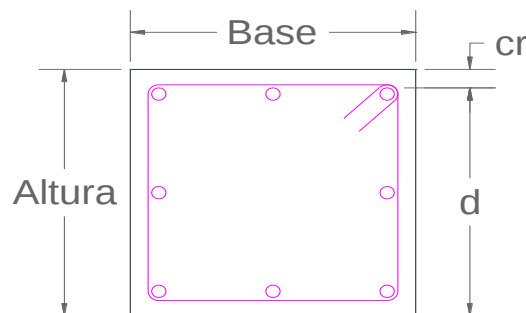


Ilustración 1. Definición de la distancia (d)

C.11.4.4 los estribos, barras y alambres que se utilizan en el refuerzo por cortante se deben extender hasta una distancia d medida desde la fibra extrema en compresión y se debe desarrollar en ambos extremos.

C.11.4.5. –Límites para el espaciamiento del refuerzo de cortante; Debe cumplir con, **C.11.4.5.1.** El espaciamiento máximo de los estribos no debe ser mayor a $d / 2$. **C.11.4.5.2.** determina como debe considerarse $d / 2$ para estribos inclinados. **C.11.4.5.3.** se considera las separaciones máximas reducidas a la mitad si

$$V_s > 0.33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

C.11.4.6-Refuerzo mínimo a cortante

C.11.4.6.3 cálculo de A_v , $\min$ para los elementos preesforzado y no preesforzados

Mediante esta fórmula:

$$A_{vmin} = 0.062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{bw \cdot s}{f_{yt}} > \frac{0.35 \cdot bw \cdot s}{f_{yt}}$$

C.11.4.7-Diseño del refuerzo para cortante

C.11.4.7.1- los valores de V_u excedan a ϕV_c , el refuerzo para cortante se debe proporcionar mediante las siguientes formulas:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

C.11.4.7.2- cuando se utilice refuerzo para cortante perpendicular al eje del elemento se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

Donde A_v es el área del refuerzo para cortante del espaciamiento s

C.11.4.7.7- solo las tres cuartas partes centrales de la porción inclinada de cualquier barra longitudinal que está doblada se pueden considerar buenas como para el refuerzo cortante

C.11.4.7.8- si hay más de un tipo de refuerzo para cortante para reforzar la misma sección de un elemento, V_s se calcula como la suma de refuerzo para cortante

C.11.4.7.9- V_s no debe ser mayor que la siguiente formula:

$$V_s > 0.66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d$$

C.11.10- Transmisión de momentos a las columnas

C.11.10.1- el cortante que se genera de la transmisión de momento por la aplicación la carga por gravedad, viento, sismos y fuerzas laterales que se aplica en la unión de las columnas debe tomarse en consideración en el diseño del refuerzo transversal de las columnas.

C.11.10.2- los parámetros que deben tener las excepciones de las conexiones que no son parte del sistema primario, pero aun así deben tener refuerzo transversal.

C.15.7.- Altura mínima de las zapatas. Define que la altura sobre el refuerzo debe ser mayor a 150 mm para zapata que se apoyan en el suelo y 300 mm si están apoyadas sobre pilotes.

En siguiente ilustración se define la luz libre de la columna.



Ilustración 2. Definición de luz libre.

C.21.3 Pórticos intermedios resistentes a momento con capacidad moderada de disipación de energía (DMO).

C.21.3.5- Columnas con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)

C.21.3.5.4- Se debe utilizar refuerzo en espiral o estribos de confinamiento, excepto que se requiera mayor cantidad de refuerzo a cortante, este se debe aplicar a todas las columnas y a columnas que soporten elementos rígidos discontinuos.

C.21.3.5.5- EL valor de P_s (cuantía volumétrica o estribos cerrados de confinamiento) no debe ser menor al valor que de la siguiente ecuación:

$$\rho_s = 0.08 \cdot \frac{f_c}{f_{yt}} > 0.45 \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \cdot \frac{f_c}{f_{yt}}$$

C.21.3.5.6- En los extremos de los elementos debe haber estribos cerrado de confinamiento con un espaciamiento de S_o con una longitud l_o que debe estar medida desde la cara del nudo, S_o no debe ser mayor a la menor de estas condiciones:

1. “8 veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro”

$$S = 8 \, db_{long}$$

2. “16 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento”

$$S = 16 \, db_{est}$$

3. “150 mm”

Y la longitud **l_o** no debe ser menor a la mayor de las siguientes condiciones:

1. “una sexta parte de la luz libre de la columna”
2. “La mayor dimensión de la sección transversal de la columna”
3. “500 mm”

C.21.3.5.7- El valor de **A_{sh}** (Área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangular) y debe ser colocados a una distancia **l_o**, no debe ser menor que el valor que se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$A_{sh} = 0.2 \frac{S_{bc} \cdot f'_c}{f_{yt} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)} > 0.06 \frac{S_{bc} \cdot f'_c}{f_{yt}}$$

C.21.3.5.8- El refuerzo transversal debe tener estribos cerrados de confinamiento rectilíneos con un mínimo de diámetro N° 3 con o sin ganchos suplementarios. Los ganchos suplementarios se pueden usar del mismo diámetro de la barra con el mismo espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento. Los extremos de los ganchos suplementarios se deben juntar a una barra perimetral del refuerzo longitudinal. Se deben alternar los extremos de los ganchos suplementarios a lo largo del refuerzo longitudinal. El espaciamiento de los ganchos no debe exceder de 350 mm medido de centro a centro en la dirección perpendicular al eje longitudinal.

C.21.3.5.9- con una alternativa se puede colocar estribos de confinamiento de diámetro N° 3 con un **f_{yt}** de 420 MPa con separación **s** de 100 mm. Si la separación de las ramas paralelas de estribos no exceda la mitad de la dimensión menor de la sección de la columna o **200 mm**. Este también se puede emplear en columnas que tengan un **f'_c** menor o igual a 35 MPa.

C.21.3.5.10- “El primero estribo cerrado de confinamiento no debe estar situado a no más de **S_o/2** de la cara del nudo”.

C.21.3.5.11- deben colocarse estribos de confinamiento con la misma disposición, diámetro de barra y resistencia a la fluencia (**f_{yt}**) y su espaciamiento debe ser de centro a centro y no debe ser mayor que 2 veces el espaciamiento utilizado en **l_o**.

C.21.3.5.12- debe cumplir con C.11.10 para el refuerzo transversal del nudo

C.21.6- Elementos sometidos a flexión y carga axial pertenecientes a pórticos especiales resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía (DES).

C.21.6.4-Refuerzo transversal

C.21.6.4.1- para el refuerzo transversal se debe suministrar una longitud **lo** que se debe medir desde cada cara del nudo y en ambos lados de cualquier sección donde allá fluencia por flexión, esto se genera por el desplazamiento lateral inelástico del pórtico, esta longitud **lo** no debe ser menor que la mayor de esta condición:

1. “la altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión”
2. “un sexto de la luz libre del elemento”
3. 450 mm

C.21.6.4.2- El refuerzo transversal debe disponerse mediante espirales sencillo o traslapado, las espirales deben cumplir con C.7.10.4 que ya se explicó al principio del capítulo, o también se puede suplir con estribos cerrado de confinamiento rectilíneos con sin ganchos suplementarios. También se puede utilizar ganchos suplementarios con el mismo diámetro de barra o un diámetro menor y con el mismo espaciamiento de los estribos cerrados en el área confinada. Los extremos de los ganchos deben juntarse con una barra perimetral del refuerzo longitudinal. El valor de **hx** (espaciamiento de los ganchos suplementario o ramas) dentro de una sección del elemento no debe ser mayor a 350 mm medido de centro a centro.

C.21.6.4.3- para la separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe ser mayor que la menor de estas condiciones:

- 1.”la cuarte parte de la dimensión mínima del elemento”
- 2.” seis veces el diámetro de la barra de refuerzo longitudinal menor”
3. **So** según el valor de la siguiente ecuación:

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - hx}{3} \right)$$

Y So debe ser menor a 150 mm y no es necesario tomarlo menor a 100 mm.

C.21.6.4.4- la cantidad de acero para el refuerzo transversal debe cumplir con las siguientes condiciones:

- 1.la cantidad volumétrica de refuerzo en espiral o de estribos cerrados de confinamiento circulares **ps**, no debe ser menor que requiera la siguiente ecuación:

$$\rho_s = 0.12 \cdot \frac{f'_c}{f_{yt}} > 0.45 \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \cdot \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

2.. el valor de **Ash** no debe ser menor que el valor que de las siguientes ecuaciones:

$$A_{sh} = 0.3 \frac{S_{bc} \cdot f'_c}{f_{yt} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)} > 0.09 \frac{S_{bc} \cdot f'_c}{f_{yt}}$$

C.21.6.4.5- la columna debe tener refuerzo espiral o de estribo cerrado de confinamiento que cumpla C.7.10, con un espaciamiento (s) que se debe medir de centro a centro y no debe ser mayor que el menor de seis veces el diámetro de las barras longitudinales de la columna o 150 mm.

5.2. Longitud de desarrollo

La longitud de desarrollo se define como la longitud mínima en la que una barra corrugada de acero debe aferrarse al concreto para que alcance su punto de fluencia o la distancia mínima al cual la barra no se desliza en el concreto al conseguir su punto de fluencia véase en **Capítulo 10 adherencia, anclaje y longitud de desarrollo** en el libro **Elementos de concreto reforzado I** (Montolla Vallencilla).

A continuación, se procederá con ejemplos y el cálculo de la longitud de desarrollo con la teoría establecida:

Para lograr una distancia óptima para que no se produzca este tipo de consecuencia se debe tener en cuenta el diámetro de la varilla, el esfuerzo a la fluencia **f_y** y la resistencia a la compresión en el concreto **f'_c** .

Esa longitud se puede calcular mediante las ecuaciones establecidas en la norma (NSR-10, Título C, en la tabla 10.1), las ecuaciones son:

Para barras N° 6 o menores y alambres corrugados se utiliza la siguiente ecuación:

$$L_d = \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2.1 \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} db$$

Y para barras N° 7 y mayores se utiliza la siguiente ecuación:

$$L_d = \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1.7 \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} db$$

Ψ_t : como se define el “factor tradicional de ubicación del esfuerzo, que refleja como los efectos adversos de la posición de las barras de la parte superior de la sección con respecto a la altura de concreto fresco colocado debajo de ella”. (Montolla Vallencilla)

Ψ_e : como se define “factor de revestimiento, que refleja los efectos del revestimiento epóxido”. (Montolla Vallencilla)

λ : como se define “el coeficiente que depende de las propiedades del concreto, generalmente se utiliza un factor de 1” ya que ese factor 1 especifica el peso del concreto normal. (Montolla Vallencilla)

Se debe cumplir las siguientes condiciones:

El espaciamiento libre en las barras empalmadas no debe ser menor que db (diámetro de la barra), el recubrimiento no debe ser menor que db y con estribos a lo largo de ld (como la longitud mínima de desarrollo) no debe ser menor a lo mínimo que indica la norma **NSR-10** el **título C**.

El espaciamiento libre entre barras empalmadas no debe ser menor a 2*db y el recubrimiento no debe ser menor a db.

A continuación, se dará 2 ejemplos de cómo se utilizaron las dos ecuaciones

Ejemplo1: se toma una barra N° 4 con f_y : 420 MPa, el recubrimiento tiene unas características tal que Ψ_t :1 y Ψ_e :1 y se utiliza concreto de peso norma λ :1 para un concreto de 21 MPa se calcula la longitud de desarrollo con la siguiente ecuación:

$$f_y := 420 \quad \Psi_t := 1 \quad \Psi_e := 1 \quad \lambda := 1 \quad f_c := 21$$

$$db_{\#4} := 1.27 \text{ cm}$$

$$L_d := \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2.1 \lambda \cdot \sqrt{f_c}} db_{\#4} = 55.427 \text{ cm}$$

Siendo

$$\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2.1 \lambda \cdot \sqrt{f_c}} = 43.644$$

Las veces el diámetro de la barra para las barras menores o iguales a #6 será **44db**

$$44 db_{\#4} = 55.88 \text{ cm}$$

Ejemplo2: se toma una barra N° 8 con f_y : 420 MPa, el recubrimiento tiene unas características tal que Ψ_t :1 y Ψ_e :1 y se utiliza concreto de peso norma λ :1 para un concreto de 21 MPa se calcula la longitud de desarrollo con la siguiente ecuación:

$$f_y := 420 \quad \Psi_t := 1 \quad \Psi_e := 1 \quad \lambda := 1 \quad f_c := 21$$

$$db_{\#8} := 2.54 \text{ cm}$$

$$L_d := \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1.7 \lambda \cdot \sqrt{f_c}} db_{\#8} = 136.938 \text{ cm}$$

Siendo

$$\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_s}{1.7 \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} = 53.913$$

Las veces el diámetro de la barra para las barras mayores a #6 será **54db**

$$54 \text{ db}_{\#8} = 137.16 \text{ cm}$$

En la Tabla 1 se puede observar longitud de desarrollo a tracción y a compresión para diferentes números de barras corrugadas, en la parte más oscura por cuestiones prácticas de diseño se aproximará por encima con múltiplos de 5, unidades (cm), sabiendo que la distancia de traslapo es igual **1.3 Ld** según **C.12.15.1.2.** para un concreto de 21 y 28 MPa (Montolla Vallencilla).

Longitud de desarrollo a tracción caso simplificado						
# barras	Diámetro (cm)	Ld (cm) f'c =	21 MPa	Ld(cm) f'c =	28 MPa	
3	0.95	42	55	36	50	
4	1.27	56	75	48	65	
5	1.59	70	95	61	80	
6	1.91	84	110	73	95	
7	2.22	120	160	104	140	
8	2.54	137	180	120	160	

Tabla 12. Longitud de desarrollo tracción. (Montolla Vallencilla). Tabla extraída del manual Ultimate Columns 2.0

Longitud de desarrollo a compresión.

Para el cálculo de la longitud de desarrollo en compresión se utilizó 2 ecuaciones que estableció la norma NSR-10 en el capítulo C.12.3.2. que son:

$$L_{db} = 0.043 \cdot f_y \cdot db$$

$$L_{db} = \frac{0.24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \cdot db$$

La constante 0.043 tiene como unidad de mm²/N

Ejemplo3: se toma una barra N° 8 con f_y : 420 MPa se utiliza concreto de peso norma λ :1 para un concreto de 21 MPa se calcula la longitud de desarrollo a compresión con las siguientes ecuaciones y se toma el valor más grande:

$$f_y = 420$$

$$\lambda = 1$$

$$f'_c = 21$$

$$L_{db} := 0.043 \cdot f_y \cdot db_{\#8} = 45.872 \text{ cm}$$

$$L_{db} := \frac{0.24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c}} \cdot db_{\#8} = 55.871 \text{ cm}$$

Siendo

$$0.043 \cdot f_y = 18.06 \quad \text{y} \quad \frac{0.24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c}} = 21.996$$

Las veces el diámetro de barra para barras a compresión, tomando la mayor a **22 Lbd**.

$$L_{bd} := 22 \cdot db_{\#8} = 55.88 \text{ cm}$$

Aproximándose a **56 cm**

A continuación, se observa la longitud de desarrollo a compresión, y se elige la longitud de desarrollo a tracción en el diseño de los despieces.

Longitud de desarrollo a compresión					
# barras	Diámetro (cm)	Ld(cm) f'c = 21 Mpa	Ld(cm) f'c = 28 Mpa	Ld(cm) que Rije	
3	0.95	21	18	Por traccion	
4	1.27	28	24	Por traccion	
5	1.59	35	30	Por traccion	
6	1.91	42	36	Por traccion	
7	2.22	49	42	Por traccion	
8	2.54	56	48	Por traccion	

Tabla 23. Longitud de desarrollo compresión (Montolla Vallencilla). Tabla extraída del manual *Ultimate Columns 2.0*

La longitud del gancho a 90° se toma 12 veces el diámetro de la barra corrugada, para una barra #8 de 2,54 cm de diámetro la longitud del gancho es la siguiente:

$$d_b := 2.54 \text{ cm}$$

$$12 \cdot d_b = 30.48 \text{ cm}$$

En la siguiente tabla se observa un resumen de longitud del gancho a 90° para diferentes números de barras corrugadas del acero principal de la columna, para el caso de diseño del programa van desde

la barra #4 hasta #8, en la parte más oscura por cuestiones prácticas de diseño se aproximará por encima con múltiplos de 5, unidades (cm).

Longitud del gancho 90° para acero principal			
# barras	Diámetro (cm)	Lganho = 12 db	
4	1.27	15.24	20
5	1.59	19.08	20
6	1.91	22.92	25
7	2.22	26.64	30
8	2.54	30.48	35

Tabla 34. Longitud del gancho (Montolla Vallencilla). Extraído del manual de Ultimate Columns 2.0

“Nota: En compresión, los ganchos no son muy efectivos; por lo tanto, no se pueden utilizar como anclaje CR 12.5.5, también ver: CR 12.5.” (Montolla Vallencilla).

5.3. Determinación del cortante ultimo

Las cargas que van actuar sobre el elemento, se determinaron de la siguiente suposición de diseño; se tomaron las fuerzas mayores de todas las combinaciones de carga **Pu**, **Mu** y **Vu** de los resultados obtenidos de un software análisis estructural.

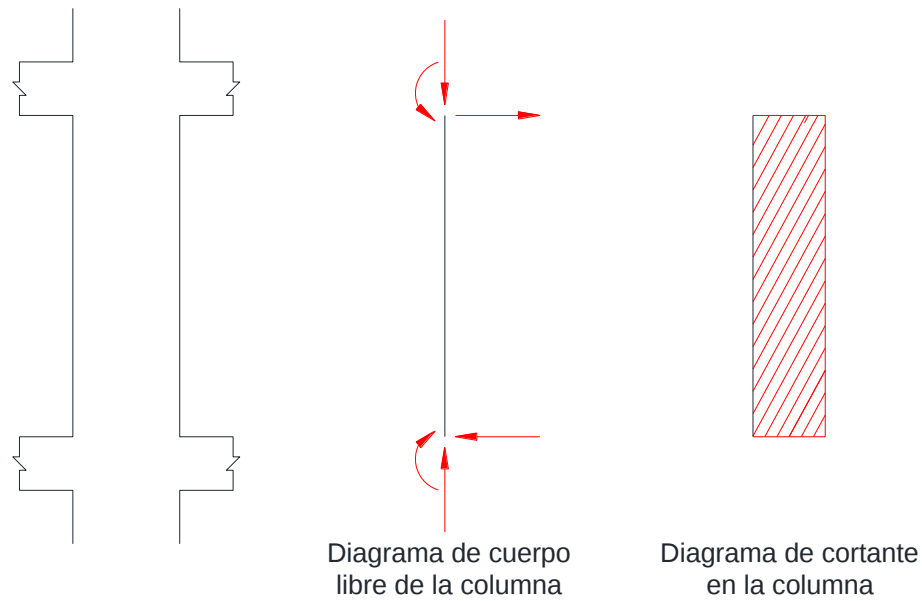


Ilustración 3. Fuerza en las columnas y diagramas de fuerzas

Teniendo en cuenta que los resultados que arroja el análisis estructural, las fuerzas cortantes están divididas en **X** y **Y**, como se muestra en [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) Ilustración 4 (ver [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) Ilustración 4):

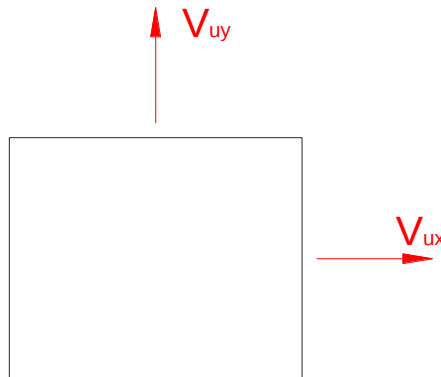


Ilustración 4. Fuerzas cortantes en dos direcciones

Para el cual se tendrá en cuenta la siguiente suposición para hallar el **Vu** que se aplicará a la columna (ver [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) Ilustración 5).

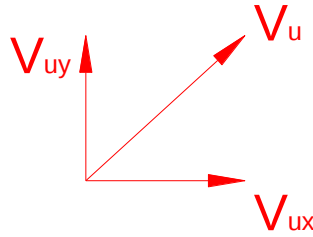


Ilustración 5. Fuerza cortante resultante

El V_u se calcula de la siguiente con la siguiente ecuación, siendo V_{ux} el cortante en la componente en el eje X y V_{uy} el cortante en la componente Y .

Ecuación 1. Determinación de la fuerza cortante resultante

$$V_u := \sqrt{V_{ux}^2 + V_{uy}^2}$$

Se procede a determina el V_u más grande con la ecuación anterior en todas las combinaciones de cargar.

6. CHEQUEO DEL CORTANTE Y DISEÑO REFUERZO TRANSVERSAL

En este capítulo se identificará los procedimientos que se deben tener en cuenta para diseñar el refuerzo transversal de acuerdo a **C.7.10.1.** en el capítulo anterior “suposiciones de diseño” para el cortante último aplicado en la columna, con el cual se realizará el chequeo de cortante.

Se procede a realizar el chequeo con la siguiente metodología; se aplicará V_u (calculado en el anterior capítulo) paralelo a la cara más pequeña de la sección de la columna como se muestra en la siguiente Ilustración, siendo esto la condición más desfavorable de diseño, en esta condición el aporte del concreto es menor.

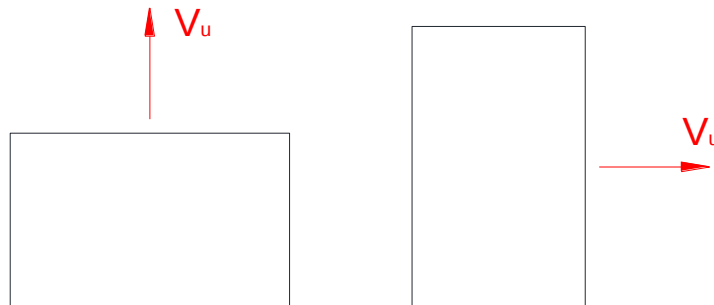


Ilustración 6. Aplicación de la fuerza cortante.

A continuación, se procede a realizar el procedimiento del chequeo a cortante de la sección de una columna para determinar si se necesita acero de refuerzo por cortante que $V_s > 0$; con datos extraídos de un proyecto.

6.1. Caso 1. Cuando no se requiere acero de refuerzo por cortante

Las siguientes cargas son el resultado de un software de análisis estructural de un proyecto, se tomaron los valores más grandes de las fuerzas que interactúan en la columna. Las unidades de **Nu** y **Vu** (kN), **Mu** y **Mm** (kN*m), **f'c** y **fy** (MPa), **h**, **bw**, **cr** (m), **db** y **dbest** (cm), **As** (cm²), **Ag** (mm²), **Vc** y **Vs** (kN).

$$V_u := 78.085 \quad N_u := 682.910 \quad M_u := 155.550$$

Características del material.

$$f_c := 28 \quad f_y := 420 \quad \phi := 0.75 \quad \lambda := 1$$

Características Geométricas; donde **h** se tomará como la menor medida de la sección transversal y **bw** como la mayor, luego se procede a realizar el chequeo de cortante.

$$h := 0.4 \quad bw := 0.6 \quad cr := 0.05 \quad d := h - cr = 0.35$$

$$A_g := bw \cdot h \cdot 10000 = 2400$$

Para **pw** se toma con un **As** igual al diseño de refuerzo longitudinal más pequeño que puede realizar en Ultimate Columns 2.0, que será 4 barras #4, como el diseño más crítico.

$$d_b := 1.27 \quad A_s := \frac{\pi \cdot d_b^2}{4} = 1.267 \quad \rho_w := \frac{4 A_s}{bw \cdot d \cdot 10000} = 0.002413$$

Aporte del cortante por el concreto.

C.11-4

$$V_{cl} := 1000 \cdot \left(0.17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot bw \cdot d \right) = 192.746$$

C.11-6

$$M_m := M_u - N_u \cdot \left(\frac{4 \cdot h - d}{8} \right) = 48.845$$

C.11-5, De acuerdo con C.11.2.2.2

$$V_{c2.1} := 1000 \cdot \left(\left(0.16 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_m} \right) \cdot b_w \cdot d \right) = 182.614$$

$$V_{c2.2} := 1000 \cdot \left(0.29 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \right) = 322.253$$

Se escoge el menor

$$V_{c2} := \min(V_{c2.1}, V_{c2.2}) = 182.614$$

C.11-7

$$V_{c3} := 1000 \left(0.29 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}} \right) = 335.285$$

Se escoge el menor

$$V_c := \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3}) = 182.614$$

$$V_s := \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{\phi} = -78.501$$

-**No** se requiere acero de refuerzo de acuerdo con **C.7.10.1**.

La separación del refuerzo de acuerdo con **C.7.10.1**, para este caso **C.7.10.5**, el diámetro de la barra longitudinal se tomará con barras #4 para la condición que toma el software que esta será la menor separación en el análisis del refuerzo.

$$d_b := 1.27 \quad d_{b,est} := 0.95$$

$$S_1 := 16 \cdot d_b = 20.32 \quad S_2 := 48 \cdot d_{b,est} = 45.6$$

$$S := \min(S_1, S_2) = 20.32$$

Se aproxima a **20 cm** por cuestiones prácticas.

NOTA: Debido a que en el diseño final en Ultimate Columns 2.0, solo tendrá en cuenta el tipo de diseño (DMO) o (DES), y estas separaciones serán más pequeñas a las cuales se hallaron anteriormente y cumpliendo con **C.21**.

Esta separación se verá reflejada en la hoja de resultados.

6.2. Caso 2. Cuando se requiere acero de refuerzo por cortante

En el caso de que el cortante que actúa en la columna sea lo suficientemente grande hasta que se requiera acero transversal de refuerzo, se deberá determinar la separación según C.11., su pongamos las siguientes combinaciones de carga para la sección anterior (planteada [Error! No se encuentra el origen de la referencia.más atrás](#) en [Error! No se encuentra el origen de la referencia.Caso 1. Cuando No se requiere acero de refuerzo por cortante.](#)

$$V_u := 150 \quad N_u := 682.910 \quad M_u := 155.550$$

Se tendrá en cuenta ρ_w igual que en el **caso 1**. El aporte del concreto para **Vc1**, **Vc2** y **Vc3** será así, y determinará **Vs**

$$V_{c1} := 1000 \cdot \left(0.17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \right) = 192.746$$

$$V_{c2.1} := 1000 \cdot \left(\left(0.16 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right) \cdot b_w \cdot d \right) = 187.053$$

$$V_{c2.2} := 1000 \cdot \left(0.29 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \right) = 322.253$$

$$V_{c2} := \min(V_{c2.1}, V_{c2.2}) = 187.053$$

$$V_{c3} := 1000 \cdot \left(0.29 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}} \right) = 335.285$$

$$V_c := \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3}) = 187.053$$

$$V_s := \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{\phi} = 12.947$$

De acuerdo con C.7.10.1. Se requiere acero de refuerzo. Se determina el área transversal de una barra #3 que se utilizará como estribo, las unidades de las separaciones (cm).

$$A_{est} := \frac{\pi \cdot d_{b,est}^2}{4} = 0.709 \quad A_v := 2 \cdot A_{est} = 1.418$$

Se procede a comprobar si se diseña la separación por área de acero mínimo según C.11.4.6.1.

$$V_u := 150 \qquad \frac{\phi \cdot V_c}{2} = 70.145 \qquad Vu > \frac{\phi \cdot V_c}{2}$$

De acuerdo con C.11.4.6.1. Se procede con C.11.4.5.1. y C.11.4.7.2.

$$S_1 := \left(\frac{d}{2}\right) \cdot 100 = 17.5 \quad S_2 := 60$$

$$S_{C.11.4.5.1} := \min(S_1, S_2) = 17.5$$

$$S_{C.11.4.7.2} := \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = 16.096$$

Se chequea C.11.4.5.3. y C.11.4.7.9.

$$V_{SC.11.4.5.3} := (0.33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d) \cdot 1000 = 366.701$$

$$V_{SC.11.4.7.9} := (.66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d) \cdot 1000 = 733.402$$

Se comprueba C.11.4.6.3.

$$A_{vmin} := A_v$$

$$S_1 := \frac{A_{vmin} \cdot f_y}{0.062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot (bw \cdot 100)} = 30.248 \qquad S_2 := \frac{A_{vmin} \cdot f_y}{0.35 \cdot (bw \cdot 100)} = 28.353$$

$$S_{C.11.4.6.3} := \min(S_1, S_2) = 28.353$$

Se determina la separación de diseño de acuerdo C.11.4.5., C.11.4.6. y C.11.4.7. Explicados en el capítulo **Suposiciones de diseño**.

$$S_{min} := \min(S_{C.11.4.5.1}, S_{C.11.4.6.3}, S_{C.11.4.7.2}) = 16.096$$

6.3. Refuerzo de confinamiento.

Después de chequear el acero a cortante en el capítulo C.21 de la NSR-10 se exige que se debe confinar el concreto con estribos a unas determinadas separaciones. Se debe tener en cuenta el tipo de diseño a realiza **DMO** o **DES**.

6.3.1.(C.21.3.5) Columnas con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)

C.21.3.5.6- para una columna de 60 x 60 con una altura de 3 m, 14 barras #6, |B=5(barras en el eje de la base) |H=4(barras en el eje de la altura) se debe cumplir con lo siguiente:

$$db_{\#6} := 1.91 \quad db_{\#3} := 0.95 \quad b := 60 \quad h := 60$$

$$A := 8 \cdot db_{\#6} = 15.28 \quad B := 16 \cdot db_{\#3} = 15.2$$

$$C := \frac{d}{3} = 20 \quad d := \min(b, h) = 60$$

$$D := 15$$

$$S_{C.21.3.5.6} := \min(A, B, C, D) = 15$$

C.21.3.5.11- espaciamiento estribos fuera de la zona de confinamiento.

$$S_{C.21.3.5.11} := 2 \cdot S_{C.21.3.5.6} = 30$$

Alternativamente en **C.21.3.5.9** se pueden colocar estribos de confinamiento con una separación en estribos paralelos de la siguiente manera siempre y cuando $f'_c < 35$ MPa.

$$b := 60 \quad h := 60 \quad dist := \min(d, h) = 60$$

$$S_{est1} := \frac{dist}{2} = 30 \quad S_{est2} := 20$$

$$S_{est} := \min(S_{est1}, S_{est2}) = 20$$

después de la zona de confinamiento $S_o < S_o \cdot 2$

$$S_o := 10 \quad S_o := 2 \quad S_o = 20$$

Para hallar la longitud de la **zona de confinamiento (lo)** se tomaron los para metros establecidos en la norma NSR-10 en capitulo **C.21.3.5.6** la zona de confinamiento debe ser mayor que los siguientes parámetros:

A. “una sexta parte de la luz libre de la columna”.

B. “la mayor dimensión de la sección transversal de la columna”.

C. 500 mm.

Ejemplo1: se toma una columna con unas dimensiones de 60x60 cm tiene una altura de 3 m de altura y una luz libre de 2.56 m se calcula la zona de confinamiento como:

$$b := 60 \text{ cm} \quad h := 60 \text{ cm} \quad Luz := 2.5 \text{ m}$$

$$A := \frac{Luz}{6} = 0.417 \text{ m} \quad B := \max(b, h) = 0.6 \text{ m} \quad C := 500 \text{ mm}$$

$$l_o := \max(A, B, C) = 0.6 \text{ m}$$

En la siguiente ilustración se muestra el detalle del refuerzo de una columna 60 x 60 con 5 cm de recubrimiento.

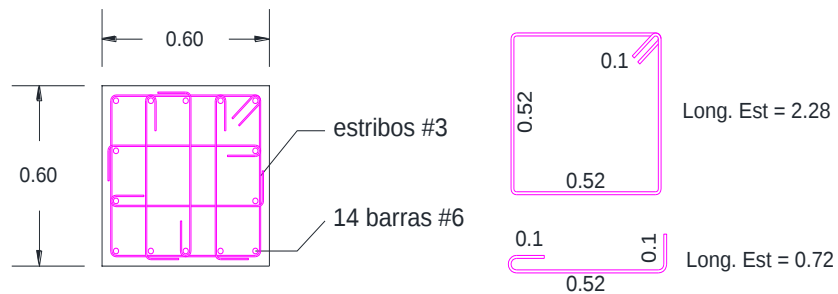


Ilustración 7. Detalle sección transversal COL 60 x 60 (DMO)

En la siguiente ilustración se muestra las separaciones verticales de los estribos de una columna de 3m de altura con una viga de 50 cm de alta con capacidad de disipación de energía moderada (DMO).

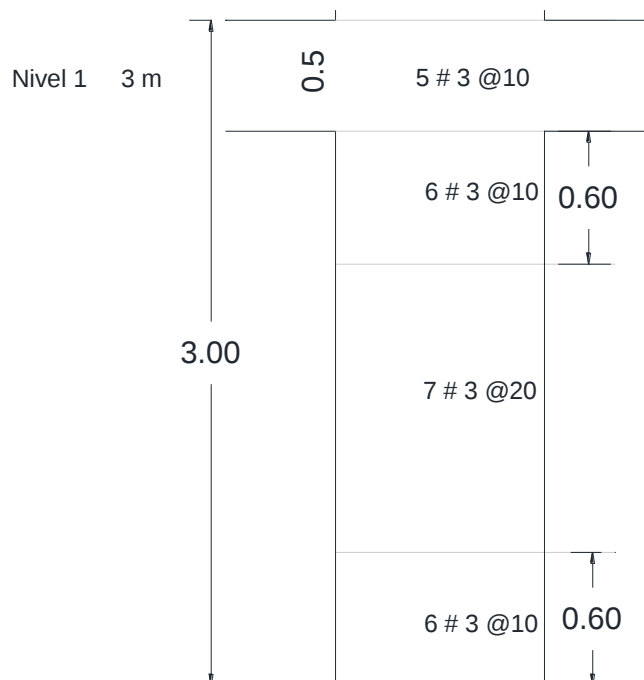


Ilustración 8. Separación vertical de estribos (DMO)

6.3.2.

6.3.3.(C.21.6) Elementos sometidos a flexión y carga axial pertenecientes a pórticos especiales resistencia a momento con capacidad especial de disipación de energía(DES)

Para una columna de 60 x 60 con una altura de 3 m, 14 barras #6, |B=5(barras en el eje de la base) |H=4(barras en el eje de la altura) se debe cumplir con lo siguiente:

C.21.6.4.2

$$h_x := 10$$

se tomó una referencia de DMO

De acuerdo con C.21.6.4.3 se elige el menor parámetro de:

$$A := \frac{d}{4} = 15 \quad B := 6 \cdot db_{\#6} = 11.46 \quad C := 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3} \right) = 18.333$$

$$S_{C.21.6.4.3} := \min(A, B, C) = 11.46$$

En C.21.6.4.5 después de la zona de confinamiento So no debe ser mayor a:

$$S_o := 6 \cdot db_{\#6} = 11.46 \quad S_o := 15$$

Se aproxima a **10 cm** las separaciones, A menos que la columna solicite refuerzo adicional por cortante

Para hallar la longitud de la **zona de confinamiento (lo)** se tomaron los para metros establecidos en la norma NSR-10 en capitulo C.21.6.4.1, que son:

A. “La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión”.

B. “Un sexto de la luz libre del elemento”.

C. 450 mm.

Ejemplo2 se toma una columna con unas dimensiones de 60x60 cm tiene una altura de 3 m de altura y una luz libre de 2.56 m se calcula la zona de confinamiento como:

En este caso se debe tener en cuenta las combinaciones de carga, pero es más probable que ocurra fluencia por flexión en el lado más pequeño el elemento, pero en este caso ambos lados son las mismas entonces se toma como 60 cm o 0.6 m.

$$b := 60 \text{ cm} \quad h := 60 \text{ cm} \quad Luz := 2.5 \text{ m}$$

$$A := \frac{Luz}{6} = 0.417 \text{ m} \quad B := \min(b, h) = 0.6 \text{ m} \quad C := 450 \text{ mm}$$

$$lo := \max(A, B, C) = 0.6 \text{ m}$$

En la siguiente ilustración se muestra el detalle del refuerzo de una columna 60 x 60 con 5 cm de recubrimiento, para este caso se tuvo en cuenta la separación entre estribo igual a ejemplo anterior quedando la sección trasversal igual a la anterior.

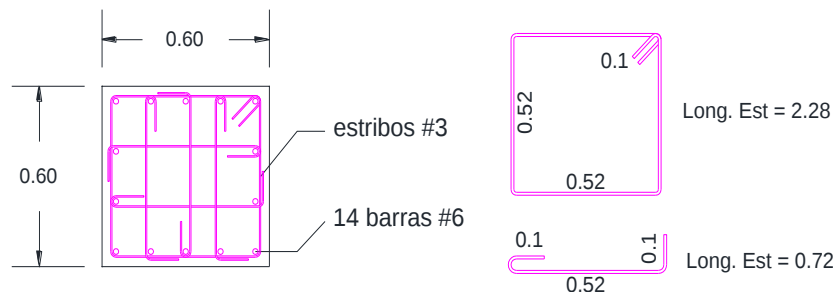


Ilustración 9. Sección transversal Ilustración 10COL 60 x 60 (DES)

En la siguiente ilustración se muestra las separaciones verticales de los estribos de una columna de 3m de altura con una viga de 50 cm de alta con capacidad de disipación de energía especial (DES).

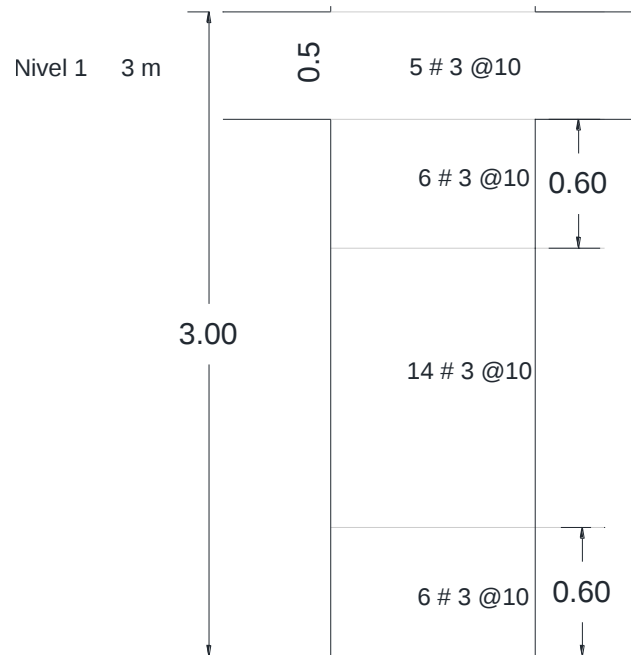


Ilustración 11. Separación vertical de estribos (DES)

7. PROCESO DE CHEQUEO DE CORTANTE EN EL ANÁLISIS DE DISEÑO BIAxIAL DE UNA COLUMNA.

Como se especifica en el procedimiento de diseño biaxial de una columna cuadrada y rectangular por método de equilibrio y compatibilidad de deformaciones **Fuente especificada no válida.**, dicho diseño se puede extender a un proyecto (Zambrano Prada & Garcia Quintero, 2019, pág. 33), a continuación se muestra diagrama del proceso de diseño de Ultimate Columns 1.0.

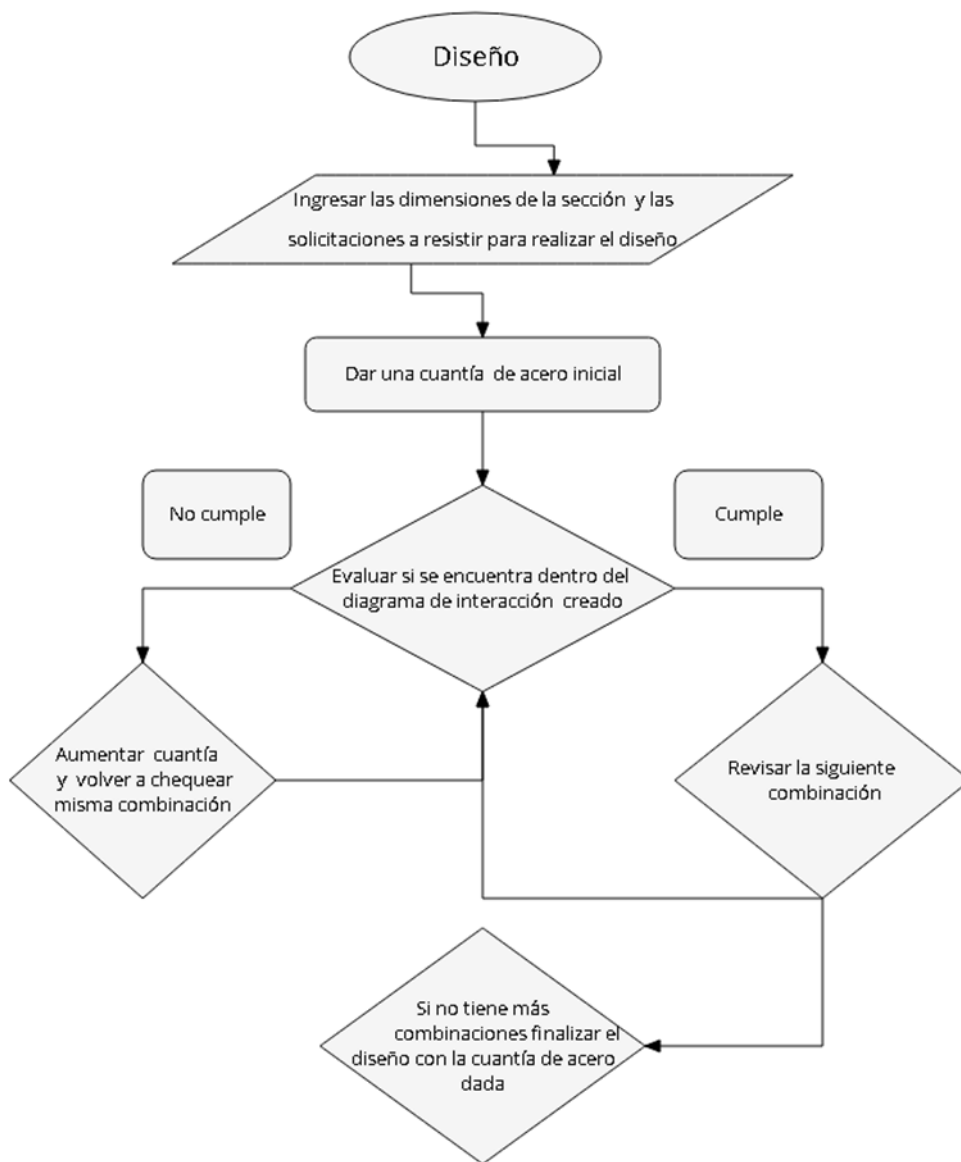


Diagrama 1. Diseño de Columnas, Ultimate Columns 1.0. Extraído de la monografía “ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE PARA EL DISEÑO BIAxIAL DE COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO POR EL METODO DE EQUILIBRIO Y COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES”. Modificado por el Autor

Al ingresar el proceso de chequeo de cortante, el procedimiento no tendrá modificaciones en el diseño biaxial de la columna. El nuevo cambio será el chequeo de cortante visto en el anterior capítulo

y se aplicará al final del diseño del acero longitudinal cuando ya se haya terminado de revisar todas las combinaciones de carga. A continuación, se muestra el diagrama con el chequeo a cortante.

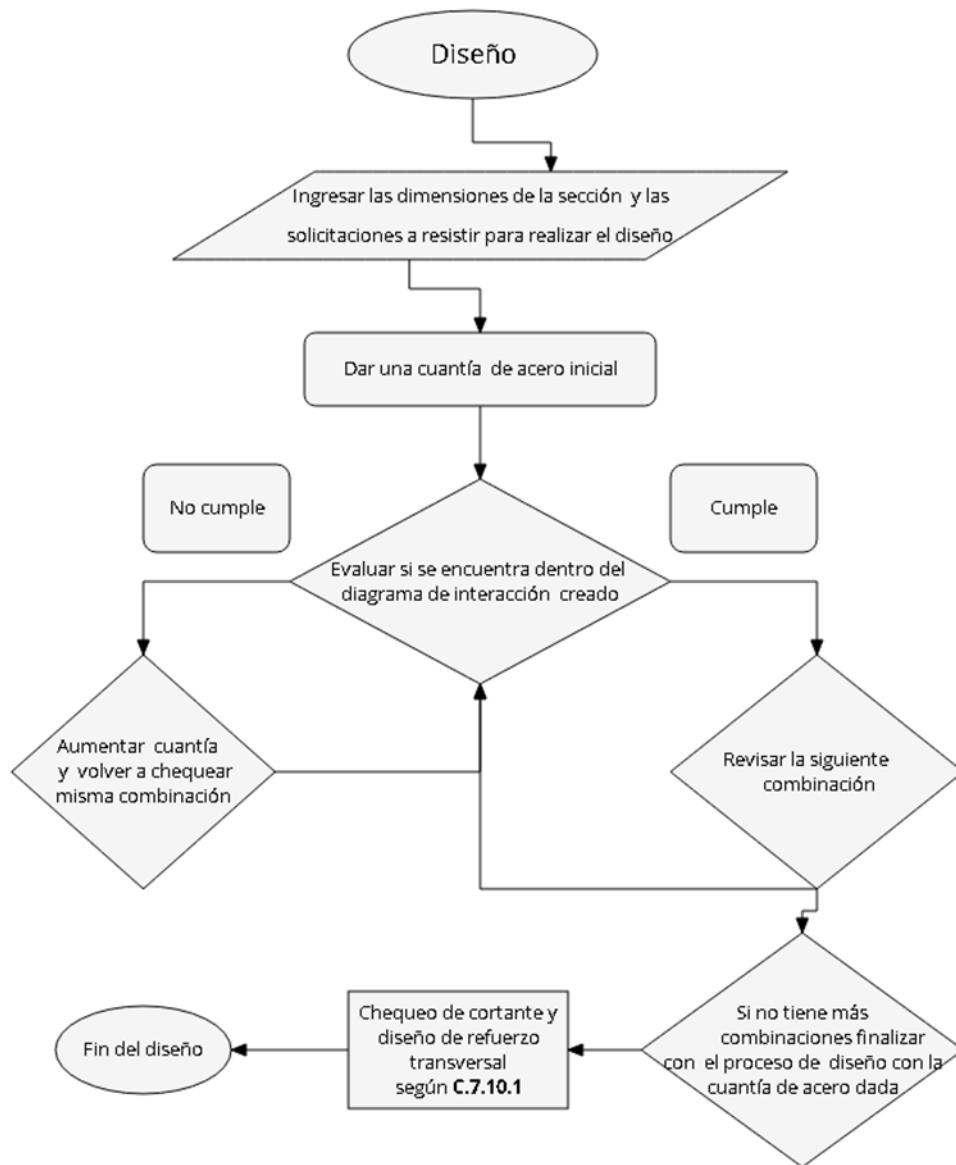


Diagrama 2. Introducción del chequeo de cortante en proceso de diseño del acero longitudinal en el software Ultimate Columns 2.0. Fuente: el Autor

De esta forma el chequeo por cortante queda introducido en el proceso, y arrojando los cálculos realizados en las memorias de cálculos. (Zambrano Prada & Garcia Quintero, 2019, pág. 44).a continuación se mostrará los diseños de un proyecto que se analizó, a continuación en la siguiente tabla, se mostrarán los resultados que arrojaron fueron los siguientes:

Story	Column	Name	Station	B	H	Bars #4				Bars #5				Bars #6				Bars #7				Bars #8				S Estribos	
						r	# b	B	H	r	# b	B	H	r	# b	B	H	r	# b	B	H	r	# b	B	H	C	NC
Nivel 4	C1	COL60X60	0	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 4	C1	COL60X60	1.05	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 4	C1	COL60X60	2.1	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 3	C1	COL60X60	0	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 3	C1	COL60X60	1.05	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 3	C1	COL60X60	2.1	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 2	C1	COL60X60	0	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 2	C1	COL60X60	1.05	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 2	C1	COL60X60	2.1	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
nivel 1	C1	COL60X60	0	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
nivel 1	C1	COL60X60	1.25	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
nivel 1	C1	COL60X60	2.5	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 4	C10	COL60X60	0	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 4	C10	COL60X60	1.05	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 4	C10	COL60X60	2.1	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 3	C10	COL60X60	0	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 3	C10	COL60X60	1.05	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 3	C10	COL60X60	2.1	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 2	C10	COL60X60	0	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 2	C10	COL60X60	1.05	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
Nivel 2	C10	COL60X60	2.1	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
nivel 1	C10	COL60X60	0	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
nivel 1	C10	COL60X60	1.25	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
nivel 1	C10	COL60X60	2.5	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20
nivel 1	C11	COL30X30	0	0.3	0.3	1.13	8	3	3	1.3	6	3	2	1.27	4	2	2	1.72	4	2	2	2.25	4	2	2	20	20
nivel 1	C11	COL30X30	1.25	0.3	0.3	1.13	8	3	3	1.3	6	3	2	1.27	4	2	2	1.72	4	2	2	2.25	4	2	2	20	20
nivel 1	C11	COL30X30	2.5	0.3	0.3	1.13	8	3	3	1.3	6	3	2	1.27	4	2	2	1.72	4	2	2	2.25	4	2	2	20	20
nivel 1	C13	COL30X30	0	0.3	0.3	1.13	8	3	3	1.3	6	3	2	1.27	4	2	2	1.72	4	2	2	2.25	4	2	2	20	20
nivel 1	C13	COL30X30	1.25	0.3	0.3	1.13	8	3	3	1.3	6	3	2	1.27	4	2	2	1.72	4	2	2	2.25	4	2	2	20	20
nivel 1	C13	COL30X30	2.5	0.3	0.3	1.13	8	3	3	1.3	6	3	2	1.27	4	2	2	1.72	4	2	2	2.25	4	2	2	20	20
Nivel 4	C2	COL60X60	0	0.6	0.6	1.06	30	9	8	1.1	20	6	6	1.11	14	5	4	1.08	10	4	3	1.13	8	3	3	20	20

Tabla 45. Memorias de cálculos. Extraído de Resultados_ Ultimate Columns 2.0

8. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES GEOMÉTRICAS DEL DIBUJO

8.1. Definición y parámetros de dibujo.

Se repasarán los conceptos de punto, línea, circunferencia y arco para los cuales se utilizarán para definir en geometría de dibujo. Un punto es la marca más pequeña que se puede dibujar, se considera que no tiene dimensiones y se puede utilizar para dar una indicación de posición. Una línea se define como la sucesión indefinida de puntos que se extienden en direcciones opuestas. Un segmento es la sucesión de puntos de una línea definidos que se pueden medir. La circunferencia es una curva cerrada cuyos puntos están a la misma distancia de un punto central. Un arco es una parte de la circunferencia (Matemática Geometría y trigonometría III, 2009).

Para dibujar los despieces se debe considerar una línea se representará como la unión de dos puntos, y dichos puntos tienen coordenadas (x, y) en el plano cartesiano como se muestra en la siguiente ilustración. De acuerdo con lo anterior una polilínea como su nombre lo indica varias líneas que van en serie donde el punto final es el punto inicial de la siguiente línea.

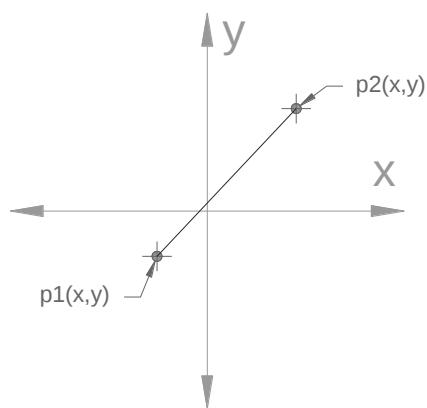


Ilustración 12. Dibujo de línea

Al dibujar un círculo se tiene en cuenta las coordenadas del punto central y el radio.

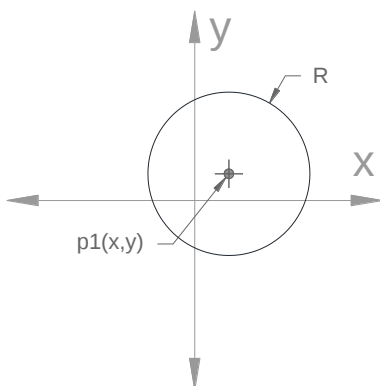


Ilustración 13. Dibujo de un círculo

Al dibujar un arco de debe tener en cuenta las coordenadas del punto central, el ángulo de inicio y ángulo final, y se dibujará la curva en contra las manecillas del reloj, así como se muestra en la siguiente ilustración.

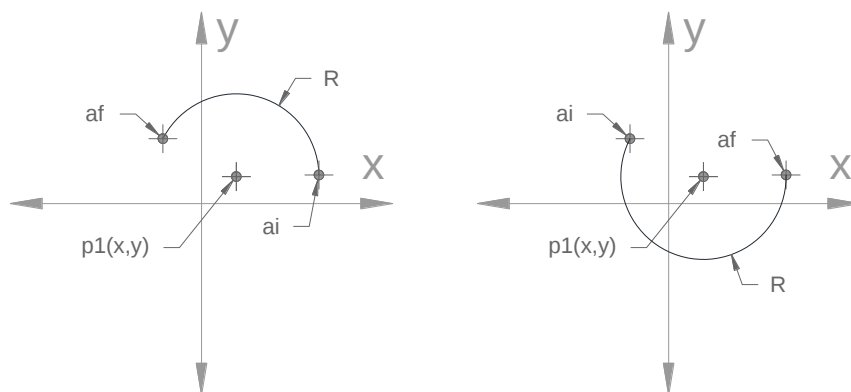


Ilustración 14. Dibujo de un arco

8.2. Análisis de la distribución de un despiece

En este capítulo se tendrá en cuenta de una manera global patrones o forma en que se deben tener en cuenta a la hora de realizar un despiece de una columna, así como los detalles de la sección transversal.

En la siguiente ilustración (ilustración 10) es un esquema realizado para observar los diferentes patrones encontrados en los despieces longitudinales realizado por los siguientes autores (Muñoz M, 2012, pág. 188) y en **Fuente especificada no válida.**, se encontró lo siguiente:

- Los traslapes se realizan intercalado se dé un piso a otro.
- Para poder que se pueda determinar en el dibujo en qué lugar debe ir el traslape, se tomará en cuenta el número de piso si es par o impar.
- El traslape se realiza en la zona no confinada en pocas palabras en la parte central de la luz libre de la columna.

Estará posicionada a $h / 2$ medida desde la mitad del traslape.

- En las conexiones no tiene variaciones de forma, se muestra un corte de la viga.
- El acero transversal tiene variaciones de espaciamiento que depende de las solicitaciones de diseño planteadas en el capítulo **revisión de cortante**.

Para esta separación se considera **C.11** y **C.21**. Se determina **So** para cada zona, la cantidad de estribos será igual a:

$$N^{\circ} = \frac{l_o}{S_o}$$

- Se puede apreciar una simetría con el eje vertical con los bordes de los externos del despiece.
- Para los ganchos de los aceros longitudinales estará hacia el centro en la zapata y en la parte final de la columna, esto se hace para confinar el concreto en estos nudos.
- En los nudos se confinan con estribos ya que son los elementos del pórtico que más sufrirá en caso de un sismo, las separaciones serán iguales a las separaciones de los estribos en zona confinada.

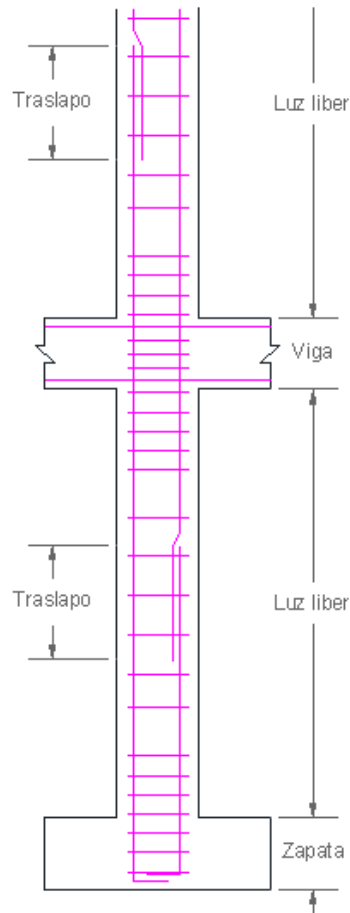


Ilustración 15. Ejemplo de despiece longitudinal

En la siguiente ilustración [Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) se muestra una sección típica de una columna reforzada, se recomienda que las separaciones de barras en x, e y, entre las barras longitudinales no superen los 20 cm para el confinamiento con estribos adicionales. En el caso 1, las separaciones de los estribos de confinamiento serán tomadas con la separación de las barras longitudinales en x o y. Si las separaciones entre las barras longitudinales son menos a 10cm tomar la separación de estribos de confinamiento serán 2 veces la separación de las barras longitudinales en x o y, como se muestra en el caso 2.

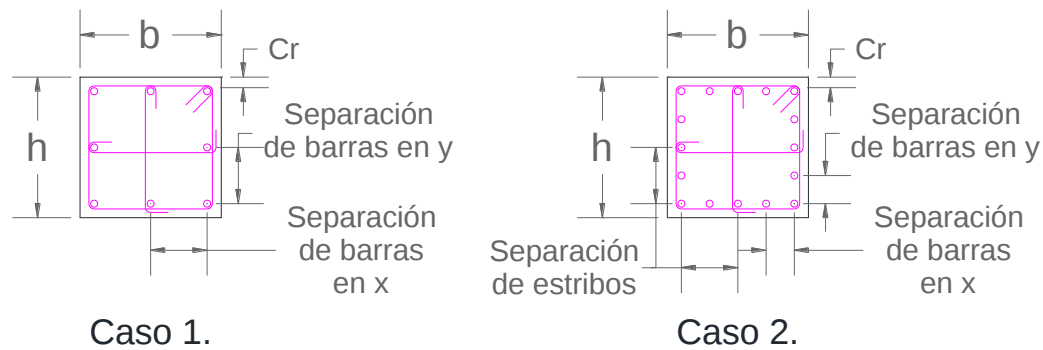


Ilustración 16. Detalle de la sección transversal

Nota: las distribuciones de los aceros longitudinales varían de acuerdo al diseño y se ve reflejado en los dos casos anteriores de la [Ilustración 11](#), puede presentar en el eje (x) caso 1, y en el eje (y) caso 2, y viceversa. Ver en la siguiente ilustración.

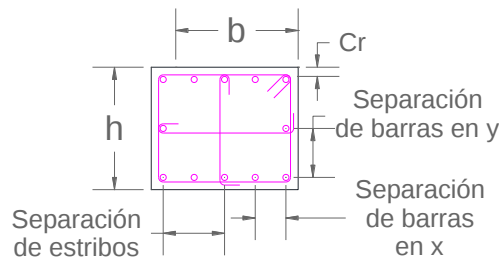


Ilustración 17. Detalle de sección transversal en caso 1 y 2.

Separación transversal de los estribos se propuesto de acuerdo con **C.21.3.5.9**.

8.3. Propuesta de diseño de los despieces

En este capítulo se plantearán los esquemas base de los cuales el programa se basa para realizar los dibujos de los despieces: Para el dibujo de la sección en planta, se ubicará en el lado positivo del eje (x), que servirá para indicar qué columnas tendrán el mismo diseño y se identificarán con un nombre ID único para un tipo de despiece. En el lado negativo del eje(x) estarán ubicados los despieces longitudinales y junto a ellos se encontrará el detalle de la sección transversal de la columna donde se indicarán medidas y cantidades de acero.

Para realizar los dibujos se tendrá en cuenta los conceptos vistos anteriormente en el cap. [Ilustración 11](#) en la pag. [Ilustración 11](#), en cada dibujo partirá de un punto inicial (x, y) y se dibujarán; líneas, polilínea, círculos, arcos y

adicionalmente adjuntar textos, según a lo que se esté dibujando y dando forma al plano de acuerdo a los esquemas propuestas más adelante.

A continuación, se mostrará los esquemas de cada uno de los elementos que componen un plano:

Columna en planta; en la siguiente ilustración la base hace referencia a la longitud en (**x**) de la columna y el largo a la longitud en (**y**).

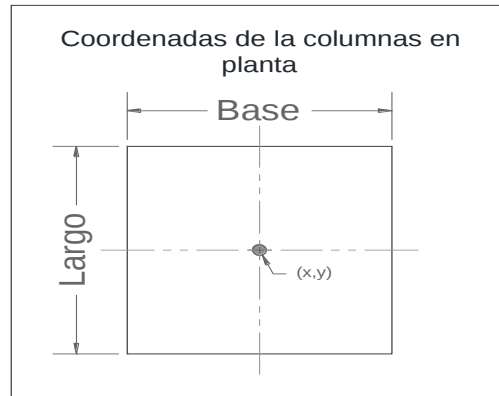


Ilustración 18. Detalle de la sección en planta

Columna de detalle de la sección transversal; En esta parte se dividirá en 3 esquemas, bordes de la sección transversal, aceros longitudinales y estribos.

Bordes y acero longitudinal; Cr representa el recubrimiento, **espx** y **espy** los espacios que existen entre las barras en cada uno de los ejes, y cada barra se dibuja con el radio según el número de la barra.

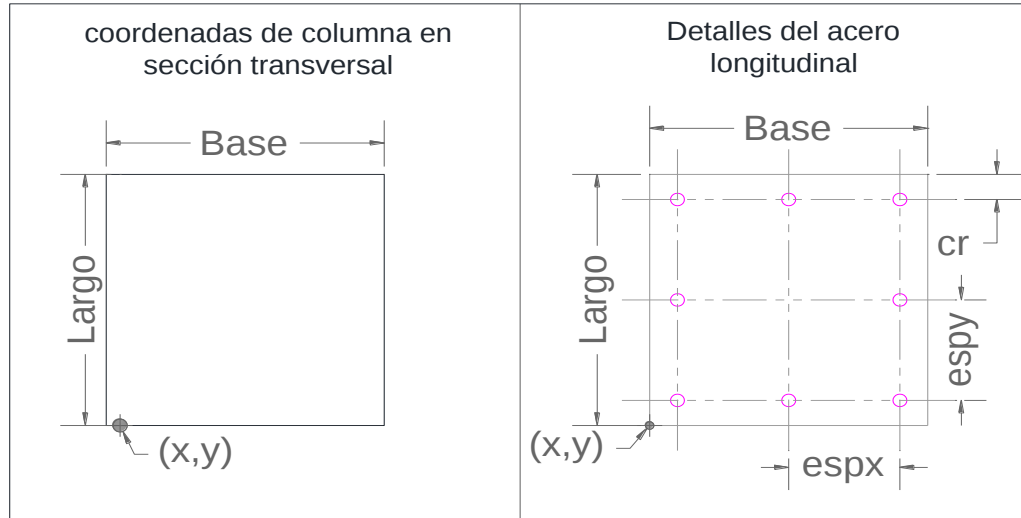


Ilustración 19. Detalle de bordes y acero longitudinal en vista de corte

Estribos: (**xi**, **yi**) son la coordenada desde una barra de acero longitudinal. Los puntos de los aceros de las esquinas de una columna donde se ubica **p1**, **p2**, **p3** y **p4**. La cantidad de barras distribuidas en la base se representa como **nbx** y **(nbx-1) espx** como las separaciones hay en el eje **x** de las barras de las esquinas, y de igual forma para **nby** en sentido del largo de la columna y **(nby-1) espy** en el sentido del eje **y**. El radio de los arcos de los estribos como **Re** que es igual a la suma del radio de la barra del acero longitudinal y el radio trasversal del estribo. Las coordenadas del punto inicial del gancho **pg1** y **pg2**. Longitud del gancho del estribo es igual a **Ld**.

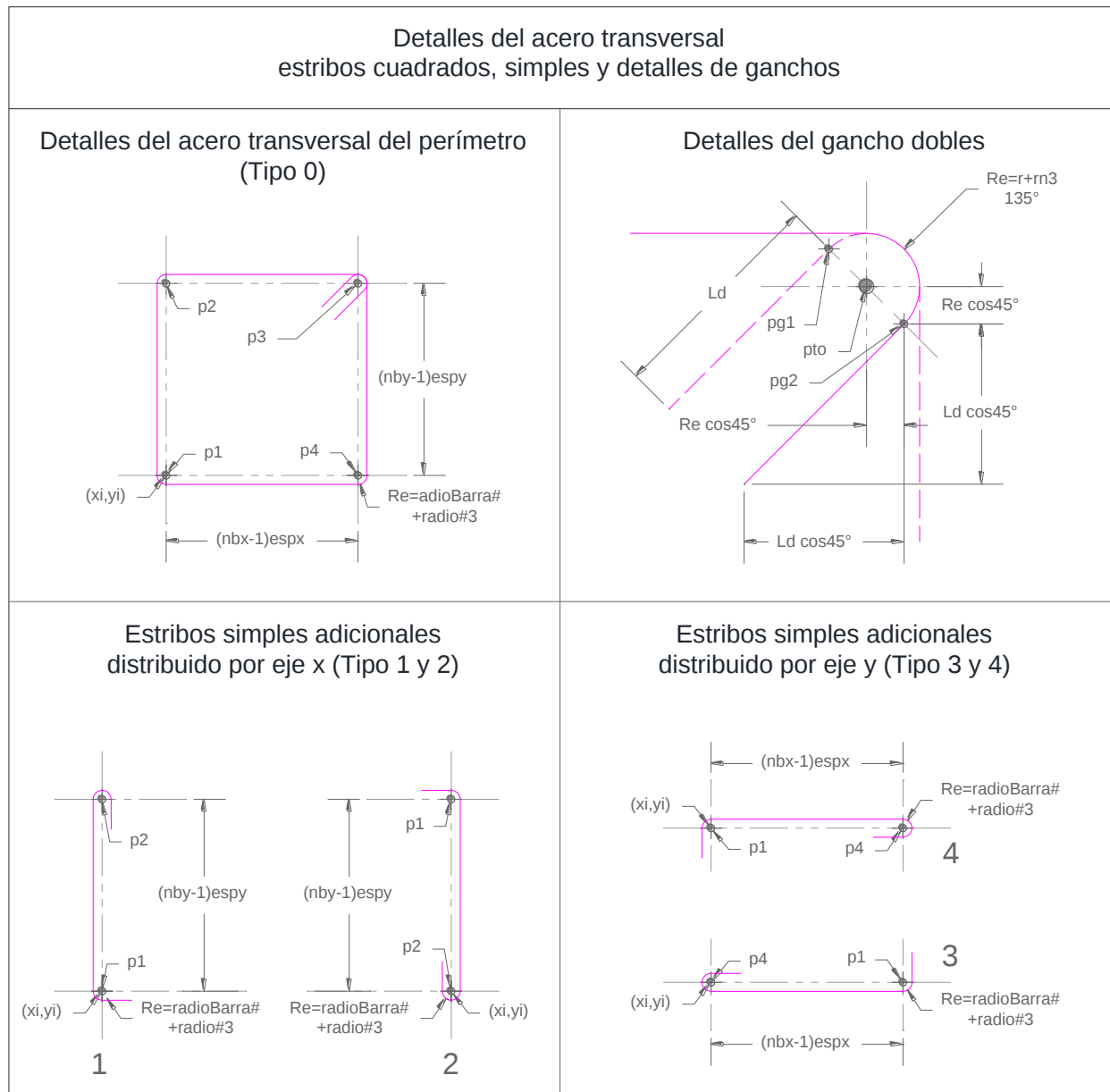


Ilustración 20. Detalle de estribos de perímetro, simples, y ganchos

Despiece del acero longitudinal: En esta parte se divide los esquemas en 3 tipos; Bordes, distribución de estribos y detalles, y detalles del acero longitudinal.

Bordes; El esquema el borde estándar se repite sin importar el nivel, el bode de la zapata solo se dibujará cuando se en cuenta el primer nivel, en el borde del último nivel solo se agrega una línea cerrando el despiece el ultimo nivel puede ser también el primer nivel. Z es la altura del nivel y h la luz libre, el ancho es una medida estándar, Ho es la zona de confinamiento, Zp es la altura de la

suponiendo que el análisis estructural se realiza desde la cara superior de la zapata, para este caso no se tendrá una longitud de desplante. N° Zfinal es el nombre del nivel ver en la siguiente ilustración.

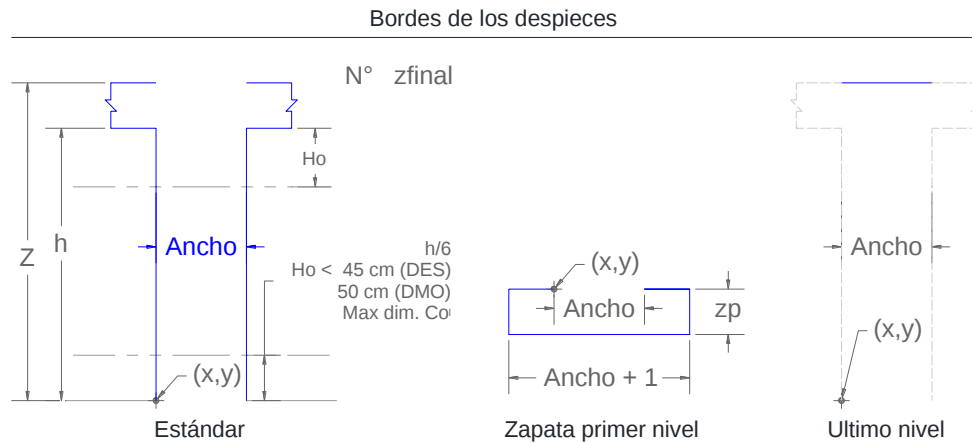


Ilustración 21. Detalle de bordes de la sección longitudinal de la columna

Para la distribución de los estribos por nivel será la misma y dependerá de tiene en cuenta la separación **So C** que es la separación en zona confinada, para la zapata se dispondrá la misma separación, y **So NC** es la separación no confinada, **Lancho** es la longitud del gancho que depende número de la barra longitudinal dicha longitud está definida en **Longitud de desarrollo** [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#).

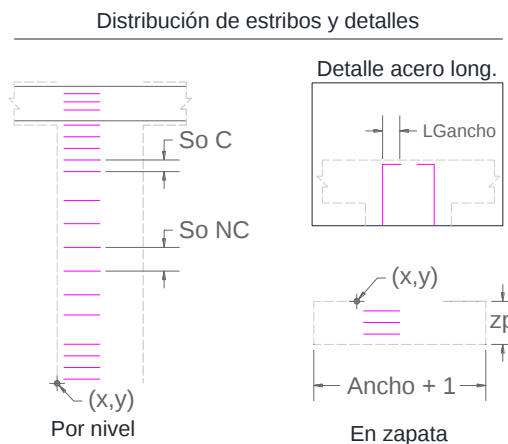


Ilustración 22. Detalle de separación de estribos y ganchos de acero longitudinal

Detalles del refuerzo longitudinal; Teniendo en cuenta los patrones encontrados en el capítulo de anterior para el acero longitudinal. Se realizará los traslapos intercalados de un piso a otro, y la ubicación del traslapo será en la zona no confinada de la columna como se observa en las siguientes imágenes. En dicha zona confinada se ubicará a $h / 2$ desde el centro del traslapo, **Ld** es la longitud del traslapo.

Para que el programa reconozca el lugar del traslape si es en la derecha o izquierda del dibujo, se determinará si el número de piso es impar o par lo que determinará la ubicación, se debe tener en cuenta también si el piso es final o si es primer nivel. Se tendrá los siguientes casos en el cual el programa dibujará los aceros longitudinales:

Caso1.1.- si es el primer piso. **Caso1.-** Serán todos los pisos impares. **Caso2.-** Serán todos los pisos pares. **Caso3.-** Será el último piso impar. **Caso4.-** serán el último piso par.

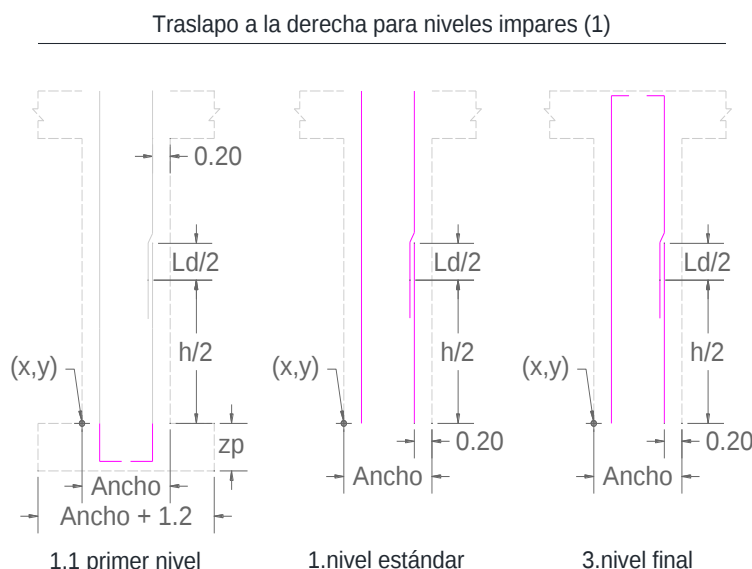


Ilustración 23. Detalles de acero pisos impares

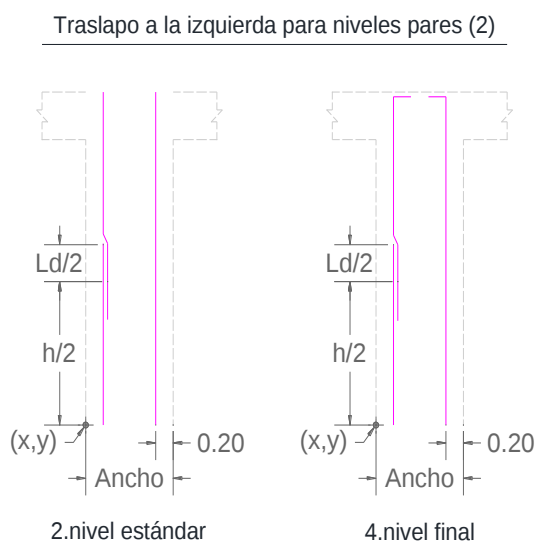


Ilustración 24. Detalles de acero pisos pares

9. EXTRACCIÓN, DETERMINACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS DE ENTRADA PARA EL DIBUJO

Ahora bien, terminado con proceso de diseño del acero longitudinal y el chequeo a cortante y refuerzo transversal, se inicia la metodología que consiste en determinar el diseño final de una serie

de columnas. Para realizar un diseño definitivo, se debe tener en cuenta que los diseños arrojados para cada una de las columnas en la distribución en planta, se puede observar en las memorias de cálculos que existen columnas con sección transversal y las cantidades de acero de refuerzo que requieren iguales como se muestra en la tabla 4 mostradas en el capítulo **“proceso de chequeo de cortante en el análisis de diseño biaxial de una columna”**.

De acuerdo a las propiedades de diseño de los diseños visto en el capítulo **“análisis de la distribución de un despiece”** se procede a realizar las operaciones necesarias para obtener los datos de entrada que solicitan en el capítulo **“propuesta de diseño”**. Se procede de la siguiente manera:

Primer paso es identificar que propiedades se pueden extraer del modelado que se realizó del proyecto, y los datos que se extrajeron fueron; las conexiones de las columnas, las coordenadas de los puntos y los datos de piso. Segundo paso es identificar que datos son relevantes para generar los datos de entrada del dibujo, se tendrá en cuenta; geometría, coordenadas, cantidades de barras, identificar si los pisos son pares o impares, y longitudes de los aceros.

Para determinar el un diseño final de una serie de columnas de un proyecto se realizará una serie de pasos y cálculos para determina que columnas tienen el mismo diseño. Se realiza un listado de las todas las columnas del proyecto oprimiendo el botón “columnas” explicado en el manual del usuario (Zambrano Prada & García Quintero, 2019) , al cual el usuario deberá elegir que diseño quiere que realice el programa.

- Para definir el proyecto final el programa chequea que los datos que se necesitan para realizar el diseño que son; el número de barra que se diseñará para todas las columnas, la altura de la zapata, y el tipo de diseño (DMO) o (DES).
- Se identifican las coordenadas en planta de todas las columnas.
- Luego se procede a crear un listado en la hoja de diseño final del diseño de barras longitudinales que escogió el usuario.
- Se procede a revisar columna por columna variaciones de acero longitudinal, para que no haya bastones en todo el elemento y dejando la misma distribución de principio a fin.
- Si las separaciones de los estribos en zona confinada y no confinada son menores a 10cm o 20 cm respectivamente realiza un chequeo de cortante adicionándole los estribos de confinamiento adicional y dicha separación entre ramas no supere a la mitad del lado más corto de la columna o 20 cm.
- Se realiza las separaciones de los estribos desacuerdo al capítulo **C.21**. de la NSR-10, teniendo en cuenta la separación de los estribos de confinamientos en el anterior punto.

En esta parte ya se determinó los diseños finales de todas las columnas del proyecto, en los siguientes puntos se realiza los pasos a seguir para determinar lo datos de entrada del dibujo y la eliminación de datos o diseños repetidos de una serie de columnas con el mismo diseño y dejando el diseño estándar para ese tipo de columna.

- Se asigna el mismo nombre a la columna que tenga la misma distribución de aceros longitudinales en el listado del diseño final en la hoja de Excel.
- Teniendo en cuenta las coordenadas en planta se realiza un listado de todas las columnas con el nombre ya cambiado en la hoja “Columns” para ubicar en la distribución en planta y saber que columna corresponde a cada despiece.
- En la hoja “diseño final” elimina los datos de las columnas que tengan el mismo nombre.

- Luego de eliminar los datos repetidos se extrae un listado en la hoja “Columns” para los datos de entrada de los dibujos de la sección transversal de la columna y adicionalmente se les asigna coordenadas en el plano cartesiano para la ubicación del dibujo.
- Se crea un listado para el despiece longitudinal de la columna, solo extrayendo los datos de cada piso.
- En el listado del despiece longitudinal, se determina los datos que identifican si el piso es par (2) o impar (1), el piso final del despiece.
- Luego en el mismo listado dependiendo el número de la barra longitudinal se determina la longitud del traslapo.
- Para el listado de las coordenadas en planta se ajusta las coordenadas de cada dibujo dependiendo el piso, con estas coordenadas corregidas se crean 2 listados más que son; las coordenadas de entrada para el dibujo de los ejes, y coordenadas para el nombre de cada nivel.
- En el listado del despiece longitudinal en la hoja “Columns” se calcula la longitud de los aceros a traslapar en la parte superior e inferior de la columna.
- Luego se calcula la longitud total del acero teniendo en cuenta la longitud del acero superior del piso debajo y la longitud del acero inferior del piso superior.
- Se calcula la longitud de los aceros del último y primer piso, considerando el recubrimiento y altura de la zapata.
- Se finaliza el diseño y seleccionando la hoja diseño final.

Al finalizar el diseño el usuario puede elegir que dibujar en AutoCAD, si solo quiere dibujar las secciones transversales y despiece longitudinal o la distribución en planta con ejes.

En el siguiente diagrama se muestra en forma esquemática la función que determina el diseño final.

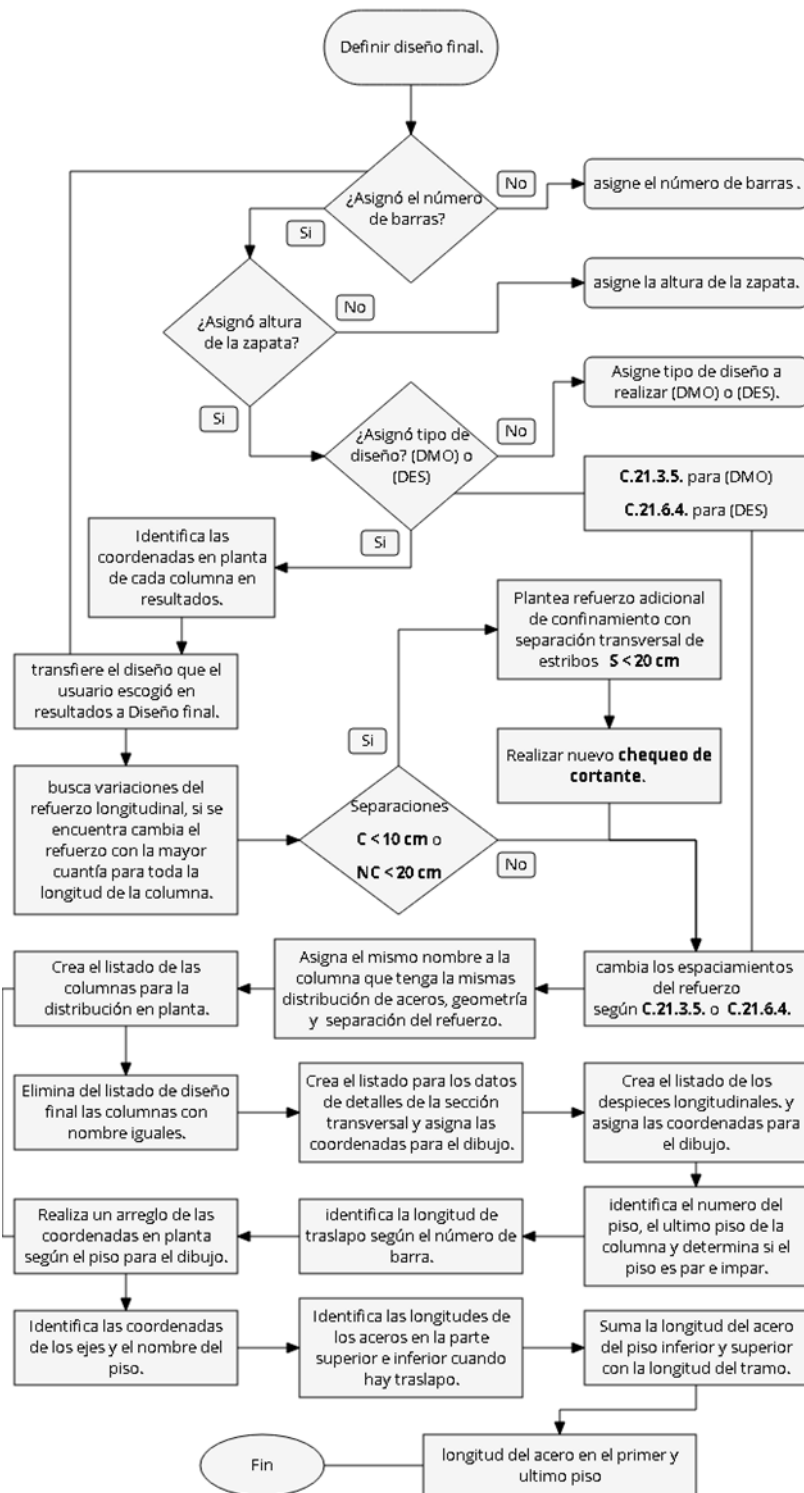


Diagrama 3. Diseño Final proceso de Ultimate Columns 2.0

10. PROGRAMACIÓN VBA PARA GENERAR LOS DIBUJOS DE UN PROYECTO

Un factor importante en el desarrollo de este trabajo es la utilización de un lenguaje de programación como herramienta eficiente y rápida en la creación de los planos estructurales de un proyecto. En este capítulo se analizará las posibles alternativas de programación para generar los dibujos o despieces de los elementos diseñados por la aplicación Ultimate Columns 2.0.

En el transcurso de investigación e indagación de las metodologías, se llegó a una propuesta de dos alternativas de diseño, a continuación, se explicará cada alternativa y se tendrá en cuenta factores como; cantidad de líneas de código para generar una figura geométrica (línea, círculo), facilidad de corrección durante la determinación de los diseños (fase de desarrollo), interacción con el usuario. En ambas alternativas se tiene que programar y/o trabajar con la hoja de Excel para hallar los datos de entrada (medidas, coordenadas, de los elementos) de cada dibujo.

La primera propuesta tiene que ver con generar un documento DXF a partir de la programación, en esta propuesta se debe generar un listo que tenga una estructura (protocolo), y luego debe crear una función que compile todos los datos, generando un archivo al final.

La segunda propuesta trabajar directamente con la aplicación AutoCAD utilizando VBA AutoCAD en el Excel. A continuación, se muestra el código que genera una línea y un círculo. Primero se definen las variables de entrada las variables y se dispone a utilizar las funciones de VBA AutoCAD

```
Sub Linea()  
    Dim plinea(0 To 5) As Double  
    x = Cells(1, 3): x1 = Cells(1, 4)  
    y = Cells(2, 3): y1 = Cells(2, 4)  
    plinea(0) = x:      plinea(1) = y  
    plinea(3) = x1:     plinea(4) = y1  
    Set Linea = AcadApplication.ActiveDocument.ModelSpace.AddPolyline(plinea)  
End Sub
```

```
Sub circulo()  
    Dim plinea(0 To 2) As Double, r As Double  
    x = Cells(1, 3)  
    y = Cells(1, 4)  
    r = Cells(1, 5)  
    plinea(3) = x:      plinea(4) = y  
    Set Linea = AcadApplication.ActiveDocument.ModelSpace.AddCircle(plinea, r)  
End Sub
```

Al ejecutar el código se observa directamente el dibujo en la aplicación.

Durante el desarrollo del código para generar los dibujos ver los resultados o los errores que se pueden presentar en la primera alternativa se crean el archivo DXF. Y esperar a que se abra el archivo, en la segunda alternativa se puede observar directamente, en esta se ahorra tiempo en el desarrollo y adicionalmente llevar un proceso más didáctico, Para el usuario es más cómo ver el dibujo y realizar cambios si los desea de manera más rápida ya que al igual que el usuario no tiene realizar ningún otro procedimiento para poder observar el dibujo generado.

Con lo anterior se escoge programar con VBA para AutoCAD desde el programador en Excel. Teniendo en cuenta lo anterior y los conceptos del capítulo “**Definición de los parámetros de dibujo**”. Se procede a realizar la programación de dibujar. En el siguiente diagrama; [Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) se muestra de manera muy sencilla la función dibujar.

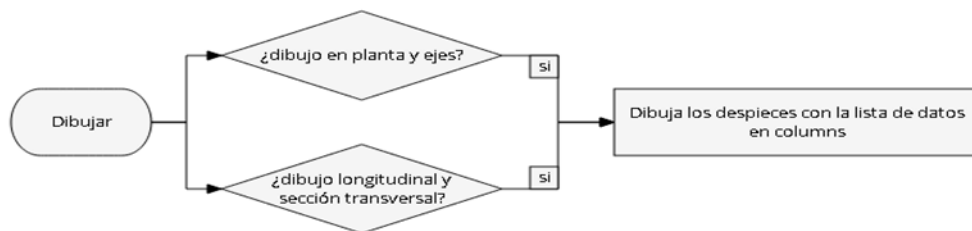


Diagrama 4. Dibujar diseño.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la siguiente tabla es el resultado de los despieces de las columnas de un proyecto, siendo;

- Story: el nombre del piso.
- Column: e nombre único de la columna.
- Name: el nombre de la columna según su geometría.
- Base: la base en el sentido x del plano cartesiano.
- Height: la altura en el sentido y del plano cartesiano.
- Distribution of Steel bars: la distribución de las barras longitudinales.
 - ❖ #: el número de barra al cual se diseñó.
 - ❖ r: cuantía.
 - ❖ Nb: cantidad total de barras longitudinales
 - ❖ ||B: número de barras en el sentido de la base.
 - ❖ ||H: número de barras en el sentido de la altura.
- S_o Stirrup: las separaciones de los estribos.
 - ❖ C: separación en zona confinada de la columna.
 - ❖ NS: separación en zona no confinada de la columna.

Story	Column	Name	Station	Base	Heighnt	distribution of steel bars					So Stirrup	
						#	r	n b	B	H	C	NC
Nivel 4	C1	COL 60X60	-	0.6	0.6	6	1.108	14	5	4	10	20
Nivel 3	C1	COL 60X60	-	0.6	0.6	6	1.108	14	5	4	10	20
Nivel 2	C1	COL 60X60	-	0.6	0.6	6	1.108	14	5	4	10	20
nivel 1	C1	COL 60X60	-	0.6	0.6	6	1.108	14	5	4	10	20
nivel 1	C11	COL 30X30	-	0.3	0.3	6	1.267	4	2	2	10	20

Tabla 56. Diseño final de un proyecto.

Con base a estos datos se realizará el despiece en AutoCAD a mano para la columna **C1**. En esta tabla es el resultado de elección del número de barra longitudinal el cual llevará la columna. Para este proyecto se obtuvieron 9 columnas de 60 x 60 y se eligió la barra de acero #6, para las 9 columnas

tuvieron el mismo diseño, De acuerdo con el capítulo **chequeo de cortante y diseño de refuerzo transversal**, y descuerdo a los ejemplos realizados para una columna de 60 x 60 con altura de las vigas de 50 cm, y una altura de la cimentación de 70 cm, 14 barras #6 ubicadas 5 en horizontal y 4 en vertical, con separaciones de los estribos 10 cm en zona confinada y 20 cm en zona no confinada para este caso, a continuación, se procede a realizar el dibujo del despiece longitudinal.

En la siguiente ilustración es una porción del despiece realizado en AutoCAD para una columna de 60 x 60, en anexos se puede observar el despiece completo.

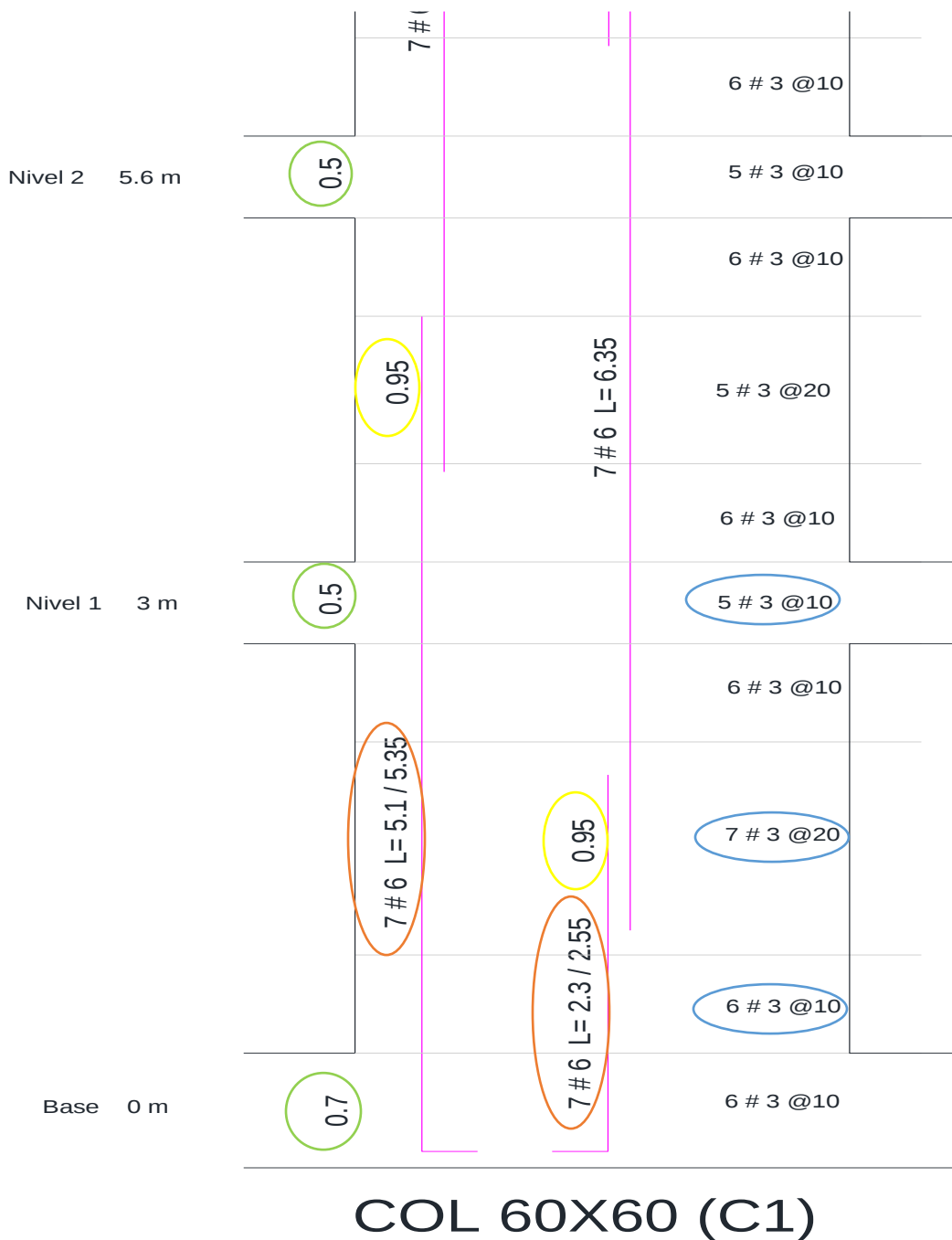


Ilustración 25. Despiece a mano COL 60 x 60

De acuerdo al despiece realizado con los datos extraídos de la tabla anterior, se puede observar el despiece lo más detallado posible incluyendo la información de la ubicación, longitud, cantidad, y tipo de acero de acuerdo al capítulo "[CHEQUEO DEL CORTANTE Y DISEÑO REFUERZO TRANSVERSAL](#)~~chequeo del cortante y diseño refuerzo transversal~~".

- En el círculo azul dice la cantidad de estribos, el número de la barra y la separación de los estribos.
- En el círculo naranja dice la cantidad de barras longitudinales, el número de la barra, la longitud sin el gancho / longitud con gancho.
- En el círculo amarillo es la longitud del traslapo.
- En el círculo verde es la altura de la zapata y alturas de las vigas
- En la parte izquierda del despiece esta la altura y el nombre del nivel.

En la siguiente ilustración se observa la distribución de la sección transversal de los estribos de confinamiento y los aceros longitudes.

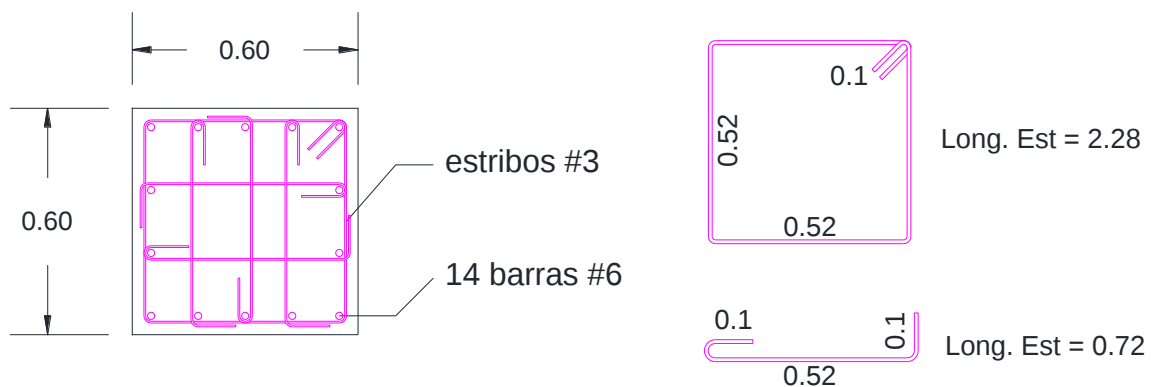


Ilustración 26. Detalle sección transversal

Datos de entrada para el dibujo.

Teniendo en cuenta el capítulo “**extracción determinación y organización de los datos de entrada para el dibujo**” las siguientes tablas son el resultado de los cálculos realizados para los datos de entrada que tomará el aplicativo para poder dibujar los despieces, de acuerdo al capítulo “**propuesta de diseño de los despieces**”.

En la siguiente tabla muestra distribución en planta de cada piso.

- Name Story: nombre el piso o nivel.
- Story: número del piso o nivel
- Column: nombre único de la columna.
- Base: la base en el sentido x del plano cartesiano.
- Height: la altura en el sentido y del plano cartesiano.
- X: coordenada “x” del centro de la columna en el plano cartesiano.
- Y: coordenada “y” del centro de la columna en el plano cartesiano.
- Z Start: altura inicial de la columna.
- Z Finish: altura final de la columna.

Distribution on plant								
name Story	Story	Column	Base	Height	X	Y	Z start	Z finish
Nivel 4	4	C1	0.6	0.6	72.81	0	8.2	10.8
Nivel 3	3	C1	0.6	0.6	48.54	0	5.6	8.2
Nivel 2	2	C1	0.6	0.6	24.27	0	3	5.6
nivel 1	1	C1	0.6	0.6	0	0	0	3
Nivel 4	4	C1	0.6	0.6	75.98	0	8.2	10.8
Nivel 3	3	C1	0.6	0.6	51.71	0	5.6	8.2
Nivel 2	2	C1	0.6	0.6	27.44	0	3	5.6
nivel 1	1	C1	0.6	0.6	3.17	0	0	3
nivel 1	1	C11	0.3	0.3	9.27	15.08	0	3
nivel 1	1	C11	0.3	0.3	3.17	15.08	0	3
Nivel 4	4	C1	0.6	0.6	82.08	0	8.2	10.8
Nivel 3	3	C1	0.6	0.6	57.81	0	5.6	8.2
Nivel 2	2	C1	0.6	0.6	33.54	0	3	5.6
nivel 1	1	C1	0.6	0.6	9.27	0	0	3
Nivel 4	4	C1	0.6	0.6	72.81	5.3	8.2	10.8
Nivel 3	3	C1	0.6	0.6	48.54	5.3	5.6	8.2
Nivel 2	2	C1	0.6	0.6	24.27	5.3	3	5.6
nivel 1	1	C1	0.6	0.6	0	5.3	0	3
Nivel 4	4	C1	0.6	0.6	82.08	5.3	8.2	10.8
Nivel 3	3	C1	0.6	0.6	57.81	5.3	5.6	8.2
Nivel 2	2	C1	0.6	0.6	33.54	5.3	3	5.6
nivel 1	1	C1	0.6	0.6	9.27	5.3	0	3
Nivel 4	4	C1	0.6	0.6	72.81	10.6	8.2	10.8
Nivel 3	3	C1	0.6	0.6	48.54	10.6	5.6	8.2
Nivel 2	2	C1	0.6	0.6	24.27	10.6	3	5.6
nivel 1	1	C1	0.6	0.6	0	10.6	0	3
Nivel 4	4	C1	0.6	0.6	82.08	10.6	8.2	10.8
Nivel 3	3	C1	0.6	0.6	57.81	10.6	5.6	8.2
Nivel 2	2	C1	0.6	0.6	33.54	10.6	3	5.6
nivel 1	1	C1	0.6	0.6	9.27	10.6	0	3
Nivel 4	4	C1	0.6	0.6	75.98	10.6	8.2	10.8
Nivel 3	3	C1	0.6	0.6	51.71	10.6	5.6	8.2
Nivel 2	2	C1	0.6	0.6	27.44	10.6	3	5.6
nivel 1	1	C1	0.6	0.6	3.17	10.6	0	3
Nivel 4	4	C1	0.6	0.6	75.98	5.3	8.2	10.8
Nivel 3	3	C1	0.6	0.6	51.71	5.3	5.6	8.2
Nivel 2	2	C1	0.6	0.6	27.44	5.3	3	5.6
nivel 1	1	C1	0.6	0.6	3.17	5.3	0	3
nivel 1	1	C11	0.3	0.3	0	15.08	0	3

Tabla 67. Distribución en planta

En la siguiente tabla representa los ejes en la distribución en planta.

Axes							
Story	x	y1	y2	Story	y	x1	x2
4	72.81	0	15.08	4	0	72.81	82.08
3	48.54	0	15.08	3	0	48.54	57.81
2	24.27	0	15.08	2	0	24.27	33.54
1	0	0	15.08	1	0	0	9.27
4	75.98	0	15.08	1	15.08	0	9.27
3	51.71	0	15.08	4	5.3	72.81	82.08
2	27.44	0	15.08	3	5.3	48.54	57.81
1	3.17	0	15.08	2	5.3	24.27	33.54
1	9.27	0	15.08	1	5.3	0	9.27
4	82.08	0	15.08	4	10.6	72.81	82.08
3	57.81	0	15.08	3	10.6	48.54	57.81
2	33.54	0	15.08	2	10.6	24.27	33.54
				1	10.6	0	9.27

Tabla 78. Tablas de ejes

- Story: número del piso o nivel
- X: coordenada inicial y final en “x” del eje vertical.
- Y1: coordenada “y” inicial del eje vertical.
- Y2: coordenada “y” inicial del eje vertical
- Y: coordenada inicial y final en “y” del eje horizontal.
- X1: coordenada “x” inicial del eje horizontal.
- X2: coordenada “x” inicial del eje horizontal

En la siguiente tabla representa el nombre de cada nivel.

Stroy			
Story	x	y	nameStory
4	72.81	-4	Nivel 4
3	48.54	-4	Nivel 3
2	24.27	-4	Nivel 2
1	0	-4	nivel 1

Tabla 89. Nombre de los niveles

- Story: número del piso o nivel
- X: la coordenada “x” donde se encuentra el nombre
- Y: la coordenada “y” donde se encuentra el nombre
- Storyname: nombre del nivel.

En la siguiente tabla “Cross Section” sección transversal son los datos que se necesitan para dibujar la sección transversal de la columna.

Croos Section									
Column	Name	Base	Height	# bar	R bar	B	H	X	y
C1	COL 60X60	0.6	0.6	6	0.00953	5	4	-10	0
C11	COL 30X30	0.3	0.3	6	0.00953	2	2	-20.6	0

Tabla 940. Sección transversal

- Column: nombre único de la columna.
- Name: nombre de la columna según su geometría.
- Base: la base en el sentido x del plano cartesiano.
- Height: la altura en el sentido y del plano cartesiano.
- # bar: el número de barra al cual se diseñó.
- Rb: Radio de la barra longitudinal.
- ||B: número de barras en el sentido de la base.
- ||H: número de barras en el sentido de la altura.
- X: coordenada “x” de la esquina inferior izquierda de la columna en el plano cartesiano.
- Y: coordenada “y” de la esquina inferior izquierda de la columna en el plano cartesiano.

En la siguiente tabla “Longitudinal section” sección longitudinal representa los datos de entrada para realizar el dibujo del despiece longitudinal.

Longitudinal section																					
imp-par	Story	Column	h(station)	Base	Height	# bar	n bar	Stirrup		x	y	z piso	Story f	L overlap (0)	L up (1)	L down (2)	ho (3)	n+1	n-1	L tramo (4)	name Stroy
								C	NC												
2	4	C1	2.1	0.6	0.6	6	14	10	20	-10	8.2	2.6	4	0.95	2.05	1.5	0.6	0	2.05	4.65	Nivel 4
1	3	C1	2.1	0.6	0.6	6	14	10	20	-10	5.6	2.6	4	0.95	2.05	1.5	0.6	1.5	2.05	6.15	Nivel 3
2	2	C1	2.1	0.6	0.6	6	14	10	20	-10	3	2.6	4	0.95	2.05	1.5	0.6	1.5	2.25	6.35	Nivel 2
1	1	C1	2.5	0.6	0.6	6	14	10	20	-10	0	3	4	0.95	2.25	1.7	0.6	1.5	0	4.5	nivel 1
1	1	C11	2.5	0.3	0.3	6	4	10	20	-20.6	0	3	1	0.95	2.25	1.7	0.5	0	2.25	3	nivel 1

Tabla 1044. Despiece longitudinal

- Imp-par: determina 2 si es par o 1 si es impar el piso.
- Story: número del piso o nivel
- Column: nombre único de la columna.
- H(Station): altura de la luz libre de la columna.
- Base: la base en el sentido x del plano cartesiano.
- Height: la altura en el sentido y del plano cartesiano.
- # bar: el número de barra al cual se diseñó.
- N bar: cantidad de barras del diseño.

- So Stirrup: las separaciones de los estribos.
 - C: separación en zona confinada de la columna.
 - NS: separación en zona no confinada de la columna.
- X: coordenada “x” de la esquina inferior izquierda de la columna en el plano cartesiano.
- Y: coordenada “y” de la esquina inferior izquierda de la columna en el plano cartesiano.
- Z piso: altura inicial del piso.
- Story F: piso final de la columna.
- L Overlap: longitud de traslapo.
- L Up: longitud del acero traslapado de la parte superior de la columna.
- L Down: longitud del acero traslapado de la parte inferior de la columna.
- Ho: Longitud de zona de confinamiento.
- N+1: L Down del piso superior.
- N-1: L Up del piso inferior.
- L tramo: Longitud total de acero por piso.
- Storyname: nombre del nivel.

A continuación, se mostrará una porción del despiece longitudinal realizado por el aplicativo Ultimate Columns 2.0, el programa tiene en cuenta los datos de entrada de la tabla 10 para realizar el dibujo de los despieces. En anexos se puede observar el despiece completo.

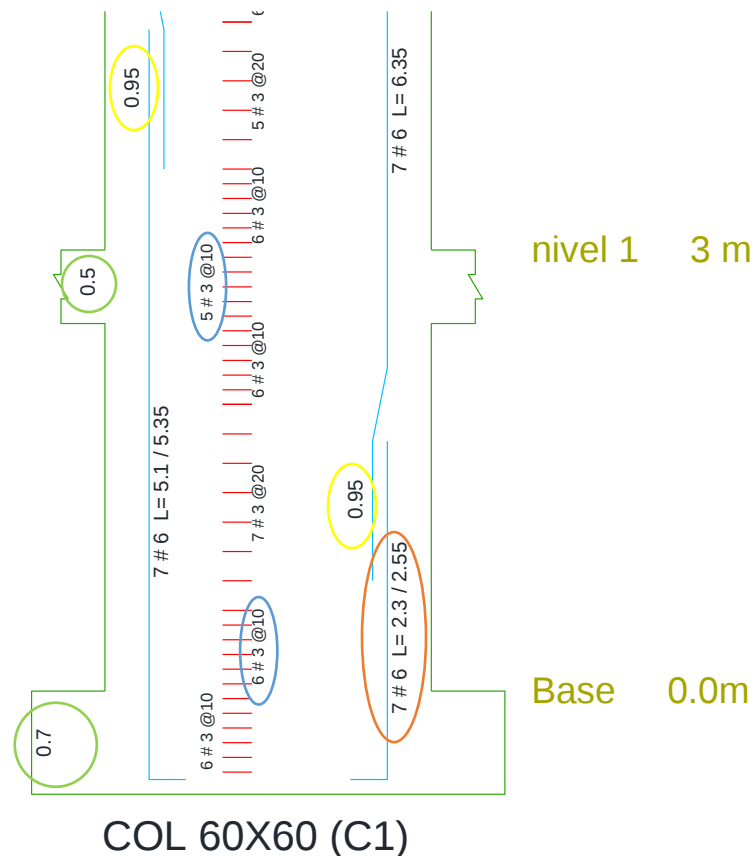


Ilustración 27. Despiece longitudinal del Ultimate Columns 2.0

De acuerdo con los datos de la tabla 10 el programa realizó el anterior dibujo destallando la cantidad, ubicación, longitud de los aceros, numero de piso y altura de los elementos que se conectan.

- En el círculo azul dice la cantidad de estribos, el número de la barra y la separación de los estribos.
- En el círculo naranja dice la cantidad de barras longitudinales, el número de la barra, la longitud sin el gancho / longitud con gancho.
- En el círculo amarillo es la longitud del traslapo.
- En el círculo verde es la altura de la zapata y alturas de las vigas
- En la parte derecha de la imagen se puede observar el nombre y la elevación del piso.

En la siguiente ilustración se observa la distribución de la sección trasversal de los estribos de confinamiento y los aceros longitudes, arrojado por el aplicativo Ultimate Columns 2.0. Este tiene en cuenta los datos de la tabla 9, en anexos también se puede observar el detalle de la sección trasversal

COL 60X60 (C1)

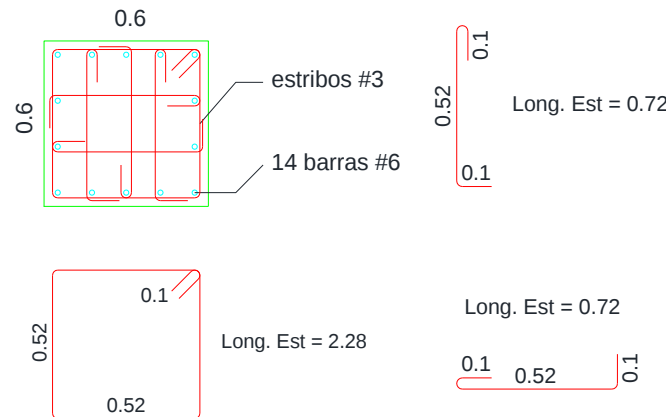


Ilustración 28. Detalle sección trasversal de una columna de 60 x 60. Aplicativo Ultimate Columns 2.0

De acuerdo con los diseños arrojados por Ultimate Columns y el diseño realizado a mano son similares en cuanto a las cantidades de acero vistos los capítulos anteriores, también se pudo observar una diferencia en el detalle y ubicaciones de los estribos en la sección longitudinal, la distribución del diseño de esta manera se puede concluir que nuestro software arroja diseños coherentes dado que Ultimate Columns 2.0 propone una distribución como se ve en el capítulo **“Propuesta de diseño de los despieces”**; [Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#), adicionalmente muestra cantidades y longitudes bien detalladas similar a diseño realizado a mano, ayudando y facilitando al usuario con el proceso. En pocas palabras los resultados son fáciles de interpretar por el formato que se trató de manejar.

12. CONCLUSIONES

Las evidencias muestran que al manejar el código directamente con el AutoCAD mejora el rendimiento del usuario a la hora del manejo del aplicativo ya que se deja todo el trabajo al aplicativo, disminuye el margen de error a la hora del dibujo y cuanto al código es más corte más práctico de entender que el lenguaje DFX.

De acuerdo a los datos, el aplicativo arroja un diseño a cortante de columnas cuadradas y rectangulares en la condición más desfavorable de solicitaciones por combinación de cargas que cumple con todos los requisitos de la norma sismo resistente colombiana (NSR-10), con valores aproximados y confiables, esto demuestra que el estudiante tendrá más opciones a la hora de elegir un diseño más óptimo, tendrá otra herramienta confiable para su aprendizaje y que le ayudará en su proceso académico

Servirá como plantilla de cómo se deberá presentar un plano de despiece de una columna de concreto reforzado lo más detallado posible, adicionalmente el tiempo que demora la aplicación en realizar los despieces es cuestión de unos segundos.

Al realizar el diseño manual y el diseño asistido por el software Ultimate Columns 2.0 se pudo encontrar que el aplicativo realiza es similar al que se realizó a mano, lo que indica que el aplicativo realiza un despiece lógico y más cercano a la realidad de un despiece que se va a ejecutar en una obra.

13. RECOMENDACIONES

Claro está que el software en el proceso de diseño de cada columna visto en el capítulo **“PROCESO DE CHEQUEO DE CORTANTE EN EL ANÁLISIS DE DISEÑO BIAXIAL DE UNA COLUMNA**~~proceso de chequeo de cortante en el análisis de diseño biaxial de una columna~~” el software trabaja con las hojas de Excel incrementando haciendo que se demore un tiempo considerable (entre 15 a 30 o más minutos dependiendo el tamaño del proyecto) siendo este un limitante para solucionar este problema se propondría en una versión más actualizada migrar el software de Excel y montarlo en otra plataforma que mejore la espera de los cálculos.

14. BIBLIOGRAFÍA

Matemática Geometría y trigonometría III . (2009). Culiacán, Sinaloa: Servicios Editoriales Once Ríos, S.A. de C.V.

Montolla Vallencilla, J. O. (s.f.). *Elementos de concreto Reforzado*.

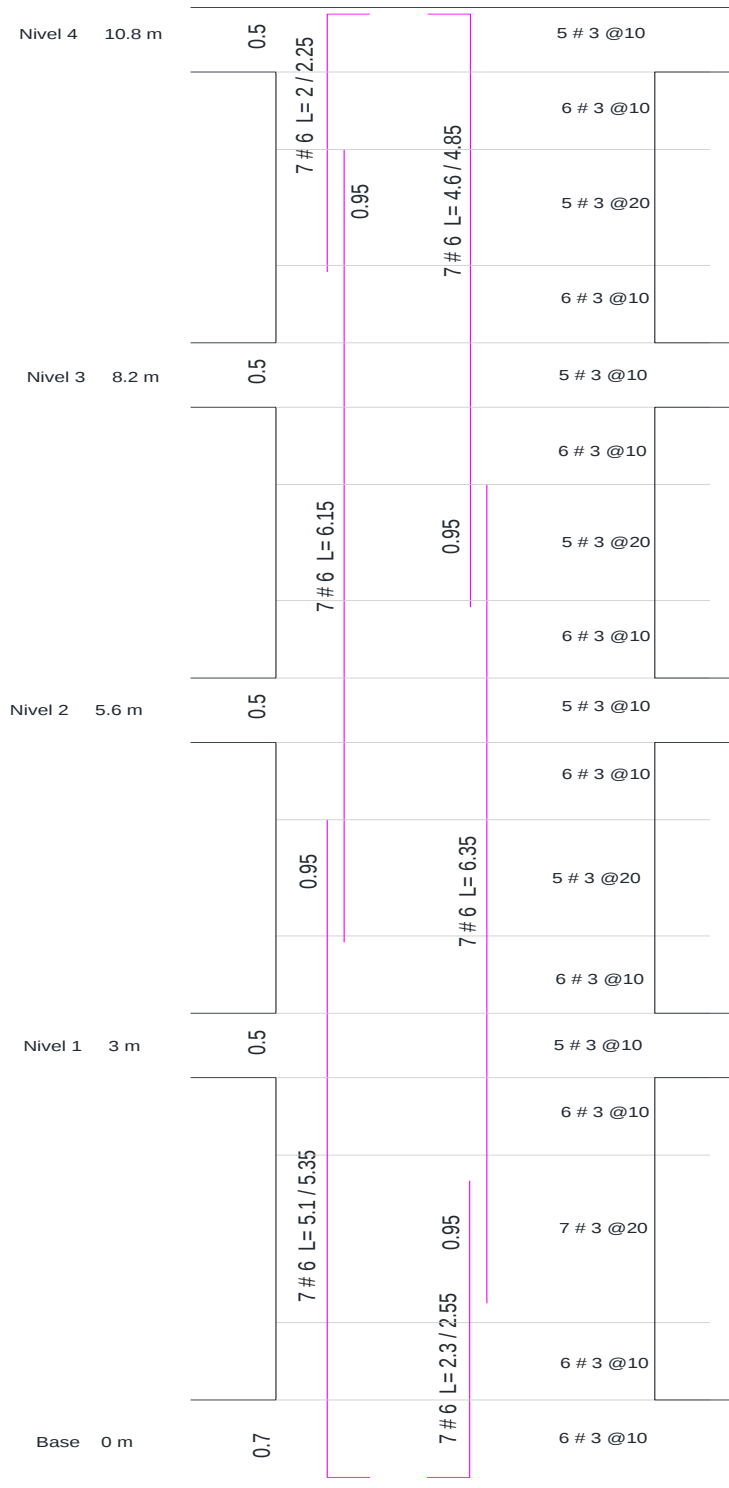
Muñoz M, H. A. (2012). *MANUAL DEL ACERO GERDAU DIACO PARA CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES*. DERDAU. Obtenido de <https://www.gerdau.com.co/portals/0/manual%20sismoresistencia%202012.pdf>

Zambrano Prada, C. A., & Garcia Quintero, C. H. (2019). *Manual Del Usuario Para Ultimate Columns 2.0* (Vol. 2). Ibagué-Tolima.

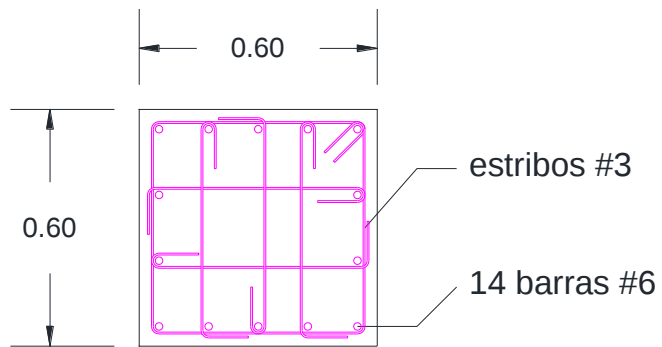
Zuluaga Villermo , J. G., & Jiménez Puentes, P. A. (2016). *Manual de usuario para Ultimate columns*. Ibagué-Tolima.

15. ANEXOS

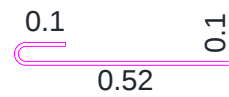
Despieces manuales



COL 60X60 (C1)

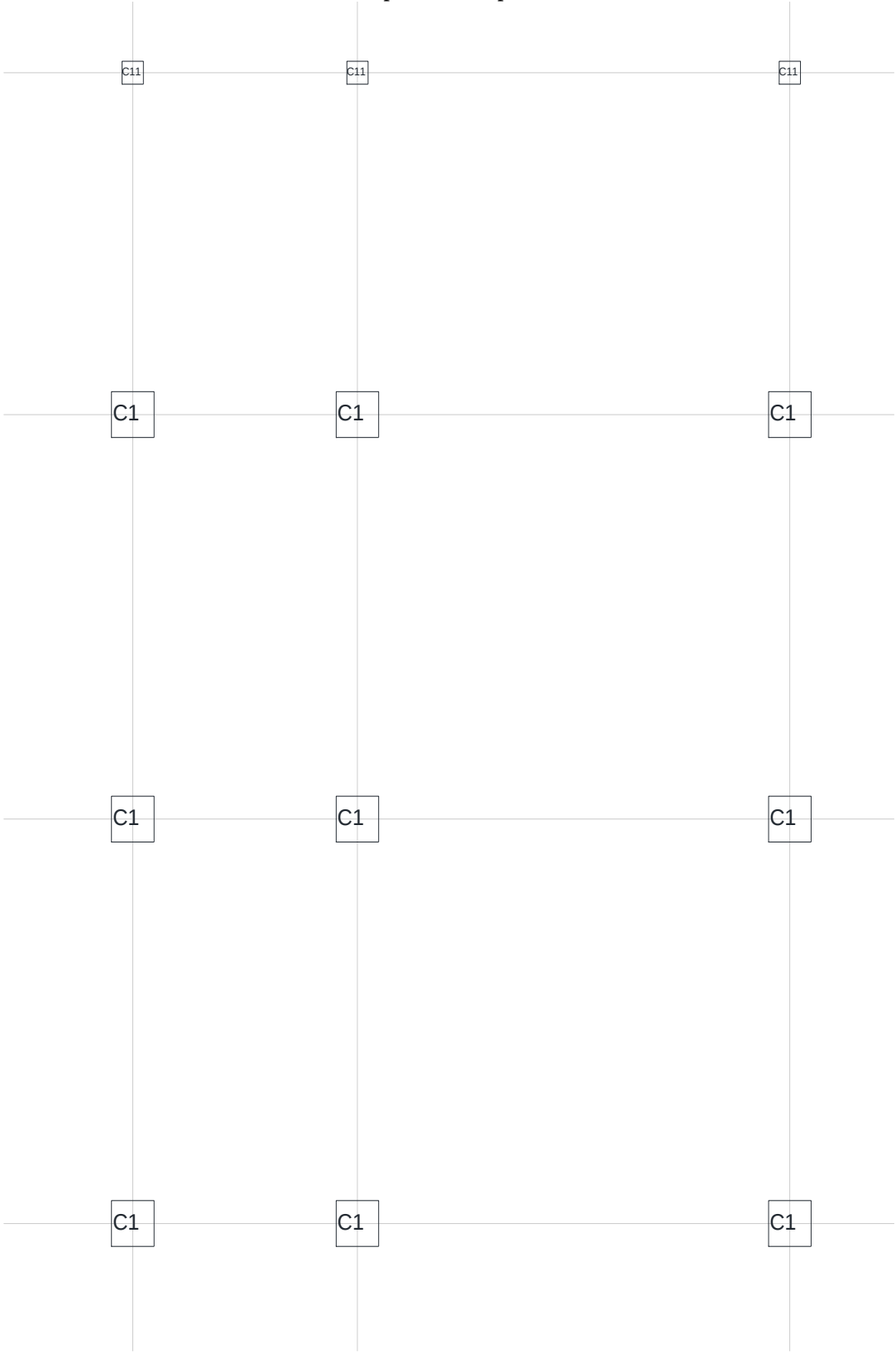


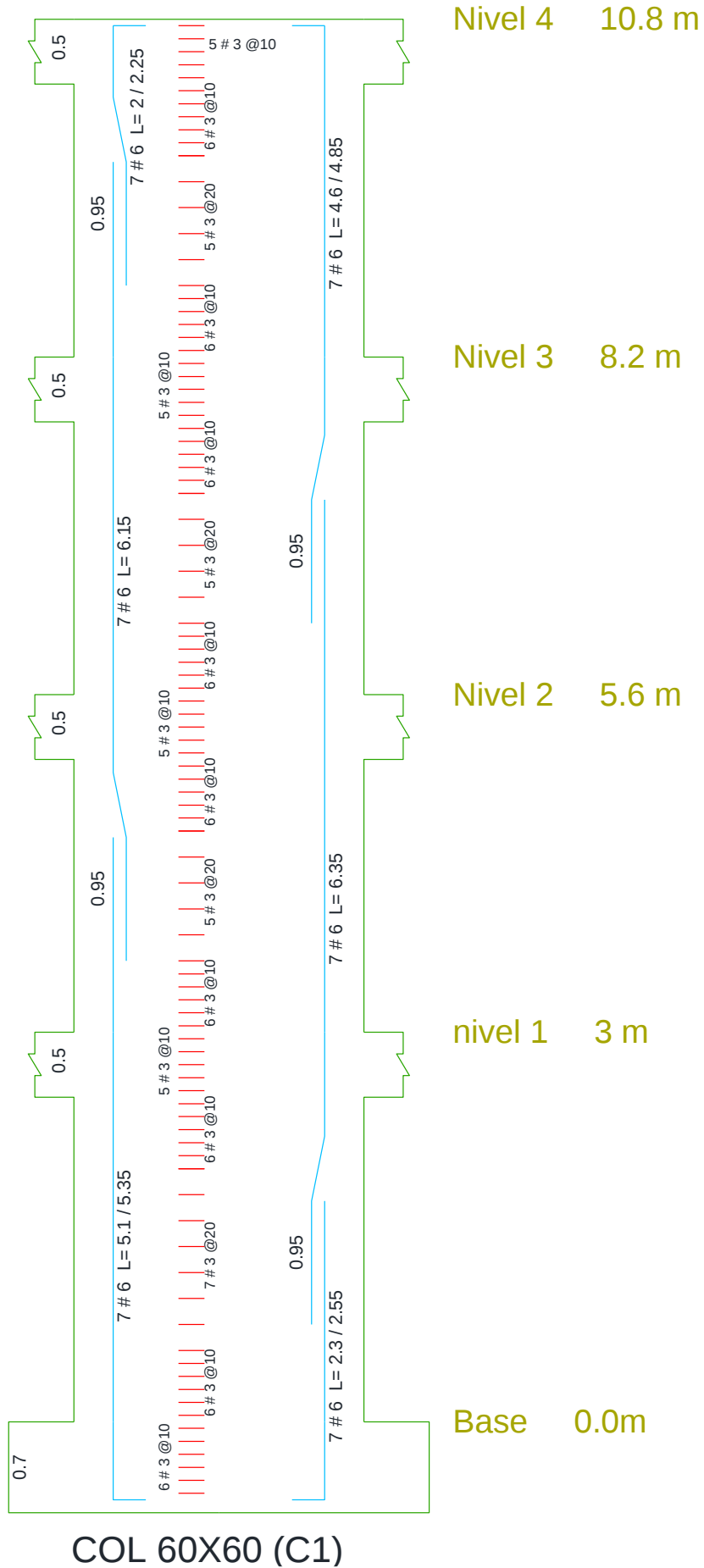
Long. Est = 2.28



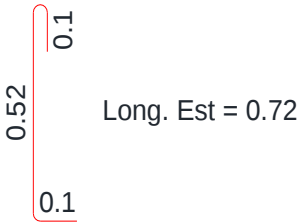
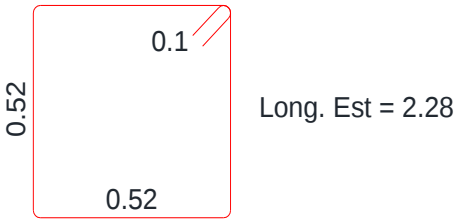
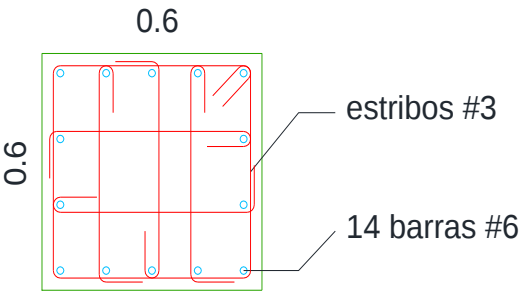
Long. Est = 0.72

Despieces del aplicativo



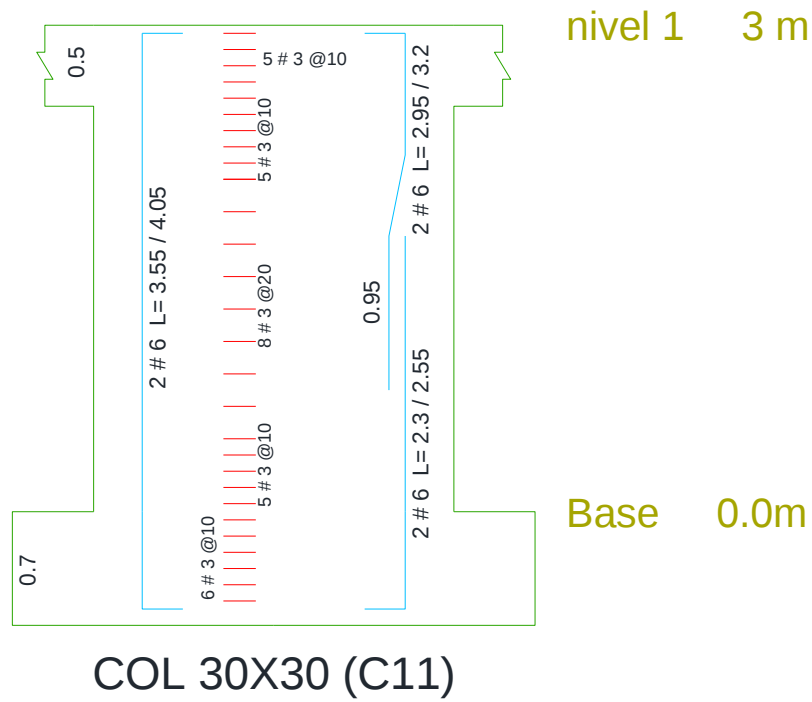


COL 60X60 (C1)



Long. Est = 0.72





COL 30X30 (C11)

