

**APLICACIÓN EN TEMÁTICAS DE INGENIERÍA CIVIL
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN POLIDEPORTIVO POLIFUNCIONAL PARA LOS
HABITANTES DE VILLAS DEL OCOA EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO**



Por:
Valeria Jaramillo Moreno
Luisa Fernanda Zamudio Ocampo



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

**APLICACIÓN EN TEMÁTICAS DE INGENIERÍA CIVIL
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN POLIDEPORTIVO POLIFUNCIONAL PARA LOS
HABITANTES DE VILLAS DEL OCOA EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO**



Por:
Valeria Jaramillo Moreno
Luisa Fernanda Zamudio Ocampo

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional de
ingeniero civil

Aprobado por:
Ing. Bregy Hassler Choque Jiménez
Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray Juan Ubaldo López Salamanca, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Padre José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabon
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

ING. MANUEL EDUARDO HERRERA PABON
Decano Facultad Ingeniería Civil

Director Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Villavicencio, Día de mes de año

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado, primeramente a Dios por darnos la fuerza para realizar este proceso y obtener uno de nuestros sueños más anhelados.

A nuestros padres, por su amor y sacrificio en estos años para lograr llegar hasta aquí, por estar pendientes de cada paso que damos y por ser esas personas con las que siempre podremos contar el resto de nuestras vidas.

Para finalizar, a todas las personas que nos han apoyado compartiendo sus conocimientos logrando que este trabajo se realizara con éxito. ´

AGRADECIMIENTOS

El más sincero agradecimiento a nuestros padres por el apoyo que nos brindaron en todo momento, por estar presentes cada vez que lo necesitábamos, por los valores que nos inculcaron y la buena educación que nos convierte en una buena persona cada día.

Al Ingeniero Bregy Hassler Choque Jiménez, quien mediante sus experiencias, conocimiento y sabiduría logro guiarnos y enseñarnos en el transcurso del desarrollo de este proyecto.

También agradecemos a los docentes de la universidad Santo Tomas y personas que nos dieron su apoyo incondicional para poder culminar este trabajo.

RESUMEN

Este proyecto se basó en realizar un diseño estructural de un Polideportivo Polifuncional que contribuya con el desarrollo del mismo y con los encargados de este.

En el barrio Villas del Ocoa se presenta la falta de un Polideportivo con zonas de esparcimiento en donde su comunidad ya sean adultos, jóvenes y niños puedan hacer uso de ellas para actividades recreativas, deportivas comunales y sociales que integren y satisfagan las necesidades de ellos. Se busca con este espacio garantizar que sea cómodo, seguro y eficiente que supla las necesidades mínimas requeridas.

La implementación de un diseño de una estructura cubierta para la zona de esparcimiento posiblemente beneficiara a los habitantes de Villas del Ocoa ya que, cuentan con un terreno sin recubrimiento que los proteja de las condiciones climáticas (Sol y lluvia) influyendo esto directamente en una baja calidad en espacios de esparcimiento y recreación.

Palabras Clave: *Estructura metálica, Polideportivo, Zonas de esparcimiento, Comodidad, Calidad.*

ABSTRACT

This project was based on a structural design of a Multi-purpose Sports Centre that will contribute to the development of the Centre and its staff.

In the neighborhood of Villas del Ocoa there is a lack of a sports center with recreational areas where their community, both adults, youth and children can make use of them for recreational activities, community and social sports that integrate and meet their needs. This space is sought to ensure that it is comfortable, safe and efficient to meet the minimum needs required.

The implementation of a design of a covered structure for the recreation area will possibly benefit the inhabitants of Villas del Ocoa since, they have an uncoated terrain that protects them from the climatic conditions (Sun and rain) influencing this directly on a low quality in leisure and recreation spaces.

Keywords: Metal structure, Sports centre, Recreation areas, Comfort, Quality.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	14
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
2.1.1.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
3.	JUSTIFICACIÓN.....	16
4.	OBJETIVOS.....	17
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	17
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
5.	ALCANCE	18
6.	MARCO DE REFERENCIA	19
6.1.	MARCO TEÓRICO	19
6.1.1.	CONEXIONES METÁLICAS SOLDADAS	19
6.1.2.	MIEMBROS SOMETIDOS A TENSIÓN.....	19
6.1.3.	CONEXIONES METÁLICAS APERNADAS.....	19
6.1.3.1.	Conexiones de tipo aplastamiento	19
6.1.3.2.	Conexiones de deslizamiento crítico.....	19
6.1.4.	AVALUÓ DE CARGAS	19
6.1.5.	ESPECTRO DE DISEÑO	20
6.1.5.1.	Ecuaciones a desarrollar.....	20
6.1.5.2.	Parámetros	21
6.1.5.2.1.	Nivel de amenaza sísmica.....	21
6.1.5.2.2.	Coeficiente de importancia (I).....	21
6.1.6.	TIPOS DE ESTRUCTURA Y MÉTODOS DE ANÁLISIS	21
6.1.6.1.	Estructuras tipo 1	22
6.1.6.2.	Estructuras tipo 2	22
6.2.	MARCO CONCEPTUAL	22
6.2.1.	CARGA MUERTA.....	22
6.2.2.	CARGA VIVA.....	22
6.2.3.	DRENAJE SUPERFICIAL.....	22
6.2.4.	DEPORTE	22
6.2.5.	DEPORTE Y SALUD	23
6.2.6.	ZAPATA SIMPLE.....	23
6.2.7.	SOLDADURAS DE RANURA.....	23
6.2.8.	CERCHAS (TRIANGULACIÓN)	23
6.2.9.	NUDOS.....	23
6.2.10.	ARRIOSTRAMIENTO	23
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	23

6.3.1. PABELLÓN POLIDEPORTIVO Y PISCINA CUBIERTA / ALDAY JOVER ARQUITECTURA Y PAISAJE (ZARAGOZA, ESPAÑA).....	24
6.3.2. PABELLÓN POLIDEPORTIVO ALCOBENDAS / AGUINAGA Y ASOCIADOS ARQUITECTÓNICOS (MADRID, ESPAÑA).....	24
6.3.3. DISEÑO DEL PABELLÓN POLIDEPORTIVO DE LA COMUNA 10 PARA LOS HABITANTES DE PROVENZA EN LA CIUDAD DE (BUCARAMANGA, COLOMBIA).....	24
6.4. MARCO NORMATIVO.....	24
6.5. MARCO GEOGRÁFICO	26
7. METODOLOGÍA	28
7.1. ETAPA I: INDAGACIÓN	28
7.2. ETAPA II: ANÁLISIS DEL TERRENO	29
7.3. ETAPA III: EVALUAR.....	30
7.3.1. GENERALIDADES	30
7.3.2. PARÁMETROS SÍSMICOS	31
7.3.3. MATERIALES	31
7.3.3.1. Concreto	31
7.3.3.2. Acero de refuerzo	32
7.3.3.3. Mampostería	32
7.3.4. EMPALMES Y TRASLAPOS DEL ACERO	32
7.3.5. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS.....	33
7.3.5.1. Diseño de Zapatas N – 1.20m	33
7.3.5.2. Diseño de Vigas.....	35
7.3.5.3. Diseño de columnas	37
7.3.5.4. Diseño de placa de contrapiso.....	38
7.3.5.5. Chequeo de deflexiones	44
7.3.5.6. Verificación C.21.5.4.1	45
7.3.5.7. Verificación según NSR – 10 según C.21.7.4.1	45
7.3.5.7. Verificación según C.21.6.5.1 NSR – 10.....	46
7.3.6. AVALUÓ DE CARGAS	48
7.3.7. PARÁMETROS SÍSMICOS	49
7.4. ETAPA IV: PROPUESTA	49
7.4.1. PLANO: ARQUITECTÓNICO	50
7.4.2. PLANO: PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE COLUMNAS	51
7.4.3. PLANO: PLANTA CIMENTACIÓN.....	51
7.4.4. PLANO: PLANTA LOCALIZACIÓN DE CERCHAS TIPO.....	52
7.4.5. PLANO: PLANTA ELEMENTOS DE CUBIERTA.....	52
7.4.6. PLANO: CERCHA TIPO 1; EJES CERCHA TIPO 1.....	53
7.4.7. PLANO: EJES CERCHA TIPO 2; CERCHA TIPO 2; EJES CERCHA TIPO 3; CERCHA TIPO 3; SECCIONES TUBULARES; DETALLES DE CONEXIÓN; DETALLES DE CIMENTACIÓN	53
7.4.8. PRESUPUESTO DE OBRA.....	54

7.4.9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	54
8. RESULTADOS E IMPACTOS	55
8.1. RESULTADOS ESPERADOS	55
8.2. IMPACTOS	55
9. CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. CR.12.15.2	32
Tabla 2.materiales y cargas actuantes.....	33
Tabla 3. Predimensionamiento.....	33
Tabla 4. Altura de zapata	33
Tabla 5. Cortante bidireccional.....	34
Tabla 6. Cortante unidireccional.....	34
Tabla 7. Diseño a flexión de la zapata (parrilla)	34
Tabla 8. Chequeo de aplastamiento.....	34
Tabla 9. Resultados de diseño	38
Tabla 10. C.9.5(b)	44
Tabla 11. Parámetros de diseño	49
Tabla 12. Presupuesto de obra	54
Tabla 13. Cronograma	54
Tabla 14. Tabla de resultados	55
Tabla 15. Impactos.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectro de aceleraciones de diseño como fraccio de g	20
Figura 2. Valores del coeficiente de importancia (I)	21
Figura 3. Ubicación del proyecto a nivel Municipal.....	26
Figura 4. Ubicación del proyecto en el barrio Villas del Ocoa.	27
Figura 5. Terreno Villas del Ocoa.....	27
Figura 6. Estructura de la metodología	28
Figura 7. Área de terreno	29
Figura 8. Zona de amenaza sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av	31
Figura 9. B-1.....	37
Figura 10. A-1.....	38
Figura 11. Modelo considerado para el diseño.....	39
Figura 12. Chequeo.....	45
Figura 13. Combinaciones.....	46
Figura 14. Máximo momento probable	46
Figura 16. Arquitectónico	50
Figura 17. Localización de columnas	51
Figura 18. Planta cimentación	51
Figura 19. Localización de cerchas	52
Figura 20. Elementos de cubierta.....	52
Figura 21. Cercha tipo 1	53
Figura 22. Cercha tipo 2 detalle	53

1. INTRODUCCIÓN

Los habitantes del barrio “Villas del Ocoa” ubicado en la ciudad de Villavicencio – Meta, actualmente no cuenta con un espacio Polifuncional que soporte actividades recreativas, deportivas comunales y sociales que integren y satisfagan las necesidades de la comunidad actual.

La urbanización únicamente cuenta con una cancha de arena entre la manzana G e I, la cual sule las necesidades y actividades demandadas por los usuarios de esta comunidad. Con base a esta información, y contemplando los principios fundamentales para el bienestar de los habitantes según el soporte de la Constitución Nacional, Artículo 52: “Reconoce el derecho de todas las personas a la recreación, a la práctica del deporte y al aprovechamiento del tiempo libre”, la comunidad ha solicitado a la junta de acción comunal, la implementación de un lugar que cuente con la infraestructura adecuada y establecida bajo la Norma Sismo Resistente Colombiana que permita resolver la problemática actual de la comunidad y garantice un espacio cómodo, seguro y eficiente que supla las necesidades mínimas requeridas.

Teniendo en cuenta el impacto social positivo que acarrea la ejecución de un proyecto de esta índole, se realizó el diseño de una estructura metálica principal garante de estabilidad, resistencia y rigidez para que funcione como polideportivo Polifuncional en el barrio Villas del Ocoa en la ciudad de Villavicencio.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La ciudad de Villavicencio capital del departamento del Meta se encuentra dividida por ocho (8) comunas, 235 barrios de los cuales 32 son legalizados, 101 asentamientos, 2 zonas de invasión, 7 corregimientos y 61 veredas en total. La comuna 8 la cual será tema a trabajar comprende los barrios Ariguanery, Porfia, Las Américas, Playa Rica, Catumare, Guatapé, Alamos Santa Rosa, Montecarlo, La Rochela, Villa Carola, Villa Lorena, El Refugio, Guaicáramo, San Jorge, Ciudadela San Antonio y Villas del Ocoa. [1]

Según los registros del DANE del año 2005 esta ciudad poco a poco ha ido creciendo en cuanto al número de habitantes, nacimiento y mortalidad, frente a una disminución en las tasas de incremento y natalidad, mostrando que la ciudad es considerada un destino para vivir por personas y grupos poblacionales que vienen de otros municipios y regiones. [2] Pequeños sectores se han ido urbanizando como lo es en el caso del barrio Villas del Ocoa que está ubicado al Sureste de la Ciudad de Villavicencio, sus habitantes son de bajos recursos económicos, pertenecen al estrato uno (1) en su mayoría. Debido al aumento en la población se evidencia una falta de espacios recreativos y espacios para reuniones públicas, ya que, han optado por realizar estas actividades en espacios no adecuados que aumentan el riesgo de lesiones.

La comunidad cuenta con un terreno sin recubrimiento que los proteja de las condiciones climáticas (Sol y lluvia) influyendo esto directamente en una baja calidad en espacios de esparcimiento y recreación. Por lo anterior la implementación de un estudio o diseño de una estructura cubierta para la zona de esparcimiento posiblemente beneficiara a los habitantes de Villas del Ocoa.

2.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El diseño de un Polideportivo Polifuncional que cuente con los requerimientos mínimos de estabilidad, resistencia y rigidez suplirá la necesidad de un espacio idóneo en donde se desarrollen actividades demandadas por los habitantes del barrio Villas del Ocoa?

3. JUSTIFICACIÓN

El barrio Villas del Ocoa, ante las exigencias de una zona con instalaciones adecuadas para el desarrollo de actividades recreativas y deportivas, se vio la necesidad de realizar este proyecto social diseñando un espacio digno en donde los niños, jóvenes y adultos puedan participar activamente, ejercer el deporte como cuidado personal e involucrando su salud favorablemente, de igual manera poder contar con un sitio apropiado para el desarrollo de reuniones, asambleas y demás cuestiones con el desarrollo del barrio.

El proyecto de aplicación que conlleva el desarrollo de un diseño estructural, se realizó con el fin de que la persona encargada de la ejecución del proyecto tenga a su disposición un diseño base para un buen desarrollo de este contando también, con un cronograma de actividades que contemple los tiempos de cada uno de los procesos, acciones y recursos para llevar a cabo junto con el presupuesto donde se establece el costo anticipado de la obra como referencia para su construcción.

Por medio de esta propuesta, los habitantes y demás usuarios involucrados podrán dedicar su tiempo libre e incrementar el desarrollo de estas actividades recreativas, deportivas y sociales en un lugar seguro e idóneo para esto.

4. OBJETIVOS

4.1.OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño estructural que cumpla con los requerimientos mínimos exigidos por la norma vigente (NSR10) para la construcción de un Polideportivo Polifuncional como propuesta social en el barrio Villas del Ocoa de la ciudad de Villavicencio-Meta.

4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un modelo estructural en software para evaluar las solicitudes de la estructura correspondientes al diseño.
- Verificar el diseño de los elementos estructurales mediante la normativa vigente de construcción sismo resistente NSR10.
- Elaborar un cronograma de actividades a realizar durante la ejecución del proyecto y un presupuesto del mismo.

5. ALCANCE

La finalidad de realizar este proyecto es que por medio del diseño estructural se disponga de una información previa para la toma de decisiones en la etapa de construcción y que esto pueda suplir la necesidad que se presenta en el barrio Villas del Ocoa debido a la falta de un escenario de acceso público en buenas condiciones donde se realicen actividades recreativas, deportivas y de esparcimiento para los niños, jóvenes y adultos de esta área urbana.

Se realizaron entregables como memorias de cálculo, diseño estructural, planos respectivos, presupuesto de obra y cronograma de actividades con los tiempos pertinentes para cada uno de los procesos que deberá tener en cuenta la persona encargada de su ejecución. De esta manera mejorar la imagen de este terreno que en el momento solo cuenta con una cancha de arena por un nuevo Polideportivo Polifuncional, que ayude a incrementar la satisfacción de la comunidad, usuarios, vecinos y demás involucrados.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1.MARCO TEÓRICO

6.1.1. Conexiones metálicas soldadas

Es el proceso en el que se unen partes metálicas mediante el calentamiento de sus superficies a un estado plástico, permitiendo que las partes fluyan y se unan con o sin la adición de otro metal fundido. Teniendo en cuenta las soldaduras de ranura para los empalmes en columnas. [3]

6.1.2. Miembros sometidos a tensión

Se contempla que sean compactos, tener dimensiones que se ajusten en la estructura con una relación razonable a las dimensiones de los otros miembros y tener conexiones con tantas partes de las secciones como sea posible para minimizar el rezago del cortante. [3]

6.1.3. Conexiones metálicas apernadas

6.1.3.1. Conexiones de tipo aplastamiento

Son las conexiones en que la carga es resistida por la cortante en los pernos y por aplastamiento sobre los mismos. La resistencia de diseño está definida por la presencia o no de la rosca. [4]

6.1.3.2. Conexiones de deslizamiento crítico

Son las conexiones en que el deslizamiento sería inconveniente para la capacidad de servicio de la estructura a que pertenecen dichas uniones. Estas incluyen conexiones sometidas a cargas de fatiga o a inversión importante de carga, vibraciones y sismo. [4]

6.1.4. Avalúo de cargas

El análisis de cargas gravitacionales es un procedimiento que permite conocer las cargas que se ejercen sobre los distintos elementos estructurales que integran la construcción debido a su funcionamiento. Para ello, se recurre a un procedimiento llamado bajada de cargas. Este consiste en cuantificar y acumular las cargas que se generan y así conocer las cargas que la cimentación transmite al terreno en el cual se desplanta. [5]

6.1.5. Espectro de diseño

Es la herramienta, que permite calcular las construcciones, teniendo en cuenta la actividad sísmica de la región, las condiciones locales de la respuesta del suelo y las características de la estructura (periodo de vibración). [6] Se puede observar en la Figura 1

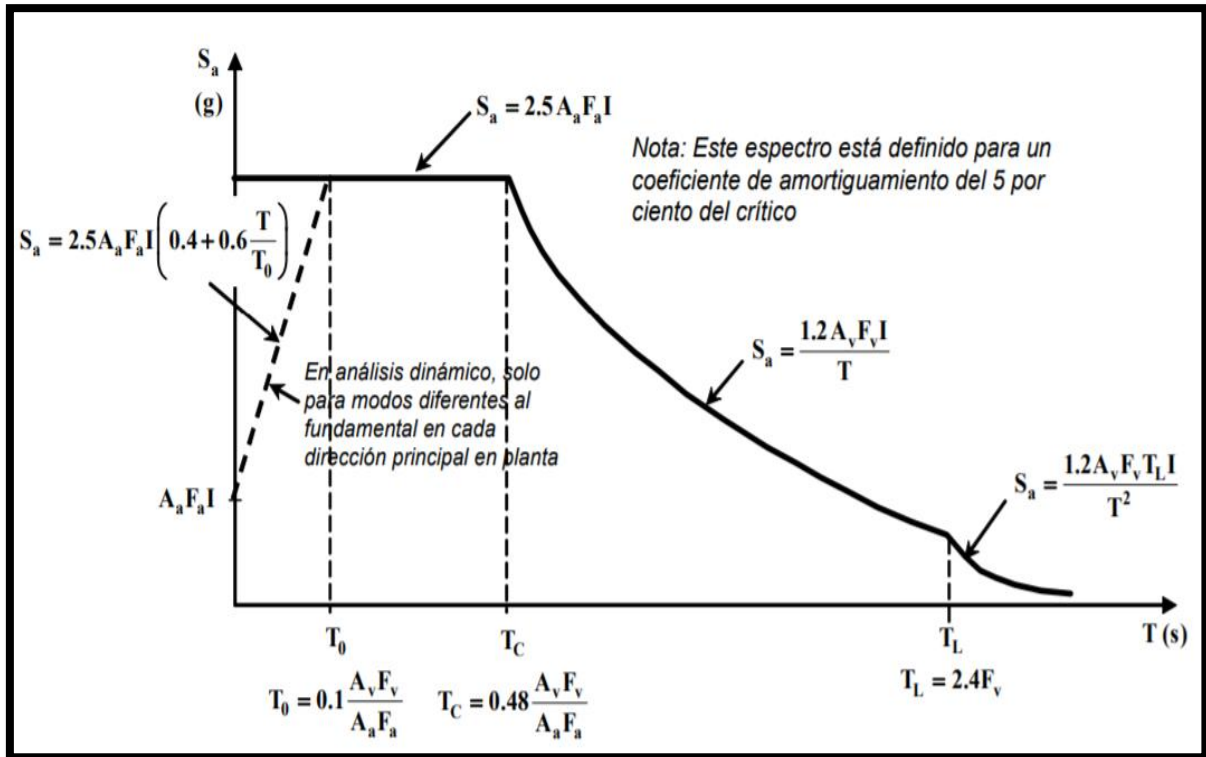


Figura 1. Espectro de aceleraciones de diseño como fracción de g
Fuente: [7]

Donde:

T (s) → Periodo de la estructura (Segundos)

S_a (g) → Valor del espectro de Diseño para un periodo de vibración dado.

6.1.5.1. Ecuaciones a desarrollar

- Periodo de la estructura entre cero y $T_c = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$

$$S_a = 2.5 A_a F_a I$$

- Periodo de la estructura entre $T_c = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$ y $T_l = 2.4 F_v$

$$S_a = \frac{1.2 A_v F_v I}{T}$$

- Periodo de la estructura es mayor a $T_l = 2.4 F_v$

$$S_a = \frac{1.2 A_v F_v T_l I}{T^2}$$

6.1.5.2. Parámetros

6.1.5.2.1. Nivel de amenaza sísmica

Teniendo en cuenta los mapas de zonificación encontrados en el capítulo A.2 – Zonas de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño. Se ubica el lugar para el cual se diseña el Polideportivo Polifuncional, en este caso la ciudad de Villavicencio – Meta. El valor para los parámetros de A_a y A_v son $A_a = 0.35$ y $A_v = 0.30$ clasificando esta zona en un nivel Alto para amenaza sísmica.

Los valores para los coeficientes de amplificación F_a y F_v los cuales afectan la aceleración en la zona de periodos cortos e intermedios se debe interpolar entre la intensidad de los movimientos sísmicos y el tipo de perfil del suelo.

6.1.5.2.2. Coeficiente de importancia (I)

Un polideportivo Polifuncional se encuentra clasificado en el grupo II según El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente como una estructura de ocupación especial con un coeficiente de importancia (I) de 1.10, el cual modifica el espectro y a su vez las fuerzas de diseño. Implementados en la Figura 2

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Figura 2. Valores del coeficiente de importancia (I)

Fuente: [7]

6.1.6. Tipos de estructura y métodos de análisis

Toda construcción debe contar con una estructura que tenga características adecuadas para asegurar su estabilidad bajo cargas verticales y que le proporcione

resistencia y rigidez suficientes para resistir los efectos combinados de las cargas verticales y de las horizontales que actúen en cualquier dirección. [8]

6.1.6.1. Estructuras tipo 1

Estas estructuras se caracterizan porque están compuestas por miembros unidos entre sí por medio de conexiones rígidas y tienen la capacidad de reducir a un mínimo las rotaciones relativas entre los extremos de las barras que concurren en cada nudo, de esta manera que el análisis puede basarse en la suposición de que los ángulos originales entre esos extremos se conservan sin cambio al deformarse la estructura. [8]

6.1.6.2. Estructuras tipo 2

Estas se conforman por miembros unidos entre sí mediante conexiones que permiten rotaciones relativas, y que tienen la capacidad de transmitir la totalidad de las fuerzas normales y cortantes, así como momentos no mayores del 20 por ciento de los momentos resistentes de diseño de los miembros considerados. [8]

6.2. MARCO CONCEPTUAL

6.2.1. Carga muerta

Cargas de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar. Estas son el peso propio de la estructura y otras cargas permanentemente unidas a esta. [3]

6.2.2. Carga viva

Cargas que se mueven bajo su propio impulso, pueden cambiar de lugar y magnitud, y se pueden denominar cargas móviles y cargas movibles. [3]

6.2.3. Drenaje superficial

Se entiende la remoción de los excesos de agua que se acumulan sobre la superficie del terreno, a causa de lluvias muy intensas y frecuentes, topografía muy plana e irregular y suelos poco permeables. [9]

6.2.4. Deporte

Es actividad específica de competición, en la que se valora intensamente la práctica de ejercicios físicos con vistas a la obtención, por parte del individuo, del perfeccionamiento de las posibilidades morfo – funcionales y psíquicas, concretadas en un record, en la superación de sí mismo o de un adversario. [10]

6.2.5. Deporte y salud

El estilo de vida actual genera desequilibrios psicológicos relacionados con el estrés, la ansiedad o la concentración. La solución a estos problemas puede llegar desde una práctica deportiva regular y controlada, ya que proporciona un equilibrio mental que influye en la percepción de un bienestar generalizado. [11]

6.2.6. Zapata simple

Elementos estructurales de concreto armado, que sirven para repartir las cargas de la columna al suelo, de tal manera que la resistencia del suelo, la soporte. [12]

6.2.7. Soldaduras de ranura

Son utilizadas en los empalmes en columnas y en las conexiones a tope de patines de vigas a columnas. Pueden ser de penetración completa, se extienden sobre el espesor total de la parte conectada, o de penetración parcial, que se extiende sobre solo una parte del espesor. [3]

6.2.8. Cerchas (triangulación)

La triangulación es un principio estructural utilizado para soportar una cubierta sin apoyos intermedios, existe este recurso constructivo conformando una estructura de sostén con triangulaciones denominada como cercha. [13]

6.2.9. Nudos

Los nudos juegan un papel importante en las mallas espaciales, por un lado facilitan el proceso de construcción de esta red espacial y por el otro, le garantizan la transmisión de esfuerzos. [13]

6.2.10. Arriostramiento

Se utilizan barras de arriostramiento en las cerchas con el fin de evitar el vuelco de la cubierta ya que frente a las acciones o esfuerzos laterales pierden estabilidad. [13]

6.3. ESTADO DEL ARTE

Se toman referentes de polideportivos a nivel mundial como comparativos y diferencias entre ellos.

6.3.1. Pabellón polideportivo y piscina cubierta / alday jover arquitectura y paisaje (zaragoza, España)

En la ciudad de Zaragoza, España se realizó un pabellón polideportivo con piscina cubierta, la cual cuenta con superposiciones verticales en sus piscinas. Posee un volumen de hormigón oscuro, compacto, excavado y rasgado para permitirle la entrada a la luz en los grandes espacios que este posee, estas se encuentran bajo rasante y sobre ellas la zona polideportiva. Entre sus cerchas de cobertura se insertan de manera alterna los gimnasios formando grecas de macizos y vacíos con relaciones visuales entre ellos. [14]

6.3.2. Pabellón polideportivo Alcobendas / Aguinaga y asociados arquitectónicos (Madrid, España)

Aguinaga y Asociados Arquitectónicos realizaron un pabellón polideportivo Alcobendas en la ciudad de Madrid, España. En donde el objetivo era realizar una sala de baloncesto y una sala para practicar esgrima y a su vez, encontrar la posibilidad en ellas de otros usos complementarios deportivos como la gimnasia para mayores. Para ello se construyeron graderías y un depósito para material deportivo con un área de taller. [15]

6.3.3. Diseño del pabellón polideportivo de la comuna 10 para los habitantes de Provenza en la ciudad de (Bucaramanga, Colombia)

En la ciudad de Bucaramanga, Colombia. Se diseñó un pabellón polideportivo cubierto, para ello se tuvo en cuenta el aprovechamiento de los recursos naturales como la luz y el aire para tener un bajo consumo energético. Se realizaron rejillas de ventilación para que las corrientes de aire circulen y ventilen el pabellón. También existen estas rejillas en su parte más alta del proyecto para que el aire caliente producido dentro del pabellón pueda salir sin ningún problema y evitar generar un efecto invernadero. En la cubierta se adecuaron claraboyas en policarbonato con el fin de dar iluminación natural. [16]

6.4. MARCO NORMATIVO

- **Ley 181 de 1995:** Con el objetivo de fomentar, adoptar, dirigir, coordinar y ejecutar la política pública, planes, programas y proyectos en materia del deporte, la recreación, el aprovechamiento del tiempo libre y la actividad física. [17]

Artículo 8: "...Los organismos deportivos municipales ejecutarán los programas de recreación con sus comunidades, aplicando principios de participación comunitaria. Para el efecto, crearán un comité de recreación con participación interinstitucional y le asignarán recursos específicos..."

- **Decreto 4183 de 2011:** Artículo 4. “Planificar y programar la construcción de instalaciones deportivas con los equipamientos necesarios, procurando su óptima utilización y uso de los equipos y materiales destinados a la práctica del deporte y la recreación” y los demás que se establezcan en desarrollo de su objeto”.

Adopta que se requiere de un organismo rector del más alto nivel que se encargue de fortalecer la política pública del deporte, la recreación, la actividad física y el aprovechamiento del tiempo libre como un elemento transversal generador de convivencia y paz, el cual planificará, dirigirá y coordinará el Sistema Nacional del Deporte, del Deporte Formativo y del Deporte Comunitario. [17]

- **Ley 400 de 1997:** Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes. Establece criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo.
- **Ley 715 de 2001:** Artículo 74. ...Es función de los departamentos coordinar acciones entre los municipios orientadas a desarrollar programas y actividades que permitan fomentar la práctica del deporte, la recreación y el aprovechamiento del tiempo libre en el territorio departamental. [17]
- **NSR 10:** Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente.

El capítulo F.2 es aplicable al diseño de estructuras conformadas por elementos de acero estructural en cuya fabricación se utilicen perfiles laminados. Perfiles armados o perfiles tubulares estructurales (PTE), incluyendo sistemas donde el acero y el concreto actúen como una sección compuesta.

Este capítulo establece criterios para el diseño, la fabricación y el montaje de edificios y otras construcciones de acero estructural, donde la denominación “otras construcciones” comprende aquellas estructuras diseñadas, fabricadas y montadas de forma semejante a los edificios y conformadas por similares elementos resistentes a cargas verticales y laterales.

Cuando se presenten condiciones que no estén cubiertas por este capítulo, se permitirá que los diseños se basen en pruebas o análisis basados en criterios alternos, sujetos a la aprobación de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. [18]

- ☐ Decreto 926 de Marzo 14 de 2010
- ☐ Decreto 092 de Enero 17 de 2011
- ☐ Decreto 340 de Febrero 13 de 2012

6.5.MARCO GEOGRÁFICO

El área de estudio barrio Villas del Ocoa hace parte de la Comuna 8 que se encuentra ubicado al Sur este de la ciudad de Villavicencio territorio urbano ubicado en el Departamento del Meta. Ciudad situada en el Piedemonte de la Cordillera Oriental en la margen izquierda del río Guatiquia. Cuenta con una población urbana de 452.472 habitantes. Presenta un clima cálido y muy húmedo, con temperaturas medias de 27 °C. [19] Ver Figura 3, Figura 4 y Figura 5



Figura 3. Ubicación del proyecto a nivel Municipal.
Fuente: [20]



Figura 4. Ubicación del proyecto en el barrio Villas del Ocoa.
Fuente: [20]



Figura 5. Terreno Villas del Ocoa.
Fuente: [21]

7. METODOLOGÍA

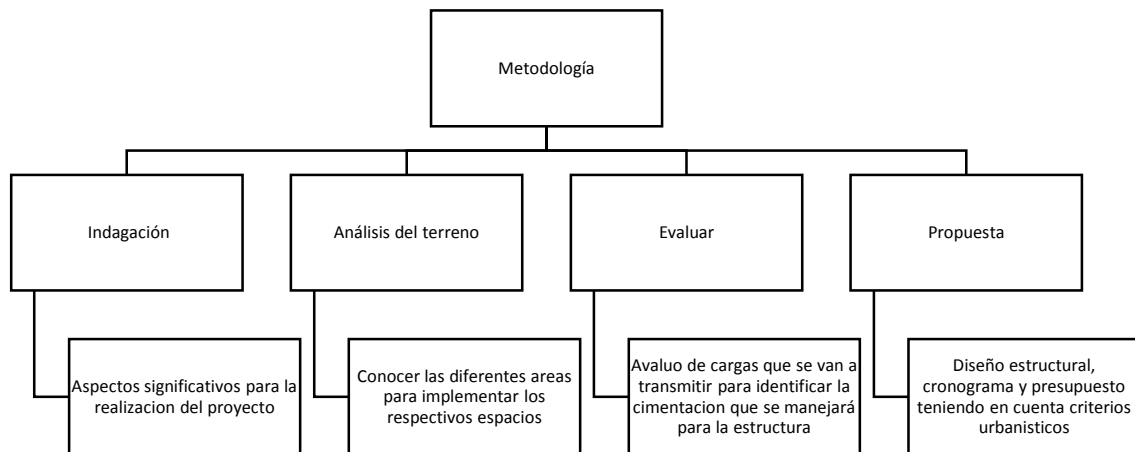


Figura 6. Estructura de la metodología

Fuente: [22]

7.1. ETAPA I: INDAGACIÓN

Mediante esta etapa se realizó el debido proceso de indagar, investigar y conocer acerca de la problemática que se presenta y la cual se trabajó durante el proyecto dándole solución o contribuyendo a esta. Para ello, se identificó la situación actual en la que se encuentra el terreno disponible para la realización del Polideportivo Polifuncional en el barrio Villas del Ocoa. Seguido a esto, se procedió a plantear los diferentes componentes como: la justificación del proyecto, objetivos a realizar durante la elaboración de éste y los respectivos marcos como el teórico, conceptual, normativo y geográfico teniendo en cuenta los respectivos lineamientos establecidos, dando a conocer los aspectos más significativos e importantes para la realización del proyecto.

Como es anteriormente mencionado, esta etapa se basó en identificar el concepto de la problemática que se presenta en el barrio Villas del Ocoa y a su vez conocer y plantear los lineamientos establecidos para este documento. Contemplados en los numerales **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, 3, 4 y 6.

7.2.ETAPA II: ANÁLISIS DEL TERRENO

Mediante el análisis del terreno se conoció el área con la que se cuenta para realizar el proyecto. Así, se implementó en cada uno de los diseños los respectivos espacios que deben tener las zonas verdes, juegos infantiles y pista polideportiva. Esto, reglamentado y dirigido por las normativas establecidas en los entes municipales.

Para esta etapa se realizaron visitas al terreno con el que cuenta el barrio Villas del Ocoa para tomar medidas y de esta manera conocer su área. Así, se pudo establecer el área a contemplar para realizar el diseño del Polideportivo. Estas se pueden observar en la Figura 7

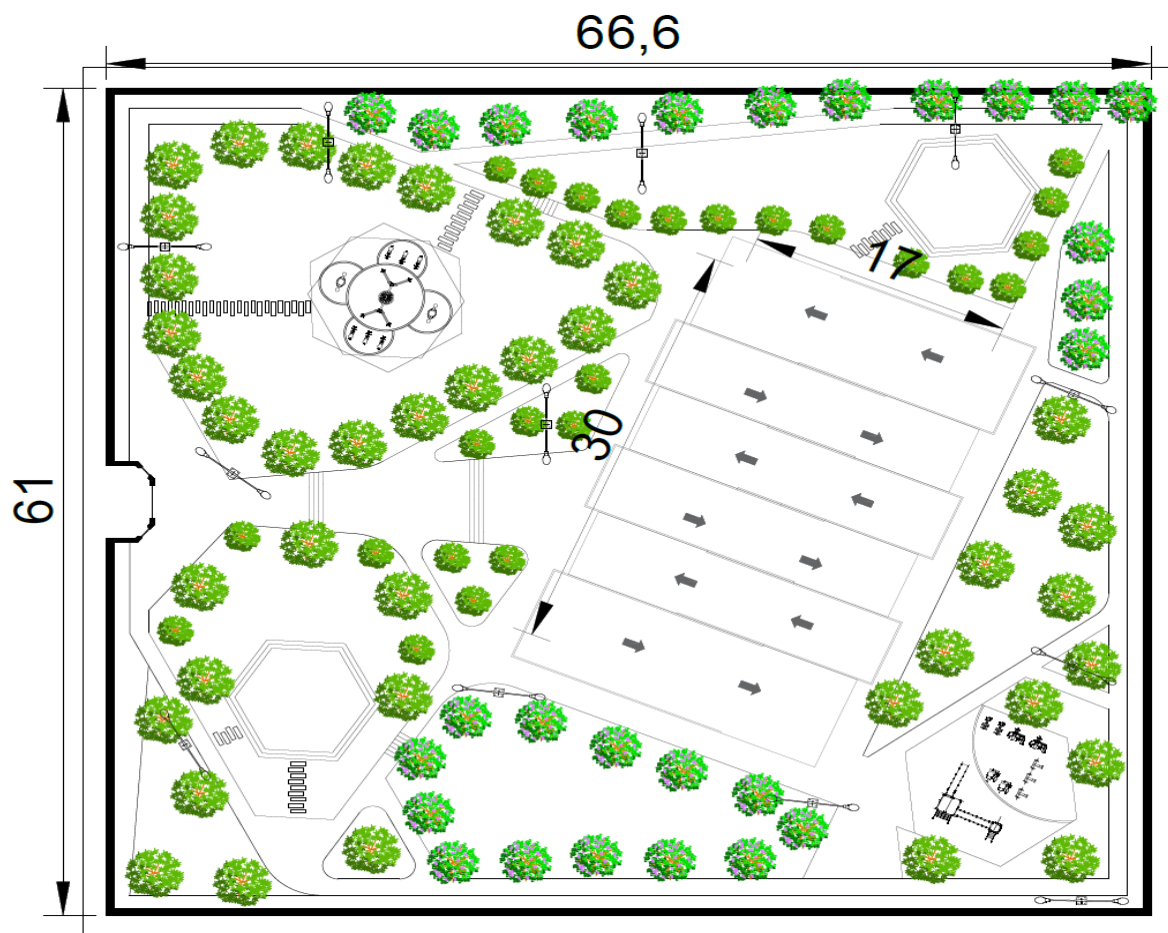


Figura 7. Área de terreno

Fuente: [23]

Como se ilustra en la Figura 7 se observa el diseño arquitectónico que se tuvo como propuesta para este proyecto. El área total del terreno es de 4064.6 m^2 , la zona para el Polideportivo consta de 1079.15 m^2 y el área para la cancha es de 510 m^2 .

7.3.ETAPA III: EVALUAR

Para esta etapa se inició con el avalúo de las cargas que se transmiten por la cimentación hacia el suelo, se identificó la zona de amenaza sísmica la cual podía presentarse entre baja, intermedia o alta; Está se tuvo en cuenta para conocer los periodos de vibración de la estructura por medio del espectro de diseño y a su vez para realizar un modelamiento en 3-D por medio del software comercial por análisis de elementos finitos. Así mismo, se analizaron los resultados y las solicitaciones internas de momentos y cortantes para diseñar los elementos más importantes como lo fueron: las cerchas, columnas y zapatas. Lo anterior, se representó por medio de la entrega de un plano con diseño estructural.

7.3.1. Generalidades

- Sistema estructural: cercha en estructura metálica
- Zona sísmica: Alta
- Capacidad de disipación: DES (Capacidad especial)
- Área de la estructura: 1079.15 m²
- Número de Pisos: 1
- Uso: Residencial
- Coeficiente de importancia: II
- Grado de desempeño: Bajo
- Método de diseño: Resistencia Última
- Tipo de Análisis: Fuerza horizontal equivalente
- Tipo de cimentación. Zapatas aisladas
- Profundidad de cimentación: 1.20m

7.3.2. Parámetros sísmicos

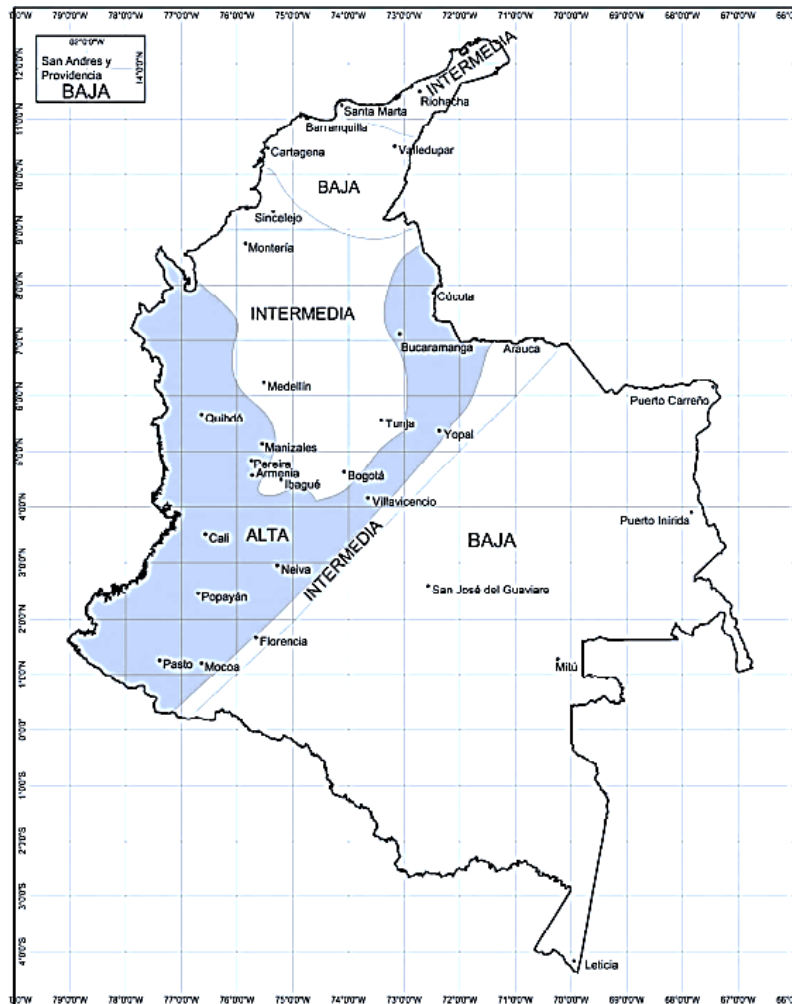


Figura 8. Zona de amenaza sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av

Fuente: [7]

7.3.3. Materiales

7.3.3.1. Concreto

El material empleado en el análisis de la edificación corresponde a un concreto de 21 MPa:

$$\begin{aligned}f'_c &= 21 \text{ MPa} \\E &= 3900 \sqrt{f'_c} \\E &= 17.914,55 \text{ MPa}\end{aligned}$$

7.3.3.2. Acero de refuerzo

- Malla Electrosoldada $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (420 MPa) NTC-2310
- Acero corrugado $\varnothing 1/4"$ $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ (240 MPa)
- y para $\varnothing$ mayores $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (420 MPa) NTC-2289
- Módulo de elasticidad $E_s = 200.000 \text{ MPa}$
- No se permite el uso de acero de refuerzo fabricado bajo la norma NTC 245, ni ningún otro tipo de acero que haya sido estirado en frío o trefilado.

7.3.3.3. Mampostería

- $f'_{cu} = 5 \text{ MPa}$
- $f'_{cp} = 12.5 \text{ MPa}$
- $f'_m = 2.7 \text{ MPa}$
- $E_m = 2045 \text{ MPa}$

7.3.4. Empalmes y traslapes del acero

C.12.2.2 — Para barras corrugadas o alambres corrugados, ℓ_d debe ser:

Espaciamento y recubrimiento	Barras No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) o menores y alambres corrugados	Barras No. 7 (7/8") ó 22M (22 mm) y mayores
Espaciamento libre entre barras o alambres que están siendo empalmados o desarrolladas no menor que d_b , recubrimiento libre no menor que d_b , y estribos a lo largo de ℓ_d no menos que el mínimo del Título C del Reglamento NSR-10 o espaciamento libre entre barras o alambres que están siendo desarrolladas o empalmadas no menor a $2d_b$ y recubrimiento libre no menor a d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Otros casos	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \lambda}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Tabla 1. CR.12.15.2

Fuente: [24]

CR12.15.2- los requisitos para empalmes por traslapo en tracción de C.12.15.2 fomentan la localización de los empalmes por traslapo fuera de las zonas de esfuerzo a de tracción altos, hacia donde el área del acero proporcionado en la localización del empalme por traslapo sea por lo menos 2 veces la requerida por el análisis. La Tabla 1 muestra los requisitos para empalmes por traslapo.

7.3.5. Predimensionamiento de los elementos

7.3.5.1. Diseño de Zapatas N – 1.20m

Diseño de zapatas aisladas concéntricas (sometidas a carga axial y momentos), demostrados en la Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8.

ID Col:	Col 1	Nombre de la columna en el plano estructural
f'c (MPa)	21	Resistencia a la compresión del concreto
fy (MPa)	420	Resistencia a la fluencia del acero
q _{adm} (kN/m ²)	112.00	Capacidad portante del terreno
P (kN)	422.39	Carga de servicio
M _x (kN·m)	5.29	Momento de servicio
M _y (kN·m)	2.92	Momento de servicio
e _x (m)	0.01	Excentricidad en x
e _y (m)	0.01	Excentricidad en y
b _x (m)	0.50	Lado de la columna medido en el eje x
b _y (m)	0.50	Lado de la columna medido en el eje y
F.S.	1.50	Area de la sección crítica

Tabla 2.materiales y cargas actuantes

Fuente: [22]

L/B	1.00	Relación lado largo lado corto de la zapata (1.5 - 2.0)
B (m)	2.20	Lado supuesto
L (m)	4.00	Lado de diseño
σ-1 (kN/m ²)	45.86	Si cumple
σ-2 (kN/m ²)	49.14	Si cumple
σ-3 (kN/m ²)	50.14	Si cumple
σ-4 (kN/m ²)	46.86	Si cumple
σ-max (kN/m ²)	50.14	Si cumple
σ-min (kN/m ²)	45.86	Si cumple
L/6 (m)	0.67	Si cumple
B/6 (m)	0.37	Si cumple
σ _u -1 (kN/m ²)	68.79	Presión máxima de diseño en el punto 1
σ _u -2 (kN/m ²)	73.71	Presión máxima de diseño en el punto 2
σ _u -3 (kN/m ²)	75.20	Presión máxima de diseño en el punto 3
σ _u -4 (kN/m ²)	70.28	Presión máxima de diseño en el punto 4
σ _u -max (kN/m ²)	75.20	Presión máxima de diseño
σ _u -min (kN/m ²)	70.28	Presión mínima de diseño

Tabla 3. Predimensionamiento

Fuente: [22]

rec. inf. (m)	0.075	recubrimiento debajo del refuerzo
Barra	#4	diámetro nominal de la barra
Ø (cm)	1.27	diámetro de la barra en milímetros
h	0.24	altura zapata (calculada)
h	0.40	Altura de diseño
d' (m)	0.08	Altura medida desde la parte inferior al centroide del refuerzo
d (m)	0.32	Altura efectiva

Tabla 4. Altura de zapata

Fuente: [22]

A_0 (m ²)	0.67	Área de la sección crítica
b_0 (m)	3.27	perímetro de la sección crítica
P_u (kN)	633.59	Carga última
V_{up} (kN)	584.83	Fuerza de punzonamiento
v_{up} (MPa)	0.56	Esfuerzo de punzonamiento
ϕ	0.75	Coeficiente de reducción de rigidez - cortante
β	1.00	Relación lado largo lado corto
α	40.00	Factor de posición de columna
λ	1.00	Coeficiente que depende del tipo de peso
C.11-31	1829.00	Ecuación C.11-31 NSR-10.
C.11-32	1753.93	Ecuación C.11-32 NSR-10.
C.11-33	1194.23	Ecuación C.11-33 NSR-10.
Cumple?	Si cumple	

Tabla 5. Cortante bidireccional

Fuente: [22]

franja (m)	0.53	Franja de chequeo de cortante
$\sigma_{u,d}$ (kN/m ²)	74.02	Esfuerzo cortante último en la franja de chequeo
V_u (kN)	158.57	Fuerza cortante última
ϕV_c (kN)	744.72	Fuerza cortante que resiste la sección de concreto
Cumple?	Si cumple	Verificación del cumplimiento de la fuerza cortante

Tabla 6. Cortante unidireccional

Fuente: [22]

ϕ	0.90	Coeficiente de reducción de rigidez - flexión
l_v (m)	1.75	Longitud del voladizo
σ_{u-lv} (kN/m ²)	73.05	Presión en la cara de la columna
M_u	456.23	Momento último
R_n	1248.10	Coeficiente para calcular la cuantía
ρ -mín	0.0018	Cuantía mínima
ρ -máx	0.0106	Cuantía máxima
ρ -cal	0.0031	Cuantía calculada
ρ -dis	0.0031	Cuantía de diseño
A_s (cm ²)	21.62	Área de acero a flexión
Barra	#4	diámetro nominal de la barra
$\emptyset$ (cm)	1.27	diámetro de la barra en centímetros
A barra (mm ²)	1.27	área de la barra en cm ²
n	18.00	número de barras
s (m)	0.23	Separación de las barras en m
s max (m)	0.30	Si cumple

Tabla 7. Diseño a flexión de la zapata (parrilla)

Fuente: [22]

ϕ	0.65	Coeficiente de reducción de rigidez - aplastamiento
$A-1$	0.25	Área de la columna
$A-2$	1.69	Área de aplastamiento
$(A_2/A_1)^{1/2}$	2.60	Raíz cuadrada de la relación área zapata - área columna
V_r De diseño	2.00	Valor de diseño para el chequeo del punzonamiento
P_n	5801.25	Carga de punzonamiento
Cumple?	Si cumple	Verificación del cumplimiento del aplastamiento

Tabla 8. Chequeo de aplastamiento

Fuente: [22]

7.3.5.2. Diseño de Vigas

VIGAS DE AMARRE

- Se asume una sección: Según la NSR-10 numeral C.15.13.3, las dimensiones de las vigas de amarre deben establecerse en función de las solicitaciones que las afecten, dentro de las cuales se cuentan la resistencia a fuerzas axiales por razones sísmicas, la rigidez y características para efectos de diferencias de carga vertical sobre los elementos de cimentación y la posibilidad de ocurrencia de asentamientos totales y diferenciales.

Las vigas de amarre deben tener una sección tal que su mayor dimensión debe ser mayor o igual a $L/20$ para estructuras DES, $L/30$ para estructuras DMO y $L/40$ para estructuras DMI, donde L es la luz del elemento.

$$\begin{aligned}b \text{ (cm)} &= 30 \\h \text{ (cm)} &= 50 \\d' \text{ (cm)} &= 7.5 \\d \text{ (cm)} &= 42.5 \\d/2 \text{ (cm)} &= 21.25\end{aligned}$$

$$r = 0.0033 \quad (\text{mínimo})$$

$$A_s = rbd$$

$$A_s = 4.21 \quad \text{cm}^2 \quad (\text{Refuerzo positivo})$$

$$A_s = 4.21 \quad \text{cm}^2 \quad (\text{Refuerzo negativo})$$

- La viga debe ser capaz de transmitir de columna a columna un porcentaje de la carga que baja por la columna, dicho porcentaje está dado por $0.25 A_a$ (Nsr-98 A.3.6.4.2) donde $A_a = 0.35 \text{ Villavicencio (Zona alta)}$.

$$0.25 A_a = 8.75\%$$

$$\text{Máxima carga real que baja por la columna} = 131 \text{ Ton}$$

$$\text{Factor de carga} = 1.7$$

$$\text{Carga ultima} = 222.10 \text{ Ton}$$

La fuerza axial que debe ser capaz de transmitir la viga de amarre a la columna adyacente (P_u) es:

$$P_u = 19.5 \text{ Ton}$$

El refuerzo que necesita la viga para resistir la fuerza axial es:

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$
$$A_s = 5.16 \text{ cm}^2$$

- El momento y el cortante que se generan cuando un elemento de cimentación sufre un asentamiento son:

$$M = \frac{6EI\Delta}{L^2}$$

$$V = \frac{12EI\Delta}{L^3}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad del concreto

$$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = 178720 \text{ Kg/cm}^2$$

I = inercia de la sección (la mitad para tener en cuenta la fisuración) : $I = bh^3/24$

$$I = 0.00156 \text{ m}^4$$

D = máximo asentamiento permitido para que no se ocasionen daños a elementos importantes.

$$D = 0.02 \text{ m}$$

L = luz entre columnas

$$L = 5.00 \text{ m}$$

Luego:

$$M = 13.4 \text{ Ton-m}$$

$$MU = 22.8 \text{ Ton-m}$$

$$V = 5.4 \text{ Ton}$$

$$Vu = 9.1 \text{ Ton}$$

Revisión de la sección asumida:

Flexión:

$$r = 0.0132 \quad \text{Sección asumida es adecuada}$$

$$A_s = 16.79 \text{ cm}^2 \quad (\text{Refuerzo positivo})$$

$$A_s = 16.79 \text{ cm}^2 \quad (\text{Refuerzo negativo})$$

Cortante: utilizar flejes # 3 ó # 4

$$\varnothing \text{ Flejes} = 3/8"$$

$$\# \text{ de ramas} = 2$$

$A_s = 1.42 \text{ cm}^2$
 Separación = 21.25 cm La menor entre $d/2$ o 30 cm
 $\emptyset V_c = 8.3 \text{ Ton}$
 $5\emptyset V_c = 41.6 \text{ Ton}$ **Sección por cortante OK**

 Resiste = 18.5 Ton **Cortante OK**

Resumen dimensionamiento viga de amarre

$b = 30 \text{ cm}$
 $h = 50 \text{ cm}$
 $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
 $A_s = 16.8 \text{ cm}^2$
 Flejes = 3/8"
 Sep. Máx = 21.25 cm

7.3.5.3. Diseño de columnas

COLUMN: B-1 STORY: 1

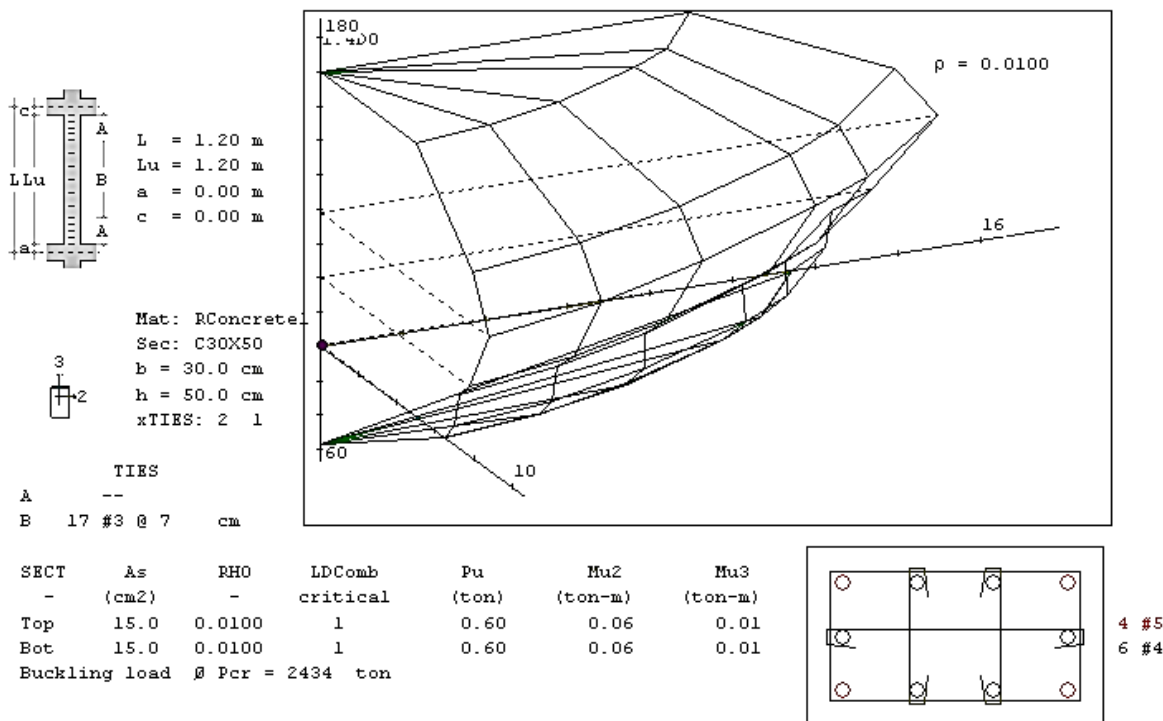


Figura 9. B-1

Fuente: [25]

COLUMN: A-1 STORY: 1

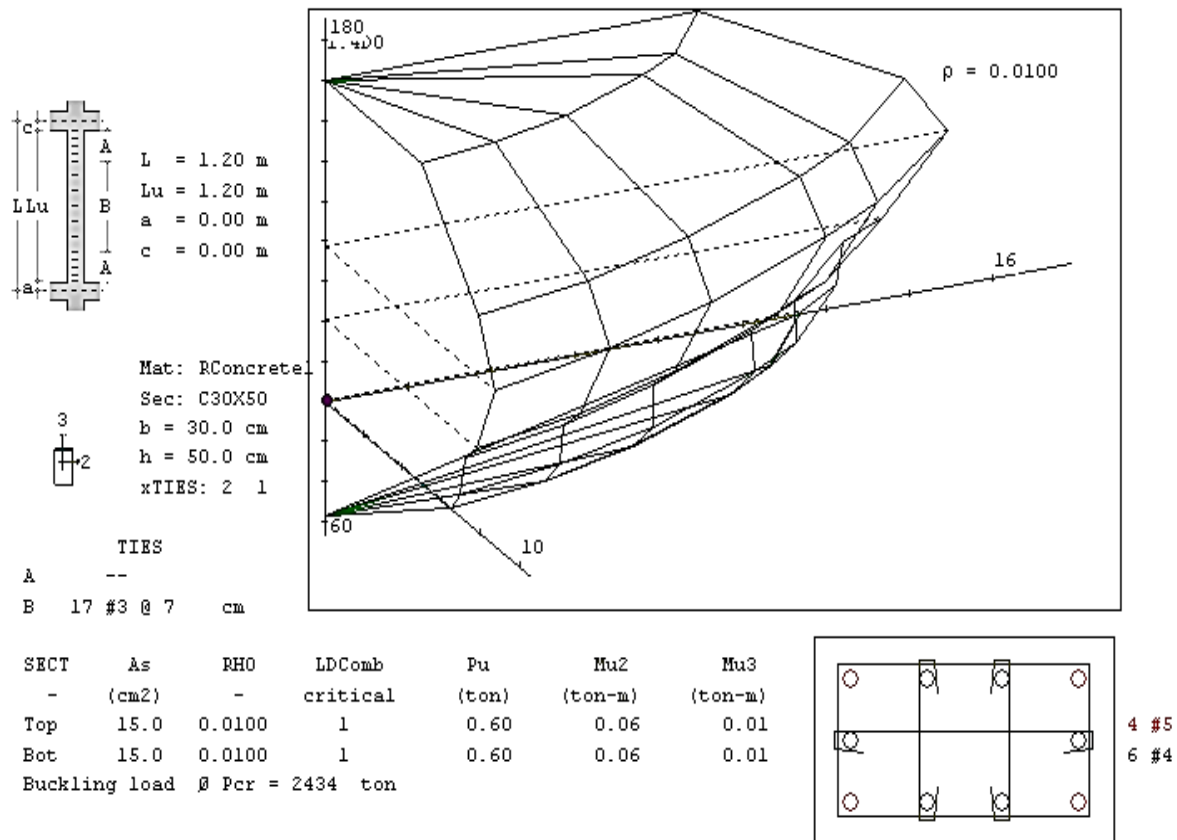


Figura 10. A-1

Fuente: [25]

Design Results - Columns (DES)

Column	Story	L (m)	Lu (m)	Sec	bxh (cm)	TRANSVERSE REINFORCEMENT		LONGITUDINAL REINFORCEMENT						
						TIES	XTIES	Sec	LdCmb	Pu	Mu2	Mu3	RHO	As
B-1	1	1.20	1.20	1	30x50	17 #3 @ 7 cm	2 (b)	Top	1	0.60	0.06	0.01	0.0100	15.00
						---	1 (h)	Bot	1	0.60	0.06	0.01	0.0100	15.00
A-1	1	1.20	1.20	1	30x50	17 #3 @ 7 cm	2 (b)	Top	1	0.60	0.06	0.01	0.0100	15.00
						---	1 (h)	Bot	1	0.60	0.06	0.01	0.0100	15.00

Tabla 9. Resultados de diseño

Fuente: [25]

7.3.5.4. Diseño de placa de contrapiso

Con los datos obtenidos del análisis estructural, se considera dimensionar la placa de fondo o contrapiso por medio de una losa maciza en dos direcciones.

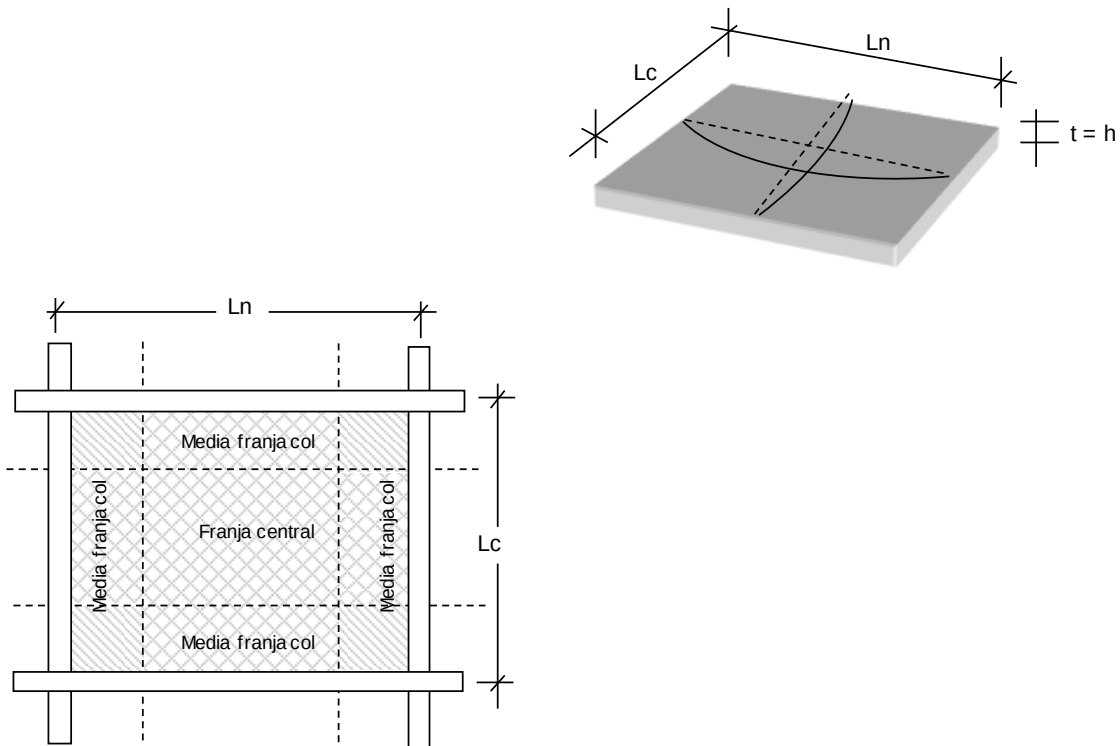


Figura 11. Modelo considerado para el diseño
Fuente: [23]

CALCULO DE REFUERZOS PLACA

Generalidades

Elementos rectangulares

Todos los ejes

Carga máxima de corte V13 o V23 (KN/m)

Momento (KN.m7m) 1-1

Momento (KN.m/m) 2-2

Momento (KN.m/m) 1-2

f'_c (Mpa)

21

Resistencia del concreto mínima

Se realiza un análisis conservador para comparar resultados:

DIMENSIONAMIENTO DE LA PLACA MACIZA C.9.5.3 NSR-97

Espesor de placas macizas en dos direcciones sin vigas interiores NSR-10C.9 ◀

Luz mayor entre vigas de carga (m):

Vigas entre apoyos	no	
Vigas de borde	no	
Lb (m)	3.00	Lb=Ln: Longitud larga
La (m)	3.00	Con $a > 0.8$, se aplica la tabla C.9

Espesor mínimo (m) C.13-C.9.5: (sin ábacos)

L/30 (m) - panel exterior	0.10
L/33 (m) - panel exterior	0.09
L/33 (m) - panel interior	0.09

Espesor mínimo (m) C.13-C.9.5: (con ábacos)

L/33 (m) - panel exterior	0.09
L/36 (m) - panel exterior	0.08
L/36 (m) - panel interior	0.08



Tipo y método de diseño

Método de los coeficientes

Espesor final asumido (m)

0.15

Carga de peso propio de Placas y estructuras encima (KN/m²)

Peso propio losa	3.60	
Piso y alistado	0.11	No se considera alistado
Muros eventuales	1.40	
D (Sin carga por muros divisorios)	5.11	
Carga viva	1.80	
Impacto 10%	0.18	
L	1.98	
wu (KN/m ²)	10.52	Cargas mayoradas

ANALISIS LOSAS EN DOS DIRECCIONES C.13.3 NSR 10

Esfuerzos de flexión:

m (la/lb)	1.00
Caso	2
C a,j -	0.045
C b,j -	0.045

Franjas centrales

Momentos Negativos ABAJO

Ma- (KN.m/m)	4.26
Mb- (KN.m/m)	4.26

Diseño estructural de un polideportivo Polifuncional para los habitantes de Villas del Ocoa en la ciudad de Villavicencio

Momentos Positivos ARRIBA

C a,j + (L)	0.027
C b,j + (L)	0.027
Ma+ (KN.m/m) - L	0.48
Mb+ (KN.m/m) - L	0.48
C a,j + (D)	0.018
C b,j + (D)	0.018
Ma+ (KN.m/m) - D	0.83
Mb+ (KN.m/m) - D	0.83
Ma+ (KN.m/m)	1.98
Mb+ (KN.m/m)	1.98

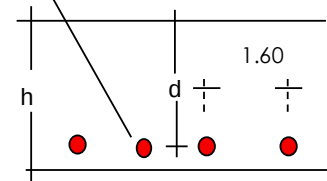
Momentos Positivos ABAJO

Fy	420000000
fc	28000000
b	1.00
h	0.15
d'	0.05
d	0.10
Mu	4260.60
f	
a=	37170000
b=	4200000
c=	4734.00
r-	0.001138616
r+	0.111855734
As (mm/m)	178.00
fMn max	51916.03
As	1600
a (mm)	28.24
c (mm)	33.22
e's	-0.001515625
F's	-303125000
fMn1	51916.03
fMn2	-47655.43
Cs	-1059009.60
As'	3493.64
As2	-2521.45
As _t	-921.45

Analisis por metro cuadrado.

Nota: Cuando el momento máximo 0,9 negativo no implique el cálculo de acero a compresión, deberá tenerse en cuenta que son dos recubrimientos los que es necesario

Utilizar malla 6mmc/15



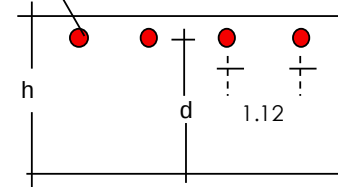
Momentos Negativos ARRIBA

Fy	420000000
fc	28000000
b	1.00
h	0.15
d'	0.05
d	0.10

Analisis por metro cuadrado.

Diseño estructural de un polideportivo Polifuncional para los habitantes de Villas del Ocoa en la ciudad de Villavicencio

Mu	1976.89	<u>Nota:</u> Cuando el momento máximo
f	0.9	negativo o no implique el cálculo de acero a
a=	37170000	compresión, deberá tenerse en cuenta que
b=	4200000	son dos recubrimientos los que es necesario
c=	2196.54	
r	0.000525429	
r	0.112468921	Utilizar malla 6mmc/15
As (mm/m)	178.00	
fMn max	51916.03	
As	1600	
a	28.24	
c	33.22	
e's	-0.001515625	
F's	-303125000	
fMn1	51916.03	
fMn2	-49939.15	
Cs	-1109758.80	
As'	3661.06	
As2	-2642.28	
As _t	-1042.28	



Franjas de columnas

Momentos Negativos ABAJO

Ma- (KN.m/m)	2.84
Mb- (KN.m/m)	2.84

Momentos Positivos ARRIBA

Ma+ (KN.m/m) - L	0.32
Mb+ (KN.m/m) - L	0.32

Ma+ (KN.m/m) - D	0.55
Mb+ (KN.m/m) - D	0.55
Ma+ (KN.m/m)	1.32
Mb+ (KN.m/m)	1.32

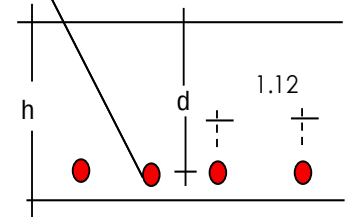
Momentos Positivos ABAJO

Fy	420000000	
fc	28000000	
b	1.00	Analisis por metro cuadrado.
h	0.15	
d'	0.05	
d	0.10	
Mu	2840.40	<u>Nota:</u> Cuando el momento máximo
f	0.9	negativo o no implique el cálculo de acero a
a=	37170000	compresión, deberá tenerse en cuenta que
b=	4200000	son dos recubrimientos los que es necesario
c=	3156.00	

Diseño estructural de un polideportivo Polifuncional para los habitantes de Villas del Ocoa en la ciudad de Villavicencio

r-	0.000756493
r+	0.112237857
As (mm/m)	178.00
fMn max	51916.03
As	1600
a	28.24
c	33.22
e's	-0.001515625
F's	-303125000
fMn1	51916.03
fMn2	-49075.63
Cs	-1090569.60
As'	3597.76
As2	-2596.59
As _t	-996.59

Utilizar malla 6mmc/15



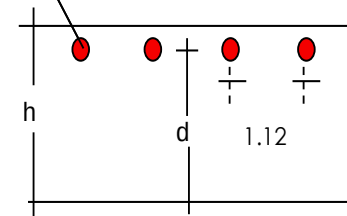
Momentos Negativos ARRIBA

Fy	420000000
fc	28000000
b	1.00
h	0.15
d'	0.05
d	0.10
Mu	1317.92
f	0.9
a=	37170000
b=	4200000
c=	1464.36
r	0.00034974
r	0.112644611
As (mm/m)	178.00
fMn max	51916.03
As	1600
a	28.24
c	33.22
e's	-0.001515625
F's	-303125000
fMn1	51916.03
fMn2	-50598.11
Cs	-1124402.40
As'	3709.37
As2	-2677.15
As _t	-1077.15

Analisis por metro cuadrado.

Nota: Cuando el momento máximo 0.9 negativo o no implique el cálculo de acero a compresión, deberá tenerse en cuenta que son dos recubrimientos los que es necesario

Utilizar malla 6mmc/15



Diseño estructural de un polideportivo Polifuncional para los habitantes de Villas del Ocoa en la ciudad de Villavicencio

Esfuerzo cortantes:

El esfuerzo a cortante tambien sera resistido por el acero que se calcule para la flexión, el cálculo se hace con base en la tabla C.13.8, para el caso correspondiente

m (la/lb)	1.00
Caso	8
wa	0.5
wb	0.5
Va (KN/m)	7.89
Vb (KN/m)	7.89

Diseño cortante luz mayor:

f'c (MPa)	21.0	Carga por metro cuadrado
bw (m)	1.000	
h(m)	0.100	
d'	0.05	
d	0.05	
vu b (KN/m2)	157.80	
fvc (KN/m2)	649.20	
Vu<fVc	OK	Criterio para refuerzo de cortante
vu - fvc (KN)	-491.40	
s (m) d = 3/4"	-0.206	
s (m) d = 1/2"	-0.094	
s (m) d = 3/8"	-0.052	
s (m) d = 1/4"	-0.023	
s (m) d = 5mm	-0.014	

$$V = \phi \frac{\sqrt{f'c}}{6} \times b \times d$$

Diseño cortante luz menor:

f'c (MPa)	21.0	Carga por metro cuadrado
bw (m)	1.000	Ver Diseño estructural SAP
h(m)	0.100	Columnas
d'	0.05	
d	0.05	
vu b (KN/m2)	157.80	
fvc (KN/m2)	649.20	
Vu<fVc	OK	Criterio para refuerzo de cortante
vu - fvc (KN)	-491.40	
s (m) d = 6mm	0.150	

$$V = \phi \frac{\sqrt{f'c}}{6} \times b \times d$$

7.3.5.5. Chequeo de deflexiones

TABLA C.9.5(b) — Deflexión máxima admisible calculada

Tipo de elemento	Deflexión considerada	Límite de deflexión
Cubiertas planas que no soporten ni estén ligadas a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	$\ell/180^*$
Entrepisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	$\ell/360$
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional) [†]	$\ell/480^{\ddagger}$
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		$\ell/240^{\S}$

* Este límite no tiene por objeto constituirse en un resguardo contra el empozamiento de aguas. Este último se debe verificar mediante cálculos de deflexiones adecuados, incluyendo las deflexiones debidas al agua estancada, y considerando los efectos a largo plazo de todas las cargas permanentes, la contraflecha, las tolerancias de construcción y la confiabilidad en las medidas tomadas para el drenaje.

† Las deflexiones a largo plazo deben determinarse de acuerdo con C.9.5.2.5 ó C.9.5.4.3, pero se pueden reducir en la cantidad de deflexión calculada que ocurra antes de unir los elementos no estructurales. Esta cantidad se determina basándose en datos de Ingeniería aceptables correspondiente a las características tiempo-deflexión de elementos similares a los que se están considerando.

‡ Este límite se puede exceder si se toman medidas adecuadas para prevenir daños en elementos apoyados o unidos.

§ Pero no mayor que la tolerancia establecida para los elementos no estructurales. Este límite se puede exceder si se proporciona una contraflecha de modo que la deflexión total menos la contraflecha no exceda dicho límite.

Tabla 10. C.9.5(b)

Fuente: [24]

7.3.5.6. Verificación C.21.5.4.1

El chequeo de las fuerzas cortantes se realizó con ayuda del programa DC CAD 2010 el cual de acuerdo a la NSR – 10 realizó este chequeo.

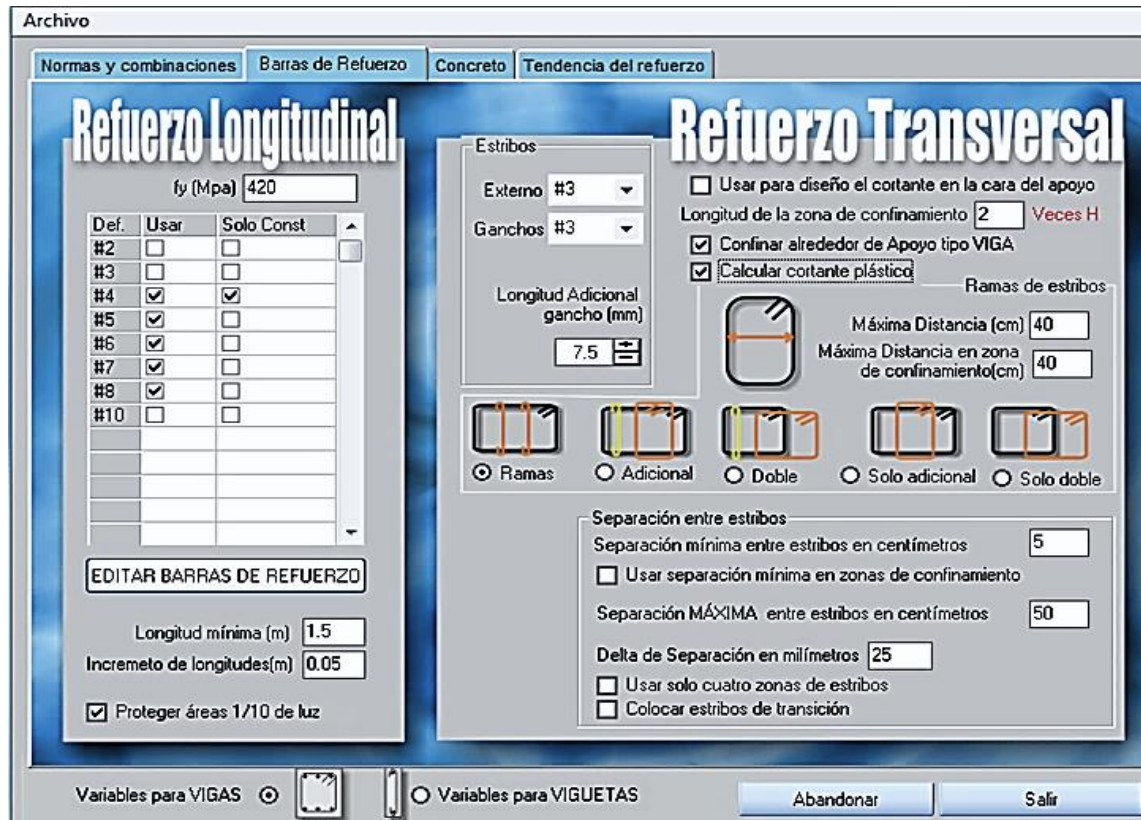


Figura 12. Chequeo

Fuente: [25]

7.3.5.7. Verificación según NSR – 10 según C.21.7.4.1

- Para esta revisión el software RCB simplemente mayorará el momento último de diseño 1.2 veces con el fin de que esta condición se cumpla satisfactoriamente para todos los elementos portantes del sistema.
- De esta forma se puede evidenciar en la revisión de diseño de elementos estructurales los cuales se encuentran en los datos de salida del modelo matemático, si el elemento cumple con las solicitaciones respectivas.
- De esta forma la anterior verificación se puede realizar satisfactoriamente ya que al revisar el despiece realizado en el software DC-CAD comúnmente usado para esta tarea; no es posible evidenciar el procedimiento que este programa realiza internamente para este proceso.
- En el Anexo 1 se presenta el memorial del ingeniero Ricardo Barbosa diseñador del software donde aclara el uso y las condiciones para las cuales se realiza la anterior operación.

7.3.5.7. Verificación según C.21.6.5.1 NSR – 10

La fuerza cortante de diseño (V_e) se puede obtener mediante la siguiente expresión:
 $V_e = V_p$ por lo cual se debe elegir el cortante de diseño como el máximo entre el análisis estructural y el cortante plástico.

El cortante plástico se utiliza el diagrama de interacción con plastificación $f_s=1.25f_y$ y sin factores de reducción $f_s=1.25f_y$.

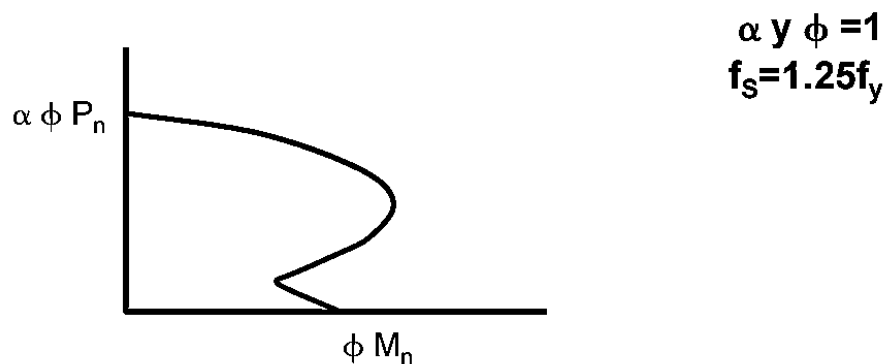


Figura 13. Combinaciones

Fuente: [23]

De las combinaciones de carga con sismo se escoge el **Pu** que genera la mayor resistencia a flexión.

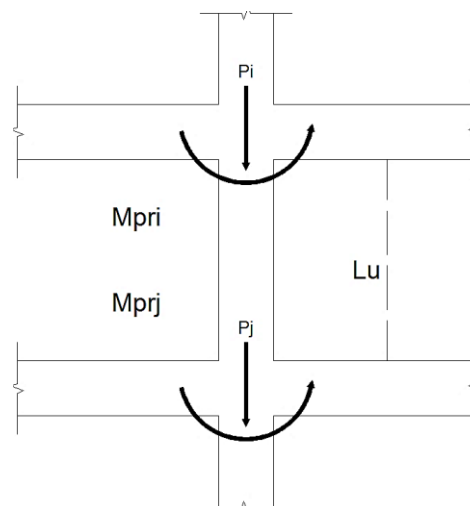


Figura 14. Máximo momento probable

Fuente: [23]

$$V_p = \frac{M_{Pri} + M_{Prj}}{l_u}$$

- V_p : cortante plástico.
- M_{Pr} : máximo momento probable resistido a flexión.
- L_u : Luz libre de la columna.

Luego $V_e = V_p$ entonces se compara V_e con el V_u obtenido del análisis estructural y se trabaja con el mayor.

Se tiene que ϕV_n Donde $V_n = V_c + V_s$

V_c : Esfuerzo resistido por el concreto.

V_s : Esfuerzo resistido por el acero transversal.

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Se debe tener en cuenta que si:

- $V_u > 1/2 V_p$
- $P_u < 0.05 f'_c * A_g$

El aporte del concreto al cortante es cero (0)

- $V_c = 0$

Ahora:

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{S}$$

Comparamos el resultado anterior con el obtenido de las siguientes ecuaciones:

$$A_{Sh} = 0.30 \frac{S * b_c * f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{Sh} = 0.09 \frac{S * b_c * f'_c}{f_{yt}}$$

Se trabaja con el área de acero mayor obtenido de las ecuaciones anteriores, esto para estribos rectangulares. Para el refuerzo en espiral se tiene:

$$P_s = 0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

Se trabaja con la mayor área de acero obtenido.

REQUERIMIENTOS C.21.6.4.1

- Suministrar estribos en la zona confinada medida a partir de la cara del nudo en ambos extremos de la columna.
- La zona confinada será la mayor de las siguientes: La máxima dimensión del elemento en la cara del nudo. 1/6 de la longitud libre del elemento.
- 450 mm El primer estribo de confinamiento debe colocarse al menos a 50 mm de la cara del apoyo.
- El refuerzo transversal de confinamiento debe espaciarse a lo largo del eje del elemento a una separación S que no exceda: $\frac{1}{4}$ de la dimensión mínima de la sección del elemento, o 6db de las barras longitudinales.
- $S_o = 100 + (350 - h_x)/3$; $100\text{mm} \leq S_o \leq 150\text{mm}$.
- En otras zonas la separación máxima del refuerzo transversal debe ser: 6db de las barras longitudinales $S \leq 15\text{ cms}$.

Ver Anexo 2.

7.3.6. Avalúo de cargas

Para el desarrollo del avalúo de cargas, se hizo un análisis respectivo para cada uno de los componentes propuestos para el proyecto. Para cada uno de estas cargas se tuvo en cuenta la siguiente información:

CARGAS VIVAS

- Entrepiso: 0.18 Ton/m^2
- Cubierta: 0.02 Ton/m^2
- Escaleras: 0.30 Ton/m^2

CARGAS MUERTAS

- Entrepiso: 0.32 Ton/m^2
- Cubierta: 0.02 Ton/m^2
- Escaleras: 0.30 Ton/m^2

ACABADOS

- Entrepiso: 0.11 Ton/m²
- Escaleras: 0.11 Ton/m²

7.3.7. Parámetros sísmicos

POLIDEPORTIVO POLIFUNCIONAL - BARRIO VILLAS DEL OCOA

Tipo de suelo	D	
Zona de amenaza sísmica	Alta	Figura A.2.3.1
Grupo de uso	3	A.2.5.1.2
Coeficiente de importancia (I)	1.25	Tabla A.2.5-1
Aa	0.35	Tabla A.2.3-2
Av	0.30	Tabla A.2.3-2
Fa	1.15	Tabla A.2.4-3
Fv	1.6	Tabla A.2.4-4

Tabla 11. Parámetros de diseño

Fuente: [22]

7.4.ETAPA IV: PROPUESTA

Para el desarrollo de la cuarta etapa, se procedió a realizar el cronograma de actividades y el presupuesto de obra teniendo en cuenta los criterios urbanísticos y arquitectónicos pertinentes. Para ello fue importante calcular las cantidades de material a utilizar y mano de obra a necesitar. Esta información se plasmó en hojas de cálculo Excel por medio de un modelo matemático expresado en moneda del análisis de precio unitario (APU) respectivamente. Así mismo, por medio de planos se plasmó la localización de columnas, planta de cimentación, localización de cerchas tipo, elementos de cubierta, cercha tipo 1 con ejes cercha tipo 1, ejes cercha tipo 2 con cercha tipo 2, ejes cercha tipo 3 con cercha tipo 3, secciones tubulares, detalles de conexión y detalles de cimentación.

7.4.1. Plano: arquitectónico

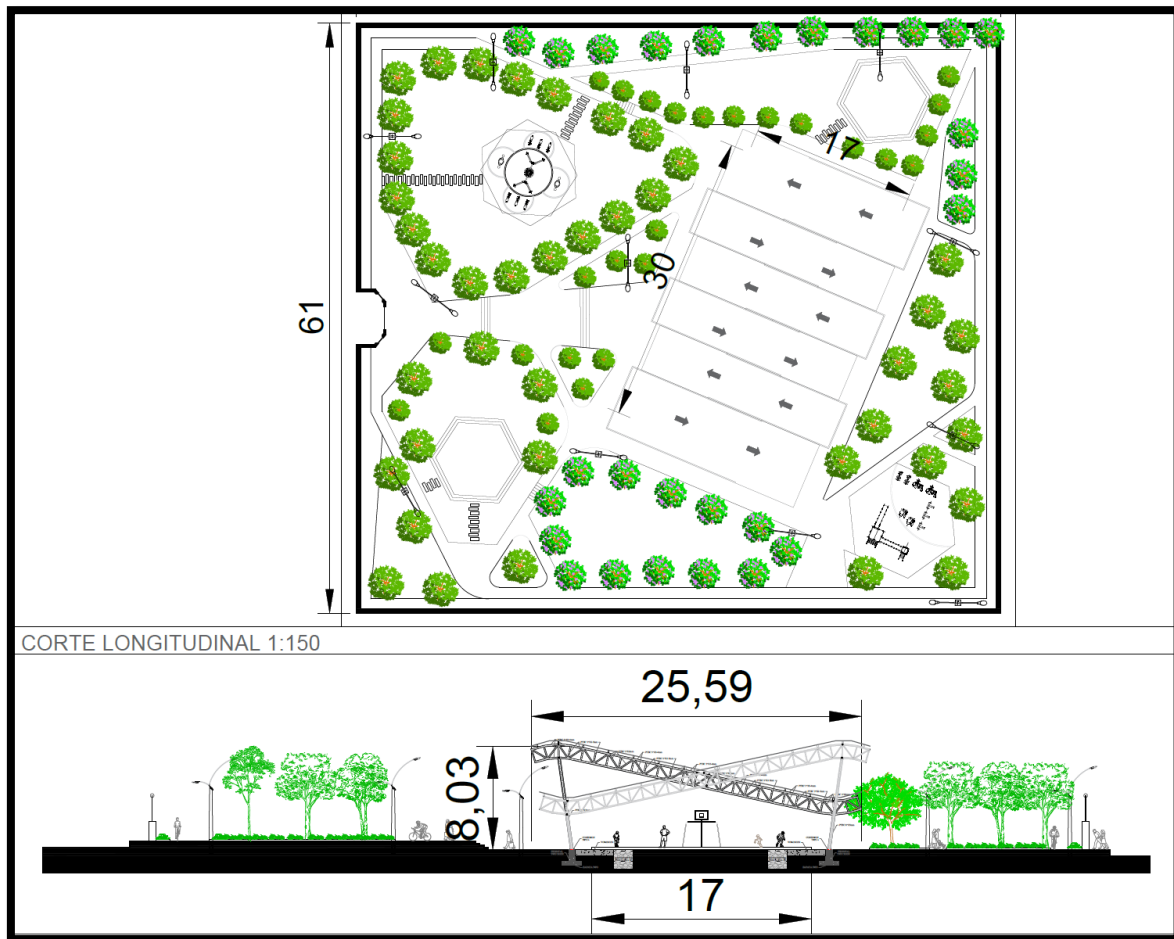


Figura 15. Arquitectónico

Fuente: [23]

7.4.2. Plano: planta de localización de columnas

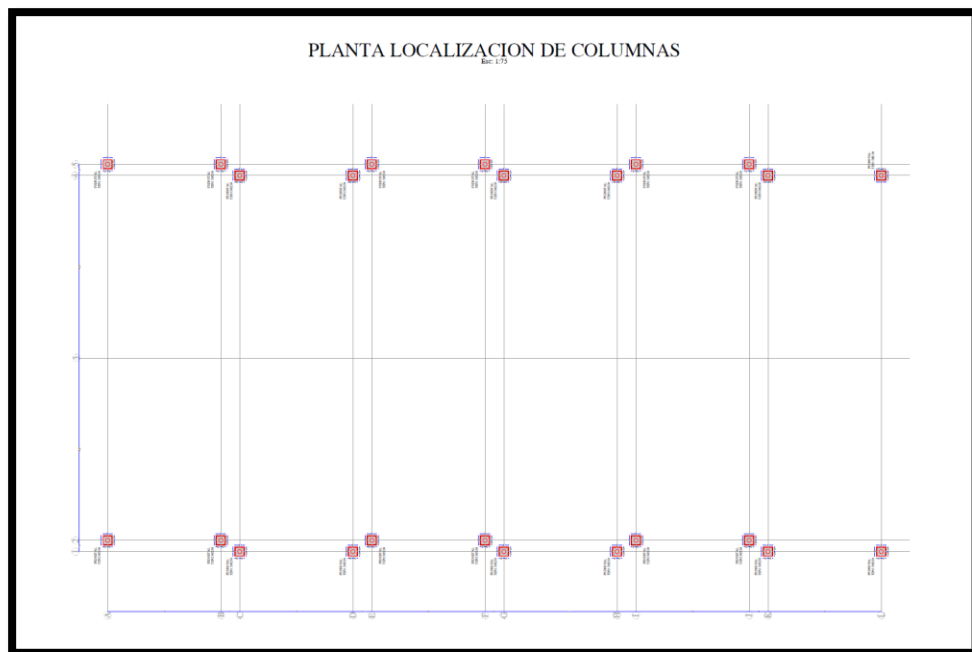


Figura 16. Localización de columnas
Fuente: [23]

7.4.3. Plano: planta cimentación

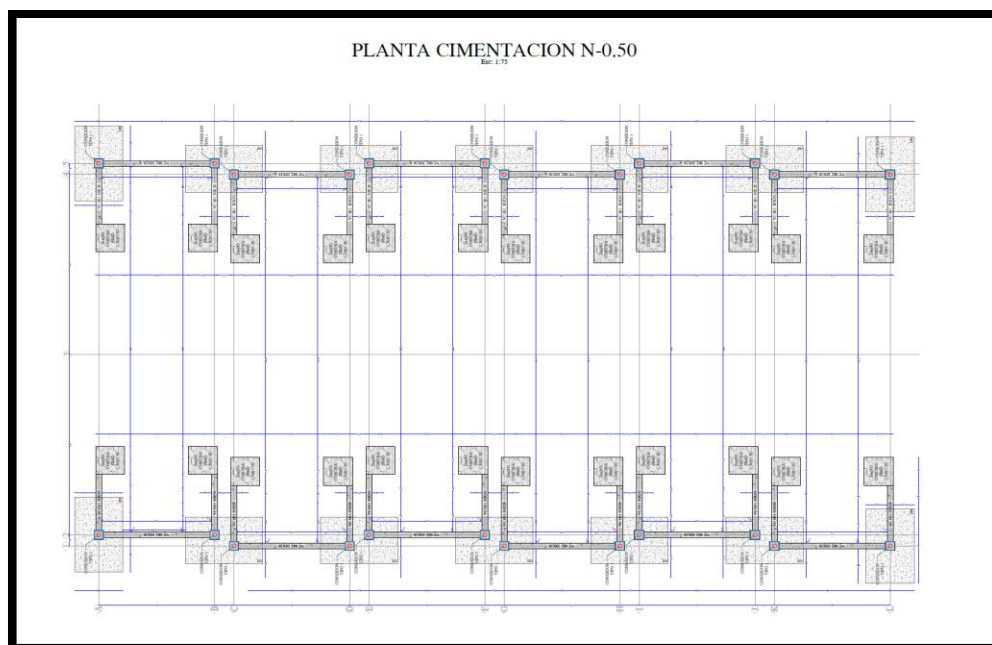


Figura 17. Planta cimentación
Fuente: [23]

7.4.4. Plano: planta localización de cerchas tipo

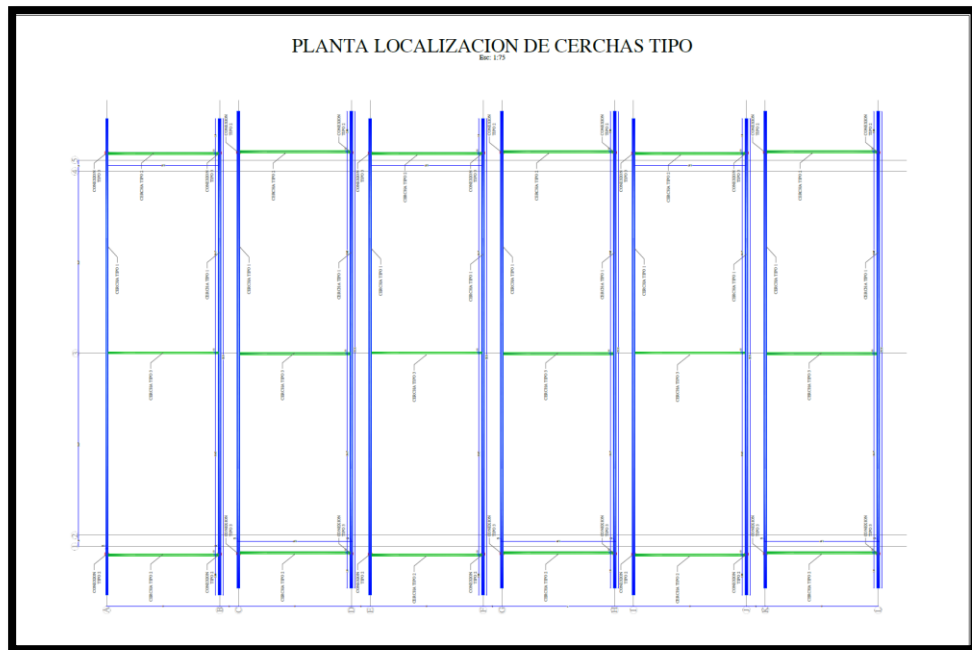


Figura 18. Localización de cerchas

Fuente: [23]

7.4.5. Plano: planta elementos de cubierta

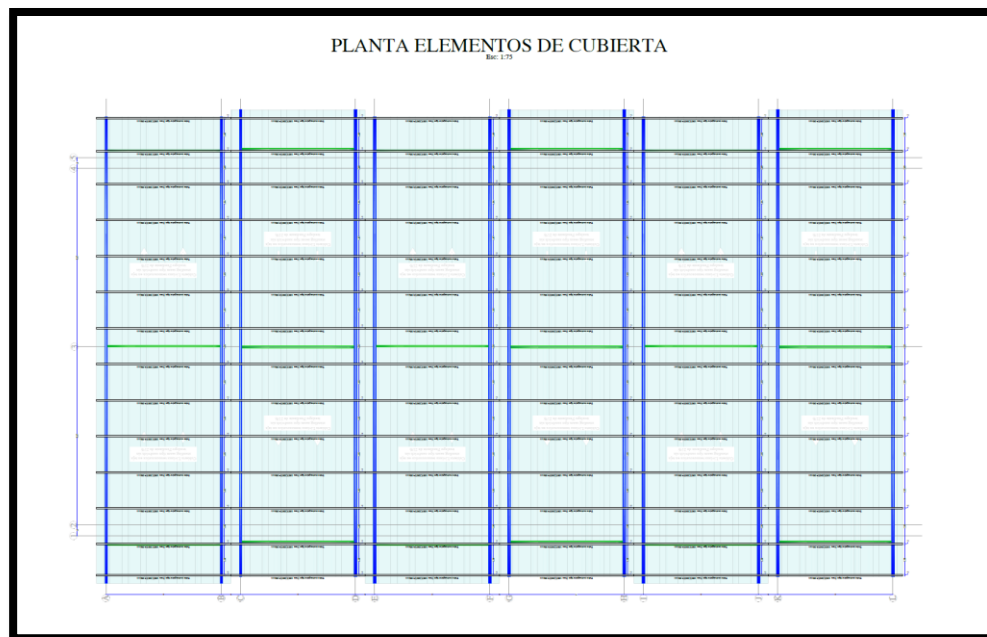


Figura 19. Elementos de cubierta

Fuente: [23]

7.4.6. Plano: cercha tipo 1; ejes cercha tipo 1

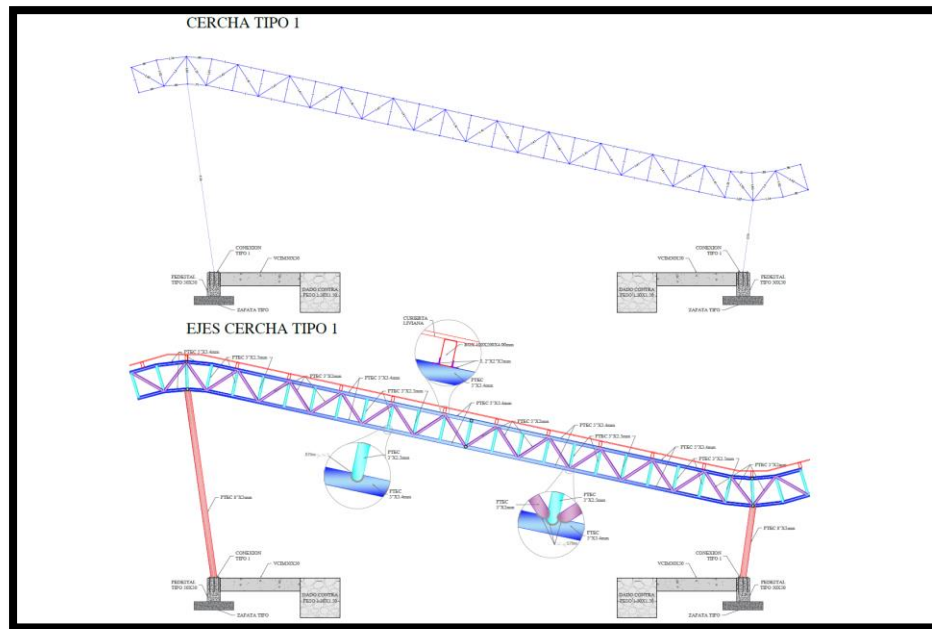


Figura 20. Cercha tipo 1

Fuente: [23]

7.4.7. Plano: ejes cercha tipo 2; cercha tipo 2; ejes cercha tipo 3; cercha tipo 3; secciones tubulares; detalles de conexión; detalles de cimentación

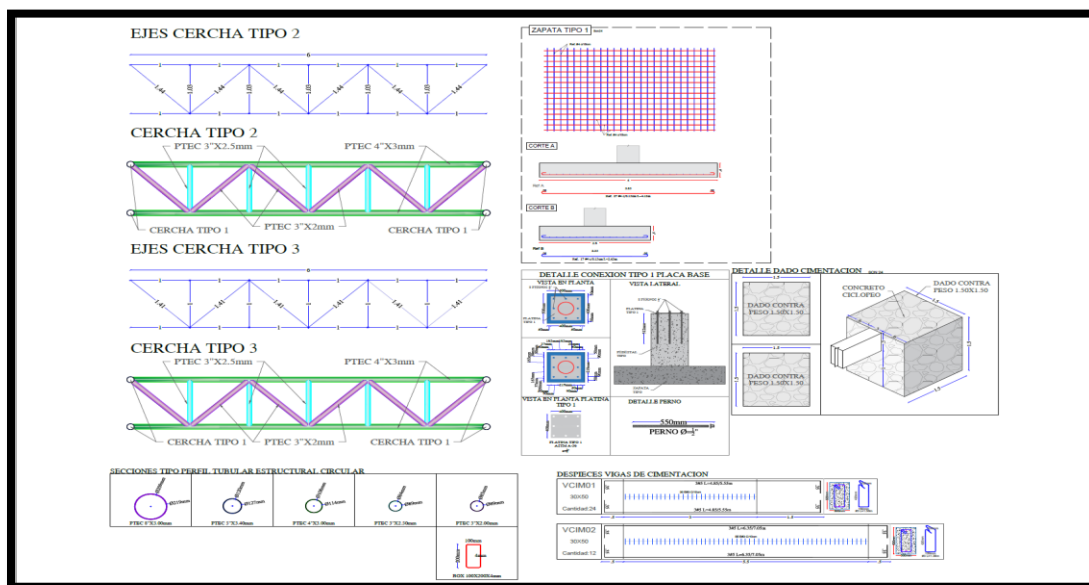


Figura 21. Cercha tipo 2 detalle

Fuente: [23]

7.4.8. Presupuesto de obra

COSTOS DIRECTOS		\$ 217,576,770.00
ADMINISTRACION	28%	\$ 60,921,496.00
IMPREVISTOS	2%	\$ 4,351,535.00
UTILIDAD	5%	\$ 10,878,839.00
TOTAL OBRA		\$ 293,728,640.00
INTERVENTORIA	5%	\$ 14,686,432.00
TOTAL PROYECTO		\$ 308,415,072.00

Tabla 12. Presupuesto de obra

Fuente: [22]

7.4.9. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA																									
PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN POLIDEPORTIVO POLIFUNCIONAL PARA LOS HABITANTES DE VILLAS DEL OCOA EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO																									
DESCRIPCIÓN					MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				
ITEM	ACTIVIDAD	U.M	CANTIDAD	TIEMPO (SEM)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
A	NIVELACION DEL TERRENO																								
1,00	PRELIMINARES																								
1.01	Localización y replanteo m2 (incluye cartería y planos)	M2	1079.15	1																					
1.02	Descapote manual (incluye cargue manual y transporte de sobrantes)	M2	1079.15	1.86																					
B	CONSTRUCCION DE CUBIERTA																								
2,00	EXCAVACIONES																								
2.01	Excavación manual en material comun (incluye cargue manual y retiro de escombros)	M3	81.6	1.9																					
3,00	CIMENTACION																								
3.01	Concreto 11 MPA (1500 PSI), concreto de limpieza	M3	3.38	0.06																					
3.02	Concreto zapata T1 de 21 MPA (3000 PSI) no incluye hierro	M3	16	0.7																					
3.03	Concreto viga VC001-VC002 de 21 MPA (3000 PSI) no incluye hierro	M3	3.45	0.3																					
3.04	Dados Contrapesos en concreto ciclopedo 1.5x1.5m	M3	13.48	1.2																					
3.05	Acero refuerzo figurado 420 MPA	KG	2900	1.5																					
3.06	Malla electrosoldada FY= 420 MPA	KG	2100	0.7																					
3.07	Zapata 2.5x0.4 m, incluye refuerzo	KG	628.4	0.7																					
3.08	Viga VC001 0.3x0.5 m, incluye refuerzo	KG	297.83	0.3																					
3.09	Viga VC002 0.3x0.5 m, incluye refuerzo	KG	214.5	0.3																					
4,00	ESTRUCTURA DE CONCRETO																								
4.01	Concreto de pedestal 21 MPA (3000 PSI) 0.5x0.5m, incluye refuerzo	M3	0.9	0.2																					
4.02	Placa de contrapiso e= 0.10 m, 21 MPA (3000 PSI)	M2	510	2.18																					
4.03	Acero refuerzo figurado 420 MPA	KG	95	0.03																					
4.04	Endurecedor para placa de contrapiso	M2	510	0.3																					
5,00	ESTRUCTURA METALICA																								
5.01	Perfil tubular estructural PTEC	KG/M	273.4																						
5.02	Perfil tubular estructural BOX	KG/M	20																						
6,00	CUBIERTA																								
6.01	Cubierta ref standing seam steel, en galvalum cali 26, prepintada por ambas caras.	M2	1079.15	1.9																					
C	CONSTRUCCION DE CANCHA																								
7,00	PLACA DEPORTIVA																								
7.01	Demarcacion cancha polideportivo polifuncional	GLB	2	0.29																					
7.02	Suministro e instalacion de estructura metalica deportiva multifuncional tablero fibra vidrio	UND	2	0.15																					

Tabla 13. Cronograma

Fuente: [22]

8. RESULTADOS E IMPACTOS

8.1.RESULTADOS ESPERADOS

Tabla 14. Tabla de resultados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Planos estructurales	Software AutoCAD	Objetivo específico 1
Cronograma de actividades	Project Charter	Objetivo específico 3
Presupuesto de obra	Hojas de cálculo Microsoft Excel	Objetivo específico 3

Fuente: Propia

8.2.IMPACTOS

Tabla 15. Impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Ambiental	Escombros y material de excavación.		Corto
Ambiental	Mejoramiento visual		Largo
Ambiental	Alteraciones en el aire debido al polvo y el ruido por resultado de las actividades en obra a realizar como: descapote, excavaciones, maquinaria y herramienta de construcción.		Mediano
Tecnológico	Iluminación para la zona.		Mediano
Social	Espacio para recreación y deporte.		Largo

Fuente: Propia

9. CONCLUSIONES

- Se obtuvo el diseño estructural del Polideportivo Polifuncional como propuesta social para el barrio Villas del Ocoa en la ciudad de Villavicencio – Meta. A través de rigurosos análisis y cálculos de operaciones numéricas acordes a las normas NSR – 10 y decretos (926, 092 y 340), se logró un diseño confiable, seguro y con un funcionamiento adecuado para los elementos que lo conforman evidenciados en los planos estructurales.
- Mediante el software RCB se evaluaron los elementos estructurales como columnas y cerchas resistentes a sismos. Cumpliendo con las solicitaciones respectivas y la resistencia suficiente para tomar los mayores esfuerzos.
- Por medio del software ETABS se proporcionó información sobre la geometría del modelo incluyendo coordenadas de puntos y la conectividad de los elementos. Obteniendo así, un comportamiento adecuado antes los diversos estados de cargas que se presenten durante su periodo de vida útil.
- Como consecuencia de la retracción plástica se debe evitar que la superficie de concreto fresco se seque hasta que se hayan completado las operaciones de acabados e inicio de curado.
- El costo final que va a tener este proyecto es de \$308.415.072.00 (Trescientos ocho millones cuatrocientos quince mil setenta y dos pesos), incluyendo costos directos e indirectos de la obra y asumiendo un AIU basado en proyectos realizados en la región. Este costo incluye únicamente la construcción estructural del Polideportivo.
- Mediante la realización de este proyecto se colocó en práctica diferentes conocimientos de la línea de estructuras obtenidos a lo largo de la carrera. Teniendo en cuenta esto y los factores de viento se optó por manejar una cubierta inclinada en dos direcciones la cual permitió un diseño arquitectónico diferente y a la vez cumpliendo estructuralmente con lo estipulado en la norma NSR-10.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. d. Villavicencio, «Antigua Villavicencio,» 23 Marzo 2012. [En línea]. Available: http://antigua.villavicencio.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=32&Itemid=87. [Último acceso: 22 Febrero 2019].
- [2] Alcaldía de Villavicencio, «Diagnostico sectorial de Villavicencio,» 26 Mayo 2010. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/valeria/Downloads/Diagnostico-Sectorial-Poblacion.pdf>. [Último acceso: 26 Febrero 2019].
- [3] J. C. McCormac, Diseño de estructuras metálicas, Mexico, D.F.: Alfaomega, 1999.
- [4] «arquitecturaenacero,» [En línea]. Available: <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/conexiones-en-aceroapernadas-o-soldadas>. [Último acceso: 2019].
- [5] Montero, «catarina,» [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/montero_l_v/capitulo4.pdf.
- [6] E. Javier, «Scribd,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/311392792/Espectro-de-Diseno>. [Último acceso: 2019].
- [7] *NSR 10 Titulo A*, 2010.
- [8] «Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas,» [En línea]. Available: <http://cgsservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/746.htm>.
- [9] L. J. O. Corrales, «Scribd,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/339545272/Drenaje-Superficial>.
- [10] UNESCO, «Huergo,» [En línea]. Available: <http://www.huergo.edu.ar/docs/ed.fisica.pdf>. [Último acceso: 9 Marzo 2019].
- [11] A. Parrilla, «Efesalud,» 11 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.efesalud.com/la-actividad-fisica-decisiva-para-el-equilibrio-mental-y-el-bienestar/>. [Último acceso: 9 Marzo 2019].
- [12] I. W. R. Serquén, «Academia,» [En línea]. Available: https://www.academia.edu/35441685/DISE%C3%91O_DE_ZAPATAS_AISLADAS.
- [13] «Construmatica,» [En línea]. Available: https://www.construmatica.com/construpedia/Cubiertas_Met%C3%A1licas.
- [14] «Pabellón Polideportivo y Piscina Cubierta / Alday Jover Arquitectura y Paisaje,» 2010.
- [15] A. y. a. arquitectos., «Pabellón polideportivo alcobendas,» 2012.

- [16] H. F. C. Rueda, «Diseño del Pabellón polideportivo de la comuna 10 de Provenza,» Bucaramanga, 2016.
- [17] Departamento Nacional de Planeación, «viva.org,» 2015. [En línea]. Available:
http://viva.org.co/PDT_para_la_Construccion_de_Paz/Proyectos_tipo_SGR-DNP/POLIDEPORTIVO%2019062015.pdf.
- [18] «idrd.gov,» 2010. [En línea]. Available:
<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/6titulo-f-nsr-100.pdf>.
- [19] «Barriosyveredasdetuc,» Tiendas microempresas de tu ciudad, 2013. [En línea]. Available: <http://barriosyveredasdetuc.wixsite.com/barrioporia/ubicacion>. [Último acceso: 11 Marzo 2019].
- [20] L. Z. Valeria Jaramillo, *Google Earth Pro*, 2019.
- [21] L. Z. Valeria Jaramillo, *Camara*, 2019.
- [22] L. Z. Valeria Jaramillo, *Memorias Excel*.
- [23] L. Z. Valeria Jaramillo, *Auto CAD*.
- [24] *NSR-10 TITULO C*, 2010.
- [25] *eng solutions rcb*.

ANEXOS



LT-11-07-0125

Julio 7, 2011

EngSolutions RCB v8.1.4

El propósito de esta nota es describir algunos aspectos de la implementación de la norma NSR-10 en el programa EngSolutions RCB y presentar algunas características nuevas del programa.

1. Columna fuerte viga débil en pórticos DMO

El requisito de columna fuerte viga débil que ha estado en el programa RCB desde CCCSR-84 (riesgo sísmico alto) y NSR-98 (DES), opera igual en NSR-10 para pórticos DMO y DES. En la implementación original de la NSR-10 este requisito solo se aplicó a columnas de pórticos DES. La aplicación a columnas de pórticos DMO se hizo después de la implementación de las modificaciones a la NSR-10, decreto 92 de enero 2011, en la versión 8.1.3.

La implementación en el programa de este requisito es muy simple. Por equilibrio, en cada nudo de un pórtico la suma de momentos de las columnas es igual a la suma de momentos en las vigas. Para garantizar que la suma de las resistencias a flexión de las columnas sea 1.2 veces mayor que la suma de las resistencias a flexión de las vigas, el programa amplifica los momentos últimos de las columnas por un factor de 1.2 y diseña las columnas para esos momentos amplificados.

2. Revisión de Irregularidades verticales y horizontales

El programa incluye comandos que permiten determinar en un solo paso si existen irregularidades en planta tipo 1aP y 1bP, irregularidades en altura tipo 1bA y 1bA y tipo 2A, y calcular los factores de amplificación de torsión accidental A_x . Sin embargo esos comandos no se invocan solos por tanto el programa no conoce *a priori* los valores de los factores de reducción de R por irregularidad. Es responsabilidad del ingeniero generar un juego inicial de fuerzas sísmicas y luego activar estos comandos y obtener los reportes respectivos, para así determinar los factores apropiados de reducción de R por irregularidad y los factores de amplificación de torsión accidental A_x . Para la generación de esas fuerzas sísmicas iniciales, en caso de no ser evidente, se puede considerar que no existen irregularidades y se debe usar factores de amplificación $A_x = 1$. La estructura sometida a ese juego de fuerzas inerciales se analiza y luego se activa el comando de revisión de derivas. En este comando se activan las opciones de revisión de irregularidades para determinar los factores apropiados de reducción de R y los factores A_x . Los resultados de ese análisis sísmico inicial también se usan para establecer la presencia o ausencia de redundancia en el sistema de resistencia sísmica, como se indica abajo. Después de ese análisis preliminar se realiza el análisis sísmico definitivo para obtener las fuerzas sísmicas de diseño.

Nota: La norma NSR-10 permite ignorar la torsión accidental cuando se realiza análisis dinámico (sin embargo la justificación que se da en A.3.6.7 no tiene sentido). Para ignorar la torsión



accidental simplemente durante la generación de fuerzas sísmicas se debe editar el valor porcentual de la torsión accidental (5%) e ingresar 0%.

3. Análisis de Redundancia

El programa incluye comandos para realizar análisis de redundancia y determinar los factores de reducción de R por ausencia de redundancia. Para realizar este análisis es necesario generar un juego preliminar de fuerzas sísmicas usando cualquiera de los métodos de análisis sísmico (fuerza horizontal equivalente, análisis espectral o análisis cronológico paso-a-paso). Luego de analizar la estructura, se activa el comando “*Redundancy Analysis*” en el cual el programa muestra gráficamente para cada dirección cual sería la pérdida de resistencia ante cargas laterales de cada piso, que se produciría debido a la falla del elemento del sistema de resistencia sísmica en cada vano de cada eje estructural, incluyendo: (a) la falla de cada vano equivalente de muro, (b) la pérdida de resistencia a momento de las conexiones viga-columna en cada vano (c) la falla de cada diagonal. Si la pérdida de resistencia ante carga lateral de algún piso debida a la falla de algún elemento individual del sistema de resistencia sísmica es mayor del 33% el programa propone un factor de reducción por ausencia de redundancia igual a 0.75 ($\phi_r = 0.75$).

En el reporte de este comando, el programa presenta en una tabla el elemento mas critico en cada piso y para cada dirección. El elemento mas critico es el elemento (muro, viga-columna, diagonal) cuya falla ocasionaría la mayor pérdida de resistencia ante carga lateral del piso. Si en ningún piso que soporte mas de un 35 por ciento del cortante basal, la falla de algún elemento produce una pérdida de resistencia ante carga lateral mayor del 33%, el programa propone un factor de reducción por ausencia de redundancia igual a 1 ($\phi_r = 1$). Sin embargo, en casos en que en alguna dirección algún elemento critico produzca una pérdida de resistencia importante (>0.3) se debe investigar en una análisis independiente si al eliminar ese elemento critico del sistema de resistencia sísmica, se produce irregularidad torsional extrema, en cuyo caso se debe usar $\phi_r = 0.75$. Para eliminar un elemento del sistema de resistencia sísmica en el modelo simplemente se le cambia la propiedad *System* (que por defecto es: *Gravity & Lateral*) por *Gravity only*, para así declararlo como un elemento puramente gravitatorio)

4. Opciones de diseño:

Sección crítica para cortante en vigas

Por defecto la sección crítica para el diseño a cortante de vigas es a “d”. En esta versión se ha dado la opción de tomar como sección crítica el borde, como se requiere para vigas que reciben la carga cerca de su cara inferior (como en las “Tee” invertidas y en las juntas sísmicas). Esta opción esta disponible en la etiqueta *Design* de la ventana de Opciones activada en el menú *View*.

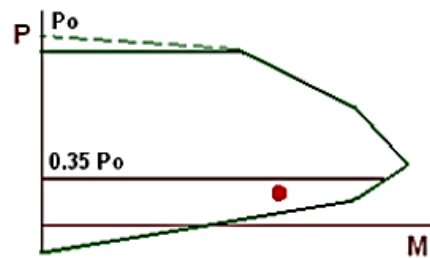
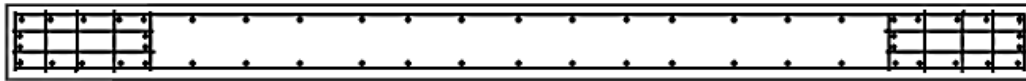
Carga axial máxima en muros cortantes

El limite en la carga axial de muros especiales 0.35Po de la NSR-98 (UBC-97) nunca ha estado en ACI-318 y por tanto no esta en NSR-10. Sin embargo, este es un limite importante que esta en



todos los códigos de las zonas sísmicas de USA que usan ACI-318 (Ejem. 2007 California Building Code, 2009 Los Angeles Building Code, etc.). Este límite tiene en cuenta la diferencia en el comportamiento sísmico de columnas y muros con cargas axiales importantes, que resulta de la diferencia en el armado usual de estos elementos.

Armado como muro debe cumplir $P_u < 0.35 P_o$



Armado como columna no requiere cumplir $P_u < 0.35 P_o$

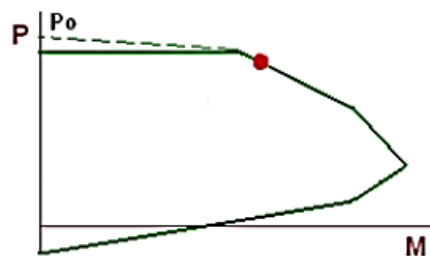
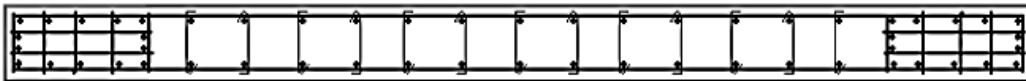


Figura 1 – Límite en carga axial según armado de muros de corte

En el armado usual de muros, solamente los extremos están confinados (cuando se requieren elementos de borde). El alma del muro no está confinada. Una característica de elementos de concreto reforzado no confinados es que fallan en forma súbita en compresión. Por esta razón, elementos verticales no confinados con cargas de compresión importantes ofrecen muy baja



capacidad de rotación (ductilidad) ante cargas laterales. Por lo anterior las normas sísmicas basadas en el UBC requieren que muros cortantes con $P_u > 0.35 P_o$ no se consideren parte del sistema de resistencia sísmica. Por el contrario, en el armado usual de columnas toda la sección esta confinada con estribos y ramas adicionales, resultando en elementos con mayor ductilidad, para los cuales las normas permiten considerar su contribución sísmica aun cuando las cargas axiales sean significantes.

En el diseño de muros con el programa *EngSolutions RCB*, se aplica esta provisión. Por tanto, después de determinar el refuerzo vertical requerido por cortante y por flexocompresión, el programa añade cualquier refuerzo vertical adicional que se requiera para garantizar que la carga axial ultima, para cada combinación de carga, no exceda $0.35 P_o$, y por tanto se pueda considerar que el muro hace parte del sistema de resistencia sísmica.

El programa incluye una opción para no considerar este limite de $0.35 P_o$ en la carga axial. Sin embargo, cuando se omite este limite, se supone que la totalidad del muro se va a confinar, armándolo como una columna, con grapas o ramas transversales amarrando el refuerzo vertical en las dos caras. Esta opción esta disponible en la etiqueta *Design* de la ventana de Opciones activada en el menú *View*.

Cortante máximo muros cortantes

Se incluye una opción para indicar el valor máximo de la resistencia nominal a cortante de segmentos de muros con capacidad especial de disipación de energía, dependiendo de si los segmentos comparten o no una fuerza lateral común (C21.9.4.4). Por defecto el programa diseña como una unidad cada porción plana de muro y consistentemente asume que los segmentos individuales comparten la fuerza lateral. En configuraciones de muros que en planta son simples (no hay muros en forma de “H”, etc) esta opción puede ser innecesariamente conservadora y el ingeniero puede usar el limite correspondiente a segmentos individuales.

5. Nota sobre vigas de acople de muros de corte

En análisis elásticos convencionales el grado de acoplamiento que producen las vigas de acople entre muros es excesivo y normalmente resulta en esfuerzos cortantes en las vigas mayores de los permitidos en el diseño. Una practica frecuente aunque extrema para evitar este inconveniente es despreciar el acoplamiento que estas vigas pueden aportar articulando sus extremos en el modelo. La practica común sin embargo, sobre todo si se requiere mejorar la rigidez transversal de la estructura para cumplir derivas, es considerar algún nivel de acoplamiento lo cual se logra seleccionando rigideces a flexión apropiadas.

Los factores de reducción de rigidez de vigas de acople son significativamente menores de los correspondientes a vigas regulares. Aun si el análisis general se realiza con secciones brutas, para las vigas de acople se deben usar inercias reducidas para obtener esfuerzos cortantes aceptables para el diseño. Aunque el ACI-318 (y por tanto NSR-10) no ofrecen sugerencias respecto a la



cortas pueden ser del orden de $0.1E_cI_g$ o menores. Dado que la versión actual del programa solo diseña refuerzo convencional (no digonal) para vigas de acople cortas con $l/h < 2$ se recomienda ajustar el factor de agrietamiento de tal manera que el cortante máximo no exceda $2\phi V_c$ ($=0.33\lambda\sqrt{f_c}A_{cw}$) y así evitar C21.9.7.2. Alternativamente se puede permitir esfuerzos cortantes mayores y diseñar refuerzo diagonal independientemente del programa.

6. Nuevos módulos de elasticidad

En esta versión del programa, el modulo de elasticidad del concreto propuesto se calcula con la nueva formula de la NSR-10. En versiones previas se calculaba según NSR-98.

7. Grids independientes por piso

En esta versión del programa se pueden usar ‘mallas’ de ejes estructurales diferentes para cada piso de la estructura. En el comando de edición de Grids se adicionó la opción: *Set as new grid*, que permite hacer la malla de ejes estructurales del piso selecto independiente de la correspondiente a los niveles bajo este, y si se desea, también independiente de la malla correspondiente a los niveles por encima de este. Si posteriormente se edita esa malla (adicionando ejes, regiones o puntos) los cambios aplican solo a la malla correspondiente al piso selecto.

8. Comando para rotar la estructura

Se adicionó un comando en el “toolbar” del programa para rotar y desplazar en planta el modelo, por ejemplo cuando se quiera hacer coincidir los ejes globales X, Y con los ejes principales de la estructura.

9. Comando para re-iniciar la presentación grafica del modelo

Se adicionó un comando para reiniciar el dibujo del modelo. Este comando es útil en casos en que se ha hecho un “zoom” sin control y el modelo no aparece en pantalla.

Atentamente

Ricardo E. Barbosa C.
IC, MS, *Ph.D.* (Univ. Illinois)
Presidente, EngSolutions, Inc.
5220 S University Dr, Suite C-106
Fort Lauderdale, FL 33328
(954)-370-6603
www.EngSolutionsRCB.com

Anexo 1. A Memorial Ingeniero Ricardo Barbosa
Fuente: [25]

Mayo 11, 2011

Provisiones de Cortante y Rigidez de Elementos, NSR-10

El propósito de esta nota es aclarar tres aspectos de la implementación de la norma NSR-10 en el programa EngSolutions RCB: (1) las provisiones de cortante para el diseño de vigas y columnas, (2) la rigidez de elementos para la revisión de derivas (desplazamientos laterales), y (3) el procedimiento para el cálculo del periodo fundamental.

Resistencia al Corte

En el diseño de columnas y de vigas en el programa EngSolutions RCB se verifica la resistencia al corte de acuerdo a C.21.3.3 (DMO) y C.21.5.4.1 (DES).

En el caso de vigas (DMO) se calcula:

- (a) Un cortante sísmico a lo largo del elemento asumiendo que en los extremos de la luz libre de la viga, sobre la cual actúan las cargas gravitacionales mayoradas, se forman articulaciones plásticas. Se consideran las dos posibles combinaciones de signo de momento ($M_i^+ - M_j^-$ y $M_i^- - M_j^+$), es decir, se considera el elemento derivando hacia la izquierda y derivando hacia la derecha.
- (b) Un cortante sísmico correspondiente a la envolvente de cortante de las combinaciones de carga de diseño que incluyen sismo, en las que el coeficiente de carga de sismo se duplica (2EQ).

Estos dos valores se calculan en 21 secciones a lo largo del elemento y en cada sección el programa toma el menor y ese es el cortante sísmico $V1(x)$. Luego el programa verifica que en cada sección de la viga, el cortante calculado correspondiente a la envolvente de todas las combinaciones de carga de diseño (incluyendo las que no incluyen sismo) no sea menor del cortante sísmico $V1(x)$. Si es menor, simplemente actualiza la envolvente. El refuerzo transversal se determina para esa envolvente ajustada.

En vigas normales, la provisión C.21.3.3 generalmente solo tiene efecto en la parte central del elemento, en donde el cortante resulta controlado por (a). Por el contrario, en vigas cortas, el cortante correspondiente al literal (a) puede resultar enorme y controla el diseño en toda la longitud. En las versiones del programa con NSR-98, se diseñaba para ese cortante sísmico. En la versión 8, se aplica (b) (puesto que la norma dice que el ϕV_n no debe ser menor que el MENOR entre (a) y (b)) lo cual resulta en un menor refuerzo.

De forma análoga, en el caso de columnas, se calcula un cortante sísmico asumiendo articulaciones plásticas en los extremos que corresponde al literal (a). De nuevo, en columnas cortas, este cortante puede resultar enorme. Aunque la norma NSR-10 permite trabajar con un cortante menor correspondiente al literal (b) (cortante igual al máximo cortante de sismo



amplificado por el factor de sobrerresistencia, Ω_o), el programa no permite que se diseñe para un cortante menor del correspondiente al caso (a). Esto todavía cumple con la norma puesto que la norma son requisitos mínimos.

En columnas de longitud normal, el cortante sísmico correspondiente al literal (b) es normalmente mayor que el correspondiente al literal (a). Sin embargo, la norma no requiere que se diseñe para dicho cortante. De nuevo, lo que la norma requiere es que el cortante de diseño no sea menor que el MENOR de (a) y (b).

Para columnas de longitud normal, en el caso de diseño DES, normalmente el numeral C.21.5.4 no tiene efecto puesto que el refuerzo transversal resulta controlado por los requisitos de confinamiento en C.21.6.4.4, que son mas estrictos (ecuaciones C.21-7 y C.21-8). En el caso de diseño DMO, típicamente el numeral C.21.3.3 solo tiene efecto en la parte central del elemento puesto que en los extremos confinados del elemento controlan requisitos de espaciamiento mínimo. En el caso de columnas cortas, el refuerzo transversal resulta controlado por el cortante correspondiente al literal (a).

Rigidez de elementos

Consistentemente con A.3.4.3 de NSR-10, las rigideces que se emplean en el análisis estructural con el programa RCB deben ser definidas por el diseñador de acuerdo a su criterio. En general el ingeniero usuario tiene dos opciones.

Una opción es trabajar con secciones fisuradas como las definidas en C.8.8.2 (a) o C.8.8.2 (b). Para esto, en el programa EngSolutions RCB, en las opciones de análisis se pueden editar los factores de agrietamiento o reducción de rigidez para los diversos tipos de elementos estructurales (Columnas, vigas, diagonales y muros).

Cuando se trabaja con secciones fisuradas, consistentemente con A.6.4.1.1, al realizar la revisión de derivas el programa RCB propone aplicar a las derivas calculadas un factor de reducción igual a 0.7.

La otra opción es trabajar con las rigideces correspondientes a secciones ‘brutas’. En este caso se deben aplicar factores de reducción de rigidez iguales a 1.0 (excepto para torsión que se recomienda siempre usar un factor de agrietamiento de 0.1, lo cual es consistente con la practica usual de diseño sísmico de no confiar en la rigidez torsional de elementos de concreto reforzado).

Cuando se trabaja con secciones ‘brutas’ no se aplica el factor de reducción (A.6.4.1.1) a las derivas calculadas.



STIFFNESS FACTORS FOR RESISTING ELEMENTS	
Column Section Modification Factors	
Axial, A	1
Major bending, I2	0.5
Minor bending, I3	0.5
Torsion, J	0.1
Beam Section Modification Factors	
Axial, A	1
Major bending, I2	0.5
Minor bending, I3	0.5
Torsion, J	0.1
Brace Section Modification Factors	
Axial, A	1
Major bending, I2	0.7

Factores de reducción de rigidez

Se anota que mientras que A.6.4. presupone que el análisis se realiza con secciones ‘brutas’ e incluye la provisión A.6.4.1 para el caso en que se usen secciones fisuradas, la sección C.8.8.2 requiere el uso de secciones fisuradas. Esta última sin embargo es una traducción literal de la sección 8.8.2 de ACI-318-08 que se usa conjuntamente con la norma sísmica ASCE7-10, que tiene una diferencia sutil con respecto al título A de la NSR-10. Mientras que en las normas americanas se aplican unas fuerzas sísmicas inelásticas (divididas por R) a un modelo con una rigidez representativa de la condición inelástica de la estructura y las derivadas calculadas se amplifican por un factor C_d (menor de R). En la NSR-10 se aplican a un modelo elástico las fuerzas sísmicas definidas a nivel elástico y las fuerzas internas obtenidas del análisis elástico son divididas por el factor R, para tener en cuenta así el comportamiento no lineal de los elementos. Lo anterior sugiere que lo consistente con el título A de la NSR-10 es considerar secciones ‘brutas’.



Periodo Fundamental

Por ultimo, en cuanto al calculo del periodo fundamental, se aclara que el proceso iterativo descrito en el numeral A4.2.3 dela NSR-10 no es necesario en el programa EngSolutions RCB debido a que el programa no utiliza el método aproximado de A.4.2.1 (usando la ecuación A.4.2-1) sino que calcula los periodos, frecuencias naturales y modos de vibración exactamente resolviendo directamente el problema de valores propios (*eigenvalue problem*). Se aclara que aun si solo se va a utilizar el método de fuerza horizontal equivalente es necesario realizar previamente el análisis de frecuencias y modos de vibración para determinar los periodos fundamentales.

Atentamente,

Ricardo E. Barbosa C.
IC, MS, *Ph.D.* (Univ. Illinois)
Presidente, EngSolutions, Inc.
8170 SW 29th Ct
Fort Lauderdale, FL 33328
(954)-370-6603
www.EngSolutionsRCB.com

Anexo 2. Memorial Ingeniero Ricardo Barbosa
Fuente: [25]