

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA.
(UNAN – MANAGUA)
RECINTO UNIVERSITARIO RUBEN DARIO.
(RURD)
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS.
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION.
INGENIERIA CIVIL.**



**SEMINARIO DE GRADUACION PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO
CIVIL.**

**TITULO: Compendio de Criterios de Análisis y Diseño de Escaleras de
Concreto Reforzado Basado en los Códigos Constructivos que Rigen las
Estructuras de Concreto.**

TUTOR: Ing. Wilber Pérez.

Asesor Técnico: Dr.Ing. Bayardo Altamirano.

Asesor Metodológico: Ing. Sergio Pérez.

Realizado por:

Br: Ala Diab Naji Amer.

Br: José Cristóbal Altamirano Matamoros.

**Managua, Nicaragua.
Enero 2017.**

Contenido

RESUMEN GENERAL	4
I-INTRODUCCION	5
II-ANTECEDENTES	6
III-DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	7
III.1- Problema científico.	7
III.2- Justificación.	8
IV- OBJETIVOS	9
IV.1- Objetivo general.	9
IV.2- Objetivos específicos.	9
CAPÍTULO 1.....	10
GENERALIDADES TEÓRICAS SOBRE EL DISEÑO DE ESCALERAS DE CONCRETO REFORZADO.....	10
1.1- Reglamentos de Construcción.	10
1.1.1- Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07).	11
1.1.2- Código de Especificaciones para las edificaciones de Concreto Estructural ACI-318.	11
1.2 - Aspectos Globales sobre Escalera.	12
1.2.1 - Elementos de Diseño de Escaleras.	13
1.2.2 - Materiales que se Emplean para la Ejecución de Escaleras.	20
1.2.3 - Formas Arquitectónicas	26
1.2.4- Criterios de colocación de las Escaleras en edificios.	29
1.3 - Fundamentos Teóricos sobre el Diseño de Escaleras.	31
1.3.1- Comodidad.	32
1.3.2- Seguridad Estructural	39
CAPITULO 2.....	45
SISTEMAS DE ESCALERAS Y SUS VARIABLES DE DISEÑO ESTRUCTURAL	45
2.1-Sistemas de Escalera	45
2.1.1-Definición de sistemas de escaleras.	45

2.1.2-Clasificación de sistemas de escaleras.	45
2.2 - Modelación.	54
2.2.1- Proceso de Diseño propuesto.....	55
CAPÍTULO 3.....	57
CARGAS Y FALLAS ACTUACTES EN LOS SISTEMAS DE ESCALERAS.	57
3.1 - Cargas de Diseño	57
3.1.1- Carga muerta o peso propio.....	58
3.1.2 Carga viva o de ocupación	59
3.1.3 Cargas ambientales.....	60
3.2- Teoría de Deficiencia en el Análisis, Diseño y Construcción de los Sistemas de Escaleras.	62
3.2.1- <i>Teoría de fallas de Origen Arquitectónico.</i>	63
3.2.2- <i>Deficiencias constructivas de los sistemas de Escaleras</i>	63
3.2.3- <i>Teoría de fallas en los anclajes de la estructura de un sistema de escaleras de concreto reforzado.</i> .	63
3.2.4- <i>Teoría de fallas por flexión en Apoyos de Sistemas de Escaleras.</i>	66
3.2.5 - <i>Teoría de fallas en la estructura de un sistema de escaleras inducidas por sismos.</i>	67
3.3- Recomendaciones Sismo resistentes.	68
CAPITULO 4.....	71
DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SISTEMAS DE ESCALERAS.	71
4.1- Sistemas estructurales	71
4.1.1- Sistemas estructurales adecuados para resistir acciones verticales	73
4.1.2- Sistemas estructurales adecuados para resistir acciones horizontales.....	74
4.1.3- Teoría de Análisis.....	75
4.1.4- Teoría de diseño.	76
4.2- Diseño de Elementos de Apoyo de las Escaleras de Concreto Reforzado.	78
4.2.1- Sistemas de entre piso	78
4.2.2- Vigas	81
4.2.3 - Losas	86
4.2.5- Muros	101
4.2.3- Columnas	103
4.3- Modelación de sistemas de Escaleras.	109
4.3.1- Sistema de Escaleras de un tramo apoyado longitudinalmente.	109
4.3.2- Sistemas de escaleras ortopoligonales.....	122
4.3.3- Sistemas de escaleras apoyadas transversalmente.....	128
4.3.4-Sistema de Escaleras en Voladizo.....	133
4.4- Análisis de resultados.	140

CONCLUSIONES GENERALES.141

RECOMENDACIONES143

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.144

BIBLIOGRAFÍA145

ANEXOS.....148

RESUMEN GENERAL

El presente trabajo fue realizado con un enfoque investigativo y analítico que consolida elementos de Diseño, Tipológico y Estructural para la solución de proyectos de escaleras de hormigón armado, que pretende dar a conocer al estudiante en formación y al investigador relacionado al tema un resumen práctico que constituya una herramienta fácil de uso para el diseño de escaleras en edificaciones. El trabajo en su primer capítulo presenta la información básica sobre el tema de escaleras que el autor analizó para la conceptualización del mismo y que dio curso a sintetizar y exponer caracterizando los elementos de diseño, materiales usados en su construcción y formas de las escaleras que el diseñador debe entender claramente para acometer un proyecto en la forma correcta, esto después de aclarar la base de investigación como lo son los reglamentos de carácter práctico obligatorio.

En el primer capítulo encontramos un resumen de los fundamentos teóricos en el que se basa el diseño de escaleras, involucrando todos los puntos de vista desde donde nace el diseño completo de escaleras, siendo los reglamentos expuestos la piedra angular para esto y otros artículos arquitectónicos de diseño de espacios.

En el capítulo dos se presentan las escaleras desde algunas maneras en que podríamos agruparlas, con el manejo de los criterios arquitectónicos y estructurales para el diseño de variantes racionales que intervienen en su diseño. El capítulo tres establece las solicitudes comunes en escaleras, sin dejar de lado la valoración de los fallos más comunes que se presentan en su proceso constructivo con una fundamentación ingeniera para su evaluación. Además se presentan las recomendaciones para el manejo de condicionantes sísmicas en su diseño y construcción.

En el capítulo cuatro se valida como una propuesta de modelación pasando por los reglamentos que definen las consideraciones a tener en el diseño, como lo son las cargas actuantes en el sistema, requisitos mínimos de diseño, así como la solución a seguir para el correcto trazado del diseño tipológico de las escaleras de hormigón armado. Aquí se establece el diseño de los elementos que sirven de apoyo al sistema de escaleras y la modelación de las escaleras según cada caso. Con el objetivo de dar a conocer algunos procesos básicos en el cálculo se realizan algunos casos. Además se provee de información relevante en los anexos, como valores que sin duda son de especial ayuda para este tipo de proyectos.

I-INTRODUCCION.

La escalera de aquí en lo adelante es todo nuestro universo, uno muy amplio que tratamos de abordar en este trabajo, con precisión, ya que La escalera es un objeto imposible de estandarizar. Siempre igual; siempre cambiante; siempre adaptándose; siempre acoplándose.

La escalera es un elemento espacial que conforma cualquier edificación, y cumple diferentes funciones, principalmente resolviendo la circulación vertical y aportando la seguridad y protección al hombre. Las condicionantes para el diseño y la construcción de sus diferentes soluciones constituyen hoy todo una gama de variables que requieren un fundamento científico, técnico y tecnológico para su aplicación, mismo que abarca desde el estudio antropométrico, ergonómico y estético en su diseño arquitectónico así como técnico constructivo y en su comportamiento estructural como requerimientos determinantes en su ejecución y reparación.

El presente trabajo se propone abordar en diferentes etapas el contenido y alcance relacionado en cuanto al diseño de los parámetros y condicionantes que fundamentan la modelación de estructuras de escalera para edificaciones resueltas en edificaciones con varios niveles, bajo las consideraciones de las regulaciones y normas técnicas que se establecen en el territorio nacional de Nicaragua y diversas normas internacionales que son utilidad práctica. De manera tal que ofrezca una guía técnica para la modelación y diseño de escaleras incluyendo todas las condicionantes de diseño, arquitectónico, estructural y sísmico.

Es importante comprender que los aspectos relacionados al tema de escaleras es sin lugar a duda un mar de información por lo que se consideran diferentes aspectos para un determinado proyecto en relación con otro, claro que existen tipologías básicas que son las más usadas, pero si el inversionista desea sobresalir con un diseño novedoso deberá tomar consideraciones especiales como es el caso de edificios de varios pisos rodeados por escaleras en espirar.

Para estos procesos podemos cuestionarnos lo siguiente, ¿en qué medida la documentación técnica actual ofrece un compendio metodológico integrado para el diseño tecnológico y estructural que responda a los requerimientos esperados por los inversionistas?

II-ANTECEDENTES.

Es en el Renacimiento, símbolo de la armonía, que las escaleras comienzan a tener importancia dentro del proyecto de los edificios. El esplendor de este concepto podría apreciarse en cada obra que se realizó.

Para analizar el camino de la escalera, nos vemos obligados a establecer pautas viajando en el tiempo para comprender su desarrollo, en este proceso participaron grandes intelectuales que realizaban sus propios diseños arquitectónicos, incluyendo al célebre Leonardo da Vinci. En aquel entonces, generalmente las escaleras tenían poca altura de contrahuella y una ancha huella que las hacía hermosas pero incómodas. Eran “escalinatas” y no importaba si se subía o bajaba lentamente, ya que esto las convertía en “ceremoniosas” y daba tiempo y ocasión de admirar a quien la subía o bajaba, a la vez de realzar su función. En los tiempos siguientes, el ritmo de vida se fue acelerando, los edificios se fueron convirtiendo en más “funcionales” y las exigencias de rapidez, comodidad y seguridad con el menor gasto de energía posible al subir o bajar, hicieron que los proyectistas fueran pensando más en el diseño, optimizando las formas y dimensiones de las escaleras. Hoy en día los edificios de gran altura, con la presencia de ascensor relegó las escaleras a un segundo plano, y eso hizo que en muchas ocasiones no se tengan en cuenta ciertas pautas mínimas de seguridad y comodidad en el proyecto.

Es por eso que consideramos a la escalera como un objeto de estudio que trasciende el simple análisis estructural y se dirige al encarnar un concepto arquitectónico vital para los edificios de varios niveles y de importancia especial para otros.

Después de revisar nuestros centros informáticos nacionales como algunas bibliotecas de las universidades de Managua, lamentablemente pudimos constatar que este tema carece de atención, ya que nos fue imposible encontrar el tema desarrollado especialmente, esto tal vez se debe a que en nuestro país las obras de varios niveles generalmente son ejecutadas por entidades privadas que mantienen hermética su información de diseño de proyecto, lo que en verdad representa una clara desventaja para el estudiante de las universidades estatales que generalmente se dirigen a las alcaldías para adquirir información sobre el sector construcción quedando al descubierto la falta de enfoque de las mismas, ya que se estima que el mayor porcentaje de obras ejecutadas en el país se realizan por subcontratación.

III-DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

III.1- Problema científico.

La información existente sobre el tema de escaleras se presenta de manera parcializada según el interés del mismo, disponer de una unificación de procesos de diseños es inimaginable, sobre todo si se trata de sistemas de escaleras de concreto reforzado.

La información técnica actual para el diseño de escaleras de concreto reforzado en edificaciones se hace inconsistente con una modelación sistémica de regulaciones coordinadas para el diseño tanto arquitectónico como estructural y que garantice el cumplimiento de los parámetros y requerimientos tecnológicos de diseño actualizados, de ahí la razón de ser de este trabajo.

III.2- Justificación.

Las escaleras son un elemento de diseño dentro de una edificación que tiene su impacto, no solo en la funcionalidad misma del edificio y comodidad del usuario sino que además resulta importante para el proyecto la apreciación arquitectónica que pueda tener el sistema de escaleras, incluso resultando agradable a la vista constituyéndose como una atracción. De ahí la razón de ser de este trabajo.

El diseño ingeniero de estructuras de concreto reforzado generalmente están contenidos en las normas o reglamentos, según cada país establezca sus propios criterios es que se realizara el diseño en cada país, en Nicaragua el RNC aborda de manera general el tema de escaleras de concreto reforzado, brindando información generalizada. Esto en verdad resulta muy poco si se quiere realizar un diseño innovador y moderno, por lo que este trabajo busca mitigar ese déficit.

Recordemos que el diseño de escalera cumple los requerimientos tecnológicos solo si garantiza la coordinación de las variables técnicas que intervienen en el diseño racional de sus elementos estructurales. Por lo que creemos que es de vital importancia la investigación y estandarización de los procesos de diseño y construcción de sistemas de escaleras. De esta manera evitar esos casos en las edificaciones en los que se aprecia un sistema de escalera basado en otro diseño (copiando los parámetros de diseño de una necesidad diferente), ante la falta de información se hace notoria la necesidad de elaborar un compendio que permita informarse sobre el tema.

IV- OBJETIVOS

IV.1- Objetivo general.

- ❖ Realizar un compendio de criterios de análisis y diseño de sistemas de escaleras que facilite al estudiante del ámbito de la construcción una síntesis de apoyo para el estudio del diseño de escaleras de concreto reforzado basada en los códigos constructivos que rigen los sistemas estructurales de concreto reforzado.

IV.2- Objetivos específicos.

1. Explorar las normas y códigos constructivos vinculados al diseño de escaleras tanto estructural como Arquitectónico.
2. Presentar la diversidad de configuraciones estructurales que existen alrededor de los sistemas de escaleras.
3. Definir las cargas y fallas actuantes en los sistemas de escaleras.
4. Presentar el proceso de modelaje de los sistemas estructurales de apoyo para los sistemas de escaleras.
5. Proporcionar ejemplos de diseño de sistemas de escaleras de concreto reforzado basado en los códigos constructivos.
6. Proporcionar bibliografía confiable relacionada al análisis, diseño y ejecución de sistemas de escaleras de concreto armado.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES TEÓRICAS SOBRE EL DISEÑO DE ESCALERAS DE CONCRETO REFORZADO.

1.1- Reglamentos de Construcción.

Debido a las implicaciones sociales y económicas de las fallas estructurales, los gobiernos, en defensa del bien común y de la seguridad ciudadana, establecen reglamentos de construcción que contienen los requisitos relativos a seguridad estructural, seguridad contra el fuego, ventilación y accesos, etc. Algunos reglamentos de construcción no ofrecen procedimientos de diseño. Estos especifican los requisitos y restricciones de diseño que deben satisfacerse.

El diseño de estructuras de concreto se lleva a cabo generalmente dentro de un contexto de códigos que dan requisitos específicos para materiales, para el análisis estructural, para el dimensionamiento de elementos, etc. La responsabilidad de producir y mantener especificaciones de diseño descansa sobre varios grupos profesionales, asociaciones gremiales e institutos técnicos que han producido estos documentos tan necesarios ya que en ellos se incluyen las actualizaciones derivadas de las investigaciones realizadas por estas organizaciones.

Estos organismos líderes en investigaciones relacionadas a la construcción, aunque presentan algunas diferencias siempre están compartiendo información aun cuando las barreras idiomáticas están presentes, por ejemplo el ACI reconocido en muchas partes del mundo pero principalmente en occidente es comparado con el IS-456 (Indian Standard Code) el cual es la referencia por defecto de oriente, se sabe que en proyectos especiales realizados alrededor del mundo se usaron de referencia ambos códigos.

El American Concrete Institute (ACI) ha sido durante mucho tiempo un líder en realizar esfuerzos con el fin de proporcionar información confiable para el proceso de proyecto. Como parte de sus actividades, el American Concrete Institute ha publicado el reconocido Building Code Requirements for Structural Concrete, entre otros, que sirven como una guía en el diseño y construcción de edificios de concreto reforzado.

Muchos países crean sus propios reglamentos de construcción, mientras otros adoptan reglamentos de construcción “modelo” cuando conviene a sus necesidades particulares. Los reglamentos modelo son escritos por organizaciones no lucrativas en una forma que puede ser fácilmente modificada y adoptada por un organismo gubernamental.

Para Nicaragua el reglamento de imperativa aplicación es el RNC, en el cual se aprecian ciertas coincidencias con el ACI. Es por esto que este trabajo se basara principalmente en estos dos Reglamentos para el diseño estructural, de manera que cuando sea necesario nos referiremos a otros relacionados.

Para el diseño arquitectónico se tomaron los tratados y manuales clásicos que dieron origen a las actualizaciones, los cuales no difieren considerablemente en su contenido ya que el origen del problema es el mismo, ya que la fisiología del humano es casi la misma, entre estos tenemos al reconocido Cours d'Architecture enseigné dans l'Académie Royale.

Impreso en Lambert Roulland, Paris, 1675. Por: Blondel Francons. Uno de los más celebres Artistas de la Arquitectura.

1.1.1- Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07).

En nuestro país, se formuló en 1983 el primer reglamento de construcción y fue llevada a cabo los años 2004-2006, y en 2007 nace la actualización de él, la cual tiene como base el antiguo reglamento, donde establece los requisitos mínimos para el diseño estructural, la ejecución, supervisión estructural y el uso de las construcciones, y cuyas disposiciones son aplicables a las construcciones nuevas y a las existentes que puedan ser objeto de modificación, reparación o demolición, son de estricto cumplimiento en todo el territorio de la República, el RNC no ofrece especificaciones para el caso singular de escaleras, más que las cargas variable para este elemento.

1.1.2- Código de Especificaciones para las edificaciones de Concreto Estructural ACI-318.

El ACI (American Concrete Institute), es la mayor institución internacional sin fines de lucro dedicada a desarrollar, compartir y difundir el uso eficiente del cemento y el concreto mundialmente, con seriedad e independencia.

Disposiciones de seguridad del ACI

Las disposiciones de seguridad del ACI se adaptan a ecuaciones las cuales utilizan factores de carga de resistencia y factores de mayoración de las cargas.

Estos factores están basados hasta cierto punto en información estadística recopilada a lo largo de las investigaciones realizadas, pero confían en un alto grado de experiencia, en los criterios de ingeniería y en ciertos compromisos. La resistencia de diseño, de una estructura o elemento debe ser por lo menos igual a la resistencia requerida calculada a partir de las cargas mayoradas, es decir,

Resistencia de diseño \geq Resistencia requerida

$$\phi S_n \geq U$$

La resistencia nominal S_n , se calcula (usualmente en forma algo conservadora) mediante métodos aceptados. La resistencia requerida U se calcula aplicando los factores de carga apropiados a las cargas de servicio respectivas: carga muerta D , carga viva L , carga de viento W , carga sísmica E , presión de tierra H , presión de fluido F , impacto I y efectos ambientales T que pueden incluir asentamientos, flujo plástico, retracción de fraguado y cambios de temperatura. Las cargas se definen en un sentido general para incluir ya sea cargas directas o efectos internos relacionados, tales como momentos, cortantes y axiales.

El cuerpo principal del Código ACI está formulado en términos del diseño a la resistencia última con los factores de mayoración de cargas y de reducción de resistencias presentados anteriormente. Un apéndice especial del Código, apéndice A: "Alternate Design Method", permite el uso del método de diseño para cargas de servicio para aquellos que prefieren este método más antiguo. El código ACI no contiene información específica referente al tema de escaleras como tal.

1.2 - Aspectos Globales sobre Escalera.

La conexión entre dos planos situados a distinto nivel se realiza sobre elementos contruidos inclinados, que en función de sus pendientes y formas se clasifican en rampas o escaleras. Se afirma que la escalera nació antes que los espacios provistos de varias plantas. Se cree que primeramente aparecieron los peldaños. Las escaleras más antiguas, se utilizaban para poder subir o bajar desniveles naturales. Actualmente la conexión entre dos planos situados a distinto nivel en edificaciones se realiza construyendo elevadores, pero sin duda los elementos inclinados que en este trabajo denominaremos como escaleras están siempre presentes, veremos que esta está constituida por muchas partes las cuales se definen en detalle más adelante, las escaleras pueden estar ubicadas fuera o dentro de la edificación nombrándoseles así como escaleras exteriores cuando se encuentran fuera de la estructura a la que sirve y escaleras interiores cuando se encuentran como en la mayoría de los casos en el interior de la edificación, debemos mencionar que las escaleras en nuestro país rara vez reciben la importancia que realmente poseen, se sabe que en las ciudades aglomeradas por las edificaciones de varios niveles las escaleras juegan un papel crucial en el desempeño de la edificación.

Muchas veces cuando se está en la mesa de dibujo, el profesional se cuestiona lo siguiente, que tan cerca se puede estar de escoger la forma y el estilo que se adapte perfectamente a lo que se busca.

Cuando se trata de escaleras en edificaciones lo común es buscar una solución elegante y económica, dejándose de lado la importancia estructural que pudiera tener en la edificación. En estructuras construidas de concreto reforzado las escaleras generalmente se diseñan de este mismo material, cuando eso ocurre el diseñador ha tomado en cuenta todas las cargas probables que actuarían en ella, aunque cuando se presenta un caso extremo, la escalera puede estar sometida no solo a fuerzas sísmicas o de exceso de carga viva, sino que además actuarían en ella acciones térmicas como en casos de incendio donde las estructuras son sometidas a intensidades de calor muy altas.

Otra importante consideración que debe tener el ingeniero en la etapa de concepción de proyecto consiste en involucrar las escaleras en los estudios de análisis estructural realizado a las estructuras de concreto, ya que estas podrían afectar en mayor o menor grado las estructuras.

En la actualidad la evolución tanto de la ingeniería como de la arquitectura nos permite modelar casi cualquier cosa, incluyendo escaleras que pueden adoptar las más increíbles formas y para esto se utilizan una gran diversidad de materiales.

Las escaleras de concreto reforzado sin duda son tratadas bajo una distinción aparte, ya que son de las más utilizadas, generalmente está basada en losas o placas de concreto reforzado escalonadas, de forma tal que sea fácil la movilización a través de ellas.

Cuando se diseña una escalera tanto sus dimensiones como la forma están relacionadas con la distribución espacial de la edificación. Como ejemplo tenemos el caso de una vivienda económica, el tamaño y la ubicación de la escalera adquieren importancia para distribución de los espacios. En otro caso la escalera puede ser un referente importante de la decoración de la vivienda y tomarse todo el espacio que se requiera para su implementación.

De lo que si se debe estar seguro es que una escalera deberá siempre cumplir con todos los parámetros de comodidad y holgura que permita al usuario circular libremente a través de ella.

En cualquier edificación las escaleras son la alternativa más confiable para evacuar las instalaciones en caso de emergencia, de manera que deben diseñarse de manera que sirvan como vía de escape para los residentes y de acceso para los bomberos y rescatistas.

El objetivo en el diseño estructural de los sistemas de escaleras, es proporcionar una estructura resistente. Para garantizar esa resistencia se deberán considerar varios factores tales como las cargas, claros y espesores, deflexiones, durabilidad, efectos del flujo, transmisión de sonido y vibraciones, los elementos estructurales que constituyen el sistema de piso, etc...

Las escaleras de concreto reforzado permiten tomar una gran cantidad de variantes en su diseño, como su forma y sus elementos de apoyo.

Como sabemos la forma que el concreto puede adoptar estará en función del molde en el cual se coloque, por lo que a veces resultan costos elevados de proyecto cuando se seleccionan formas geométricas irregulares.

Para entender mejor el concepto de escalera estudiaremos los elementos de diseño de las escaleras y los materiales utilizados en su construcción.

1.2.1 - Elementos de Diseño de Escaleras.

La escalera juega un rol en la estética de una edificación, condición que dependerá del valor comercial que tenga la edificación. Pero las dimensiones de sus elementos constituyentes (partes) se definen a partir del espacio útil y la función que tendrá esta en la edificación. Son muchas los elementos que conforman una escalera. En el diseño estructural es importante tener a mano las dimensiones arquitectónicas del sistema, la definición del tipo de apoyo es otro elemento importante. Es por eso que consideramos importante conocer claramente los conceptos utilizados en su estudio. Nosotros prestaremos especial atención a las que se definen a continuación:

1. Escalón o Peldaño
2. Huella
3. Contrahuella
4. Pendiente
5. Zanca
6. Barandilla
7. Pasamanos
8. Arranque
9. Desembarco
10. Descansillo

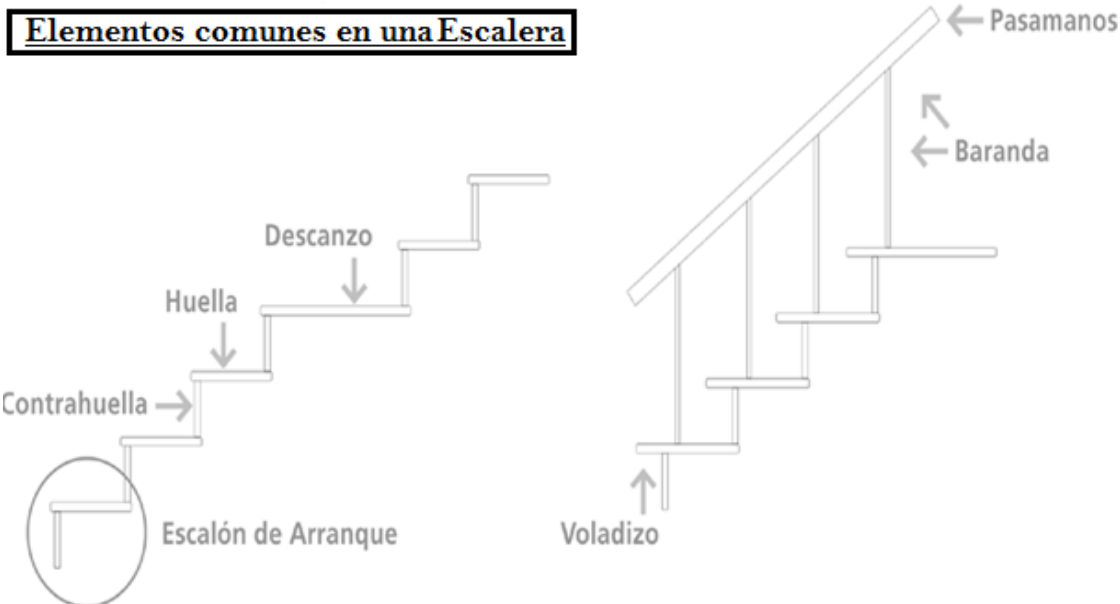


Figura N°1: Elementos de una Escalera.

Las escaleras se descomponen o se agrupan. En este vaivén, van surgiendo palabras, términos que hacen referencia a su esencia, a su cuerpo. Algunos vocablos han sido abandonados, otros han surgido al profundizar en estudio de las escaleras. Las palabras que manejamos no bastan para describirla y explicarla; otras, se traen del diccionario o desde los

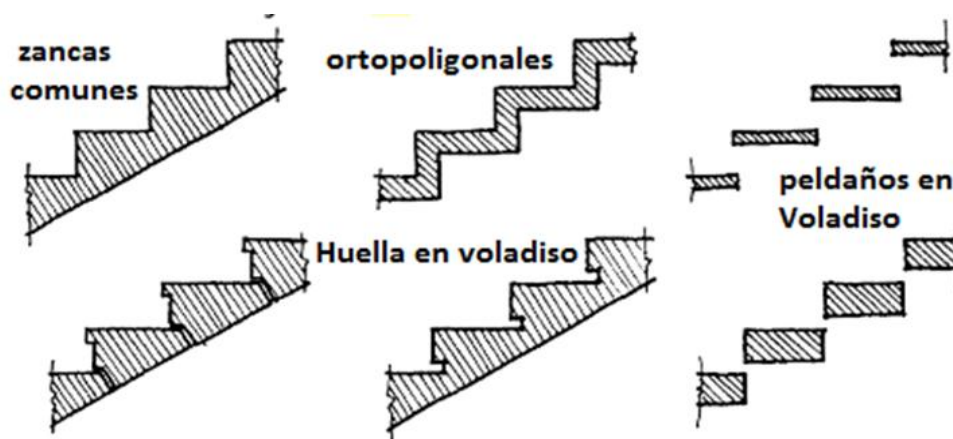
manuales y tratados. Cuando se está diseñando escaleras, se deben de manejar diferentes conceptos que no forman parte propiamente de las escaleras como tal, pero que sin duda son crucial para el desarrollo de las tareas de diseño, es por eso que deben de comprenderse las siguientes definiciones:

Peldaño o escalón: cuando nosotros iniciamos el ascenso de una escalera nos encontramos con un desnivel entre el apoyo de nuestros pies y la altura a la que se encuentra el siguiente plano de apoyo a este elemento lo conocemos como escalero peldaño. A su vez este está constituido por dos proyecciones que se determinan en la fase de diseño según el nivel de servicio y la comodidad que se quiera dar al usuario, como se verá más adelante todo está en función del apoyo sobre el que se sostiene el hombre, otro parámetro de diseño que define el escalón es la altura de piso que se intenta conectar ya que de esta dependerá el grado de inclinación que tenga la escalera, otras veces los escalones se definen en dependencia de la forma de las escaleras.

El peldaño presenta una proyección horizontal llamada Huella y otra vertical llamada contrahuella, como se muestra en la Figura N°1 ambas serán estudiadas oportunamente.

El peldaño puede ser según si subimos o bajamos de arranque o de entrega, cuando hacemos, el peldaño de inicio de la escalera es el de arranque y el peldaño de llegada o el último del tramo es conocido además como escalón de entrega. Dentro de las múltiples formas que puede adoptar los perfiles de los peldaños se presentan en la Figura N°2 algunos según sea la arista o canto.

Figura N°2: Tipología de peldaños según su arista o su canto.



Tipo de escalón según su sección:

Escalón a escuadra: es aquel cuya tabla y tabica forman un ángulo recto.

Escalón inclinado: es aquel cuya tabla y tabica forman un ángulo inferior a 90° .

Escalón a la molinera: es aquel que carece de tabica.

Tipo de escalón según su proyección en planta (Figura N°3):

Escalón abanico: Abanico de una hélice; se diferencia en el trazado de la arista exterior del peldaño, que se traza tangente al espigón y no desde el centro del círculo.

Escalón ahusado: Peldaño de planta trapezoidal que se utiliza en las escaleras ahusadas, mixtas, de peldaños compensados. Genera una escalera de línea continua. El escalón ahusado responde a un trazado geométrico preciso.

Escalón alterado: Peldaño que se desdobra en planta, de modo que a una proyección en planta le corresponden dos alzadas. El escalón alterado genera la escalera balanceada.

Escalón cuña: Su proyección es una cuña o se asemeja a ella. Forma parte de la escalera cuadrangular y de los peldaños compensados de una escalera mixta.

Escalón oblicuo: Su proyección es un romboide. Escalón recto. Aquel cuya proyección diédrica es un rectángulo.

Escalón sector: Su proyección es un sector circular o se le asemeja. Es un peldaño de una escalera circular o de una escalera curva.

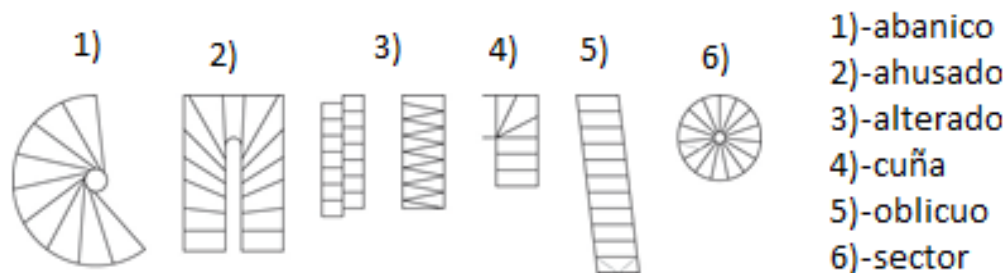


Figura N°3: Escalones según su proyección en planta.

Huella: la huella es la componente horizontal del peldaño. Corresponde a la distancia o profundidad neta entre dos planos verticales formados por dos contrahuellas consecutivas. (Figura N°1).

Contrahuella: la contrahuella también conocida como alzada, es la componente vertical del escalón, corresponde a la altura neta entre dos huellas sucesivas. (Figura N°1).

Pendiente: La pendiente, es la relación entre contrahuella y huella, es la altura por unidad de longitud de una línea o plano inclinado respecto del horizontal, se puede indicar en grados (gradiente), en tanto por ciento o mediante la relación entre huella y contrahuella. Un

plano de pendiente al 100% sube (vertical) lo mismo que avanza (horizontal) y se corresponde con un ángulo de 45°.

Zanca o zancada: es la distancia en diagonal de la escalera, se puede entender cómo el claro de los elementos resistentes de la escalera, sobre todo en las escaleras de apoyos longitudinales, en el caso de escaleras de formas circulares la zanca puede tomarse como la viga que sirve de soporte a la escalera. El material más utilizado para zancas es el acero, en forma de perfiles laminados, ya sean planos, compuestos, normalizados; tipos IPN, IPE, UPN o HEB, uniéndose por soldaduras. Hablamos de zanca cuando nos referimos a escaleras de madera y/o metálicas, o en el caso del hormigón, a elementos prefabricados o a los que actúen como tales.

Figura Nº4: Esquema de Zancas



Barandilla: Protección de la escalera en su lado libre. La barandilla marca la diagonal, la racionalidad del sistema cartesiano en el que nos movemos, Los pasamanos de todas las barandillas deben ir en consonancia con la importancia del conjunto. Su posición permite definir el sentido del recorrido.

Pasamano: Pieza que acompaña a la escalera y permite que apoyemos y deslicemos la mano, bien como ayuda para bajar o impulso para subir. Puede ser el remate de la barandilla, o tener vida propia. Cuando la escalera discurre entre paramentos, un tubo, una pieza que se adapta a la mano dibuja el trazo de la escalera sobre el paramento. Cuando el recorrido de la escalera es dificultoso debido a su trazado director o a su propia pendiente, la seguridad nos dice que deberíamos topar el pasamano a la derecha al descender. Extenderlo más allá del desembarco para dar mayor seguridad.

Arranque: El arranque es el inicio de la escalera en sentido ascendente. (Peldaño de arranque).

Desembarco: Es la superficie horizontal o meseta terminal sobre la que descarga la escalera.

Descanso o descansillo: como su nombre lo indica esta es para descansar entre el movimiento diagonal. El descanso es una meseta o porción de piso intermedio en el que arrancan o desembarcan tramos de escaleras. En ellos se resuelven los cambios de giro y sentido de la escalera. Este interrumpe la continuidad de los peldaños. Son utilizados porque algunas normas recomiendan no construir más de 7 o 9 peldaños sin interrupción.

Flecha: en los planos la representación del sentido ascendente de la escalera se realiza mediante una flecha que apunta en la dirección de ascenso.

Altura entre plantas: es la distancia entre la cota del nivel superior y la cota del nivel inferior en los que se colocara la escalera.

Altura de Paso: es la distancia vertical libre entre dos tramos de una escalera, entre dos rellanos, entre dos descansillos. Podemos definir como la altura mínima de paso, la altura de una puerta estándar (dos metros). El trazado inadecuado de esta produce cuando la altura de paso es insuficiente para que pase una persona, o es inferior a la altura mínima de paso. Esta es una de las condiciones indispensables en el diseño de una escalera.

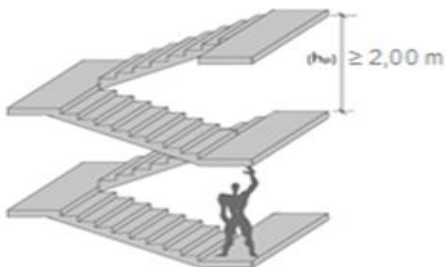


Figura N°5: Altura de paso.

Tramo o tiro: es la parte comprendida entre dos plataformas horizontales en una escalera, una escalera puede estar compuesta de más de un tramo. Cada parte en que queda dividida la escalera por los descansos antes de alcanzar el nivel de piso.

Pendiente de una escalera: la pendiente de una escalera es la inclinación que tiene una escalera respecto a un plano horizontal en este sentido se recomienda para brindar seguridad valores entre los 20° a 50°, para pendientes menores no se considerarían como escaleras.

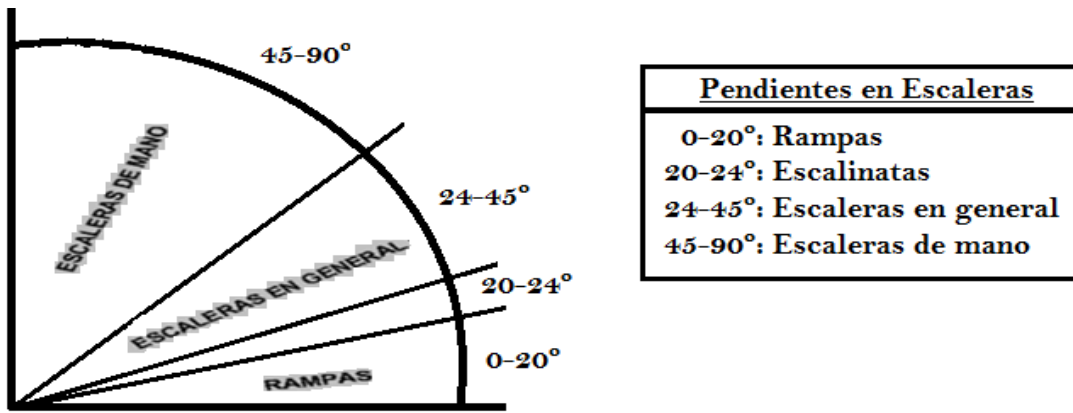


Figura N°6: Pendientes usadas en el diseño de escaleras.

Caja de la escalera: Ámbito espacial donde se aloja la escalera. Se llama así también al volumen en el que se ubica la escalera de un edificio. Puede estar limitada o no por paredes. La caja puede superar el estricto ámbito de la escalera.

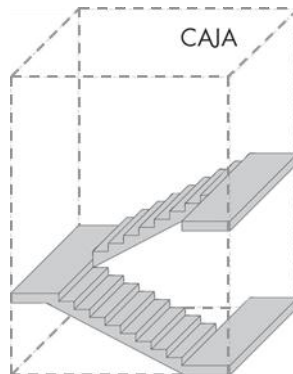


Figura N°7: Esquema de caja de escaleras.

Ancho de escaleras: es la longitud total del peldaño. En las helicoidales el ancho corresponde al radio que origina el escalón. **Ancho útil:** es la distancia efectiva de paso a través de una escalera. Es la distancia entre las dos barandillas de un tramo; entre la barandilla y la pared; entre la barandilla y el mástil.

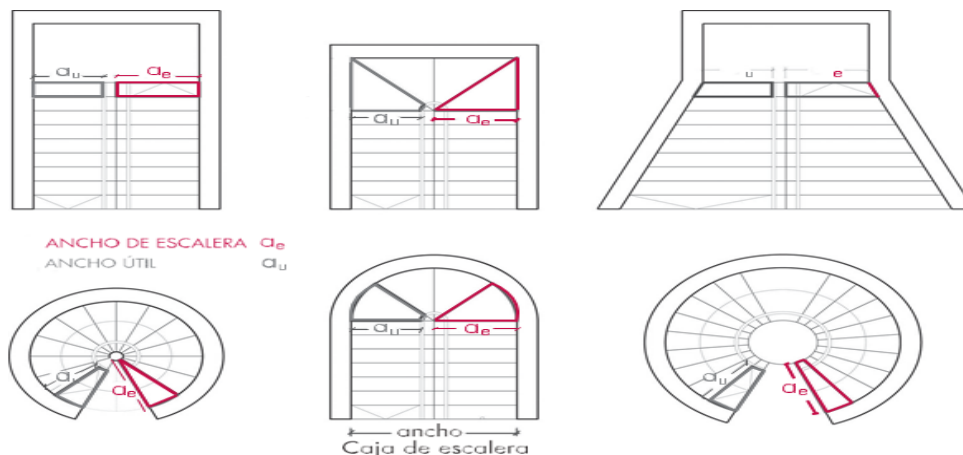


Figura N°8: Representación de ancho de escaleras.

Solera: Pieza inferior de la barandilla dónde se sujetan los balaustres.

Giro: Cambio de dirección del tramo de la escalera. Una escalera puede girar a la derecha en sentido horario o por el contrario a izquierdas en sentido anti horario.

Ojo de escalera: El ojo de escalera es el espacio libre interior entre bordes internos de dos o más tramos de una escalera.

Línea de huella: Es aquella línea imaginaria de una escalera por la que se transita la mayor parte de las veces. En los tramos rectos se sitúa habitualmente en el centro pero tiene especial relevancia en los giros para repartir distancias desde los extremos.

Línea de paso: (Lp) Línea imaginaria que define el punto de paso por una escalera. En los dibujos en planta de las escaleras suelen representarse en el eje de la misma, y sus límites son el peldaño inicial (se acompaña con un pequeño círculo o dos pequeñas líneas auxiliares) y el peldaño final de tramo (se acaba en una punta de flecha, que indica el sentido de ascenso).

Tabica: Parte vertical de los peldaños cuya altura coincide normalmente con la contrahuella. También se le conoce como Frente.

Bocel: es el elemento de remate del peldaño que sobresale respecto del plano de la tabica. Por extensión, parte del paso que vuela sobre la tabica o sobre la línea imaginaria de la tabica.

Espigón: Columna que constituye el eje o núcleo de una escalera de caracol. Llamado también nabo, macho o mástil.

Envés: Es la parte posterior de la escalera. La construcción de la escalera define enveses distintos que dan nombre a la escalera.

1.2.2 - Materiales que se Emplean para la Ejecución de Escaleras.

Aunque las formas fundamentales son las mismas para los diversos diseños, por la inclusión de nuevos materiales e innovadores sistemas constructivos, muchas y muy variadas son las soluciones en materia de escaleras, dándole en muchos casos el carácter de protagonista en la estructura en donde se encuentran.

Son muy variados los materiales que se emplean para la construcción de Sistemas de escaleras, estos van desde sistemas de escaleras de madera, sistemas de escaleras de

acero estructural y sistemas de concreto reforzado, este trabajo se centrará en las escaleras de concreto reforzado.

1.2.2.1-Madera

Cuando se trata de madera conocer su deformación permite aprovechar al máximo la capacidad resistente que esta posee.

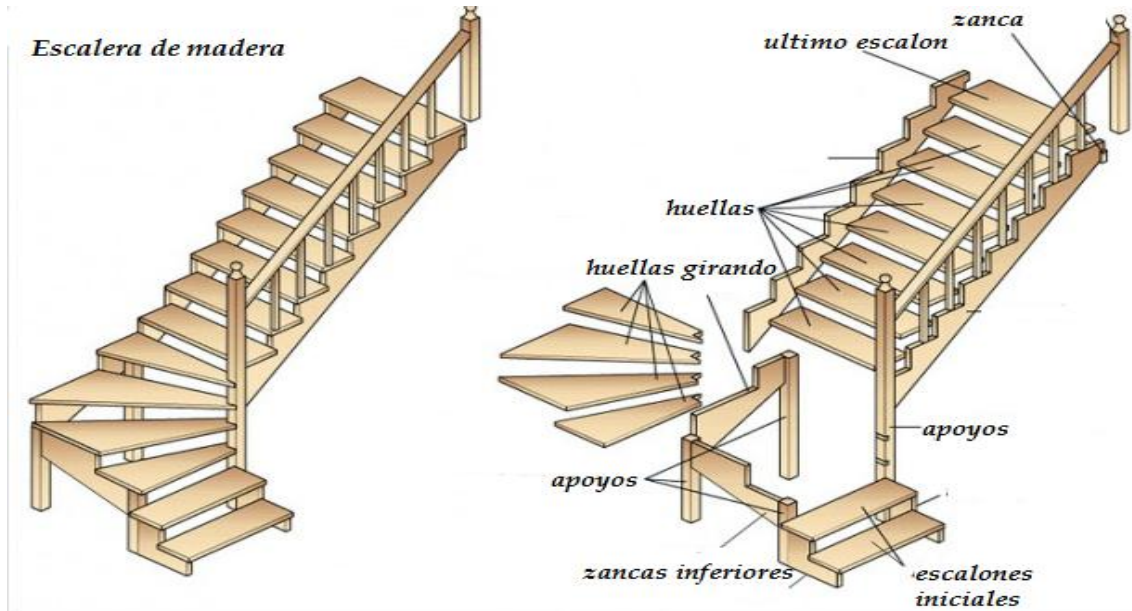


Figura N°9: Escaleras en Madera.

La madera es el material tradicional para una escalera. Se trata de un material duradero, atractivo, al que se le pueden añadir diferentes acabados como pintura. La madera maciza es la mejor opción aunque puede utilizarse como revestimiento o elemento resistente. La Escalera de madera aparece como una pieza maciza o cortada en tablas.

Las escaleras de madera han tenido siempre buena aplicación en la construcción casas de viviendas y palacios, estando actualmente destinadas a las viviendas reseñadas en primer lugar por ser económicas.

A continuación se muestran algunos parámetros de resistencia de las maderas de uso constructivo, definiéndolas en dos grandes grupos las coníferas y las latifoliadas. Claro que estos valores deben ser evaluados por el diseñador.

TablaN°1: Resistencias y módulos de elasticidad de las especies conífera y latifoliadas

Valores especificados de resistencias y módulos de elasticidad de madera de especies coníferas (kg/cm²)

Flexión	f'fu	170
Tensión paralela a la fibra	f'tu	115
Compresión paralela a la fibra	f'cu	120
Cortante perpendicular a la fibra	f'nu	40
Cortante paralelo a la fibra	f'vy	15
Módulo de elasticidad promedio	E _{0.50}	100,000
Módulo de elasticidad correspondiente al 5º percentil	E _{0.05}	55,000

Valores especificados de resistencias y módulos de elasticidad de maderas latifoliadas (kg/cm²)

Flexión	f'fu	300
Tensión paralela a la fibra	f'tu	200
Compresión paralela a la fibra	f'cu	220
Cortante perpendicular a la fibra	f'nu	75
Cortante paralelo a la fibra	f'vy	25
Módulo de elasticidad promedio	E _{0.50}	160,000
Módulo de elasticidad correspondiente al 5º percentil	E _{0.05}	120,000

Para hacer Peldaños de madera se utilizan todas las maderas comerciales, siendo utilizadas las de nogal y roble para escaleras suntuosas, de castaño para más inferiores y de pino, eucalipto, etc., para soluciones más baratas.

Para su utilización es necesario que la pieza esté sana y esto puede juzgarse tras una simple inspección visual, aunque no se debe confiar totalmente ya que a menudo se encuentran huecos en la madera.

1.2.2.2-Acero

El acero es el material que está marcando el mundo de la construcción esto se debe a que su fabricación se desarrolló a tal punto que existen en el mercado aceros de alta resistencia, ideales para la construcción de pasos como puentes, escaleras, etc..

Como material de construcción, acero es bueno porque aparece en las diversas formas de fábrica y muchas veces representan un rápido ensamblaje ya que sus uniones están prediseñadas, puede dársele adaptabilidad a toda clase de plantas, sin embargo no es muy aceptado por su mal comportamiento en caso de incendio, con el calor pierde su rigidez rápidamente, y por lo tanto, la escalera deja de tener uso en el salvamiento.

El acero estructural es una aleación de hierro y carbono (éste último entre 0.5 y 1.5%). Lo que proporciona cualidades de maleabilidad, dureza y resistencia. Evidentemente estamos hablando de un material compuesto por dos elementos; el hierro es aceptablemente resistente pero muy dúctil, y el carbono es muy resistente pero nada dúctil, por lo cual

entremás carbono tenga el acero, será más resistente, pero menos dúctil y viceversa. Por lo cual el acero más comercial es el denominado A-36 en EEUU (NMX-B-234 en México) cuyo límite de fluencia es de 2530 kg/cm², que es una resistencia muy buena en términos de ductilidad.

Ventajas y desventajas del acero

Ventajas	Desventajas
Alta resistencia	Lograr continuidad
Alta rigidez	Juntas
Alta ductilidad	Corrosión
Relación: forma-resistencia	Poca resistencia al fuego
Muy bajo coeficiente de variabilidad de su resistencia	Alto costo inicial
	Mano de obra especializada

Tabla N°2: Ventajas y desventajas del acero.

En México entre los elementos laminados que se fabrican se encuentran los mostrados en el siguiente esquema de perfiles como: ángulos de lados iguales (LI), ángulo de lados desiguales (LD), perfil C estándar (CE), perfil I estándar (IE), perfil I rectangular (IR), perfil T rectangular (TR), redondo sólido liso (OS), tubo circular (OC), tubo cuadrado o rectangular (OR), perfil C formado en frío (CF), perfil Z formado en frío(ZF).por mencionar los mas utilizados,pero el proyectista podria pedir diseños personalizados para cada proyecto,lo cual solo incurrirria en el aumento de los ostos de proyecto, por lo que generalmente se trabaja con los estandares. Perfiles laminados de acero.(Figura N°9).

Figura N°10: ejemplos de perfiles estructurales de acero



A veces el hierro laminado en chapas se emplea para la construcción de peldaños en escaleras de estructura metálica consiguiéndose peldaños de gran efecto decorativo y ligeros de peso.

1.2.2.3-Concreto

El concreto reforzado es un material compuesto por la unión eficiente de dos materiales, la Masa de concreto y el acero de refuerzo, en forma de varillas. Esta unión permite realizar estructuras de toda clase, adaptadas técnicamente a las variadas soluciones. Este material resulta resistente hasta que las fuerzas de tensión provocan roturas en sus fibras, su resistencia en compresión es mayor pero queda limitada por la resistencia a tracción. De esta manera el acero sustituye de modo óptimo, la deficiencia presentada por el concreto.

Del artículo 113 en adelante el RNC indica las consideraciones a tener para los materiales componentes del concreto para obras civiles. El artículo 118 indica las especificaciones para el refuerzo por ejemplo. Pasando por toda la información contemplada en el RNC referente al concreto culminamos en el artículo 145 que nos indica los parámetros bajo los cuales se han de realizar las pruebas de resistencia al concreto.

Existen dos teorías para el diseño de estructuras de concreto reforzado: La teoría elástica y La teoría plástica o Diseño a la ruptura.

La teoría elástica es ideal para calcular los esfuerzos y deformaciones que se presentan en una estructura de concreto bajo las cargas de servicio.

Sin embargo la teoría elástica es incapaz de predecir la resistencia última de la estructura con el fin de determinar la intensidad de las cargas que provocan la ruptura y así poder asignar coeficientes de seguridad, ya que la hipótesis de proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones es completamente errónea en la vecindad de la falla de la estructura.

La teoría plástica es un método para calcular y diseñar secciones de concreto reforzado fundado en las experiencias y teorías correspondientes al estado de ruptura.

Las escaleras de concreto reforzado objeto de estudio para nosotros algunas veces se construyen a base de losas de concreto en las cuales la zanca va desde la losa del piso inferior hasta la viga o losa del piso superior.

Los apoyos juegan un papel importante en el diseño ya que las reacciones pueden ser distintas según esta condición. Los momentos flectores en valor absoluto de una escalera confinada son muchos menores que los de un simple apoyo y confirman que su comportamiento es totalmente diferente al de una escalera simplemente apoyada.

El concreto aunque presenta grandes capacidades de resistencia compresiva se ha determinado que sus características mecánicas no son iguales ante esfuerzos de tensión y además, que debido a su gran rigidez este material se considera altamente frágil, estas características son las que limitan el empleo del concreto en todo tipo de estructuras es decir, formas.

No olvidemos que el acero de refuerzo es un material muy dúctil que tiene gran capacidad de resistir esfuerzos tensionantes, este material generalmente se presenta en barras circulares corrugadas que se colocan previo al vaciado del concreto.

En el caso de escaleras se inducen esfuerzos flexionantes que incurren en una combinación de esfuerzos compresivos y tensionantes en sus fibras internas porque el elemento debe proporcionar resistencia para compresión como para tensión. (Figura N°11).

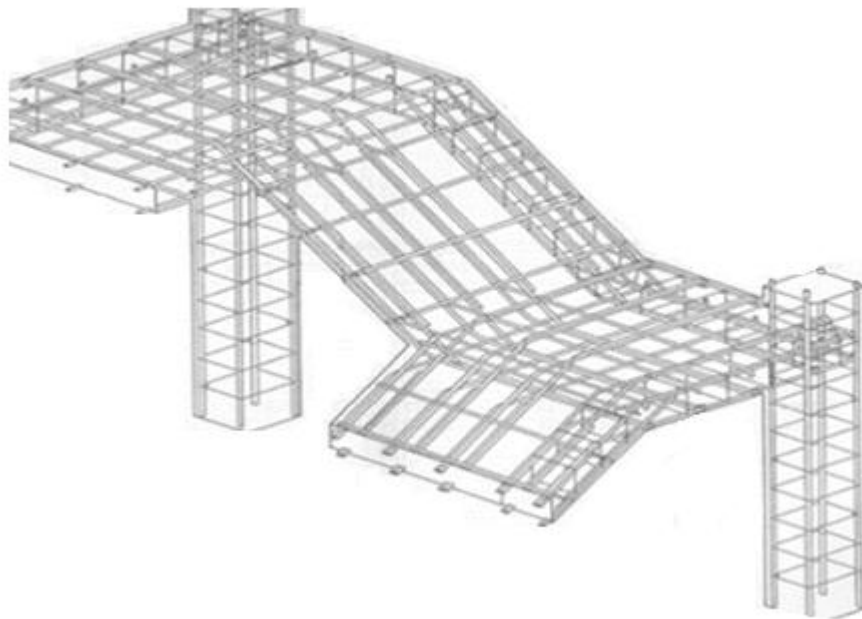
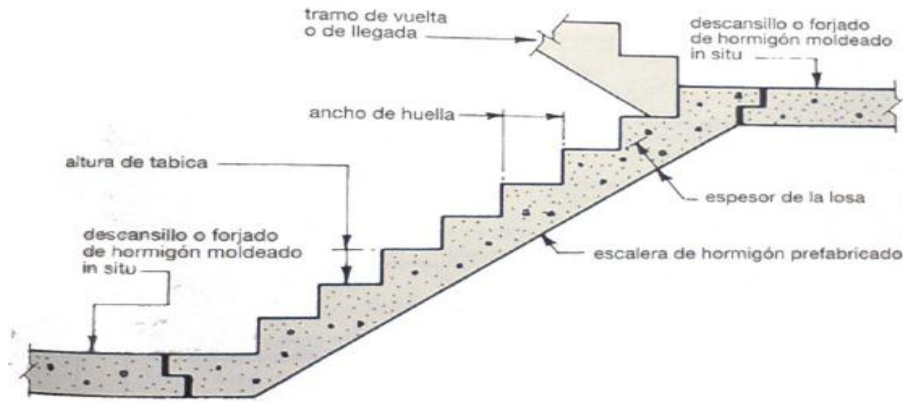


Figura N°11: Armada típico de un Sistema de losa escalera de concreto

Con frecuencia se recurre a resolver las zancas de escalera con losas quebradas y de hormigón armado y, que precisamente por la singularidad de sus miembros requiere un armado especial, con barras de refuerzo, que impidan la rotura. Su armado está constituido por un conjunto de barras longitudinales situadas en la parte inferior y a veces en la superior, todas ellas ancladas.

El prefabricado en la construcción de escaleras es aplicable prácticamente a todos los formatos de escaleras coladas en sitio y está sujeta a los mismos requerimientos funcionales y normativos. Para resultar económicamente interesante, la producción total debe ser suficientemente grande para justificar el elevado coste de los moldes. Por lo tanto, lo más habitual es que el diseñador tenga que adaptarse a alguno de los modelos estándar producidos por los fabricantes como el ejemplo que muestra la Figura N°12.

Figura N°12: escalera prefabricada de concreto reforzado.



Como se mencionó el American Concrete Institute (ACI) Como parte de sus actividades ha publicado el reconocido Building Code Requirements for Structural Concrete, que sirve como una guía en el diseño y construcción de edificios de concreto reforzado.

1.2.3 - Formas Arquitectónicas

La forma de una escalera puede estar determinada por la forma que se van dibujando cada uno de los escalones de la escalera en planta, es decir por su traza. La forma se sintetiza en una línea que se conoce como línea de paso o directriz.

Como sabemos las escaleras pueden tomar muchas formas geométricas pero la verdad es que se agrupan en solo dos grandes grupos que se refieren a dos formas básicas en la naturaleza, una de esas formas es una línea sin ningún grado de curvatura a la cual consideraremos como escaleras rectas, y la otra es una curva considerada como escaleras curvas.

1.2.3.1- Escalera Rectas.

1. **•Escalera recta:** es aquella escalera cuya línea de paso responde a una recta o rectas. Esta puede ser segmentada la cual a su vez puede estar formada por dos o más tramos, paralelos u oblicuos entre sí.
2. **•De ida y vuelta:** está compuesta por dos tramos de traza paralela entre sí; coinciden en su proyección en planta el rellano de salida y el de llegada. El descansillo intermedio alcanza la anchura de los dos tramos más el ojo, si lo tiene.

3. •De escuadra o L: debe estar compuesta por dos tramos al menos; usualmente forman entre sí un ángulo igual o inferior a uno recto.
4. •Tres tramos con ojo: posee tres tramos, dos paralelos y uno ortogonal a ambos; con un ojo intermedio delimitado por la parte interior de esos tramos. Las escaleras de tres tramos con ojo se disponían con frecuencia cerca de los claustros, de ahí adoptan el nombre de claustral.
5. •Imperial: posee tres tramos paralelos y un descansillo común que enlaza a los tres.
6. •Múltiple: posee más de tres tramos, combinándose trazas paralelas (u oblicuas) y ortogonales (u oblicuas).

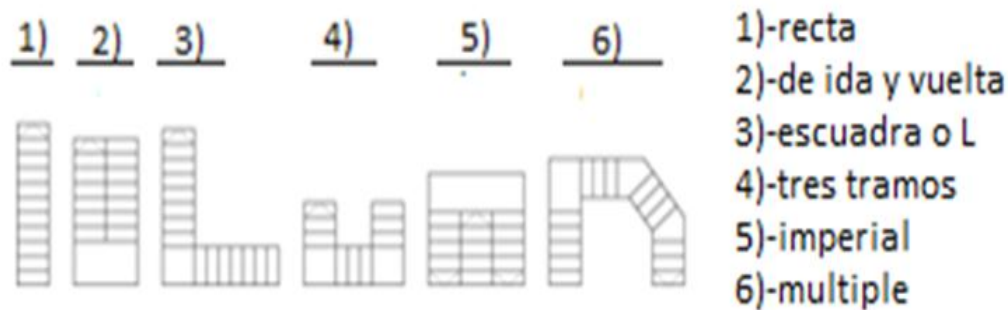


Figura N°13: ilustraciones de Escaleras rectas.

1.2.3.2- Escaleras Curvas

1. •Hélice: es una escalera de planta circular; espacialmente, su línea de paso describe un trazo helicoidal; los peldaños de la hélice nacen de un macho, espigón, nabo o mástil; macizo. Carece de descansos intermedios. Arranca y acaba en el mismo plano vertical, o en su defecto, con un desplazamiento de un cuarto de vuelta.
2. •Cuadrangular: esta se asimila a una hélice en todas sus características exceptuando su planta, de trazo cuadrangular.
3. •Caracol o espiral: es una escalera de planta circular o elíptica que debe su nombre a la figura que se forma por efecto de la perspectiva al asomarnos a su ojo; al igual que la hélice, su línea de paso describe un trazo helicoidal en su desarrollo espacial; se desenvuelve entorno a un ojo, ya que el macho, espigón, nabo o mástil crece hasta convertirse en un cilindro de paredes caladas, en las que los macizos son los elementos portantes (pilares), o bien desaparece por completo; puede incorporar descansos intermedios y/o rellanos.
4. (espiral. Línea curva que da indefinidamente vueltas alrededor de un punto, alejándose cada vez más de él)
5. •Husillo; caracol de dimensiones muy reducidas, similar a la hélice, ha perdido el espigón por estar los peldaños empotrados en el envoltorio perimetral.

6. •Escalera curva: es aquella cuya línea de paso es una curva abierta, de modo que sus peldaños se asimilan a escalones rectos.

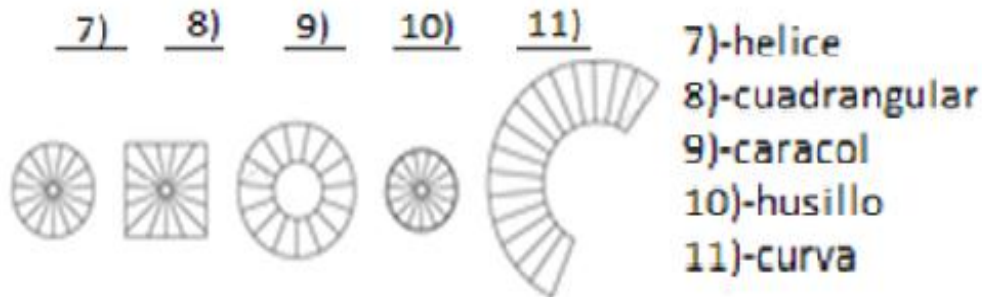


Figura N°14: ilustraciones de Escaleras curvas.

1.2.3.3- Escaleras Mixtas.

La escalera mixta es aquella escalera en la que se combina una o más líneas entrelazadas de tal modo que forman un polígono cerrado, o se asimilan a una curva.

- a. De cuatro tramos.
- b. De ida y vuelta compensada.
- c. De escuadra o L compensada.
- d. De tres tramos compensada

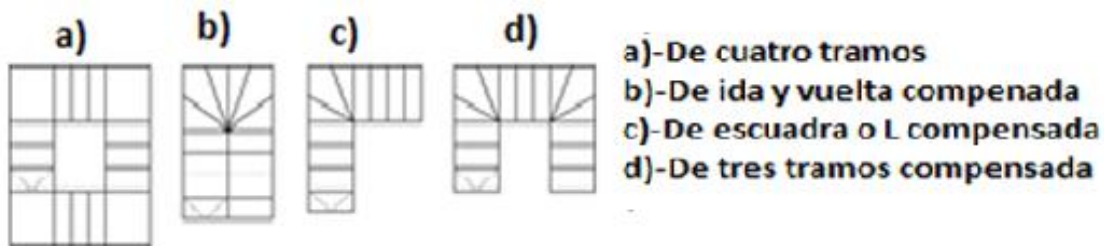


Figura N°15: ilustraciones de Escaleras mixtas.

Tipos de escalera según el envés:

1. •**Peldañeada**: la escalera se configura por la sucesión escalonada de peldaños empotrados en uno o ambos lados.
2. •**Escalera de espárrago**: escalera cuyo envés queda definido por la zanca que le sirve de apoyo y la gradinata que forman los escalones.
3. •**Molinera**: es una escalera cuyos peldaños van encajados entre dos rampas, entre una rampa y un paramento, o empotrada en un paramento, que careciendo de tabica permiten ver y pasar la luz a través del espacio libre entre los pasos.
4. •**Escalera gradinata**: es esta escalera el envés queda visto y configurado los propios peldaños. la escalera se configura por el pliegue del material que la conforma, aun cuando éste no sea estrictamente un material continuo.

5. •**Escalera abovedada:** en esta escalera el envés es abovedado. El envés está compuesto por una o una serie de bóvedas
6. •**Escalera rampante:** en estas el envés es continuo. el envés es una rampa o varias rampas con elementos horizontales de unión.

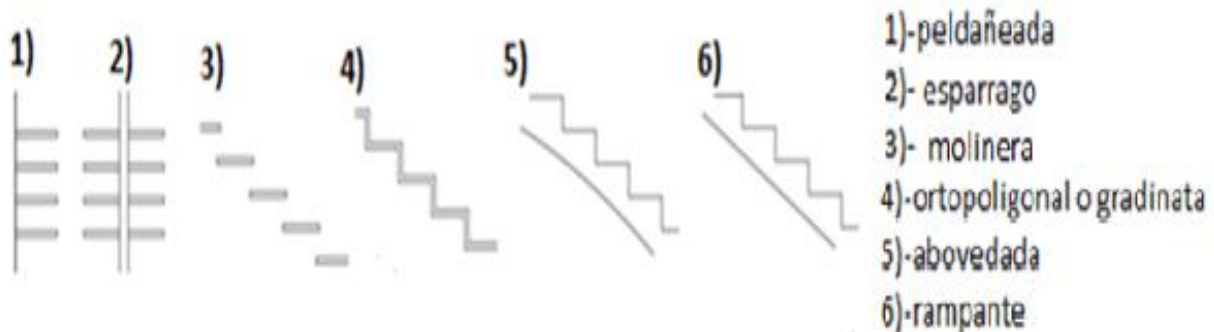


Figura N°16: Tipos de escalera según el envés.

Según el diseñador lo prevea, esta no solo puede estar formada por distintos materiales sino que además los acabados involucran algunas formas que resultan distintivas de las tradicionales. La forma de una escalera por muy sencillo que parezca su trazado debe ser armonioso con el espacio en el que se encuentra y en ocasiones las escaleras dan el realce a la edificación, convirtiéndose en la fachada principal.

1.2.4- Criterios de colocación de las Escaleras en edificios.

Los tipos de construcciones de concreto reforzado y en particular los edificios han llegado a un grado de diversificación tal, que supone el empleo de un número muy variado de soluciones estructurales.

En arquitectura el proyectista genera sus ideas en la fase de diseño esquemática, donde asienta los procedimientos que habrán de seguirse en las fases de proceso, en el diseño esquemático se organiza la localización del conjunto como un todo, similar un organismo funcional. Para alcanzar este objetivo se debe agrupar y zonificar las funciones del edificio respeto a sí mismas y al contexto, sin duda la intercomunicación entre los espacios principalmente entre niveles es proporcionada por las escaleras en la mayoría de los casos. Por lo que se deben proyectar con claridad y coherencia.

Generalmente las estructuras están conectadas con otras partes como el cerramiento, divisiones e instalaciones, entre estas partes podríamos considerar a las escaleras, de manera que estas deben ser integradas desde la concepción inicial de proyecto con el objetivo de que resulte compatible con el resto de la obra , esta compatibilidad no siempre es fácil de alcanzar, especialmente en la actualidad que los métodos de cálculo nos permiten crear estructuras mucho más flexibles de lo que lo eran antes, cuando en las edificaciones actúan las acciones sísmicas por ejemplo, estas crean serios problemas con las fachadas sobre todo en edificios de gran altura debido a lo incompatibilidad de rigideces entre los marcos estructurales y los materiales componentes de la fachada (vidrios, etc.), en escaleras los problemas son evidentes. Muestra de ello son los resultados mostrados por algunos investigadores que analizan la edificación una vez que el evento ha ocurrido. Como los citados en el capítulo 3.

Las escaleras ya sean estas rectas con o sin descanso intermedio, escaleras de cuarto de vuelta, escaleras de media vuelta, escaleras de ramificación, escalera de caracol, escaleras helicoidales espirales, circulares, elíptica o de cualquier otra forma geométrica. Siempre su ubicación se selecciona basándose en consideraciones arquitectónicas, tales como la accesibilidad, la función, la comodidad, iluminación, ventilación y estética, además de las consideraciones estructurales y económicas.

Las escaleras ocupan un lugar claro en el edificio, actualmente encuentran su acomodo en los edificios perdiendo presencia y magnificencia, se formalizan enlazando funcionalmente los niveles. Pero en otros casos poseen un valor añadido y se reconocen como una parte especial dentro de la estructura. En cualquiera de los casos las escaleras han de tenerse en cuenta a la hora de componer un edificio ya que el acomodo permite organizar la distribución de los espacios dentro y fuera de una edificación. El acomodo de las escaleras es encontrarles un sitio adecuado, organizado que permita la perfecta circulación.

La escalera que relaciona espacios integrados se convierte en un instrumento que permite la continuidad física de un espacio, que integra planos dispuestos a niveles diferentes y que a su vez se integra en ellos como una parte más.

Seleccionar los puntos especiales para la circulación vertical no es sencillo, algunas veces se convierte en la piedra en el zapato del proyectista, esto se debe a la pluralidad de intereses arquitectónicos que el proyecto podría tener generalmente los espacios para la ubicación de las escaleras en grandes edificaciones son las juntas de los espacios de circulación, en el interior se pueden considerar la unión de los pasillos y fuera se consideran las uniones de los puntos accesos a la edificación y los niveles de la misma. En el caso de que la edificación sea irregular en planta las escaleras se ubican en los espacios extremos de la circulación dentro de la edificación para conectar los niveles o en los centros de las edificaciones cuando son regulares, además las escaleras se sitúan en los bordes y en las esquinas de la edificación, la Figura N°17 muestra estas ubicaciones representadas por círculos pequeños.

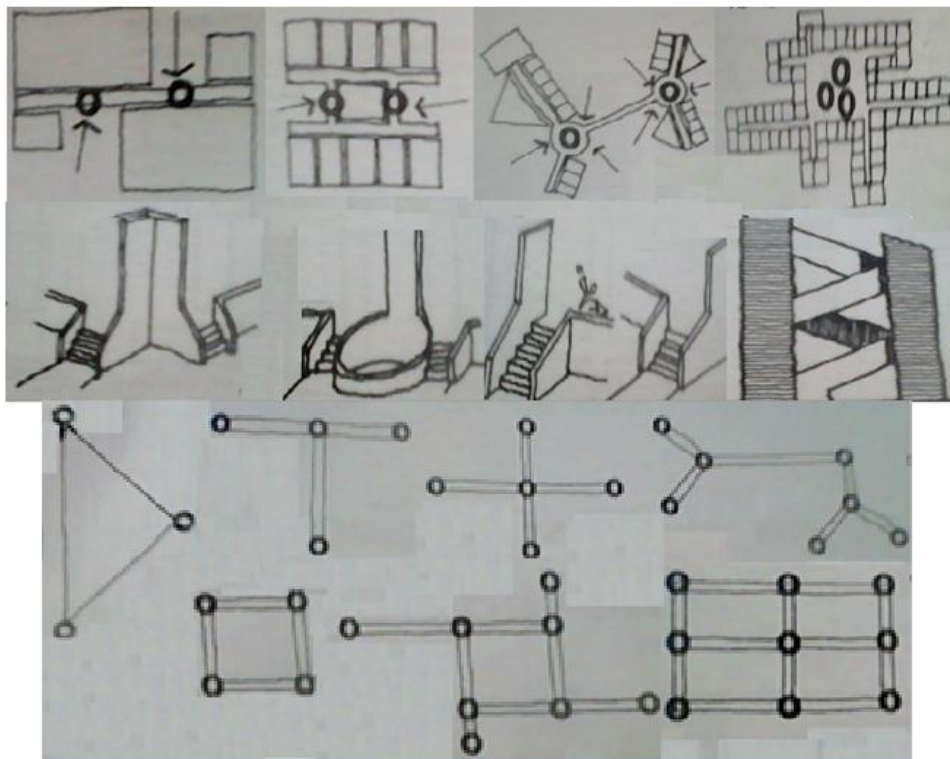


Figura N°17: ubicación de las escaleras en planta (los círculos muestran las posiciones recomendadas para las escaleras en edificaciones).

Como se mencionó anteriormente en los edificios regulares las escaleras se acomodan en cajas, estas cajas son muros generalmente monolíticos en los que se apoya el sistema de escaleras, la FiguraN°18 muestra algunas escaleras que encuentran su acomodo en el edificio gracias a su forma característica.

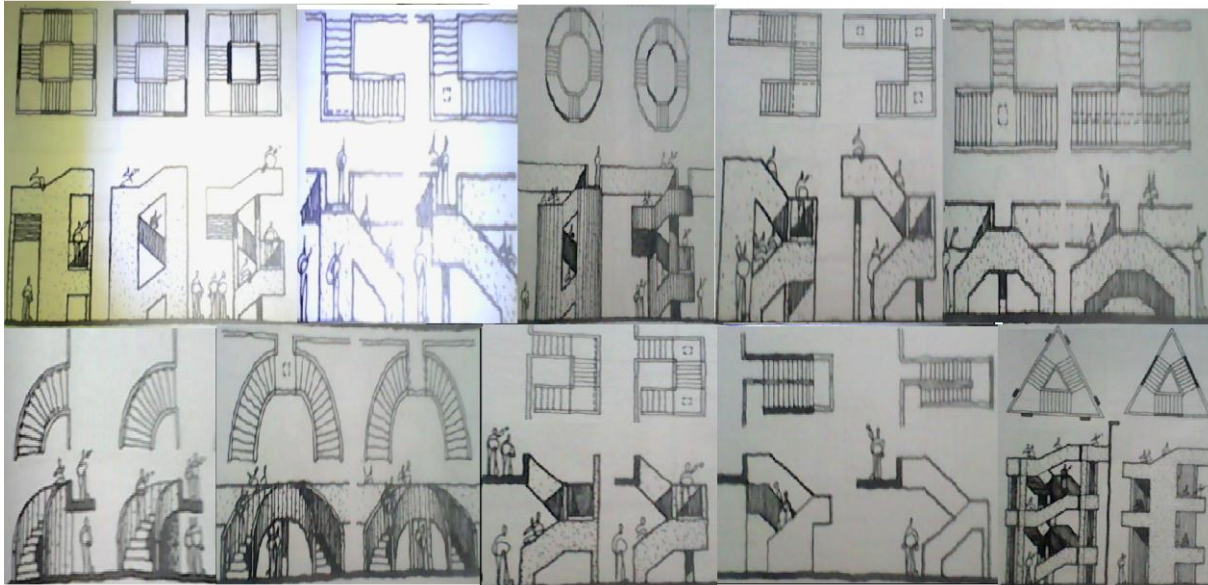


Figura N°18: Tipos de escalera según el envés.

1.3 - Fundamentos Teóricos sobre el Diseño de Escaleras.

Las escaleras pasan hoy por una contradicción, mientras en unos proyectos se seleccionan escaleras con dimensiones regulares mínimas en otros se seleccionan diseños laboriosos y de análisis complejo. Por otra parte alguien podría preguntarse, ¿qué diseño es más conveniente?, ¿bajo qué criterios evaluó la conveniencia?, pues en verdad son preguntas acertadas, pero debemos destacar que un buen proyecto es aquel que cumple con su función de diseño ofreciendo la comodidad deseada al usuario. De manera que trataremos de conocer claramente y analizar los fundamentos teóricos de diseño de escaleras tanto estructural como tipológico y de comodidad.

Para el diseño de escaleras se deben considerar dos grandes enfoques uno es el aspecto espacial de la obra y el otro es el aspecto de seguridad de la estructura. Como sabemos la escalera es un elemento especial de una edificación, y cumple diferentes funciones, principalmente resolviendo la circulación vertical y brindando la seguridad y protección al hombre.

Generalmente se aprecia que las distintas normas y reglas empíricas de diseño de los elementos de una escalera difieren o se contradicen, las normas buscan condicionar la

escalera, prevenir peligros, es decir solventar la falta de sentido común que habita en los diseños de escaleras de edificios comunitarios de los países en vías de desarrollo y otras estructuras que a menudo se encuentran habitadas por personas de escasos recursos, por lo que en ocasiones el diseño del sistema de circulación vertical se realiza con el objetivo de prestar un mínimo de nivel de servicio, diseño que podría estar más interesado en disminuir costos de construcción.

Todas estas normas, cualquiera que sea, adoptan valores propios de diseño basados en estudios de los investigadores, manuales anteriores o tratados de organismos encargados de estudiar este tema en específico.

Claro que cada proyecto persigue su objetivo especial., pudiéndose involucrar en mayor o menor medida con estas normas. De lo que debemos estar seguros es de que el diseño posee basamentos principales los cuales desarrollados son:

- Comodidad
- Seguridad Estructural

1.3.1- Comodidad.

Las condicionantes del proyecto espacial y técnico determinan en muchos casos no solo el diseño tipológico de la traza de la escalera, sino también el criterio estructural que se seguirá en la solución que acometerá el proyectista. El conocimiento de toda la información es una herramienta básica para la óptima solución final de objeto. Las limitaciones de espacio donde se desarrollara la traza o línea de escalera son fundamentales para definir sus cálculos dimensionales, tipo de uso, caracterización de los espacios de arranque y desembarco, usuarios posibles a mover, ciclos y capacidad de movimiento, incluso algunas veces se desea determinar el tiempo requerido para la evacuación total de las personas, Posibilidades de disminución de recorrido horizontales y dimensiones de las aberturas de desembarco.

Como en toda área de estudio existe una disciplina que se encarga de su estudio particular, cuando se trata de espacios la antropometría es la ciencia que estudia en concreto las medidas del cuerpo humano con fines de comparación entre razas, esta información se usa como base para el diseño. La antropometría, relaciona exactamente las dimensiones humanas y datos referenciales para el diseño de espacios de circulación verticales, mientras que la ergonomía es la disciplina que se encarga del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas, de modo que coincidan con las características fisiológicas, anatómicas,

Psicológicas y las capacidades del usuario.

Para intentar definir la escalera en sus dimensiones, las reglas tratadistas clásicas que describen sus puntos de análisis, junto con las fórmulas de Maurice François Blondel celebre genio de la arquitectura, conforman nuestra base de análisis. Ya que fueron desarrollados bajo un marco histórico y social que no es precisamente el nuestro nos sería conveniente evaluar todas las consideraciones y criterios que aquí están contenidos, por lo que tomarlos como reglas absolutas sería descontextualizar la información.

Escalón o peldaño.

Para el estudio del escalón los ergonomistas ponen su atención en el pie del ser humano como elemento de prediseño, el cual presenta diferencias dependiendo del sexo, un pie masculino va desde los 23 cm a los 30 cm estadísticamente ablando. Un pie femenino alcanza valores menores a los 30 cm.

Ya que no existe espacio público que funcione sin unos sistemas apropiados de circulación vertical cuya eficacia y utilización quedaran mermadas, de no diseñarse en correspondencia con la dimensión humana, más aun cuando lo que en ello se pone en juego es la seguridad personal del usuario. La escalera, como un todo y la relación huella/ contrahuella deben ser reflejo de la dimensión humana.

Frente a esto la ortodoxia valora la seguridad, la capacidad de la escalera para ser accesible al mayor número de personas sin provocar tropiezos, valora el diseño funcional. La escalera ortodoxa es una escalera de dimensiones óptimas, de dimensiones generosas para ofrecer un recorrido con el menor costo posible de energía.

Ernest Neuffer en su obra para el diseño de espacios, libro base de arquitectos e Ingenieros, fundamenta sus diseños y emplea con gran acierto las recopilaciones investigativas y resultado de grandes científicos y maestros ocupando importantes espacios científicos, utilizando el modelado y la simulación virtual para comprender la habilidad del ser humano y esclarecer los principios dinámicos de la ergonomía.

En general, se recomienda seguir el mismo criterio que la naturaleza usa para diseñar sus obras de arte, cuidando que las grandes partes del conjunto estén en proporción áurea con una tolerancia que depende de la escala del proyecto y la perfección que se busque, apreciación que está en manos del diseñador de cada proyecto.

La definición del diseño es tan complejo y variado como la imaginación pueda concebirlo, presentar datos de diseño como dimensiones estandarizadas de peldaños o anchos de

escalera que podrían ser diferentes según la necesidad de cada proyecto sería un esfuerzo que realizamos con la intención de dar una idea de cómo podría encontrarse la información sobre escaleras.

Por ejemplo Indicamos a continuación las contrahuellas (alturas entre peldaños) más usuales en relación al destino de la escalera:

ContraHuellas.

Escaleras al aire libre y en jardines: entre 14 y 16 cm.

Escaleras principales en viviendas: entre 17 y 18 cm.

Escaleras para teatros, cines, edificios públicos: entre 16 y 17 cm.

Escaleras de servicio: 20 cm. como máximo.

Escaleras a desvanes, altillos o sótanos: 22 cm. como máximo.

Inclinaciones mayores se utilizan en las llamadas escaleras de mano, o de tipo molinera.

En escalas de emergencia, por ejemplo de las chimeneas, se separan los peldaños o barras a una distancia de 30 cm. aproximadamente.

Ancho en escaleras.

De acuerdo a las normativas el ancho útil de una escalera, es la luz libre entre pasamano y pasamano o entre pasamano y muro. La anchura del tramo está en relación con la cantidad de personas que la puedan utilizar al mismo tiempo; de manera que se recomiendan los siguientes anchos mínimos:

Ancho de Escalera

Para 1 persona..... 1,00 m. (mínimo 0,75 m.)

Para 2 personas..... 1,30 m. (mínimo 1,10 m.)

Para 3 personas..... 1,90 m. (mínimo 1,80 m.)

Por otra parte, una anchura en la sección de la escalera de 40 pulgadas (101,6 cm) no es la adecuada para acomodar, en la misma huella, a dos personas de gran tamaño.

Por ello se afirma en que la anchura estándar de 117,7 cm (44 pulgadas), basada en dos incrementos de 55,9 cm (22 pulgadas), nunca acomodará a las personas de tamaño corporal más grande, por lo que podría representar un problema grave de diseño, como se mencionó tratamos de mostrar cómo se presenta la información sobre el diseño de escaleras, aquí vemos los anchos de escalera según el uso.

Anchos de escaleras a partir del uso de la estructura.

Viviendas Unifamiliares y Multifamiliares: Ancho del Tramo \geq 0,90 m.

Viviendas Multifamiliares: Anchura del Tramo $\geq 1,00$ m.

Multifamiliares con más de 2 plantas: Anchura del Tramo $\geq 1,10$ m.

Sótanos y Altillos en Casas Familiares: Se considera anchos $\geq 0,70$ m.

Escuelas, Hospitales, Iglesias: Anchura $\geq 1,30$ m.

Grandes Tiendas: Anchura entre 1,50 m. y 2,00 m.

Lugares de Reunión: Anchura entre 1,25 m. y 2,50 m.

Teatros y Cines: Anchura entre 1,25 m. y 1,80 m.

Cuando la anchura supera el 1,90 m., se pueden dividir por medio de una barandilla.

Son interesante las formas bajo las cuales se pueden agrupar los elementos de diseño de las escaleras, el CTE (Código Técnico de la Edificación) en el cual se especifican las exigencias básicas relativas a la seguridad de utilización así como los valores mínimos de calidad y procedimientos muestra algunas de estas agrupaciones.

Elección de la pendiente.

La elección de la pendiente de una escalera está ligada a tres factores, al diseño dentro del conjunto del edificio, a la condición de comodidad expuesta anteriormente y al uso que se vaya a dar a la escalera. . G. Lehmann y B. Englemann. Ellos particularmente concluyeron que con una pendiente de aproximadamente 30 grados se brindara comodidad y seguridad. En algunos casos esta consideración no es aplicable ya que podría requerirse una pendiente menor, como en el caso de edificaciones lujosas (hoteles) o edificios gubernamentales en los que transitan muchas personas, etc

Las pendientes para escaleras empiezan a partir de los 20 grados desde la horizontal, el Max grado de elevación que se recomienda para edificaciones esta en los 30° a 40°, más allá de estos valor*es se deben tener consideraciones especiales para su implementación.

En general la pendiente de la escalera será menor en los edificios públicos, donde la densidad de tránsito es alta y los usuarios no están familiarizados con el edificio. La pendiente irá siendo mayor a medida que disminuya la intensidad de uso y los usuarios estén familiarizados con el edificio o una parte de él. (En un edificio con diversas escaleras, no todas ellas pueden o deben ser igual).

Acabados

El acabado de una escalera juega un papel importante dentro del desempeño de la misma, ya que se entiende que el acabado es la parte que hará contacto con el usuario. Las barandillas por ejemplo son quienes brindan la seguridad lateral en el recorrido, los pasamanos proporcionan apoyo al subir o bajar la escalera, la terminación que se le dé al escalón es de vital importancia ya que es el apoyo que le permite al usuario movilizarse.

Se sabe que de no diseñarse y realizarse un acabado de calidad podría ponerse en riesgo la vida del usuario, imaginemos si existiese desnivel en la huella de un peldaño o este no ofrece la suficiente fricción al pisar o si las barandillas no están colocadas firmemente, todo esto podría ser devastador para el proyecto.

- Barandas

Todas las escaleras deben llevar barandillas, a un lado o a los dos, según sea la forma de la escalera, pudiendo ser estas barandillas de madera, hierro, concreto o forjadas de fábricas.

Toda baranda se compone de dos elementos esenciales, uno, los barrotes verticales que forman el entramado, y otro, los pasamanos.

Las barandas de escaleras exteriores y muy principalmente en las escalinatas las barandas son verdaderamente balaustradas (constituidas de balaustres) debido a la importancia y suntuosidad de dichas escaleras. Las balaustradas se componen de las siguientes partes: el plinto, los balaustres y los pasamanos.

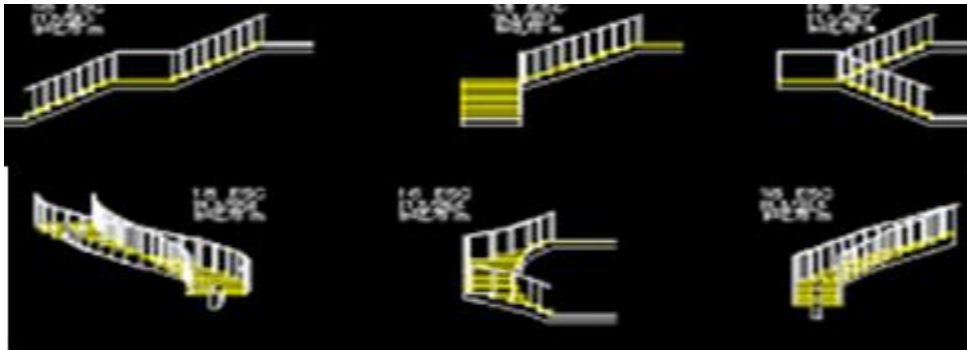


Figura N°19: Ejemplos geométricos de barandillas en escaleras.

1.3.1.1-Diseño de escalones.

La escalera de concreto reforzado se conforma de una losa en pendiente que responde a la relación huella/contrahuella, medidas que están inmersas en relaciones numéricas. A través de las expresiones matemáticas se pretende alcanzar la comodidad en el movimiento.

G. Lehmann y B. Englemann en: *Der zweckmassigste Bau einer Treppe*, investigaron para delimitar el escalón de manera que necesite la menor cantidad de energía para poder subirlo. Ellos particularmente concluyeron que $H/C= 29/17$, con una pendiente de aproximadamente 30 grados representa una comodidad bastante aceptable.

François Blondel en: *Cours d'Architecture enseignée dans l'Académie Royale*. Plantea una relación para H y C que el diseñador puede evaluar para su selección definitiva de las dimensiones de la escalera en cuestión sin ningún problema. Ernst Neufert en: *El Arte de Proyectar en Arquitectura*, plantea un intervalo para el valor de K. Robert Schindler Buenaventura Bassegoda en: *Tratado moderno de la construcción de edificios*, establece como fórmula a seguir la regla de paso a la que nombraremos como regla cuatro.

I. Blondel plantea:

$$H+2C = k$$

Algunas recomendaciones plantean:

K= 59 cm. Para viviendas

K= 66 cm. Para edificios públicos.

Donde:

K= es el intervalo de paso común del hombre medio.

C= contrahuella.

H=huella.

II. Neufert plantea

$$H+2C = (61- 64) \text{ cm.}$$

III. Una relación interesante es la llamada regla de la comodidad, que indica un valor para contrahuella menor en 12 cm de la huella o puede entenderse como un valor de huella mayor en 12 cm a la contrahuella. Según el parámetro que se selecciona se define el otro automáticamente.

$$H-C = 12 \text{ cm.}$$

IV. La seguridad, una fórmula, la regla de la seguridad expresa que: $H + C = 46 \text{ cm.}$

V. La cuarta regla $4/3H + C = 52.$

Es determinante en el diseño de los escalones la contrahuella, cuyo rango, en las escaleras ordinarias esta entre 14 y 20 cm. De acuerdo al uso que haya de dárseles, varían sus dimensiones: de 14 a 16 cm; para escaleras monumentales, de 16 a 18 cm para las de mucho uso y de 18 a 20 para las secundarias o de servicios.

Para que una escalera sea cómoda en su ascenso debe existir una correcta relación entre huella y contrahuella (H/C) y además la pendiente debe ser adecuada al uso al que se destine. El paso de marcha de un hombre ha sido históricamente promediado a 63 cm y al aumentar la pendiente se reduce el paso hasta el límite de la verticalidad.

El entorno idóneo para el escalón recto, que es casi como decir el entorno idóneo para el escalón debe estar en los siguientes intervalos:

$$28 \leq H \leq 30 \quad 16 \leq A \leq 18$$

(La pendiente para estos valores nace en los 28° y termina en los 32°).

Para tener una noción más clara de la utilidad de las expresiones antes expuestas se debe realizar una evaluación de las expresiones numéricas con fines comparativos y analíticos.

EVALUACION DE LAS EXPRESIONES NUMERICAS			
Regla de la comodidad $H - C = 12$	Regla del paso $2C + H = 63$	Regla de la seguridad $H + C = 46$	Regla cuatro $4/3H + C = 52$
H = 25, C = 13	H = 37, C = 13	H = 33, C = 13	H = 29, C = 13
H = 26, C = 14	H = 35, C = 14	H = 32, C = 14	H = 28,5, C = 14
H = 27, C = 15	H = 33, C = 15	H = 31, C = 15	H = 28, C = 15
H = 28, C = 16	H = 31, C = 16	H = 30, C = 16	H = 27, C = 16
H = 29, C = 17	H = 29, C = 17	H = 29, C = 17	H = 26, C = 17
H = 30, C = 18	H = 27, C = 18	H = 28, C = 18	H = 25,5, C = 18
H = 31, C = 19	H = 25, C = 19	H = 27, C = 19	H = 25, C = 19
H = 32, C = 20	H = 23, C = 20	H = 26, C = 20	H = 24, C = 20

Tabla N°3: Evaluación de la Expresiones de comodidad.

Como se aprecia, los resultados obtenidos dependen directamente de los valores de huella y contrahuella que se introduzcan en la ecuación.

El comité técnico de edificaciones recomienda la implementación de código básico de seguridad de utilización (DBSU), a continuación se muestran algunos parámetros de diseño sobre escaleras contenidas en este código.

Mesetas

- ❖ Las mesetas dispuestas entre tramos de una escalera con la misma dirección tendrán al menos la anchura de la escalera y una longitud medida en su eje de 1000 mm, como mínimo.
- ❖ Cuando exista un cambio de dirección entre dos tramos, la anchura de la escalera no se reducirá a lo largo de la meseta. La zona delimitada por dicha anchura estará libre de obstáculos y sobre ella no barrerá el giro de apertura de ninguna puerta
- ❖ En zonas de hospitalización o de tratamientos intensivos, la profundidad de las mesetas en las que el recorrido obligue a giros de 180° será de 1600 mm, como mínimo.
- ❖ En las mesetas de planta de las escaleras de zonas de público (personas no familiarizadas con el edificio) se dispondrá una franja de pavimento táctil en el arranque de los tramos descendentes, con la misma anchura que el tramo y una profundidad de 800 mm, como mínimo. En dichas mesetas no habrá puertas ni pasillos de anchura inferior a 1200 mm situados a menos de 400 mm de distancia del primer peldaño de un tramo.

Pasamanos

- ❖ Las escaleras que salven una altura mayor que 550 mm dispondrán de pasamanos continuos al menos en un lado. Cuando su anchura libre exceda de 1200 mm, o estén previstas para personas con movilidad reducida, dispondrán de pasamanos en ambos lados.
- ❖ Se dispondrán pasamanos intermedios cuando la anchura del tramo sea mayor que 2400 mm. La separación entre pasamanos intermedios será de 2400 mm como máximo, excepto en escalinatas de carácter monumental en las que al menos se

- dispondrá uno.
- ❖ El pasamanos estará a una altura comprendida entre 900 y 1100 mm. Para usos en los que se dé presencia habitual de niños, tales como docente infantil y primario, se dispondrá otro pasamanos a una altura comprendida entre 650 y 750 mm.
 - ❖ El pasamanos será firme y fácil de asir, estará separado del paramento al menos 40 mm y su sistema de sujeción no interferirá el paso continuo de la mano.

1.3.2- Seguridad Estructural

Como sabemos existe la necesidad de crear un cierto margen entre la acción capaz de producir la pérdida de la capacidad resistente en una estructura y la acción prevista para su utilización y otras acciones que se estima actuaran en ella. Este margen es el que ofrece la seguridad estructural

Para que una estructura cumpla sus propósitos debe ser segura contra el colapso y funcional en condiciones de servicio. Debido a que la carga máxima que va a ocurrir durante la vida de una estructura es incierta el ingeniero debe diseñar una estructura adecuada, La resistencia de una estructura depende no solo de la resistencia de los materiales que la conforman sino que además debe de construirse como se diseñó. La resistencia de los materiales no puede conocerse en forma precisa, por lo que se afirma que una estructura deberá poseer un margen razonable de seguridad.

La característica particular más importante de cualquier elemento estructural es su resistencia real, los métodos de diseño consideran en mayor o menor grado esta resistencia.

La seguridad de una escalera no solo está relacionada al comportamiento estructural de la obra, sino que se deben mezclar las condiciones de comodidad con la proyección de la escalera.

En su trabajo de introducción de tesis Subsistemas verticales y marcos rígidos espaciales para edificios en zonas sísmicas el Ing. Hugo Cano Martínez, refiere de manera simplificada los elementos conceptuales para el trabajo de estructuras de concreto reforzado en zonas sísmicas con una evaluación concreta de elementos como columnas, vigas muros y losas así como ejemplo de cálculo de escaleras para zonas con afectaciones geológicas. Es notable el impacto que tiene estas acciones, principalmente en las uniones.

Para el análisis estructural ante cargas verticales y laterales, cita que se usó en la tercera década del siglo pasado el método de distribución de momentos y posteriormente métodos como el de Cross o Takabeya, a estos métodos se les denominó exactos, que resultaban efectivos pero laboriosos y poco prácticos, por lo que se presentaron otros métodos, sobre

todo para cargas laterales como el del portal modificado por Naito, Naylor, del Cantiliver, Bowman, etc.

Actualmente, con el auxilio de la computadora, se ha recurrido a los métodos matriciales, generándose programas de computadora, tales como el denominado STRESS, STRUDL, NASTRAN, TABS, STAAD, RAM, por nombrar a los más conocidos, aunque muchos ingenieros han elaborado sus propios programas usando microcomputadoras o hasta en calculadoras, recurriendo a métodos como el de las subestructura para poder tener mayores posibilidades de analizar estructuras de tamaño regular. En muchos de estos programas se analizan estructuras ya no modelándolas como marcos planos sino en el espacio con los cuales se obtienen respuestas más realistas.

El objetivo en el diseño estructural de los sistemas, es proporcionar una estructura resistente y económica, El aspecto económico en la elección del sistema de piso, dependerá de los materiales, la cimbra, la mano de obra especializada, por lo que será necesario estudiar los costos de varios tipos de losas.

La carga propia de la losa puede resultar grande sobre todo en claros mayores, esto puede reducirse recurriendo a vigas secundarias soportadas por vigas principales o usando concreto ligero. Se dice que las losas reticulares se pueden usar para claros grandes o también elementos de concreto preesforzados. Es importante anotar que el peralte no es proporcional al claro, pero los claros grandes dependen del peso y del espesor y los momentos flexionantes son función del claro, cargas y condiciones de apoyo.

Las deflexiones de losas deberán limitarse, el comportamiento estructural es diferente para grandes desplazamientos, estos grandes desplazamientos se generan por las cargas, tamaño del claro y la respuesta del material, las flechas en losas siempre serán objetables por diversas razones tanto desde el punto de vista estructural como funcional.

La construcción monolítica o articulada de la obra in situ o solamente de las uniones determina en muchos casos determina la solución estructural a seguir, y mucho más si se le agrega el elemento de utilización para obras con garantías antisísmicas, pues la continuidad estructural muchas veces y en edificios de gran altura es una complejidad que debe ser solucionada donde la prefabricación o la semi-prefabricación de los elementos facilitaría la solución.

Todas estas razones son criterios que deben considerarse muy en cuenta en las fases de ingeniería básica para que los calculistas consideren los detalles constructivos que tendrán lugar en la ejecución.

En el caso de edificaciones unifamiliares no se hacen escaleras de tipo lujosas, sino que más bien sencillas con forma de base plana o también conocidas como poligonales y cubren normalmente alturas de 2.70 m a 3.00 m de piso a piso. Para soluciones de este tipo que fundamentalmente son familiares y cuyas dimensiones en ancho van desde los 0.70 m a 1.20 m las que se proyectan en dos ramas evitando abanicos y con equidistancia en la huella y la contrahuella, como elemento de correcto diseño y seguridad los espesores no son muy grandes, sobre todo en los sistemas apoyados transversalmente.

Deber garantizarse mantener la continuidad exacta de las contrahuellas en sus dimensiones y si existe algún error se permite en casi todas las escaleras de hormigón armado que la tolerancia sea repartida en el primero o último escalón para que no existan cambio en el movimiento del plano inclinado y dando seguridad al usuario de encontrar mejor adecuación al nivel de piso de arranque o del desembarque. Todo esto facilita también que al vestir la escalera con los pasos de terminación, se mantengan homogéneos los rellenos de los escalones y del piso de la planta superior al desembarco.

Para garantizar esta implementación al constructor, el diseñador debe dibujar el perfil de arranque y de desembarco incluyendo el de elemento intermedio o descanso en una sección indicando claramente los niveles y cotas de arranque y desembarco o sea de nivel de piso a piso que define el puntal y la losa con una sección quebrada para precisar la equidistancia de los escalones. Ahora el calculista deberá determinar el perfil estructural de la escalera de hormigón armado, y evaluara el proyecto definitivo de la escalera estructural, y determinara el espesor de la losa, los elementos de apoyo de ambas ramas si las hay, y la cimentación de la primera rama según las condiciones de base del descanso.

Se recomienda un espesor min igual a $L/25$, pudiéndose adaptar los valores prácticos siguientes para edificaciones uní y multifamiliares.

Luz en m	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
Espesor en cm	10	12	14	16	18	20	22	25

Para el caso de la dimensión de los elementos de arranque y desembarque se adecuara a las condiciones de apoyo o base, no obstante adaptándose a la tipología del elemento soporte pero sin discriminar el valor de espesor del elemento principal que es la losa plana o viga en cada caso según el cálculo de referencia anterior.

Para restarles peligrosidad a la escalera, todas las contrahuellas de un tramo deben ser iguales, preferiblemente todas las que están entre un piso y otro. En un edificio de varios pisos es recomendable disminuir ligeramente la altura de las contrahuellas hacia los pisos superiores.

Es muy importante la definición de los apoyos en el diseño arquitectónico mediante cortes de las secciones de apoyo de las escaleras, porque ellas determinan las condiciones de cálculo de la escalera y la definición del tipo de apoyo, sea empotrado, articulado o simple apoyado. Es necesario conocer la dirección de las reacciones en cada uno de los apoyos y determinar si los mismos están en condiciones de absorberlas. Es decir verificar si el tipo seleccionado es eficiente.

A menudo la rama superior de la escalera determina su descanso sobre este apoyo que debe ser definido preferiblemente sobre una viga borde que puede quedar al concluir los escalones, no obstante debe precisarse bien claro la entrada del desembarco si este se une a una losa plana la cual debe mantener su continuidad estructural y técnica sobre la losa base de la escalera. Pues suele aparecer un error técnico de balance de carga al no mantenerse la continuidad de la losa en su dimensión correcta donde muchas veces se hacen secciones de concreto que se truncan y que no dan longitudes técnicas correctas para el empalme o unión del refuerzo.

Si la escalera se cuela simultáneamente con la losa plana superior su espesor es mayor que el de la losa plana, el encofrado de la parte plana de la escalera, que surge por haberse retirado la viga de apoyo, se deprime, quedando más bajo que el de la losa superior y muriendo contra la viga de apoyo.

En muchos casos la escalera se cuela como un elemento independiente de la losa del nivel superior, ya que facilita el proceso constructivo o simplemente cuando es semi prefabricada o prefabricada se hace la unión a posterior, en este caso existirá una junta de construcción que se ejecutara sobre el apoyo sea en losa o sobre viga, en muchos casos puede ser un simple apoyo pero muchas veces los constructores suelen dejar aceros sobresalientes de magnitud y longitud igual al refuerzo negativo que se considere en dicho extremo, aun cuando no coincidan con la dirección de la carga superior de la escalera que soporta el segundo nivel pero que garantice la continuidad estructural. Este refuerzo saliente se doblara después para formar parte del extremo superior de la escalera y debe quedar anclado con una longitud no menor de 30 cm según algunas especificaciones.

Para tener un mejor conocimiento de las condiciones de seguridad en estructura se presentan las consideraciones de los reglamentos para el caso apoyos en lo inmediato.

1.3.2.1-Empalmes

Para considerar los empalmes podemos basarnos en el artículo 122 del RNC ya que define las consideraciones a tener, las cuales mostramos aquí, como sigue:

1. Las juntas en el refuerzo solo deben hacerse, cuando lo requieran o lo permitan los planos de diseño, las especificaciones o lo autorice el Ingeniero.
2. Las barras de refuerzo pueden empalmarse mediante traslapes por medio de soldaduras o dispositivos mecánicos de unión.

3. Las especificaciones y detalles de los empalmes deben mostrarse en los planos.
4. Los traslapes no deberán usarse para varillas mayores del número 11, excepto cuando lo indicado en las secciones 12.16.2 y 15.8.2., del ACI 318S-05.
5. Los traslapes de paquetes de varillas, deben basarse en la longitud de traslape requerida para las varillas individuales dentro de un paquete, aumentada en un 20% para paquetes de 3 varillas y en un 33% para paquetes de 4 varillas. Los traslapes de las varillas individuales dentro de un paquete no deben coincidir en el mismo lugar.
6. Un empalme totalmente soldado, debe tener varillas soldadas a tope para desarrollar en tensión, por lo menos, un 125% de la resistencia a la fluencia especificada f_y de la varilla.
7. Las conexiones totalmente mecánicas, deben desarrollar en tensión o compresión según se requiera, un 125% de la resistencia a la fluencia especificada f_y de la varilla.

1.3.2.2- Ganchos

Los ganchos son muy eficientes para contrarrestar daños sísmicos. En el caso que el esfuerzo de tensión deseado en la barra no pueda desarrollarse por adherencia únicamente, es necesario suministrar anclajes especiales en las barras, a menudo con ganchos a 90 y más de 180 grados en algunos casos.

Las barras con ganchos se resisten a ser deslizadas dentro del concreto, los estudios muestran que la principal causa de falla de las barras con ganchos sometidos a tensión es el fracturamiento del concreto en el plano del gancho, este fracturamiento ocurre por los esfuerzos muy altos transferidos por el gancho. La resistencia del anclaje puede mejorarse sustancialmente si se proporciona acero de confinamiento mediante estribos cerrados o flejes.

El artículo 119 del RNC presenta sus consideraciones para lo que es el dimensionamiento de estos ganchos en las uniones, generalmente estas longitudes están basadas en los diámetros mismos de las barras, los radios de giro o ángulos de rotación están entre los 90 y 180 grados en algunos casos. (Figura N°20).

El artículo en cuestión contiene lo siguiente:

- a) Todo el acero de refuerzo debe doblarse en frío a menos que el Ingeniero lo permita de otra manera.
- b) Ningún acero de refuerzo parcialmente ahogado en el concreto debe doblarse en la obra, excepto cuando así se indique en los planos de diseño o lo permita el Ingeniero.
- c) Los dobleces del refuerzo sirven para lo que se llama ganchos estándares que pueden ser:
 1. Un doblez de 180° más una extensión de por lo menos 4 db pero no menor de 60 mm., en el extremo libre de la varilla.
 2. Un doblez de 90° más una extensión de por lo menos 12 db en el extremo libre.
 3. Solamente para ganchos de estribos y anillos un doblez de 90° o de 135° más una extensión de por lo menos 6 db, pero no menor de 60 mm., en el extremo libre de la varilla. Para la zona C la extensión será de 6 veces db pero no menor de 75 mm.
- d) El diámetro del doblez medido en la cara interna de la varilla, excepto para estribos y anillos, no debe ser menor que los valores dados en la tabla No. 26 con excepción de las varillas del grado 40 del No. 3 al No. 11 con un doblez de 180° en las cuales el diámetro del doblez no debe ser menor de 5 db. (donde, db es el diámetro de la barra en cuestión)

TABLA NO. 26		
Grado de La varilla	Tamaño de la Varilla	Diámetro Mínimo de Doblez
	Del No. 3 al 8	6 d_b
Todos los grados para refuerzo	No. 9 No. 10 y No. 11	8 d_b
	No. 14 y No. 18	10 d_b
Grado 40	Del No. 3 al No. 11	5 d_b

Figura N°20: Dimensiones de ganchos estructurales recomendadas por el RNC.

Las dimensiones y radios de doblamiento para estos ganchos se han estandarizado en el código ACI 7.1, como sigue:

- Un doblez a 180 grados más una extensión mínima de longitud igual a 4 veces el diámetro de la barra, pero no menor que 2.5 in en el extremo libre de la barra.
- Un doblez a 90 grados más una extensión mínima de longitud igual a 12 veces el diámetro de la barra en el extremo libre de la barra.
- Para el anclaje de estribos y flejes solamente: (a) Para barras No. 5 y menores, un doblez a 90° más una extensión mínima de longitud igual a 6 diámetros de barra en el extremo libre de la barra, o (b) Para barras Nos. 6,7 y 8, un doblez a 90° más una extensión mínima de longitud igual a 12 diámetros de barra en el extremo libre de la barra, o (c) Para barras No. 8 y menores, un doblez a 135O más una extensión mínima de longitud igual a 6 diámetros de barra en el extremo libre de la barra.

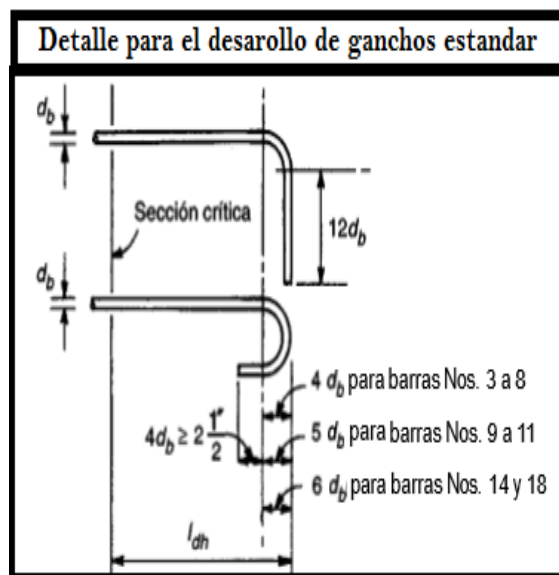


TABLA	
Diámetros mínimos de doblamiento para ganchos estándar	
Denominación de la barra	Diámetro mínimo
Nos. 3 a 8	6 diámetros de barra
Nos. 9, 10 y 11	8 diámetros de barra
Nos. 14 y 18	10 diámetros de barra

Figura N°21: Dimensiones de ganchos estructurales recomendadas por el ACI.

1.3.2.3-Longitud de desarrollo

El RNC proporciona en su artículo 125 las consideraciones para la longitud de desarrollo de las barras como sigue:

a) La tensión o la compresión calculadas en el refuerzo en cada sección de los miembros de concreto reforzado, deben desarrollarse en cada lado de esa sección por la longitud de anclaje, o por el anclaje en el extremo o por una combinación de ambos. Se pueden utilizar ganchos para el desarrollo de las varillas en tensión.

b) Longitud de desarrollo de varillas y alambres corrugados sujetos a tensión: La longitud de desarrollo l_d , en centímetros, deberá calcularse como el producto de la longitud de desarrollo básico l_{db} dada por las siguientes ecuaciones según el caso y por el factor indicado en la tabla No. 30 del RNC.

En donde:

A_b = Área de una varilla individual, en cm^2

d = Diámetro nominal de una varilla, alambre o cable de presfuerzo, en cm.

Esta longitud de desarrollo básico es para varillas del No. 11 o menores. Para varillas de diámetro mayor, ver inciso 12.2.2 ACI 318S-05.

El requisito fundamental para la longitud de desarrollo es que la fuerza calculada en el refuerzo para cada sección de un elemento de concreto reforzado debe desarrollarse a cada lado de la sección mediante una longitud adecuadamente embebida, la utilización de ganchos, anclajes o empalmes puede mejorar sustancialmente la resistencia.

CAPITULO 2

SISTEMAS DE ESCALERAS Y SUS VARIABLES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

2.1-Sistemas de Escalera

2.1.1-Definición de sistemas de escaleras.

Un sistema de escaleras se puede definir como un parte integral de una estructura que conecta un punto con otro ubicado dentro de la misma estructura pero con diferentes cotas de nivel, medidas que se dan a partir de un punto común. La tipología estructural de las escaleras es muy variada sin embargo las escaleras más comúnmente empleadas son aquellas que su configuración estructural está basada en losas o placas de concreto armado apoyadas en sus extremos y escalonadas de tal forma que sea fácil la movilización a través de ellas. A continuación veremos algunas maneras de agruparlas.

2.1.2-Clasificación de sistemas de escaleras.

Los factores por medio de los cuales se clasifica un sistema de escaleras pueden ser factores físicos, estructurales y relacionados con el tipo de uso que tiene el sistema dentro de una edificación, sin embargo a continuación se detallan los más importantes. Los tipos de escaleras de hormigón pueden ser de una variedad de formas y condiciones de apoyo, y por lo tanto, las consideraciones de diseño pueden variar en consecuencia para cada tipo.

2.1.2.1- Clasificación de sistemas de escaleras según su importancia dentro de la edificación.

Los sistemas de escaleras pueden clasificarse de acuerdo con la importancia que poseen dentro de una edificación, ya que, basado en las funciones que tenga un sistema en una estructura, así deberá ser analizada, diseñada y edificada. Cuando ambas de importancia nos referimos a la función que realiza dentro de la edificación y la relevancia que esta tenga dentro de la misma, algunas edificaciones poseen sistemas de escaleras primarias y secundarias, una edificación puede tener una caja de escaleras central y escaleras externas de incendio por ejemplo. Los principales sistemas de escaleras considerados en una edificación se detallan a continuación.

2.1.2.1.1-Sistemas de escaleras de uso diario.

Debido a que la función primordial de un sistema de escaleras es el movilizar usuarios de una edificación de un punto a otro, estas se escaleras se denominan de uso diario por su uso regular, estas podrían formar parte del sistema secundario de escaleras, es por ello que estos sistemas se instalan en las edificaciones como sistemas de seguridad y evacuación, es decir que son estos los sistemas empleados comúnmente no solo para conducir al usuario dentro de la edificación sino que además le permita evacuar los ocupantes de una edificación al momento de presentarse una catástrofe, con base en esto se puede ver la necesidad que existe de crear sistemas eficientes de evacuación, es decir que los sistemas que se utilicen, en este caso las escaleras, tengan la capacidad de resistir la combinación crítica de cargas que en un momento dado pueda inducírsele.

2.1.2.1.2-Sistemas de escaleras de uso cotidiano.

Las escaleras de uso cotidiano son aquellas que dentro de una edificación se les mantiene el acceso abierto en cualquier momento de la vida de la estructura, son estas a las que se les demanda diariamente una respuesta antes los esfuerzos inducidos por cargas gravitacionales de ocupación de una estructura. Estas son colocadas en los puntos clave de acceso de la edificación.

Las cargas que normalmente actúan sobre una estructura de este tipo son de origen gravitacional y sísmico de acuerdo con el área en la que se edifique. Para el caso de la República de Nicaragua, se debe tomar en cuenta que se sitúa en una zona clasificada como altamente sísmica, por lo que el diseñador de este tipo de sistemas debe tener el cuidado necesario de considerar las cargas convenientes y que este tipo de graderías se realice considerando el caso de una catástrofe en la cual este sistema se utilizaría como sistema de evacuación y se convertiría en sistema de emergencia primario.

2.1.2.2 -Clasificación de sistemas de escaleras de acuerdo con el sistema de apoyos que sustentan la estructura.

Los sistemas de escaleras pueden clasificarse en tres grupos de acuerdo con el sistema de apoyos en el cual se sustenta su estructura y le permiten poseer estabilidad. Estos grupos se detallan a continuación.

2.1.2.2.1-Escaleras simplemente apoyadas.

Los sistemas de escaleras simplemente apoyadas son las más comúnmente utilizadas dentro de los edificios, estos sistemas se caracterizan por tener una corta longitud la cual puede variar de 3.00m a 4.00m en el sentido longitudinal y tener de 1 a 2m en el sentido transversal, los apoyos pueden estar constituidos por sistemas de vigas ya sea terminales o de apoyo intermedio, muros, losas, incluso columnas.

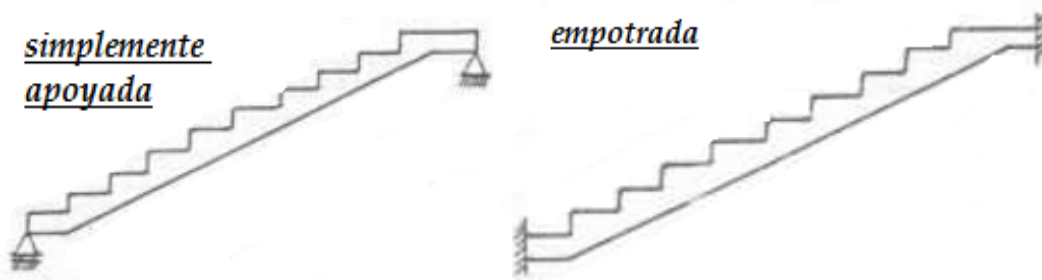
En caso que el sistema posea sistemas de apoyo de vigas intermedias, las luces de las placas que componen las escaleras pueden alargarse y variar entre 4.00m a 6.00m siempre y cuando el sistema posea vigas terminales en ambos extremos y la viga intermedia sea diseñada con la capacidad estructural para resistir los esfuerzos torsionantes que el sistema le induzca.

El sistema de apoyos simples puede darse en un sistema de escaleras, tanto en el sentido longitudinal como en el sentido transversal. Esto indica que el apoyo simple puede darse en los extremos de la placa de concreto armado o bien en los extremos del escalón.

2.1.2.2.2- Sistemas de escaleras apoyadas longitudinalmente. (En la dirección del movimiento).

En el caso de un sistema de escaleras apoyado longitudinalmente, se puede decir que son sistemas de losas o placas apoyados en sus extremos y que llevan en el sentido del eje de la escalera y del escalón el acero de refuerzo principal, este grupo se puede dividir a su vez en sistemas de escaleras simplemente apoyadas de un tramo y sistemas de escaleras simplemente apoyadas de dos o más tramos que como su nombre lo indica, varía el número de placas y apoyos que conforma el sistema, sin embargo su metodología de diseño es la misma. Por su tipo de apoyo podría considerarse como simplemente apoyada o empotrada. Como lo muestra la Figura N°22. Fuente: Fernández Chea / Análisis y diseño de escaleras.

Figura N°22: Sistemas de escaleras apoyadas longitudinalmente.



Sin embargo para el diseño se puede considerar que no existe empotramiento perfecto por lo que, las escaleras siempre se consideran simplemente apoyadas.

Para las escaleras con articulaciones se debe ser cuidadoso con la colocación de las armaduras, porque cualquier desviación en la posición del armado provocara un aumento o disminución de momentos a lo largo de la sección no prevista en el diseño.

Para el dimensionamiento previo generalmente el espesor t de la losa estará entre los 3 y 4 cm por cada metro de longitud entre apoyos.

Cuando la escalera tiene poca luz se puede considera como una viga chata.

2.1.2.2.3- Sistemas de escaleras apoyadas transversalmente (transversal a la dirección de movimiento en la escalera).

En el caso especial de un sistema de escaleras apoyadas transversalmente se trata de un sistema que apoya los escalones en sus extremos ya sea por dos paredes o vigas, o una combinación de ambas, generando de esta forma escalones auto portantes con acero de refuerzo principal en el eje del escalón, este sistema de escaleras debe ser diseñado como simplemente apoyada; Sin embargo, en los apoyos, refuerzos deben ser proporcionados en la parte superior para resistir los momentos de flexión negativos que pueden surgir debido a la fijeza parcial.

De acuerdo con la configuración que posea su sistema de apoyos se puede clasificar en: apoyos articulados en ambos extremos, apoyos empotrados en ambos extremos y apoyos combinados, es decir un extremo articulado y el otro extremo empotrado en una estructura altamente rígida. Desde luego para cada caso el análisis se realiza de manera distinta.

Fuente: Fernández Chea / Análisis y diseño de escaleras.

En algunos caso las escaleras transversales pueden estar apoyadas en un lado empotrado únicamente, en este caso el escalón trabaja de manera individual, donde el momento de empotramiento se considera como lo muestra la FiguraNº23.

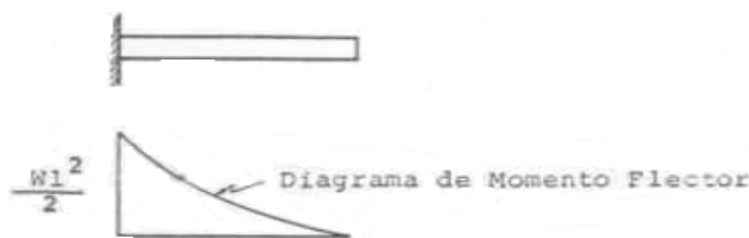


Figura Nº23: Escalón apoyado en un extremo o en voladizo.

Este tipo de escaleras resultan muy económicas dado que la mayoría de los casos es suficiente espesores mínimos para resistir las solicitaciones, ya que su longitud no superaría los 2 m.

2.1.2.2.4 – Sistemas de escaleras cruzadas.

Si existe la posibilidad de colocar cuatro apoyos en los bordes de las escaleras, estas se pueden calcular como cruzadas, de ahí que se les conozca como escaleras cruzadas.

En su diseño se debe prestar especial atención a la relación de luces (Ancho/Largo) ya que no debe superar al valor de 2, para ser considerada con una losa en dos direcciones. Este tipo es usado en edificaciones grandes que necesitan amplios espacios de circulación vertical.

2.1.2.3- Clasificación de sistemas de escaleras de acuerdo con su configuración estructural.

Cuando se habla de configuración estructural se está hablando acerca de las características estructurales que posee un sistema, la manera en la que trabaja, como se inducen los esfuerzos en los apoyos y cada sección de la losa, es decir se detalla el sistema de apoyos que este posee tanto longitudinalmente como transversalmente, el tipo de estructura que conforma el sistema, ya sean escalones en voladizo, losas o placas de concreto armado apoyadas en sus extremos, etc...

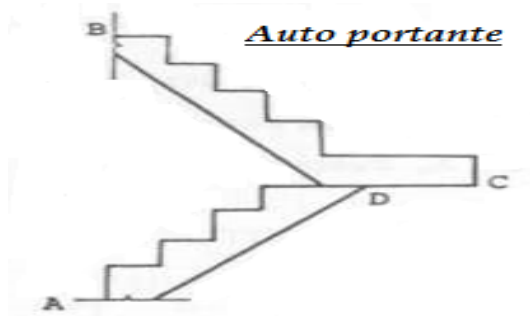
2.1.2.3.1-Sistema de escaleras auto-portantes. Figura N° 24.

Se denomina sistema de escaleras auto-portante a aquel sistema que se conforma por dos tramos de losas de concreto escalonadas y colocadas en sentido contrario una respecto de la otra con un descanso entre ambos tramos, respecto de las losas podemos decir que ambas se encuentran empotradas a elementos rígidos en sus extremos sin embargo el punto común de unión es una losa dispuesta horizontalmente denominada descanso en la cual se concentran esfuerzo torsionantes que son transmitidos a las losas escalonadas y estas a su vez lo transmiten a los elementos terminales, este tipo de estructuras son difíciles de analizar con precisión, pero resultan muy elegantes y cómodas para la edificación.

Este tipo de escalera se considera como un pórtico con un momento en el descanso intermedio, el método de análisis usado depende de la condición de soporte del descanso superior. Si la reacción horizontal puede ser desarrollada, la clásica distribución de momentos puede ser usada considerando la escalera sin traslación.

- Por otro lado si solo la reacción vertical puede ser desarrollada, el punto D puede trasladarse. Para evitar una corrección de deflexión en el procedimiento de distribución de momentos podemos usar el método de clastigliano.

Figura N°24: Escalera auto portante.



Al sumar todos los efectos en la escalera se considerará la torsión por ser el más crítico, el acero principal en el descanso se colocará hasta el centro y el acero mínimo es colocado en el resto hasta llegar al borde del descanso.

La armadura en los tramos se diseñará bajo efectos de la flexión vertical pues es la más importante.

En los lados internos de la rampa se coloca acero, pues existe una fuerza de atirantamiento que forma un momento alrededor del eje de la escalera lo que produce flexotracción en la rama superior y en la inferior se produce flexocompresión.

2.1.2.3.2- Sistemas de escaleras de losa maciza.

Los sistemas de losa maciza son los sistemas de escaleras más comúnmente empleados, ya que su análisis como su diseño no constituye un procedimiento que represente mayor dificultad, este tipo de sistemas se compone de placas o losas de concreto armado las cuales se apoyan en sus extremos en diversos elementos estructurales que se les transmite las cargas colectadas por el sistema de diafragmas compuestos por las losas que integran el sistema de escaleras.

Este tipo de sistemas se sub divide de acuerdo con el número de tramos o losas que lo componen, se puede clasificar este sistema en: sistema de escaleras de un solo tramos, sistema de escaleras de dos tramos de losa con un descanso y sistema de escaleras de tres tramos con dos descansos.

Sistemas de escaleras de dos tramos, apoyada en sus extremos con transmisión de esfuerzos torsionantes en su losa de conexión más comúnmente denominado sistema autoportante de escaleras Fuente: José Calavera / Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón.

Figura N°25: Escaleras de losa maciza de concreto.

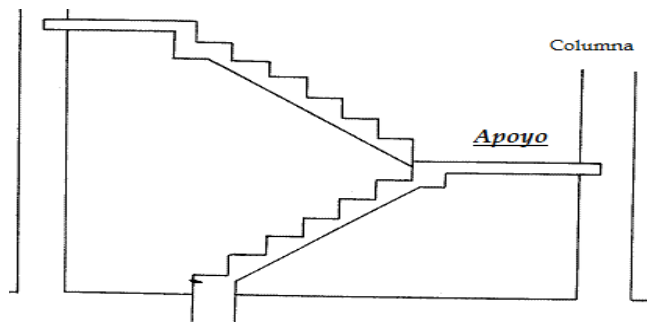


2.1.2.3.3- Sistemas de escaleras con apoyos intermedios.

Se le denomina sistema de escaleras con apoyos intermedios a aquel sistema cuya característica fundamental es la de poseer dos o más tramos de losa dispuestos en la misma dirección y que no poseen apoyos directos sino que su estructura se apoya más comúnmente en sistemas de vigas intermedias.

Este tipo de sistema se considera un caso especial de las escaleras simplemente apoyadas de un tramo ya que este tipo de escaleras se modelan mediante placas de concreto de largos que varían entre 3.00 y 4.00 m, sin embargo el sistema de apoyos intermedios permite prolongar la longitud de un tramo sin que este exceda los 6.00 m con la condicionante que exista un apoyo intermedio que tenga la capacidad de absorber los esfuerzos torsionantes que se le induciría a un descanso. Fuente: José Calavera / Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón.

Figura N°26: Sistemas de escaleras con elementos de apoyo intermedio.



2.1.2.3.4- Sistema de escaleras ortopoligonales.

Comúnmente se puede apreciar en cualquier edificación que los sistemas de escaleras están compuestos por losas que a su vez se les agregan escalones y dan origen a un medio por el

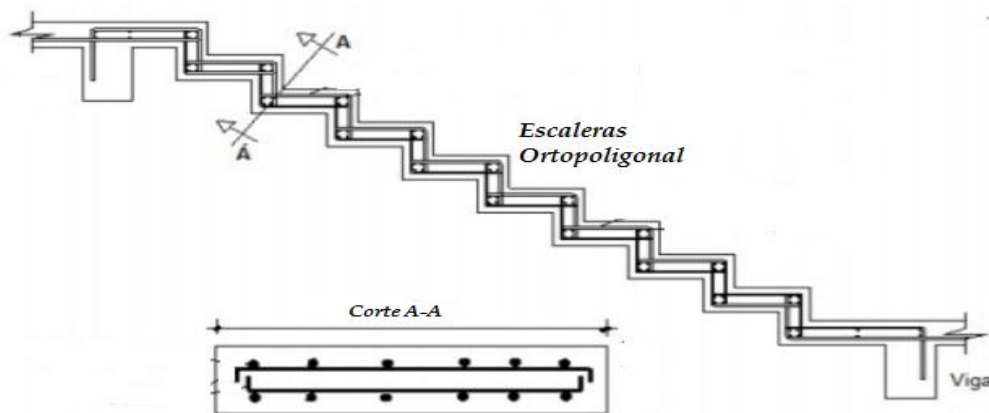
cual un usuario de una edificación puede desplazarse de un punto a otro de un edificio, sin embargo el sistema de escaleras denominado sistemas ortopoligonales se considera un caso especial de los sistemas de escaleras, ya que este no se compone de una losa plana a la cual se le agregan escalones, sino que en este tipo de sistemas, la losa es la que presenta la forma de escalón. Este tipo de sistemas no son muy comúnmente empleados ya que se consideran de un grado de dificultad alto para su ejecución, además de representar dificultades para su análisis y diseño ya que siendo un caso especial se requieren de métodos de análisis y diseño especiales para su cálculo.

El método más exacto para este tipo es el de la analogía de la columna, que considerar a la escalera como una estructura aporricada de un vano obteniendo los momentos de diseño por este método.

Como se mencionó la escalera se considerara como no empotrada ya que para que lo este debe existir una viga rígida en el principio de los descansos o una losa en los extremos del tramo de escalera.

Según el método de las deflexiones angulares conoceremos los momentos, teniendo estos podemos determinar la armadura, la disposición de esta se hará como lo muestra la Figura N°27, este tipo de detalle proporciona un refuerzo en la parte superior, así y por lo tanto puede resistir el momento flector negativo cerca de los soportes, que surja de cualquier fijeza parcial. Los estribos cerrados también pueden mejorar la capacidad de resistencia de cizalla, así como la fuerza axial, ya que no estamos considerando la fuerza axial en el diseño.

Figura N°27: Sistema de escaleras ortopoligonales.



2.1.2.3.5- Sistema de escaleras helicoidales.

Se le denomina sistema de escaleras helicoidales al sistema que emplea como punto de apoyo un elemento de concreto armado diseñado para resistir esfuerzos de flexo compresión, este se considera un caso especial de los sistemas de escaleras con escalones en voladizo empotrados transversalmente, ya que la filosofía de funcionamiento

se basa en escalones empotrados en una columna central la cual le sirve no solo como sistema de empotramiento sino que a su vez le brinda estabilidad al sistema como tal.

Este tipo de sistemas se emplea en edificaciones en las cuales no se cuenta con áreas amplias para la construcción de sistemas constituidos por losas, este sistema se considera como uno de los más adecuados para situaciones en las que no se cuenta con áreas amplias en los ambientes ya que por su tamaño compacto y realizando un correcto análisis y diseño de la estructura nos brindará un servicio de calidad.

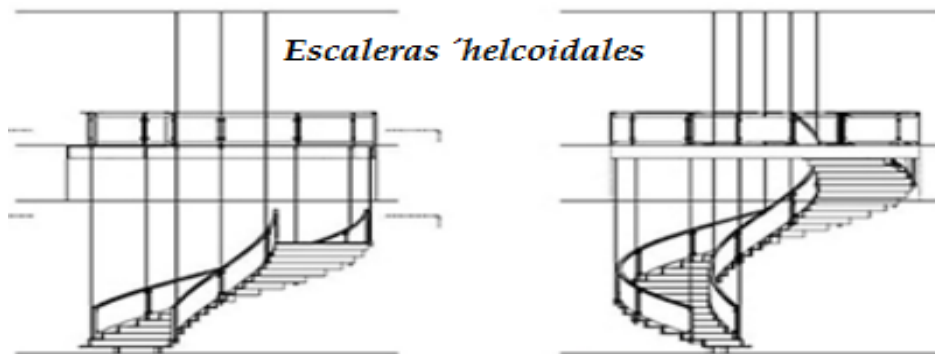


Figura N°28: Sistemas de escaleras helicoidales

2.1.2.4- Clasificación de escaleras según la clase de trabajo que realizan.

2.1.2.4.1- Escaleras de industria.

Escaleras de esta clase son puramente de carácter funcional. Están diseñados tanto para uso interior o exterior de edificios industriales tales como fábricas y almacén, son de naturaleza similar a cualquier construcción de acero ligero. No se incluyen las escaleras que son partes integrantes de equipos industriales.

2.1.2.4.2- Escalera de servicio.

Esta clase de escaleras sirve principalmente a propósitos funcionales, aunque no es poca atractiva en apariencia. Las escaleras de servicio normalmente son escaleras cerradas y proporcionan un medio secundario o de emergencia de los viajes en plantas. Pueden servir empleados, inquilinos, o al público, y son generales y utiliza cuando la economía es una consideración.

2.1.2.4.3- Escalera Comercial.

Escaleras de esta clase son por lo general para uso público y son de diseño más atractivo que los de la clase de servicio. Ellos pueden ser colocados en lugares abiertos o pueden ser situadas en las escaleras cerradas, en público, institución o edificios comerciales.

2.1.2.4.4- Escaleras de vista arquitectónica.

Esta clasificación se aplica a cualquiera de las escaleras más elaboradas, y por lo general más caros; los cuales están diseñados para ser características arquitectónicas de un edificio. Pueden ser diseñados a la medida en su totalidad o pueden representar combinación de piezas estándar, con especial diseño de elementos como larguerillos, barandillas, bandas de rodadura o plataformas. Por lo general. Los materiales, detalles de fabricación y acabados utilizados en las escaleras de la clase de arquitectura varían ampliamente, según lo dictado

por las especificaciones del arquitecto. Como regla general, las juntas de construcción se hacen lo menos visibles posible.

2.1.2.5- Clasificación de escaleras según sus zancas.

Desde el punto de vista estructural una escalera puede realizarse de distintas formas, esta clasificación nos habla sobre la forma característica de las escaleras como:

2.1.2.5.1 – Losas continuas.

Las zancas resueltas estructuralmente como losas continuas no ofrecen ninguna dificultad estructural, las luces a salvar plantean a veces el problema de sustentar esa meseta intermedia para salvar la luz total, lo cual es de uso ocasional en algunos diseños y en otros es exigido.

En general se construyen losas uniformes, generalizando el peldaño, el cual precisamente no colabora con la absorción de las deflexiones.

2.1.2.5.2 - Peldaños volados.

Pueden estar resueltas con cualquier material, siendo más frecuentes en caso de escaleras de madera o acero. La estructura portante resistente son peldaños apoyados en toda su longitud. Como ejemplo más frecuente se encuentran las escaleras resueltas con peldaños de ladrillo apoyados sobre una losa de hormigón. Es el caso de las escaleras con peldaños empotrados en una pared tomando como empotes volados (de patas o apoyo lateral) o en un macizo central (escaleras de caracol), y las escaleras de peldaños colgados.

Estas modernas escaleras son estructuras básicas y funcionales estructuralmente, este tipo de escaleras es particularmente atractiva en una casa o residencia con decoración moderna. Hay muchos métodos, técnicas y materiales que usted puede utilizar para construir una escalera flotante.

2.1.2.5.2- Zancas helicoidales.

La zanca de una escalera helicoidal suele adoptar la forma de un caracol en su sentido abstracto, esta escalera denota una elegancia y eficiencia que la hacen llamativa, en el diseño esta forma colabora eficazmente en la estabilidad de la estructura, pero al considerarla en el cálculo se complica el problema de tal modo que no se considera su eficaz colaboración ya que se considera a la escalera como un elemento lineal.

2.2 - Modelación.

Todo método de cálculo de estructuras de hormigón se inserta en un proceso general, que comprende las siguientes etapas principales:

- a) Concepción de la estructura
- b) Establecimiento de las acciones
- c) Elección de los materiales
- d) Introducción de la seguridad
- e) Cálculo de las solicitaciones
- f) Dimensionamiento de secciones y piezas
- g) Desarrollo de los detalles constructivos

La funcionalidad, durabilidad, economía y cualidades estéticas de la estructura están fuertemente condicionadas por la eficacia con que se resuelven estas etapas.

Para el proceso de diseño se realizó la aplicación de la metodología de proyecto que nos permita confeccionar un proceso único en el diseño de la escalera de concreto reforzado. Que abarque:

- a) Proceso de Diseño tipológico de la escalera.
- b) Proceso de cálculo estructural.
- c) Determinación de elementos inducidos.
- d) Proceso constructivo y desactivación.
- e) Condiciones de uso y requerimientos para el mantenimiento

La ejecución de un proyecto de sistemas de circulación vertical en una edificación de varios niveles puede ser concebido como parte del proyecto ingeniero de la obra pero si se tomase en cuenta como un objeto parcial de acuerdo a su envergadura podría abarcar parcialmente toda una dimensión de trabajo que se complicaría en función de las tareas a realizar, es por eso que a veces erróneamente no se le presta especial atención.

2.2.1-. Proceso de Diseño propuesto.

2.2.1.1- Análisis de las variables arquitectónicas.

- a) Condicionantes antropométricas y ergonómicas.
- b) Determinación de las condiciones de uso.
- c) Definición de las condicionantes límites y barreras de espacio. (Puntales, muros y aberturas de acceso).
- d) Solución del tipo de escaleras y formas de la traza de desarrollo.

2.2.1.2-Determinación de la tipología.

- a) Tipo, Tecnología constructiva, parámetros y restricciones.
- b) Materiales componentes.
- c) Definición de propuesta de estructura y elementos auxiliares componentes (pasamanos y barandas).
- d) Condiciones de apoyo (cimentación) y de distribución.
- e) Definición de obras inducidas y elementos de soporte.
- f) Condiciones especiales (limitaciones físicas y cargas puntuales).

2.2.1.3-Dimensionamiento.

Se entiende por dimensionamiento la determinación de las propiedades geométricas de los elementos estructurales y en el caso de elementos de concreto reforzado, también comprende la determinación de la cantidad y ubicación del acero de refuerzo. Se define en detalle la estructura y se revisa si cumple con los requisitos de seguridad establecidos

- a) Hueco o caja de escalera.
- b) Ancho y dimensionamiento del escalón. (Huella, Contrahuella).

- c) Arranque.
- d) Desembarque.
- e) Descanso(s)
- f) Pendiente.

2.2.1.4-Determinación de las variables estructurales.

- a) Determinación del perfil estructural.
- b) Definición de los elementos estructurales componentes.
- c) Dimensionamiento estructural de los elementos, base, apoyo, desembarco y descanso.
- d) Calculo y dimensionamiento de peralte de la losa y/o sección de la(s) viga(s) estructural(es) de soporte.
- e) Dimensionamiento estructural del peldaño y sus componentes.
- f) Diseño de cimentación y estructuras de apoyo inducidas.
- g) Determinación de las cargas.
- h) Determinación de las solicitaciones.
- i) Diagramas de distribución de acero y especificaciones de los materiales.

No obstante, en una implementación de obra cabe abordar con mayor incidencia en un estudio posterior las técnicas de dirección y administración del proyecto acerca de la tecnología a aplicar en su ejecución con un alcance de contenido referente a la implementación del proyecto en sí, lo cual no se abordaría en esta fase de ingeniería ya que dependería de los diferentes proveedores de recursos, la ingeniería de compras, constructores e instaladores de los trabajos, los que variarían según las licitaciones y concursos para la realización de la obra, cliente y lugar en cuestión.

El diagrama simplificado del objeto para la ingeniería de diseño sería el que se muestra en la Figura N° 29.

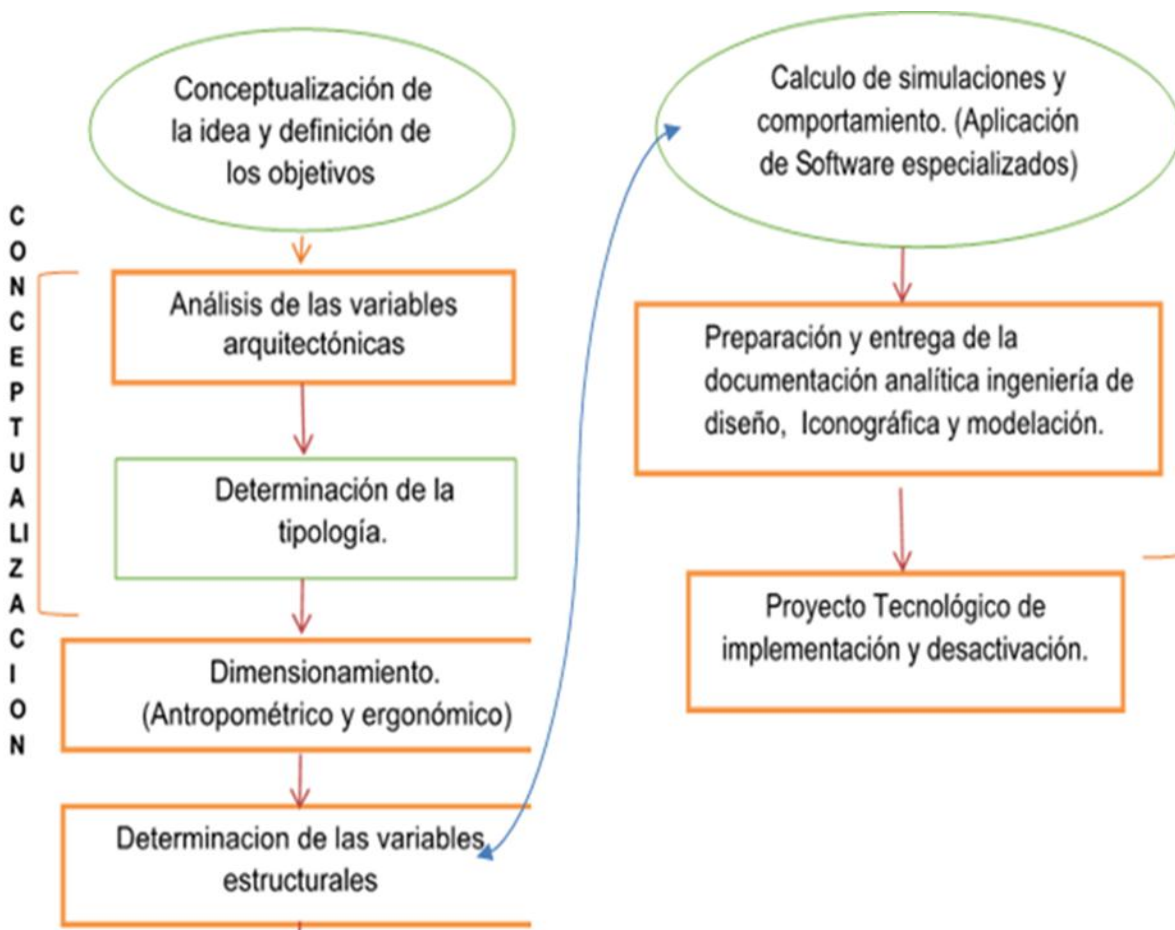


Figura N°29: concepto de diseño

CAPÍTULO 3.

CARGAS Y FALLAS ACTUANTES EN LOS SISTEMAS DE ESCALERAS.

3.1 - Cargas de Diseño

Las escaleras resisten acciones de varios tipos, algunas son de carácter permanente y otras de carácter variable. Entre ellas las hay que actúan en dirección vertical y otras horizontal y otras que por supuesto podrían actuar en cualquier sentido.

Una clasificación interesante es la siguiente:

Las acciones pueden clasificarse por cuatro puntos de vista generales:

- ❖ Por su naturaleza.
- ❖ Por su variación en el tiempo.
- ❖ Por su variación en el espacio.
- ❖ Por su carácter estático o dinámico.

Podríamos afirmar que intentar entrar en detalle en estas clasificaciones sería redundar en tres aspectos fundamentales conocidos, los cuales son:

- Carga muerta
- Carga viva
- Carga accidental

En escaleras se determinan las cargas por metro lineal, considerado para el cálculo de la losa el refuerzo total del elemento utilizado, y el ancho real de la losa, que dará el valor de las solicitaciones. En este trabajo, se refiere al término carga, a aquel efecto que resulte de la necesidad de cierto refuerzo resistente por parte de la estructura.

3.1.1- Carga muerta o peso propio

Carga muerta, se le denomina al conjunto de fuerzas que actúan de forma permanentes dentro de una estructura, tanto en posición, como en magnitud. En el presente trabajo, se considera como cargas muertas, los pesos de todos elementos constructivos, los acabados finales, los barandales, losas y apoyos. Así como todo recubrimiento que puede llegar a aplicarse.

La carga permanente real, no es uniforme en toda la luz de la escalera, pues en los descansos hay menor valor, que en los peldaños o escalones. No obstante, se acepta considerar una carga uniforme para toda la luz del cálculo, por lo que es recomendable, el peso total de la escalera incluyendo escalones y revestimientos, dividido a la luz proyectada (L), Para considerar el resultado, como carga muerta uniformemente distribuida

$$CM = PP. \text{ escalera} / \text{luz proyectada (L)}$$

En casos, que la rama tiene descansos, en ambos extremos, ocasiona un momento flector menor que el momento real, ya que el peso mayor queda en la zona central, es más aconsejable, tomar un tramo de la zona de los escalones, entre dos secciones verticales, separados, a un metro, y obtener la carga total correspondiente a dicho tramo, y considerar la misma como carga uniforme por metro lineal de luz proyectada. Dentro de ese tramo, se obtiene carga muerta uniformemente repartida, que corresponde a todos los pesos propios de los elementos de una escalera, revestimientos, mortero, escalones y losa, además la sobrecarga recomendada.

En casos que la rama tiene descansos en ambos extremos, ocasiona un momento flector menor que el real, ya que el peso mayor queda en la zona central, es más aconsejable, tomar un tramo de la zona de los escalones, entre dos secciones, verticales, separados a un metro, y obtener la carga total correspondiente a dicho tramo, y considerar la misma como carga uniforme por metro lineal de luz proyectada. De esta forma las solicitaciones quedan al lado de la seguridad cubriendo los errores que implican las simplificaciones que se aplican al diseño de escaleras. Dentro de ese tramo, que se tiene una carga permanente, corresponde a todos los pesos propios de los elementos de una escalera, revestimientos, mortero, escalones y losa, y además la sobrecarga recomendada.

3.1.2 Carga viva o de ocupación

La carga viva, se le conoce también con el nombre de carga de ocupación, se puede definir, como el conjunto de fuerzas que se producen por el uso y ocupación, de las edificaciones, y que no tienen carácter permanente, en el caso de escaleras, se definirá, como carga viva, a los usuarios que por ellas se transitan. La carga viva, será variada, según el uso que le pretende dar a una estructura, en el caso de escaleras, esta carga, ya está definida por el reglamento nacional de construcción, quien presenta una serie de valores de cargas, con sus respectivas dimensiones, que se recomiendan ser empleadas para casos específicos. Como se muestra en la Tabla 7.

Tabla Nº 3: Cargas vivas unitarias mínimas (kg/m²) de acuerdo al RNC-07

Destino		Máxima CV	Incidental CVR
Escaleras		500	250
Estadios y lugares para espectáculo provisto de gradas(desprovisto de bancas o butacas)		500	350
Bodegas:	Ligero	450	400
	Semi-pesado	550	475
	Pesado	650	550

Estas cargas, se presentan, uniformemente distribuidas, aunque cabe mencionar que a lo largo de vida, de una edificación, estas cargas serán inciertas, sin embargo, los valores presentados, superan los promedios esperados, por lo que se hace énfasis, en el incluir, la carga de impacto, en nuestro caso, se sugiere agregar, a la Carga viva, entre mínimo de 15%, y un máximo de 30%, en concepto de carga por impacto.

La carga de impacto, no es más que una aplicación súbita, de la carga viva, por ello, se recomienda, en estructuras que son susceptibles, a ser sometidas a este tipo de esfuerzos, En el caso de las escaleras, se puede apreciar, con facilidad, que estos elementos expuestos al impacto, pues con el simple caminar, de un usuario, se impacta la estructura.

Si se hace énfasis, en el estudio de la carga viva, se puede comprender que en algunos casos específicos, no es conveniente únicamente, tomar datos de cargas ya tabuladas y trabajar con ellos, un análisis, para posteriormente diseñar, pues algunos datos de cargas, pueden ser muy tomados, a la ligera sin hacer énfasis de las condiciones en que se estimaron, por ello conviene, que el diseñador haga su propio análisis, y estime la carga viva, con la que contará, la edificación o sistema que diseñará, se puede mencionar, el caso particular de bodegas, que la carga varía, de acuerdo a lo que allí se albergará, y no se puede utilizar un valor fijo de carga, aunque algunos recomiendan, usar un valor de 650 kg/m² pero no especifican, lo que contendrá la bodega, con esta carga. Por ello un breve análisis, podría consistir, en estimar un sistema de escaleras, con un ancho de 1.00 m y una longitud inclinada de 3.00 m, podría albergar en promedio de 12 personas corriendo e impactando la estructura, con base en estos criterios, se podría tener un estimado real, de la carga viva, a emplear en el diseño y esto conllevaría a obtener un sistema eficiente estructuralmente, y a la vez apegado a la realidad, sin embargo, como se expone con anterioridad, la carga viva debe tenerse claro que se puede originar de la forma asumida, no se genere de esta forma o simplemente no se dé nunca.

3.1.3 Cargas ambientales

Las cargas ambientales, son todas aquellas fuerzas, que actúan en una estructura, las cuales proviene de la naturaleza, entre las cargas ambientales más comunes, se puede mencionar la succión y presión del viento, el empuje de suelos, las cargas por acumulación de agua de lluvia en superficies planas, fuerzas causadas por los cambios de temperatura y fuerzas inerciales inducidas por sismos,

Entre la carga viva y la carga ambiental comparten un factor común, en ambos casos es muy incierto el determinar su incidencia y su permanencia sin embargo conviene apoyarse en códigos que se basan específicamente en el diseño de estructuras sometidas a este tipo de fuerzas para desarrollar un sistema estructural acorde a la necesidad.

3.1.3.1- Carga sísmica

Los sismos, terremotos o temblores de tierra, son fenómenos naturales que se generan por el movimiento de placas tectónicas o fallas geológicas que existen en la corteza terrestre, y también, por actividad volcánica. Sin embargo, son los de origen tectónico los de mayor importancia debido a la dimensión de sus efectos.

El movimiento sísmico del suelo se transmite a las edificaciones que se apoyan sobre éste. Las cimentaciones del edificio tienden a seguir el movimiento del suelo, mientras que, por inercia, la masa del edificio se opone a ser desplazada dinámicamente y a seguir el movimiento de su base, en este intervalo de tiempo se generan fuerzas contrarias en los extremos de las columnas. El movimiento del terreno consta de vibraciones horizontales y verticales. El estudio de las mismas ha indicado que en general son más críticas a las edificaciones las vibraciones horizontales.(Figura N°29).

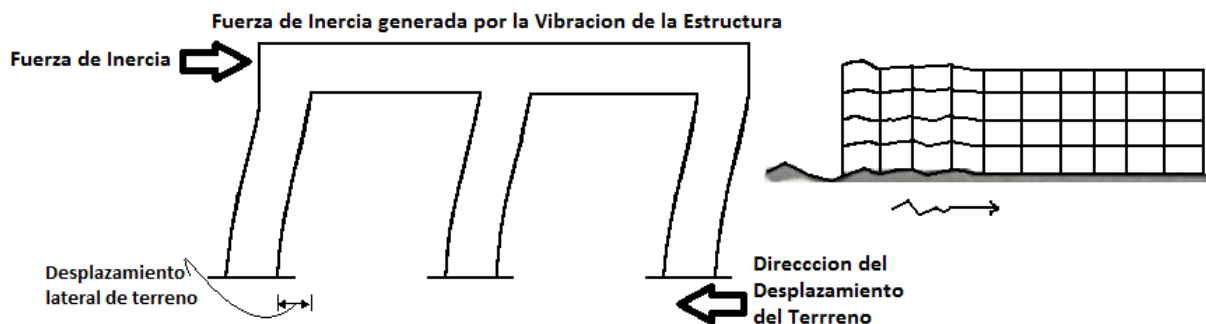


Figura N°29: Interacción sismo estructuras.

En términos generales se establecen cuatro requisitos siguientes para el sistema estructural de edificios en zonas sísmicas:

- El edificio debe poseer una configuración de elementos estructurales que le confieran resistencia y rigidez a cargas laterales en cualquier dirección. Esto se logra generalmente, proporcionando sistemas resistentes en dos direcciones ortogonales.
- La configuración de los elementos estructurales debe permitir un flujo continuo, regular y eficiente de las fuerzas sísmicas desde el punto en que éstas se generan (o sea, de todo punto dónde haya una masa que produzca fuerzas de inercia) hasta el terreno.
- Hay que evitar las amplificaciones de las vibraciones, las concentraciones de esfuerzos y las vibraciones torsionales que puedan producirse por la distribución

irregular de masas o rigideces en planta o en elevación. Para tal fin conviene que la estructura sea lo más posible:

1. Sencilla
2. Regular
3. Simétrica
4. Continua

d) Los sistemas estructurales deben disponer de redundancia y capacidad de deformación inelástica que les permita disipar la energía introducida por sismos de excepcional intensidad, mediante elevado amortiguamiento inelástico y sin la presencia de fallas frágiles locales y globales.

Aun cuando el diseñador trate de adoptar el proyecto a estos requisitos siempre el daño que puede ocurrir es altamente probable que se manifieste, con regularidad las escaleras son encerradas entre muros que contienen vigas intermedias y principales de entrepiso, a estas se conectan los tramos de las escaleras, la energía que es dirigida a cada nivel a su vez es repartida entre los puntos de apoyo de las escaleras, imprimiéndoles fuerzas de tensión y compresión durante la oscilación, esto tiene un gran impacto en toda la edificación ya que de ser deshabilitado el sistema de escaleras los ocupantes del edificio podrían quedar atrapados en el mismo en caso de emergencia. La Figura N°30 muestra estos efectos, note que es recomendable utilizar juntas de disipación de energía.

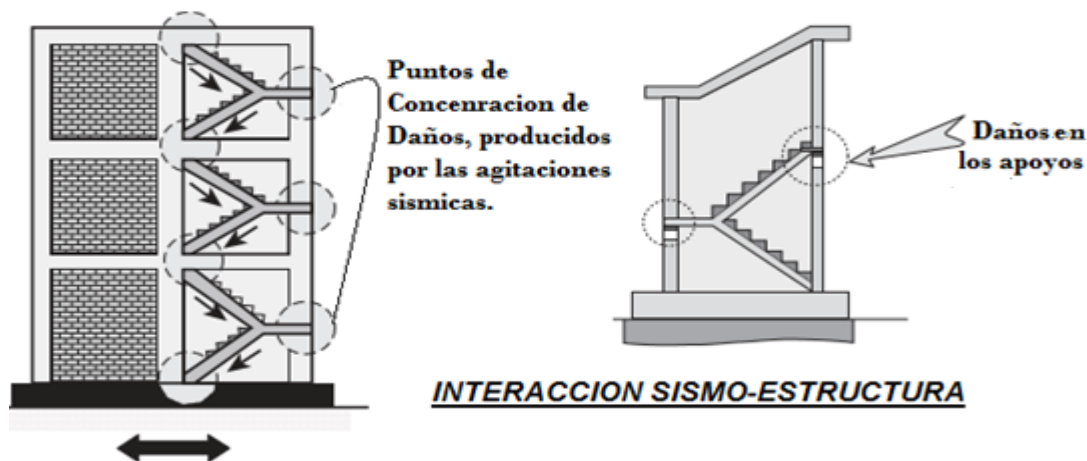


Figura N°30: puntos críticos producidos por sismos.

Hoy en día se cuenta con muchos códigos que brindan información acerca de la determinación de la carga que le induce un sismo a una estructura, el análisis de estas cargas, tiene por objetivo, determinar los requerimientos mínimos, para el diseño estructural, de tal forma que la escalera, pueda resistir eventos de origen sísmico basados principalmente, en el comportamiento dinámico de la estructura, para prevenir daños, ante terremotos pequeños y frecuentes, así como daños graves ante terremotos moderados y poco frecuentes. Finalmente para evitar su colapso ante terremotos severos que puedan ocurrir rara vez todo durante la vida útil de la escalera, salva guardando la vida de sus ocupantes. Para el análisis de estas cargas se debe establecer un modelo matemático, adecuado para escalera, el cual debe ser capaz de representar su comportamiento real y por tanto, debe tomar en cuenta la distribución especial, de las masas y rigideces de todos los elementos de la escalera de concreto reforzado, motivo del presente trabajo, el modelo debe

reconocer el hecho de que las secciones de los elementos se encuentran agrietadas desde el instante mismo de su construcción.

Como se ha expuesto en secciones anteriores a partir de las grandes catástrofes ocurridas a principios del siglo XX, el hombre ha iniciado la búsqueda de métodos por los cuales estimar la magnitud de la carga sísmica y cómo aplicarla a las estructuras, con el fin de crear edificaciones que sean capaces de resistir los eventos sísmicos de alta magnitud, el presente trabajo, proporciona, tres códigos diferentes, para el cálculo de las solicitaciones sísmicas en escaleras

En este trabajo de graduación, se expondrán las ecuaciones y procedimientos, que deben realizarse para la determinación, de la magnitud y posición de la carga sísmica en una estructura, ya que son variados los códigos que proporcionan métodos para la determinación de estas fuerzas. Incluyendo la fuerza basal que es definida como la carga generada a nivel de la cimentación de una estructura, que es inducida por un evento sísmico, este a su vez, distribuye en los pisos de una estructura aplicándose con el concepto de una carga lateral, al poseer los valores de fuerzas de piso se puede proceder a realizar un análisis de carga lateral y posteriormente a diseñar los miembros de una estructura. Pero es fundamental aplicar al diseño, los requisitos de un código como el ACI en su capítulo 21 donde se basa específicamente para zonas altamente sísmicas como lo es la República de Nicaragua.

3.2- Teoría de Deficiencia en el Análisis, Diseño y Construcción de los Sistemas de Escaleras.

Para tener una mejor comprensión alrededor del tema de diseño de escaleras de concreto reforzado debemos conocer las fallas más comunes que ocurren en los sistemas de escaleras.

El RNC afirma que un estado límite está definido por una combinación de fuerzas, desplazamiento o niveles de fatiga, que determinan el inicio de un comportamiento inaceptable de la estructura. Para efectos de diseño estructural, se deben considerar, como mínimo, dos estados límite: el estado límite de falla, y el estado límite de servicio.

Se considera como estado límite de falla al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o cualquiera de sus componentes, o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente la resistencia ante nuevas aplicaciones de carga. Esto se refiere, en general, a que se alcance, en las secciones críticas de los elementos estructurales, la capacidad ante carga axial, flexión, cortante, torsión, o combinaciones de estas fuerzas internas.

Las fallas pueden ser de diseño, ejecución, accidentales. Lamentablemente se pueden localizar fallas como: incorrecta modelación de los escalones, variaciones en contra huellas, inclinaciones superiores a lo recomendado por circunstancias de seguridad, hasta lo más inesperado que son fallas en los anclajes de los sistemas de escaleras, es decir sistemas

con los apoyos fallados por cortantes, losas del sistema falladas por flexión y cortante diagonal, descansos fallados por esfuerzos de torsión, etc.

Sin embargo hay otros factores que también se debe tomar en cuenta al momento de ejecutar un sistema de escaleras. Uno de esto factores importantes es sin lugar a duda la mano de obra, se debe contar con personal capacitado para llevar a cabo este tipo de obras que constituyen elementos estructurales de alta importancia en las edificaciones.

3.2.1- Teoría de fallas de Origen Arquitectónico.

El diseño arquitectónico o modelación de un sistema de escaleras es sin lugar a duda uno de los pasos más importantes en el anteproyecto y en la ejecución de una edificación ya que será este el que le dará un aspecto estético al sistema pero que además hará que el sistema sea cómodo o incomodo de transitar por el usuario. Muy a menudo se pueden ver sistemas de escaleras que arquitectónicamente están mal diseñados o mal ejecutados.

Los defectos arquitectónicos también pueden producirse por la mano de obra no calificada o una mala supervisión de proyecto.

3.2.2- Deficiencias constructivas de los sistemas de Escaleras

Como se ha podido apreciar en las secciones anteriores, los sistemas de escaleras son sistemas que muy a menudo se ven afectados por factores de diversas índoles, se pudo observar que desde el análisis y el diseño estos son sistemas vulnerables a ser afectados y el momento de la construcción de dichos elementos no es la excepción, ya que se debe analizar la realidad nacional hablando específicamente de la mano de obra y su calidad. En el mercado de la construcción se encuentran diversos tipos de obreros, muchos de ellos empleando un sin número de trabajos para los cuales no están capacitados, mediante estadísticas tomadas para este caso específico se pudo constatar que esta información no es errónea, pues con base en encuestas realizadas a 25 personas se obtuvo que el 36% de los trabajadores de la construcción han recibido algún curso que les permite ejercer con un conocimiento básico las labores que realizan.

3.2.3- Teoría de fallas en los anclajes de la estructura de un sistema de escaleras de concreto reforzado.

Cuando se habla de fallas en los anclajes se refiere básicamente a fallas en las características físicas que presentan los sistemas de apoyo terminal o intermedio, por medio de las cuales puede apreciarse que los elementos en los que un sistema de escaleras se

sustenta o se empotra no tuvo la capacidad de resistir los esfuerzos colectados por el sistema de escaleras e inducidos a los apoyos. Cuando se habla de características físicas que evidencian la falla se debe mencionar que se refiere a fisuras y posteriormente agrietamiento.

Fuente: A. Harmsenn / Diseño de estructura de concreto. Página 275.

En el caso de sistemas de vigas de apoyo ya sea intermedio o de apoyo terminal se puede decir que las fallas puede ser muy variadas, estas pueden presentar fallas como cualquier otra viga que trabaja a flexión, se sabe que una viga puede presentar fallas por corte diagonal más comúnmente conocida como falla por tensión diagonal o falla por flexión y fallas al cortante directo.

Para comprender estos términos se debe saber que el corte se define como el esfuerzo inducido a un elemento estructural por cargas o componentes de cargas aplicadas a un elemento mediante la fórmula $F = f * \text{Sen}\Theta$, donde “f” será la fuerza aplicada y “ Θ ” será el ángulo entre la fuerza aplicada y el elemento. Esta es la definición más simple de cortante, sin embargo en el estudio del concreto armado este concepto va más allá de esta simple explicación ya que el cortante en función de las coordenadas de aplicación en un cuerpo produce a su vez momentos flectores y es en estos dos conceptos se basa la filosofía del diseño de estructural de una viga de apoyo, en el caso de las fallas en los anclajes, cuando el anclaje de un sistema de escaleras es llevado a cabo en una viga, la falla más común podría ser inducida por cortantes aplicados de forma directa o resultado de la tensión diagonal, es decir que las fuerzas aplicadas podrían inducir un cortante diagonal en la fibra extrema en tensión de una viga y producir una fisuración en la zona donde los esfuerzos tensionales son máximos. Este tipo de falla se le conoce como falla por corte diagonal o por flexión.

En el caso de una falla por flexión se sabe que este tipo de fallas se origina cuando los momento flectores superan la capacidad del elemento, este tipo de fallas se presentan de forma progresiva. En el caso de una falla inducida por esfuerzos de flexión pura de un elemento de apoyo terminal se puede decir que se presenta cuando en la línea de esfuerzos diagonales en la fibra extrema en tensión supera la capacidad resistiva del acero trabajando como unidad individual a tensión y se presenta un alargamiento que el concreto no es capaz de resistir y falla mostrando fisuración quedando como unidad de trabajo el acero. Estas fallas son las que comúnmente se podría visualizar en vigas o cimiento de apoyo terminal sin dejar de mencionar las fallas por cortante directo originadas debido a la poca capacidad de deformación que posee un concreto.

Cuando los elementos de apoyo terminal son losas la falla más común es inducida por cortante en el área del empotramiento la filosofía del comportamiento de una falla por corte en una losa redundaría básicamente en los criterios que se manejan en el caso de una viga ya que estos dos elementos trabajan principalmente a flexión. Pero existen otros factores que podrían originar agrietamiento inducidos al corte y entre ellos se puede mencionar un factor que es muy común en las edificaciones y es cuando se construyen losas que no tienen el espesor adecuado para las cargas que se le inducirán, esta deficiencia genera el agrietamiento y expone en gran manera la integridad de las estructuras y por ende los usuarios de las mismas. Se debe recordar que el código ACI define el concepto de losa como un sistema colector de cargas que se encarga de transmitir esfuerzos a los elementos de estabilidad lateral (vigas y columnas), por lo que se puede comprender que las cargas que un sistema de escaleras pueda inducirle a una losa va directamente a recaer sobre el sistema de vigas de apoyo de la losa, sin embargo los cortantes son aplicados directamente sobre la misma escalera.

Fuente: Arthur Nilson / Diseño de estructura de concreto armado. Página 313

En el caso de las fallas por corte se sabe que se originan debido a la deformación del concreto por esfuerzos tensionantes o por esfuerzos compresivos que superan la capacidad compresiva del concreto, el concreto no teniendo una alta capacidad de deformación cede ante los esfuerzos inducidos por el cortante aplicado y se manifiesta por medio de la fisuración y posteriormente el agrietamiento. Una falla por corte puede presentarse en algunos casos de manera súbita creando de esta forma un grande peligro por el contrario una falla por flexión se manifiesta con un agrietamiento del concreto, una fluencia gradual del acero y grandes deflexiones que permiten actuar de forma preventiva y hacer las correcciones convenientes. Es en este punto donde aparece el concepto del refuerzo transversal de un elemento ya que será esta el que permitirá que el concreto tenga cierta deformación sin llegar a fallar. Es importante saber cómo y dónde debe tenerse más en cuenta el refuerzo transversal, para evitar ello se recomienda seguir los lineamientos de diseño sugeridos por los códigos constructivos aplicables al país donde se lleven a cabo las construcciones.

En el caso de Nicaragua que cuenta con un código reconocido legalmente que legisla la construcción se hace la recomendación muy personal del autor de regirse de acuerdo con el código Nacional y de ser necesario con el código ACI318 específicamente en el capítulo 21 en el cual todos los requerimientos están basados para la construcción de estructuras de concreto armado en una zona altamente sísmica como la ciudad de Managua. El código

antes citado, recomienda referente a vigas, ponerle mucha atención a las áreas cercanas a los nudos en toda conexión con otro elemento y confinar con estribos extras una distancia igual a dos veces la altura del elemento tomado a partir de la cara del mismo y colocar el primer estribo a una distancia máxima de 0.05 m a partir del nudo. En el caso de un anclaje de viga-escalera se recomienda confinar toda la zona del anclaje y además una distancia de no menos de 0.15 m a partir de haber finalizado el anclaje del sistema de escaleras con la viga apoyo terminal o intermedio, en el caso contrario de la losa no lleva refuerzo por corte únicamente se recomienda utilizar para su diseño las cargas correctas y las consideraciones de la sección 13.3 ACI318.

Fuente: Arthur Nilson / Diseño de estructura de concreto armado.

3.2.4- Teoría de fallas por flexión en Apoyos de Sistemas de Escaleras.

La mayor parte de los elementos estructurales compuestos por concreto armado se someten a compresión y a flexión de forma simultánea producto de las cargas transversales que se les impartan o por momentos flectores en los extremos inducidos por continuidad estructural, el caso de los sistemas de escaleras no es la excepción, ya que en el caso muy particular de los sistemas de escaleras helicoidales la columna central en la que se apoyan los escalones en voladizo se encuentra trabajando bajo efectos de flexo-compresión, por lo que la columna debe ser diseñada como tal. El momento flector en este caso es inducido por las estructuras en voladizo de los escalones, pero el momento flector máximo se genera en el momento en que la carga viva está siendo aplicada, por lo que para el diseño de este tipo de escaleras deberán tomarse la consideraciones de un elemento que trabaja a flexión y a compresión simultáneamente, además de los requisitos de anclaje de cada uno de los escalones para el diseño del refuerzo transversal de la columna de apoyo central como se le denomina.

Fuente: Arthur Nilson/ Diseño de estructura de concreto armado. Página 28

Estudios realizados por el ACI y el ASCE han determinado que en la mayoría de estructuras existentes no se tomó en cuenta los efectos de la esbeltez y de la flexo-compresión en los elementos por lo que se ha visto reducida la capacidad de los miembros hasta en un 40% como causa de esta omisión, por ello se recalca la importancia de analizar y diseñar este tipo de elementos mediante el proceso correcto con el fin de evitar fallas posteriores, en este tipo de elemento las fallas más comunes son fallas relacionadas con el corte diagonal en zonas en las cuales la tensión se desarrolla en su valor máximo, esta falla se induce debido a los esfuerzos flexionantes que se le inducen al elemento, en este caso en particular es muy poco común que ocurran fallas por aplastamiento del concreto pero se deben tomar los criterios

de la sección 21.3.3.1 del código ACI318 para refuerzo transversal para evitar posibles pérdidas de capacidad en los miembros.

3.2.5 - Teoría de fallas en la estructura de un sistema de escaleras inducidas por sismos.

Es bastante escasa la literatura disponible sobre el comportamiento de las escaleras en zonas sísmicas. Pero como sabemos estos no dejan de tener una marcada importancia en la vida útil de una estructura.

- ❖ Cuando las fuerzas sísmicas actúan en la misma dirección de la losa escalera, los tipos de daños incluyen:

1. Daño por flexión en la huella de los escalones



1. Pandeo de cabillas y astillamiento del concreto



2. Daños en el soffito de la losa escalera

2. Daños por corte en la intersección de la huella y la contrahuella.

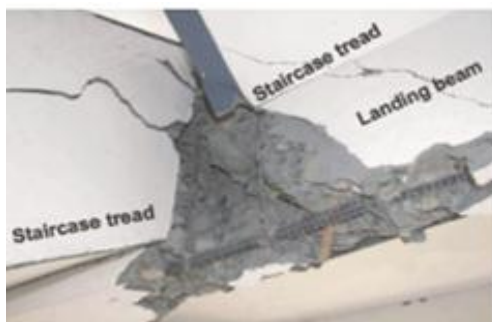


1. Daños por fuerzas cortantes en las escaleras



2. Separación total en los escalones

3. Fallas por corte en la viga que recibe a la losa escalera.



1. Daños en la unión escalera-viga de apoyo



2. Daños por corte y deformación por flexión en la viga soporte

4. Aplastamiento en la conexión de la losa escalera con la viga que la soporta



Figura N°31: Daños producidos por sismos.

❖ Cuando las fuerzas sísmicas actúan perpendicularmente a la losa escalera:

Daños en las columnas adyacentes a la caja de escaleras.

El tipo de daño observado es fundamentalmente articulaciones plásticas en la unión del descanso de la escalera a la viga soporte y las columnas, o solamente las columnas.

También, los investigadores de la Universidad de Nápoles “Federico9 II”, presentaron un estudio de las escaleras construidas en Italia entre 1954-1980, y luego de elaborar modelos matemáticos para realizar análisis dinámicos lineales y no lineales, concluyeron lo que los terremotos han evidenciado: las escaleras incrementan la resistencia y la rigidez de los pórticos estructurales atrayendo las fuerzas sísmicas, que causan, además de las fallas por fuerzas cortantes en las escaleras y las columnas que la soportan, grandes fuerzas axiales en las vigas inclinadas, cuando éstas se utilizan como soporte principal de la escalera.

Toda esta información permite concluir que los arquitectos e ingenieros estructurales deben incorporar las escaleras como miembros sísmos resistentes capaces de afectar el comportamiento de toda la edificación.

3.3- Recomendaciones Sismo resistentes.

Una estructura de concreto reforzado debe ser proyectada, construida y utilizada de manera que bajo las condiciones de uso y de exposiciones ambientales previstas se mantenga en un nivel adecuado de seguridad, funcionalidad y buen aspecto durante el tiempo de vida útil. Para esto debe realizarse un excelente proceso de diseño.

La capacidad de absorción de energía de una estructura de concreto reforzado está basada en su ductilidad y es a su vez esencial para que la estructura pueda resistir sin colapso las acciones sísmicas producidas por los terremotos.

En los procedimientos y limitaciones para el diseño antisísmico de estructuras se deberán considerar la zonificación o características de sitio, ocupación, sistema estructural y altura de la edificación. Para esto existen tablas que contienen estos valores tabulados.

Para determinar las características de sitio debe incluirse el perfil del suelo y el coeficiente sísmico de sitio. Para el diseño sismo resistente la estructura deberá colocarse en una de las categorías de ocupación, cada estructura debe ser designada como regular o irregular, además debe determinarse el sistema estructural utilizado.

En general las escaleras de concreto se construyen de manera integral con el sistema estructural del edificio edificaciones, a menudo son analizadas como un sistema asilado.

La escalera actúa como refuerzo diagonal atrayendo las fuerzas laterales en los sismos concentrando daños en las uniones de esta.

La provisión de un soporte deslizante evitará que la losa de escalera de actuar como arriostramiento diagonal. Escaleras con aterrizajes comunes no se refuerzan normalmente para actuar como aparatos ortopédicos de compresión y se puede esperar que falle de una manera muy frágil frente a un sismo, Tal comportamiento se observó en el terremoto de Nicaragua (1972).

Las vigas de soporte de la losa de aterrizaje pueden también causar un efecto secundario de columnas cortas y además provocar el giro de la construcción debido a la irregularidad de rigidez en plan, si no están situados en el centro, un efecto es la demanda por cizalladura en la columna.

La Carga axial también aumenta en estas columnas debido a la mayor rigidez de la bahía particular. Este aumento en ambas fuerzas axiales y de corte puede dar lugar a la rotura frágil de estas columnas cortas.

Cuando en una escalera recta la parte delantera de la mitad de la altura de aterrizaje a fallado a esta se le llama un fallo de "apertura de la rodilla, generalmente se producen por las derivas de piso. En este tipo de falla la parte superior del aterrizaje en el primer paso se disparó cuando se comprime la parte superior de la escalera, mientras que en la parte inferior se observa una grieta producida por fuerzas de tensión. Algunos investigadores en base a sus investigaciones recomiendan lazos transversales que se colocarán en la rodilla para resistir las fuerzas de ruptura y para reducir el pandeo de cualquier armadura longitudinal y grietas que se producen a través de la rodilla, como lo muestra la Figura N°32. Por lo tanto, es importante incluir las escaleras en el modelado de la estructura. (Fuente:

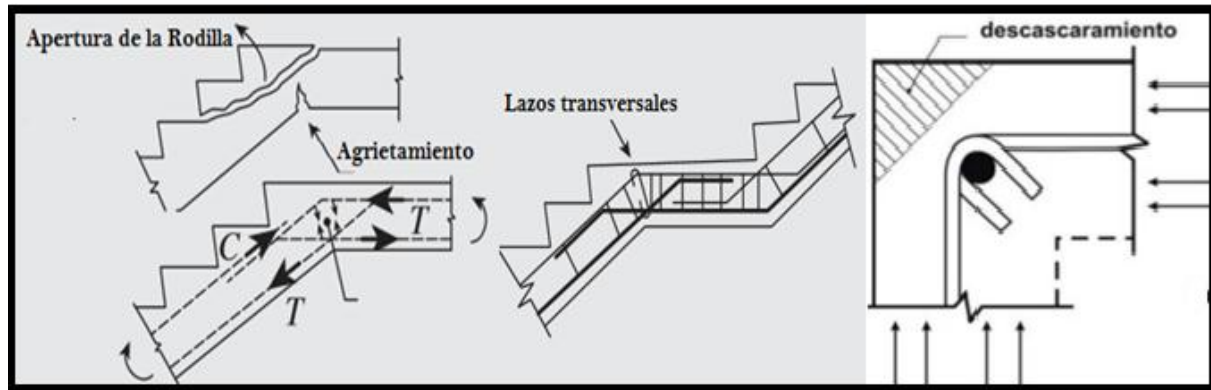


Figura N°32: Acción de las fuerzas en escaleras y armado recomendado (ganchos).

Otras estrategias que pueden ser adoptadas incluyen:

Separar de las escaleras: aquí las escaleras están completamente separadas y construidas sobre una estructura separada proporcionando una holgura adecuada entre la torre de escalera y el edificio para garantizar que no se golpean entre sí durante la agitación causada por un fuerte terremoto

Proporcionar aberturas en las juntas: las aberturas en las juntas verticales entre el suelo y la escalera puede ser ya sea cubierto con una placa de la banda de rodadura unida a un lado de la junta y de deslizamiento en el otro lado o revestidos de un material apropiado que podría desmoronarse o fractura durante un terremoto sin causar daño estructural. Figura N°33.

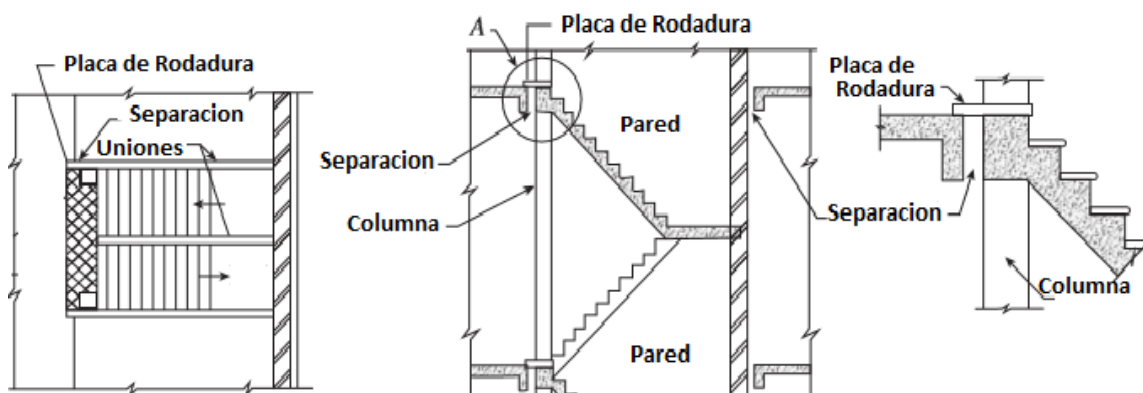


Figura N°33: sistemas de reducción de daños para sistemas de escaleras.

Fijación de las escaleras: Esto se hace proporcionando paredes rígidas en la apertura de la escalera, como se muestra en la Figura N°33. Bajo tales circunstancias, no serán necesario las articulaciones previstas en escaleras separadas. Las dos paredes que encierran la escalera deben extenderse a través de toda la altura de la escalera y los cimientos de los edificios.

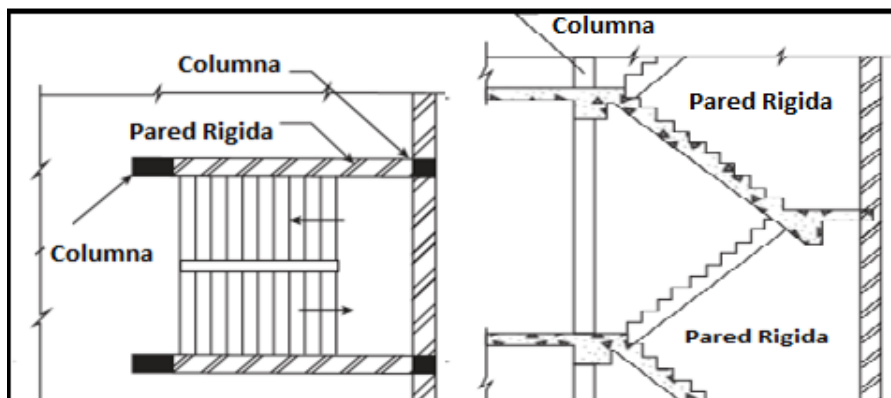


Figura N°34: Recomendaciones antisísmicas para sistemas de escaleras.

Proporcionar juntas deslizantes: se utiliza esta estrategia en que no sea posible proporcionar paredes rígidas alrededor de las aberturas de la escalera, al adoptar juntas deslizantes se evita que la escalera actúe como un arriostre diagonal.

Dar prioridad a las escaleras: Como las escaleras proporcionan el enlace vital de comunicación y servicios, deben ser diseñados para el factor de mayor seguridad, es decir se debe tratar de que estén mantengan la integridad estructural incluso después de un evento sísmico considerable.

CAPITULO 4

DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SISTEMAS DE ESCALERAS.

4.1- Sistemas estructurales

El diseño es un proceso creativo mediante el cual se definen las características de un sistema (conjunto de elementos que se combinan en forma ordenada para cumplir con determinada función) de manera que cumpla en forma óptima con sus objetivos. El diseño estructural consiste en todas aquellas actividades que se desarrollan para determinar la forma, dimensiones globales y características detalladas de un sistema estructural, es decir, de aquella parte de una construcción cuya función es resistir las fuerzas o acciones a las que va a estar sometido sin que se produzcan fallas o mal comportamiento.

El RNC define un sistema estructural como toda edificación que este conformado por aquellos miembros designados solamente a resistir las cargas muertas y las cargas variables, cargas de viento, cambios de volumen y asentamientos diferenciales. Se establece como requisito, que todos los miembros del sistema, deben trabajar en el rango elástico ante las cargas gravitacionales o de viento impuestas, por ello, deben diseñarse para resistir las fuerzas afectadas por factores de carga en las combinaciones prescritas por este Reglamento y deben cumplir todas las prescripciones indicadas en estas Normas, con excepción de lo establecido en el artículo 24, del cual, solamente deben cumplir lo relacionado con aquellos miembros que no forman parte del sistema resistente a cargas sísmicas.

El RNC hace algunas recomendaciones para optimizar el diseño, de acatarse darán seguridad a la obra, las cuales se muestra a continuación:

Arto. 19. Concepción Estructural

En el planeamiento de los edificios, a fin de mejorar el comportamiento sísmico de los mismos deberán tomarse las siguientes consideraciones: a) Simetría tanto en la distribución de masas como en las rigideces. b) Evitar cambios bruscos de estructuración. c) Menor peso en los pisos superiores. d) Evitar balcones volados, etc. e) Selección y uso adecuado de los materiales de construcción. f) Buena práctica constructiva e inspección rigurosa. g) Diseño con énfasis en la ductilidad para un mejor comportamiento de la estructura.

Una estructura se forma a partir del arreglo o ensamblaje de elementos individuales. Se procura que dicho arreglo aproveche las características peculiares de cada elemento para lograr la forma más eficiente del sistema estructural global, permitiendo el flujo adecuado de las fuerzas que generan las distintas acciones de diseño, para que dichas fuerzas puedan ser transmitidas de manera continua y eficiente hasta la cimentación, cumpliendo con las restricciones impuestas por el funcionamiento de la construcción.

Los elementos estructurales se definen en función de su forma en elementos lineales, elementos planos y elementos de superficie curva. Los elementos lineales son aquellos en que dos dimensiones del elemento son mucho menores que la otra dimensión. Dentro de estos elementos se pueden mencionar los tirantes, cables colgantes, columnas, puntales, arcos y vigas. Los elementos planos se caracterizan por tener una dimensión muy pequeña con respecto a las otras dos y una superficie media plana. Estos elementos se identifican con el nombre genérico de placas, aunque adquieren nombres más específicos según la función estructural principal que desempeñan. Las placas conforman sistemas de piso y sistemas de muro o pared. Los elementos de superficie curva son también placas, pero se caracterizan en que por su forma curva transmiten cargas transversales por medio de esfuerzos axiales de tensión o compresión.

Miembros estructurales

El RNC considera miembros estructurales a:

- Sistemas de piso o cubierta armados en una dirección
- Sistemas de piso o cubierta armados en dos direcciones
- Vigas y viguetas
- Columnas
- Diafragmas
- Fundaciones
- Uniones
- Anclajes

Sin duda los elementos estructurales de concreto reforzado comunes en edificios pueden ser losas de piso, vigas, columnas, muros y cimentaciones. Veamos la definición de estos.

- ❖ Losas de piso. Son los principales elementos horizontales que transmiten las cargas vivas de movimiento, así como las cargas muertas estacionarias a los apoyos

verticales de los marcos de una estructura. Pueden ser losas sobre vigas, losas sin vigas (placas planas) y sistemas semi-prefabricados. Pueden proporcionarse de tal manera que actúen en una dirección o que actúen en dos direcciones perpendiculares.

- ❖ Vigas. Son los elementos estructurales que transmiten las cargas tributarias de las losas de piso a las columnas verticales. Normalmente se cuelan de manera monolítica con las losas y están reforzadas estructuralmente en una cara, la parte más baja de tensión, o ambas caras superior e inferior. Como son coladas monolíticamente con la losa, forman una viga T para las vigas interiores o una viga L en el exterior del edificio.
- ❖ Columnas. Son los elementos verticales que soportan el sistema de piso estructural. Son miembros en compresión sujetos en la mayoría de los casos a carga axial y flexión y son de mayor importancia en las consideraciones de seguridad de cualquier estructura.
- ❖ Muros. Los muros son los cerramientos verticales para los marcos de los edificios. Estos no son necesariamente hechos de concreto, sino de cualquier material que llena estéticamente la forma y necesidades funcionales del sistema estructural. Además, los muros estructurales de concreto son a menudo necesarios como muros de cimentación, muros de escalera y muros de cortante que resisten cargas horizontales de viento y sismo.
- ❖ Cimentaciones. Las cimentaciones son los elementos estructurales de concreto que transmiten el peso de la superestructura al suelo. Pueden ser de muchas formas, el más simple es una zapata aislada. Otras formas de cimentaciones son zapatas combinadas, losas y vigas de cimentación, y pilotes hincados en roca.

Los arreglos posibles de los elementos mencionados han originado diversos sistemas estructurales, cuya capacidad para absorber las sollicitaciones a las cuales se somete depende de sus características propias de forma, dimensiones, rigidez, ductilidad y resistencia.

Ya que el número de sistemas estructurales es muy variado de manera que nos enfocaremos en dos grupos, los cuales son: los aptos para resistir fuerzas verticales y los aptos para resistir fuerzas horizontales.

4.1.1- Sistemas estructurales adecuados para resistir acciones verticales

La solución clásica está constituida por forjados, vigas y pilares que transmiten las cargas a la cimentación. La organización más habitual es la de entramados paralelos entre sí, enlazados por forjados o losas trabajando en una sola dirección, para cubrir grandes luces pueden disponerse entramados cruzándose en dos sentidos, en cuyo caso los forjados se transforman en placas. Una variante muy interesante es el caso de forjados sin vigas o placas de apoyo aislados como el mostrado en la Figura N°34 en C.

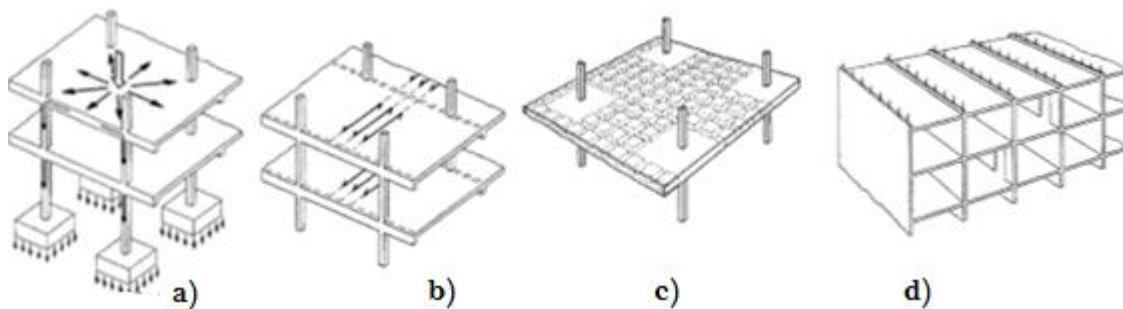


Figura N°34: Ejemplos de sistemas estructurales para resistir acciones verticales.

El interés principal de este tipo de solución reside en el hecho de que permita una mayor facilidad de distribución en las edificaciones destinadas a ser viviendas u oficinas etc....La Figura N°34 muestra algunas alternativas de solución aunque el sistema actualmente más usado es el constituido por losas y muros (Figura N°34 en d) este sistema conocido como encofrados tunes permite una buena rigidez vertical.

4.1.2- Sistemas estructurales adecuados para resistir acciones horizontales.

Si estas no son muy grandes es el sistema de entramados puede seguir siendo una solución válida, los forjados funcionan con grandes vigas horizontales, repartiendo las cargas horizontales a todos los entramados mediante la que habitualmente se denomina acción diafragma, si se rellenan los recuadros de los entramados, total o parcialmente , con materiales tales como ladrillos, bloques, etc..

Si las acciones horizontales cobran importancia será necesario asociar pantallas y entramados, solidarizados por los forjados, tal como se indica en la Figura N°35 en A, la solución puede estar constituida íntegramente por pantallas, tal como se indica en la Figura N°35, una variante interesante es la indicada en la Figura N°35 en C, con pantallas alternadas en los diferentes pisos, permitiendo la creación de grandes espacios diáfanos.

Para estructuras muy altas y esbeltas, suele emplearse la solución en tubo, se entiende por estructura en tubo a aquella que está formada por tres o más estructuras unidas por sus bordes para resistir las fuerzas horizontales funcionando como un voladizo. Un ejemplo de interés para nosotros es el sistema de cajas de escaleras o huecos de ascensores. Una solución aún más potente es la compuesta por un tubo de fachada y un núcleo interior conocido como tubo en tubo.

La agrupación tubo en tubo en paquetes interconectados conduce al paquete de tubos, que es actualmente la solución de mayores posibilidades para edificios de muy gran altura. Los depósitos de agua y las torres son construidos con secciones tubulares o nervadas, estas se realizan con el sistema llamado encofrado deslizante.

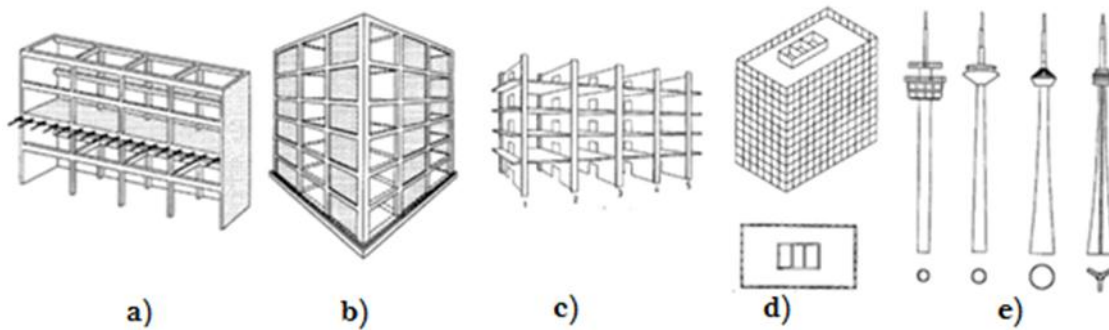


Figura N°35: Ejemplos de sistemas estructurales sismo resistentes.

4.1.3- Teoría de Análisis.

Las estructuras de concreto reforzado representan, en general, estructuras monolíticas o continuas.

Para comenzar el análisis de una obra de concreto reforzado debemos recordar que el comportamiento frente a las cargas aplicadas, sin importar donde se apliquen, y ya sean estas estructuras monolíticas o continuas se deforman a lo largo y ancho de la estructura, es decir se transmiten a toda la estructura provocando deformaciones en cada punto de ella.

Es de interés conocer el comportamiento de estas deformaciones, en escaleras, por lo que la determinación de las fuerzas y los momentos se realiza por medio de métodos que se basan en teorías como la del análisis elástico y el análisis inelástico o plástico, cualquiera podría suponer al escuchar sus nombre que uno está en estado elástico y el otro no, pues el método de análisis elástico supone que el material es elástico y obedece a la reconocida ley de Hook y por el contrario el análisis inelástico supone que el material es no elástico y que la relación esfuerzo deformación es no lineal.

Se han desarrollado diversos métodos a lo largo de muchos años para el análisis elástico de vigas y marcos continuos. Durante muchos años el método de distribución de momentos (Hardy Cross, 1932) conformó la herramienta analítica básica para el análisis de estructuras continuas. Sin embargo, la introducción de los métodos matriciales de análisis en los años 1950 – 1960, en combinación con la disponibilidad creciente de computadores, produjo cambios revolucionarios en la práctica de la ingeniería estructural. La utilización de la teoría matricial hace posible reducir las operaciones. El uso de los métodos matriciales posibilitó el análisis de marcos tridimensionales mediante computadores.

El código ACI estipula que todas las estructuras continuas de concreto reforzado se diseñen para resistir los efectos máximos de las cargas factorizadas determinados por la teoría del análisis elástico.

Sin embargo, permiten el análisis de la redistribución de momentos bajo ciertas restricciones. El reconocimiento de la redistribución de momentos puede ser importante porque permite una aproximación más realista a la capacidad verdadera de una estructura para resistir cargas, lo cual conduce a un aumento en la economía.

4.1.4- Teoría de diseño.

Desde hace mucho tiempo predominan dos criterios de diseño para el concreto reforzado. El primer método fue el llamado “diseño por esfuerzos de trabajo” utilizado desde principios del siglo XX. Sin embargo, desde la publicación de la edición 1963 del código ACI 318, hubo una rápida transición al otro método, “diseño por resistencia última”, debido a que se consideró como un método más racional y realista en su aplicación a la seguridad de las estructuras.

En el diseño por esfuerzos de trabajo, los elementos se dimensionan de manera que los esfuerzos en el acero y en el concreto, resultantes de cargas normales de servicio, estén dentro de unos límites especificados. Estos límites son conocidos como esfuerzos admisibles, y son apenas fracciones de los esfuerzos de falla de los materiales (por ejemplo, para el concreto $\sigma_c = 0.45 f'_c$, para acero $\sigma_y = 0.6 f_y$).

En el diseño por resistencia, se dimensionan los elementos y se proporciona la cantidad de refuerzo de manera que sus resistencias sean adecuadas para soportar las fuerzas resultantes de ciertos estados hipotéticos de sobrecarga, utilizando cargas considerablemente mayores que las cargas que se espera actúen en la realidad durante la vida útil de la estructura. La resistencia de los elementos estructurales es calculada para un nivel de esfuerzos cercanos a un estado de falla inminente, considerando el comportamiento inelástico de

Los materiales componentes. Además, las resistencias nominales son afectadas por factores de reducción de resistencia, que dependen del tipo de resistencia considerada (flexión, cortante, torsión, etc.). Las cargas de servicio se multiplican por factores de carga que se ajustan para representar grados diferentes de incertidumbre para los diversos tipos de carga. Las deflexiones y grietas son controladas y mantenidas dentro de valores límite.

4.1.2.1- Método de diseño por Resistencia Última.

El método de diseño por resistencia requiere que la resistencia de diseño de un elemento en cualquier sección sea igual o mayor a la resistencia requerida calculada a partir de las combinaciones de carga factorizadas especificadas en las normativas de diseño. En general el criterio básico para el diseño por resistencia se expresa:

Resistencia de Diseño \geq Resistencia Requerida

$$\phi R_n \geq U$$

La resistencia de diseño es obtenida aplicando un factor de reducción ϕ a la resistencia nominal del elemento. La resistencia nominal R_n se calcula (usualmente en forma algo conservadora) mediante las hipótesis y ecuaciones del diseño por resistencia permitiendo un margen entre la resistencia real y la calculada.

La resistencia requerida está basada en la combinación más crítica de las cargas facturadas; esto es, las cargas de servicio especificadas son multiplicadas por los factores de carga apropiados. De esta manera, y en términos específicos, para un elemento sometido a carga axial, momento flector, cortante y momento de torsión:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi T_n \geq T_u$$

Donde, los subíndices n indican las resistencias nominales a fuerza axial, flexión, cortante y torsión respectivamente, y los subíndices u indican los efectos amplificados de carga axial, momento flector, cortante y momento torsor, los factores de carga pueden aplicarse ya sea a las cargas de servicio directamente o a los efectos internos de las cargas calculados a partir de las cargas de servicio lo que es conveniente cuando se desean prontas estimaciones.

4.1.2.1.1- Hipótesis de diseño

Hipótesis #1. Las deformaciones en el refuerzo y en el concreto se suponen directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro (ACI, 10.2.2).

Hipótesis #2. La máxima deformación utilizable en la fibra extrema en compresión del concreto se supondrá $\epsilon_u = 0.003$ (ACI, 10.2.3).

Hipótesis #3. El esfuerzo del acero de refuerzo f_s inferior a la resistencia a la fluencia f_y , debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del refuerzo ϵ_s . Para deformaciones mayores que f_y/E_s , el esfuerzo en el acero de refuerzo será considerado independiente de la deformación e igual a f_y (ACI, 10.2.4).

Hipótesis #4. La resistencia a la tensión del concreto no es considerada en el cálculo de la resistencia a flexión del concreto reforzado (ACI, 10.2.5).

Hipótesis #5. La relación entre la distribución del esfuerzo por compresión en el concreto y su deformación unitaria se puede suponer que es rectangular, trapezoidal, parabólica o cualquier otra forma que resulte en la predicción de la resistencia que concuerde con los resultados de pruebas (ACI, 10.2.6).

Hipótesis #6. Los requisitos de la hipótesis #5 pueden considerarse satisfechos si se emplea una distribución rectangular equivalente de esfuerzos del concreto definida como sigue: un esfuerzo en el concreto de $0.85f'_c$ se supondrá de manera uniformemente distribuido en una zona de compresión equivalente que esté limitada por los extremos de la sección transversal y una línea recta paralela al eje neutro, a una distancia $a = \beta_1c$ a partir de la fibra de deformación máxima en compresión. La distancia c desde la fibra de deformación máxima en compresión al eje neutro debe ser medida en dirección perpendicular a dicho eje. El factor β_1 deberá tomarse como 0.85 para resistencias f'_c hasta de 280 kg/cm², y debe reducirse de manera uniforme en 0.05 por cada 70 kg/cm² de aumento por sobre 280 kg/cm², pero no debe ser menor que 0.65 (ACI, 10.2.7).

4.1.2.1.2- Principios y requisitos generales:

- Resistencia nominal a flexión (ACI 10.3.1).
- Condición de deformación balanceada (ACI 10.3.2).
- Secciones controladas por compresión (ACI 10.3.3).
- Secciones controladas por tensión y transición (ACI 10.3.4).
- Refuerzo máximo para elementos en flexión (ACI 10.3.5).
- Máxima resistencia a carga axial (ACI 10.3.6).
- Resistencia nominal para carga axial y flexión combinadas (ACI 10.3.7).

4.2- Diseño de Elementos de Apoyo de las Escaleras de Concreto Reforzado.

4.2.1- Sistemas de entre piso

Los tipos de sistemas de entrepiso de concreto son tantos que desafían cualquier clasificación. En construcción de estructuras de acero, el diseñador se limita por lo general al uso de perfiles estructurales normalizados, tanto en forma como en tamaño, que fabrican los pocos productores en este campo. Por otro lado, en estructuras de concreto reforzado, el ingeniero tiene casi un control total sobre la forma de las partes estructurales de un edificio.

En general, los sistemas de entrepiso de concreto reforzado comúnmente utilizados pueden clasificarse como sistemas en una dirección, en los cuales el refuerzo principal de cada uno de los elementos estructurales se extiende en una sola dirección, y sistemas en dos direcciones, donde el refuerzo principal se extiende en direcciones perpendiculares.

En la siguiente lista pueden identificarse sistemas que encajan en los dos tipos mencionados, aunque existe una gran variedad además de estos como en sistemas prefabricados por ejemplo.

- Losa en una dirección apoyada sobre vigas de concreto monolíticas.
- Losa en una dirección apoyada sobre vigas de acero (pueden utilizarse conectores de cortante para lograr una acción compuesta en dirección de la luz de la viga).
- Losa en una dirección con un tablero de acero formado en frío que se utiliza como formaleta y refuerzo adicional.
- Entrepiso de viguetas en una dirección (también conocido como losa nervada).
- Losa en dos direcciones apoyada sobre vigas de borde en cada uno de los paneles.
- Losas planas con capiteles de columna o ábacos, o ambos, pero sin vigas.
- Placas planas, sin vigas y sin ábacos o capiteles de columna.
- Entrepisos de viguetas
- en dos direcciones, con o sin vigas en los ejes de columnas.

Los requisitos para miembros específicos como: losas armadas en una dirección, placas armadas en dos direcciones, vigas, muros, diafragmas, fundaciones, miembros de concreto simple, uniones y anclajes serán encontrados en el RNC del artículo 14 al 28.

4.2.1.1- Conexión entre elementos.

4.2.1.1.1- Enlaces.

Denominamos enlaces a la unión de una pieza en sus extremos a otras piezas o elementos. La existencia del enlace supone siempre una coacción en la extremidad de esa pieza, en el sentido que impide ya sea el corrimiento en el sentido de alguno de los tres ejes, o los giros alrededor de dichos ejes. Generalmente el número máximo de coacciones son 6, cualquier apoyo en el espacio posee 3 grados de libertad y 3 reacciones, para estructura planas podemos considerar 3 coacciones. (Figura N°36), Cuando un apoyo sufre corrimientos o giros en el

sentido de alguna de las coacciones que presenta, se denomina como un apoyo deformable frente a esa coacción o dicho de otra manera es un apoyo con algún grado de libertad.

Enlaces en Estructuras Planas				
Esquema de Reacciones	Condicion	Reaccion	Grados de libertad	Esquema
	EMPOTRAMIENTO	3	0	
	ARTICULACIÓN	2	1	
	RODILLO	1	2	

Figura N°36: representación de enlaces estructurales.

En general podríamos considerar tres tipos de enlaces entre piezas, en estructuras monolíticas encontramos frecuentemente empotramientos y articulaciones por otro lado podemos considerar la existencia de apoyos deslizantes, apoyos elásticos y además se encuentran las llamadas rotulas plásticas.

Estos enlaces teóricos presentan ciertas dificultades al intentar materializarlos de forma perfecta como fueron concebidos en el diseño, los avances en ingeniería estructural ha permitido que esta técnica se aplique cada vez con mayor certeza. Por lo que en verdad resulta reconfortante para el ingeniero que la estructura se comporte como se ha supuesto permitiendo en algunos casos una distribución razonable de las fuerzas internas, impidiendo de esta manera una falla prematura en la estructura.

Definitivamente las estructuras están expuestas a fuerzas que exigen un nivel de movilidad en el diseño de los apoyos, el efecto de la temperatura por ejemplo genera deformaciones térmicas como giros y corrimientos. En la actualidad el proyectista interconecta diferentes materiales en sus estructuras, los cuales con frecuencia poseen comportamientos térmicos distintos esto presenta la necesidad de crear apoyos que permitan tales movimientos.

El RNC contiene la información eferente al tema de juntas en su artículo 138.

Apoyo elástico.

Un caso particular de importancia para nosotros es el apoyo elástico, que es aquel cuya deformación es proporcional a la reacción producida. Entenderemos por apoyo elástico aquella pieza capaz de experimentar una traslación o rotación, proporcionales a la reacción producida por ese apoyo.

Rotula plástica

En la actualidad la única modalidad de rotula usada es la plástica, esta se ha impuesto por su facilidad de construcción y nulo mantenimiento. Este es un punto en la estructura que permite grandes rotaciones, rotaciones inelásticas que a su ve permiten un redistribución del momento actuante, generalmente en estructuras esto permitiría crear un sistema de colapso controlado, especificando los puntos de deformación que al llegar a su condición más allá del rango elástico se forman en rotulas plásticas que transmiten el momento a otro punto de la estructura que con seguridad no se encuentra aún en el rango inelástico.

Empotramiento flexible

Cuando consideramos un empotramiento estamos considerando una unión rígida, por lo que afirmamos que las deformaciones o dicho de otra manera los giros que concurren en el nudo serán iguales.

Existen casos en los que las piezas se unen al nudo mediante elementos que permiten un cierto giro al actuar un momento en la unión, un empotramiento flexible está definido por una constante que resulta de la relación constante para este tipo de enlace entre el momento aplicado y el giro producido por la extremidad de la pieza. Esta constante se le conoce como la constante de muelle.

Otra necesidad que surge en los apoyos es el conocimiento de la línea de paso de la reacción, el apoyo directo de una losa sobre un muro por ejemplo hace impreciso el conocimiento de la línea de acción de la resultante y por lo tanto la distribución esfuerzos sobre el muro. Esto no solo dificulta el cálculo de muro, sino que puede producir daños en este.

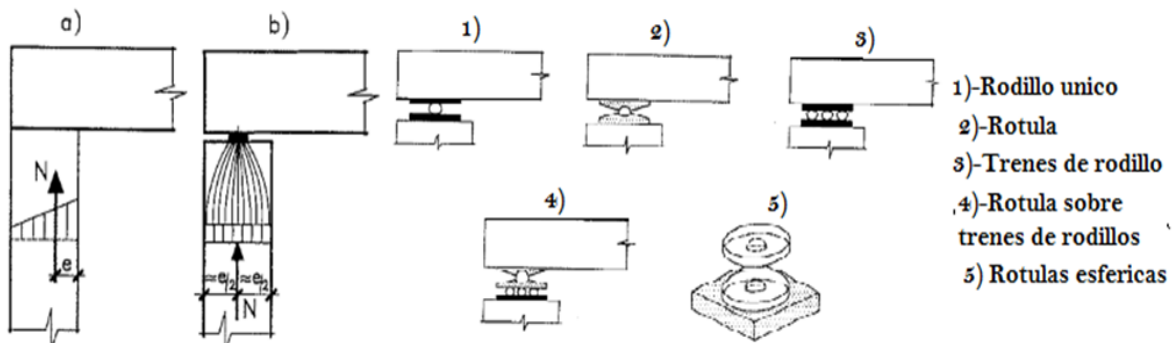


Figura N°37: Esquema de apoyos en estructuras.

Una solución comúnmente usada es un elemento de apoyo intercalado el cual permite el conocimiento preciso de la línea de acción de la fuerza resultante, además conduce a una reducción en los esfuerzos máximos sobre el apoyo. (Figura N°37).

El objetivo de emplear este tipo de apoyos no es la de facilitar corrimientos o giros, sino localizar con precisión la reacción. Por supuesto, ambas necesidades se presentan de manera simultánea en la práctica.

4.2.1.1.2- Uniones

La mayor parte de las fallas en el concreto reforzado ocurren, no por deficiencias en el análisis de la estructura o en el diseño de los elementos, sino por la atención inadecuada que se le presta a la colocación del refuerzo. En muchos casos, el problema está localizado en las conexiones de los elementos estructurales principales. Con certeza en muchos casos pueden adoptarse detalles estándares como los que presenta el ACI Detailing Manual.

La resistencia útil tanto a tensión como a compresión de los aceros comunes, es decir la resistencia a la fluencia, es aproximadamente quince veces la resistencia a la compresión del concreto estructural común y más de cien veces su resistencia a la tensión. Por otro lado, el acero es un material mucho más caro, es por esto que se utiliza una combinación de ambos materiales.

El tipo más común de acero de refuerzo, separando los aceros de refuerzo vienen en forma de barras circulares conocidas popularmente como varillas, estas disponen de un amplio intervalo de diámetros, estas barras vienen corrugadas para aumentar la adherencia al concreto y de esta manera evitar los corrimientos o deslizamientos del acero cuando se aplican las acciones.

La creciente utilización de concreto en estructuras demanda un esqueleto compatible con estas. Aunque el ACI proporciona escasa orientación sobre este tema, la publicación llamada: Recommendations for Design of Joints in Monolithic Structures, ofrece fundamentos básicos para el diseño de las uniones.

El requisito básico que se debe cumplir en las uniones es que todas las fuerzas existentes en los extremos de los elementos deben transmitirse a través de la unión a los elementos de soporte. El comportamiento exitoso de una unión depende principalmente del confinamiento, este confinamiento aumenta la resistencia del núcleo de concreto y mejora su capacidad de deformación y evita el pandeo de las barras hacia al exterior.

Anteriormente se presentó algunos detalles sobre uniones, específicamente empalmes y ganchos, los cuales para nosotros son de especial interés, haci como las recomendaciones para longitud de desarrollo.

Las uniones pueden ser clasificadas en dos tipos:

➤ Tipo 1

Son uniones que conectan elementos en estructuras corrientes diseñadas con base en la resistencia, según la parte fundamental del ACI, para resistir cargas gravitacionales y de viento.

➤ Tipo 2

Estas uniones conectan aquellos elementos diseñados para mantener la resistencia del elemento cuando se invierten las deformaciones dentro del intervalo, es decir este tipo de uniones son utilizadas en estructuras diseñadas para resistir fuerzas sísmicas o para cargas de viento muy grandes

Una combinación de estos se realiza con el objetivo de evitar desprendimientos.

De acuerdo con el código ACI la longitud de desarrollo requerida para las barras está en función del diámetro de la barra, este se calculó como múltiplo del diámetro, el código ACI establece ecuaciones que incluyen varios factores para el cálculo de las longitudes de desarrollo.

Debemos resaltar que para el caso de escaleras la longitud de desarrollo puede ser en verdad un factor crítico de diseño, por lo que se deben evaluar todas las variables que intervienen en la ecuación básica para el cálculo de la longitud de desarrollo que aunque es altamente compleja nos permitirá obtener cálculos más rigurosos y certeros que muestren el comportamiento de estas uniones en estados de colapso por ejemplo.

Aunque el ACI también incluye ecuaciones simplificadas que pueden usarse en la mayoría de los casos en los que no sea necesario un diseño especial, siempre y cuando se cumplan ciertas restricciones relacionadas con el espaciamiento de las barras, los valores de recubrimiento y el refuerzo transversal mínimo. se puede afirmar basándose en el ACI que la longitud de desarrollo un ningún caso deberá ser menor de 12 in (30.48).

4.2.2- Vigas

En la estructura son las vigas que transfieren las cargas a las columnas, el sistema de vigas principales forma parte del sistema resistente a cargas laterales, estas reciben la carga de la losa o las vigas secundarias. En esta sección se presentan las disposiciones contempladas por el RNC y el código ACI para el diseño por flexión, cortante, y torsión de vigas. Y las consideraciones acerca del control de agrietamiento y deflexiones en condiciones de servicio.

El artículo 16 del RNC indica que la resistencia requerida debe ser calculada utilizando las combinaciones y los factores de carga especificados en el Reglamento Nacional de Construcción(RNC), los procedimientos de análisis utilizados para determinar la resistencia requerida deben estar de acuerdo a lo indicado en el artículo 13, las resistencias de diseño deben ser determinadas usando resistencias nominales calculadas de acuerdo a lo especificado en el artículo 26 y a los factores de reducción de resistencia establecidos en el mismo artículo.

La sección crítica para el cálculo del momento requerido debe ser tomada como la cara del apoyo. Se permite tomar como sección crítica a cortante o a torsión una sección ubicada a $d/2$ desde el apoyo, cuando las reacción en el apoyo introduce compresión en el extremo de la losa, las cargas se aplican en la cara superior y no hay cargas concentradas en una distancia $d/2$ desde la cara del apoyo, en caso contrario la sección crítica para cortante será la cara del apoyo.

Para cada combinación de carga aplicable, la resistencia de diseño en todas las secciones de la viga debe cumplir con:

$$\phi M_n \geq M_u \quad (16-1)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad (16-2)$$

$$\phi T_n \geq T_u \quad (16-3)$$

$$\phi P_n \geq P_u \quad (16-4)$$

Límites del refuerzo

En vigas no preesforzadas, se requiere colocar un área mínima de refuerzo a flexión $A_s min$, cuyo valor debe ser mayor a lo que resulte de las expresiones 16-6 o 16-7 a menos que sea mayor en un tercio que el A_s requerido por el análisis, cuando el ala de una viga Tee este en tracción, el valor de b_w debe tomarse como el valor menor entre b_f y $2b_w$.

$$\frac{0.8\sqrt{f_c}}{f_y} b_w d \quad (16-6)$$

$$\frac{14}{f_y} b_w d \quad (16-7)$$

4.1.3.1- Diseño por Cortante.

El código ACI especifica una cantidad de acero mínimo en cualquier sección donde el refuerzo por tensión es requerido por análisis (ACI 10.5.1): donde básicamente la ecuación depende de la sección y de los f_c , f_y . (ACI 318-02 10-3).

El diseño por cortante está basado en la siguiente expresión:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (ACI 11-1)$$

V_u = fuerza cortante factorizada en la sección considerada

ϕ = factor de reducción de resistencia, igual a 0.75 (ACI 9.3.2.3).

$V_n =$ resistencia nominal al cortante

$$V_n = V_c + V_s \quad (\text{ACI 11-2})$$

La resistencia nominal a cortante V_n es calculada según: donde V_c es la resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto y V_s es la resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo. Las ecuaciones para la resistencia a cortante del concreto presentadas en el capítulo 11 del ACI son una función de f'_c , y han sido verificadas experimentalmente en los elementos de concreto de hasta 700 kilogramos sobre centímetro cuadrado.

Para elementos no preesforzados sujetos a cortante y flexión solamente, el código ACI permite el cálculo de la resistencia a cortante del concreto V_c de forma simplificada según ACI 11.3.1.1.

El tipo de refuerzo a cortante más común en vigas son los estribos cerrados colocados perpendicularmente al eje del elemento, por lo que es el único tipo a tratar en esta sección. Estos estribos deben cumplir con lo establecido en el ACI 12.3.1.

4.1.3.1.1- Procedimiento de diseño del refuerzo por cortante.

El diseño de vigas de concreto reforzado por cortante involucra los siguientes pasos:

1. Determinar la fuerza de cortante factorizada máxima V_u en las secciones críticas a lo largo del elemento.
2. Determinar la resistencia a cortante proporcionada por el concreto V_c por. (ACI 11-3) con $\phi = 0.75$.
3. Calcular $(V_u - \phi V_c)$ en la sección crítica.
4. Calcular la distancia desde el apoyo a partir de la cual se requiere refuerzo mínimo por cortante (p. ej. donde $V_u = \phi V_c$), y la distancia desde el apoyo a partir de la cual el concreto puede resistir el cortante total (p. ej. donde $V_u = \phi V_c / 2$).
5. Determinar el área requerida de estribos verticales A_v o el espaciamiento S .

El tipo de refuerzo a cortante más común en vigas son los estribos cerrados colocados perpendicularmente al eje del elemento, por lo que es el único tipo a tratar en esta sección. Estos estribos deben cumplir con lo establecido en el ACI 12.3.1.

4.1.3.2- Diseño por torsión

Según el ACI 11.6.2, los elementos sujetos a torsión por compatibilidad no necesitan diseñarse para un momento torsor mayor al producto del torsor de agrietamiento por el factor de reducción ϕ (0.75 para torsión).

La resistencia de diseño por torsión debe ser mayor o igual a la resistencia por torsión requerida:

$$\phi T_n \geq T_u \quad (\text{ACI 11-20})$$

Para el coeficiente de reducción de resistencia $\phi = 0.75$. La resistencia nominal por torsión es dada por: (ACI 11-21).

4.1.3.2.1- Procedimiento para Diseño a Torsión.

El diseño a torsión de un elemento a flexión de concreto reforzado involucra una serie de pasos. La siguiente secuencia asegura que se cubren cada uno de éstos:

1. Determinar si el efecto de torsión puede despreciarse. Si no es despreciable, continuar con el diseño.
2. Si se trata de torsión por compatibilidad, en lugar de torsión de equilibrio, el momento torsor factorizado máximo puede reducirse ajustando de manera correspondiente los momentos y cortantes en los elementos de soporte. La torsión por equilibrio no puede ajustarse.
3. Verificar los esfuerzos cortantes en la sección bajo cortante y torsión combinados de la ec. (ACI 11-18).
4. Calcular el refuerzo transversal requerido para. Combinar A_t y A_v .
5. Verificar que se cumplen los requisitos mínimos de refuerzo transversal tanto para torsión como para cortante. Éstos incluyen el espaciamiento máximo y el área mínima.
6. Calcular el refuerzo de torsión longitudinal requerido Al utilizando el mayor de los valores dado en las ecuaciones (ACI 11-22) y (ACI 11-24), cumpliendo los requisitos de espaciamiento y tamaño de barras.
7. Continuar el refuerzo a torsión hasta $b_t + d$ más allá del punto donde T_u es menor que el valor dado por las ecuaciones (2.23) o (2.24); donde, b_t es el ancho de aquella parte de la sección transversal que contiene los estribos cerrados que resisten torsión.

Ejemplo de Diseño de una viga doblemente reforzada.

A continuación se mostrara el caso sencillo de un viga, para diseñarla se seguirán las recomendaciones generales del ACI.

Una viga rectangular que debe sostener una carga viva de servicio de 2.47 klb/pe y una carga muerta calculada de 1.05 klb/pe en una luz simple de 18 pies, tiene limitada la sección transversal (por razones arquitectónicas) a 10 pulgadas de ancho y 20 pulgadas de altura total. Si $f_y = 40,000$ lb/pulg² y $f'_c = 3000$ lb/pulg².

Solución. Primero deben mayorarse las cargas de servicio mediante los factores de carga para obtener la carga mayorada de $U = 5.66$ klb/pe. De ahí que $M_u = 5.66 \cdot 18^2/8 = 229$ klb-pie = 2750 klb-pulg. Para satisfacer los requisitos de recubrimiento y espaciamiento se supone que el centroide del acero a tensión está 4 pulgadas por encima de la cara inferior de la viga y que el acero a compresión, si se requiere, se colocará a 2.5 pulgadas por debajo de la cara superior de la viga. Por consiguiente, $d = 16$ pulg y $d' = 2.5$ pulg.

Primero es necesario revisar la capacidad de la sección como si fuera simplemente reforzada. Segun $p_{max} = 0.0278$, de manera que $A_s = 0.0278 \times 10 \times 16 = 4.44$ pulg². Entonces, con

$$a = \frac{4.44 * 40}{0.85 * 3 * 10} = 6.69 \text{ pulg}$$

El momento nominal máximo que puede desarrollarse es:

$$M_n = 4.44 * 40(16 - 3.48) = 2220 \text{ klb} * \text{pulg}$$

Alternativamente, con $R = 869$, la resistencia nominal a flexión es $M = 869 * 10 * 162/1000 = 2220 \text{ klb-pulg}$. Debido a que el momento de diseño correspondiente $\phi M_n = 2000 \text{ klb-pulg}$ es menor que la capacidad requerida de 2750 klb-pulg , es necesario colocar acero a compresión además del acero a tensión. Si se supone que $f'_s = f_y$ en la falta, se tiene que:

$$M_1 = \frac{2750}{0.90} - 2220 = 836 \text{ klb/pulg}$$

$$A_{s1} = \frac{836}{40(16 - 2.5)} = 1.54 \text{ pulg}^2$$

Que da el área adicional a tensión requerida por encima de la proporcionada como límite superior para una viga simplemente reforzada con las mismas dimensiones del concreto. Éste también es el acero requerido a compresión. De acuerdo con esto, el área de acero a compresión será:

$$A'_s = 1.54 \text{ klb/pulg}^2$$

Y el área de acero a tensión es

$$A_s = 4.44 + 1.54 = 5.98 \text{ pulg}^2$$

Ahora se debe revisar el diseño para confirmar que las barras a compresión fluirán en el momento de falla como se asumió. Con $p' = 1.54/(10 * 16) = 0.0096$, la cuantía límite de acero a tensión para que las barras a compresión fluyan se determina con la ecuación siguiente:

$$\rho_{cy} = 0.85 * 0.85 * \frac{3}{40} \frac{2.5}{16} \frac{87}{47} + 0.0096 = 0.0253$$

La cuantía tentativa de acero, $p = 5.98/(10 * 16) = 0.0374$, está por encima del límite inferior, lo que asegura que las barras a compresión fluyan en la falla, como se supuso.

Se utilizarán dos barras No. 9 como refuerzo a compresión y seis barras No. 9 para proveer el área de acero a tensión. Para que las barras a tensión quepan dentro de las 10 pulgadas de ancho de la viga, se utilizarán dos filas de tres barras cada una, como aparece en la Figura N°38.

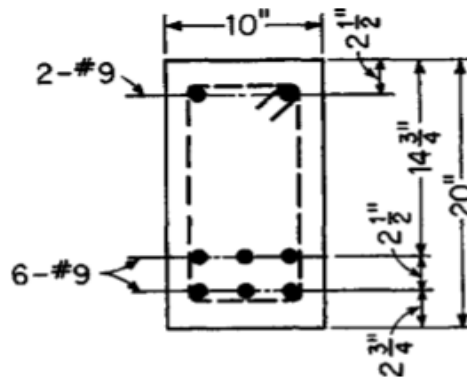


Figura N°38: Detalle de sección de viga.

4.2.3 - Losas

Una losa de concreto reforzado: es una amplia placa, generalmente horizontal o en algunos casos diagonales, cuyas superficies superiores e inferior son paralelas o casi paralelas entre sí. Puede estar apoyada en vigas, muros de mampostería o de concreto, en elementos estructurales, en forma directa en columnas, en el terreno en forma continua.

Además podemos considerar a las losas apoyadas en todos los lados o no, la Figura N°39 contiene una representación esquemática de algunos casos, como se muestra el tipo de carga y el tipo de apoyo definirán las fuerzas actuantes en la losa y en los elementos resistente de apoyo, aquí se presenta una clasificación que las denota con las letras: GT, otorgando un numero para cada condición.

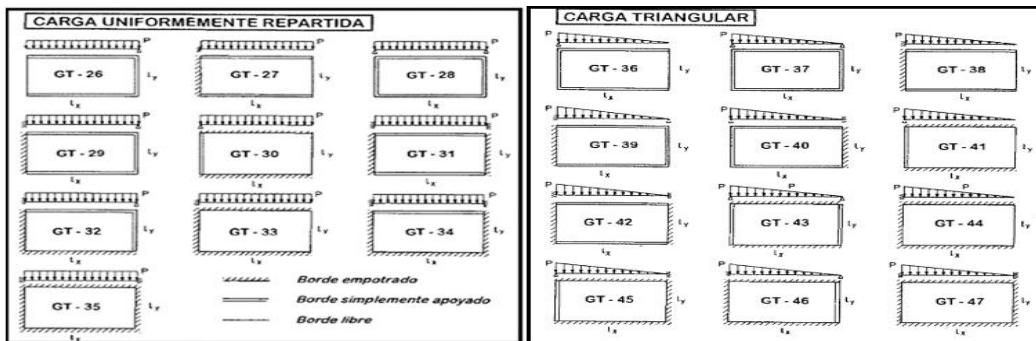


Figura N°39: Detalle de sección de viga.

Para losas armadas en una dirección el refuerzo suministrado para resistir los momentos flectores tiene el efecto conveniente de reducir la retracción de fraguado de distribuir las grietas. Sin embargo, debido a que la contracción ocurre igualmente en todas direcciones, es necesario proporcionar refuerzo especial para limitar la contracción por retracción de fraguado y temperatura en dirección perpendicular a la del refuerzo principal. Este acero adicional se conoce como refuerzo para temperatura o retracción de fraguado o en algunos casos como acero de repartición.

El código ACI sección 7.12 especifica las relaciones mínimas entre el área de refuerzo y el área bruta de concreto para este tipo de elementos.

4.2.3.1- Procedimiento para el Diseño de losas Armadas en Una Dirección.

1- Se inicia con el cálculo del espesor de la losa según el código ACI sección 9.5.2.1, partiendo del tipo de losa, tipo de apoyo, número de luces y distancias entre los apoyos.

2- Luego con el espesor preliminar se determina el peso de la losa. Luego se factorizan las cargas para tener con esto la carga total $W_{total} = 1.2 CM + 1.6 CV$ según el RNC; y ACI en su sección 9.2.

3- Lo siguiente es determinar los momentos de diseño en las secciones críticas con la utilización de los coeficientes de momentos del ACI sección 8.3.3 conociendo la clase de apoyo.

4- Luego se determina el peralte real. 5. Después para cada momento se calcula el área de acero de refuerzo.

5- luego se verifica el valor del espesor supuesto "a" .después se vuelve a calcular el área con el nuevo "a" en un proceso iterativo y se detiene de calcular los "a" cuando la diferencia entre áreas es mínima para este caso se considera que un porcentaje de área menor del 4% es aceptable para terminar allí el tanteo y proceder a determinar todas las áreas de acero de refuerzo de las secciones críticas, además será satisfactorio utilizar el mismo brazo de palanca para determinar las áreas de acero, las áreas se verifican y se comparan con el acero mínimo.

6- Cálculo del acero de refuerzo mínimo requerido para el control del agrietamiento por retracción y temperatura según el reglamento para el diseño de elementos de concreto reforzado ACI sección 7.12.2.1 y depende de la resistencia especificada a la fluencia del acero que se va a utilizar en el elemento.

7- Determinación del detallado en ningún caso se debe de colocar el acero de refuerzo por contracción y temperatura con una separación mayor de 5 veces el espesor de losa ni de 45 centímetros según el código ACI 318-02 sección 7.12.2.2.

8- Determinación del cortante que generan las cargas a partir de lo estipulado por el código ACI sección 8.3.3.

9- Por último se da el detallado del diseño con su respectivo acero de refuerzo.

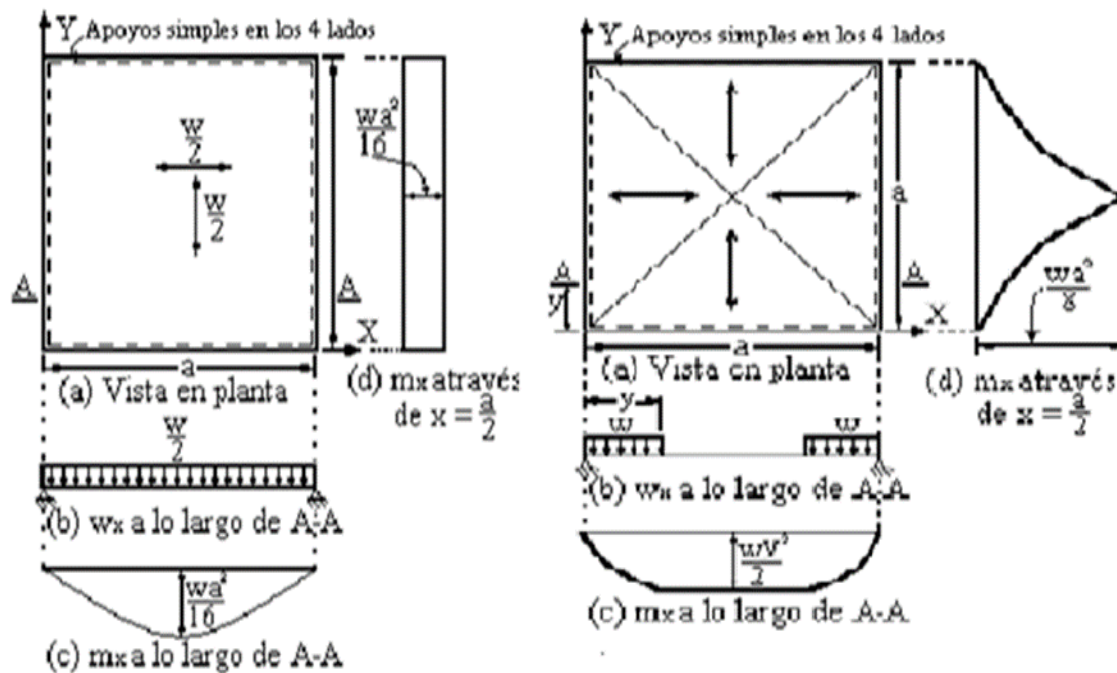
4.2.3.2- Losas en dos direcciones.

Existen varios métodos para la determinación de los momentos en la losa por ejemplo el método de los coeficientes, método de diseño directo, método de pórtico equivalente, método de las franjas, etc..

4.2.3.2.1- Losas cuadradas.

La carga sobre todas las franjas en cada una de las direcciones es entonces $w/2$, esto produce valores de momentos de diseño máximos sobre toda la losa con una distribución transversal uniforme a lo ancho de la sección crítica. Como muestra el siguiente esquema.

Figura N°40: Losa cuadrada con carga compartida igualmente en dos direcciones (Izquierda), Losa cuadrada con líneas de dispersión de la carga a lo largo de las diagonales (Derecha).

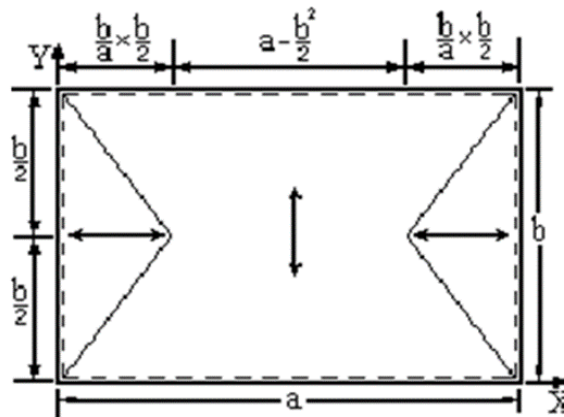


4.2.3.2.2- Losas rectangulares.

Para el caso de losas rectangulares, resulta razonable suponer que en la mayor parte del área la carga se transmitirá en la dirección corta; esto es consistente con la teoría elástica. Además es importante tener en cuenta el hecho de que su longitud, las barras longitudinales de refuerzo serán más costosas que las transversales con el mismo tamaño y espaciamiento. Para una losa rectangular con carga uniforme sobre apoyos simples Hillerborg presenta una posible división, con líneas de discontinuidad que se originan en las esquinas de la losa a un ángulo que depende de la relación entre los lados corto y largo de la losa. Se supone que toda la carga en cada zona se transmite en las direcciones señaladas por las flechas.

Para estos casos, es razonable tomar bandas de borde con ancho igual a un cuarto de la dimensión de la luz corta. En este caso la carga en las esquinas se divide igualmente en las direcciones X y Y como expone mientras que para las otras zonas de la losa toda la carga se transmite en la dirección indicada por las flechas.

Figura N° 41: Losa rectangular con discontinuidad que se origina en las esquinas.



4.2.3.2.3- Losas con bordes empotrados y continuos.

El diseño mediante el método de las franjas demuestra ser muy flexible en la asignación de carga a las diferentes zonas de la losa. Esta misma flexibilidad se extiende a la asignación de momentos entre secciones de flexión positiva y negativa para las losas que están empotradas o que continúan sobre sus bordes de apoyo. Debe prestarse un poco de atención a las relaciones de momentos elásticos para evitar problemas con agrietamientos y deflexiones en las cargas de servicio. Sin embargo, la redistribución que puede alcanzarse en las losas, que están por lo general muy poco reforzadas y tienen en consecuencia grandes capacidades de rotación plástica cuando están sometidas a sobrecargas, permite reajustes arbitrarios considerables de la relación entre los momentos negativo y positivo en una franja

Así que, para determinar los momentos de diseño, se calcan los momentos en "voladizo", se selecciona el momento en la luz y se determinan los momentos correspondientes en los apoyos. Hillerborg anota que, como regla general para bordes empotrados, el momento en el apoyo debe estar aproximadamente entre 1.5 y 2.5 veces el momento en la luz de la misma franja. Para franjas longitudinales que casi no tengan carga, deben seleccionarse valores mayores y en tales casos puede utilizarse una relación de momentos en el apoyo a momentos en la luz entre 3 y 4.

Para franjas de losa con un extremo empotrado y uno simplemente apoyado, los dos objetivos de lograr momento constante en la zona central sin carga y una relación adecuada entre los momentos negativo a positivo, controlan la selección de la ubicación de las líneas de discontinuidad.

4.2.3.2.4- Losas con bordes libres.

Las losas consideradas anteriormente, con cargas uniformes y con apoyos en los cuatro lados, podrían haberse diseñado también mediante otros métodos (ver Nilson capítulo 12). El verdadero poderío del método de las franjas se hace evidente cuando se consideran problemas no estándares, como losas con un borde libre, losas con huecos o losas con esquinas entrantes (losas en forma de L).

Por ejemplo, para una losa con un borde libre, una base razonable para realizar el análisis mediante el método sencillo de franjas consiste en considerar que una franja a lo largo del borde libre, toma una carga por unidad de área mayor que la carga unitaria real que actúa, es decir, que la franja a lo largo del borde libre actúa a manera de apoyo para las franjas perpendiculares a ella. Wood y Armer llaman estas franjas "bandas fuertes". Una banda fuerte es, en efecto, una viga integral cuyo espesor por lo general es igual al del resto de la losa, pero que contiene una concentración de refuerzo. La franja puede hacerse de mayor espesor que el resto de la losa para aumentar su capacidad de carga, pero esto no será necesario en muchos casos.

La siguiente figura ilustra una losa rectangular que sostiene una carga última w uniformemente distribuida por unidad de área, con bordes fijos a lo largo de tres lados y sin soporte a lo largo de uno de los lados cortos. Las líneas de discontinuidad se seleccionan como se indica. La carga sobre una franja central unitaria en la dirección X , incluye la carga hacia abajo w en la zona adyacente al borde izquierdo empotrado y la reacción hacia arriba en la zona adyacente al borde libre. Al sumar momentos con respecto al extremo izquierdo, considerando positivos los momentos en el sentido de las agujas del reloj.

4.2.3.2.5- Losas con aberturas.

Las losas con pequeñas aberturas pueden diseñarse generalmente como si no existieran aberturas, reemplazando el acero interrumpido con bandas de refuerzo de área equivalente en cada uno de los lados de la abertura en las dos direcciones. Las losas con aberturas grandes deben tratarse en forma más rigurosa. En estos casos, el método de las franjas ofrece una base segura y racional para el diseño. Para esto se proveen vigas integrales portantes a lo largo de los bordes de las aberturas, usualmente con espesores iguales al de la losa, pero con refuerzo adicional para tomar la carga de las regiones afectadas y transmitirla a los apoyos. En general, estas vigas integrales deben seleccionarse de tal manera que lleven las cargas lo más directamente posible a los bordes apoyados de la losa. El ancho de las bandas fuertes debe seleccionarse de modo que las cuantías de acero sean iguales o estén por debajo del valor máximo permitido para vigas por el Código ACI asegurando así que no se presente sobre refuerzo y falla de compresión.

4.2.3.2.6- Procedimiento del cálculo de losas armadas en dos direcciones.

1- Se inicia con la determinación del espesor de la losa tomando en cuenta los tipos de borde que tiene dicha losa basado en lo que estipula el reglamento ACI 318 sección 9.5.3.3, con esto se tiene un espesor mínimo exigido por el reglamento pero se puede seleccionar un valor en magnitud del espesor ligeramente menor que el obtenido.

2- Luego con esto ya se puede calcular la carga para el peso propio del elemento y calcular la carga última total según lo que dispone el ACI sección 9.2.1 que se determina la carga de diseño que actúa sobre la losa, para el análisis mediante franjas, se hace por medio de las líneas de discontinuidad que se seleccionan dependiendo de la longitud de los claros, los tipos de bordes y la forma de la losa.

3- Luego de tener distribuida la carga debido a las condiciones de apoyo se procede a la determinación de los momentos de cuerdo al método de las franjas de Hillerborg y se determinan con la fórmula para momento en voladizo al centro por franja

4-Después de obtener los momentos que generan las cargas se diseña el acero de refuerzo que soportara esos momentos. Los aceros obtenidos se comparan con el acero mínimo y de acuerdo con lo que establece el reglamento ACI sección 7.12, para el acero mínimo requerido por el control de grietas, retracción de fraguado y temperatura, por lo general se toma un metro de ancho para la franja de análisis.

5- Luego se determina la separación del acero de refuerzo por flexión y el refuerzo positivo de acuerdo con lo que establece el ACI, el cual debe prolongarse una distancia igual a d ó $12d_b$ más allá del punto de inflexión.

6- por último se realiza el chequeo por cortante por las cargas y se compran con lo que toma el concreto y si es menor el del concreto se le coloca refuerzo por cortante.

Aplicación del método de diseño directo a una losa en dos direcciones sin vigas.

1)-Para ilustrar el proceso de diseño de una losa en dos direcciones, por simplicidad se usara el método de diseño directo para determinar los momentos de diseño en el sistema de placas planas (Figura N°42), considerando que se trata de un piso intermedio.

2)-Además se Determinara el área de refuerzo requerida para un momento de los determinados para la losa a manera de guía.

Descripción del sistema: Altura de piso: 9 ft, Dimensiones de las columnas: 16 in por 16 in, Las cargas laterales serán resistidas por muros de cortante, No existen vigas de borde, Peso de los tabiques no estructurales: 20 lb/ft², sobre carga de servicio: 40 lb/ft², F_c : 4000 psi , F_y : 60,000 psi, Determinar la armadura de diseño.

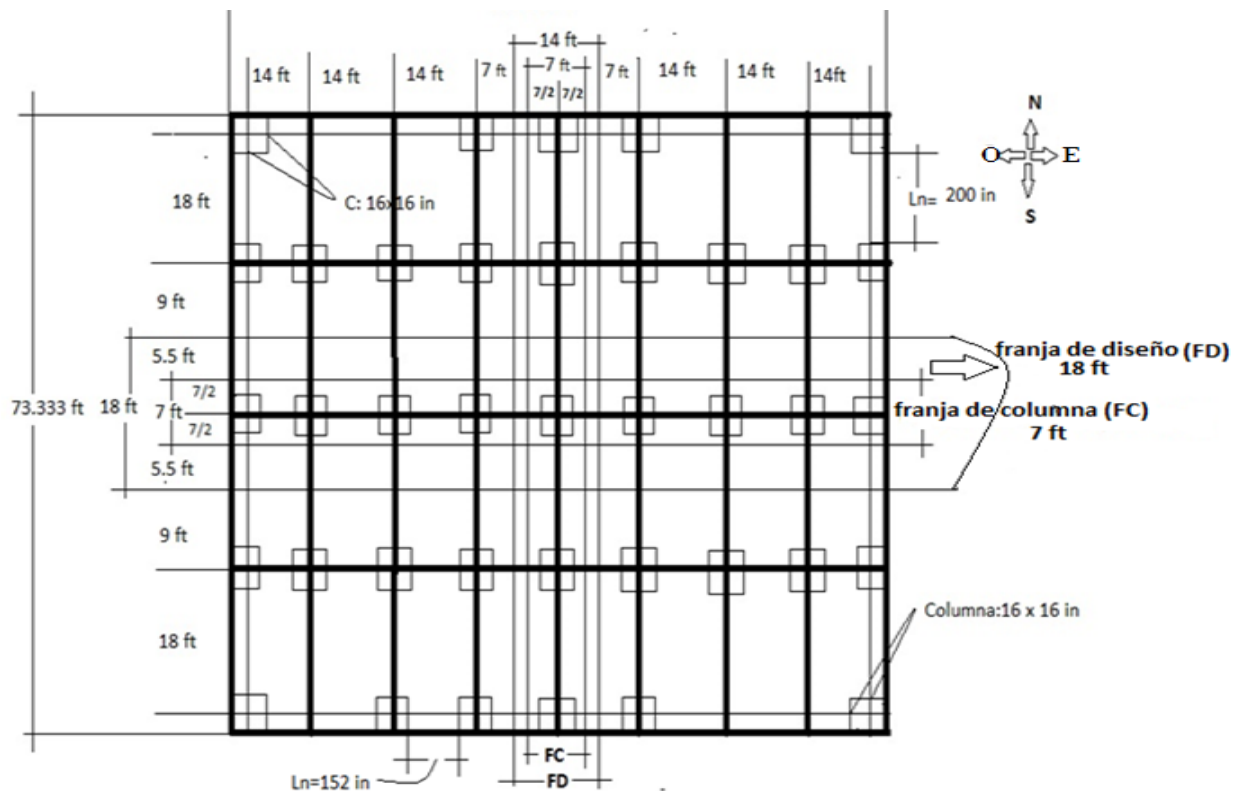


FIGURA Nº 1

Figura Nº42: planta del sistema de entre piso.

Antes de proceder con el Método de Diseño Directo para la determinación de los momentos de diseño es necesario determinar una altura de losa preliminar h para controlar las flechas.

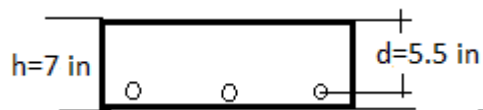
Como sabemos en un sistema de placas planas en dos direcciones el cortante que actúa alrededor de las columnas constituye un factor crítico y por lo tanto un parámetro de diseño. De acuerdo con los requisitos de altura mínima para placas planas en dos direcciones dados en la tabla 8.3.1.1. Del ACI318-2014

I-REVISIÓN POR CORTANTE.

Para un sistema de losas sin vigas (placas planas), la mínima altura total h , con armadura grado 60 es:

$h: L_n/30$, donde L_n es la mayor luz libre de cara a cara de los apoyos, que para nuestro caso es el correspondiente al claro de 18 ft en la dirección N-S, luego de descontar la columna tenemos.

$$h = \frac{L_n}{30} = \frac{200 \text{ in}}{30} = 6.7 \text{ in} \Rightarrow \text{se usara } 7 \text{ in, este valor es mayor que el minimo normado } 5 \text{ in.}$$



Una vez que se tiene un espesor preliminar se pueden determinar las cargas mayoradas y mayorada total.

$$wt = 1.2 \left(\left(150 \frac{lb}{ft^3} * \frac{7}{12} ft \right) + 20 \frac{lb}{ft^2} \right) + 1.6 * \left(40 \frac{lb}{ft^2} \right) = 193 \text{ lb/ft}^2$$

a) Corte en una dirección o acción de vigas ancha.

En el corte en una dirección se investiga una franja de losa a una distancia d de la cara de apoyo que nos permita obtener la mayor área posible (figura N°43), como se muestra A_1 es mayor con ancho de 7.875 ft y largo de 14 ft. Por lo que calculara el cortante resistente según R22.5.8.3.2(ASCI318).

$$V_c = 2\lambda\sqrt{f_c} * b * d = 2 * \sqrt{4000} * 14 \text{ ft} * 12 \text{ in} / 1 \text{ ft} * 5.5 \text{ in} = 116,878 \text{ lb}$$

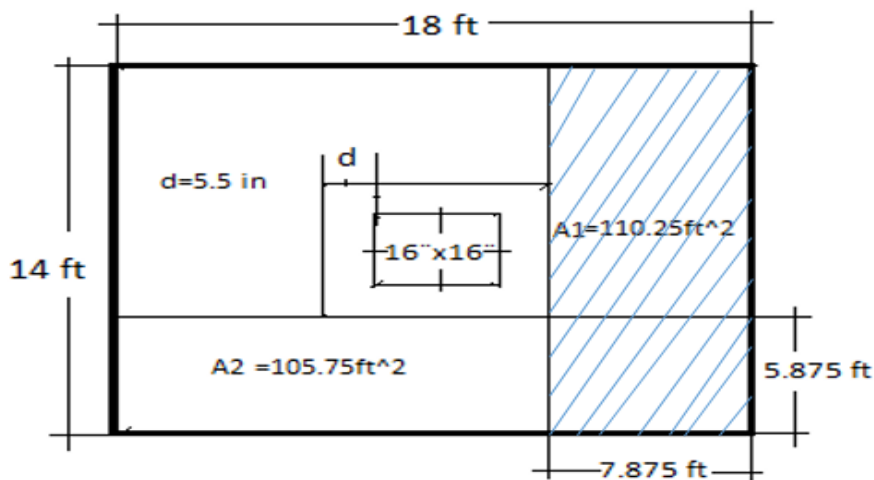
El cortante actuante no es más que distribución de la carga mayorada en el área crítica

$$V_u = q_u * A = 193 \frac{lb}{ft^2} * 110.25 \text{ ft}^2 = 21,279 \text{ lb}$$

Como se observa $V_u < \phi V_c$, si $\phi = 0.75$ entonces $21,279 \text{ lb} < 87,659 \text{ lb}$

Se dice que el espesor preliminar cumple con los requisitos de cortante en una dirección.
OK

Figura N°43: Área crítica de diseño para columna central



Como no existen esfuerzos de corte en el eje de paneles adyacentes, la resistencia al corte en dos direcciones se calcula de la siguiente manera:

b) Corte en dos direcciones o punzonamiento.

El corte en dos direcciones se realiza considerando una área crítica alrededor de la columna a una distancia $d/2$ de la cara del apoyo (figura N°44).

Para calcular el cortante que actúa solo se procede a distribuir la carga mayorada en el Área crítica.

$$V_u = q_u * A = 193 \frac{lb}{ft^2} * ((18 * 14 \text{ ft}^2) - (1.8 \text{ ft}^2)) = 48,057 \text{ lb}$$

La resistencia al corte proporcionado por el concreto se calcula tomando el menor de la Tabla 22.5.8.2 del ASCI318.

$$V_c = 4\sqrt{f_c} * b^o * d = 4 * \sqrt{\frac{4000lb}{in^2}} * (21.5 in * 4) * 5.5 in = 119,661 lb$$

Como se observa $V_u < \phi V_c$, si $\phi = 0.75$ entonces $48,057lb < 89,746 lb$

Se dice que el espesor preliminar cumple con los requisitos de cortante en dos direcciones.
OK

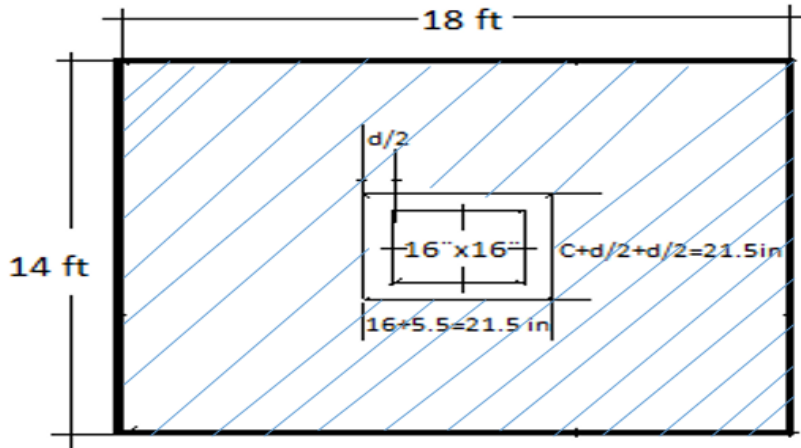


Figura N°44: Área crítica de diseño.

Método Directo

Antes de aplicar el método Directo se necesita saber si se cumple con las limitaciones del uso del método de diseño directo según 8.10.2 ASCI318.

1. Debe existir un mínimo de tres vanos continuos en cada dirección.(se cumple)
2. Las longitudes de las luces contiguas medidas de centro a centro de los apoyos en cada dirección no deben diferir en más de un tercio de la luz mayor (se cumple).
3. Los paneles de las losas deben ser rectangulares, con relación entre la luz mayor y la menor, medidas de centro a centro en los apoyos del panel, no mayor a 2 (se cumple).
4. Las columnas solo pueden estar desalineadas un 10 por ciento de la luz libre menor. (se cumple).
5. Todas las cargas deben ser únicamente gravitacionales y estar uniformemente distribuidas en todo el panel.(se cumple)
6. La carga viva no debe exceder de dos veces la carga muerta no mayorada.(se cumple)

Aplicación del método Directo para la determinación de los Momentos de diseño.

Como el sistema será analizado en las dos direcciones, se hará primero en la dirección Norte- Sur y luego en la dirección Este-Oeste.

Para iniciar se calcula el Momento estático mayorado total del vano aplicando la ecuación 8.10.3.2 del ASCI318, la ecuación proviene directamente de la deducción de Nichos 1914, con la suposición simplificadora de que las reacciones están concentradas a lo largo de las caras de los apoyos en la dirección perpendicular al vano.

Como se verá en lo adelante este momento se divide en momentos positivos y negativos para cada vano.

Dirección Norte-Sur: qu se determinó anteriormente siendo la combinación mayorada de las cargas permanentes y no permanentes. Como se ve en la figura N°42 L2 perpendicular a la dirección de análisis es 14 ft, Ln es la luz libre en la dirección de análisis por lo que se restara la mitad del ancho de la columna a cada lado del vano, es decir el ancho total de la columna de 16 in será restado al claro de 18 ft.

$$qu = 193 \text{ lb/ft}^2$$

$$L2 = 14 \text{ ft}$$

$$Ln = 18 \text{ ft} - 16/12 = 16.67 \text{ ft}$$

$$M^0 = \frac{qu L2 Ln^2}{8} = \frac{193 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} * 14 \text{ ft} * (16.67 \text{ ft})^2}{8} = 93.857 \text{ ft. klb}$$

Distribución del Momento estático total Mayorado según el 8.10.4 del ASCI318.

Las fracción de M⁰ Para un tramo interior será 0.65M⁰ para Momento Negativo, 0.35M⁰ para Momento Positivo.

$$M^+ \text{int} = 32.85 \text{ ft} * \text{klb}$$

$$M^- \text{int} = 61 \text{ ft} * \text{klb}$$

En un vano final M⁰ debe distribuirse según la Tabla 8.10.4.2.

Tabla 8.10.4.2 — Coeficientes de distribución en un vano final

	Borde exterior no restringido	Losas con vigas entre todos los apoyos	Losas sin vigas entre apoyos interiores		Borde exterior totalmente restringido
			Sin viga de borde	Con viga de borde	
Momento negativo interior	0.75	0.70	0.70	0.70	0.65
Momento positivo	0.63	0.57	0.52	0.50	0.35
Momento negativo exterior	0	0.16	0.26	0.30	0.65

Como se considera que el sistema no posee vigas de borde, no posee vigas entre los apoyos entonces los coeficientes serán, para el Momento Negativo Interior 0.70M⁰, para el momento Positivo 0.52M⁰, para el Momento Negativo Exterior 0.26M⁰.

$$M^- \text{int} = 65.7 \text{ ft} * \text{klb}$$

$$M^+ = 48.8 \text{ ft} * \text{klb}$$

$$M^- \text{ext} = 24.4 \text{ ft} * \text{klb}$$

El esquema muestra la distribución de Momentos en la dirección Norte-Sur, tanto para los claros interiores así como para los exteriores. Los cuales se distribuirán en franjas de columnas y franjas intermedias según 8.10.5 ASCI318.

Como se mencionó anteriormente los Momentos mayorados positivos y negativos de cada vano se serán resistidos por franjas de columna y franjas centrales (fraccionariamente).

Las franjas de columna deben resistir las fracciones del momento negativo interior señaladas en la Tabla 8.10.5.1.

Tabla 8.10.5.1— Fracción del momento negativo interior M_u en una franja de columna

$\left(\frac{\alpha_f l_2}{l_1}\right)$	l_2/l_1		
	0.5	1.0	2.0
0	0.75	0.75	0.75
≥ 1.0	0.90	0.75	0.45

Nota: Debe interpolarse linealmente entre los valores dados

$$L2/L1 = 18/14 = 1.28$$

$$\frac{\alpha_f l_2}{l_1} = 0; \text{ No existen vigas.}$$

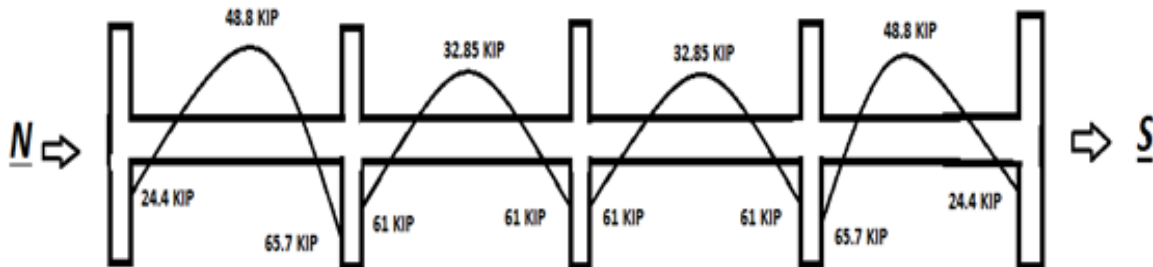
Por lo que se tomara el 75 % M^- Int para la franja de columna.

Las franjas de columnas deben resistir las fracciones del momento negativo exterior señaladas en la Tabla 8.10.5.2.

Tabla 8.10.5.2 — Fracción del momento negativo exterior M_u en una franja de columna

$\left(\frac{\alpha_f l_2}{l_1}\right)$	β_t	l_2/l_1		
		0.5	1.0	2.0
0	0	1.0	1.0	1.0
	≥ 2.5	0.75	0.75	0.75
≥ 1.0	0	1.0	1.0	1.0
	≥ 2.5	0.90	0.75	0.45

Nota: Deben hacerse interpolaciones lineales entre los valores dados, donde β_t se calcula usando la ecuación (8.10.5.2a) y C se calcula usando la ecuación (8.10.5.2b).



$$L2/L1 = 18/14 = 1.28$$

$$\beta_t = 0$$

$$\frac{\alpha_f l_2}{l_1} = 0; \text{ No existen vigas}$$

Por lo que tomara el 100 % de los M^- ext para la franja de columna.

Las franjas de columnas deben resistir las fracciones de los momentos positivos dados en la Tabla 8.10.5.5.

Tabla 8.10.5.5 — Fracción del momento positivo M_x en una franja de columna

$\left(\frac{\alpha_1 \ell_2}{\ell_1}\right)$	ℓ_2/ℓ_1		
	0.5	1.0	2.0
0	0.60	0.60	0.60
≥ 1.0	0.90	0.75	0.45

Nota: Debe interpolarse linealmente entre los valores dados.

$$L2/L1 = 18/14 = 1.28$$

$$\beta_t = 0$$

$$\frac{\alpha_{f1} L2}{L1} = 0; \text{ No existen vigas}$$

Por lo que tomara el 60 % de los M^+ para la franja de columna.

Dirección Este-Oeste: Q_u se determinó anteriormente siendo la combinación mayorada de las cargas permanentes y no permanentes. Como se vio L2 perpendicular a la dirección de análisis es 18 ft, L_n es la luz libre en la dirección de análisis por lo que se restara la mitad del ancho de la columna a cada lado del vano, es decir el ancho total de la columna de 16 in será restado al claro de 14 ft.

$$q_u = 193 \text{ lb/ft}^2$$

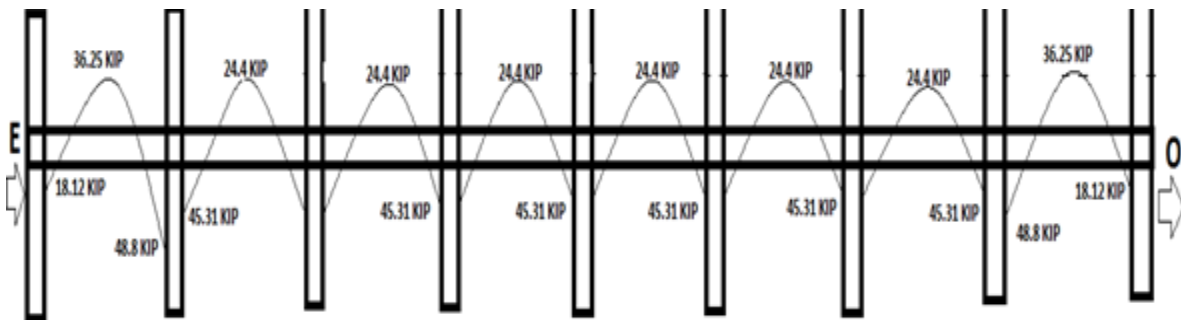
$$L2 = 18 \text{ ft}$$

$$L_n = 14 \text{ ft} - 16/12 = 12.67 \text{ ft}$$

$$M^e = \frac{q_u L2 L_n^2}{8} = \frac{193 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} * 18 \text{ ft} * (12.67 \text{ ft})^2}{8} = 69.71 \text{ ft.klb}$$

Este momento es el que se distribuirá en la dirección E-O, ya que las fracciones de momentos para la distribución entre los claros externos e internos son idénticas a las utilizadas en la dirección N-S.

El esquema siguiente muestra la distribución de Momentos en la dirección Este-Oeste, tanto para los claros interiores así como para los exteriores. Los cuales se distribuirán en franjas de columnas y franjas intermedias según 8.10.5 ASCE318.



NOTA: los porcentajes para las franjas centrales se definen como el porcentaje no asignado para las franjas de Columnas respecto al 100 % del momento correspondiente. (100%M - %Franja Columna = % Franja Central)

Dirección	Claro	Momentos (ft*klb)	Franja de columna(ft*klb)	Franja central (ft*klb)
N-S	Claro Interior	$M^- Int = 61$	45.75	15.25
		$M^+ Int = 32.85$	19.71	13.14
	Claro Exterior	$M^- Ext = 65.7$	49.28	16.42
		$M^+ Ext = 48.8$	29.28	19.52
E-O	Claro Interior	$M^- Int = 45.31$	31.72	13.6
		$M^+ Int = 24.4$	14.64	9.8
	Claro Exterior	$M^- Ext = 48.8$	34.16	14.64
		$M^+ Ext = 36.25$	21.75	14.5
		$M^- Ext = 18.12$	18.12	0
<i>Cuadro de resumen de distribución de Momentos en franjas de Columna y franjas Centrales</i>				

Determinación de armadura total de flexión requerida para las franjas de diseño.

Dirección Norte-Sur.

- ❖ Armadura requerida para el **Momento negativo del claro interior** para la franja de columna mostrado en el Cuadro de resumen de distribución de momentos en franjas de columnas y franjas centrales.

$M_n = 45.75$ kip. Tomando en cuenta que la sección estará dominada por la tracción $\phi = 0.9$

Como se muestra el ancho de la franja de columna es 7 ft tanto en la dirección N-S como en la E-O.

Determinando M_n usando $\phi = 0.9$

$$.M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{45.75}{0.9} = 50.83 \text{ ft} * \text{klb} = 610 \text{ in} * \text{klb}$$

Área de acero preliminar usando la equivalencia $(d - \frac{a}{2}) = 0.9 d$

$$A_{s \text{ flex}} = \frac{M_n}{f_y 0.9 d} = \frac{610 \text{ in} * \text{klb}}{(60 \text{ klb/in}^2)(0.9 * 5.5 \text{ in})} = 2.054 \text{ in}^2$$

Bloque de Wilder

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{(2.054 \text{ in}^2)(60 \text{ klb/in}^2)}{0.85(4 \text{ klb/in}^2)(7 \text{ ft} * \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}})} = 0.43 \text{ in}$$

$$A_{s \text{ flex}} = \frac{M_n}{f_y (d - \frac{a}{2})} = \frac{610 \text{ in} * \text{klb}}{(60 \text{ klb/in}^2)(5.5 \text{ in} - \frac{0.43 \text{ in}}{2})} = 1.923 \text{ in}^2$$

1.923 in² debe ser mayor que la necesaria por Contracción y Temperatura.

La cuantilla mínima requerida por contracción y Temperatura es $\rho_{\min} = 0.0018$

$$A_{s \text{ c y T}} = \rho b h = 0.0018 * (7 \text{ ft} * \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}}) * 7 \text{ in} = 1.06 \text{ in}^2$$

$$A_{s \text{ flex}} > A_{s \text{ c y T}} \quad \Rightarrow \quad 1.923 \text{ in}^2 > 1.06 \text{ in}^2$$

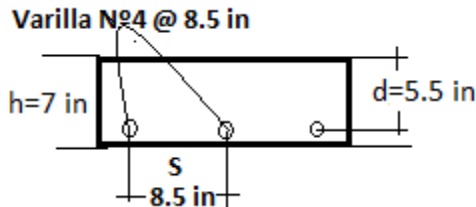
Por lo que se procede a determinar Diámetro de Varillas y separación entre ellas.

SOLUCION 1: Se propone Varilla N°4 con Área: 0.2 in^2

$$N^{\circ} \text{ de Varillas} = \frac{A_s \text{ flex}}{A_v N^{\circ}4} = \frac{1.923 \text{ in}^2}{0.2 \text{ in}^2} = 9.62 \Rightarrow 10 \text{ Varillas N}^{\circ}4.$$

La separación entre Varillas será: $\frac{b}{N^{\circ} \text{ de Varillas}} = \frac{84 \text{ in}}{10} = 8.4 \text{ in}$

Por lo que se concluye que la sección transversal de la losa tendrá las siguientes especificaciones:



VERIFICAR SI SE TRATA DE UNA SECCIÓN CONTROLADA POR LA TRACCIÓN.

El factor de reducción de resistencia ϕ para momento, fuerza axial, o combinación de momento y fuerza axial, se selecciona según el rango en el que se encuentre la deformación unitaria por lo que debe verificar que la sección esta en tracción ya que se seleccionó $\phi=0.9$.

Para esto $\epsilon_t \geq 0.005$, donde ϵ_t se calcula según ASCI-318 22.

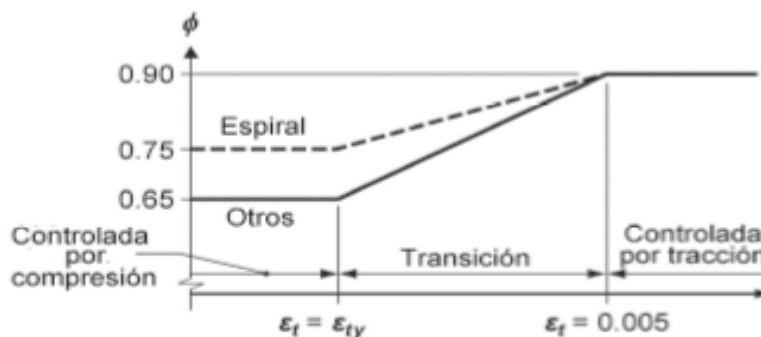


Fig. R21.2.2(b) — Variación de ϕ con la deformación unitaria neta de tracción en el acero extremo a tracción ϵ_t .

Una de la Suposiciones de diseño para el concreto radica en que La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto debe suponerse igual a 0.003.

Se debe suponer un esfuerzo de $0.85 F_c$ uniformemente distribuido en una zona de compresión equivalente.

Para iniciar se calcula el Bloque de Wilder

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{(10 \cdot 0.2 \text{ in}^2)(60 \text{ klb/in}^2)}{0.85(4 \text{ klb/in}^2)(7 \text{ ft} \cdot \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}})} = 0.42 \text{ in}$$

Luego encontramos el valor de β_1 para el cálculo de La distancia desde la fibra de deformación unitaria máxima al eje neutro (C) según ASCI-318 22.2.como se ve en la tabla, se utilizara el

$\beta_1 = 0.85$ del primer intervalo ya que nuestro valor de f'_c : 4000 psi.

Tabla 22.2.2.4.3 — Valores de β_1 para la distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el concreto.

f'_c , psi	β_1	
$2500 \leq f'_c \leq 4000$	0.85	(a)
$4000 < f'_c < 8000$	$0.85 - \frac{0.05(f'_c - 4000)}{1000}$	(b)
$f'_c \geq 8000$	0.65	(c)

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{0.42 \text{ in}}{0.85} = 0.494$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{0.003}{c} \right) d_t - 0.003 \geq 0.005$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{0.003}{0.494} \right) 5.5 - 0.003 \geq 0.005$$

0.030 \geq 0.005 OK

4.2.5- Muros

El artículo 18 del RNC indica consideraciones para el diseño de muros, los requisitos de este artículo aplican tanto para el diseño de muros preesforzados y no preesforzados.

El espesor mínimo de un muro debe cumplir con la tabla 18.1 del ACI.

Tipo de muro	Espesor mínimo del muro, h	
De carga	El mayor valor entre	10 cm
		1/25 de la menor entre la altura y la longitud no apoyadas
No portante	El mayor valor entre	10 cm
		1/30 de la menor entre la altura y la longitud no apoyadas
Exteriores de sótanos y fundaciones	19 cm	

Muros de cortante.

Los muros de cortante o muros estructurales, si están debidamente diseñados, de tal manera que posean una rigidez lateral adecuada que reduzca las distorsiones de los entrepisos debidas a los movimientos inducidos por el sismo, reducen la posibilidad de daño a los elementos no estructurales del edificio. Cuando se utilizan combinados con marcos rígidos, los muros forman un sistema que combina la eficiencia a las cargas laterales del muro estructural con la eficiencia a la carga gravitacional proporcionada por el marco. Se ha observado que para los edificios de varios pisos, los cuales son más susceptibles de tener grandes deformaciones laterales cuando ocurre un sismo, el comportamiento se mejora en cuanto a seguridad y control de daños al rigidizar los marcos a través de muros de cortante.

Las disposiciones principales del Capítulo 21 del ACI 318-02 relativas a los muros estructurales son como sigue:

La sección 27.7.2 del código, indica que debe suministrarse a los muros el refuerzo por cortante en dos direcciones ortogonales en el plano del muro. Las cantidades mínimas de refuerzo tanto para la dirección longitudinal como la transversal son:

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_{cv}} = \rho_n \geq 0.0025$$

La separación del refuerzo no debe ser mayor de 45 cm o 3 veces el espesor del muro.

Si la fuerza de diseño V_u no excede de $0.265 A_{cv}\sqrt{f'_c}$

Sección 21.7.2.1 dice que la razón de refuerzo ρ_v y ρ_n no deberá ser menor de 0.0025 si la fuerza cortante de diseño $V_u \leq A_{cv}\sqrt{f'_c}$, proporciona refuerzo mínimo de acuerdo con la sección 14.3.

Sección 14.3

Refuerzo vertical mínimo

Relación del refuerzo

= 0.0012 para barras No. 5 o menores

= 0.0015 para barras No. 6 o mayores

Refuerzo horizontal mínimo

Relación del refuerzo

= 0.0020 para barras No. 5 o menores

= 0.0025 para barras No. 6 o mayores

Sección 21.7.2.3 (ACI)

Todo refuerzo continuo en muros estructurales deben de estar anclados o traslapados de acuerdo con las disposiciones para refuerzo en tensión, especificadas en la sección 21.5.4.

Resistencias requerida y de diseño

La resistencia requerida debe ser calculada utilizando las combinaciones y los factores de carga especificados en el Reglamento Nacional de Construcción (RNC), los procedimientos de análisis utilizados para determinar la resistencia requerida deben estar de acuerdo a lo indicado en el artículo 13, la magnificación por esbeltez, deben ser determinados de acuerdo a lo indicado en el artículo 13, las resistencias de diseño deben ser determinadas usando resistencias nominales calculadas de acuerdo a lo especificado en el artículo 26 y a los otros factores de reducción de resistencia establecidos en el mismo artículo.

Para cada combinación de carga aplicable, tanto en el plano como fuera del plano del muro, considerando que P_u y M_u actúan simultáneamente, la resistencia de diseño en todas las secciones del muro debe cumplir con:

$$\phi P_n \geq P_u \quad (18-1)$$

$$\phi T_n \geq T_u \quad (18-4)$$

$$\phi M_n \geq M_u \quad (18-2)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad (18-3)$$

Para límites y detallado del refuerzo se puede consultar el RNC artículo 18.

El artículo 19 muestra los requisitos para el diseño de diafragmas.

4.2.3- Columnas

4.2.3.1- Columnas cortas.

Las columnas son los miembros verticales a compresión de los marcos estructurales que sirven para apoyar a las vigas y, por tanto, transmitir las cargas de los pisos superiores hasta la cimentación, Por ello, el factor de reducción de resistencia ϕ para elementos en compresión es menor a los correspondientes a flexión, cortante y torsión. Para elementos sometidos a compresión axial o a compresión más flexión, el Código ACI establece coeficientes de reducción básicos:

$\phi = 0.70$ para columnas con flejes

$\phi = 0.75$ para columnas reforzadas con espiral

Hace algunos años, un estudio conjunto del ACI y la ASCE señalaba que el 90 por ciento de las columnas arriostradas contra desplazamiento lateral y el 40 por ciento de las no arriostradas podrían diseñarse como columnas cortas.

Se utilizará el término columna en forma intercambiable con el término elemento a compresión, por simplicidad y de conformidad con el uso general. Se utilizan tres tipos de elementos a compresión de concreto reforzado:

1. Elementos reforzados con barras longitudinales y flejes transversales.
2. Elementos reforzados con barras longitudinales y espirales continuas.
3. Elementos compuestos a compresión reforzados longitudinalmente con perfiles de acero estructural o con tubos con o sin barras longitudinales adicionales, además de diferentes tipos de refuerzo transversal. Los tipos 1 y 2 son los más comunes.

Para el diseño de estos elementos se utilizan varios métodos entre los más comunes tenemos el método de la carga inversa y el método de contorno de falla, estos se presentan procedimientos simples pero con resultados aproximados.

El RNC no especifica un tamaño mínimo específico para columnas, por lo cual se permite el uso de secciones transversales pequeñas en estructuras de edificaciones de poca altura y con poca carga. No se permite que la cuantía de refuerzo vertical sea menor al 0.5% del área de la sección real de concreto.

Cuando una columna este confinada por una sección hueca de acero estructural, el espesor del perfil metálico debe ser al menos lo que resulta de la ecuación 17-1 del RNC para secciones rectangulares de lado b y de la ecuación 17-2 del RNC para secciones circulares de diámetro h .

La relación del área de acero longitudinal de las columnas A_{st} y el área de la sección transversal bruta de concreto A_g está en el intervalo de (0.01 a 0.08) conforme al ACI 10.9.1.

El diseño de columnas consiste esencialmente en la selección de una sección transversal adecuada con refuerzo para resistir una combinación requerida de carga axial factorizada P_u y momento factorizado (primario) M_u , incluyendo la consideración de la esbeltez de la columna (momentos secundarios).

La resistencia a carga axial de compresión con excentricidad nula se puede expresar como: $P_o = 1.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$, donde A_{st} es el área total de refuerzo y A_g es el área gruesa de la sección de concreto.

Resistencia requerida y de diseño

La resistencia requerida debe ser calculada utilizando las combinaciones y los factores de carga especificados en el RNC, los procedimientos de análisis utilizados para determinar la resistencia requerida deben estar de acuerdo con el artículo 13, las resistencias de diseño deben ser determinadas usando resistencias nominales calculadas de acuerdo a o especificadas en el artículo 26 y a los factores de reducción de resistencia establecidos en el mismo.

Para cada combinación de carga aplicable, considerando que P_u y M_u ambas actúan simultáneamente, la resistencia de diseño en todas las secciones de la columna debe cumplir con:

$$\phi P_n \geq P_u \quad (17-3)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad (17-5)$$

$$\phi M_n \geq M_u \quad (17-4)$$

$$\phi T_n \geq T_u \quad (17-6)$$

Límites del refuerzo

En columnas no preesforzadas y preesforzadas con $f'_c < 160 \text{ kg/cm}^2$ promedio, el área de refuerzo longitudinal no debe ser menor que $0.01 A_g$ ni mayor que $0.08 A_g$. Se debe colocar un área mínima de refuerzo por cortante $A_v \text{ min}$ en todas las secciones donde $V_u \geq 0.5 \phi V_c$, cuyo valor debe ser el mayor que resulte de las ecuaciones 17-7 y 17-8 del RNC.

Procedimiento por tanteos para el análisis y diseño de secciones.

Para determinar los valores de carga axial nominal P_n y momento nominal M_n , se sigue un procedimiento por tanteos.

Calcular la carga axial externa factorizada P_u y el momento factorizado M_u , y obtener la excentricidad $e = M_u / P_u$.

Suponer una sección transversal y la distribución de refuerzo a emplear. Al seleccionar los tamaños de las columnas deben evitarse dimensiones fraccionales.

Suponer una relación de refuerzo entre 0.01 y 0.04 con respecto al área gruesa de la sección y obtener el área de refuerzo.

Suponer un valor para la distancia c con respecto al eje neutro, que es una medida de la profundidad a del bloque de compresión, puesto que $a = \beta_1 c$.

Aplicando el valor supuesto de c , se calcula la carga axial P_n . Se calculan los esfuerzos de compresión y de tensión f'_s y f_s en el refuerzo, y la excentricidad correspondiente a la carga calculada P_n . Esta excentricidad calculada, se deberá igualar a la excentricidad proporcionada $e = M_u / P_u$; en caso contrario, se repite el procedimiento hasta que ambos valores de excentricidad sean iguales. Si la excentricidad que se obtiene es mayor que la excentricidad de dato, esto indica que el valor supuesto de c y la correspondiente profundidad a del bloque de compresión, es menor a la profundidad real; en este caso, se realiza otro ciclo de tanteo suponiendo un valor mayor del c anteriormente seleccionado.

Una vez que se iguale la excentricidad calculada a la de dato, se aplica el factor de reducción de resistencia ϕ apropiado, y se observa si la resistencia de diseño es mayor o igual a la resistencia requerida.

Siguiendo de esta manera, el cálculo es sencillo pero extenso y es difícil seleccionar una sección óptima para todas las combinaciones de carga. Por esta razón, se utilizan ayudas de diseño, especialmente los llamados diagramas de interacción de carga - momento.

4.1.4.1- Columnas esbeltas.

Se dice que una columna es esbelta si las dimensiones de su sección transversal son pequeñas en comparación con su longitud. El grado de esbeltez se expresa, generalmente, en términos de la relación de esbeltez (l/r) donde l es la longitud y r es el radio de giro de su sección transversal. Para elementos cuadrados o circulares, el valor de r es el mismo con respecto a cualquiera de los ejes.

En las columnas esbeltas, la resistencia de la sección se ve reducida por las deformaciones producidas por momentos secundarios debido a las cargas axiales, $M = P(e + \Delta)$.

De acuerdo al ACI 10.11.1, las cargas axiales factorizadas P_u , los momentos factorizados en los extremos de la columna M_1 y M_2 , y las derivas de entrepiso deben calcularse empleando un análisis elástico de primer orden tomando en cuenta las regiones agrietadas a lo largo de los elementos.

Los criterios del código ACI para no tener en cuenta los efectos de esbeltez son los siguientes:

1. Para elementos a compresión en pórticos arriostrados contra desplazamiento lateral, los efectos de esbeltez pueden despreciarse cuando $kl_u/r < 34 - 12M_1/M_2$, donde M_1/M_2 no debe tomarse menor que -0.5.
2. Para elementos a compresión no arriostrados contra desplazamientos laterales, los efectos de esbeltez pueden despreciarse cuando kl_u/r sea menor que 22.

4.1.4.1.1- Diseño por cortante

El diseño por cortante de elementos sometidos a cargas axiales de compresión o tensión, es similar al realizado en elementos que soportan flexión únicamente (p. ej. vigas), pero difiere en el cálculo de la resistencia proporcionada por el concreto.

El código ACI presenta una forma simplificada para determinar la resistencia al cortante V_c para elementos de este caso (ACI 11.3.2.1): Para elementos sujetos a carga axial de compresión: (ACI 11-4).

Para elementos sujetos a compresión axial, se puede utilizar la ecuación (ACI 11-5) para el cálculo de V_c con M_m sustituyendo a M_u . Para elementos sujetos a tensión axial significativa aplicar: (ACI 11-8).

Ejemplo: Diseño de una columna esbelta en un pórtico arriostrado. Diseñe la columna C3 según el método de amplificación de momentos del Código ACI. El sistema está compuesto de varios pisos, con vigas de 48 pulg de ancho y 12 pulg de altura, en todas las líneas de columna que

sostienen losas de entrepiso y de cubierta en dos direcciones. La altura libre de las columnas es de 13 pies. Las columnas interiores se han predimensionado tentativamente de 18 x 18 pulg y las exteriores de 16 x 16 pulg. El pórtico está arriostrado efectivamente contra desplazamiento lateral mediante los núcleos de escaleras y de ascensores, que incluyen muros de concreto monolíticos con los entrepisos, localizados en las esquinas del edificio. La estructura se va a someter a cargas verticales muertas y vivas. Los cálculos tentativos y adelantados mediante análisis de primer orden indican que la distribución de cargas vivas es, si se tiene en cuenta una distribución completa de la carga en la cubierta y en los pisos superiores, y con una distribución en forma de tablero de ajedrez en la zona adyacente a la columna C3, produce los máximos momentos con curvatura simple en esta columna y casi la máxima carga axial. Las cargas muertas actúan sobre todas las luces. Los valores de cargas de servicio para las fuerzas axiales y los momentos causados por las cargas muertas y vivas para la columna interior típica C3 son los siguientes:

Carga muerta; $P = 230$ klb; $M_2 = 2$ klb-pie; $M_1 = -2$ klb-pie

Carga viva: $P = 173$ klb; $M_2 = 108$ klb-pie; $M_1 = 100$ klb-pie.

La columna queda sometida a curvatura doble cuando actúa la carga muerta sola y a curvatura simple cuando actúa la carga viva. Utilice $f'_c = 4000$ lb/pulg² y $f_y = 60,000$ lb/pulg².

Solución.

Inicialmente se diseña la columna como corta, ignorando los efectos de esbeltez. Se aplican los coeficientes usuales de carga $1.2CM + 1.6CV$ entonces tenemos:

$$P_u = 1.2 \times 230 + 1.6 \times 173 = 553 \text{ klb}$$

$$M_u = 1.2 \times 2 + 1.6 \times 108 = 175 \text{ klb-pie}$$

Para una revisión inicial de la esbeltez, se utiliza un valor estimado del factor $k = 1.0$ de longitud efectiva. Entonces se determinó que el límite superior de comportamiento para una columna corta es excedido, entonces debe incluirse en el diseño el efecto de esbeltez. Se requiere entonces un cálculo más refinado del factor k de longitud efectiva. Puesto que E , es el mismo para las columnas y para las vigas, se cancela en los cálculos de rigidez. En este paso, el momento de inercia de la columna es $0.71I_g = 0.7 \times 18 \times 18^3/12 = 6124 \text{ pulg}^4$, obteniéndose $I/I_c = 6124/(14 \times 12) = 36.5 \text{ pulg}^3$. Para las vigas, el momento de inercia se toma como $0.35I_g$. Donde I_g es dos veces el momento de inercia bruto del alma. Entonces, $0.35I_g = 0.35 \times 2 \times 48 \times 12^3/12 = 4838 \text{ pulg}^4$;; $I/I_c = 4838/(24 \times 12) = 16.8 \text{ pulg}^3$ Los factores de restricción rotacional en la parte superior e inferior de la columna C3 son los mismos y resultan iguales a

$$\psi_a = \psi_b = \frac{36.5 + 36.5}{16.8 + 16.8} = 2.17$$

Y

$$\frac{kl_u}{r} \frac{0.87 * 13 * 12}{0.3 * 18} = 25.1$$

Este valor está aún por encima del valor límite de 23.3, confirmando que deben tenerse en cuenta los efectos de esbeltez. En seguida se realiza una revisión del momento mínimo. De acuerdo con la siguiente ecuación $M_{2,min} = P_u(0.6 + 0.03h) = -553 \times (0.6 + 0.03 \times 18)/12 = 53$ klb-pie. Se observa que este valor no controla. El coeficiente C_m ahora puede encontrarse a partir de la siguiente ecuación: $C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0.4$ con $M_1 = 1.2 \times (-2) + 1.6 \times 100 = 163$ klb.pie y $M_2 = 1.2 \times 2 + 1.6 \times 108 = 176$ klb.pie:

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{163}{176} = 0.97 \geq 0.4$$

Después se determina el factor β_d con base en la relación de las cargas axiales muerta y total, ambas mayoradas

$$\beta_d = \frac{1.2 * 230}{1.2 * 230 + 1.6 * 173} = 0.5$$

Para una cuantía relativamente baja de acero en una columna, que se estima en el intervalo de 0.02 a 0.03, para el cálculo más preciso de EI tenemos:

$$EI = \frac{0.2E_c I_g + 2E_s I_{se}}{1 + \beta_d}$$

o con una expresión más sencilla

$$EI = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_d} = \frac{0.4 * 3.6 * 10^6 * 18 * 18^3 / 12}{1 + 0.5} = 8.29 \times 10^9 \text{ lb.pulg}^2$$

La carga crítica de pandeo se encuentra con la siguiente ecuación y es igual a

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2} = \frac{\pi^2 8.29 \times 10^9}{(0.87 * 13 * 12)^2} = 4.44 \times 10^6 \text{ lb}$$

El factor de amplificación de momentos por efecto de esbeltez es:

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - P_u / 0.75 P_c} = \frac{0.96}{1 - \frac{553}{0.75 * 4400}} = 1.18$$

Tomando siguiente gráfica el valor de A_g para el diseño de la columna tenemos: Para una columna de 18 x 18 pulg, con una distancia libre de 1.5 pulg hasta el acero exterior, con estribos No. 3 y con acero longitudinal No. 10 (supuesto), con $\gamma = 0.75$ y con:

$$\frac{P_u}{A_g} = \frac{553}{324} = 1.7 \text{ klb/pulg}^2$$

$$\frac{M_u}{A_g h} = \frac{175 * 12}{324 * 18} = 0.43 \text{ klb/pulg}^2$$

A partir del grafico se tiene una cuantilla de acero de $\rho_g = 0.026$. El área de acero que se requiere ahora es igual a:

$$A = 0.026 * 324 = 8.42 \text{ pulg}^2$$

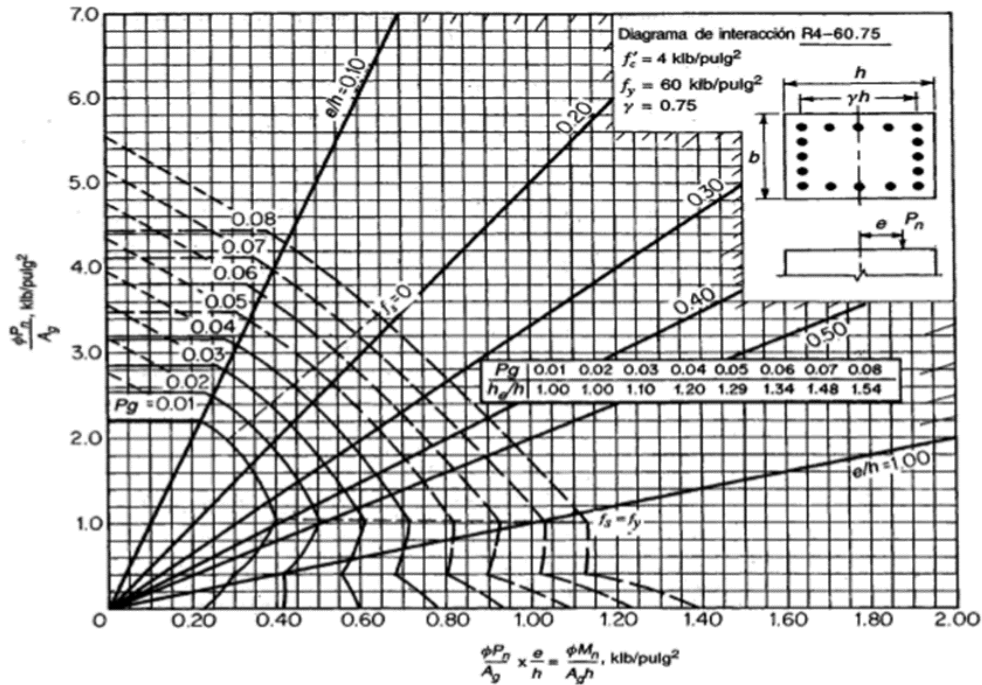
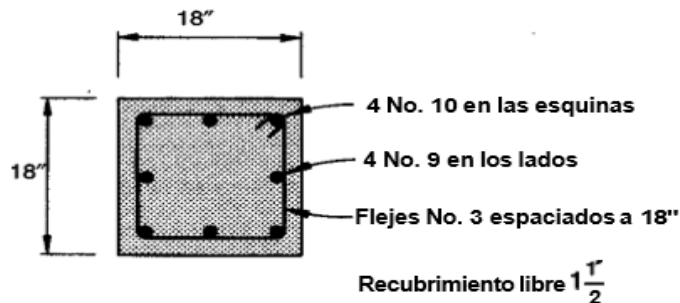


Diagrama de interacción de la resistencia de columnas de sección rectangular con barras en las cuatro caras y $\gamma = 0.75$ (tomado de la referencia 8.7 American Concrete Institute).

La cual puede suministrarse adecuadamente con cuatro barras No. 10 y cuatro barras No. 9 ($A_s = 9.06 \text{ pulg}^2$), distribuidas como aparecen en el esquema de la sección transversal para la columna. Se utilizarán flejes No. 3 con un espaciado que no exceda la menor dimensión de la columna (18 pulg), 48 diámetros de la barra del fleje (18 pulg) o 16 diámetros de barra (18 pulg). Los flejes simples espaciados a 18 pulg, como se presenta en la figura 9.15, cumplen los requisitos del Código ACI. Normalmente podrían realizarse refinamientos adicionales en el diseño, revisando la carga crítica de pandeo.

Sección transversal para la columna



4.3- Modelación de sistemas de Escaleras.

En esta sección se aplicará el modelaje para diferentes sistemas de escaleras. Para el diseño de un sistema de escaleras no cabe la menor duda que deberá iniciarse llevando a cabo el diseño arquitectónico del mismo, para ello se tomarán todas las consideraciones descritas con anterioridad en las que se detalla a profundidad cómo y en qué forma se deberán diseñar físicamente los sistemas de escaleras, para el diseño estructural se hará como se muestra en lo adelante según cada tipo el proceso variara pero el objetivo es el mismo proporcionar una estructura certera que pueda ser construida con los materiales componentes del concreto reforzado, principalmente detallar el armado en planos y especificaciones técnicas.

4.3.1- Sistema de Escaleras de un tramo apoyado longitudinalmente.

Estructuralmente hablando, los sistemas de escaleras apoyados de forma longitudinal se clasifican en sistemas longitudinales simplemente apoyados y los sistemas longitudinales empotrados, sin embargo debido a que el análisis de rigidez de estructuras ha determinado que no existe un empotramiento perfecto es recomendable realizar el diseño de estas estructuras como elementos simplemente apoyado o en su defecto articulado.

Las formas en que se pueden evaluar las cargas inducidas a este sistema de escaleras son básicamente dos, la primera se basa en el análisis de la carga aplicada de forma perpendicular sobre la proyección horizontal que genera el sistema de escaleras; la segunda forma consiste en analizar el sistema de escaleras mediante la aplicación de la componente que ejerce su efecto perpendicularmente a los escalones del sistema y emplear para ello la longitud real del sistema, es decir la longitud inclinada de la placa(ver Figura N°46), como ambas formas llevarán al mismo resultado la elección del método queda a discreción del diseñador.

Una vez que aplicamos la carga la determinación de los momentos para el diseño del acero de refuerzo dependerá de cómo se esté considerando el apoyo.

En este tipo de escaleras el acero principal es colocado longitudinalmente, es decir de forma paralela al tramo largo de las escaleras y perpendicular al lado corto de las mismas dicha área de acero deberá calcularse mediante expresiones que se proporcionarán más adelante, sin embargo el área de acero repartido o transversal será aquel que se obtendrá del parámetro de área de acero mínimo y este se colocará perpendicular al lado largo del tramo de escaleras y bajo de cada escalón o huella como comúnmente se le conoce.

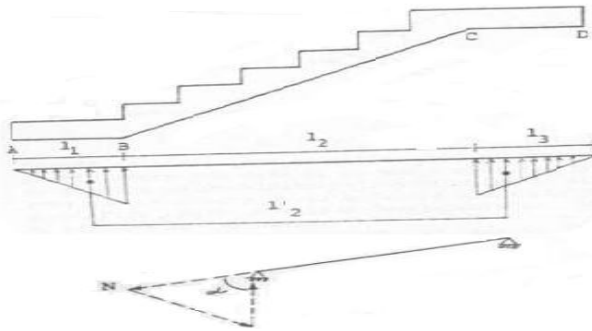
El área de acero de amarre o de anclaje es otro factor importante dentro del diseño de estos sistemas de escaleras, esta área de acero es la que tiene como función el anclar el sistema de escaleras a los sistemas de apoyos que pueden ser vigas de apoyo terminal o losas, es importante mencionar que en el momento en que se diseñan los sistemas de apoyo deben tenerse todas las consideraciones de cargas y esfuerzos que el sistema de escaleras le inducirá a los elementos por lo que el orden lógico indica que previo a diseñar los sistemas de apoyo deben diseñarse los sistemas de escaleras o por lo menos tener ya ideas claras de lo que se diseñará, a fin de evitar problemas posteriores como las fallas que se presentaron en la sección 3.2.

Como se comentó anteriormente, se sabe que no existe un empotramiento perfecto, por lo que el diseño está basado en un sistema simplemente apoyado, esto es totalmente beneficioso, ya que permite realizar una serie de procedimientos constructivos que aportaran a la estabilidad de la edificación que contenga nuestro sistema, es decir el campo podríamos agregar anclajes mayores.

En el caso de que se trate de una rampa maciza y se considere al descanso superior como

aligerado en voladizo apoyado en la viga superior (Ver Figura N°45), se debe considerar como todo macizo o todo aligerado, pero no en combinación.

Figura N°45: Escalera apoyada longitudinalmente.



La viga sirve de apoyo en esta recaen las componentes de la fuerza aplicada, el diagrama de reacción se muestra en la Figura N°45, como se ve el apoyo está tirando y sosteniendo, en el apoyo superior la fuerza N esta en sentido contrario al indicado en el apoyo inferior. La luz que interviene en el cálculo será l_2 , suponiendo que cuando aplicamos la carga el punto A no desciende y el B si, por lo tanto la carga es triangular.

Estos sistemas se construyen colocando el área de acero de anclaje del sistema de escaleras en el sistema de vigas o losas en un solo extremo dejando el extremo opuesto del sistema libre o simplemente apoyado en un elemento receptor tal y como se muestra en la Figura N°46. Como se puede observar en la figura, que al poseer un elemento compresivo que permite movimiento vertical, a su vez disminuye el esfuerzo de fricción en el apoyo y además contando con una junta de construcción que permite el movimiento horizontal se evitará que en el momento en que se aplique la carga sísmica al sistema, éste inicie una etapa de trabajo bajo un alto porcentaje de compresión y llegue a la falla.

Este sistema es también importante ya que llega trabajar como una viga inclinada que funcionará como miembros de embreizado de la edificación haciendo de esta forma que el sistema obtenga beneficios de estabilidad estructural. A veces se encuentran separadas por una junta compresible o un apoyo móvil en el extremo superior y empotradas en el extremo inferior.

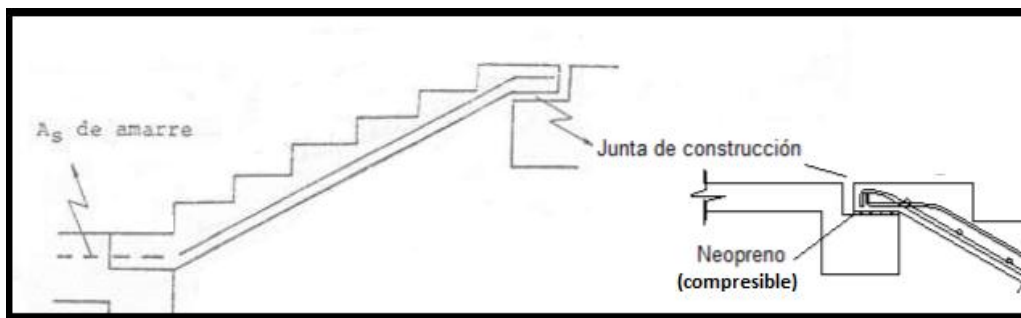


Figura N°46: Esquema Armado de escaleras longitudinal.

Estos tipos de escaleras son los más utilizados en las edificaciones ya que para el análisis se consideran como vigas inclinadas. En cambio otros sistemas son más complejos de analizar cómo lo veremos en la sección siguiente.

Para el diseño de sistemas de dos o más tramos se recomiendan emplear los mismos parámetros que se están empleando para el diseño de este sistema únicamente debe considerarse un balance de momentos en el descanso, en el cual se uniría un tramo con el otro, además de realizarse un análisis por torsión del descanso.

4.3.1.1-Aplicación del modelaje

Para ilustrar el procedimiento de diseño para un sistema de escaleras rectas apoyada longitudinalmente se diseñara el cuerpo de dos tramos de escaleras que conectan el sistema de entre piso formado por una losa apoyada sobre vigas principales, ambos tramos están conectados por un descanso apoyado en vigas intermedias o secundarias que forman parte del marco de la caja de escaleras.

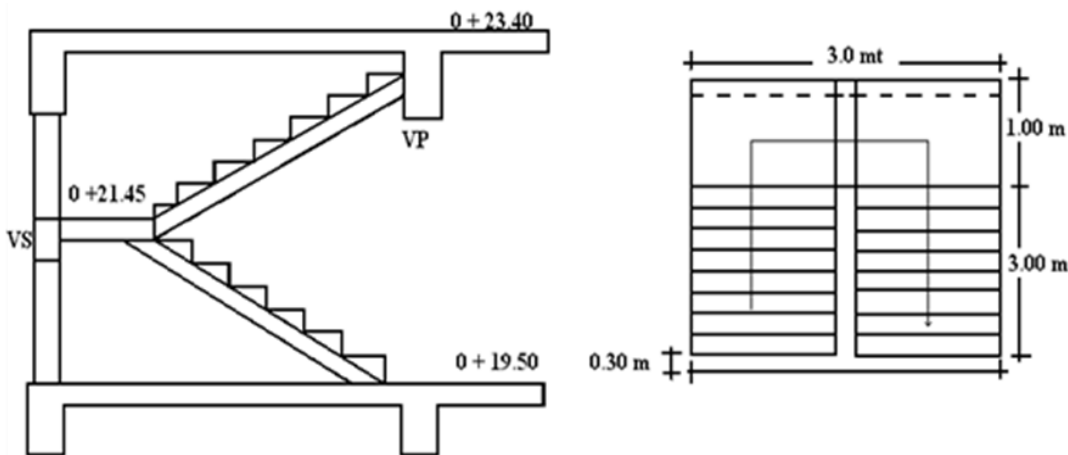
En el primer caso se considerara el tramo apoyado sobre vigas secundarias, el segundo tramo se considera apoyado sobre una viga primaria. (Figura N°47 y N°51).

TRAMO N°1

ESCALERA APOYADA EN VIGAS SECUNDARIAS.

Como se mencionó anteriormente todo diseño debe comenzar por la definición de las variables arquitectónicas del sistema para este caso se tomó el valor de 30 cm para el paso y 20 cm para la contrahuella, como sabemos esto nos ubica en un rango de comodidad optimo, por lo que no aremos más hincapié en esto y proseguiremos con el diseño estructural. Para este ejemplo adoptamos el sistema métrico.

Figura N°47: sistema de escaleras a diseñar.



Estableciendo datos:

$$F'c = 280 \text{ kg/cm}$$

$$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{ de huellas} = 2.7 / 0.30 = 9$$

$$N^{\circ} \text{ de contrahuellas} = 9.0 + 1.0 = 10$$

$$\text{Altura de contrahuella} = 1.95 / 10 = 0.195 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Peralte mínimo: } h = 1/30 = 0.133 \text{ m} = 15 \text{ cm}$$

$$\alpha = \text{Tan}^{-1} = 1.95 / 3.00 = 33.02^{\circ}$$

$$h' = h / \cos \alpha = h / \cos 33.02 = 18 \text{ cm}$$

1.-Cargas de diseño:

a) Descanso:

$$\text{Losas} = 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Losas adicionales} = 20 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{C.F. + I.E.} = 30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{CM} = 410 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{CV} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{W1} = 760 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Wu1} = 1.2 \text{ CM} + 1.6 \text{ CV} \quad \text{Wu1} = 1.2 (410) + 1.6 (350)$$

$$\text{Wu1} = 1052 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Wu1} = 1.052 \text{ Ton/m}$$

b) Gradadas:

$$\text{Losas} = 0.18 \times 2400 = 432 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Losas adicionales} = 20 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Gradadas: } 0.15 \times 2000 / 2 = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Pasamanos} = 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{CM} = 672 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{CV} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{W2} = 1022 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Wu2} = 1.2 \text{ CM} + 1.6 \text{ CV} \quad \text{Wu2} = 1.2 (672) + 1.6 (350)$$

$$\text{Wu2} = 1366.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Wu2} = 1.3664 \text{ Ton/m}$$

Como se muestra en el dibujo la escalera está apoyada en la viga primaria y una secundaria, por lo analizaremos el sistema como simplemente apoyado para determinar el refuerzo para

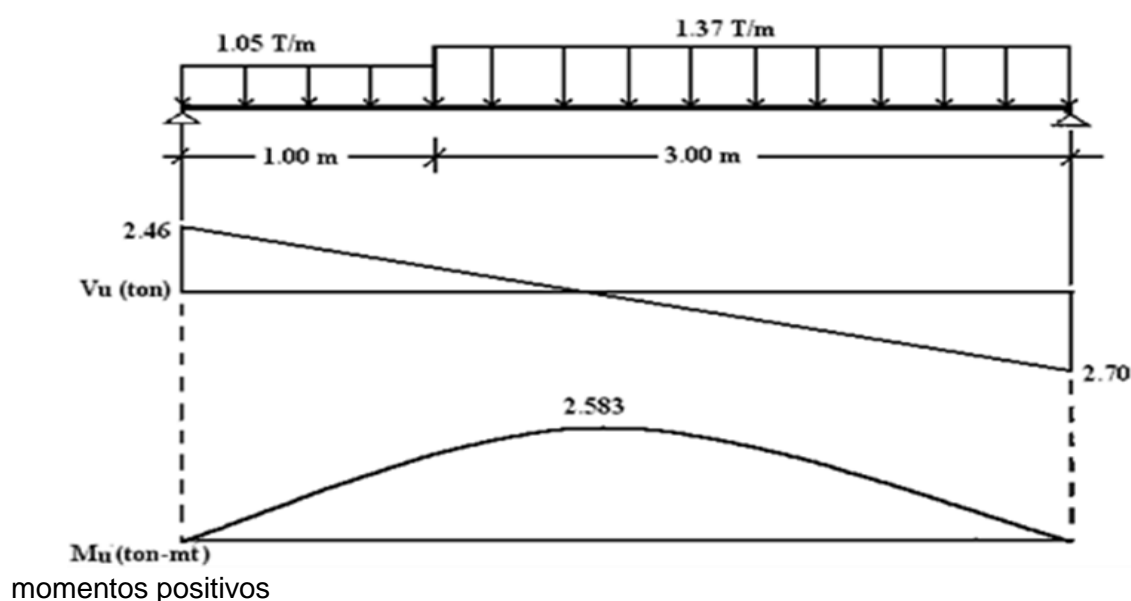


Figura N°48: reacciones en el tramo de escaleras (V y M).

2.-Porcentaje de acero necesario:

Para momento positivo:

$$\text{Mu}(+) = 2.583 \text{ Ton-m} = 258.3 \times 10^3 \text{ kg-cm}$$

$$\rho_{\text{nec}} = 0.85 \frac{f_c}{f_y} -$$

$$\sqrt{\left(\frac{0.85 f_c}{f_y}\right)^2 - \left(\frac{0.85 f_c}{f_y}\right) * \left(\frac{2M_u}{\phi f_y b d^2}\right)}$$

$$\rho_{nec} = 0.057 - \sqrt{0.0032 - 1.961 \times 10^{-9} M_u}$$

$$\rho_{nec} = 0.057 - 0.052 = 0.005$$

$$A_{s\ nec} = \rho_{nec} b d = 0.005(100)(12.365) = 6.1825 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Con esta área de acero, hallaremos el $A_{s\ propio}$ y su separación.

$$S = \frac{100 A_v}{A_{s\ nec}}$$

Para varilla N°3 la separación

$$S = 11.48 \text{ cm}$$

Para varilla N°4 la separación $S = 20.54 \text{ cm}$

Se usara varilla #4 @ 20 cm

3.-Revisión por cortante:

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f_c} b d$$

$$\phi V_c = 0.85(0.53) \sqrt{280}(100)(12.365) \times 10^{-3}$$

Por otra parte, para evitar cualquier momento torsionante que se pueda presentar, consideraremos un momento negativo; el cual se calcula con la siguiente expresión:

Momento máximo negativo

$$M_{\max(-)} = \frac{Wl^2}{24} = \frac{1.37(4)^2(10)^2}{24} = 91.33 \times 10^3 \text{ kg} * \text{cm}$$

4.-Porcentaje de acero necesario

$$d = h - \text{recub.} - 1/2 d_b$$

$$d = 15 - 2 - 5(1.27) = 12.37 \text{ cm}$$

$$\rho_{nec} = 0.057 - \sqrt{0.0032 - 1.961 \times 10^{-9} M_u}$$

$$\rho_{nec} = 0.057 - 0.055 = 0.00$$

$$A_{s\ nec} = \rho_{nec} b d = 0.002(100)(12.37) = 2.47 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Con esta área de acero, hallaremos el $A_{s\ propio}$ y su separación.

$$S = \frac{100 A_v}{A_{s\ nec}}$$

$$\phi V_c = 9.32 \text{ ton}$$

$\phi V_c > V_u$ por lo que se puede considerar que no requerirá ayuda de estribos.

(ACI 318-02 Sección 11.3.1.1)

Revisión por temperatura:

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$A_{s\ temp} = \rho_{\min} b h = 0.0018(10)(15) = 2.7 \text{ cm}^2$$

$$S = 5h = 5(15) = 75 \text{ cm}$$

45 cm (Rige)

$$S = \frac{100 A_v}{A_{temp}}$$

Para varilla #3 $S = 26.29 \text{ cm}$

Para varilla #4 $S = 47.04 \text{ cm}$

Se colocará varilla #3 @ 25 cm, por temperatura

Para varilla N°3 la separación S= 28.74 cm

Para varilla N°4 la separación S= 51.42 cm

Se usara varilla #3 @ 25 cm

5.-La longitud de desarrollo básica será:

$$l_{db} = \frac{0.06A_v f_y}{\sqrt{f'c}} = \frac{0.06(0.71)(4200)}{\sqrt{280}} = 10.69 \text{ cm}$$

Aplicando los factores de modificación tenemos que:

$$l_d = l_{db} \alpha_{\text{factores}}$$

Donde son aplicables los siguientes factores:(ACI 318/02 Sección12.2.4)

$\alpha = 1.0$ factor de ubicación del refuerzo

$\beta = 1.0$ factor de recubrimiento

$\gamma = 0.8$ factor de tamaño

$\lambda = 1.0$ factor de agregado liviano

$$l_d = 10.69(0.8) = 8.50 \text{ cm}$$

Pero no debe ser menor que: (ACI 318/02 Sección 12.2.2)

$$0.113d_b f_y / \sqrt{f'c} = (0.113(0.95)(4200)) / \sqrt{280} = 26.95 \text{ cm}$$

Pero según la sección ACI 12.2.1/02 la l_d no deberá ser menor que 30.00 cm por lo que regirá esta última.

Longitud real del refuerzo:

$$l_d + d = 30.00 + 12.00 = 42.00 \text{ cms}$$

$$X + d = 84.00 + 12.00 = 96.00$$

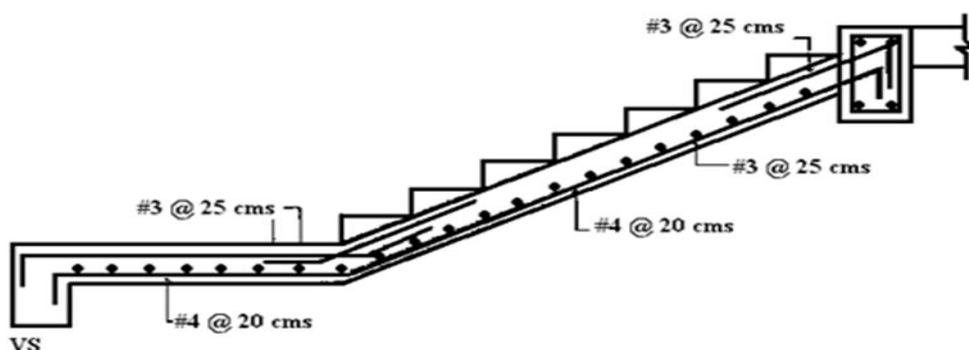
$$X + 12d_b = 84.00 + 12(0.95) = 95.40 \text{ cms (Rige)}$$

Donde $X = 0.211 * L = 0.211(4) = 0.84 \text{ m}$, por lo tanto:

$$l_{d_{\text{Real}}} = 100 \text{ cms}$$

6.-Detallado:

A continuación se presenta un esquema de detalle que muestra el armado tanto en su dirección



longitudinal y transversal.

Figura N°49: Detalle estructural de tramo N° 1.

7.-Diseño de viga que servirá como apoyo al descanso de escalera.

•Cálculo de dimensiones:

$$d = \frac{1}{12} = \frac{245}{12} * 20.42 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$b = h/2 = 25/2 = 12.5$$

Entonces se llevara este valor hasta 15 cm

$$W_{Escalera} = 1.05 \text{ Ton/ml (3.0 ml)} + 1.37 \text{ Ton/ml (3.0 ml)} = 7.26 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso que recibe viga: } 7.26/2.0 = 3.63 \text{ Ton}$$

$$W_{Viga} = 2.45 (0.15) (0.25) (2.4) = 0.22 \text{ Ton}$$

$$W_{Total} = 3.85 \text{ Ton}$$

• Considerando la viga como doblemente empotrada (Figura N°50):

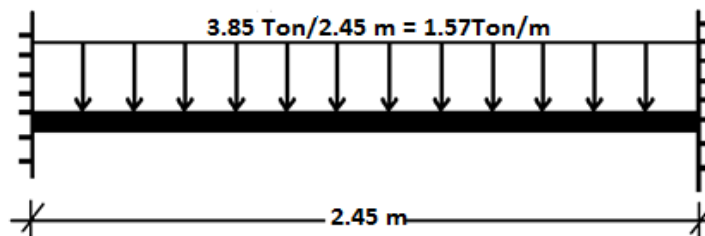


Figura N°50: reacciones en el tramo de escaleras (V y M).

$$M_u = \frac{Wl^2}{12} = \frac{1.57(2.45)^2}{12} = 0.79 \text{ Ton} * m$$

Diseño para momento negativo:

$$M_u = \phi f_c c = \omega(1 - 0.59\omega)bd^2$$

$$\begin{aligned} \omega - 0.59\omega^2 &= \frac{M_u}{\phi f_c b d^2} \\ &= \frac{0.79 \times 10^5}{0.9(280)(15)(21)^2} = 0.047 \end{aligned}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 - 0.047 = 0$$

Resolviendo la ecuación se tiene:

$$\omega_1 = 1.64$$

$$\omega_2 = 0.048$$

$$\rho = \frac{\omega f_c c}{f_y} = \frac{0.048(280)}{4200} = 0.0032$$

$$A_s = \rho b d = 0.0032(15)(21) = 1.008 \text{ cm}^2$$

$$A_{propuesta} = 2 \text{ varillas de N}^\circ 4 = 2.54 \text{ cm}^2$$

•Refuerzo transversal

Cortante máximo:

$$V_{max} = \frac{Wl}{2} = \frac{0.157(2.45)}{2} = 1.92 \text{ Ton}$$

Contribución del concreto: (ACI 318-02 Sección 11.3.1.1)

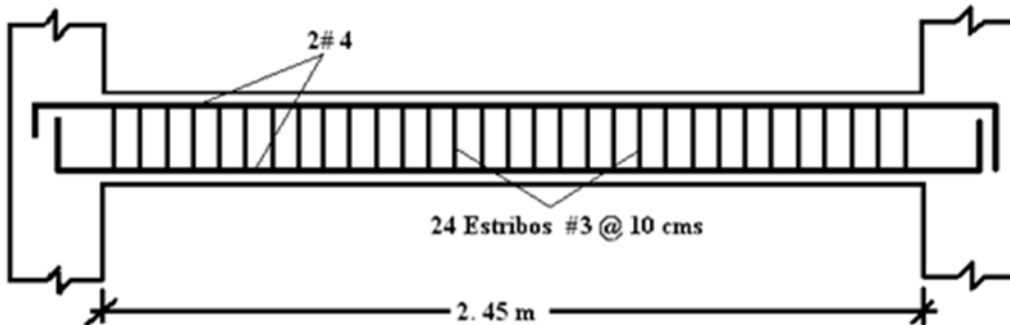
$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'} c b d$$

$$\phi V_c = 0.85(0.53) \sqrt{280}(15)(21) = 2.37 \text{ Ton}$$

$\phi V_c = V_{\max}$ por lo que no requerirá estribos

Separación máxima = $d/2 = 21.0/2 = 10.50$ cm

S = 10 cm



El armado de la viga se muestra en el siguiente esquema (Figura N°51).

Figura N°51: Detalle de armado de viga.

TRAMO N°2

ESCALERA APOYADA EN VIGAS PRIMARIAS.

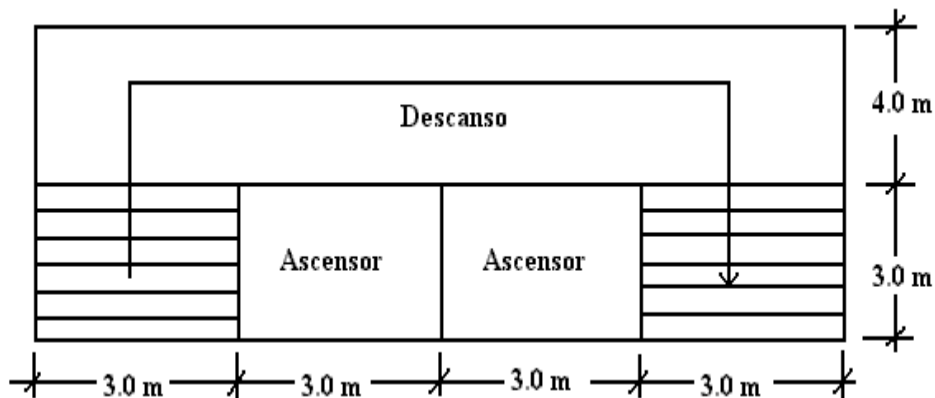


Figura N°52: planta del sistema de escaleras a diseñar.

Diseñar la escalera que muestra en la figura a continuación:

Especificaciones:

$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

N° de huellas: $30 - 0.30 = 2.70/0.30 = 9.0$

N° de contrahuellas: $9 + 1 = 10$

Altura de contrahuella: $1.95/10 = 0.195 \text{ m}$

Peralte mínimo: $h = 1/25 = 300/25 = 12$

Gradas: $0.12 \times 2000/2 = 120 \text{ kg/cm}^2$

$\alpha = \text{artang}(1.95/3) = 33.02^\circ$

Pasamanos = 80 kg/cm^2

$h' = h/\cos \alpha = 0.12/\cos 33.02 = 0.14 \text{ m}$

CM = $336 + 20 + 120 + 80 = 556 \text{ kg/cm}^2$

Cargas de diseño:

CV = 350 kg/cm^2

Losa = $0.14 \times 2400 = 336 \text{ kg/cm}^2$

$W_u = 1.2\text{CM} + 1.6\text{CV} = 1.2(556) + 1.6(350) = 1227.2 \text{ kg/m}^2$

Losa adicional = 20 kg/cm^2

$W_u = 1.2272 \text{ Ton/m}$

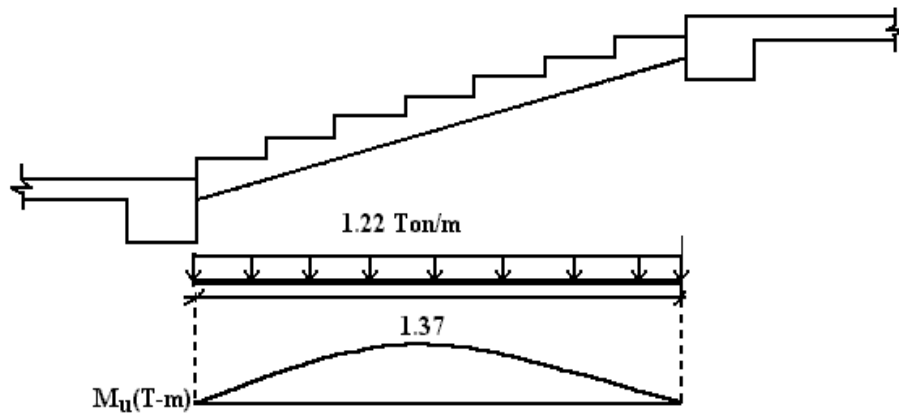


Figura N°53: Reacción del tramo de escaleras (M)

Considerando el sistema como simplemente apoyado

$$M_u = \frac{Wl^2}{8} = \frac{1.22(3)^2}{8} = 1.37 \text{ Ton} * m$$

$$V_u = \frac{Wl}{2} = \frac{1.22(3)}{2} = 1.83 \text{ Ton}$$

2. Porcentaje de acero necesario.

Para momento máximo = $1.37 \text{ Ton} * m = 137 \times 10^3 \text{ kg} * \text{cm}$

$$\frac{Wl^2}{10}$$

$$\rho_{nec} = 0.85 \frac{f_c}{f_y} - \sqrt{\left(\frac{0.85f_c}{f_y}\right)^2 - \left(\frac{0.85f_c}{f_y}\right) * \left(\frac{2M_u}{\phi f_y b d^2}\right)}$$

Donde:

$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

b = 1.0 m (ancho unitario)

d = h - rec - 0.5db = 12 - 2.0 - 0.5 (1.27) = 9.365 cm

Ø = 0.90

$$\rho_{nec} = 0.057 - \sqrt{0.0032 - 3.41 \times 10^{-9} M_u}$$

$$\rho_{nec} = 0.057 - 0.05223 = 0.0047$$

$$A_{s\ nec} = \rho \cdot b \cdot d = 0.0047(100)(9.365) = 4.40 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

3. Separación del refuerzo principal por flexión:

a) separación mínima $S \geq b \text{ o } 25 \text{ cm}$

b) Separación máxima $S \leq 3h = 3 \cdot 12 = 36 \text{ cm}$ (rige)

Con el área de acero necesaria se halla el $A_{s\ prop}$ y su separación:

$$\frac{A_{s\ nec}}{100} = \frac{A_v}{S}$$

Entonces resolviendo para

$$S = \frac{100 A_v}{A_{s\ nec}}$$

La solución será:

Con varilla #3, S = 16.14 cm

Con varilla #4, S = 28.86 cm

Se usará varilla #4 @ 25 cm

Por otra parte, para evitar cualquier momento torsionante que se pueda presentar, consideraremos un momento negativo; el cual se calcula con la siguiente expresión:

$$M_{\max(-)} = \frac{Wl^2}{24} = \frac{1.37(4)^2(10)^2}{24} = 91.33 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

4. Porcentaje de refuerzo necesario:

$$\rho_{nec} = 0.057 - \sqrt{0.0032 - 3.41 \times 10^{-9} M_u}$$

$$\rho_{nec} = 0.057 - 0.056 = 0.001$$

$$\rho_{nec} = 0.001$$

$$\rho_{nec} = \rho_{nec}$$

$$A_{s\ nec} = \rho \cdot b \cdot d = 0.001(100)(9.365) = 0.94 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Con esta área de acero, se halla el refuerzo propuesto y su separación.

Entonces resolviendo para

$$S = \frac{100 A_v}{A_{s\ nec}}$$

La solución será:

Con varilla #3, $S = 75.53 \text{ cm}$

Con varilla #4, $S = 135.1 \text{ cm}$

Se usará varilla #4 @ 45 cm

5. La longitud de desarrollo básica será:

$$l_{db} = \frac{0.06 A_v f_y}{\sqrt{f'c}} = \frac{0.06(0.71)(4200)}{\sqrt{280}} = 10.69 \text{ cm}$$

Aplicando los factores de modificación tenemos que:

$$L_d = l_{db} \alpha_{\text{factores}}$$

Donde son aplicables los siguientes factores:

$\alpha = 1.0$ factor de ubicación del refuerzo

$\beta = 1.0$ factor de recubrimiento

$\gamma = 0.8$ factor de tamaño

$\lambda = 1.0$ factor de agregado liviano

$$L_d = 10.69 (0.8) = 8.50 \text{ cm}$$

Pero no debe ser menor que: (ACI 318/02 Sección 12.2.2)

$$0.113 d_b f_y / \sqrt{f'c} = (0.113(0.95)(4200)) / \sqrt{280} = 26.95 \text{ cm}$$

Pero según la sección ACI 12.2.1/02 la longitud de desarrollo no deberá ser menor que 30.00 cm por lo que registrará esta última.

Longitud real del refuerzo:

$$L_d + d = 30.00 + 12.00 = 42.00 \text{ cm}$$

$$X + d = 64.00 + 12.00 = 96.00$$

$$X + 12d_b = 64.00 + 12(0.95) = 75.40 \text{ cm (Rige)}$$

Donde $X = 0.211 \cdot L = 0.211(4) = 0.64 \text{ m}$, por lo tanto:

$$ld_{\text{Real}} = 80 \text{ cms}$$

6.-Revisión por cortante:

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f_{cb}}$$

$$\phi V_c = 0.85(0.53) \sqrt{280}(100)(9.37) \times 10^{-3}$$

$$\phi V_c = 7.06 \text{ ton}$$

$\phi V_c > V_u$ por lo que se puede considerar que no requerirá ayuda de estribos.

(ACI 318-02 Sección 11.3.1.1)

Revisión por temperatura:

$$\rho_{\text{min}} = 0.0018 \text{ Para } f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{s_{\text{temp}}} = \rho_t b h = 0.0018(10)(12) = 216 \text{ cm}^2$$

$$S = 5h = 5(12) = 60 \text{ cm}$$

45 cm (rige)

Separación máxima del refuerzo por temperatura:

$$S = \frac{100 A_v}{A_{\text{temp}}}$$

$$\text{Para varilla \#3 } S = 32.87 \text{ cm}$$

$$\text{Para varilla \#4 } S = 58.79 \text{ cm}$$

Se colocará varilla #3 @ 30 cm, por temperatura

Representación gráfica de armado de escalera en ambas direcciones.

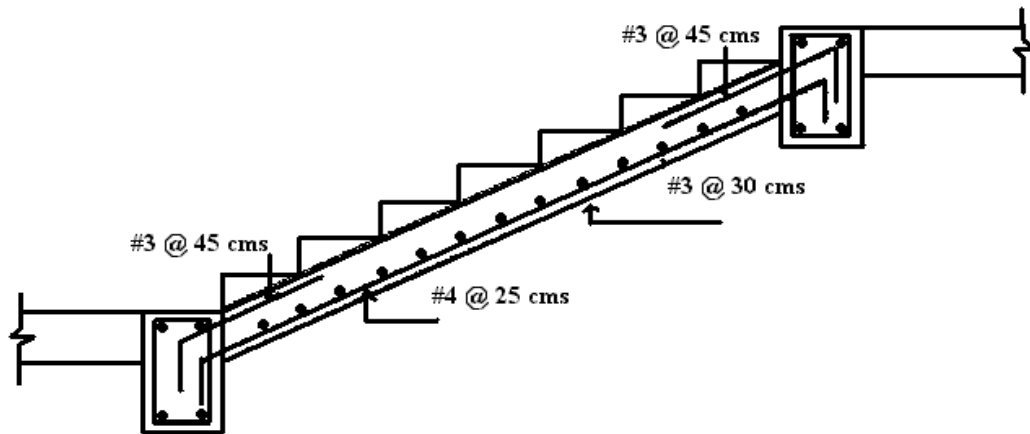


Figura N°54: Detalle estructural de tramo N° 2.

4.3.2- Sistemas de escaleras ortopoligonales

Como se mencionó este sistema de escaleras se caracteriza por no poseer una losa plana que le sirva de recubrimiento al sistema, en cambio este está compuesto por una sección escalonada de huella y contrahuella, este sistema se puede clasificar como un sistema especial.

Para el análisis estructural de este sistema de escaleras. El método denominado “Método de aproximación de la analogía de la columna” es el que ofrece las solicitaciones del sistema más exactas, ya que considera el sistema como una estructura aperturada de un vano. Este método recurre al método de las flexiones angulares para determinar los giros en los extremos y la deflexión de un extremo con respecto al otro. Conociendo estos podemos continuar con el método de la analogía de la columna, principalmente este método se basa en la analogía entre los esfuerzos que se producen en un pórtico.

Esta escalera posee pliegues en la zancada es por eso que su análisis es un poco complicado, la capacidad de carga de este tipo es realmente mucha más de la que se define en el diseño, generalmente provistos por métodos simplificados, un método llamado Método de Cusan y conocido método de la rigidez no difieren significativamente en el comportamiento de esta escalera, estos presentan estimaciones conservadoras del momento de flexión en comparación con los métodos experimentales realizados por algunos investigadores (Bangash y Bangash 1999; Cusans 1966; Bangash 2010; Solanki 1975).

Por lo tanto el comportamiento general de este tipo de escalera, incluyendo el cálculo del momento de flexión, puede considerarse similar a la de escaleras con losa cintura. Los momentos de flexión se considera que se produce en la dirección longitudinal en el tubo ascendente, así como en la llamada banda de rodadura o huella. Cada losa de la banda de rodadura se somete a un momento de flexión combinada con la fuerza de corte, la losa de subida se somete a un momento de flexión constante y una fuerza axial (que puede ser a la compresión o tracción)

Podemos suponer que la conexión entre la losa de subida y la losa de rodadura contigua es rígido. A medida que las tensiones de cizallamiento en la losa de la banda de rodadura y las tensiones axiales en la losa de subida son relativamente pequeñas, es suficiente para diseñar ambas losas de huella y contrahuella para flexión solamente.

Los espesores considerados para las losas de este tipo de escaleras están entre $L_n/25$ y $L_n/30$. Las barras principales son colocadas en forma de estribos cerrados que conectan

la banda de rodadura con la banda vertical o de subida. Estos se distribuyen transversalmente según el ancho del sistema.

Este tipo de detalle proporciona un refuerzo en la parte superior, así y por lo tanto puede resistir el momento flector negativo cerca de los soportes, que surja de cualquier fijeza parcial. Los estribos cerrados también pueden mejorar la capacidad de resistencia de cizalla, así como la fuerza axial, ya que no estamos considerando la fuerza axial en el diseño.

Para la solución de un sistema de este tipo se debe tomar como consideración especial un empotramiento imperfecto en los apoyos con esto se pretende anular los momentos de empotramiento en la estructura aunque para este tipo de escaleras se recomienda emplear vigas de empotramiento en los extremos aunque para su análisis no sean incluidas.

Debido a que el sistema de escaleras se considerara un marco o pórtico como le denomina el ACI318S se podrán aplicar todas aquellas recomendaciones de análisis que establece el capítulo 8 del código en cuestión, el análisis se conducirá específicamente a la sección por lo que se extraen las siguientes ideas y procedimientos.

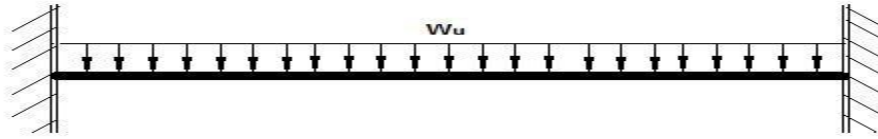
Todos los elementos de pórticos o estructuras continuas deben ser diseñados para resistir los efectos máximos producidos por las cargas mayoradas determinadas de acuerdo con la teoría del análisis elástico.

Pueden emplearse métodos aproximados de análisis siempre y cuando sean aplicables al tipo de estructura y su construcción no requiera análisis especiales, Se permite utilizar como sustitución de métodos aproximados las siguientes expresiones: Para momentos negativo en las caras interiores del miembro $Wu \cdot L^2 / 12$; para momentos positivos en el centro del claro $Wu \cdot L^2 / 24$, siempre y cuando se cumpla con las condiciones: que exista más de un vano en el pórtico, este es opcional para sistemas de escaleras ortopoligonales; los vanos sean aproximadamente iguales sin que el mayor exceda el menor en un 20% de su longitud (aplicable a sistemas de escaleras); Las cargas estén uniformemente distribuidas (aplicable a sistemas de escaleras); que la carga viva no exceda más de tres veces la carga muerta no mayorada y que los elementos sean prismáticos (aplicable a sistema de escaleras). Si el sistema satisface estos requisitos aplicables a sistemas de escaleras se podrán aplicar las expresiones citadas.

4.3.2.1-Aplicación del modelaje

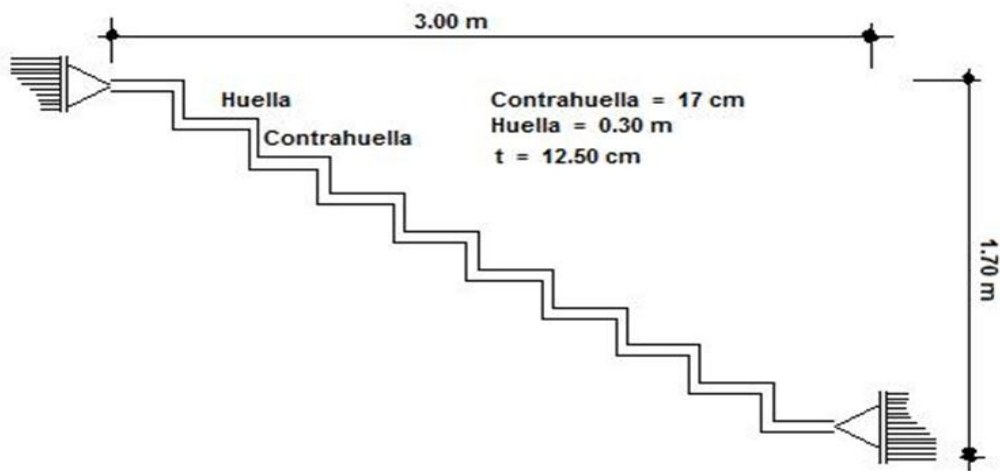
Para la modelación se considera un sistema ortopoligonal que conectara un sistema de entrepiso mostrado en la Figura N°. Para este caso se usara el sistema inglés.

Figura N°54: Modelo de análisis a emplear para sistema orto-poligonal



Las propiedades mecánicas del acero y del concreto que se emplearán en este diseño es un factor que es fundamental definir, el concreto deberá tener una resistencia nominal a la compresión de 4,000 psi y el acero por su parte deberá tener un valor de fluencia de 60,000psi.

Figura N°55: Esquema de sistema ortopoligonal a diseñar.



Procedimiento de cálculo.

Para llevar a cabo el análisis y el diseño de esta estructura como bien se mencionó se emplearán todos aquellos valores de carga, longitudes, alturas, huellas y contrahuellas mostrados. Sin embargo, se presentan continuación el resumen de datos que se

DATOS IMPORTANTES PARA EL DISEÑO				
DESCRIPCION	VALOR	UNIDADES	VALOR	UNIDADES
Altura que conectará el tramo	1.70	m	5.58	ft
Tramo horizontal proyectado que cubra el tramo	3.00	m	9.84	ft
Huella	0.30	m	11.81	Plg
Contrahuella	0.17	m	6.69	Plg
Carga muerta	475.79	Kg / m	319.05	Lb / ft
Carga viva	610.00	Kg / m	410.00	Lb / ft
Resistencia nominal a la compresión del concreto	210.00	Kg / cm ²	4000.00	psi
Valor de fluencia del acero	4200.00	Kg / cm ²	60000.00	psi

emplearan.

Tabla N°4. Datos a emplear en el diseño del sistema de escaleras ortopoligonal.

Ya definidos los elementos arquitectónicos se procederá a entrar de forma directa al análisis y diseño estructural. En este caso ya no se evaluarán características de diseño arquitectónico, se puede apreciar que los valores empleados fueron ya chequeados y cada uno de ellos cumple con los requisitos impuestos por los códigos. El lector debe entender que es crucial que se realice el análisis mostrado en el primer capítulo para el diseño arquitectónico, que permita evaluar las distintas alternativas de solución para un mismo problema.

Se debe recordar que la sigla “U”, representa la resistencia requerida, es decir que todo el sistema debe tener la capacidad de resistir esta carga en cualquier parte de su sección.

Mayorando las cargas tenemos:

$$U = 1.2 * \text{Carga muerta} + 1.6 * \text{Carga viva}$$

$$U = 1.2 * (319 \text{ lb/ft}) + 1.6 (410 \text{ lb/ft})$$

$$U = 1038.80 \text{ lb/ft aproximadamente } 1100.00 \text{ lb/ft}$$

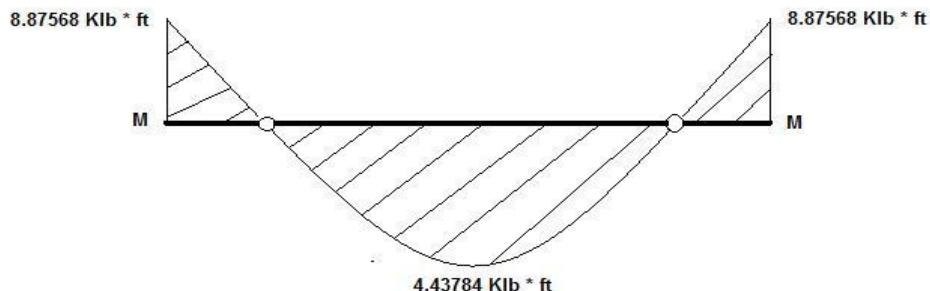
Determinando diagrama de corte y momento flexionantes

Se presentaron ya las ecuaciones que se usaran para el cálculo de momentos flexionantes. Por lo que el diagrama de momento flexionante para el diseño a flexión de este tipo de elementos se muestra en la Figura N°56. se deben tomar todas las consideraciones que se presentaron al principio de esta sección (Ver Capítulo 8, ACI318S) habiendo ya evaluado y comprobado que se satisfacen, se puede entonces proceder a desarrollar el diagrama de momento que será el que nos permitirá posteriormente determinar el área de acero principal.

$$M \text{ extremos} = (1/12) * Wu * L^2 = (1/12) * (1100 \text{ lb/ft}) * (9.84 \text{ ft})^2 = 8,875.68 \text{ lb*ft}$$

$$M \text{ central} = (1/24) * Wu * L^2 = (1/24) * (1100 \text{ lb/ft}) * (9.84 \text{ ft})^2 = 4,437.84 \text{ lb* ft}$$

Figura N° 56: Diagrama de momento Flexionante para sistema ortopoligonal de escaleras.



Determinando el área de acero.

Para la determinación del área de acero se utilizara la ecuación presentada por el ACI-318-02, ecuación para el momento resistente nominal. Esta ecuación se resuelve por tanteo o llegando a sistemas de ecuaciones simultáneas.

Resolviendo la ecuación de grado 2 para la determinación del valor de cuantía de acero (ρ) se llegara a dos resultados que deben ser analizados para determinar cuál es el valor

$$\frac{M_u}{\phi * b * d^2} = \rho * F_y \left(1 - \frac{0.59 * F_y * \rho}{F'_c} \right)$$

a utilizar.

$$[(8.87568 \text{ Klb*ft}) * (12 \text{ plg} / 1 \text{ ft})] / [0.9 * 39.36 \text{ plg} * (3.54 \text{ plg})^2] =$$

$$\rho (60 \text{ Ksi}) * [1 - (0.59 * (60 \text{ Ksi}) * \rho) / (4 \text{ Ksi})]$$

$$\rho = 0.001946 \quad ; \quad \rho = 0.1110$$

Para descartar uno de los valores presentados o determinar si son válidos deben establecerse los valores de cuantías máximas y mínimas que permitan descartar los valores arrojados en los cálculos, estos deberán estar en el intervalo de no ser haci se toma el mínimo, por lo que a continuación se presentan dichos valores. Lo que permite elegir el valor de la cuantía mínima, ya que uno de los resultados está por arriba del máximo y el otro por debajo del mínimo.

$$P \text{ mín.} = 0.00333$$

$$P \text{ máx.} = 0.01425$$

$$A_s = 0.00333 * (39.36 \text{ plg} * 5.12 \text{ plg}) = 0.67 \text{ plg}^2$$

Para esta área de acero se podrán aplicar varillas N° 3 con área de acero 0.11 plg², @ 15 cm; recordemos que el acero debe ser colocado en forma de estribos cerrados la posición de los ganchos en cada estribo se muestran en la Figura N°57 que muestra el detalle de armado de este sistema, note que longitudinalmente las varillas están distribuidas horizontalmente en el espesor del paso, arriba y abajo dejando el espacio necesario para el recubrimiento, estas varillas se distribuyen a todo lo largo del paso e incluyendo el espesor del contrapaso por supuesto colocándoseles en las esquinas y puntos intermedios, estas sirven de anclaje para los estribos, se recomienda usar el

mismo diámetro de varilla para estas otorgando la misma separación que se asigna a los estribos, siempre y cuando el espaciamiento sea menor al máximo permitido, por lo que procederemos a verificarlo.

La separación para la distribución del acero se realiza mediante el siguiente razonamiento y se comprobará si es posible colocar el acero con la distribución propuesta.

$$S_{max} = 45 \text{ cm o } S_{max} = 3 * t$$

Donde:

t = es el espesor de la losa.

$$S = 3 * (4.92 \text{ plg.}) = 14.76 \text{ plg. (37.50 cm);}$$

Por lo que si chequea la distancia propuesta de 15 cm.

Realización del esquema de armado de las escaleras

La Figura N° representa básicamente la forma en que un sistema de escaleras de este tipo debe armarse estructuralmente hablando para ello se tendrá en cuenta todos los criterios de armado que establece el código ACI-318S, por lo que se recomienda citarlas nuevamente para cada uno de los sistemas que se diseñen.

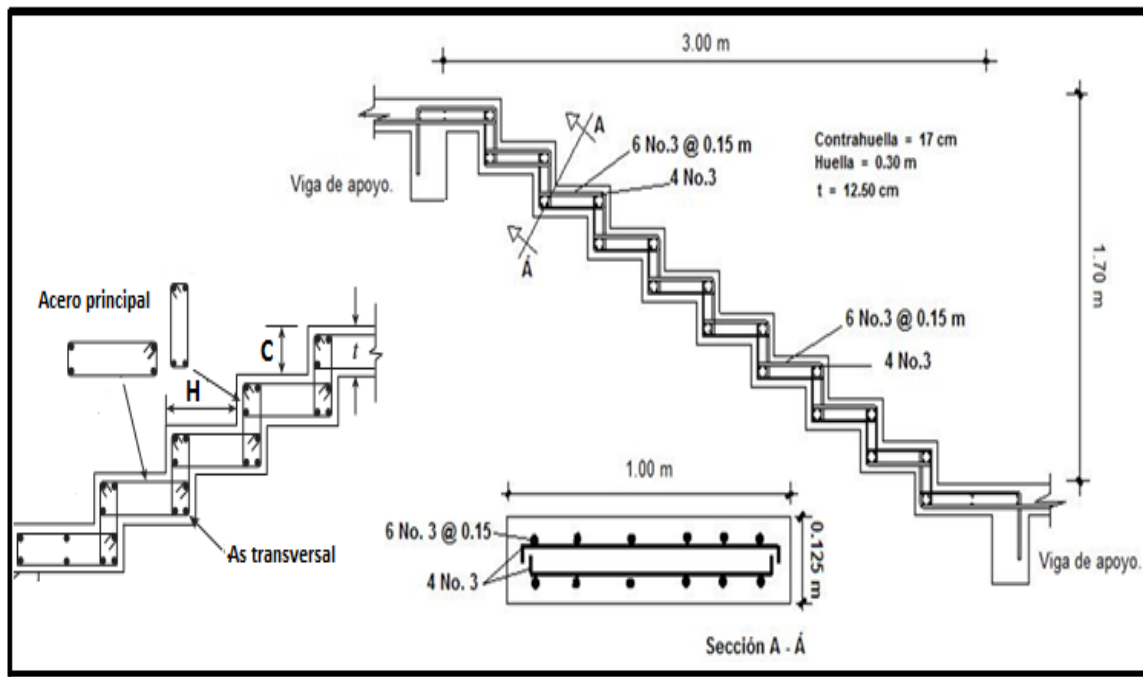


Figura N°57: Esquema de armado de escaleras ortopoligonales apoyadas longitudinalmente.

Luego de haberse realizado el diagrama de armado del sistema de escaleras vale la pena establecer que los requerimientos de armado para este tipo de escaleras serán los mismos que se tomaron para el sistema de escaleras simplemente apoyado, el armado

se realiza a manera de estribos que longitudinalmente trabajarán como acero a flexión, pero que contribuyen también a la resistencia de los esfuerzos de corte que le induce la carga aplicada.

Respecto de los sistemas de apoyos de este caso particular de sistema de escaleras, se deberán tomar en consideración todos los parámetros tanto de análisis, diseño y ejecución que proporcionan los códigos que emplean la aplicación de la carga sísmica en un sistema.

Estableciendo parámetros importantes para este sistema.

debido a que el apoyo será de forma transversal, es decir que será el escalón el que se apoyará en una estructura de concreto armado como lo podría ser una viga de apoyo lateral, se recomienda que al momento de fundir este elemento se dejen previstas las esperas que constituirán al armado principal del escalón del sistema, en caso de no haberse dejado previstas la espera en la viga de apoyo se puede barrenar la viga teniendo precaución de no dañar el refuerzo de la misma e introducir las esperas previa aplicación de epóxico Sikadur 32 Prime N, Sikadur 45 o bien algún otro producto que brinde la capacidad suficiente de adherencia con una longitud de desarrollo por lo menos del 75% de la longitud necesaria, ya que se debe tomar en cuenta que aunque el epóxico sea de alta adherencia si la longitud de anclaje es corta genera un cono de esfuerzo de gran amplitud que podría ser arrancado al momento de presentarse esfuerzos de gran envergadura.

4.3.3- Sistemas de escaleras apoyadas transversalmente.

Este tipo de sistemas se caracteriza por poseer sus apoyos en los extremos, como se apoya en los extremos únicamente se implemente un refuerzo transversal permitiendo así que la estructura del escalón sea auto-portante. Este tipo de sistemas puede considerarse que se encuentra simplemente apoyada en sus extremos o bien empotrada en los mismos.

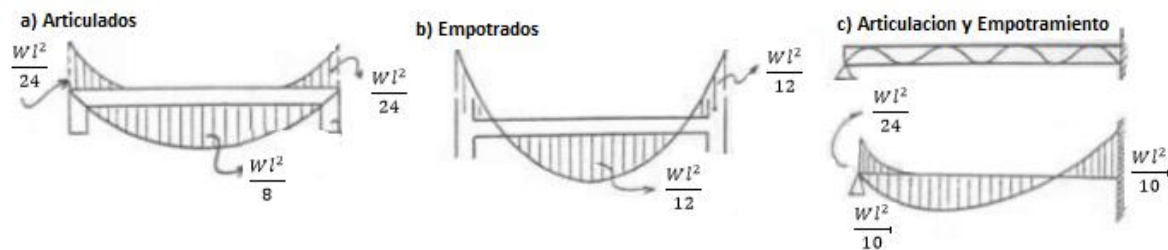
Generalmente las escaleras apoyadas transversalmente (transversal a la dirección de movimiento en la escalera) se encuentran apoyadas sobre dos paredes o vigas que se extienden en el sentido del movimiento en la escaleras (longitudinalmente), en algunos casos se encuentran apoyadas en una combinación de estas, en otros se encuentran apoyados solo un extremo generalmente empotrado ya sea a una viga o muro. Más adelante entraremos en detalle en un caso realmente especial de este sistema el sistema helicoidal, en el cual el escalón se sostiene en una columna central.

La filosofía empleada para el análisis de este tipo de estructuras se basa en la suposición que el sistema de escaleras está compuesto únicamente por sus huellas que al encontrarse apoyadas en sus extremos se comportan de la misma forma que una viga, se consideran dos puntos críticos para el diseño de este tipo de escaleras, el momento positivo a la mitad del tramo y el extremo interconectado. Se estima que ambos momentos pueden tomarse como iguales con magnitud $\frac{WL^2}{8}$. El Código de Construcción Nacional de Bangladesh, en su versión de 1993, ha incluido estas recomendaciones de Ahmed, et al. (1996).

Es importante para poder garantizar un buen comportamiento estructural de este sistema, anclar las barras superiores del escalón adecuadamente a la viga o muro de apoyo. Las tensiones de corte por lo general serán muy pequeño y por lo tanto no se requiere una verificación de la misma. En las zonas sísmicas es recomendable si el diseño lo permite colocar la misma cantidad de barras al anclaje inferior para resistir las reversiones de estrés.

Para proceder al análisis estructural de este tipo de escaleras resulta conveniente establecer primeramente la configuración de los apoyos para posteriormente definir las expresiones que generarán los momentos, tanto en los extremos como en los centros de los sistemas de escaleras, esta información se encuentra plasmada de manera generalizada en la Figura N°58.

Figura N° 58: Sistemas de apoyo y expresiones para obtención de momentos flexionantes.



Fuente: Fernández Chea / Análisis y diseño de escaleras.

4.3.3.1- Aplicación del modelaje

Para el modelaje de un sistema de escaleras apoyado transversalmente se supondrá que el sistema posee vigas diagonales de apoyo, considerando el caso A de la Figura N°58.

Habiendo definido las expresiones que deberán implementarse para determinación de los momentos flexionantes en los miembros de un sistema de escaleras de este tipo, se procederá a definir el sistema a diseñar con los datos fundamentales de diseño y

posteriormente proceder al cálculo. a continuación se presenta el esquema del sistema a diseñar.

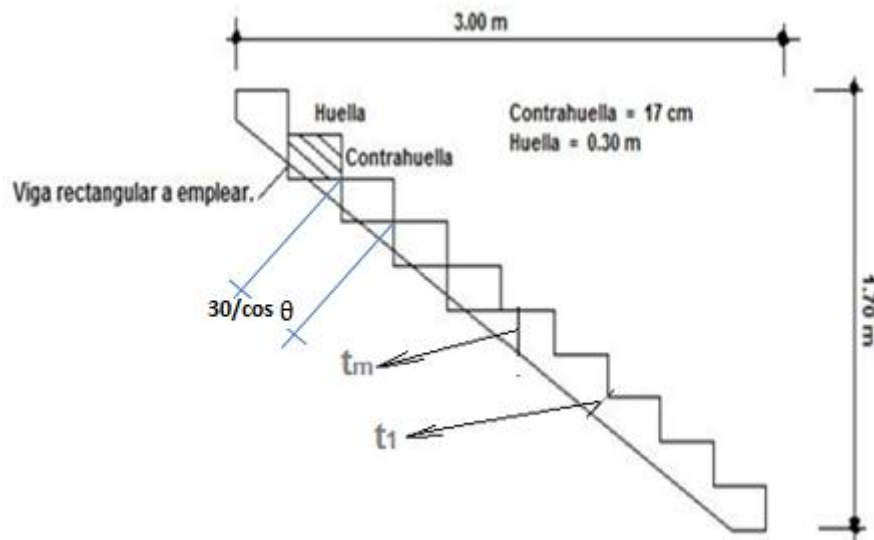


Figura N°59: Sección transversal de viga a emplear en el cálculo.

Los valores de cargas y otros parámetros que se emplearon en este sistema se muestran en la Tabla N°5, según los criterios ya mencionados, dicha tabla se presenta a continuación:

DATOS IMPORTANTES PARA EL DISEÑO				
DESCRIPCION	VALOR	UNIDADES	VALOR	UNIDADES
Altura que conectará el tramo	1.70	m	5.58	ft
Tramo horizontal proyectado que cubra el tramo	3.00	m	9.84	ft
Huella	0.30	m	11.81	Plg
Contrahuella	0.17	m	6.69	Plg
Carga viva	500	Kg / m	335	Lb / ft
Resistencia nominal a la compresión del concreto	175	Kg / cm ²	2500	psi
Valor de fluencia del acero	4200.00	Kg / cm ²	60000.00	psi

Tabla N° 5. Datos físicos y mecánicos a emplear en el diseño del sistema

Procedimiento de cálculo:

Para iniciar calcularemos la carga muerta, si consideramos que el ángulo formado por la huella y la contrahuella es 29.54° podemos determinar el espesor t_m el cual se utilizara para el cálculo del peso propio, tomando el espesor t_1 de 6.96 cm tenemos:

$$t_m = 17 \text{ cm} + \frac{7}{2} = 20.5 \text{ cm}$$

$$\text{Peso propio: } 0.205 \text{ m} * 2.4 \text{ t/m}^3 = 0.490 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Considerando un acabado de } = 0.30 \text{ t/m}^2$$

$$CM = 0.79 \text{ t/m}^2$$

Mayorando las cargas tenemos:

$$W = 1.2 (0.5) + 1.6 (.79) = 1.79 \text{ t/m}^2$$

Como se explicó anteriormente se debe considerar la componente perpendicular a la escalera para la determinación de los momentos, esta se calcula en base a la fórmula determinada en la sección 4.3.1 que dice:

$$W_u = W_u * \cos^2 \theta$$

$$W_u = 1.79 * \cos^2(29.54) = 1.35 \text{ t/m}^2$$

Como lo muestra la Figura N°59 la viga rectangular a emplear tiene 30 cm horizontalmente y 17 cm verticalmente, para continuar con el cálculo determinaremos la distancia en diagonal del paso como sigue:

$$30 \text{ cm} / \cos \theta = 30 \text{ cm} / \cos 29.54^\circ = 34.5 \text{ cm}$$

Tomando este valor para repartir la carga y convertirla en lineal tenemos la carga aplicada a cada escalón:

$$W_u(\text{por paso}) = 1.35 * \left(\frac{34.5 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} \right) = 0.47 \text{ t/m}$$

Esta carga producirá los momentos en el centro que se supusieron en el caso A de la Figura N°.

Calculando el momento positivo tenemos $M^{(+)}$:

$$M_u = \frac{Wl^2}{8} = 0.47 \frac{\text{t}}{\text{m}} * \frac{(3\text{m})^2}{8} = 0.53 \text{ t.m}$$

Ahora procedemos a determinar el área de acero por medio de la fórmula presentada para esto debemos suponer el valor de a que se ira rectificando por la iteración, para este ejemplo se tomara el valor de 3 ya que t_1 es 20.5 cm, por lo que d resulta de $(20.5 - 3) = 17.5$:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{2a}{3} \right)}$$

$$A_s = \frac{53000}{0.9 * 4200 \left(17.5 - \frac{6}{3} \right)} = 0.88 \text{ cm}^2$$

$$a = \sqrt{\frac{A_s f_y}{0.85 f'_c}} = \sqrt{\frac{0.88 * 4200}{0.85 * 175}} = 4.80 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{53000}{0.9 * 4200 \left(17.85 - \frac{2(4.8)}{3} \right)} = 94 \text{ cm}^2$$

$$a = \sqrt{\frac{A_s f_y}{0.85 f'_c}} = \sqrt{\frac{0.94 * 4200}{0.85 * 175}} = 5.10 \text{ cm}^2$$

Por lo que el área de acero será:

$$A_s = \frac{53000}{0.9 * 4200 \left(17.85 - \frac{2(5.1)}{3}\right)} = 0.97 \text{ cm}^2$$

Ahora continuaremos con el cálculo del acero mínimo si este resultara mayor que el calculado para el momento se aplicara el concepto de refuerzo mínimo y se calculara el armado requerido en base al área de acero determinada por la siguiente formula:

$$A_{s \text{ min}} = 0.0018 b h = 0.0018 * 34.5 * 20.5 = 1.29 \text{ cm}^2$$

Este acero por ser de $M^{(+)}$ es decir a tracción debe ser colocado en cada paso, para definir el armado seleccionaremos varilla N°3 con área de acero 0.71 cm^2 .

$$N^{\circ} \text{ de varillas} = 1.29 \text{ cm}^2 / 0.71 \text{ cm}^2 = 1.82$$

Por lo que se colocaran dos varillas N°3 en cada paso.

Calculando el momento positivo tenemos $M^{(-)}$:

$$W_u(\text{ por paso}) = 1.35 * \left(\frac{34.5 \text{ cm}}{100 \text{ cm}}\right) = 0.47 \text{ t/m}$$

Esta carga producirá los momentos en los extremos que se supusieron en el caso A de la Figura N°58.

$$V_u = \frac{Wl^2}{24} = 0.47 \frac{\text{t}}{\text{m}} * \frac{(3\text{m})^2}{24} = 0.18 \text{ t.m}$$

Tomando $d = 17.5 \text{ cm}$ y $b = 34.5 \text{ cm}$, tenemos:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{2a}{3}\right)}$$

$$A_s = \frac{18000}{0.9 * 4200 \left(17.5 - \frac{6}{3}\right)} = 0.3 \text{ cm}^2$$

Para determinar el acero mínimo requerido se considera la zona de tracción como la mitad del espesor

$$A_{s \text{ min}} = 0.0018 b h = 0.0018 * 34.5 * 20.5/2 = 0.65 \text{ cm}^2$$

Ya que el valor calculado como mínimo es mayor al producido por el momento se procede a aplicar el refuerzo mínimo, para definir el armado seleccionaremos varilla N°3 con área de acero 0.71 cm^2 .

$$N^{\circ} \text{ de varillas} = 0.65 \text{ cm}^2 / 0.71 \text{ cm}^2 = 0.92$$

Por lo que se colocara una varilla N°3 en cada paso.

Acero por Contracción y Temperatura

Para el cálculo del acero por construcción y temperatura se tomara el valor de h como el ancho del paso y $b = 100$.

$$A_{s \text{ min}} = 0.0018 b h = 0.0018 * 30 * 100 = 1.08 \text{ cm}^2$$

Para definir el armado seleccionaremos varilla N°2 con área de acero 0.31 cm^2 .

$$N^{\circ} \text{ de varillas} = 1.08 \text{ cm}^2 / 0.31 \text{ cm}^2 = 3.41$$

Por lo que se colocaran cuatro varillas N°2 a cada 25 cm en sentido longitudinal por contracción y temperatura. Estas estarán unidas a las varillas transversales en el nivel inferior del escalón, tal y como lo muestra la Figura N°60.

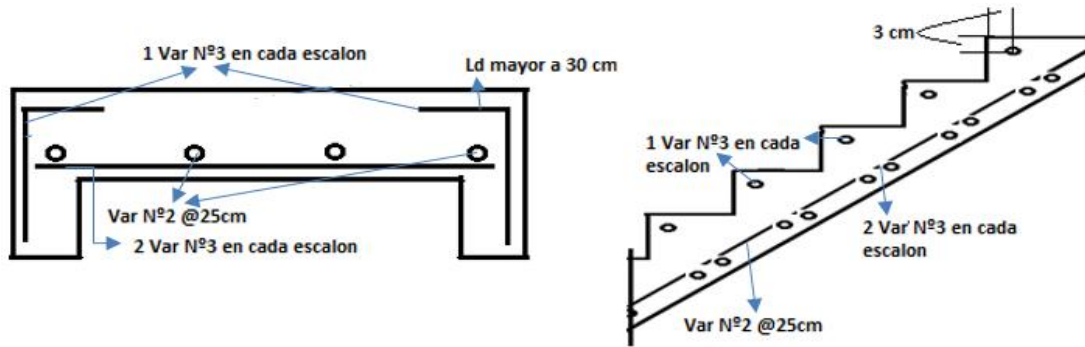


Figura N°60: Esquema de armado de escaleras apoyadas transversalmente

Estableciendo parámetros importantes.

el autor hace una recomendación que consiste en lo siguiente: debido a que el apoyo será de forma transversal, es decir que será el escalón el que se apoyará en una estructura de concreto armado como lo podría ser una viga de apoyo lateral, se recomienda que al momento de fundir este elemento se dejen previstas las esperas que constituirán al armado principal del es calón del sistema, en caso de no haberse dejado previstas la espera en la viga de apoyo se puede barrenar la viga teniendo precaución de no dañar el refuerzo de la misma e introducir a las esperas previa aplicación de epóxico Sikadur 32 Prime N, Sikadur 45 o bien algún otro producto que brinde la capacidad suficiente de adherencia con una longitud de desarrollo por lo menos del 75% de la longitud necesaria, ya que se debe tomar en cuenta que aunque el epóxico sea de alta adherencia si la longitud de anclaje es corta genera un cono de esfuerzo de gran amplitud que podría ser arrancado al momento de presentarse esfuerzos de gran envergadura.

4.3.4-Sistema de Escaleras en Voladizo.

Este tipo de sistema de escaleras se puede clasificar como un caso especial de los sistemas apoyados transversalmente ya que por lo regular este tipo de sistema se emplea empotrando el extremo de una losa o viga de concreto armado a un sistema de apoyo que puede ser una viga, una columna o bien un muro de empotramiento, sin embargo sea cual sea su apoyo el procedimiento de análisis es el mismo que en el caso de una escalera apoyada transversalmente; La filosofía del funcionamiento estructural de este tipo de sistemas se basa en que cada uno de los escalones se soporta mediante un

empotramiento en un elemento rígido y cada escalón trabaja de forma individual sin inducir esfuerzos uno respecto del otro y estos esfuerzos son disipados mediante la deformación de una sección de viga en voladizo que constituye el cuerpo mismo del escalón. En ocasiones se suelen emplear como escalones vigas de sección continua y muy ocasionalmente se emplean vigas de sección variable o bien conocidas como a carteladas. Aunque en las suposiciones del análisis de estas estructuras se asume que toda la energía se disipa mediante la deformación de los escalones y la vibración de los mismos, es sabido por nosotros que este tipo de empotramientos acompañados de sus respectivas cargas inducirán flexión a los elementos de apoyo, para el caso de las escaleras helicoidales o llamadas comúnmente gradas de caracol el elemento a flexo-compresión que soporta el sistema se deberá diseñar como se indica en esta sección.

Las secciones usadas para el diseño de los escalones pueden ser muy variadas, la Figura N°61 muestra las más comunes, donde el momento de diseño se produce en el empotramiento con magnitud $\frac{wL^2}{2}$, para mayor seguridad se coloca el As tratando de que los gancho tengan suficiente longitud de desarrollo para anclarse al elemento resistente, la Figura N°61 muestra cómo debe de colocarse el acero principal recordemos que el escalón experimenta esfuerzos de tensión en sus fibras superiores jalando la columna o viga, por lo que el acero debe colocarse correctamente.

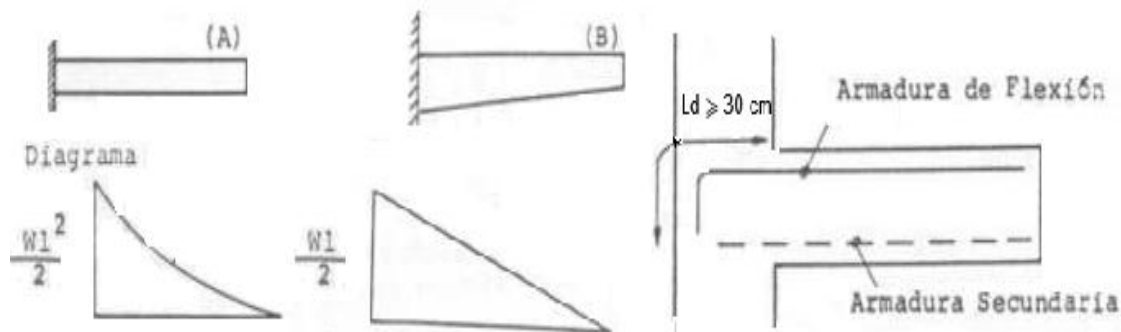


Figura N°61: esquema de armado en secciones en voladizo.

La armadura secundaria puede o no existir según la magnitud de las cargas aplicadas, pero es recomendable colocar un mínimo de acero en las fibras inferiores, siempre y cuando el espesor mismo del escalón lo permita, ya que en algunos diseños resulta imposible acomodar este acero, recordemos que por ser estructuras independientes de una luz relativamente corta los espesores seleccionados para este tipo de escaleras son mínimos.

En el diseño es crucial revisar el elemento por cortante, ya que no solo el momento de empotramiento en el extremo es un factor crítico, el cortante en el empotre a veces es quien condiciona el diseño.

Las escaleras en voladizo apoyadas en muros de concreto reciben dos momentos por cada escalón uno superior y otro inferior, de acuerdo a la rigidez de la pared se deben analizar tres puntos críticos o situaciones críticas, uno de ellos se presenta cuando la carga está en el escalón de la parte más baja de la escalera, el acero de refuerzo calculado para el muro se colocara solo en esta zona en la cara exterior del muro, cuando el escalón está en mitad del tramo el refuerzo se coloca en tanto en la cara interior del muro como en la exterior, cuando la carga actúa en el escalón de la parte superior de la escalera el acero es cocado en la parte interior, es decir lo contrario del escalón inferior. Generalmente el muro de concreto ya posee refuerzo propio al que puede alcance el escalón.

Cuando el sistema se apoya en un muro que precisamente no es monolítico, se debe chequear la estabilidad del muro frente a las cargas y momentos aplicados por el escalón, la manera en la que el muro soporta es la aplicación de una carga sobre el asiento del escalón para contrarrestar el momento inducido por el escalón.

Cuando el sistema de escaleras se apoya sobre una viga longitudinal inclinada todos los escalones están relacionados por el momento torsor que se le induce a la viga, el ACI recomienda considerar una magnitud de $\frac{wL^2}{12}$ para el momento negativo en la extremos y $\frac{wL^2}{16}$ para el momento positivo en el centro del claro.

Para la aplicación del modelaje de sistemas e voladizo se seleccionó el caso especial de escaleras helicoidal

Cuando el sistema se apoya sobre una columna como en el caso de escaleras helicoidales, los esfuerzos en los escalones son similares a los que se producen en los sistemas apoyados diagonalmente, la suma de los escalones en un lado de la columna debe ser igual a la suma del lado contrario, esto garantiza la estabilidad y regularidad de las cargas aplicadas verticalmente, de no ser haci los momentos flexionantés en el centro de la columna representarían un caso de falla, ya que aun cuando esta recomendación es considerada los esfuerzos en este punto de la columna no dejan de ser un elemento crítico en el diseño.

Con frecuencia estas escaleras son consideradas como una viga curva, este enfoque se ha tomado para dar lugar a una estimación conservadora de las fuerzas, Hay que señalar

que cuando la viga helicoidal se trata como una viga curvada, se considera el empuje axial; Sin embargo, el efecto de empuje axial no es significativo en estos sistemas, ya que siempre se diseñan considerando principalmente la flexocompresión.

Como se mencionó anteriormente una escalera helicoidal es una escalera que describe una hélice alrededor de un vacío central, la Figura N°62 muestra la configuración usada para el análisis de la viga curva. La notación empleada es la siguiente:

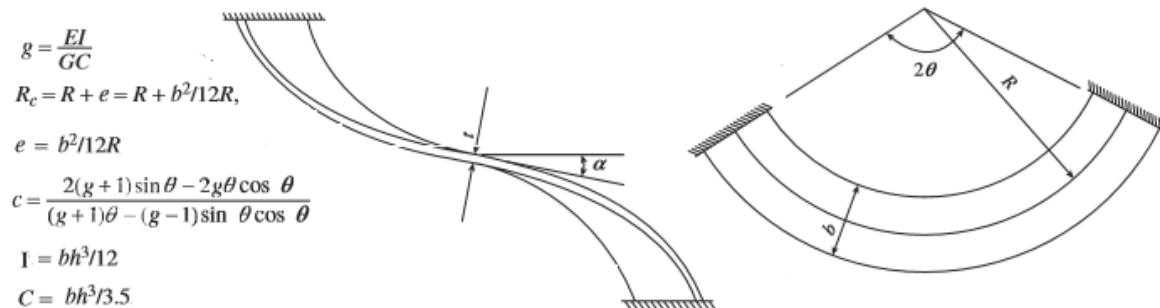


Figura N°62: representación del sistema de escaleras helicoidales.

R = Radio de la línea central de la curva

α = pendiente de la losa helicoidal

2θ = ángulo subtendido en el plan

t = espesor de la losa

Consideraciones de análisis.

La carga vertical que actúa sobre la viga curva (W_u) se multiplica por el coseno de la pendiente de la losa. Esta carga se considera que actúa normal a la superficie de la losa.

Los momentos radiales y de torsión sobre la losa de apoyo fijan las condiciones de frontera que están dadas por (Bergman 1956; Chatterjee 1978) como sigue:

$$M_r = W_u R_c^2 (C \cos\theta - 1)$$

$$M_t = W_u R_c^2 (C \sin\theta - \theta)$$

Donde:

M_r es el momento de giro

M_t es el momento de torsión

R_c es el radio del eje centroidal de la losa, incluyendo el efecto de la excentricidad de la carga.

$$e = \frac{b^2}{12R}$$

Por lo tanto:

$$R_c = R + e = R + \frac{b^2}{12R}$$

b es la anchura de la losa.

θ es el ángulo medido desde el punto medio de la curva de la losa

$$c = \frac{2(g + 1)\text{sen}\theta - 2g\theta \cos\theta}{(g + 1)\theta - (g - 1)\text{sen}\theta \cos\theta}$$

EI es la rigidez flexionante y GC es la rigidez torsionante. El valor de g para losas de hormigón puede calcularse utilizando los siguientes valores aproximados o tomarse de manera conservadora como 0.7:

$$g = \frac{EI}{GC}$$

$$E / G = 2,4$$

$$I = \text{momento de inercia} = \frac{bh^3}{12}$$

$$C = \text{constante de torsión} = \frac{bh^3}{3.5}$$

El efecto de la excentricidad de la carga puede despreciarse cuando $(b / R) \leq (1/3)$. Es importante señalar que las losas de conexión o vigas en niveles deben ser diseñados para proporcionar la fijeza necesaria en los extremos de la viga helicoidal. El método de diseño se ilustra a continuación.

4.3.4.1-Aplicación del modelaje.

Se trabajara en el sistema métrico para permitir mayor exactitud en el cálculo. La altura del sistema de entre piso se considera de 4 m, el ancho de la escalera esta definido como 1.2 m,

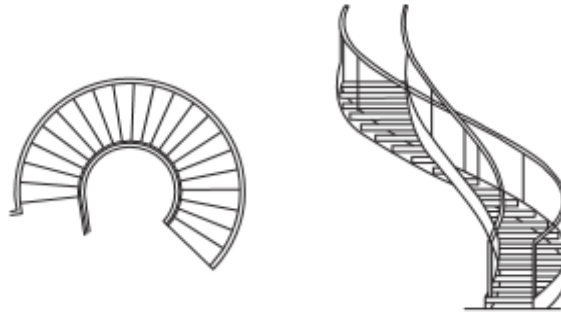


Figura N°63: representación del sistema helicoidal a diseñar

El paso y el contrapaso tienen 28 y 20 cm respectivamente, $H+2C=28+2(20) = 68$; $68 \neq (61-64)$ como podemos observar la ecuación de Blondel no se satisface, esto se debe a que la escalera cubrirá una altura considerablemente grande, por lo que es indispensable el uso de barandillas.

Tomando:

$$R = 1.5; T=2.5 \text{ m}; b= 1.2 \text{ m}; h=4 \text{ m}$$

El claro efectivo = 4980 mm

Espesor de la losa = 275 mm

Peso específico del concreto = 25 KN/m^3

Por lo que el número de contrahuellas es: $400/20 = 20$

Los 20 escalones formaran una longitud de desarrollo de la línea central de la escalera, que se calcula tomando el número de pasos y su longitud.

$$20 \cdot 280 = 5600 \text{ mm}$$

La longitud total de la escalera para este caso se determina agregando el espesor del descanso, considerado como 1200 mm, por lo que de la suma resulta:

$$5600 \text{ mm} + 1200 \text{ mm} = 6800 \text{ mm}$$

Tomando el ángulo de análisis 180° podemos obtener R para empezar el análisis, este se obtiene considerando el concepto de perímetro:

$$S = \pi R; 6800/\pi = 2164.5 \text{ mm}$$

El gradiente de la escalera es:

$$\alpha = \tan^{-1}(R/T) = \tan^{-1}(2164.5/2500) = 40^\circ$$

1-Calculando las cargas actuantes

El espesor fue considerado como 275 mm

f_{ck} = Asumiendo un recubrimiento de 25 mm

El Peralte efectivo es: 275 mm - 25 mm = 249 mm

Peso propio de la losa es: $25 \text{ kN/m}^3 * 0.275 \text{ m} * 1.2 \text{ m} = 8.25 \text{ kN/m}$

Peso de Acabados y otros = 3 kN/m

Carga viva (RNC)= 4.9 kN/m^2 ; para el ancho de la escalera será: $4.9 * 1.2 = 6 \text{ kN/m}$

Carga Total = 17.25 kN/m

Carga factorizada

$$U = (1.2 \text{ CM} + 1.6 \text{ CV}) * \text{Cos } \alpha = (1.2 (8.25+3) + 1.6 (6)) * \text{Cos } 40^\circ = 17.7 \text{ kN/m}$$

2- calculando el momento

Para determinar el momento iniciamos calculando el radio del eje centroidal de la losa por medio de la ecuación expuesta al inicio de esta sección.

$$R_c = R + e = R + \frac{b^2}{12R} = 2164.5 + \frac{1200^2}{12 * 2164.5} = 2200 \text{ mm}$$

Luego el valor de C se calcula tomando el valor recomendado de $g=0.7$ y tomando el ángulo teta de $180/2 = 90^\circ$.

$$c = \frac{2(g+1)\text{sen}\theta - 2g\theta \text{cos}\theta}{(g+1)\theta - (g-1)\text{sen}\theta \text{cos}\theta} = \frac{2(0.7+1)\text{sen}90 - 2 * 0.7 * \left(\frac{\pi}{2}\right) \text{cos}90}{(0.7+1) \left(\frac{\pi}{2}\right) \text{cos}90 - (0.7-1)\text{sen}90 \text{cos}90} = 1.273$$

En medio del claro el ángulo \emptyset es medido desde el punto medio de la curva de la losa es 0° .

Por lo que el momento de giro es:

$$M_r = W_u R_c^2 (C \text{cos}\emptyset - 1) = 17.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 2.2^2 (1.273 * \text{Cos}0 - 1) = 28.38 \text{ kN} * \text{m}$$

Por lo que el momento de torsión es:

$$M_t = W_u R_c^2 (C \text{sen}\emptyset - \emptyset) = 17.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 2.2^2 (1.273 * \text{Sen}0 - 0) = 0 \text{ kN} * \text{m}$$

En los apoyos el ángulo \emptyset es medido desde el punto medio de la curva de la losa es 90° .

Por lo que el momento de giro es:

$$M_r = W_u R_c^2 (C \text{cos}\emptyset - 1) = 17.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 2.2^2 (1.273 * \text{Cos}90 - 1) = -85.7 \text{ kN} * \text{m}$$

Por lo que el momento de torsión es:

$$M_t = W_u R_c^2 (C \text{sen}\emptyset - \emptyset) = 17.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 2.2^2 \left(1.273 * \text{Sen}0 - \left(\frac{\pi}{2}\right)\right) = -25.5 \text{ kN} * \text{m}$$

Es posible ver la alternancia de los momentos en los apoyos los momentos negativos de giro son máximos en el centro del claro el momento de torsión es prácticamente nulo.

Ahora procederemos a chequear el peralte seleccionado, para esto combinaremos los efectos de ambos momentos.

Diseño del refuerzo.

$$M_e = M_r + M_t \left(\frac{1 + h/b}{1.7} \right) = -87.5 - 25.5 \left(\frac{1 + \frac{275}{1200}}{1.7} \right) = -81.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Tomando el momento calculado, el valor de k puede tomarse como 0.1, y el valor de recubrimiento y ancho definidos tenemos:

$$d = \sqrt{\frac{M_e}{k b f_{ck}}} = \sqrt{\frac{81.7 \times 10^6}{0.09 * 1200 * 25}} = 174 \text{ mm}$$

Este peralte es menor que el seleccionado para nuestro perfil, de manera que estamos seguros.
OK.

$$174 \text{ mm} < 249 \text{ mm}$$

El acero requerido se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_t = \rho_t b d = \frac{0.515}{100} * 1200 * 249 = 1538 \text{ mm}^2$$

Para el armado se seleccionara barras N°5 con un área de sección de 199 mm², por lo que el número de barras será:

$$N^{\circ} \text{ var} = 1538 \text{ mm}^2 / 199 \text{ mm}^2 = 8 \text{ var N}^{\circ}5$$

Este acero será colocado en los extremos junto a las fibras superiores del concreto, con una longitud de un tercio de la longitud de desarrollo de la escalera: 6800/3 = 2270 mm

Para la región en el centro del claro se colocara la mitad de esta área de acero ya que los esfuerzos son considerablemente menor.

Para el refuerzo en la parte inferior de la sección se tomara el mínimo calculado

$$A_t = \rho_t b h = \frac{0.1}{100} * 1200 * 275 = 330 \text{ mm}^2$$

Para el armado se seleccionara barras N°3 con un área de sección de 71 mm², por lo que el número de barras será:

$$N^{\circ} \text{ var} = 330 \text{ mm}^2 / 71 \text{ mm}^2 = 5 \text{ var N}^{\circ}3$$

Para lograr un buen confinamiento del concreto y garantizar que los esfuerzos de torsión no desplacen las barras debe proveerse acero transversal en forma de estribos cerrados que abrasen el acero longitudinal como lo muestra la Figura N°64, estos pueden tomarse del mismo diámetro que el refuerzo longitudinal inferior colocándose a cada 15 cm, ya que de tomarse un diámetro menor requerirá de un número mayor de estribos y el espaciamiento se hará menor Congestionando la sección y dificultando la realización en campo.

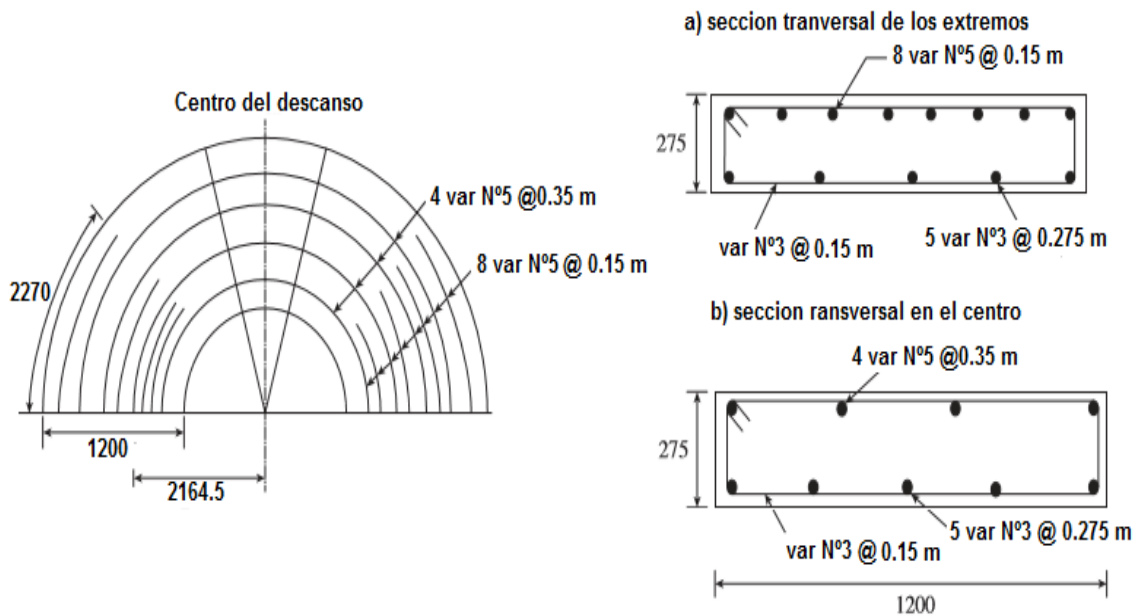


Figura N°64: Detalle de armado para el sistema helicoidal.

4.2.1.3.1- Diagrama de Flujo.

Un diagrama de flujo no es más que la representación gráfica de un conjunto de acciones que un sistema deberá llevar a cabo de forma lógica con el objetivo de obtener una acción en el sistema que genere un evento buscado. Para el caso particular de esta hoja de cálculo presentada el fin primordial es proporcionar una herramienta que permita hacer que el procedimiento de análisis y evaluación de cargas sea mucho más fácil y no se pierda tiempo en estos procedimientos mecánico que un computados puede llevar a cabo sin ningún problema y aprovechar este tiempo a la tarea primordial del analista y diseñador. El diagrama de flujo se presenta a continuación:

4.4- Análisis de resultados.

Como vemos el diseño de sistemas de escaleras es muy complejo debido a la gran variación que existe en la concepción de las mismas, desde el inicio la elección de la solución constituye un reto, una vez que se procede a la ejecución del diseño garantizar el correcto empleo de los materiales y el cumplimiento de las especificaciones dadas por el diseñador es otra fase de gran importancia, de realizarse con seriedad pondría en riesgo el proyecto y la seguridad de sus usuarios.

Los resultados obtenidos por medio de la realización de este trabajo se configuran en un solo principio; las escaleras pueden ser vistas como una combinación de elementos estructurales de

uso cotidiano, es decir son sistemas de elementos especiales que trabajan de una forma en la que lo haría un sistema estructurado independientemente.

De lo anterior se desprende el hecho de que su diseño podría subdividirse, tomando en cuenta la especialidad de estos elementos de modo que el refuerzo que constituye su base para adoptar forma pueda ser conectado de manera eficiente asegurándose de que sea capaz de resistir las situaciones presentadas a lo largo de su vida útil.

Como se vio el sistema de escaleras simplemente apoyado se puede tratar como una viga ancha o losa con una longitud inclinada para el análisis, el sistema ortopoligonal se trata como elementos apoyados en sus extremos, conformándose de dos elementos para dar vida al escalón, similarmente las escaleras apoyadas transversalmente se conforman apoyándose en sus extremos, siendo apoyado en uno o dos extremos simplemente o rígidamente, los sistemas en voladizo en forma circular son muestra de que el ingenio y el estudio de las prácticas recomendadas permite al diseñador dar cabida a cualquier forma y tamaño de sistemas de escaleras, siempre y cuando se consideren las especialidades de cada forma se puede asegurar de qué manera trabaja la escalera.

CONCLUSIONES GENERALES.

1. El trabajo con estructuras de Hormigón reforzado es complejo y en ello intervienen diferentes especialistas que deciden no solo la tipología de las estructuras, sino la seguridad de vida de los ocupantes y explotadores de las instalaciones por ello pensar en un proyecto no es solamente cuestión de diseño sino que debe verse desde el ámbito de todos sus actores, para el mejor comportamiento resistente de la edificación.

Por ello en un país como Nicaragua azotado por diferentes acciones geológicas y ambientales, es de suma importancia realizar un análisis integrado del diseño y ejecución de un sistema de escaleras en las edificaciones de varios niveles.

2. Luego de realizar el análisis bibliográfico actualizado de diferentes fuentes de información se aprecia que la información especializada acerca del tratamiento de la escalera como un objeto estructural y tipológico con valor de uso es escaso, pues casi siempre se refiere como parte componente del sistema estructural de la edificación.

3. Existe una diversidad de configuraciones estructurales alrededor de los sistemas de escaleras máxime cuando se trata de estructuras de Hormigón armado y sus formas de clasificación tipológica varían en dependencia de los elementos de comportamiento su forma y estética, constructivo, de uso de materiales, de acuerdo a su construcción y por su análisis y forma de tratamiento en el sistema estructural de los calculistas en su diseño.

4. Desde épocas remotas los diseñadores han tratado y simplificado el asunto del cálculo a la tipología arquitectónica dejando a planos secundarios la información del análisis estructural y constructivo, por lo que actualmente con la aplicación de las tecnologías de software aparece un creciente número de autores que refieren los ejemplos de diseño de escaleras de concreto reforzado.

El trabajo muestra por el autor el procedimiento de análisis de carga y solicitaciones más racionales de acuerdo a su experiencia de pre graduado, aunque se refieren algunos ejemplos de trabajos realizados en el cálculo estructural por diferentes autores.

5. La propuesta de modelación en el proceso de proyecto de escaleras de hormigón armado, que se refiere el capítulo 4, integra las variables tipológicas en el diseño estructural y técnico como una herramienta de seguimiento que puede tener aplicaciones no solo de tipo académica.

6. Muchos artículos refieren que el análisis de desastres por terremotos ha demostrado que cuando las escaleras de concreto no se incluyen en el modelo de análisis estructural de los proyectos sismo resistente, se producen daños severos que además de afectar a las escaleras, ponen en grave peligro a toda la edificación.

De manera que podemos concluir diciendo que el valor de la vida y seguridad humana debe estar por encima de cualquier otra cosa en lo que a ingeniería civil se refiere, como profesionales debemos realizar buenas practicas, que en este caso se refiere al diseño de escaleras de concreto reforzado de manera profesional y humanística.

RECOMENDACIONES

Las escaleras en cualquier edificación son la alternativa más confiable para evacuar las instalaciones en caso de emergencia, una vez comprobada su estabilidad por lo que deben construirse de manera que sirvan no solo como elemento tipológico de la edificación y cumpla su uso, si no que sea una vía segura de escape a los residentes y de acceso a los bomberos y rescatistas. Es por eso que el estudio de las escaleras como elementos especiales corresponde los países que más la usan en edificaciones de gran envergadura de manera que abogarse s esos estudios es remendable si quiere profundizar sobre el diseño y realización de estas.

Toda esta información permite concluir que los arquitectos e ingenieros estructurales deben incorporar las escaleras como objetos sísmicos resistentes capaces de afectar el comportamiento de toda la edificación; al mismo tiempo su diseño, detallado y construcción debe tomar en cuenta, además de las solicitaciones por carga vertical, las generadas por la acción sísmica.

Recomendamos realizar la aplicación de un análisis sistémico e integrado de las variables que intervienen en el diseño conceptual y de desarrollo analítico de las escaleras en estructuras de hormigón armado, pueden evitar los diferentes errores que se cometen no solo en el diseño sino en las diferentes etapas de implementación y desactivación de los proyectos técnico ejecutivos de escaleras en las edificaciones.

Recomendamos la aplicación de técnicas y herramientas de evaluación y validación de las soluciones de proyecto son en la actualidad un elemento de fiabilidad de la gestión no solo del diseño ingeniero sino además del mejoramiento de la calidad de los proyectos, disminución de tiempo y costos de inversión y mejora racional mediante el uso potencial de soluciones alternativas en la implementación.

Debe hacerse un correcto registro de la información integral de proyecto en todas sus fases para facilitar el seguimiento y continuidad de la obra en la edificación y permite la aplicación de mejoras tecnológicas y / o de recursos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. **Vern, putz-anderson** (1992). Cumulative trauma disorders: a manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs. London: Taylor & Francis.
2. **International ergonomics association**, «definition of ergonomics» (en inglés). Consultado el 5 de agosto de 2016.

3. **Panero**, julius, zelnik martin las dimensiones humanas en los espacios interiors. Estandares antropométricos. 271-274. 320 pag.ediciones g.gili. S.a. De c.v. Mex. 1987.
4. **Norma técnica no. 12006-04**, aprobada el 19 de mayo del 200 norma técnica obligatoria nicaragüense de accesibilidad para todas aquellas personas que por diversas causas de forma permanente o transitoria se encuentran en situación de limitación o movilidad reducida) publicada en la gaceta no. 253 del 29 de diciembre del 2004.
5. **Elementos de circulacion vertical** sustentantes: heurygonzalez //ana margarita herasme//darlinvega.
6. Álvarez, J. y Alcocer, S.M., (1994) "Influencia del refuerzo horizontal y de la relación de aspecto en muros de mampostería confinada," IX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Zacatecas. Pp. 815-825.
7. . Calavera, José. Cálculo de estructuras de Hormigón Armado, volúmenes I y II. Intemac.
8. . Zepeda, J.A., Pineda, J.A. y Alcocer, S.M., (1996) "Comportamiento ante cargas laterales de sistemas de muros de mampostería confinada reforzada con malla electro soldada," X Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Mérida. Pp.919-925.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.1000+ images about ANTROPOMETRÍA ESCALERAS on Pinterest _ Staircases, Anatomy and Stairs
2. **Aguilar, G., y Cano, G. Alcocer, S.M., (1994)** "Efecto del Refuerzo Horizontal en el Comportamiento de Muros de Mampostería ante Cargas Laterales," IX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Zacatecas. Pp. 66-74.

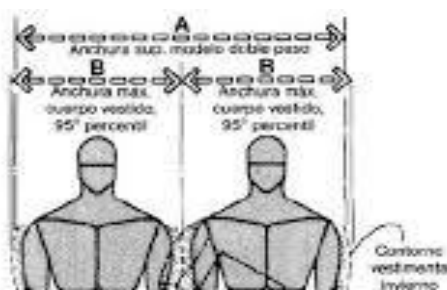
3. **Alarcón-Chaires P. y Alcocer, S.M., (1997)** “Repercusión de las características mecánicas de la mampostería en el diseño sísmico,” XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz. Pp. 625-634.
4. **Alcocer, S.M., et al. (1995)** “Determinación de las propiedades mecánicas de los tabiques extruidos tipo Vintex, Multex y Armex,” Informe, CENAPRED.
5. **Alcocer, S.M., Zepeda, J.A., y Ojeda M., (1997)** “Estudio de la factibilidad técnica del uso de tabique Vintex y Multex para vivienda económica,” informe, CENAPRED. 125 pp.
6. **Alcocer, S.M., (1997)** “Comportamiento sísmico de estructuras de mampostería: una revisión,” XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz. Pp. 164-191.
7. **Alcocer, S.M., et al. (1995)** “Comportamiento ante cargas laterales de sistemas de muros de mampostería confinada con diferentes tipos de refuerzo horizontal”, CENAPRED. Pp. 77-95.
8. **Alvarez, J. y Alcocer, S.M., (1994)** “Influencia del refuerzo horizontal y de la relación de aspecto en muros de mampostería confinada,” IX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Zacatecas. Pp. 815-825.
9. **Calavera, José.** Cálculo de estructuras de Hormigón Armado, volúmenes I y II... Intemac
10. **Caño Martínez, Hugo** Escuela superior de ingeniería y arquitectura Análisis de edificios a base de marcos rígidos de concreto reforzado en zonas sísmicas. Octubre de 2004, Mx 266 p
11. **CARMENATE MILIÁN, LINO, MONCADA CHÉVEZ, FEDERICO ALEJANDRO, WALDEMAR BORJAS LEIVA, ENGELS / Manual de medidas Antropométricas, Series Salud, trabajo y ambiente 18**
12. **De la Torre** Hermoza, Pedro Julio. Diseño de un edificio de vivienda de 6 Niveles. en Concreto Armado. Lima Abril de 2009.
13. **Departamento del Distrito Federal, (1993)** “Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería,” Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal, México, D.F.
14. **Departamento del Distrito Federal, (2000)** “Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería,” en desarrollo, México, D.F.
15. **Fundación ICA y Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural A.C., (1999)** “Edificaciones de Mampostería para Vivienda,” 316 pp.
16. **Hernández, O. y Meli, R., (1976)** “Modalidades de refuerzo para mejorar el comportamiento sísmico de muros de mampostería,” Instituto de Ingeniería, UNAM, Publicación N°382, México, D.F.
17. **Ministerio de Vivienda y Urbanismo,** Norma técnica MINVU 001
18. **Ministerio de Fomento.** Guía Aplicación EHE. Ministerio Fomento. 5.-EHE-08...

19. **Montoya, Jiménez. ESCALERAS DE HORMIGÓN ARMADO** Fuente: www.vitadelia.com
Hormigón Armado. Editorial GG
20. **Meli, R., Alcocer, S.M., Díaz-Infante, L., (1995)** “Características estructurales de la vivienda de interés social en México,” Cuaderno de Investigación N°17, CENAPRED. Pp. 25-52.
21. **Meli, R. y Salgado, G., (1968)** “Comportamiento de muros de mampostería sujetos a carga lateral,” Informe N°237, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, D.F.
22. **Meli, R. y Reyes, G.A., (1971)** “Propiedades de piezas de mampostería producidas en el Distrito Federal,” Ingeniería, Vol. 41, N°3, México, D.F.
23. **Meli, R. y Hernández, O., (1971)** “Propiedades de piezas para mampostería producidas en el Distrito Federal,” Informe N°297, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, D.F.
24. **Meli, R., (1979)** “Comportamiento sísmico de muros de mampostería,” Informe N°352, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, D.F. 20
25. **Meli, R., (1994)** “Mampostería estructural, la práctica, la investigación y el comportamiento observado en México,” Cuaderno de Investigación N°17, CENAPRED, Pp. 3-23.
26. **Menguzzato, M.** La Dirección Estratégica de la Empresa, "Un enfoque innovador del Management". / M. Menguzzato. - - Edición Mc Graw Hill. - - 441 p.
27. Mintzberg, H. The Rise and fall of Strategic Planning. / H. Mintzberg. - - The Free Press printed in USA Simon and Schuster Inc. - - 1994, 458 p.
- 28. Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala** AGIES NSE 2-10 72 P
29. **NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE DE ACCESIBILIDAD PARA TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE POR DIVERSAS CAUSAS DE FORMA PERMANENTE O TRANSITORIA SE ENCUENTRAN EN SITUACIÓN DE LIMITACIÓN O MOVILIDAD REDUCIDA)** NORMA TÉCNICA No. 12006-04, Aprobada el 19 de Mayo del 2004 Publicada en La Gaceta No. 253 del 29 de Diciembre del 2004
30. **Paulay, T. and Priestley, M.J.N., (1992)** “Seismic design of reinforced concrete and masonry structures,” John Wiley & Sons, New York, 744 pp.
31. **Raúl Jean Perrilliat 1 y Javier Cesín Farah2 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA, IOIS S.A.MX**
32. REVISTA DIGITAL APUNTES DE ARQUITECTURA_ Diseño de Escaleras, algunas alternativas.
33. **Ruiz, J., Zepeda, J.A., Alcocer S.M.y Meli, R., (1994)** “Reparación y refuerzo de una estructura tridimensional de mampostería confinada de dos niveles a escala natural,” IX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Zacatecas. Pp. 596-605.

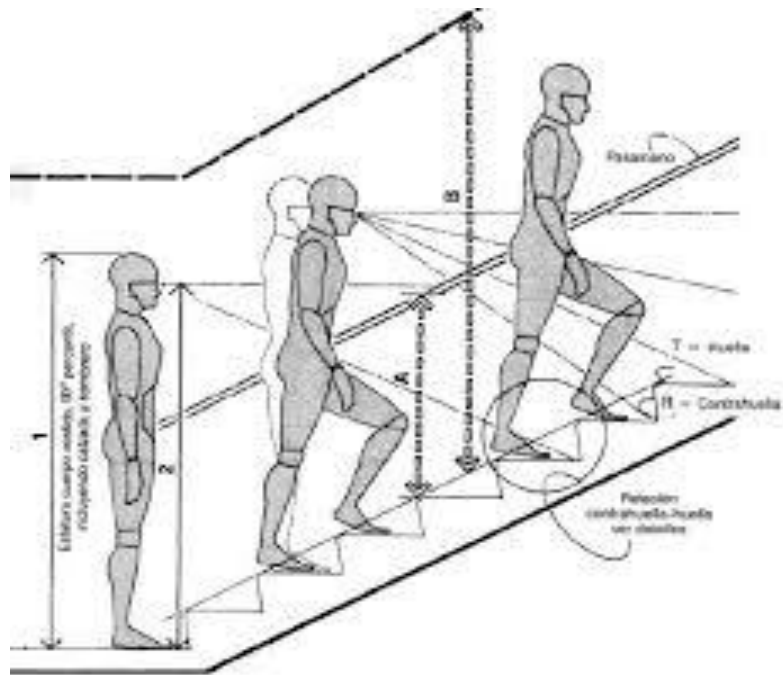
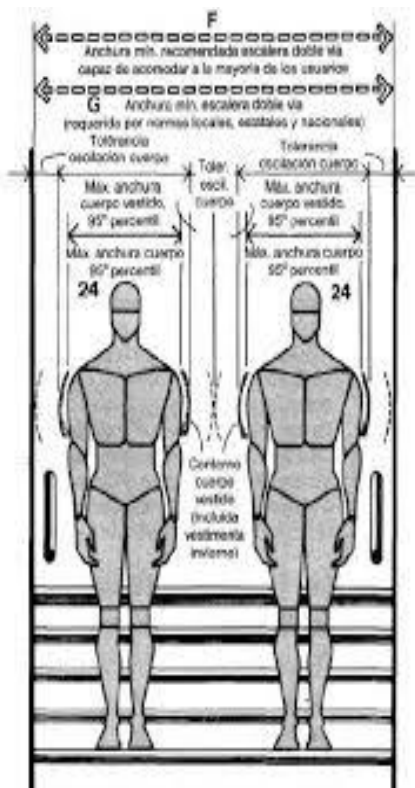
34. **Sánchez, T.A., Flores, L. y Alcocer, S.M., (1997)** “Estudio experimental sobre una estructura de mampostería confinada tridimensional, construida a escala natural y sujeta a cargas laterales,” X Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Mérida. Pp.587-596.
35. **SIDETUR/ Vulnerabilidad sísmica** Escaleras de concreto PUB No13 Octubre de 2009.MX.4P
36. **Zepeda, J.A., Pineda, J.A. y Alcocer, S.M., (1996)** “Comportamiento ante cargas laterales de sistemas de muros de mampostería confinada reforzada con malla electro soldada,” X Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Mérida. Pp.919-925.
37. **Zepeda J.A., Ojeda M., Alcocer S.M., (1997)** “Comportamiento ante cargas laterales de muros de tabique perforado y multiperforadora de arcilla,” XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Pp.587-59
38. **Urbán Brotons**, Pascual Construcción de estructuras de Hormigón Armado. Detalles Constructivos y Perspectivas.3ra Ed. Rev. Ed. Club Universitario. España. 2007 37 p.
39. **UNNE: Ejemplos de cálculo de escaleras de hormigón armado** **ESTRUCTURAS II-FAU- Estructura con continuidad estructural. Caso: ESCALERAS**
40. **VLACEV TOLEDO ESPINOZA EDIFICIOS DE CONCRETO ARMAD CON ETABS** Comunidad para la Ingeniería Civil <http://www.cingcivil.com/Cursos/> Licencia CREATIVE COMMONS

ANEXOS

Anexo 1: Gráficos antropométricos y ergonómicos.



	pulg.	cm
A	48	121,9
B	25.8	65,5
C	7.1	18,0
D	12.9	32,8
E	40	101,6



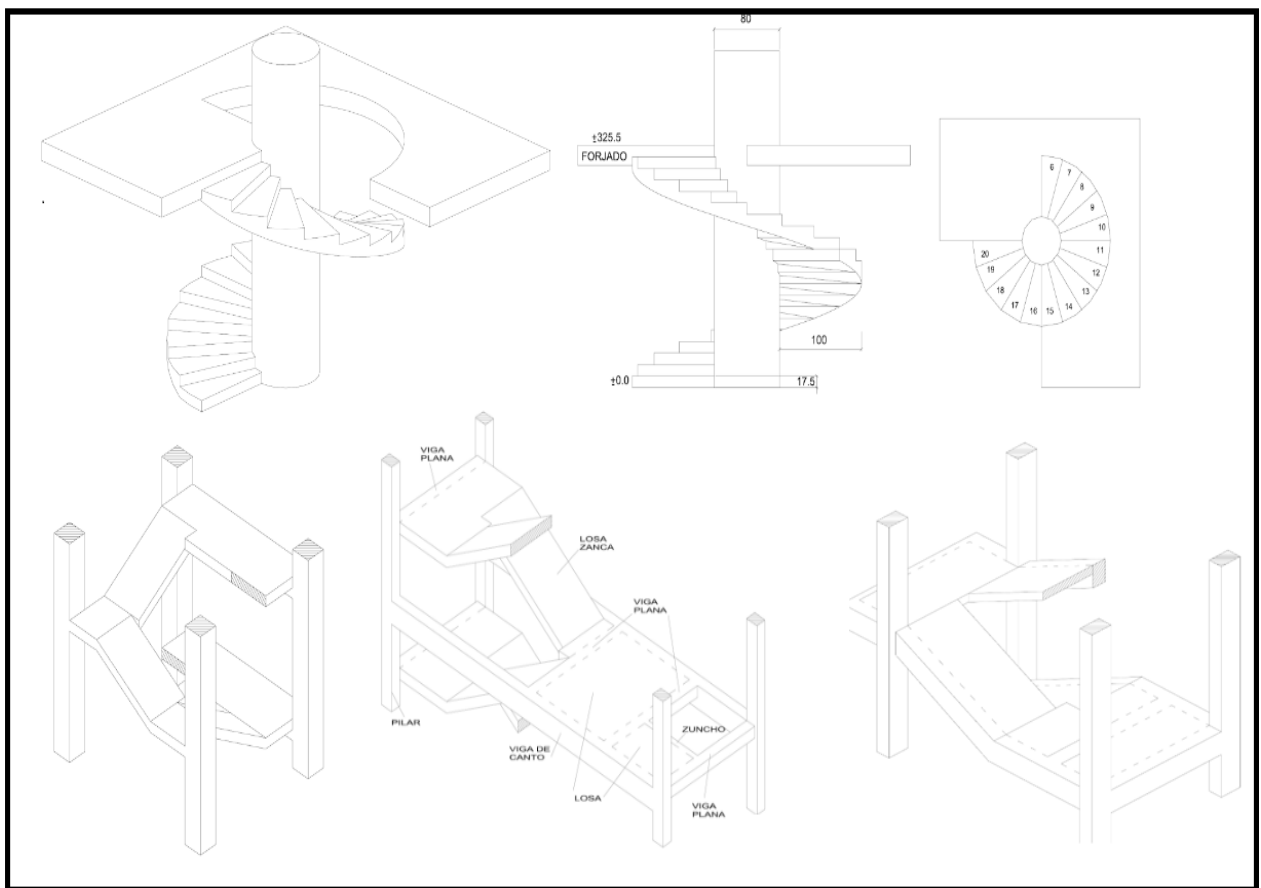
Anexo 2: Etapas del Proyecto

Etapas del Proyecto	No.	Actividades
---------------------	-----	-------------

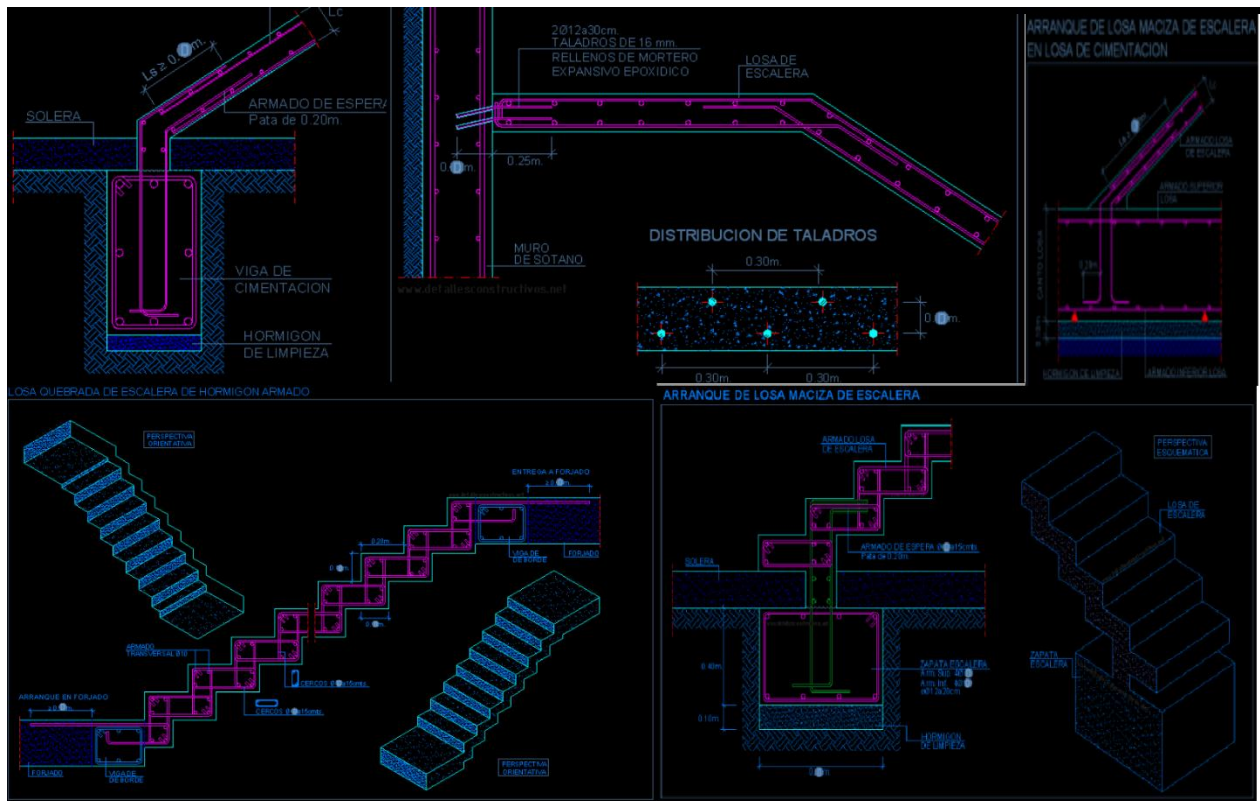
Conceptualización	1	Solución Principal del Proyecto,
	2	Conformación del equipo multidisciplinario
	3	Conceptualización de la Idea y adecuación al proyecto Arquitectónico
	4	Estudio comparativo de la demanda y de soluciones similares
	5	Capacitación introductoria de los miembros del equipo
	6	Identificación de las etapas de incidencia y de los actores
	7	Definición y contacto con los posibles proveedores de recursos
	8	Relación contractual mediante actas de acuerdo
	9	Definición de las variantes
	10	Selección variante factible
	11	Viabilidad tecnológica de la variante.
	12	Selección de las técnicas constructivas
	13	Elaboración de la información para definir el proyecto
	14	Selección del grupo de diseño
	15	Aplicación de técnicas diferenciadas según requerimientos
	16	Recolección y clasificación de los resultados propuestos
	17	Compatibilización de la variante
	18	Procesamiento de la solución principal
	19	Validación de resultados
	20	Elaboración de modelos iconográficos y analíticos de la variante diseño
Desarrollo	21	Elaboración del Proyecto básico Ingeniero (PBI)
	22	Determinación de la Ficha Técnica del proyecto
	23	Elaboración de Maquetas de Diseño
	24	Diseño Tipológico del PBI
	25	Diseño de las Base de Datos del PBI
	26	Diseño de las Base de Datos de elementos auxiliares y complementarios
	27	Presentación a los proveedores de la versión preliminar del proyecto
	28	Procedimientos de la relación contractual para la ejecución, instalación y/ o montaje.
	29	Firma de la relación contractual de definición de proyecto. (contrato)
	30	Aprobación del Plan de acción o fases del PBI
Implementación	31	Validación del PBI y procuración del Proyecto de Detalle Ingeniero.

	32 Contacto de actualización con los proveedores
	33 Implementación de soluciones de detalle
	34 Selección de variantes alternativas
	35 programación de Organización de los trabajos
	36 Diseño de los procedimientos de construcción.
	37 Implementación de sistemas suministro.
	38 Comprobación de existencia de los suministros.
	39 Ejecución de los trabajos constructivos
	40 Iniciación de trabajos de terminación y acabado
	41 Habilitación del objeto.
	42 Prueba de funcionamiento
	43 Realización de objetos inducidos
	44 Terminación de los trabajos inducidos
	45 Prueba y puesta en marcha
	46 Desactivación de los trabajos auxiliares
Declinación	47 Establecimiento del sistema de prueba y puesta en marcha
	48 Desactivación de los recursos mano de obra y equipamiento
	49 .Conciliación de estado de resultados ingenieros.
	50 Establecimiento de plan de mejora y mantenimiento

Anexo 3: Proyecciones de escaleras curvas y rectas.



Anexo 4: Detalle de armado en sistemas de escaleras.



Anexo 5: Detalle de encofrado en sistemas de escaleras.

