

**Estudio de Vulnerabilidad Sísmica Hospital Santander
Municipio de Caicedonia (Valle del Cauca) Enero de 2020**



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA
INGENIERO CIVIL
M.S.c Estructuras EAFIT

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	6
2	AMENAZA SÍSMICA DEL VALLE DEL CAUCA Y DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DE LA CIMENTACIÓN	7
2.1	SISMICIDAD REGIONAL	7
2.1.1	DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DE LA CIMENTACIÓN	9
2.1.2	PARÁMETROS SÍSMICOS DEL SUELO	10
2.1.3	CAPACIDAD PORTANTE	10
2.1.4	COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	10
2.2	IRREGULARIDADES EN PLANTA Y EN ALTURA DE LAS ESTRUCTURAS	15
2.3	JUNTAS DE DILATACIÓN	16
2.4	INSPECCIÓN DE REFUERZO EN COLUMNAS	17
2.5	INSPECCIÓN DE LA CIMENTACIÓN	17
2.6	RESISTENCIA DE LOS MATERIALES	17
2.6.1	Concreto	17
2.6.2	Acero	18
3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	19
3.1	SISTEMA PÓRTICOS DE CONCRETO REFORZADO	19
3.1.1	LOSAS DE ENTREPISO	19
3.1.2	CUBIERTAS	19
3.1.3	LOSAS MACIZAS:	19
3.1.4	CIMENTACIÓN	19
3.1.5	SISTEMA LOSA-COLUMNA	19
3.1.6	LOSAS	20
3.1.7	CIMENTACIÓN	21
3.2	ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	22
4	EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA ESTRUCTURA	23
4.1	Φ_c CALIDAD DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL	23
4.2	Φ_e ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	23
5	SOLICITACIONES VERTICALES Y SÍSMICAS	24
5.1	CARGAS QUE GRAVITAN POR PISO	24
5.1.1	Carga Muerta	24
5.1.2	Carga Viva	24
6	MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO	25
6.1	CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA R	26
6.1.1	ϕ_p = coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en planta de la edificación	26
7	ANÁLISIS DE CARGAS	27
7.1	Combinaciones de Carga	27
8	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES	28
8.1	EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD DE LAS EDIFICACIONES	29

8.2	Índices de Flexibilidad de los Edificios al sismo de Diseño.....	29
8.3	EVALUACIÓN DE ÍNDICES DE SOBRESFUERZO DE LAS EDIFICACIONES.....	29
9	RESULTADO DE LAS CONDICIONES ESTRUCTURALES ACTUALES DEL	
	HOSPITAL	30
9.1	EDIFICIO DE CONSULTA EXTERNA.....	30
9.2	EDIFICIO DE URGENCIAS.....	30
9.3	ÁREAS DE APOYO PARA SALAS DE PARTO Y CIRUGÍA	32
9.4	SALAS DE PARTO Y CIRUGIAS	32
9.5	EDIFICIO DE HOSPITALIZACION	32
9.6	EDIFICIO DE SERVICIOS GENERALES	32
10	PROPUESTA DE REFUERZO DE LAS EDIFICACIONES	33
11	EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LAS EDIFICACIONES REFORZADAS	34
11.1	ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD DE CADA EDIFICACIÓN REFORZADA	34
11.2	Índices de Flexibilidad de los Edificios Reforzados: Sismo de Diseño	34
11.3	Índices de Flexibilidad de los Edificios Reforzados: Sismo de Umbral de Daño	34
12	REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	35
12.1	MUROS (ver anexo 1).....	35
12.2	CUBIERTA EN TEJA DE BARRO	35
12.3	CIELOS FALSOS	35
12.4	VIDRIOS	35
12.5	INSTALACIONES ELECTRICAS	35
12.6	TANQUES DE GAS Y OXIGENO.....	35
12.7	ESTANTES Y EQUIPOS PESADOS.....	36
5.1	ESPECIFICACIONES DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL.....	36
12.8	RECALCE DE COLUMNAS	36
12.9	Características	36
12.10	Detalles Constructivos	36
12.11	RECALCE DE VIGAS	37
12.12	Características.....	37
12.13	Detalles Constructivos	37
12.14	PERFORACIONES CON MARTILLO ROTOPERCUSOR PARA ANCLAJES	37
12.14.1	Generalidades	37
12.15	Materiales	38
12.16	CONSTRUCCIÓN DE ZAPATAS CONCRETO 280 kg/cm ²	38
12.17	Características.....	38
12.18	Proceso constructivo	38
12.19	CONSTRUCCIÓN DE PEDESTALES CONCRETO 280 kg/cm ²	38
12.19.1	Características.....	39
12.19.2	Proceso constructivo	39
12.20	CONSTRUCCIÓN DE VIGAS DE CIMENTACIÓN CONCRETO 280 kg/cm ²	39
12.20.1	Características.....	39
12.21	Proceso constructivo	39
12.22	CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS CONCRETO	39
12.22.1	Características.....	40
12.22.2	Proceso constructivo	40
12.23	CONSTRUCCIÓN DE VIGAS AÉREAS	40
12.23.1	Características.....	40

12.23.2	Proceso constructivo	40
12.24	DILATACIÓN SISMICA.....	40
12.24.1	Características.....	41
12.24.2	Proceso constructivo	41
12.25	REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	41
12.25.1	Características.....	41
12.25.2	Proceso constructivo	41
13	ETAPAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	42
14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
15	PRESUPUESTO	44
16	REFERENCIAS	45
17	ANEXOS.....	46

MEMORIAS DE CALCULO

PRESUPUESTO

REGISTRO FOTOGRAFICO

PLANOS DE LEVANTAMIENTO

ESTUDIO DE SUELOS

CD CON COPIA DE LA MEMORIA Y PLANOS



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

1 INTRODUCCIÓN

El informe tiene como objetivo final entregar los métodos y presupuesto para el refuerzo de las edificaciones que conforman el Hospital, de tal manera que cumplan las especificaciones de la Norma NSR – 10 y sus decretos modificatorias.

El estudio se elaboró en tres etapas:

En la primera etapa se obtuvo la información de las condiciones estructurales del Hospital de forma que se pudiera evaluar su capacidad sismo-resistente, esto incluyó la ejecución de levantamientos estructurales, verificación de la geometría y longitud de los elementos, muestreo y evaluación de los suelos portantes y ensayos de los materiales componentes.

En la segunda etapa se realizó el estudio de la vulnerabilidad sísmica del Hospital, que consiste en la evaluación de la capacidad de la estructura para soportar las combinaciones de las solicitaciones de carga de la Norma NSR-10

. Con ello se establecieron las condiciones críticas de la estructura en cuanto a rigidez, resistencia y ductilidad.

A partir de esta evaluación se plantean las recomendaciones para el refuerzo sísmico de la estructura, de tal manera que se cumpla con las especificaciones de la Norma vigente, NSR-10

.

En la tercera etapa se presenta una propuesta de refuerzo de la estructura que cumple con los criterios de resistencia, rigidez y ductilidad exigidos en la Norma NSR-10. Esta propuesta incluye un presupuesto aproximado de refuerzo sísmico y una recomendación para el refuerzo del Hospital por etapas.

2 AMENAZA SÍSMICA DEL VALLE DEL CAUCA Y DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DE LA CIMENTACIÓN

2.1 SISMICIDAD REGIONAL

El Valle del Cauca se encuentra al occidente del Bloque Norandino, una microplaca que linda al occidente con la placa oceánica de Nazca, al oriente con la placa Suramérica y al norte con la placa Caribe. El límite de placa más cercano al área de influencia se encuentra bajo régimen de esfuerzos compresivos. debido al proceso de subducción que se genera entre la placa Nazca y el bloque Norandino, el cuál presenta el más alto nivel dinámico como fuente de sismicidad. La manifestación superficial de este fenómeno está localizada frente a la costa pacífica colombiana (OSSO, 1995).



Figura 1. Modelo Tectónico Regional

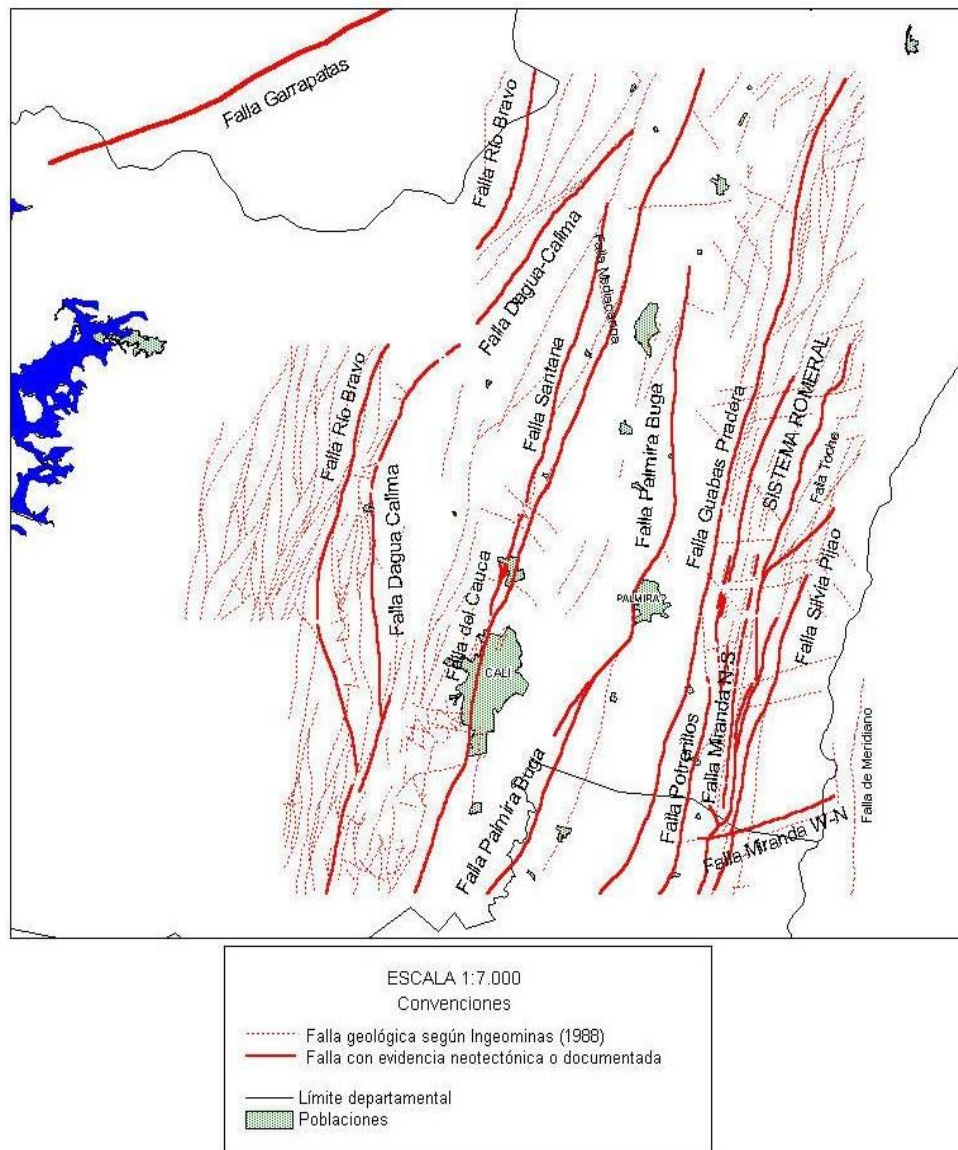
El ambiente tectónico es fuertemente complejo, lo cual se evidencia en los varios tipos de fuentes sísmicas de las cuales las más relevantes se muestran en la Figura 2.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT





PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

Figura 2. Fuentes sísmicas con influencia en el Valle del Cauca

Departamento del Valle del Cauca						
Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Cali	76001	0.25	0.25	Alta	0.15	0.09
Alcalá	76020	0.25	0.25	Alta	0.16	0.10
Andalucía	76036	0.25	0.25	Alta	0.14	0.09
Ansermanuevo	76041	0.25	0.30	Alta	0.16	0.10
Argelia	76054	0.30	0.30	Alta	0.16	0.10
Bolívar	76100	0.30	0.30	Alta	0.16	0.10
Buenaventura	76109	0.40	0.35	Alta	0.13	0.08
Buga	76111	0.25	0.20	Alta	0.11	0.07
Bugalagrande	76113	0.25	0.25	Alta	0.13	0.08
Caicedonia	76122	0.25	0.20	Alta	0.14	0.08
Calima	76126	0.30	0.30	Alta	0.10	0.07
Candelaria	76130	0.25	0.20	Alta	0.10	0.07
Cartago	76147	0.25	0.25	Alta	0.16	0.10
Dagua	76233	0.25	0.25	Alta	0.09	0.06
El Águila	76243	0.30	0.30	Alta	0.16	0.10
El Cairo	76246	0.30	0.30	Alta	0.16	0.10
El Cerrito	76248	0.25	0.20	Alta	0.11	0.07
El Dovio	76250	0.30	0.30	Alta	0.18	0.10
Florida	76275	0.25	0.20	Alta	0.10	0.06
Ginebra	76306	0.25	0.20	Alta	0.11	0.07
Guacarí	76318	0.25	0.25	Alta	0.12	0.08
Jamundí	76364	0.25	0.25	Alta	0.16	0.10
La Cumbre	76377	0.25	0.25	Alta	0.11	0.08
La Unión	76400	0.25	0.25	Alta	0.16	0.13
La Victoria	76403	0.25	0.25	Alta	0.15	0.10
Obando	76497	0.25	0.25	Alta	0.16	0.10
Palmira	76520	0.25	0.20	Alta	0.12	0.07
Pradera	76563	0.25	0.20	Alta	0.12	0.06
Restrepo	76606	0.25	0.25	Alta	0.11	0.08
Riofrio	76616	0.25	0.25	Alta	0.16	0.10
Roldanillo	76622	0.25	0.25	Alta	0.16	0.10
San Pedro	76670	0.25	0.25	Alta	0.12	0.08

Es por esta gran amenaza sísmica que Caicedonia Valle es considerado en la Norma NSR-10 como una zona de amenaza Sísmica Alta, y exige que las estructuras aquí localizadas cumplan con un diseño sismo-resistente.

2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DE LA CIMENTACIÓN

Se debe realizar un estudio del tipo de suelo para un buen análisis estructural bien detallado donde se pueda identificar el estado de la estructura.

CALLE 23 No.14 – 51 oficina 403 TELEFAX (0*6) 741 30 15 ARMENIA QUINDIO

CEL. (03) 315-5485435 e-mail: pavco37@gmail.com



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

2.1.2 PARÁMETROS SÍSMICOS DEL SUELO

De acuerdo al Título A de la Norma NSR-10:

Tipo de Cimiento: Zapatas Aisladas

Tipo de perfil del suelo: D Título A

Coefficientes de aceleración (A_a): 0.25

De acuerdo al Título H de la Norma NSR-10:

Tipo de perfil del suelo: D

2.1.3 CAPACIDAD PORTANTE

Profundidad de cimentación: 1.20m

$Q_{adm} : 1,25 \text{ kg/cm}^2$

2.1.4 COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

Grupo IV — Edificaciones indispensables — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno. Este grupo debe incluir:

(a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias,

(b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión,

(c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia,

(d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos,

(e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público, y

(f) En el grupo IV deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendio, y los accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a, b, c, d y e del presente numeral.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

1. LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL

Durante el levantamiento estructural se reconocieron 6 estructuras que componen el Hospital Santander del Municipio de Caicedonia Valle del Cauca de los cuales 5 están completamente dilatadas y el otro comparte elementos estructurales perimetrales, lo cual influye en la respuesta de la edificación ante un evento sísmico.

En general se clasifica el sistema estructural portante de las edificaciones de la siguiente manera:

Edificio	Descripción del Sistema Estructural
1	Estructura de dos pisos, losa aligerada en una y dos direcciones, pórticos espaciales en concreto.
2	Estructura de dos pisos, losa aligerada, columnas en una área del primer y segundo piso, muros portantes.
3	Estructura de dos pisos, losa aligerada, pórticos espaciales en concreto.
4	Estructura de muros portante en ladrillo, viga de amarre perimetral,
5	Estructura de un piso muros portante de ladrillo, viga de amarre Perimetral, Losa de cubierta maciza en concreto.
6	Estructura de un piso muros portante de ladrillo, viga de amarre perimetral, Losa de cubierta maciza en concreto.

El edificio No 1 posee pórticos en concreto reforzado y sistema losa-columna, en una parte del edificio como lo muestra el plano arquitectónico, además de un sistema de losa aligerada en una dirección este edificio por lo tanto posee ambos sistemas estructurales

El sistema estructural Losa-Columna consiste en losas en dos direcciones del tipo Waffle Slab, ó Sistema Reticular Celulado. Estas losas están compuestas por viguetas en las dos direcciones ortogonales y la presencia de un capitel en la zona de la columna. Este sistema responde adecuadamente ante cargas verticales, pero durante eventos sísmicos presenta un degradamiento estructural excesivo, lo que puede conllevar al colapso de estas estructuras.

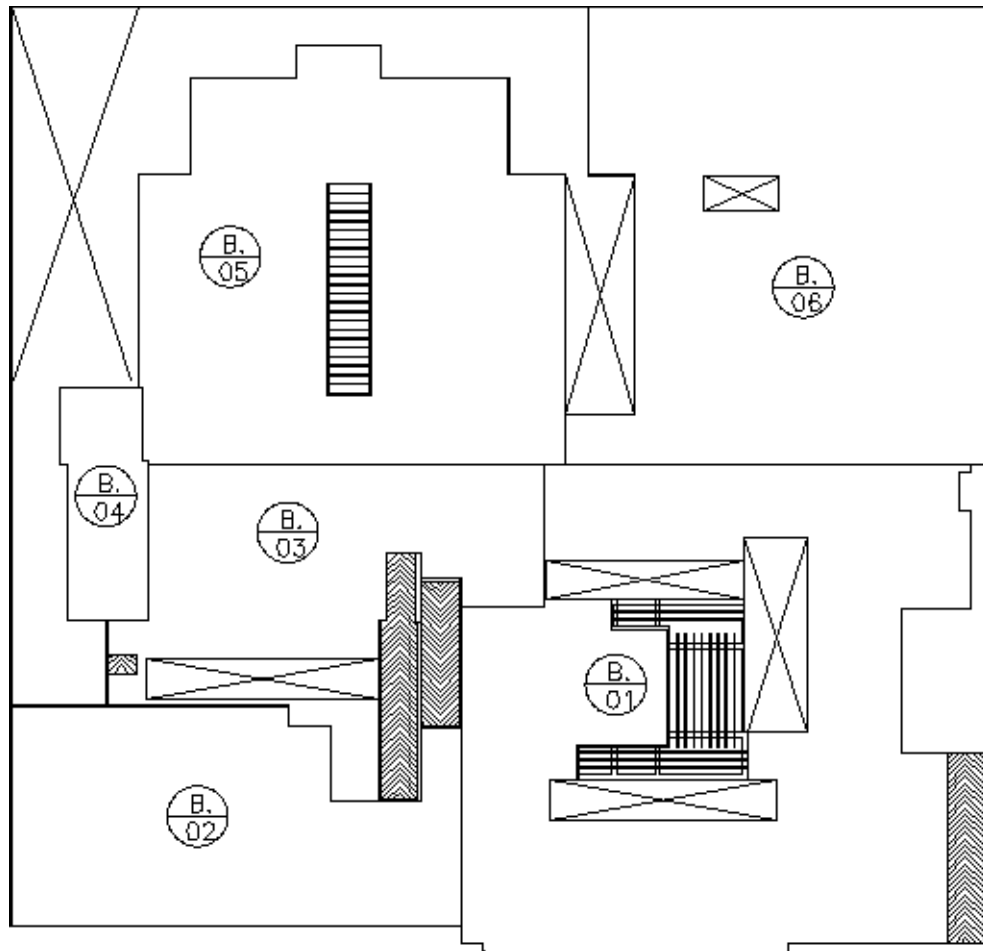


Figura 3: Planta del Hospital

Edificio N° 1: Consulta externa

Edificio N° 2: Urgencias.

Edificio N° 3: Áreas de apoyo para salas de partos y cirugía

Edificio N° 4: Sala de partos y cirugía

Edificio N° 5: Hospitalización.

Edificio N° 6: Servicios generales



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

2.1 DESCRIPCIÓN DE CADA UNA DE LAS ESTRUCTURAS

Debido a que obedece los lineamientos de diseño y construcción relativos a su época, presenta ciertas falencias a la luz de la Norma NSR-10, pero se evidencia una clara concepción arquitectónica y estructural de acuerdo a la época en que fue diseñado. A continuación se describen cada una de las estructuras que lo componen:

EDIFICIO N° 1: CONSULTA EXTERNA

- Estructura de dos (2) pisos.
- Losa de entrepiso en una y dos direcciones.
- Columnas en concreto reforzado.
- Vigas de cubierta en concreto reforzado.
- Muros perimetrales y divisorios en ladrillo.
- Se encontró información del diseño estructural de este edificio.
- Cimentación en zapatas aisladas con vigas de cimentación.
- Muros perimetrales y divisorios en ladrillo.
- Cielo falso en 2 tipos: repellido con malla, laminas de icopor.
- Comparte elementos estructurales de borde con los Edificios de Urgencias Y pensionados, Cafetería y Capilla, Urgencias y Consulta Externa.

EDIFICIO N°2: URGENCIAS

- Estructura de dos (2) piso.
- Se observan columnas en concreto poco definidas en el área de laboratorio urgencias
- Muros portantes área de rayos x y pensionados en segundo piso.
- Cubierta en teja de asbesto cemento y teja de barro.
- Cielo falso de dos tipos: primer piso repello con malla, segundo piso placas en fiber glass
- No se encontró información del diseño estructural de este edificio.
- Muros de 35cm de espesor en la zona de Rayos X

EDIFICIO N° 3: ÁREAS DE APOYO PARA SALAS DE PARTO Y CIRUGIA

- Estructura de dos (2) pisos.
- Muros perimetrales y divisorios en ladrillo.
- Losa de entrepiso en una dirección.
- Columnas en concreto reforzado.
- Vigas de cubierta en concreto reforzado.
- Cielo falso de dos tipos: primer piso repello con malla, segundo piso placas en fiber glass
- No se encontró información del diseño estructural de este edificio.

CALLE 23 No.14 – 51 oficina 403 TELEFAX (0*6) 741 30 15 ARMENIA QUINDIO
CEL. (03) 315-5485435 e-mail: pavco37@gmail.com



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

EDIFICIO N° 4: SALA DE PARTOS Y CIRUGIA

- Estructura de un (1) piso.
- Muros perimetrales y divisorios en ladrillo.
- Cielo falso repellido con malla.
- Cubierta en teja de barro.
- No se encontró información del diseño estructural de este edificio.

EDIFICIO N° 5: HOSPITALIZACION.

- Estructura de un (1) piso.
- Losa de entrepiso tipo reticular celulado con capiteles.
- Columnas en concreto reforzado en pasillos.
- Vigas perimetrales de amarre de cubierta en concreto reforzado.
- Muros perimetrales y divisorios en ladrillo.
- Cielo falso en dos tipos: Bajo losa malla cargada, en los cuartos estructura aluminio y placas de icopor.
- Cubierta en teja de barro con viguetería en concreto, muros de culata y losa en pasillos.
- No se encontró información del diseño estructural de este edificio.

EDIFICIO N° 6: SERVICIOS GENERALES

- Estructura de un (1) piso.
- Muros perimetrales y divisorios en ladrillo.
- Cielo falso repellido con malla.
- Cubierta de dos tipos: teja asbesto cemento y teja de barro y muros de culata.
- El edificio no tiene estructura en concreto.
- El edificio no tiene estructura en concreto
- Vigas de amarre de muro en concreto reforzado
- No posee columnas
- Cubierta en teja de barro sobre loseta con viguetería prefabricada (correas) y muros de culata.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

2.2 IRREGULARIDADES EN PLANTA Y EN ALTURA DE LAS ESTRUCTURAS

A continuación se presentan las irregularidades en planta y en altura que presentan cada una de las estructuras, de acuerdo a las Tablas A.3-6 y A.3-7 de la Norma NSR-10.

Edificio N° 1: Consulta externa

Irregularidades en planta

- **presenta irregularidades niveles de piso**

Irregularidades en altura

- **Irregularidad Geométrica**

Edificio N° 2: Urgencias.

No presenta irregularidades en planta

No presenta irregularidades en altura

Edificio N° 3: Áreas de apoyo para salas de partos y cirugía

No presenta irregularidades en planta

No presenta irregularidades en altura

Edificio N° 4: Sala de partos y cirugía

No presenta irregularidades en planta

presenta irregularidades en altura

Edificio N° 5: Hospitalización.

No presenta irregularidades en planta

No presenta irregularidades en altura

Edificio N° 6: Servicios generales

No presenta irregularidades en planta

presenta irregularidades en altura



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

2.2 EXPLORACIÓN DE LAS EDIFICACIONES

2.3 JUNTAS DE DILATACIÓN

Se observan juntas de dilatación en 6 de los 6 edificios.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

2.4 INSPECCIÓN DE REFUERZO EN COLUMNAS

Se realizó el levantamiento de refuerzo en columnas con el detector de aceros Ferro Scanner PS 200

2.5 INSPECCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Como se encontraron los planos estructurales del edificio No 1 se tomó para las edificaciones este tipo de cimentación. Con el objetivo de conocer sus dimensiones, el nivel de cimentación y la existencia de vigas de cimentación que amarran la estructura.

2.6 RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

2.6.1 Concreto

Para la evaluación de la resistencia del hormigón de las estructuras presentes en los diferentes edificios del Hospital Santander se evaluó con el **ENSAYO DE NÚCLEOS**, que en la actualidad es muy utilizada la evaluación de estructuras mediante ensayos destructivos, debido a su confiabilidad y exactitud.

Este ensayo arroja resultados aproximados al momento de evaluar la resistencia a la compresión cilíndrica del concreto, pues las muestras se extraen de los elementos estructurales y son llevadas al laboratorio para ser falladas a la compresión. Dentro de las recomendaciones que se tuvieron en cuenta para obtener resultados precisos se encuentra:

- Se debe demoler el repello que recubre en este caso las columnas para obtener un dato más preciso del hormigón, la superficie debe presentar una textura lisa, debe pulirse la superficie, este material con el que se pula la estructura también influirá en la textura y la forma de la misma.

Al tomar los ensayos, se pudo observar una variabilidad en las resistencias del hormigón respecto a cada bloque, esto es lógico debido a que la construcción del edificio se realizó en varias etapas y tiempos diferentes, sin embargo las columnas presentes en conjunto de todo el edificio presentan a la vista un concreto de buena calidad lo que permite ver una estructura acorde con los tiempos en que se construyó, mas no acorde a la norma NSR-10.

Se presenta en el cuadro evaluativo del presente informe:



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

Estos ensayos de núcleos son requeridos en la NSR-10 en el título C (**C.5.6.5.2** — Si se confirma la posibilidad que el concreto sea de baja resistencia y los cálculos indican que la capacidad de soportar las cargas se redujo significativamente, deben permitirse ensayos de núcleos extraídos de la zona en cuestión de acuerdo con NTC 3658 (ASTM C42M).

2.6.2 Acero

En la mayoría de las edificaciones se observó refuerzo longitudinal en barras corrugadas y refuerzo trasversal en barras corrugadas. Se estableció la resistencia a tracción característica de los aceros de estas estructuras en 4200 kg/cm² para refuerzo longitudinal y 2600 kg/cm² para refuerzo trasversal.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

En general, se reconocen tres sistemas estructurales y/o su combinación en las edificaciones del Hospital Santander del municipio de Caicedonia Valle: Sistema Pórticos de Concreto Reforzado y Sistema Losa- Columna y Muros Portantes. Para el Hospital en particular, estos sistemas estructurales están compuestos así:

3.1 SISTEMA PÓRTICOS DE CONCRETO REFORZADO

Se caracteriza por la presencia de elementos verticales y horizontales de soporte (columnas y vigas). En el Hospital, estos pórticos están conformados por vigas inclinadas, vigas horizontales y columnas.

3.1.1 LOSAS DE ENTREPISO

▪ LOSAS ALIGERADAS ARMADAS EN UNA DIRECCIÓN:

- Espesor: 40cm
- Vigas de carga: 30x40cm
- Viguetas: 20x40 y 15x40cm

3.1.2 CUBIERTAS

3.1.3 LOSAS MACIZAS:

- Espesor: 15cm

3.1.4 CIMENTACIÓN

La cimentación consiste en zapatas rectangulares aisladas de dimensiones variables. Por medio del estudio realizado, se comprobó que presentan elementos de amarre de dimensiones adecuadas. Debido a que no se presentan indicios en la estructura de asentamientos excesivos, ni rotaciones de los edificios, se puede afirmar que la cimentación es apropiada. Para los edificios que presentan el sistema de pórticos de concreto.

3.1.5 SISTEMA LOSA-COLUMNA

El sistema estructural Losa-Columna consiste en losas en dos direcciones del tipo Waffle Slab, ó Sistema Reticular Celulado (viguetas en las dos direcciones ortogonales + un

CALLE 23 No.14 – 51 oficina 403 TELEFAX (0*6) 741 30 15 ARMENIA QUINDIO

CEL. (03) 315-5485435 e-mail: pavco37@gmail.com



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

capitel ó Droop Panel en la zona de la columna). Se clasifica como un sistema puntual de pórticos espaciales en las dos direcciones ortogonales.

El sistema reticular celular es un sistema apropiado para solicitaciones de carga vertical, pero no responde adecuadamente a las solicitaciones de un sismo, debido a que ante el fenómeno de inversión de momentos, no presenta refuerzo positivo en los capiteles, ni refuerzo negativo en vigas y viguetas, condición que genera un degradación excesiva de la estructura.

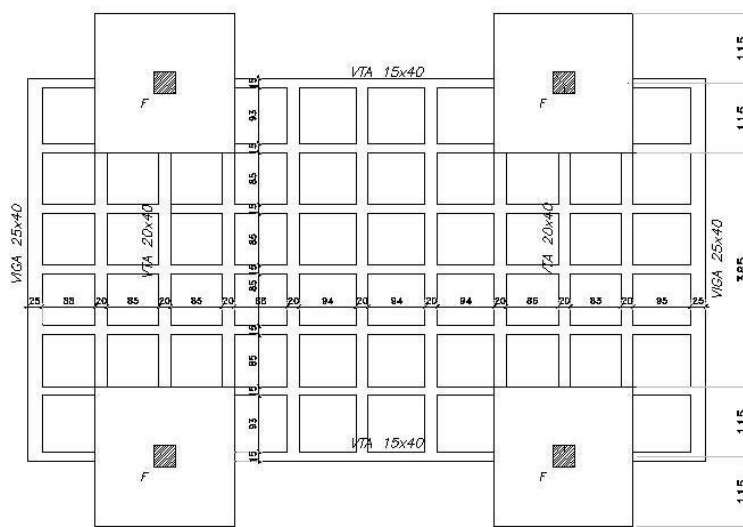
En el caso del hospital el edificio No 1 cuenta con un área con este sistema.

En el caso específico del Hospital, este sistema presenta las siguientes características:

3.1.6 LOSAS

▪ LOSAS ALIGERADAS TIPO WAFFLE SLAB O RETICULAR CELULADO:

- Espesor: 40 cm
- Vigas de borde: 15x40, 25x40,
- Viguetas: 15x40,





PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

3.1.7 CIMENTACIÓN

La cimentación en los edificios 1,2,3 donde se encuentra construidos con el sistema de pórticos consiste en zapatas rectangulares aisladas de dimensiones variables dimensiones adecuadas. Debido a que no se presentan indicios en la estructura de asentamientos excesivos, ni rotaciones de los edificios, se puede afirmar que la cimentación es apropiada.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

3.2 ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

En general el Hospital tiene un muy buen aspecto respecto a su mantenimiento y conservación. No se evidencian deflexiones o deformaciones visibles en los pórticos o cubiertas, ni se observaron columnas con efectos de pandeo, a excepción de algunas juntas de separación de bloques que se encuentran mal manejadas.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

4 EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA ESTRUCTURA

La calidad y el estado de sistema estructural juegan un papel de gran importancia en la determinación de la resistencia existente de la estructura. Aunque de una manera teórica es posible determinar qué resistencia tiene un elemento estructural cuyas dimensiones, materiales, armaduras, etc. se conocen, el mal estado del elemento reduce de una manera apreciable este valor teórico. Por esta razón la NSR-10 Título A.10.2 define cualitativamente los dos parámetros ϕ_c y ϕ_e :

4.1 ϕ_c CALIDAD DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL

Aunque el Hospital fue diseñado antes de la vigencia de los códigos de diseño sismo resistente, se evidencia que tiene el diseño apropiado y óptimo acorde con su época y por este motivo se califica la calidad del diseño como BUENA ($\phi_c=0.9$).

4.2 ϕ_e ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Se considera que los sistemas estructurales que se presentan en el Hospital, tienen un estado de conservación BUENO ($\phi_e=0.9$) pues no se evidencian fallas como deflexiones excesivas, deterioro de los materiales resistentes, etc., y se puede asumir que las estructuras no han tenido un comportamiento adverso durante su existencia. No se nota la presencia de agua al nivel de la cimentación, ni el efecto de posibles roturas en las cañerías de desagüe.

No se presentan debilidades notables causadas por eventos extraordinarios tales como sismo, incendio, remodelaciones previas, cambios en los acabados con el consiguiente aumento de peso, cambios en el uso con cargas mayores causadas por la nueva utilización y otros aspectos de esta índole.

El estado de los elementos no estructurales, especialmente los muros divisorios, muros culata y tabiques de fachada es bueno.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

5 SOLICITACIONES VERTICALES Y SÍSMICAS

5.1 CARGAS QUE GRAVITAN POR PISO

5.1.1 Carga Muerta

El peso propio de columnas, vigas y viguetas se efectuó basado en las dimensiones medidas en cada uno de los elementos (Se empleó como peso del concreto reforzado: 2400 kg/m^3).

Los pesos de los elementos que conforman las losas se estimaron según los volúmenes medidos en la estructura y se les definió las densidades de acuerdo a la norma NSR-10.

Se calculó el peso propio de las cubiertas y de los tipos de cielos falsos: los repellados con loseta inferior y afinado en las losas de entrepiso, los cielos falsos empañetados con malla y los cielos en placas de yeso y en rejilla metálica y lamina de icopor.

Los valores de estas cargas se especifican en los Anexos.

5.1.2 Carga Viva

La carga viva utilizada, es la recomendada por la norma NSR-10, consistente en 200 Kg/m^2 , para establecimientos de salud. Por recomendación de esta misma norma se utiliza la misma carga viva en losas planas de cubierta.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

6 MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

El análisis y determinación de los movimientos sísmicos de diseño se realizó empleando la metodología del Título A y Título H de la NSR-10:

TITULO A

- | | |
|---|-----------|
| • Zona de amenaza sísmica | Alta |
| • Coeficiente de Aceleración Pico-efectiva: | 0.25 |
| • Coeficiente de Importancia - Grupo de uso IV
(Edificaciones Indispensables): | $I = 1.3$ |
| • Coeficiente de sitio (Perfil de suelo D): | $S = 1.5$ |
| • Aceleración espectral (S_a) | 1.213 |

A este sismo le corresponde una probabilidad del 10 % de ser excedido en lapso de 50 años. Además de verificar que la estructura se comporte satisfactoriamente ante la ocurrencia del sismo de diseño, se debe verificar que la estructura y los elementos no estructurales se mantengan dentro del rango inelástico de respuesta cuando se presenten los movimientos sísmicos correspondientes al umbral de daño. (Cap. A.12 NSR-10).

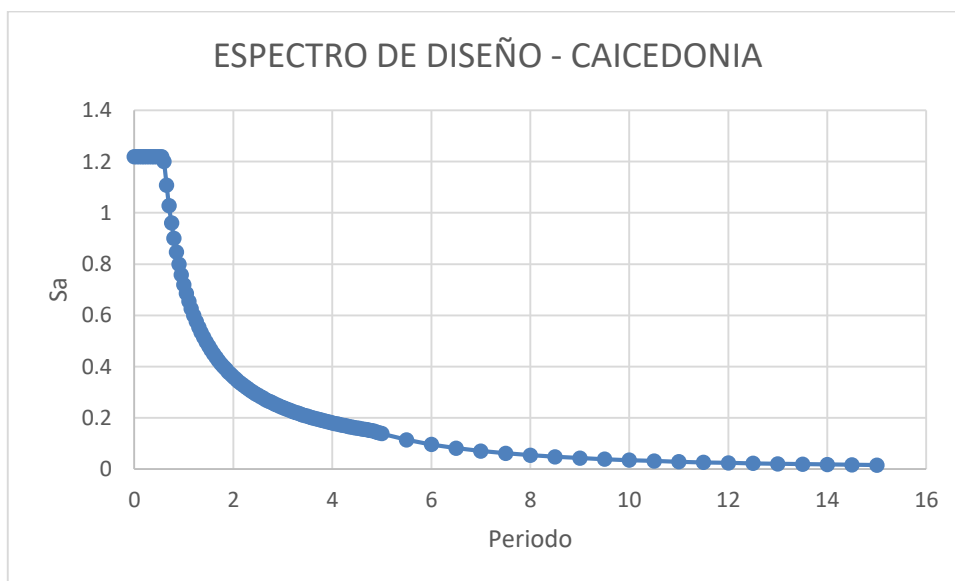


Ilustración 1. Espectro de Respuesta. Fuente: NSR-10

Figura 5: Espectro de Diseño Hospital Santander de Caicedonia



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

6.1 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA R

Se clasificó el sistema estructural de cada edificio de acuerdo al Capítulo A.3 de la Norma NSR-10. Según esta clasificación, se le asignó el Coeficiente de capacidad de disipación de energía básico del sistema, R_o , de acuerdo a la Tabla A.3-3 de la norma NSR-10

A los edificios cuyo sistema estructural es el de Pórticos de Concreto y que fueron construidos antes de los años 90's se les asignó $R_o = 4.0$ (se espera que la respuesta sísmica sea similar a la de un sistema intermedio entre DMO – Capacidad Moderada de Disipación de Energía y DMI - Capacidad Mínima de Disipación de Energía), dependiendo de las siguientes características:

- Estructuras cuyo refuerzo transversal es corrugado con diámetro superior o igual a 3/8", además de cumplir con las características abajo descritas: $R_o=4.0$.
- Estribos separados cada 15-20cm.
- Resistencia de los concretos en rango aceptable.
- Filosofía de diseño Viga-Fuerte, Columna Débil.
- Estribos # 3 de acero corrugado separados cada 10cm en zonas confinadas (Nudos y próximas a él) y cada 15cm en zonas no confinadas (centros de luz).
- Resistencia de los concretos en rango aceptable.

Para determinar el valor del Coeficiente de capacidad de disipación de energía R, el valor de R_o se debe afectar por los factores de reducción ϕ_p y ϕ_a de acuerdo a las irregularidades en planta y en altura que tienen las edificaciones.

Así, $R = R_o * \phi_a * \phi_p * \phi_r$

Donde R_o = Coeficiente de disipación de energía básico

6.1.1 ϕ_p = coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en planta de la edificación.

ϕ_a =

ϕ_r =

A continuación se muestran tabulados los anteriores factores para las edificaciones del Hospital Santander de Caicedonia del Valle del Cauca

EDIFICIO	R_o	ϕ_a	ϕ_p	ϕ_r
CONSULTA EXTERNA	4.0	0.9	0.9	
URGENCIAS	4.0	0.9	0.9	
ARREAS DE APOYO PARA SALAS DE PARTO Y CIRUGÍA	4.0	0.9	0.9	
SALA DE PARTO Y CIRUGÍA	-	0.9	0.9	
HOSPITALIZACIÓN	-	0.9	0.9	
SERVICIOS GENERALES	-	0.9	0.9	

CALLE 23 No.14 – 51 oficina 403 TELEFAX (0*6) 741 30 15 ARMENIA QUINDIO

CEL. (03) 315-5485435 e-mail: pavco37@gmail.com



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

Tabla 4: Valores de R_o , ϕ_p y ϕ_a para cada edificación

7 ANÁLISIS DE CARGAS

7.1 Combinaciones de Carga

Se tomó como condiciones las especificadas en la Norma NSR –10.

COMBOS	
1,4D	0,9D + 1EX + 0,3EY
1,2D + 1,6L	0,9D + 1EX - 0,3EY
1,2D + 1L + 1EX + 0,3EY	0,9D - 1EX + 0,3EY
1,2D + 1L + 1EX - 0,3EY	0,9D - 1EX - 0,3EY
1,2D + 1L - 1EX + 0,3EY	0,9D + 0,3EX + 1EY
1,2D + 1L - 1EX - 0,3EY	0,9D + 0,3EX - 1EY
1,2D + 1L + 0,3EX + 1EY	0,9D - 0,3EX + 1EY
1,2D + 1L + 0,3EX - 1EY	0,9D - 0,3EX - 1EY
1,2D + 1L - 0,3EX + 1EY	ENVOLVENTE
1,2D + 1L - 0,3EX - 1EY	

Tabla 5. Combinaciones de carga



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

8 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES

En esta fase se evaluaron las condiciones de resistencia sísmica del Hospital, detectando los elementos críticos de cada estructura. Con ello se busca determinar las condiciones de refuerzo de acuerdo con las especificaciones de la Norma NSR-10.

Para efectuar esta evaluación se siguieron las recomendaciones del Capítulo A10 de la Norma NSR-10- Edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del Reglamentol.

La metodología para la ejecución de esta fase consistió en la evaluación, bajo los parámetros de las NSR-10, de la estructura existente para las cargas muertas determinadas de acuerdo con la estructura levantada, las cargas vivas especificadas y las cargas laterales obtenidas según lo señalado en la Norma NSR-10.

El análisis de la estructura y la determinación del refuerzo solicitado se efectuaron con un Programa de Computador que realiza análisis dinámico tridimensional, toma en cuenta los efectos P-Delta y determina envolventes de sollicitación y refuerzo solicitados.

Los parámetros especificados para el análisis y verificación del refuerzo de la estructura son:

- **Índice de Estabilidad de la Estructura** = indica cuando la estructura debe ser evaluada considerando efectos adicionales de segundo orden (P-Delta) en las dos direcciones principales en planta. Cuando el valor del índice es superior a 0.1, se deben incrementar las deflexiones horizontales y las fuerzas internas de las estructuras.
- **Índice de sobreesfuerzos de los elementos** = es la relación entre la sollicitación equivalente y la resistencia efectiva; para este propósito se propone desarrollar la relación entre el refuerzo solicitado contra el refuerzo colocado en la estructura; el refuerzo solicitado se calcula para la condición de carga señalada o para la envolvente de esfuerzos.
- **Índice de sobreesfuerzos de la estructura** = se determina para toda la estructura evaluando los elementos con mayor índice de sobreesfuerzos individual y tomando en cuenta su importancia en la estructura dentro de la resistencia general de esta.
- **Índice de flexibilidad del piso** = es la relación entre la deriva obtenida en el análisis y la aceptada por el reglamento para cada uno de los pisos.
- **Índice de flexibilidad de la estructura** = obtenido como el mayor valor de los índices de flexibilidad de toda la estructura.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

8.1 EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD DE LAS EDIFICACIONES

De acuerdo al estudio realizado los edificios a tener en cuenta en el índice de flexibilidad son el edificio No 1, No 3

Para efectos de evaluación de la deformación ante carga lateral de las columnas de la edificación se presentan las siguientes consideraciones:

La Norma NSR –10 especifica un valor máximo de 1.0% como deriva de entrepiso para controlar los daños en los elementos no estructurales como muros, causados por deformación paralela al plano de estos, al ser inducida por los elementos de concreto reforzado, que se deforman por acción de los efectos sísmicos. Esta deriva debe ser soportada por la estructura.

8.2 Índices de Flexibilidad de los Edificios al sismo de Diseño

EDIFICIO	IFLx	IFLy
CONSULTA EXTERNA	1.16	1.12
URGENCIAS		
AREAS DE APOYO PARA SALAS DE PARTO Y CIRUGÍA	0.94	1.16
SALA DE PARTO Y CIRUGÍA	<i>No aplica</i>	<i>No aplica</i>
HOSPITALIZACIÓN	<i>No aplica</i>	<i>No aplica</i>
SERVICIOS GENERALES	<i>No aplica</i>	<i>No aplica</i>

Tabla 5: Índices de Flexibilidad Estructuras Actuales – Sismo de Diseño

8.3 EVALUACIÓN DE ÍNDICES DE SOBRESFUERZO DE LAS EDIFICACIONES

Se calculó el índice de sobreesfuerzo de las columnas de acuerdo a dos tipos de solicitaciones, una de flexo-compresión, dada la interacción de las cargas verticales y los momentos de diseño y otra a las solicitaciones de cortante, tanto las calculadas mediante el análisis inelástico, como las calculadas para el evento de plastificación del elemento.

Índices de Sobreesfuerzo a Flexo-Compresión en Columnas: Estos son calculados mediante la utilización de una superficie de interacción bidimensional. Los puntos por fuera de la superficie de interacción indican que la columna está sobreesforzada, y asigna un número igual a la unidad para los puntos ubicados dentro de la superficie de interacción.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

Nota: La hipótesis de carga de sismo x inelástico y sismo y inelástico, corresponden a las combinaciones de carga dadas por la ecuación $1.05D+1.28L+E$, de igual forma la carga vertical corresponde a la combinación de carga $1.4D+1.7L$.

- Índices de Sobreefuerzo a Cortante: el índice de sobreefuerzo a cortante se calculó utilizando la envolvente de cargas. Se despreciaron los incrementos de la resistencia a cortante por los esfuerzos de compresión en columnas.

9 RESULTADO DE LAS CONDICIONES ESTRUCTURALES ACTUALES DEL HOSPITAL

De acuerdo a las inspecciones realizadas y a los resultados de la modelación estructural, el Hospital Santander de Caicedonia presenta vulnerabilidad sísmica a la luz de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente -NSR 10-. Esta vulnerabilidad se debe principalmente a los siguientes factores:

- Sistema Estructural Losa-Columna no aceptado por la Norma NSR-10.
- Pisos Débiles: Se presenta al interior del Hospital como un esquema de mayor altura del piso, principalmente por razones estéticas (Hall de Entrada).
- juntas de dilatación mal manejadas: En algunos puntos del Hospital, las edificaciones comparten elementos estructurales, lo cual modifica la respuesta sísmica de cada estructura.
- Se recomienda intervenir estructuralmente las edificaciones del Hospital Santander de Caicedonia con el objetivo de mejorar su capacidad de disipación de energía ante sismos.

A continuación se describe la vulnerabilidad sísmica que tiene cada edificación:

9.1 EDIFICIO DE CONSULTA EXTERNA

- Sistema estructural Pórticos
- Disipación Moderada de Energía.
- Muros divisorios y de fachada sin dilatar de la estructura portante.

De acuerdo a lo anterior, esta estructura no cumple las especificaciones sísmicas de la Norma NSR -10 en cuanto a ductilidad, rigidez y resistencia, por lo que se propone reforzar el edificio.

9.2 EDIFICIO DE URGENCIAS

- Sistema estructural combinado porticos y muros portantes no aceptado en la Norma NSR-10.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

- Disipación Moderada de Energía.
- Muros divisorios y de fachada sin dilatar de la estructura portante.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

De acuerdo a lo anterior, esta estructura no cumple las especificaciones sísmicas de la Norma NSR –10 en cuanto a ductilidad, rigidez y resistencia, por lo que se propone reforzar el edificio.

9.3 ÁREAS DE APOYO PARA SALAS DE PARTO Y CIRUGÍA

- Sistema estructural no aceptado en la Norma NSR-10.
- Disipación Moderada de Energía.
- Muros divisorios y de fachada sin dilatar de la estructura portante.

De acuerdo a lo anterior, esta estructura no cumple las especificaciones sísmicas de la Norma NSR –10 en cuanto a ductilidad, rigidez y resistencia, por lo que se propone reforzar el edificio.

9.4 SALAS DE PARTO Y CIRUGIAS

- Sistema estructural no aceptado en la Norma NSR-10.
- Disipación Moderada de Energía.No aplica
- Excesiva flexibilidad (Índice de Flexibilidad > 1).No aplica
- Índice de sobre-esfuerzo en columnas >1 . No aplica
- Muros divisorios y de fachada sin dilatar de la estructura portante.

De acuerdo a lo anterior, esta estructura no cumple las especificaciones sísmicas de la Norma NSR –10 en cuanto a ductilidad, rigidez y resistencia, por lo que se propone reforzar el edificio.

9.5 EDIFICIO DE HOSPITALIZACION

- Sistema estructural no aceptado en la Norma NSR-10.
- Disipación Moderada de Energía. No aplica
- Excesiva flexibilidad (Índice de Flexibilidad > 1).No aplica
- Índice de sobre-esfuerzo en columnas >1 . No aplica
- Muros divisorios y de fachada sin dilatar de la estructura portante.

De acuerdo a lo anterior, esta estructura no cumple las especificaciones sísmicas de la Norma NSR –10 en cuanto a ductilidad, rigidez y resistencia, por lo que se propone reforzar el edificio.

9.6 EDIFICIO DE SERVICIOS GENERALES

- Sistema estructural no aceptado en la Norma NSR-10.
- Disipación Moderada de Energía. No aplica
- Excesiva flexibilidad (Índice de Flexibilidad > 1).No aplica
- Índice de sobre-esfuerzo en columnas >1 . No aplica
- Muros divisorios y de fachada sin dilatar de la estructura portante.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

De acuerdo a lo anterior, esta estructura no cumple las especificaciones sísmicas de la Norma NSR –10 en cuanto a ductilidad, rigidez y resistencia, por lo que se propone reforzar el edificio.

10 PROPUESTA DE REFUERZO DE LAS EDIFICACIONES

Para garantizar que cada estructura analizada se comporte independientemente durante el sismo, se deben dilatar las edificaciones que están compartiendo elementos estructurales. El espesor de esta dilatación lo determinan las deformaciones que por sollicitaciones sísmicas tenga cada estructura por separado. La dilatación mínima requerida para los edificios es de 3cm. En los planos estructurales de refuerzo se muestran los detalles para esta dilatación.

El reforzamiento estructural propuesto para las edificaciones que componen el Hospital Santander de Caicedonia contempla:

- En los edificios cuyo sistema estructural es pórticos de concreto reforzado, se propone recalce de columnas, construcción de columnas y construcción de vigas de concreto que arriostren los pórticos.
- Para la dilatación de los edificios se propone la construcción de vigas y columnas nuevas que garanticen la independencia estructural de los edificios que comparten elementos actualmente.
- Para todos los edificios se propone un reforzamiento de elementos no estructurales, principalmente muros, los cuales son susceptibles al volcamiento durante un evento sísmico.

A continuación se resume el tipo de reforzamiento a realizar en cada una de las edificaciones. En los planos anexos se muestran los elementos de refuerzo propuestos, así como su detallado estructural.

EDIFICIO	INTERVENCIÓN
CONSULTA EXTERNA	<i>Sistema de pórticos espaciales en concreto reforzado requiere intervención de vigas y columnas con recalce de columnas</i>
URGENCIAS	<i>Sistema de pórticos espaciales en concreto reforzado requiere Intervención de vigas y columnas sección propuesta en columnas 40*50 y vigas 40*40. recalce de columnas</i>
AREAS DE APOYO PARA SALAS DE PARTO Y CIRUGÍA	<i>Sistema de pórticos espaciales en concreto reforzado existente, requiere intervención de vigas y columnas con recalce de columnas</i>
SALA DE PARTO Y	<i>Sistema de pórticos espaciales en concreto reforzado,</i>



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

CIRUGIA	<i>confinamiento de mampostería</i>
HOSPITALIZACIÓN	<i>Sistema de pórticos espaciales en concreto reforzado recalce de columnas,confinamiento de mampostería</i>
SERVICIOS GENERALES	<i>Sistema de pórticos espaciales en concreto reforzado, confinamiento de mampostería</i>

Tabla 8: Intervenciones a realizar por Edificio

11 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LAS EDIFICACIONES REFORZADAS

Esta etapa se efectúo para determinar las condiciones de capacidad y resistencia de cada estructura reforzada de acuerdo con la Norma NSR-10.

11.1 ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD DE CADA EDIFICACIÓN REFORZADA

El índice de flexibilidad (IFL) para cada estructura reforzada se muestra tabulado a continuación:

11.2 Índices de Flexibilidad de los Edificios Reforzados: Sismo de Diseño

EDIFICIO	IFL_x	IFL_y
CONSULTA EXTERNA	0,78	0,97
URGENCIAS	0.41	0.33
AREAS DE APOYO PARA SALAS DE PARTO Y CIRUGÍA	0.53	0.95
SALA DE PARTO Y CIRUGÍA	0.35	0.29
HOSPITALIZACIÓN	0.23	0.21
SERVICIOS GENERALES	0.38	0.48

Tabla 10: Índices de Flexibilidad Estructuras Reforzadas – Sismo de Diseño

11.3 Índices de Flexibilidad de los Edificios Reforzados: Sismo de Umbral de Daño

EDIFICIO	IFL_x	IFL_y
CONSULTA EXTERNA	0,12	0.14
URGENCIAS	0.06	0.05
AREAS DE APOYO PARA SALAS DE PARTO Y CIRUGÍA	0.12	0.15
SALA DE PARTO Y CIRUGÍA	0.05	0.04
HOSPITALIZACIÓN	0.03	0.04
SERVICIOS GENERALES	0.14	0.07

Tabla 11: Índices de Flexibilidad Estructuras Reforzadas – Sismo de Umbral de Daño



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

12 REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

12.1 MUROS (ver anexo 1)

Se propone el reforzamiento de los muros divisorios y de fachada del Hospital. Se diseñaron las columnetas y vigas de confinamiento y dilatación de estos elementos. El diseño de las columnetas se realizó siguiendo el Capítulo A-9 de la NSR-98 con los siguientes criterios:

- Grado de desempeño requerido: Superior (Grupo de Uso IV).
- Criterio de diseño: Separados de la estructura.
- Anclajes Dúctiles: En vigas de cimentación y/o aéreas.
- Anclajes No Dúctiles: En losas y contrapisos.

Adicionalmente, se presenta una propuesta de reforzamiento de los muros culata existentes y/o a construir.

12.2 CUBIERTA EN TEJA DE BARRO

Se propone desmontar la cubierta existente para reducirle cargas a la estructura

12.3 CIELOS FALSOS

Se propone el cambio en su totalidad de los cielos falsos.

12.4 VIDRIOS

Se propone la colocación de películas protectoras en los vidrios o vidrios templados para evitar el peligro asociado con la rotura del vidrio.

12.5 INSTALACIONES ELECTRICAS

Se propone para estos elementos, un mantenimiento periódico, procurar que todo cableado tenga sus respectivas bandejas de conducción.

12.6 TANQUES DE GAS Y OXIGENO

Se propone para estos elementos, una adecuada fijación, que impida el volcamiento.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

12.7 ESTANTES Y EQUIPOS PESADOS

Se propone para estos elementos, una adecuada fijación que impida el volcamiento. En el caso de almacenamiento de líquidos inflamables, se debe asegurar que estos se mantengan bajo llave y minimizar las posibilidades de volcamiento y derrame.

5.1 ESPECIFICACIONES DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

12.8 RECALCE DE COLUMNAS

Este ítem se refiere al recalce en concreto de las columnas que han mostrado deficiencias en los análisis sísmicos. Su construcción se hará de acuerdo con las siguientes características y detalles constructivos.

12.9 Características

Dimensiones y Refuerzo Principal: De acuerdo a lo que aparece en los planos constructivos.

Concreto: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Fluidez mínima de 8ll, con aditivo epóxico tipo Sikadur 32

Acero: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi \geq 3/8\text{ll}$
 $F_y = 2600 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi < 3/8\text{ll}$

12.10 Detalles Constructivos

Picar el recubrimiento de las columnas que se requiera intervenir hasta encontrar el refuerzo principal y los estribos.

Perforar con martillo roto percusor con diámetro $\varnothing 1/8"$ mayor que el de la varilla que se desee anclar, tanto en las losas como en las columnas, en los sitios en que debe pasar el refuerzo principal y los estribos intermedios, tal como se detalla en los planos constructivos. Las varillas que van dentro de estas perforaciones deben fijarse permanentemente mediante el uso de HILTI RE500 o similar usando las cantidades especificadas por el fabricante.

Formaletear las columnas en tramos no mayores a 1.3 m para su vaciado de acuerdo con las dimensiones que aparecen en los planos, la formaleta debe ser prefabricada para permitir su rápido instalación y poder fundir monolíticamente el recalce

Fundir la sección adicional alrededor de las columnas existentes utilizando concreto fluido de la resistencia especificada, teniendo en cuenta que la máxima longitud vertical a fundir es 1.3 m. Antes de la fundición se debe saturar la superficie de la columna a recubrir con agua y una lechada de cemento (1:1).



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

Se puede retirar la formaleta de cada tramo de columna encamisada después de 72 horas de su fundición.

12.11 RECALCE DE VIGAS

Este ítem se refiere al recalce en concreto de las vigas que han mostrado deficiencias en los análisis sísmicos. Su construcción se hará de acuerdo con las siguientes características y detalles constructivos.

12.12 Características

Dimensiones y Refuerzo Principal: De acuerdo a lo que aparece en los planos constructivos.

Concreto: $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Fluidez mínima de 8ll, con aditivo epóxico tipo Sikadur 32

Acero: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi \geq 3/8\text{ll}$
 $F_y = 2600 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi < 3/8\text{ll}$

12.13 Detalles Constructivos

Picar el recubrimiento de las vigas que se requiera intervenir hasta encontrar el refuerzo principal y los estribos.

Perforar con martillo roto percusor con diámetro 1/8" mayor que el de la varilla que se desee anclar, en los sitios en que deben pasar el refuerzo principal y los estribos intermedios tal como se detalla en los planos constructivos. Las varillas que van dentro de estas perforaciones deben fijarse permanentemente mediante el uso de HILTI RE500 o similar usando las cantidades especificadas por el fabricante.

Formaletear las vigas dejando ventanas en la parte superior para su vaciado de acuerdo con las dimensiones que aparecen en los planos.

Se puede retirar la formaleta de cada tramo de viga encamisada después de 96 horas de su fundición.

12.14 PERFORACIONES CON MARTILLO ROTOPERCUSOR PARA ANCLAJES

12.14.1 Generalidades

Se refiere a la ejecución de perforaciones con martillos roto percusores tipo Hilti o similar para el anclaje de barras de refuerzo.

Estas perforaciones deben ejecutarse en los sitios indicados en los planos, en los sitios en donde se requiera anclar refuerzo principal o pasar varillas de estribos secundarios.

CALLE 23 No.14 – 51 oficina 403 TELEFAX (0*6) 741 30 15 ARMENIA QUINDIO

CEL. (03) 315-5485435 e-mail: pavco37@gmail.com



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

Las perforaciones se harán en los sitios indicados con brocas de diámetro 1/8" mayor que el de la varilla de anclaje.

Una vez perforados los huecos y limpios mediante aire a presión o con chorro de agua y a continuación con el fin de eliminar la contaminación de aceites, polvos, residuos de agua se debe aplicar el producto epóxico tipo Sikadur- 32 o similar. Una forma fácil de hacerlo consiste en untar la varilla que se requiera anclar con el adhesivo epóxico y a continuación colocar la varilla dentro de la perforación, cuidando que el epóxico cubra la varilla y la pared de la perforación completamente. Se debe esperar el tiempo recomendado por el fabricante para manipular el anclaje.

12.15 Materiales

Se empleará pegante epóxico tipo Sikadur-32 o similar, cuidando de utilizar guantes de caucho y gafas para su manipulación. El Contratista debe consultar la hoja de seguridad del producto y aplicar las recomendaciones que da el fabricante.

12.16 CONSTRUCCIÓN DE ZAPATAS CONCRETO 280 kg/cm²

Este ítem se refiere a la construcción de cimientos aislados o zapatas que estén contemplados dentro del reforzamiento del edificio.

12.17 Características

Dimensiones: aquellas especificadas en los planos constructivos de acuerdo con el diseño realizado.

Material: Concreto: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$,
Acero: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi \geq 3/8$ ||
 $F_y = 2600 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi < 3/8$ ||
Concreto pobre para solado

12.18 Proceso constructivo

La superficie de apoyo de la cimentación debe sellarse con un concreto pobre (solado) de aproximadamente 5cm de espesor. Se coloca el refuerzo de la cimentación y del elemento estructural (Columnas-Pedestal) que han de quedar embebidos en el concreto y se aseguran firmemente. Se procede a vaciar el concreto de la cimentación.

12.19 CONSTRUCCIÓN DE PEDESTALES CONCRETO 280 kg/cm²

Este ítem se refiere a la construcción de pedestales desde el nivel de cimentación hasta el nivel de contrapiso, u otro si se especifica.

CALLE 23 No.14 – 51 oficina 403 TELEFAX (0*6) 741 30 15 ARMENIA QUINDIO
CEL. (03) 315-5485435 e-mail: pavco37@gmail.com



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

12.19.1 Características

Dimensiones: aquellas especificadas en los planos constructivos de acuerdo con el diseño realizado.

Material: Concreto: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Acero:
 $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi \geq 3/8\text{I}$
 $F_y = 2600 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi < 3/8\text{I}$
Concreto pobre para solado

12.19.2 Proceso constructivo

La superficie de apoyo del pedestal debe sellarse con un concreto pobre (solado) de aproximadamente 5cm de espesor. Se coloca el refuerzo del pedestal de forma que amarre con la zapata y la columna y se asegura firmemente. Se procede a vaciar el concreto de la cimentación. En caso de que la cimentación y la columna ya exista, se debe anclar el refuerzo longitudinal a la zapata y el refuerzo transversal a la columna.

12.20 CONSTRUCCIÓN DE VIGAS DE CIMENTACIÓN CONCRETO 280 kg/cm²

Este ítem se refiere a la construcción de vigas de cimentación concéntricas o excéntricas que estén contempladas dentro del reforzamiento del edificio.

12.20.1 Características

Dimensiones: aquellas especificadas en los planos constructivos de acuerdo con el diseño realizado.

Material: Concreto: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$,
Acero: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi \geq 3/8\text{I}$
 $F_y = 2600 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi < 3/8\text{I}$
Concreto pobre para solado

12.21 Proceso constructivo

La superficie de apoyo de la viga debe sellarse con un concreto pobre (solado) de aproximadamente 5cm de espesor. Se coloca el refuerzo de la viga y se asegura firmemente. Se procede a vaciar el concreto.

12.22 CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS CONCRETO

Este ítem se refiere a la construcción de columnas que estén contempladas dentro del reforzamiento del edificio.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

12.22.1 Características

Dimensiones: aquellas especificadas en los planos constructivos de acuerdo con el diseño realizado.

Material: Concreto: $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Acero:
 $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2, \Phi \geq 3/8\text{''}$
 $F_y = 2600 \text{ kg/cm}^2, \Phi < 3/8\text{''}$

12.22.2 Proceso constructivo

Una vez construida la cimentación (tipo zapata), se debe armar el castillo de refuerzo hasta llegar a la viga a la que se amarrará (viga aérea). En caso de que la viga aérea exista, esta debe apuntalarse a ambos lados del sitio donde se conectará la columna, para poder demoler el concreto de la viga en donde se formará el nuevo nudo.

Se debe formaletear la columna dejando ventanas en la parte superior para permitir el vaciado de acuerdo con las dimensiones que aparecen en los planos. Se puede retirar la formaleta de la columna después de 72 horas de su fundición.

12.23 CONSTRUCCIÓN DE VIGAS AÉREAS

Este ítem se refiere a la construcción de vigas que estén contempladas dentro del reforzamiento del edificio.

12.23.1 Características

Dimensiones: aquellas especificadas en los planos constructivos de acuerdo con el diseño realizado.

Material: Concreto: $f'c = 210 - 280 \text{ kg/cm}^2$,
Acero: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2, \Phi \geq 3/8\text{''}$
 $F_y = 2600 \text{ kg/cm}^2, \Phi < 3/8\text{''}$

12.23.2 Proceso constructivo

Formaletear la viga en los sitios donde se construirá. En caso de que la viga se vaya a conectar a un nudo existente, se debe demoler el nudo para conectar los refuerzos de la viga a construir. En los sitios donde se construirán las vigas se deben desmontar las cubiertas y realizar los reforzamientos.

Se puede retirar la formaleta de la viga después de 72 horas de su fundición.

12.24 DILATACIÓN SISMICA

Este ítem se refiere al corte y sellado de las losas y vigas por donde se dilatarán los

CALLE 23 No.14 – 51 oficina 403 TELEFAX (0*6) 741 30 15 ARMENIA QUINDIO

CEL. (03) 315-5485435 e-mail: pavco37@gmail.com



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

edificios.

12.24.1 Características

Dimensiones: aquellas especificadas en los planos constructivos de acuerdo con el diseño realizado.

Material: Platinas de bronce

12.24.2 Proceso constructivo

Las losas o vigas a cortar deberán estar bien apuntaladas. Con una cortadora de disco de diamante, se procede a realizar el corte del ancho especificado a lo largo de las losas o vigas a dilatar. Para sellar el corte longitudinal, se deberá instalar una platina de bronce.

12.25 REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Este ítem se refiere a los trabajos de reforzamiento de elementos no estructurales, más específicamente muros divisorios y de fachada, y muros culata. Estos trabajos consisten en la construcción de columnetas y cintas de amarre.

12.25.1 Características

Dimensiones: aquellas especificadas en los planos constructivos de acuerdo con el diseño realizado.

Material: Concreto: $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$,
Acero: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi \geq 3/8$ ||
 $F_y = 2600 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi < 3/8$ ||
Anclaje Tipo Hilti RE500

12.25.2 Proceso constructivo

Las columnetas de amarre y de dilatación deben ser ancladas a la viga de cimentación y viga de amarre aéreo existente o a construir. En caso de que no exista la viga de cimentación, la columneta se debe anclar al contrapiso.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

13 ETAPAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

Se debe realizar el reforzamiento estructural por etapas, con el objetivo de no debilitar las estructuras. Para la ejecución de los reforzamientos y su orden secuencial se pueden tener en cuenta los siguientes criterios:

- Costo: Edificios cuya asignación presupuestal cubra toda la obra de reforzamiento.
- Reubicación de áreas y servicios: Edificios cuya intervención estructural no requiera movilizar muchas áreas que generan traumatismos, a menos que se dispongan de otros lugares para atender estos servicios (reubicación). En este caso, las obras de reforzamiento deben ser planeadas con anticipación.
- Se puede disminuir la vulnerabilidad funcional del Hospital a un muy bajo costo. Para ello se debe disponer de personal que limpie periódicamente los cielos falsos, ajuste o ancle elementos que puedan ser volcados durante un sismo, etc.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El Hospital Santander del Municipio de Caicedonia presenta vulnerabilidad sísmica a la luz de la Norma NSR-10.
- Se debe intervenir estructuralmente el Hospital Santander del Municipio de Caicedonia , con el objetivo de mejorar su capacidad de disipación de energía ante un evento sísmico.
- Los edificios cuyo sistema estructural es pórticos de concreto reforzado, se propone recalce de columnas y construcción de vigas y columnas nuevas. Adicionalmente se deben dilatar las edificaciones que comparten elementos estructurales.
- Se propone realizar cambios en la estructura y remplazar los muros en mampostería, por un sistema de muros livianos en algunas partes.
- Se propone cambiar la cubierta en teja de barro, por una cubierta en teja liviana reduciendo así la carga en los edificios.
- Se recomienda disminuir la vulnerabilidad funcional del Hospital, anclando elementos pesados, ajustando elementos que puedan derramarse.
- Se debe efectuar un estricto control de calidad en el proceso de reparación, restauración y refuerzo de las edificaciones.
- Se debe efectuar un plan de mitigación de riesgos y prevenir a la comunidad del Hospital sobre lo que debe y no debe hacer en caso de presentarse un sismo.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL

M.Sc. Estructuras EAFIT

15 PRESUPUESTO

Se calculó el valor aproximado de los trabajos de reforzamiento estructural que deben realizarse en el Hospital Santander del Municipio de Caicedonia.

Este presupuesto contempla solo la obra de reforzamiento de elementos estructurales. El costo de reforzar los elementos no estructurales no se incluye, pero se estima que puede sobrepasar el valor del reforzamiento estructural.

También se incluye el presupuesto de elementos no estructurales que hacen parte del reordenamiento físico-funcional del hospital.

Tabla 12: Presupuesto



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

16 REFERENCIAS

Código Colombiano de Construcciones sismo-resistente Decreto 1400 de Junio 7 de 1984

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente Ley 400 de 1997- Decreto 33 de 1998.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resis-Tente NSR-10, Decreto número 926 de 2010

Ingeominas- BGS. (instituto Nacional de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química - British Geological Survey). Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Valle del Cauca, 1:300.000. Ingeominas Bogotá. 1992.

Seismic Behavior of Waffle-Flat Plate Buildings, Autores Roberto Melli, Mario Rodriguez.

Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings. Paulay Priestley editorial Wiley.

Patología de las estructuras de concreto reforzado Ing. Manuel I. Prada Girón

Estructuras de concreto reforzado Park and Paulay Edit Limusa.



PEDRO ANTONIO VALENCIA CORREA

INGENIERO CIVIL
M.Sc. Estructuras EAFIT

17 ANEXOS

Memorias de
Calculo
Presupuesto
Registro
Fotografico
Planos de Levantamiento y
Reforzamiento Pruebas de extracción
de nucleos
CD con copia de la memoria y planos