



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE

CONTRATO DE CONSULTORIA No. 787 DE 2014

ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD SISMICA Y LOS DISEÑOS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES, CON FUNDAMENTO EN EL REGLAMENTO COLOMBIANO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10 DE EDIFICACIONES DEL SENIA A NIVEL NACIONAL, UBICADAS EN ZONAS DE AMENAZA SISMICA ALTA E INTERMEDIA FASE 2.

INFORME DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL – VULNERABILIDAD

SENA GIRÓN - CENTRO INDUSTRIAL DEL MANTENIMIENTO INTEGRAL
CÓDIGO: 9224 DIRECCIÓN: Km 7 PALENQUE VIA RINCON DE GIRÓN



VERSION 2

ORIGINAL

BOGOTA D.C., MAYO DE 2015

TECNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERIA S.A.S.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
SENA		

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

ÍNDICE VERSIÓN	SECCION MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
0		30/01/2015	
1		17/02/2015	
2		15/05/2015	

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

TITULO DOCUMENTO:		INFORME DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD				
DOCUMENTO No:		No. 2				
A P R O B A C I Ó N	NUMERO DE REVISIÓN		0	1	2	
	RESPONSABLE POR ELABORACIÓN "Profesional que elabora documento"	Nombre:		MIGUEL ROSERO	MIGUEL ROSERO	MIGUEL ROSERO
		Firma:				
		Fecha:		30/01/2015	17/02/2015	15/05/2015
	RESPONSABLE REVISIÓN "Director de Estudios"	Nombre:		MIGUEL ROSERO	MIGUEL ROSERO	MIGUEL ROSERO
		Firma:				
		Fecha:		30/01/2015	17/02/2015	15/05/2015
	RESPONSABLE APROBACIÓN "Director de Estudios"	Nombre:		MIGUEL ROSERO	MIGUEL ROSERO	MIGUEL ROSERO
		Firma:				
		Fecha:		30/01/2015	17/02/2015	15/05/2015



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	13
2	LOCALIZACIÓN	15
3	ANTECEDENTES.	16
3.1	RESEÑA HISTORICA E INFORMACION ENCONTRADA DE LA EDIFICACION	16
3.2	DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA	18
3.3	DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL	18
3.3.1	<i>ESTRUCTURA 2</i>	19
3.3.2	<i>ESTRUCTURA 8</i>	19
3.3.3	<i>ESTRUCTURA 9</i>	21
3.4	CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES	21
4	INVESTIGACIÓN EN CAMPO.....	22
4.1	GENERALIDADES	22
4.2	ACTIVIDADES Y ENSAYOS REALIZADOS	22
4.3	LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL	25
4.4	INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO	27
5	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	28
5.1	RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y DESCRIPCIÓN DE NÚCLEOS	28
5.1.1	<i>RESULTADOS CONCRETOS ESTRUCTURA 2</i>	29
5.1.2	<i>RESULTADOS CONCRETOS ESTRUCTURA 8</i>	30
5.2	DESCRIPCIÓN DE LOS CONCRETOS ENSAYADOS	31
5.3	ENSAYO DE CARBONATACIÓN	33



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

5.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON FENOLFTALEINA	33
5.5	LEY DE FICK	35
5.6	CORROSIÓN	37
6	PATOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS.....	39
6.1	INSPECCIÓN VISUAL DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE LOS MATERIALES	39
6.1.1	<i>ESTRUCTURA 2</i>	39
6.1.2	<i>ESTRUCTURA 8</i>	42
6.1.3	<i>ESTRUCTURA 9 – TANQUE</i>	45
7	MODELACIÓN ESTRUCTURAL.....	46
7.1	BASES DE CÁLCULO	46
7.2	MODELO MATEMÁTICO	47
7.2.1	<i>ESTRUCTURA 2</i>	47
7.2.2	<i>ESTRUCTURA 8</i>	48
7.2.3	<i>ESTRUCTURA 9 – TANQUE</i>	49
7.3	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	50
7.4	PARÁMETROS DE CALIDAD DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	50
	<i>7.4.1 CALIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS POR CALIDAD DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.</i>	50
7.5	PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO Y UBICACIÓN EN EL MAPA DE MICROZONIFICACIÓN SISMICA	52
	<i>7.5.1 COEFICIENTES DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA</i>	57
7.6	COMBINACIONES DE CARGA	60
	<i>7.6.1 COMBINACIONES PARA DERIVAS</i>	60
	<i>7.6.2 COMBINACIONES PARA DISEÑO</i>	61

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7.7	EVALUACIÓN DE CARGAS	62
7.7.1	CARGA MUERTA	63
7.7.2	CARGA VIVA	63
7.8	SOLICITACIONES SÍSMICAS	64
7.9	ÍNDICES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	64
7.9.1	INDICES DE FLEXIBILIDAD	64
7.9.2	INDICES DE SOBRESFUERZO	64
8	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	67
8.1	ESTRUCTURA 2	67
8.2	ESTRUCTURA 8	68
8.3	ESTRUCTURA 9 - TANQUE ELEVADO	68
8.4	MECANISMO DE FALLA	69
8.5	RESUMEN ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	69
9	DIAGNOSTICO Y/O CONCLUSIONES DEL ESTADO ACTUAL DE LAS ESTRUCTURAS DEL SENA SEDE GIRÓN Y CONDICIONES PARA SOPORTAR SISMOS	73
9.1	ESTRUCTURA 2	73
9.2	ESTRUCTURA 8	74
9.3	ESTRUCTURA 9- TANQUE ELEVADO	75
9.4	MAMPOSTERIA DE FACHADAS	76
10	DIAGNÓSTICO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE ACUERDO AL TÍTULO J DE LA NSR-10.	77
10.1	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL USO DE LA EDIFICACIÓN Y GRUPO DE OCUPACIÓN.	77



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

10.2 CLASIFICACIÓN DE EDIFICACIONES EN FUNCIÓN DEL RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS O AMENAZA DE COMBUSTIÓN 78

10.3 EVALUACIÓN DE LA PROVISIÓN DE RESISTENCIA CONTRA FUEGO EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS EDIFICACIONES. 80

11 REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL 82

12 BIBLIOGRAFÍA 84

13. ANEXOS

13.1	ESTRUCTURA #2
13.2	ESTRUCTURA #8.1
13.3	ESTRUCTURA #8.2
13.4	ESTRUCTURA #8.3
13.5	ESTRUCTURA #9 - TANQUE
13.6	ENSAYOS DE LABORATORIO
13.7	EXPLORACIÓN ESTRUCTURAL
13.8	RELACIÓN DE NÚCLEOS
13.9	PLANOS ESTRUCTURALES

NOTA: Cada una de las estructuras relacionadas en la tabla de ANEXOS anterior contiene: Datos generales, Cálculo de volumen y densidades, Avalúo de cargas, Análisis sísmico, Derivas y torsión, Índices de flexibilidad vertical, Resistencia efectiva, Índices de capacidad de cimentación, Índices de sobreesfuerzo, Resistencia mínima a flexión según C.21.6.3 y el Reporte de Etabs.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Planos de levantamiento estructural	12
Tabla 2 áreas y años de construcción. Edificaciones en estudio de vulnerabilidad	16
Tabla 3 Resultados de resistencia a compresión del concreto columnas y vigas, en probetas de 2.5". SENA sede Girón - Estructura 2 (1993)	29
Tabla 4 Resultados de resistencia a compresión del concreto columnas, en probetas de 2.5". SENA sede Girón - Estructura 8 (1985)	30
Tabla 5 Resultados de carbonatación y descripción de muestras, en probetas de 2 1/2"	35
Tabla 6 Coeficiente que tiene en cuenta las características del concreto penetrado Estructura 2 del año 1993	36
Tabla 7 Coeficiente que tiene en cuenta las características del concreto penetrado Estructura 8 del año 1985	36
Tabla 8 Indicadores de corrosión.	38
Tabla 9 Sistema estructural - SENA sede Girón	46
Tabla 10 Resumen propiedades mecánicas del concreto	50
Tabla 11 Coeficientes de reducción de resistencia estructuras	51
Tabla 12 Coeficientes espectrales de diseño	52
Tabla 13 Coeficientes espectrales de Umbral de Daño	55
Tabla 14 Periodo de las estructuras	57
Tabla 15 Coeficiente de disipación de energía	59



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 16 Asignación de cargas vivas	63
Tabla 17 Índices de sobreesfuerzo (Estructura 2)	66
Tabla 18 Índices de sobreesfuerzo (Estructura 8)	66
Tabla 19 Índices de sobreesfuerzo (Estructura 9)	67
Tabla 20 Vulnerabilidad sísmica de las estructuras, calculada con la envolvente de combinaciones de carga (Espectro de Diseño)	70
Tabla 21 Vulnerabilidad sísmica de las estructuras, calculada con la envolvente de combinaciones de carga (Espectro Umbral de Daño)	70
Tabla 22 Vulnerabilidad sísmica de las estructuras, calculada con la envolvente de combinaciones de carga (Ordenada Espectral Amplificada a 20%)	70
Tabla 23 Vulnerabilidad sísmica de las estructuras, calculada con la envolvente de combinaciones de carga (Ordenada Espectral Reducida 20%)	71
Tabla 24. Sistemas estructurales permitidos en zonas de amenaza sísmica	76
Tabla 25. Sistemas de Mampostería permitidos por la NSR-10 en zonas de amenaza sísmica.....	76
Tabla 26. Grupos y subgrupos de ocupación (Tabla J.1.1-1, NSR-10)	78
Tabla 27. Categorización de las edificaciones para efectos de resistencia contra el fuego de acuerdo con su uso, área construida, y número de pisos. (Tabla J.3.3-1, NSR-10).	79
Tabla 28. Categorización de riesgo estructuras 1, 2, 3 y 4.....	80
Tabla 29. Diagnóstico elementos concreto (columnas, muros)	80
Tabla 30. Diagnóstico elementos concreto (losas, viguetas y vigas)	80
Tabla 31. Diagnóstico elementos mampostería (estructural y no estructural)	81



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Relación resultados resistencia a la compresión concretos columnas y vigas. SENA sede Girón - Estructura 2.....	29
Gráfica 2 Relación resultados resistencia a la compresión concretos columnas. SENA sede Girón Estructura 8	30
Gráfica 3 Espectro de diseño NSR-10	54
Gráfica 4 Espectro de diseño. Ordenada espectral reducido 20%.....	54
Gráfica 5 Espectro de diseño. Ordenada espectral amplificado 20%	55
Gráfica 6 Espectro en el Umbral de Daño	56

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Localización general sitio de estudio	15
Ilustración 2 SENA sede Girón. Ubicación y numeración de estructuras.....	18
Ilustración 3 Estructura 2. Fachada principal.....	19
Ilustración 4 Estructura 2. Corte A-A de la Edificación.	19
Ilustración 5 Estructura 8. Fachada principal y división de estructuras	20
Ilustración 6 Estructura 8. Ubicación de estructuras 8.1, 8.2 y 8.3	20
Ilustración 7 Estructura 9. Alzado y vista en planta del tanque.	21
Ilustración 8 Estructura 2. Cimentación.	26
Ilustración 9 Modelo tridimensional (Estructura 2)).....	47



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Ilustración 10 Modelo tridimensional (Estructura 8.1)	48
Ilustración 11 Modelo tridimensional (Estructura 8.2)	48
Ilustración 12 Modelo tridimensional (Estructura 8.3)	49
Ilustración 13 Modelo tridimensional (Estructura 9 Tanque Elevado)	49
Ilustración 14 Cargas Sísmicas.....	62

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Edificio #2.....	16
Foto 2 Edificio #8.....	17
Foto 3 Edificio #9, Tanque.....	17
Foto 4 Estructura 2. Piso 1, Columna E-1. Exploración mediante regata, Carbonatación.	23
Foto 5 Estructura 8, Piso 1, Columna C-5. Regata, carbonatación.....	23
Foto 6 Estructura 2. piso 2, Viga G(1-2) Regata y carbonatación.....	23
Foto 7 Estructura 8. Piso 1, Eje H-4, Extracción de Núcleo, Regata y carbonatación.	23
Foto 8 Estructura 8. Piso 2. Regata y carbonatación en Placa.....	24
Foto 9 Estructura 8. Nivel sótano, Eje C (4-5). Muro de Contención. Regata y carbonatación.....	24
Foto 10 Estructura 2. Levantamiento de cubierta.....	24
Foto 11 Estructura 9 - Tanque. Piso 1, Apique 8.	24



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Foto 14 Estructura 2. Cimentación. Apique 2.	26
Foto 12 Estructura 8. Núcleo No. 1	26
Foto 13 Estructura 2. Núcleo No. 18.....	26
Foto 15 Cilindro de concreto #3, presencia de sobre tamaños, mala gradación, Carbonatación.	32
Foto 16 Cilindro de concreto #16, presencia de sobre tamaños, mala gradación.	32
Foto 17 Cilindro de concreto #13, Presencia de carbonatación.	32
Foto 18 Estructura 2. Aplicación de fenolftaleína núcleo #13, presencia de carbonatación máxima profundidad 55mm.	34
Foto 19 Estructura 8. Núcleo #3, Aplicación de fenolftaleína, presencia de carbonatación máxima profundidad 62mm	34
Foto 20 Estructura 8. Núcleo #3, Aplicación.....	34
Foto 21 Corrosión de aceros en elementos estructurales.....	40
Foto 22 Carbonatación de concreto en viga. 55 mm de profundidad.	40
Foto 23 Presencia de grietas en muros.....	41
Foto 24. presencia de grietas en pisos y techos.....	41
Foto 25 Presencia de humedad.	41
Foto 26. Estructura 8, Corrosión de aceros.....	43
Foto 27. Presencia de acero de refuerzo liso en algunos elementos estructurales mezclado con acero corrugado.	43
Foto 28. Presencia de grietas en mampostería y vigas.....	43



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Foto 29. Presencia de Humedad en placas.	43
Foto 30 Levantamiento de cubiertas. Pernos de anclaje, corrosión.	44
Foto 31 Escarificación de vigas, Refuerzo expuesto, corrosión.	44
Foto 32 presencia de vigas con sección mayor a la sección de las columnas	44
Foto 33 Asentamientos. Grietas en escalera	44
Foto 34 Estructura 9, Tanque.	45
Foto 35 Estructura 9. Cimentación, vigas en concreto ciclópeo.	45

TABLA DE PLANOS

Tabla 1. Planos de levantamiento estructural

LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL SENA SEDE GIRON		
NUMERO	ESTRUCTURA	CONTENIDO
1 de 4	2	PLANTA CIMENTACION DETALLES CIMENTACION
2 de 4	2	PLANTA N+2.87, PORTICO EJE 1, DETALLES
3 de 4	2	PLANTA N+6.55, PORTICO EJE 2, DETALLES
4 de 4	2	PORTICOS EJES 3 y 4, DETALLES CERCHA
1 de 6	8.1	PLANTA CIMENTACION, DETALLES DE CIMENTACION
2 de 6	8.1	PLANTA N+4.24, DETALLES
3 de 6	8.1	PLANTA N+7.89, DETALLES
4 de 6	8.1	PLANTA N+12.09, DETALLES CERCHA
5 de 6	8.1	PORTICOS EJES 5,6, y E
6 de 6	8.1	PORTICOS EJES 1,A,y C
1 de 3	8.2	PLANTA CIMENTACION, PORTICOS 1,4,E,F,y G DETALLES DE CIMENTACION
2 de 3	8.2	PLANTA ESTRUCTURAL N+3.65, DETALLES DE CUBIERTA
3 de 3	8.2	PLANTA ESTRUCTURAL N+7.85, PORTICOS H y D', DETALLES DE CUBIERTA
1 de 4	8.3	PLANTA CIMENTACION, DETALLES CIMENTACION
2 de 4	8.3	PLANTA N+3.60, PORTICO EJE H', DETALLES
3 de 4	8.3	PLANTAS N+6.30, PORTICO EJE O, DETALLES
4 de 4	8.3	PORTICOS EJES 6 y 3, DETALLES CERCHA
1 de 1	9	PLANTA CIMENTACION, DETALLES , PLANTA N+4.79 Y N+7.51 Y PORTICOS



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

1 INTRODUCCIÓN.

Bajo el contrato No. 787 del 1 de agosto de 2014 suscrito entre Técnicas Colombianas de Ingeniería TCI y el servicio nacional de aprendizaje SENA, cuyo objeto es “Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2”; se cobija el presente documento de diagnóstico ESTRUCTURAL. Este se ha estructurado bajo las condiciones establecidas en las reglas de participación, anexo técnico 1: ALCANCE ESPECÍFICO DE LA CONSULTORIA que hace parte del proceso CM DG 15 de 2014 publicada en la página de contratación.

El presente informe tiene como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras ante los sismos de diseño actuantes, tomando como base la Norma Sismo resistente Colombiana (NSR-10).

Para determinar esta vulnerabilidad, se definieron tres etapas que se pueden resumir así:

- Etapa 1: Levantamiento arquitectónico, estructural y ensayos de campo.
- Etapa 2: Modelación y cálculo de índices de sobre esfuerzo y flexibilidad.
- Etapa 3: Diseño del reforzamiento estructural.

Para determinar la vulnerabilidad sísmica de la estructura, ha sido necesario definir los materiales estructurales, las características de las secciones de los elementos estructurales y no estructurales, las cargas reales que actúan sobre la estructura (muerta, viva y de sismo) y el espectro de diseño definitivo para realizar el análisis sísmico y el eventual dimensionamiento del reforzamiento, acorde con lo exigido por la normatividad, siendo necesario establecer un coeficiente de importancia que se obtiene según el tipo de uso que tenga actualmente la estructura.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Adicionalmente se ha estudiado el comportamiento dinámico que presenta la estructura, la cual se analiza generalmente con el método de análisis dinámico elástico espectral según el caso y se han verificado las derivas máximas demandadas comparándolas con los valores admisibles establecidos por las normas vigentes, con el fin de establecer niveles de daño esperados o posible inestabilidad de los elementos.

Después de identificarse la vulnerabilidad estructural de la edificación, se plantea la alternativa de reforzamiento estructural, teniendo en cuenta las mejores condiciones desde el punto de vista técnico, funcional, económico y de fácil intervención de la estructura.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

2 LOCALIZACIÓN

El SENA sede de Girón se encuentra ubicada en el Km 7 vía Rincón de Girón del municipio del departamento de Santander, cuenta con un área aproximada de 6367.6 m² aprox., en la que se plantea el objeto de intervención. Se encuentra a una altura promedio de 777 metros sobre el nivel del mar, y su temperatura promedio es de 24°C. En la Figura siguiente se presenta la localización general del sitio de estudio.



Ilustración 1: Localización general sitio de estudio

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

3 ANTECEDENTES.

3.1 RESEÑA HISTORICA E INFORMACION ENCONTRADA DE LA EDIFICACION

Son varias las edificaciones que conforman esta sede del SENA de Girón, pero solo tres de ellas hacen parte de este estudio de vulnerabilidad y reforzamiento fase 2, las cuales se pueden evidenciar en la siguiente tabla junto con el número de pisos, el área construida y el año de construcción de cada edificación en estudio.

Tabla 2 áreas y años de construcción. Edificaciones en estudio de vulnerabilidad

SENA- GIRÓN			
Nº ESTRUCTURA	Nº PISOS	ÁREA CONSTRUIDA	AÑO CONSTRUCCIÓN
2	2	1360.67	1993
8	8.1 - 8.2 - 8.3	4992.38	1985
9 TANQUE	9	14.55	1993

De los edificios nombrados anteriormente, no se pudo encontrar mucha información con respecto a la parte estructural, solo se pudieron apreciar unos planos arquitectónicos y de ubicación. A continuación en la Foto 1, 2 y 3 se pueden apreciar las tres edificaciones en estudio.



Foto 1. Edificio #2

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.



Foto 2 Edificio #8



Foto 3 Edificio #9, Tanque

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

3.2 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

El SENA sede Girón, está conformado por una serie de edificaciones (15) de uno, dos o tres pisos. Esta distribución se puede apreciar en la siguiente imagen, donde se indica además la ubicación y numeración de edificaciones.

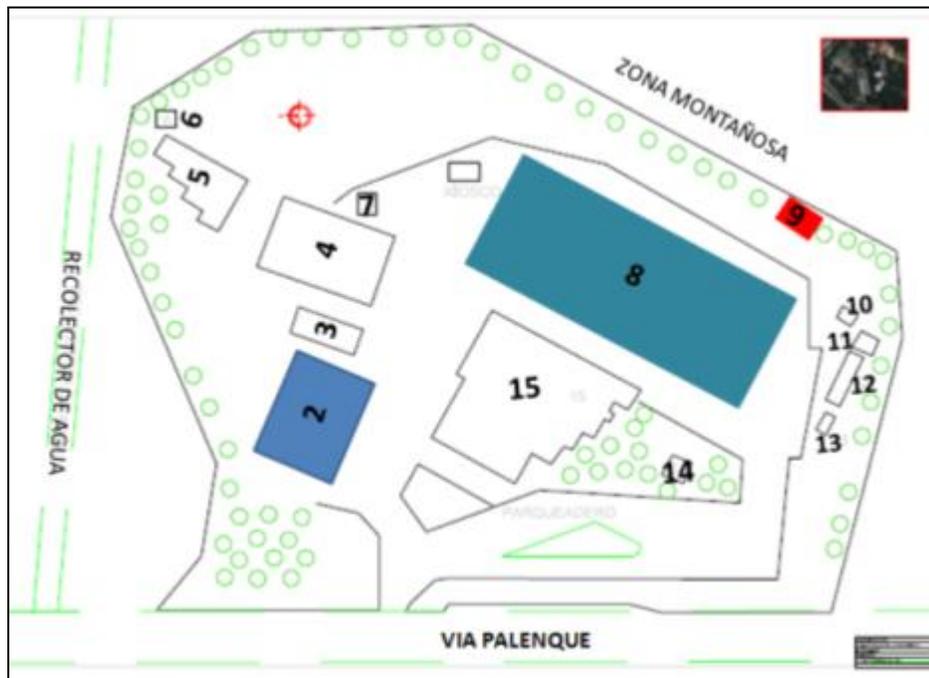


Ilustración 2 SENA sede Girón. Ubicación y numeración de estructuras

Al lado izquierdo se puede apreciar la canalización de aguas naturales y al frente la vía principal.

3.3 DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL

De acuerdo al levantamiento estructural de las edificaciones en estudio, se establecieron las siguientes estructuras para su modelamiento.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

3.3.1 ESTRUCTURA 2

Esta estructura cuenta con un sistema estructural de pórticos de concreto reforzado armados en una dirección. Está conformada por dos pisos y una cubierta en estructura metálica. A continuación se puede observar la fachada principal y un corte de la estructura, donde se puede apreciar los dos pisos y la forma de la cubierta.

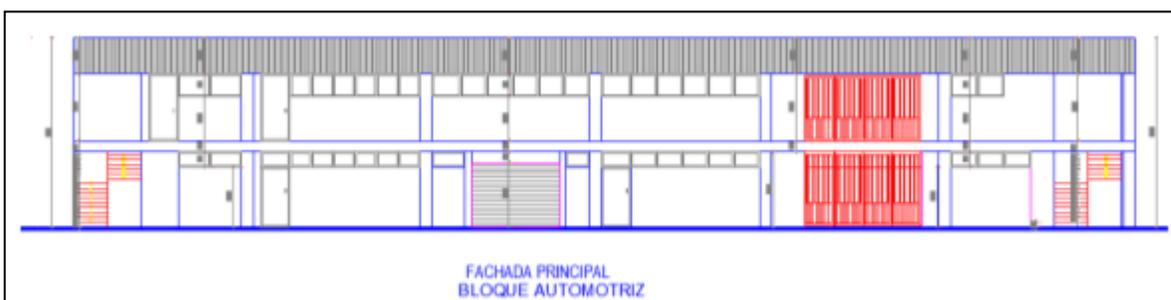


Ilustración 3 Estructura 2. Fachada principal

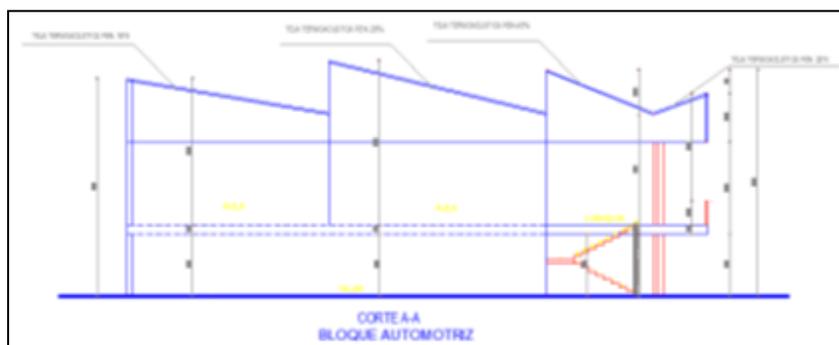


Ilustración 4 Estructura 2. Corte A-A de la Edificación.

3.3.2 ESTRUCTURA 8

Las estructuras que conforman esta edificación son 3 con un sistema estructural de pórticos de concreto reforzado armados en una dirección; donde la estructura 8.1 cuenta con tres pisos con una altura total de 13.70 m, la estructura 8.2 tiene 2

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

pisos con una altura final de 10.21 m y la estructura 8.3 cuenta con un piso con la misma altura total de la estructura 8.2. Al igual que la estructura 2, cuenta con una cubierta con estructura metálica compuesta de marcos, cerchas y correas.

A continuación se puede apreciar la fachada principal de la estructura 8 junto con la distribución de las estructuras.

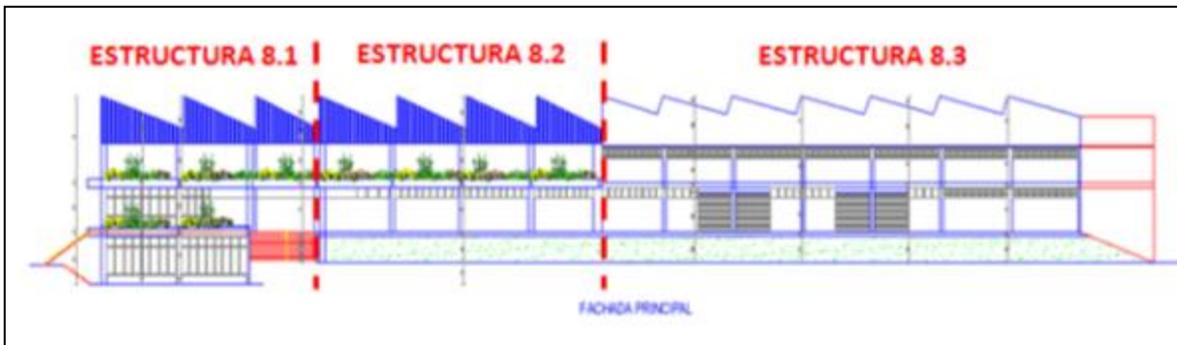


Ilustración 5 Estructura 8. Fachada principal y división de estructuras

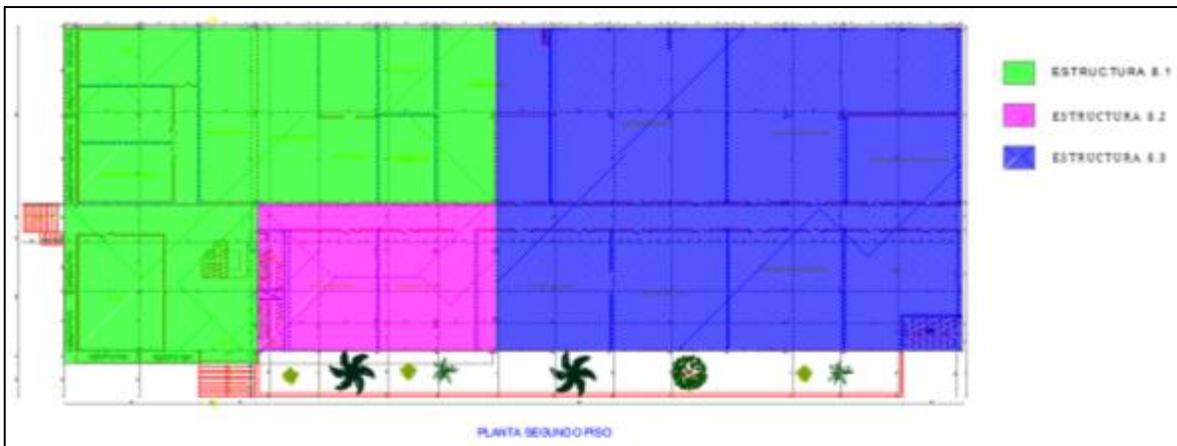


Ilustración 6 Estructura 8. Ubicación de estructuras 8.1, 8.2 y 8.3

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

3.3.3 ESTRUCTURA 9

Esta estructura es la que conforma el tanque elevado, el cual consta de cuatro columnas, una placa y mampostería, cuenta con una altura total de 7.51 m. A continuación se presenta la fachada y dimensiones de la estructura.

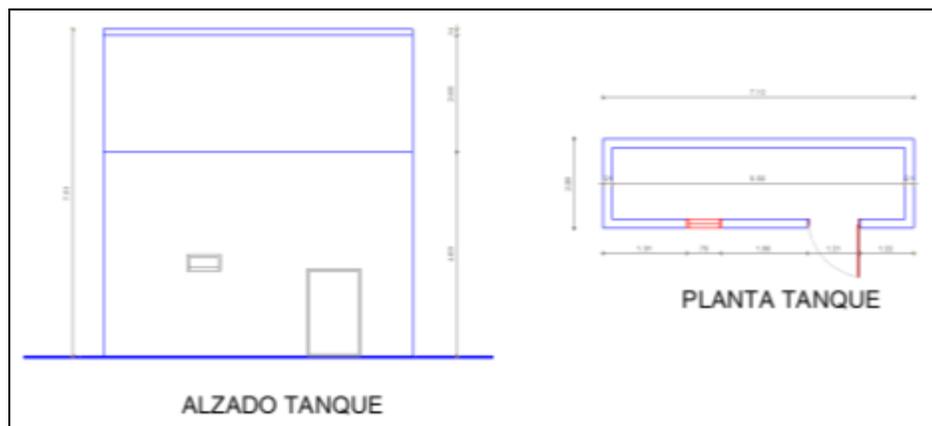


Ilustración 7 Estructura 9. Alzado y vista en planta del tanque.

3.4 CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES

Esta clasificación se realiza con base en el tipo de uso y ocupación que se le esté dando a la edificación; para el caso del SENA, pertenece al grupo de uso III que son edificaciones de atención a la comunidad, clasificadas como edificios universidades y otros centros de enseñanza, a continuación se extrae el artículo A.2.5.1.2 de la NSR-10.

A.2.5.1.2 — Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

- (a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
- (b) Garajes de vehículos de emergencia,
- (c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
- (d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza,
- (e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional, y
- (f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

4 INVESTIGACIÓN EN CAMPO

4.1 GENERALIDADES

Con el fin de confirmar y determinar las condiciones actuales de las diferentes edificaciones, se han desarrollado las labores necesarias para establecer el sistema estructural, estado en que se encuentra la construcción y las propiedades de los materiales estructurales; igualmente se han efectuado las actividades de exploración y trabajo de campo, dentro de los cuales se encuentran el levantamiento estructural, distribución del acero de refuerzo, entre otros.

4.2 ACTIVIDADES Y ENSAYOS REALIZADOS

Se han realizado las siguientes actividades y ensayos en las estructuras:

- Levantamiento estructural, en donde se ha definido el sistema estructural, estado de los elementos estructurales que conforman la edificación, evidencia de sismos y presencia de posibles asentamientos.
- Verificación del reforzamiento en los elementos estructurales más representativos mediante la realización de regatas.
- Evaluación de la calidad del concreto, mediante la extracción de núcleos en vigas y columnas, para determinar la resistencia a compresión del concreto.
- Ensayos de Profundidad de Carbonatación, realizados sobre regatas.
- Inspección de la cimentación existente (apiques) y exploración del suelo de fundación (sondeos).

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.



Foto 4 Estructura 2. Piso 1, Columna E-1. Exploración mediante regata, Carbonatación.



Foto 5 Estructura 8, Piso 1, Columna C-5. Regata, carbonatación.



Foto 6 Estructura 2. piso 2, Viga G(1-2) Regata y carbonatación.



Foto 7 Estructura 8. Piso 1, Eje H-4, Extracción de Núcleo, Regata y carbonatación.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.



Foto 8 Estructura 8. Piso 2. Regata y carbonatación en Placa.



Foto 9 Estructura 8. Nivel sótano, Eje C (4-5). Muro de Contención. Regata y carbonatación.



Foto 10 Estructura 2. Levantamiento de cubierta.



Foto 11 Estructura 9 - Tanque. Piso 1, Apique 8.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

4.3 LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL

Para determinar la cantidad, distribución y recubrimiento tanto del refuerzo longitudinal como transversal en las vigas y columnas que conforman la estructura, se han realizado regatas, cuya información está consignada en unos formatos para vigas y columnas, los cuales se pueden observar en el anexo de información de campo.

- ✓ De igual forma, se ha llevado a cabo sondeos y apiques con el fin de verificar la cimentación e identificar las características de los suelos en que está apoyada la edificación, obteniéndose lo siguiente:
- ✓ Se han realizado diferentes regatas en columnas y vigas para elaborar el levantamiento.
- ✓ Se tomaron muestras de 24 núcleos para realizar ensayos de rotura a compresión y determinar las características de resistencia del concreto, estos núcleos fueron extraídos de columnas y vigas.
- ✓ Con el fin de determinar y confirmar las características de la cimentación se realizaron ocho (8) apiques en total en el Sena de Girón, los cuales fueron distribuidos de la siguiente manera: en la estructura 2 se realizaron dos (2) apiques, en la estructura 8 se hicieron cinco (5) apiques y en la estructura 9 se llevo a cabo el último apique.

**DIAGNOSTICO
ESTRUCTURAL
VULNERABILIDAD**



Versión 2: Mayo de 2015

Cto. 787 de 2014

Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.



Foto 12 Estructura 8. Núcleo No. 1



Foto 13 Estructura 2. Núcleo No. 18



Foto 14 Estructura 2. Cimentación. Apique 2.

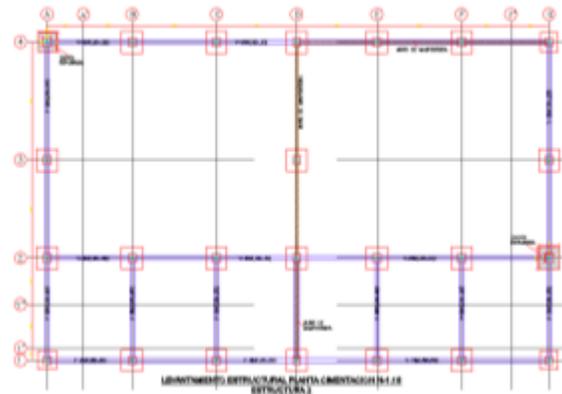


Ilustración 8 Estructura 2. Cimentación.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

4.4 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

El objetivo del estudio de suelos es establecer las condiciones de trabajo de la cimentación que está soportando la estructura y verificar su comportamiento, con base en los resultados de la evaluación de la estructura y del análisis geotécnico. Para la investigación del subsuelo y análisis de la cimentación se presenta un informe. Por otra parte dentro de los anexos se presentan los índices de capacidad de las cimentaciones, del mismo se puede establecer que la condición de la cimentación cumple los esfuerzos para las condiciones de carga muerta más viva.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

5 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

5.1 RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y DESCRIPCIÓN DE NÚCLEOS

Con el fin de determinar la resistencia a compresión del concreto, se han realizado ensayos de compresión sobre los núcleos extraídos de los elementos estructurales, siguiendo el proceso descrito en la norma ASTM C-42-94; la ubicación de los núcleos y los resultados de compresión del Sena sede Girón, se presentan en la Tabla 3. Los formatos de los ensayos de laboratorio se pueden observar en el anexo de resultados de laboratorio por estructuras.

Los ensayos de compresión de cilindros fueron ejecutados en los laboratorios de GREGORIO ROJAS, ubicados en la ciudad de Bogotá.

A continuación se presentan los resultados de concretos para las estructuras correspondientes al Sena sede Girón, tanto para columnas como vigas en el caso que aplique.

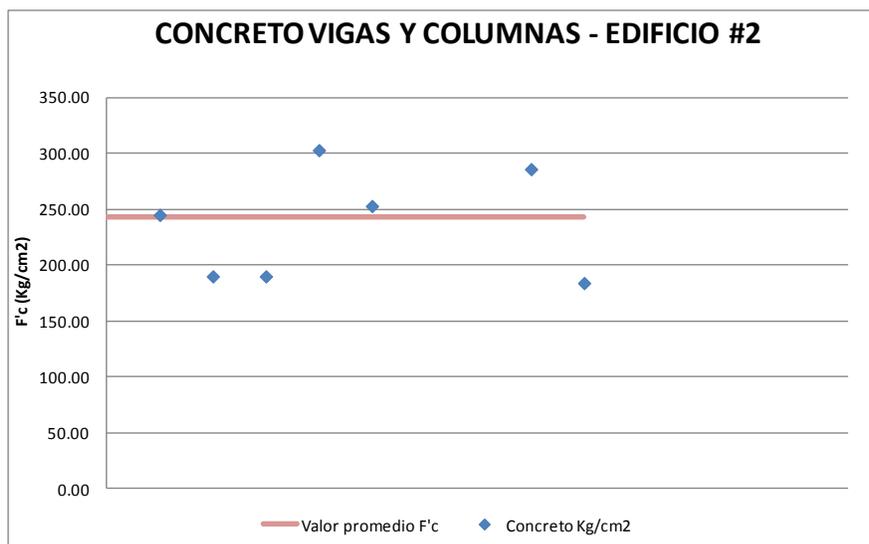
DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

5.1.1 RESULTADOS CONCRETOS ESTRUCTURA 2

Tabla 3 Resultados de resistencia a compresión del concreto columnas y vigas, en probetas de 2.5". SENA sede Girón - Estructura 2 (1993)

MUESTRA	DESCRIPCION	UBICACIÓN	CONCRETO kg/cm2	MUESTRA	DESCRIPCION	UBICACIÓN	CONCRETO kg/cm2
11	COLUMNA	PISO 1	245	16	COLUMNA	PISO 1	252
12	VIGA	PISO 1	190	17	COLUMNA	PISO 1	289
13	VIGA	PISO 1	190	18	VIGA	PISO 2	286
14	COLUMNA	PISO 1	303	19	VIGA	PISO 2	184
15	COLUMNA	PISO 1	253				

DESCRIPCION	CONCRETO
<i>RESISTENCIA PROMEDIO</i>	243.56



Gráfica 1 Relación resultados resistencia a la compresión concretos columnas y vigas. SENA sede Girón - Estructura 2

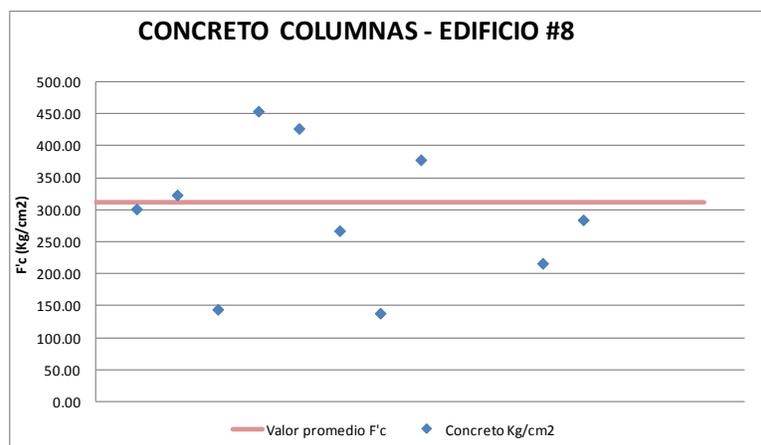
DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

5.1.2 RESULTADOS CONCRETOS ESTRUCTURA 8

Tabla 4 Resultados de resistencia a compresión del concreto columnas, en probetas de 2.5". SENA sede Girón - Estructura 8 (1985)

MUESTRA	DESCRIPCION	UBICACIÓN	CONCRETO kg/cm2	MUESTRA	DESCRIPCION	UBICACIÓN	CONCRETO kg/cm2
1	COLUMNA	PISO 1	302	9	COLUMNA	PISO 1	475
2	COLUMNA	PISO 1	324	10	COLUMNA	PISO 1	460
3	COLUMNA	PISO 1	145	20	COLUMNA	PISO 1	237
4	COLUMNA	PISO 1	455	21	COLUMNA	PISO 1	332
5	COLUMNA	PISO 1	428	22	COLUMNA	PISO 1	240
6	COLUMNA	PISO 1	268	23	COLUMNA	PISO 2	217
7	COLUMNA	PISO 1	139	24	COLUMNA	PISO 2	285
8	COLUMNA	PISO 1	379				

DESCRIPCION	CONCRETO kg/cm2
<i>RESISTENCIA PROMEDIO</i>	312.40



Gráfica 2 Relación resultados resistencia a la compresión concretos columnas. SENA sede Girón Estructura 8

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS CONCRETOS ENSAYADOS

En la Tabla 5 se observa la descripción de los núcleos extraídos, de los cuales se presenta lo siguiente:

Las muestras extraídas presentan una regular gradación, con presencia de poros, los agregados son redondeados extraídos directamente de las canteras sin ningún tipo de trituración, pero con variedad de tamaños y presencia de algunos sobre tamaños.

Se organizan las 24 muestras falladas de acuerdo a su localización y al año de construcción de la edificación y se observa que:

- Estructura 2 (1993): de 9 muestras falladas solo 3 presentaron resultados por debajo de los 200 kg/cm², por el contrario los restantes ensayos presentan resultados mayores a 200 kg/cm², obteniendo en la resistencia del concreto un promedio de 243.56 kg/cm².
- Estructura 8 (1985): de 15 muestras falladas solo 2 presentaron resultados por debajo de los 200 kg/cm², por el contrario los restantes ensayos presentan resultados mayores a 200 kg/cm², obteniendo en la resistencia del concreto un promedio de 312.40 kg/cm².

En los anexos del informe de vulnerabilidad se presenta un registro fotográfico con las características de los 24 núcleos obtenidos para los ensayos de resistencia a la compresión.



Foto 15 Cilindro de concreto #3, presencia de sobre tamaños, mala gradación, Carbonatación.



Foto 16 Cilindro de concreto #16, presencia de sobre tamaños, mala gradación.



Foto 17 Cilindro de concreto #13, Presencia de carbonatación.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

En general los resultados arrojados para las estructuras, indican promedios de 243.56 y 312.40 kg/cm², los cuales indican que es una buena resistencia, esto a pesar de algunas muestras con resultados bajos que son casos puntuales de las estructuras y que no colocan en riesgo para nada la integridad de las mismas.

5.3 ENSAYO DE CARBONATACIÓN

El ensayo de carbonatación consiste en aplicar fenolftaleína al concreto para evidenciar presencia de concreto carbonatado.

La fenolftaleína es un reactivo líquido para medir PH que toma un color púrpura en concretos sanos y color incoloro en concretos carbonatados.

El concreto es un medio alcalino con un PH aproximadamente de doce (12), que recubre y protege al acero de refuerzo de los agentes del medio ambiente.

La carbonatación se produce cuando se presenta la acción de cloruros, sulfatos o dióxido de carbono en el concreto, esto genera una reacción química que deja como consecuencia porosidad del concreto y afecta la protección del concreto al acero, iniciando así procesos de corrosión en el acero de refuerzo al quedar expuesto a los agentes del medio ambiente.

Por otra parte el concreto carbonatado pierde las características de resistencia con el paso del tiempo ya que es similar a un cáncer que debilita la estructura es decir es una degradación química del concreto.

5.4 ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON FENOLFTALEINA

De acuerdo a la exploración estructural realizada y a los concretos obtenidos en el Sena sede Girón, se puede observar que: La estructura 2 presenta una carbonación en las vigas con valores superiores a 30 mm alcanzando valores de hasta 55 mm de profundidad en el primer y segundo piso, mientras que las columnas exploradas presentaron muy poca carbonación.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

La estructura 8, arroja valores de carbonación en columnas desde 20 mm alcanzando los 62 mm de profundidad. Estos resultados desde el punto de vista estructural presentan un estado con baja durabilidad de los concretos y por lo tanto se puede presentar una afectación en el acero de refuerzo llevándolo así a una corrosión de los aceros de las columnas y vigas.

	
<p>Foto 18 Estructura 2. Aplicación de fenolftaleína núcleo #13, presencia de carbonatación máxima profundidad 55mm.</p>	<p>Foto 19 Estructura 8. Núcleo #3, Aplicación de fenolftaleína, presencia de carbonatación máxima profundidad 62mm</p>


<p>Foto 20 Estructura 8. Núcleo #3, Aplicación de fenolftaleína, no presenta carbonación</p>

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 5 Resultados de carbonatación y descripción de muestras, en probetas de 2 1/2".

RELACION DE NUCLEOS, DESCRIPCION DE ESPECIMEN Y ENSAYO DE CARBONATACION											
PROYECTO:		REALIZAR LOS ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y LOS DISEÑOS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES DEL SEN A NIVEL NACIONAL, UBICADAS EN ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA ALTA E INTERMEDIA. FASE 2. ZONA 1									
LOCALIZACION:		GIRON									
ENTIDAD:		SENA									
										Hoja:	de:
NÚMERO	FECHA DE EXTRACCION (D/M/A)	LOCALIZACION DE LA MUESTRA			diámetro de la muestra (pul)	Profund carbonatación (mm)	PRESENCIA DE POROS (S/N)	PRESENCIA DE FISURAS O GRIETAS (S/N)	PRESENCIA DE VACIOS (S/N)	TAMAÑO MÁXIMO DE AGREG (pul)	observaciones de gradación o granulometría y otras
		EJE	RSO	ELEMENTO							
1	24/10/2014	N-3	1	COLUMNA	2.50	25	S	N	N	1 1/8	EDIFICIO A ó #8
2	24/10/2014	N-3	1	COLUMNA	2.50	22	S	N	N	1	
3	24/10/2014	M-4	1	COLUMNA	2.50	62	S	N	N	5/8	
4	24/10/2014	H-4	1	COLUMNA	2.50	30	S	N	N	5/8	
5	24/10/2014	H-4	1	COLUMNA	2.50	30	S	N	N	7/8	
6	24/10/2014	H-4	1	COLUMNA	2.50	40	S	N	N	1	
7	24/10/2014	J-3	1	COLUMNA	2.50	30	S	N	N	1	
8	24/10/2014	J-3	1	COLUMNA	2.50	32	S	N	N	7/8	
9	24/10/2014	E-4	1	COLUMNA	2.50	0	S	N	N	5/8	
10	24/10/2014	E-4	1	COLUMNA	2.50	20	S	N	N	7/8	
11	28/10/2014	G-3	1	COLUMNA	2.50	0	S	N	N	1	
12	28/10/2014	4(F-G)	1	VIGA	2.50	30	S	N	N	5/8	
13	28/10/2014	4(F-G)	1	VIGA	2.50	55	S	N	N	5/8	
14	28/10/2014	G-1	1	COLUMNA	2.50	0	S	N	N	5/8	
15	28/10/2014	G-1	1	COLUMNA	2.50	0	S	N	N	5/8	
16	28/10/2014	F-4	1	COLUMNA	2.50	0	S	N	N	1	
17	28/10/2014	D-4	1	COLUMNA	2.50	0	S	N	N	5/8	
18	28/10/2014	A-1	2	VIGA	2.50	30	S	N	N	5/8	
19	28/10/2014	A-1	2	VIGA	2.50	35	S	N	N	5/8	
20	29/10/2014	H-1	1	COLUMNA	2.50	0	S	N	N	1/2	
21	29/10/2014	C-5	1	COLUMNA	2.50	25	S	N	N	5/8	
22	29/10/2014	C-5	1	COLUMNA	2.50	30	S	N	N	5/8	
23	29/10/2014	H-6	2	COLUMNA	2.50	40	S	N	N	7/8	
24	29/10/2014	H-6	2	COLUMNA	2.50	40	S	N	N	7/8	

5.5 LEY DE FICK

Teniendo en cuenta que los agentes agresivos pueden penetrar el concreto siguiendo generalmente tres mecanismos como lo son: difusión, absorción y permeabilidad, es necesario determinar las características del concreto que ha sido penetrado, mediante la función de la raíz cuadrada del tiempo, que es la que mejor ajusta los fenómenos de difusión y absorción capilar y está dada por la siguiente ecuación de la Ley de Fick:



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

$$X = K * \sqrt{t} \quad \text{LEY DE FICK}$$

Dónde:

K: Coeficiente que engloba todas las características del concreto penetrado y la agresividad del ambiente.

X: Carbonatación (mm).

t: Edad de la estructura, igual a 22 años. Estructura de 1993 (Estructura 2).

t: Edad de la estructura, igual a 30 años. Estructuras de 1985 (Estructura 8).

Tabla 6 Coeficiente que tiene en cuenta las características del concreto penetrado Estructura 2 del año 1993

PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN (X, mm)	K (mm/año)
30	6.40
55	11.73
30	6.40
35	7.46
PROMEDIO	8.00

Tabla 7 Coeficiente que tiene en cuenta las características del concreto penetrado Estructura 8 del año 1985

PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN (X, mm)	K (mm/año)	PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN (X, mm)	K (mm/año)
25	4.56	32	5.84
22	4.02	20	3.65
62	11.32	25	4.56
30	5.48	30	5.48
30	5.48	40	7.30
40	7.30	40	7.30
30	6.12	PROMEDIO	6.03

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

De las anteriores tablas se observa que el valor de K para la estructura 2 del Sena sede Girón, presenta un valor promedio de 8.00 mm/año para la estructura construida en 1993; en cuanto a la estructura 8, se presenta un valor promedio de 6.03 mm/año para la estructura construida en 1985,, valores que dependen de la calidad del concreto.

Para las estructuras en general, se puede deducir que para que la carbonatación no llegue en 40 años más, hasta los 40 mm que es el recubrimiento que tienen la mayoría de las columnas, el K del concreto debería ser:

$$K=30 / \sqrt{40} =4.74 \text{ mm /año}$$

Ya que los valores arrojados de K para las estructuras que componen al Sena sede Girón son mayores a 4.74 mm/año, quiere decir que el frente de carbonatación avanza rápidamente y antes de 40 años estas estructuras estarán totalmente carbonatadas en sus elementos llegando así a una afectación del acero de refuerzo. Existen sitios puntuales donde el concreto se ha venido carbonatando a través del tiempo y el avance de la carbonación ha encontrado y afectado el acero de refuerzo.

5.6 CORROSIÓN

La corrosión de las armaduras de refuerzo es el principal problema de durabilidad de las estructuras. Para realizar el estudio del estado de la corrosión de la edificación, es necesario tener en cuenta la tipología estructural, la agresividad ambiental y el nivel de daño.

El análisis del estado de la corrosión se lleva a cabo a partir de indicadores como la profundidad de carbonatación en cada elemento estructural, la fisuración en el recubrimiento, la pérdida de sección del elemento y la intensidad de corrosión.

La carbonatación induce una corrosión generalizada en el acero, esta se identifica por la presencia de manchas de óxido en la armadura, la aparición de



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

fisuras paralelas a la dirección de las barras y la pérdida de adherencia al concreto.

Nivel I: Sin corrosión

Nivel II: Corrosión baja

Nivel III: Corrosión moderada

Nivel IV: Corrosión alta

Tabla 8 Indicadores de corrosión.

INDICADOR	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV
Profundidad de carbonatación (X_{co2})	$X_{co2} = 0$	$X_{co2} < C$	$X_{co2} = C$	$X_{co2} > C$
Fisuración por corrosión en el recubrimiento	Sin fisuras	Fisuras < 0.3mm	Fisuras > 0.3mm	Fisuración generalizada
Pérdida de sección	< 1%	1 - 5%	5 - 10%	> 10%

*Geocisa, Instituto de Ciencias de la Construcción

De acuerdo a los indicadores de corrosión presentados anteriormente y teniendo en cuenta el recubrimiento actual de las armaduras (C), el estado real promedio de la corrosión en los elementos estructurales se encuentra en un nivel III para columnas y un nivel II para vigas, por tanto las estructuras presenta una corrosión baja - moderada. Esta afectación se debe a la agresividad ambiental a la que está expuesta la estructura y a la carbonatación que presenta el concreto y a la antigüedad de la estructura.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

6 PATOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS

6.1 INSPECCIÓN VISUAL DE LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE LOS MATERIALES

Durante la inspección visual de las estructuras que conforman el Sena sede Girón, se evidenció la existencia de grietas o fisuras en los muros, pisos y techos. Hay presencia de carbonación en el concreto por lo cual ya se ve una afectación en el acero de refuerzo llevándolo así a una corrosión en algunos puntos y adicionalmente se observa grandes humedades en diferentes zonas de las edificaciones; por lo que se concluye que las estructuras no se encuentran en buen estado.

Para la determinación de la calidad de los materiales se precedió con la extracción de núcleos de dos pulgadas y medio (2.5) de diámetro, igualmente la descripción cualitativa del tipo de gradación que poseen los concretos y ensayos de carbonatación, los cuales se presentan en el numeral 5.4 de este informe, los resultados son buenos desde el punto de vista resistencia y regulares desde el punto de vista de durabilidad de los concretos.

A continuación se hace una descripción patológica del estado de cada estructura que conforma el Sena sede Girón, esto de acuerdo a la información recopilada y los resultados de ensayos obtenidos.

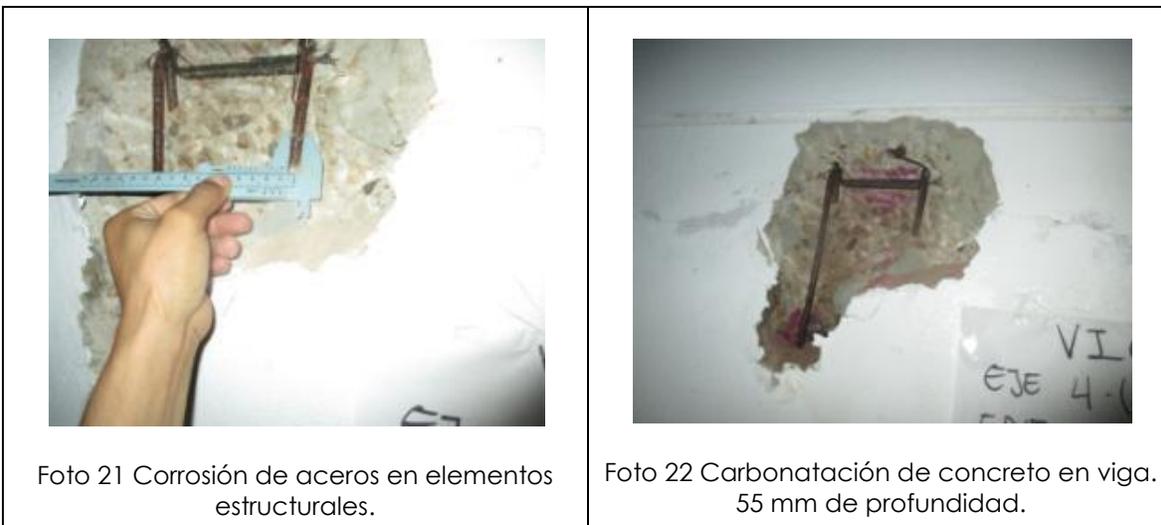
6.1.1 ESTRUCTURA 2

- ✓ La resistencia del concreto del año 1993, obtenida de los ensayos de laboratorio se nota buena en promedio de 243.56 kg/cm².
- ✓ De los resultados de carbonatación se presentan concretos, con valores entre 30 y 55 mm por lo cual el concreto se presenta afectado en algunos sitios puntuales, afectando al mismo tiempo el acero de refuerzo que presenta corrosión moderada llegando a ser alta en algunos puntos, situación que debilita la estructura.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

- ✓ Hay evidencia de vigas con la sección mayor que la sección de la columna, por lo que se puede pensar en ampliarse o encamisarse las secciones de las columnas, al punto de superar las secciones de las vigas.
- ✓ Se evidenció la presencia de fisuras en algunos muros, techos y pisos, los cuales pudieron ser causados por sismos anteriores al estudio de vulnerabilidad; también existe humedad en diferentes sitios de la estructura debido a la concentración de humedad del ambiente donde se encuentra la edificación y por falta de mantenimiento.
- ✓ Se puede observar corrosión en diferentes sitios de la estructura metálica de la cubierta.
- ✓ En el levantamiento de cubiertas, se evidencian cerchas apoyadas sobre muros o vigas, situación que NO es adecuada para el caso de un evento sísmico, aunque presenta en las esquinas algunos pernos de anclaje y se encuentran dispuestas inmersas dentro de la mampostería. Por otro lado, no tienen pintura de protección ante la corrosión, y no hay evidencia de elementos sueltos.

A continuación se presentan algunas fotografías que evidencian lo antes descrito.



**DIAGNOSTICO
ESTRUCTURAL
VULNERABILIDAD**



Versión 2: Mayo de 2015

Cto. 787 de 2014

Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.



Foto 23 Presencia de grietas en muros



Foto 24. presencia de grietas en pisos y techos



Foto 25 Presencia de humedad.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

6.1.2 ESTRUCTURA 8

- ✓ La resistencia de los concretos del año 1985, obtenida de los ensayos de laboratorio se nota buena en promedio de 312.40 kg/cm².
- ✓ De los resultados de carbonatación se presentan concretos, con valores entre 20 y 62 mm por lo cual el concreto se presenta afectado en algunos sitios puntuales, afectando al mismo tiempo el acero de refuerzo que presenta corrosión moderada llegando a ser alta en algunos puntos, situación que debilita la estructura.
- ✓ Se evidencia secciones de vigas más grandes que las secciones de columnas en las estructuras principales de esta edificación, por lo que NO cumplen el tema de columna fuerte viga débil, situación que no favorece el comportamiento ante sismos. Por tanto se puede pensar en ampliar o encamisar las secciones de las columnas, al punto de superar o al menos igualar las secciones de las vigas. es de resaltar que tanto en vigas como en columnas se encuentra mezclado acero de refuerzo liso y corrugado.
- ✓ En el levantamiento de cubiertas, se evidencian cerchas apoyadas sobre muros o vigas, situación que NO es adecuada para el caso de un evento sísmico, aunque presenta en las esquinas algunos pernos de anclaje y se encuentran dispuestas inmersas dentro de la mampostería. Por otro lado, no tienen pintura de protección ante la corrosión, y no hay evidencia de elementos sueltos.
- ✓ Se presentan algunas grietas o fisuras en muros y vigas, las cuales pudieron ser causados por sismos anteriores al estudio de vulnerabilidad. Cabe resaltar que en algunos sitios puntuales se presenta escarificaciones en las vigas para la instalación de unos vidrios, dejando expuesto el acero de refuerzo de la misma, lo que lleva a presentar corrosión.
- ✓ Adicionalmente se pudo observar la presencia de humedad en varios sitios de la edificación sobre todo en las placas y muros debido a la concentración de humedad del ambiente y a filtraciones de agua, lo cual con el tiempo va a afectando la durabilidad del mismo.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

- ✓ Se puede evidenciar asentamientos en el suelo, donde se ve afectada una de las escaleras principales de acceso a la estructura y algunos pisos en la parte del sótano presentando fisuras.

A continuación se presentan algunas fotografías que evidencian lo antes descrito.

	
<p>Foto 26. Estructura 8, Corrosión de aceros.</p>	<p>Foto 27. Presencia de acero de refuerzo liso en algunos elementos estructurales mezclado con acero corrugado.</p>
	
<p>Foto 28. Presencia de grietas en mampostería y vigas.</p>	<p>Foto 29. Presencia de Humedad en placas.</p>

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.



Foto 30 Levantamiento de cubiertas. Pernos de anclaje, corrosión.



Foto 31 Escarificación de vigas, Refuerzo expuesto, corrosión.



Foto 32 presencia de vigas con sección mayor a la sección de las columnas



Foto 33 Asentamientos. Grietas en escalera

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

6.1.3 ESTRUCTURA 9 – TANQUE

- ✓ Esta estructura fue construida en el año 1993 y cuenta de cuatro columnas sobre la cual se apoya una placa maciza donde inicia el tanque.
- ✓ En cuanto a su cimentación presenta dos vigas perimetrales una sobre otra.
- ✓ No se evidenció fisuras ni daños en los elementos no estructurales. existe algo de humedad en la parte inferior de la estructura debido al suelo donde se encuentra.

A continuación se presentan algunas fotografías que evidencian lo antes descrito.



Foto 34 Estructura 9, Tanque.



Foto 35 Estructura 9. Cimentación, vigas en concreto ciclópeo.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7 MODELACIÓN ESTRUCTURAL

El modelamiento del SENA sede Girón se ha realizado utilizando los programas de elementos finitos ETABS V.9.7.4 y DC CAD, teniendo en cuenta el sistema estructural que presenta cada edificación, su estado actual y las diferentes cargas a la que está sometida.

Para las instalaciones del SENA sede Girón se han realizado tres (3) modelos generales de los cuales uno de ellos se desglosa en tres estructuras como será explicado más adelante.

Se modelan con el fin de determinar los índices de vulnerabilidad y flexibilidad tanto por derivas como por deflexiones.

Tabla 9 Sistema estructural - SENA sede Girón

Nº ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	SISTEMA ESTRUCTURAL
2	2	Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)
8	8.1 - 8.2 - 8.3	Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)
9	9	Pórticos en concreto (DES)

7.1 BASES DE CÁLCULO

Para llevar a cabo el modelamiento y análisis de las estructuras, los índices de vulnerabilidad y flexibilidad se presentaran para cuatro juegos de combinaciones diferentes en los cuales uno de los espectros será el exigido por la NSR10, otro el de umbral de daño y el tercero y cuarto serán variaciones con una ordenada espectral 20% por debajo y por encima respectivamente.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Por otra parte el cálculo de los índices de vulnerabilidad teniendo en cuenta los sobreesfuerzos en cada elemento, se realizó para las mismas combinaciones, exceptuando el espectro del umbral de daño, ya que de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente NSR-10, en el título A.12.6 (*verificación de esfuerzos*), establece que no hay necesidad de verificar los elementos estructurales y no estructurales para los esfuerzos generados por el sismo del umbral de daño.

7.2 MODELO MATEMÁTICO

7.2.1 ESTRUCTURA 2

Esta estructura se modeló de acuerdo a las condiciones actuales, según los planos de levantamiento que fueron verificados en todos los pisos y teniendo en cuenta las cargas presentes en la edificación. Esta estructura cuenta con un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado.

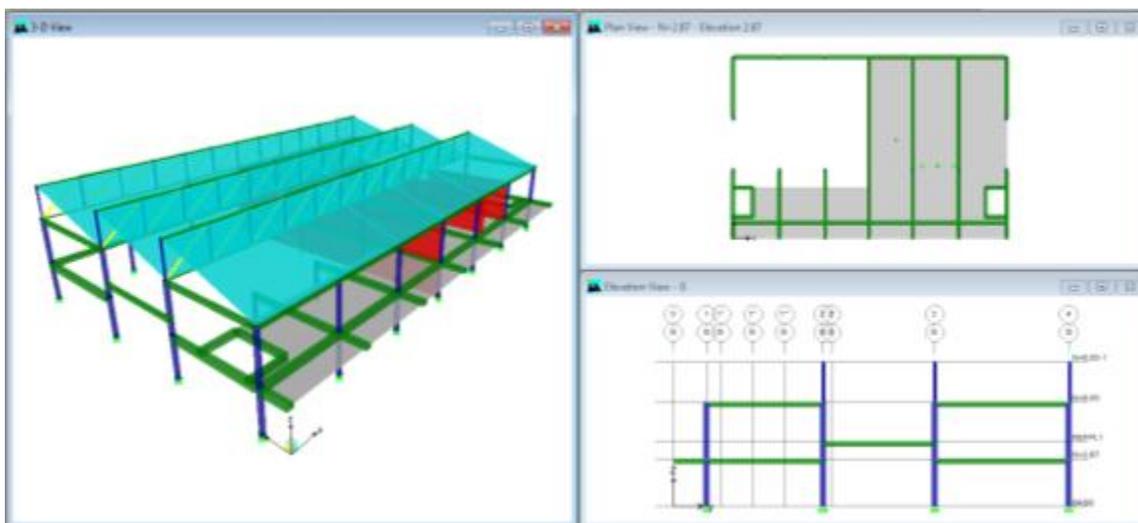


Ilustración 9 Modelo tridimensional (Estructura 2))

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7.2.2 ESTRUCTURA 8

Esta edificación está constituida por tres (3) estructuras, las cuales se modelaron de acuerdo a las condiciones actuales según los planos de levantamiento que fueron verificados en todos los pisos y teniendo en cuenta las cargas presentes en la edificación. Esta edificación cuenta con estructuras con pórticos en concreto reforzado.

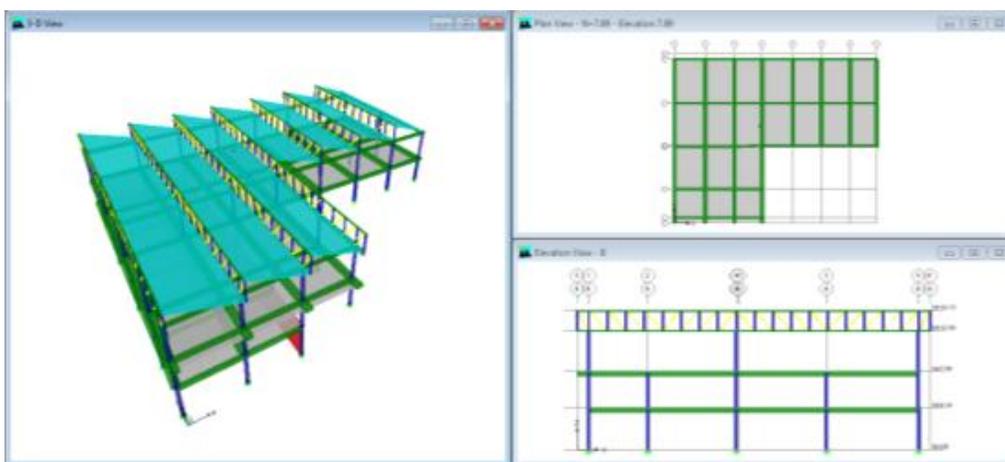


Ilustración 10 Modelo tridimensional (Estructura 8.1)

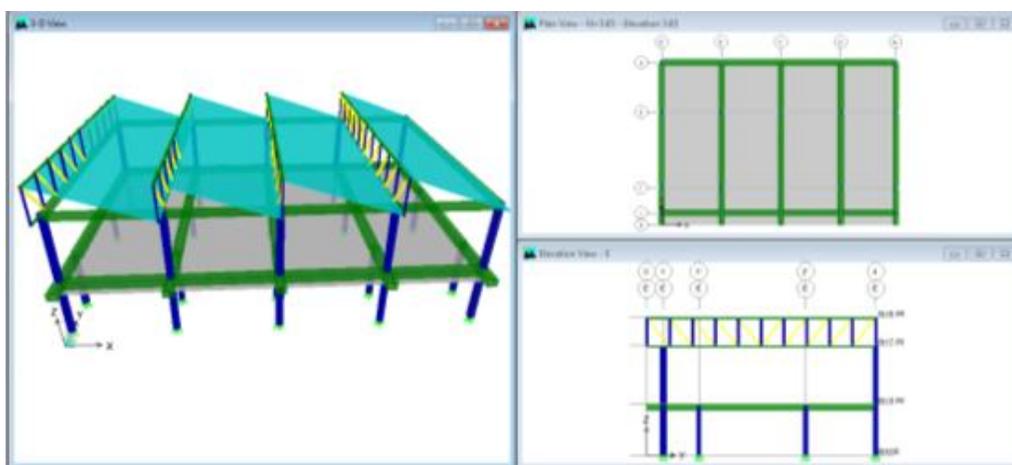


Ilustración 11 Modelo tridimensional (Estructura 8.2)

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

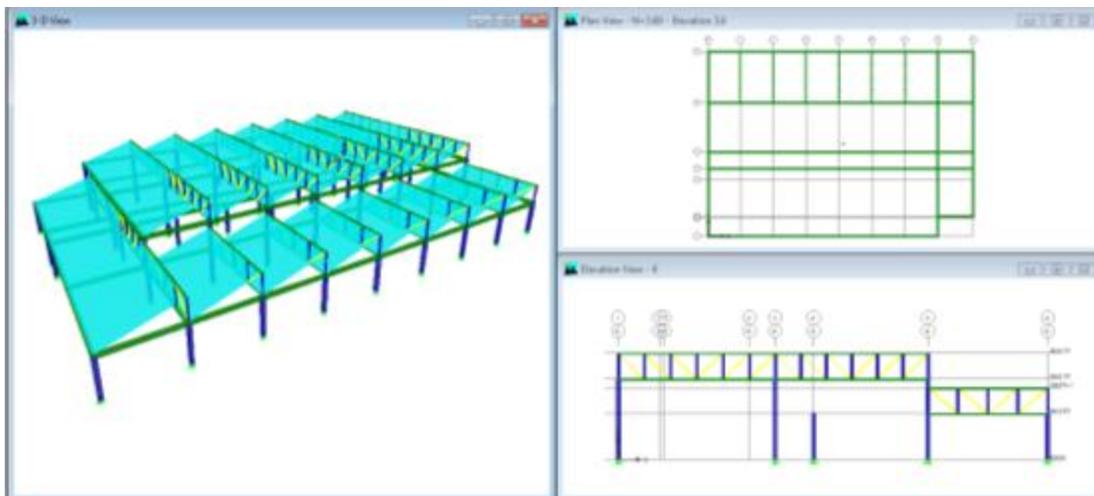


Ilustración 12 Modelo tridimensional (Estructura 8.3)

7.2.3 ESTRUCTURA 9 – TANQUE

Esta estructura se compone de cuatro columnas sobre las cuales se apoya una placa maciza de la que nacen muros en concreto para el tanque. Se modeló de acuerdo a las condiciones actuales según los planos de levantamiento que fueron verificados y teniendo en cuenta la carga presente en la estructura.

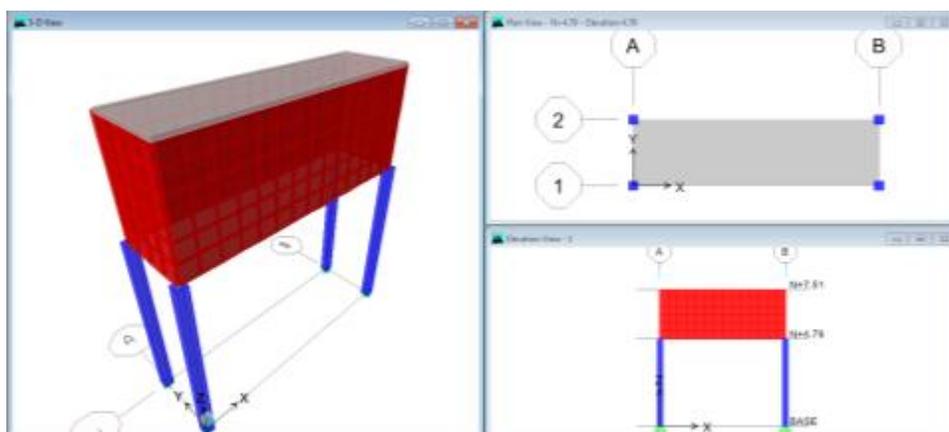


Ilustración 13 Modelo tridimensional (Estructura 9 Tanque Elevado)

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7.3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Con base en los ensayos realizados para determinar las propiedades mecánicas de los materiales, se han tomado los siguientes valores para los elementos de las estructuras:

Tabla 10 Resumen propiedades mecánicas del concreto

N° ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	f'c (kg/cm ²)	Ec (kg/cm ²)	fy (kg/cm ²)
#2	2	243.56	234096.1341	4200
#8	8.1	312.40	265122.6131	4200
	8.2	312.40	265122.6131	4200
	8.3	312.40	265122.6131	4200
#9 TANQUE ELEVADO	9	243.56	234096.1341	4200

7.4 PARÁMETROS DE CALIDAD DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

7.4.1 CALIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS POR CALIDAD DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.

Con el fin de determinar la resistencia efectiva de los elementos, ha sido necesario dar una calificación a las estructuras tanto por la calidad de diseño y construcción, como por el estado en que se encuentra, teniendo en cuenta la inspección de campo realizada. La calificación de estos dos aspectos se presenta a continuación:



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 11 Coeficientes de reducción de resistencia estructuras

N° ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	FACTOR DE REDUCCIÓN
2	2	Diseño y construcción: Regular	$\phi_c = 0.8$
		Estado estructura: Regular	$\phi_e = 0.8$
8	8.1	Diseño y construcción: Bueno	$\phi_c = 1.0$
		Estado estructura: Regular	$\phi_e = 0.8$
	8.2	Diseño y construcción: Bueno	$\phi_c = 1.0$
		Estado estructura: Regular	$\phi_e = 0.8$
	8.3	Diseño y construcción: Regular	$\phi_c = 0.8$
		Estado estructura: Regular	$\phi_e = 0.8$
9 TANQUE ELEVADO	9	Diseño y construcción: Regular	$\phi_c = 0.8$
		Estado estructura: Bueno	$\phi_e = 1.0$

Estos factores de reducción son los que permiten calcular la resistencia efectiva, utilizando la siguiente ecuación:

$$N_{ef} = \phi_c * \phi_e * N_{ex}$$

Dónde:

N_{ef} = Resistencia efectiva

ϕ_c = Coeficiente de reducción de resistencia por calidad de diseño y construcción de la estructura

ϕ_e = Coeficiente de reducción de resistencia por estado de la estructura.

N_{ex} = Resistencia existente.

Para concreto reforzado la resistencia existente de la estructura se define como la máxima capacidad de los elementos estructurales para resistir solicitaciones individuales o combinadas de momentos flectores, fuerzas cortantes y axiales, de acuerdo con la geometría de los elementos y las características mecánicas de los materiales que la conforman.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

La resistencia efectiva de los elementos se determinará afectando el ϕ de los momentos nominales de resistencia de vigas y columnas por el producto entre ϕ_c y ϕ_e .

7.5 PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO Y UBICACIÓN EN EL MAPA DE MICROZONIFICACIÓN SISMICA

Para hacer el análisis de vulnerabilidad ante eventos sísmicos para las estructuras se ha utilizado el método de análisis dinámico elástico espectral, en donde se ha determinado el espectro de diseño mediante los coeficientes espectrales proporcionados por la Norma Sismo resistente Colombiana (NSR-10), el municipio de Girón se encuentra ubicado en una zona de amenaza sísmica ALTA y el perfil del suelo es tipo D.

Adicionalmente los índices de vulnerabilidad y flexibilidad se presentarán para cuatro juegos de combinaciones diferentes en los cuales uno de los espectros será el exigido por la NSR10, otro el de umbral de daño y el tercero y cuarto serán variaciones con una ordenada espectral 20% inferior y 20% superior al espectro actual. En la tabla 12 se presentan los coeficientes utilizados en la generación del espectro de diseño de acuerdo a los parámetros sísmicos.

Tabla 12 Coeficientes espectrales de diseño

PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
Aa=	0.20 g	Aceleración horizontal pico efectiva de diseño
Av=	0.25 g	Aceleración que representa la velocidad horizontal pico efectiva de diseño
Fa=	1.30	Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos
Fv=	1.90	Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios
I=	1.25	Coeficiente de importancia DISEÑO
I=	1.00	Coeficiente de importancia DERIVA
Tc=	0.88 s	Periodo corto
TI=	4.56 s	Periodo largo
Sa=	0.813	Aceleración espectral (g)
T=	0.300	Periodo de vibración (s)



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Dónde:

Coeficiente de importancia (I): Este valor se obtiene según el tipo de uso que tenga la estructura, en este caso por ser una edificación de uso gubernamental se ha clasificado según la tabla artículo A.2.5.1.3 de la norma NSR-10 como grupo de uso III, por lo tanto $I = 1,25$.

- Período de vibración aproximado (T_a): Se adquiere a partir de las propiedades de resistencia sísmica en la dirección bajo consideración de acuerdo a la dinámica estructural. Este valor se ha determinado a partir de la ecuación proporcionada por la norma NSR-10:

$$T_a = C_t h_n^{0.9}$$

- Período fundamental del edificio determinado según A.4.2 (NSR-10):

$$T = C_u * T_a$$

Donde C_u y T_a se calculan por medio de las ecuaciones descritas en la NSR-10:

$$C_u = 1.75 - 1.2 A_v * F_v$$

Donde:

A_v : Aceleración que representa la velocidad horizontal pico efectiva de diseño.

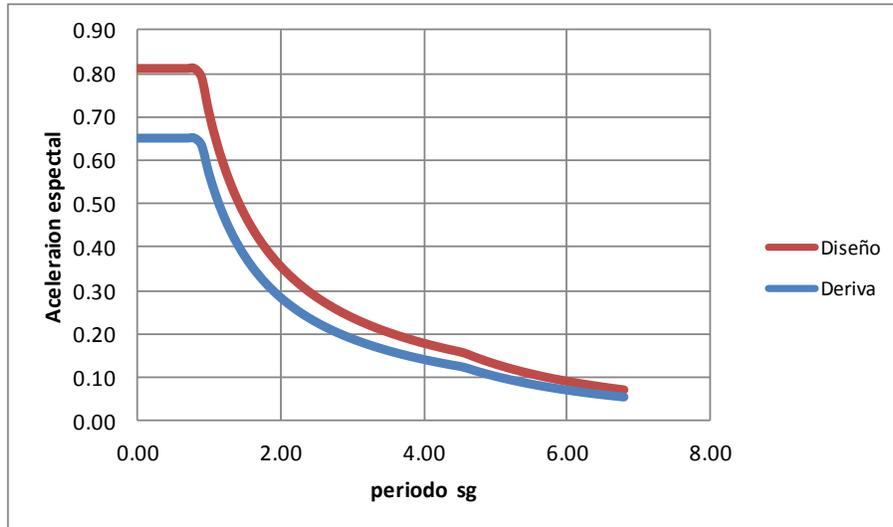
F_v : Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.

C_t : Coeficiente para calcular el módulo de la estructura y es igual a 0,047 para pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado.

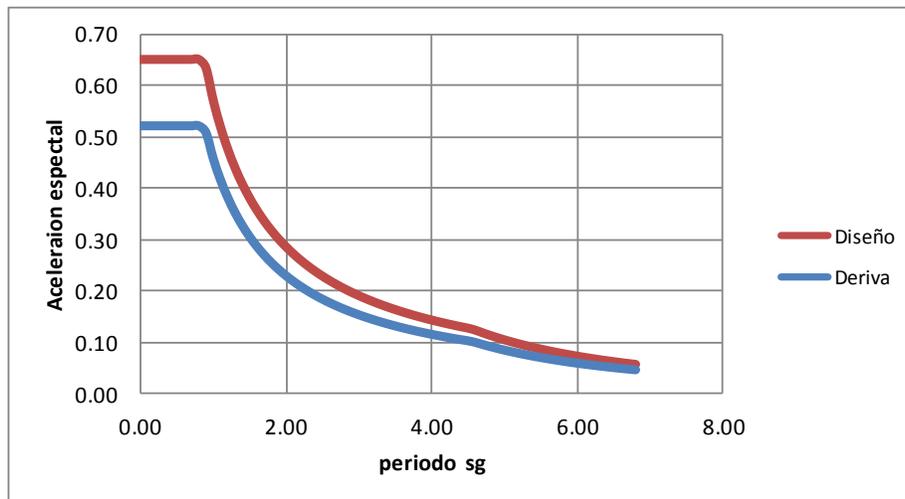
h_n : Altura total del edificio

Nota: El valor de T no puede exceder el máximo de $C_u * T_a$ y C_u no puede ser menor de 1.2.



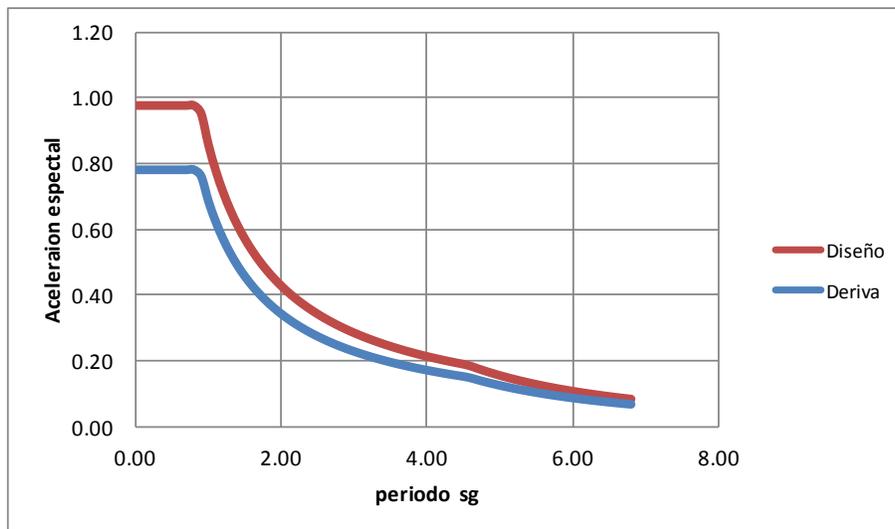


Gráfica 3 Espectro de diseño NSR-10



Gráfica 4 Espectro de diseño. Ordenada espectral reducido 20%

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

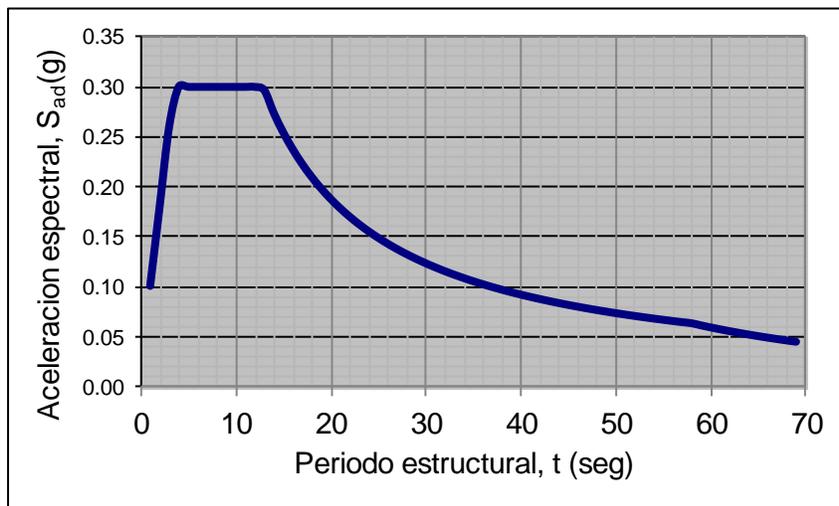


Gráfica 5 Espectro de diseño. Ordenada espectral amplificado 20%

Tabla 13 Coeficientes espectrales de Umbral de Daño

PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
$A_d=$	0.10 g	Aceleración horizontal poco efectiva de umbral de daño
$F_a=$	1.30	Coefficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos
$F_v=$	1.90	Coefficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios
S	2.38 s	Coefficiente de sitio para ser empleado en el espectro sísmico del umbral de daño
$T_{Cd}=$	1.19 s	Periodo corto de umbral de daño (s)
$T_{Ld}=$	5.70 s	Periodo largo de umbral de daño (s)
$S_{ad}=$	0.300	Aceleración espectral de umbral de daño (g)
$T=$	0.300	Periodo de vibración (s)

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.



Gráfica 6 Espectro en el Umbral de Daño

Período de vibración fundamental aproximado (T_a): Se adquiere a partir de las propiedades de resistencia sísmica en la dirección bajo consideración de acuerdo a la dinámica estructural. Este valor se ha determinado a partir de la ecuación proporcionada por la norma NSR-10:

$$T_a = C_T h_n^{0.9}$$

Dónde:

C_T : Coeficiente para calcular el módulo de la estructura y es igual a 0,047 para pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado

h_n : Altura total del edificio



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 14 Periodo de las estructuras

N° ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	T(seg)	
		Tx	Ty
2	2	0.462	0.084
8	8.1	0.537	0.528
	8.2	0.500	0.440
	8.3	0.276	0.261
9 TANQUE	9	0.522	0.528

Para determinar el periodo natural de la estructura, se aplican cargas unitarias sobre los puntos donde se concentra la masa y se toman los desplazamientos respecto a cada dirección analizada.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i \delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (f_i \delta_i)}} \quad (\text{A.4-2-1})$$

Dónde:

T = Periodo de vibración de la estructura.

m_i = Masa del nivel i

δ_i = Desplazamientos en el nivel i

f_i = Fuerza sísmica horizontal en el nivel i

7.5.1 COEFICIENTES DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA

ESTRUCTURA 2: Debido a que no existe información anterior, y teniendo en cuenta que es un sistema estructural de pórticos de concreto y cumple parcialmente los requerimientos de una estructura DMO, por tanto se asumen valores de $R_o = 3.75$ ($R = R_o \phi_a \phi_p \phi_r = 2.70$), por otra parte esta estructura fue construida posterior al



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

código de 1984 donde el valor de R es el asumido. También cabe resaltar que para la estructura reforzada debe ajustarse a un valor de $R=5.0$. Teniendo en cuenta lo mencionado en el capítulo A.10.4.2.4 parágrafo (c) que permite adoptar un valor de $\frac{3}{4}$ del valor que fija el capítulo A-3.

$$R_o = 3.75 \text{ para la vulnerabilidad } (R = R_o \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma = 2.70)$$

$$R_o = 5.0 \text{ para reforzamiento}$$

ESTRUCTURA 8: Esta edificación está conformada por 3 estructuras como se dijo en capítulos anteriores, las cuales cuentan con un sistema estructural de pórticos en concreto, y dado a que existe información y cumplen parcialmente los requerimientos de una estructura DMO, se asumen los siguientes valores:

- ✓ Estructura 8.1: de acuerdo a sus condiciones se asume un valor de $R_o = 3.75$ ($R = R_o \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma = 3.38$); por otra parte esta estructura fue construida posterior al código de 1984 donde el valor de R es el asumido. También cabe resaltar que para la estructura reforzada debe ajustarse a un valor de $R=5.0$. Teniendo en cuenta lo mencionado en el capítulo A.10.4.2.4 parágrafo (c) que permite adoptar un valor de $\frac{3}{4}$ del valor que fija el capítulo A-3.

$$R_o = 3.75 \text{ para la vulnerabilidad } (R = R_o \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma = 3.38)$$

$$R_o = 5.0 \text{ para reforzamiento}$$

- ✓ Estructura 8.2: de acuerdo a sus condiciones se asume un valor de $R_o = 3.75$ ($R = R_o \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma = 3.00$); por otra parte esta estructura fue construida posterior al código de 1984 donde el valor de R es el asumido. También cabe resaltar que para la estructura reforzada debe ajustarse a un valor de $R=5.0$. Teniendo en cuenta lo mencionado en el capítulo A.10.4.2.4 parágrafo (c) que permite adoptar un valor de $\frac{3}{4}$ del valor que fija el capítulo A-3.

$$R_o = 3.75 \text{ para la vulnerabilidad } (R = R_o \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma = 3.00)$$

$$R_o = 5.0 \text{ para reforzamiento}$$



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

- ✓ Estructura 8.3: de acuerdo a sus condiciones se asume un valor de $R_o = 3.75$ ($R = R_o \phi_a \phi_p \phi_r = 3.04$); por otra parte esta estructura fue construida posterior al código de 1984 donde el valor de R es el asumido. También cabe resaltar que para la estructura reforzada debe ajustarse a un valor de $R=5.0$. Teniendo en cuenta lo mencionado en el capítulo A.10.4.2.4 párrafo (c) que permite adoptar un valor de $\frac{3}{4}$ del valor que fija el capítulo A-3.

$R_o = 3.75$ para la vulnerabilidad ($R = R_o \phi_a \phi_p \phi_r = 3.04$)

$R_o = 5.0$ para reforzamiento

ESTRUCTURA 9 TANQUE ELEVADO: Debido a que no existe información anterior, y teniendo en cuenta que es un sistema estructural de pórticos de concreto (DES), por tanto se asumen valores de $R_o = 1.50$ ($R = R_o \phi_a \phi_p \phi_r = 1.5$), por otra parte esta estructura fue construida posterior al código de 1984 donde el valor de R es el asumido. También cabe resaltar que para la estructura reforzada debe ajustarse a un valor de $R=2.0$. Teniendo en cuenta lo mencionado en el capítulo A.10.4.2.4 párrafo (c) que permite adoptar un valor de $\frac{3}{4}$ del valor que fija el capítulo A-3.

$R_o = 1.50$ para la vulnerabilidad ($R = R_o \phi_a \phi_p \phi_r = 1.50$)

$R_o = 2.0$ para reforzamiento

Tabla 15 Coeficiente de disipación de energía

N° ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	R_o	$R' (3/4 R_o)$	ϕ_a	ϕ_p	ϕ_r	R
2	2	5.0	3.75	0.8	0.9	1.00	2.70
8	8.1	5.0	3.75	1.0	0.9	1.00	3.38
	8.2	5.0	3.75	0.8	1.0	1.00	3.00
	8.3	5.0	3.75	0.9	0.9	1.00	3.04
9 TANQUE	9	2.0	1.50	1.0	1.0	1.00	1.50



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7.6 COMBINACIONES DE CARGA

7.6.1 COMBINACIONES PARA DERIVAS

Para la verificación de las derivas obtenidas de las deflexiones horizontales causadas por el sismo de diseño, deben utilizarse los requisitos del Capítulo A.6 de la Norma NSR-10, los cuales exigen que las derivas se verifiquen para las fuerzas sísmicas **F_s**, sin haber sido divididas por **R**.

1.4 D

1.2 D + 1.6 L

1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_r ó L_e ó G)

1.2 D + 1.6 (L_r ó L_e ó G) + 1.0 L

1.2 D + 1.0 L + 0.5 (L_r ó L_e ó G)

1.2 D + 1.0 S_x + 1.0 L

1.2 D - 1.0 S_x + 1.0 L

1.2 D + 1.0 S_y + 1.0 L

1.2 D - 1.0 S_y + 1.0 L

0.9 D + 1.0 S_x

0.9 D - 1.0 S_x

0.9 D + 1.0 S_y

0.9 D - 1.0 S_y



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7.6.2 COMBINACIONES PARA DISEÑO

Las combinaciones de carga utilizadas para el análisis de las estructuras son las siguientes:

1.4 D

1.2 D + 1.6 L

1.2 D + 1.6 L + 0.5 (Lr ó Le ó G)

1.2 D + 1.6 (Lr ó Le ó G) + 1.0 L

1.2 D + 1.0 L + 0.5 (Lr ó Le ó G)

1.2 D + 1.0 Ex + 1.0 L

1.2 D - 1.0 Ex + 1.0 L

1.2 D + 1.0 Ey + 1.0 L

1.2 D - 1.0 Ey + 1.0 L

0.9 D + 1.0 Ex

0.9 D - 1.0 Ex

0.9 D + 1.0 Ey

0.9 D - 1.0 Ey

Es necesario reducir la fuerza sísmica (F_s) dividiéndola por el coeficiente de capacidad de disipación de energía y multiplicando por el coeficiente de sobre-resistencia:

$$E = \frac{F_s}{R} \Omega$$



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Dónde:

F_s : Fuerza sísmica

R : Coeficiente de capacidad de disipación de energía

Ω : coeficiente de sobre-resistencia

Para el diseño a CORTANTE DE COLUMNAS se tiene un valor de $\Omega = 3.00$ y para el DISEÑO A CORTANTE DE VIGAS DE $\Omega = 2.00$

Para las cargas sísmicas se tuvo en cuenta la consideración de 100% del sismo en sentido X al analizarlo en esa dirección y 100% del sismo en sentido Y al ser la otra dirección analizada de acuerdo a datos de entrada al ETABS según se aprecia en la siguiente ilustración:

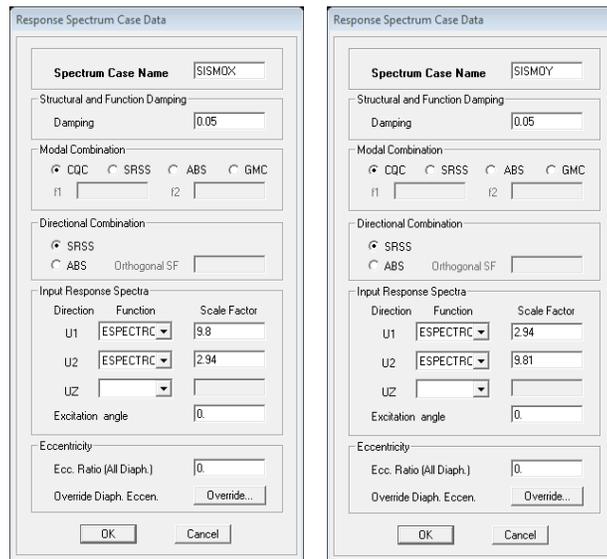


Ilustración 14 Cargas Sísmicas

7.7 EVALUACIÓN DE CARGAS

Se han evaluado todas las cargas que pueden afectar la estructura, teniendo en cuenta el uso que actualmente se le está dando.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7.7.1 CARGA MUERTA

Para determinar esta carga se ha tenido en cuenta el peso de los elementos no estructurales que conforman la edificación, al igual que todos los acabados, tanto de piso como de cielorraso, muros y fachada.

El peso propio correspondiente a los elementos estructurales lo calcula automáticamente el programa.

Los anexos presentan de manera detallada los valores de las cargas muertas existentes en cada uno de los pisos que conforman las estructuras del SENA sede Girón, con las cuales se ha cargado el respectivo modelo.

7.7.2 CARGA VIVA

La carga viva se ha seleccionado de los valores proporcionados por la norma NSR-10, teniendo en cuenta el uso que se le está dando a la edificación; para el caso de estas estructuras se ha tomado la carga de 200 kg/m² oficinas y aulas, 35 kg/m² cubiertas.

Los anexos presentan de manera detallada los valores de las cargas vivas existentes en cada uno de los pisos que conforman las estructuras del SENA sede Girón, con las cuales se han cargado los respectivos modelos. A continuación se presenta un cuadro con las cargas asignadas:

Tabla 16 Asignación de cargas vivas

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS VIVAS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	PISO 2	USO	CUBIERTA
2	2	200 kgf/m ²	AULAS/OFICINAS	35 kgf/m ²
8	8.1	200 kgf/m ²	AULAS/OFICINAS	35 kgf/m ²
	8.2	200 kgf/m ²	AULAS/OFICINAS	35 kgf/m ²
	8.3	NO APLICA	-	35 kgf/m ²
9 TANQUE ELEVADO	9	2720 kgf/m ²	TANQUE	35 kgf/m ²



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7.8 SOLICITACIONES SÍSMICAS

Por medio del programa de análisis modal ETABS, se han determinado estas solicitaciones, el cual introduce una aceleración a los elementos de la estructura y con base en las fuerzas inerciales calculadas se obtienen las fuerzas internas de los elementos que conforman la sede.

7.9 ÍNDICES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Estos índices permiten determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de la edificación.

7.9.1 INDICES DE FLEXIBILIDAD

Los índices de flexibilidad se han determinado para los efectos horizontales como el máximo cociente entre las derivas obtenidas y las permitidas por el reglamento; igualmente se ha determinado un índice de flexibilidad para efectos verticales como el máximo cociente entre las deflexiones verticales obtenidas mediante análisis y las permitidas por la norma NSR-10.

Los índices de flexibilidad de las estructuras del SENA sede Girón a manera de resumen tanto por derivas como por deflexiones se presentan en los anexos de cada una de las estructuras modeladas.

7.9.2 INDICES DE SOBRESFUERZO

Los índices de sobreesfuerzo se calcularon mediante el programa DC-CAD, el cual diseña las secciones utilizando el modelo de WHITNEY, que se basa en considerar la sección de concreto reforzado en su estado límite de resistencia como una sección compuesta de acero a tracción en su punto de fluencia y de



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

concreto con un esfuerzo máximo equivalente de resistencia a los 28 días a la compresión uniaxial de un cilindro de concreto simple.

7.9.2.1 DATOS DE ENTRADA

Para las estructuras se tomaron para cada uno de los elementos los datos geométricos y de refuerzos provenientes de la exploración estructural ya que no se encontró información anterior; debido a esto, a los elementos que no fueron explorados se les asignó un refuerzo similar al explorado bajo cargas de servicio. En este sentido la exploración arroja un dato parcial de la distribución de acero por lo cual se realizaron regatas en diferentes zonas en varios elementos para determinar el refuerzo.

7.9.2.2 DATOS DE SALIDA

El índice de sobreesfuerzo se ha determinado como el cociente entre las solicitaciones mayoradas de acuerdo con el procedimiento dado en la norma NSR-10, y la resistencia efectiva del elemento. Este índice se ha evaluado en las vigas para momentos positivos, negativos y cortantes y en las columnas para flexo compresión utilizando la envolvente de todas las combinaciones de carga mayoradas.

Los resultados obtenidos con el programa DC-CAD tanto para la envolvente de combinaciones de carga mayoradas se pueden observar en el anexo de índices de sobreesfuerzos de los elementos previo al reforzamiento.

En la siguiente tabla se presentan a manera de resumen los índices de sobreesfuerzo máximos generados por las solicitaciones encontradas con DC-CAD, los cuales se han establecido considerando su importancia dentro de la resistencia general de la estructura y en el anexo de índices de sobreesfuerzo de los elementos previo al reforzamiento se presentan los valores calculados por los dos programas.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7.9.2.2.1 ÍNDICES DE SOBRESFUERZO

Tabla 17 Índices de sobreesfuerzo (Estructura 2)

IND. SOBRESFUERZO MAXIMOS CALCULADOS CON DC-CAD					
EDIFICACIÓN	N° ESTRUCTURA	ESPECTRO DE DISEÑO			
		1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEXO COMPRESION
2	2	11.17	7.91	3.26	6.25
		ORDENADA ESPECATRAL AMPLIFICADA 20%			
		1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEXO COMPRESION
		11.17	7.91	3.8	6.91
		ORDENADA ESPECATRAL REDUCIDA 20%			
		1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEXO COMPRESION
11.17	7.91	3.24	6.74		

Tabla 18 Índices de sobreesfuerzo (Estructura 8)

IND. SOBRESFUERZO MAXIMOS CALCULADOS CON DC-CAD					
EDIFICACIÓN	N° ESTRUCTURA	ESPECTRO DE DISEÑO			
		1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEXO COMPRESION
8	8.1	3.81	4.48	1.79	18.17
	8.2	2.84	1.99	1.42	6.85
	8.3	1.42	1.28	0.92	1.77
	ORDENADA ESPECATRAL AMPLIFICADA 20%				
	1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEXO COMPRESION	
	8.1	4.55	4.65	2.12	19.63
	8.2	3.06	2.44	1.57	9.01
	8.3	1.47	1.28	1.06	2.14
	ORDENADA ESPECATRAL REDUCIDA 20%				
	1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEXO COMPRESION	
	8.1	3.07	4.31	1.54	9.49
	8.2	2.66	1.79	1.26	5.08
	8.3	1.37	1.28	0.78	1.42

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 19 Índices de sobreesfuerzo (Estructura 9)

IND. SOBRESFUERZO MAXIMOS CALCULADOS CON DC-CAD		
EDIFICACIÓN	N° ESTRUCTURA	ESPECTRO DE DISEÑO
9 TANQUE ELEVADO	9	30.55
		ORDENADA ESPECATRAL AMPLIFICADA 20%
		4: FLEXO COMPRESION
		119.65
		ORDENADA ESPECATRAL REDUCIDA 20%
		4: FLEXO COMPRESION
		14.42

8 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Con base en los resultados de los índices de sobre esfuerzo, se puede concluir que algunas vigas y columnas estructurales, de cada una de las edificaciones del SENA sede Girón, se encuentran sobre esforzadas llegando a tener un índice superior a la unidad, esto en virtud de la imposición de cargas sísmicas dado los espectros de micro zonificación de Girón, que generan esfuerzos que no se fueron previstos en los diseños de los años ochenta y noventa, vale anotar que bajo cargas de servicio algunos elementos estructurales de las diferentes estructuras presentan índices inferiores a la unidad.

A continuación se detallan algunos aspectos de cada una de las estructuras.

8.1 ESTRUCTURA 2

- ✓ Las columnas presentan índices muy por encima de la unidad por lo que no están cumpliendo los requerimientos de la NSR-10.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

- ✓ Algunas vigas presentan índices muy superiores a la unidad, por lo que la estructura no está dando cumplimiento con lo que se estipula en la NSR-10, en este sentido la estructura no soporta sismos importantes.
- ✓ Las derivas causadas para el sismo de diseño, umbral de daño y ordenada espectral amplificada y reducida 20%, son superiores al 1.0%, por lo que es necesario rigidizar la estructura constituida por pórticos de concreto.

8.2 ESTRUCTURA 8

- ✓ Las derivas se presentan con índices superiores a 1.0% por lo que es necesario rigidizar la estructura.
- ✓ La gran mayoría de vigas y columnas presentan índices superiores a la unidad por lo que deben ser reforzadas aumentando su sección.
- ✓ Los índices para cargas de servicio son inferiores a la unidad en algunos elementos, por lo que se puede decir que la estructura no es muy estable, y menos si ocurren sismos importantes.

8.3 ESTRUCTURA 9 - TANQUE ELEVADO

- ✓ Las derivas se presentan con índices superiores a 1.0% por lo que es necesario rigidizar la estructura.
- ✓ Las columnas que sostienen la placa del tanque presentan índices muy superiores a la unidad por lo que deben ser reforzadas aumentando su sección.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

8.4 MECANISMO DE FALLA

A partir de los valores de índices de sobreesfuerzos contenidos en las tablas anteriores, se ha planteado una hipótesis de secuencia de falla para las edificaciones con la línea de menor resistencia, identificando la incidencia de la falla progresiva de los elementos, iniciando con aquellos que presentan un mayor índice de sobreesfuerzo; esta secuencia de falla se basa en las características de ductilidad de la estructura, que son función de la disposición y ubicación del refuerzo longitudinal y transversal, e igualmente de la patología de la misma.

Observando los resultados se puede afirmar que en la totalidad de las edificaciones con estructuras de concreto las columnas son las primeras que fallan llevando a un colapso total.

8.5 RESUMEN ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Con los valores de los índices de flexibilidad y sobreesfuerzo de los elementos por envolvente de combinaciones de carga, se ha procedido a evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones mediante el cálculo del inverso del índice de sobreesfuerzo y de flexibilidad, que representan una fracción de la resistencia y de la rigidez respectivamente que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos del reglamento NSR-10. En las siguientes tablas se presentan estos valores de acuerdo al espectro utilizado.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 20 Vulnerabilidad sísmica de las estructuras, calculada con la envolvente de combinaciones de carga (Espectro de Diseño)

ESPECTRO DE DISEÑO					
SISTEMA ESTRUCTURAL PORTICOS EN CONCRETO					
ESTRUCTURA	DESCRIPCION	ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD	ÍNDICE DE SOBRESFUERZO	VULN POR RIGIDEZ %	VULN POR RESISTENCIA %
2	2	1.23	11.17	81.30	9.0
8	8.1	2.54	18.17	39.37	5.5
	8.2	1.85	6.85	54.05	14.6
	8.3	0.43	1.77	232.56	56.5
9 TANQUE	9	1.19	30.55	84.03	3.3

Tabla 21 Vulnerabilidad sísmica de las estructuras, calculada con la envolvente de combinaciones de carga (Espectro Umbral de Daño)

ESPECTRO UMBRAL DE DAÑO			
SISTEMA ESTRUCTURAL PORTICOS EN CONCRETO			
ESTRUCTURA	DESCRIPCION	ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD	VULN POR RIGIDEZ %
2	2	1.46	68.49
8	8.1	3.68	27.17
	8.2	2.34	42.74
	8.3	0.52	192.31
9 TANQUE	9	1.37	72.99

Tabla 22 Vulnerabilidad sísmica de las estructuras, calculada con la envolvente de combinaciones de carga (Ordenada Espectral Amplificada a 20%)

ORDENADA ESPECTRAL AMPLIFICADA 20%					
SISTEMA ESTRUCTURAL PORTICOS EN CONCRETO					
ESTRUCTURA	DESCRIPCION	ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD	ÍNDICE DE SOBRESFUERZO	VULN POR RIGIDEZ %	VULN POR RESISTENCIA %
2	2	1.47	11.17	68.03	9.0
8	8.1	3.37	19.63	29.67	5.1
	8.2	2.21	9.01	45.25	11.1
	8.3	0.52	2.14	192.31	46.7
9 TANQUE	9	1.43	119.65	69.93	0.8



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 23 Vulnerabilidad sísmica de las estructuras, calculada con la envolvente de combinaciones de carga (Ordenada Espectral Reducida 20%)

ORDENADA ESPECATRAL REDUCIDA 20%					
SISTEMA ESTRUCTURAL PORTICOS EN CONCRETO					
ESTRUCTURA	DESCRIPCION	ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD	ÍNDICE DE SOBRESFUERZO	VULN POR RIGIDEZ %	VULN POR RESISTENCIA %
2	2	0.99	11.17	101.01	9.0
8	8.1	2.25	9.49	44.44	10.5
	8.2	1.48	5.08	67.57	19.7
	8.3	0.34	1.42	294.12	70.4
9 TANQUE	9	0.95	14.42	105.26	6.9

Con respecto al Espectro de diseño y de acuerdo a los datos arrojados podemos concluir que:

- La estructura 2, presenta una falta de resistencia del 91% y un 18.7% de rigidez para no ser vulnerable.
- La estructura 8, presenta en la estructura 8.1 una falta de resistencia de 94.5% y un 60.63% de rigidez, la estructura 8.2 una falta de resistencia de 85.4% y un 45.95% de rigidez y la estructura 8.3 una falta de resistencia de 43.5% para que no sean vulnerables.
- La estructura 9, presenta una falta de resistencia del 96.7% y un 15.97% de rigidez para no ser vulnerable.

Con respecto al Umbral de Daño y de acuerdo a los datos arrojados podemos concluir que:

- La estructura 2, presenta una falta de resistencia de 31.51% para no ser vulnerable.
- La estructura 8, presenta en la estructura 8.1 una falta de resistencia de 72.83%, la estructura 8.2 una falta de resistencia de 57.26% para que no sean vulnerables.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

- La estructura 9, presenta una falta de resistencia de 27.01% para no ser vulnerable.

Con respecto a la Ordenada Espectral Amplificada 20% y de acuerdo a los datos arrojados podemos concluir que:

- La estructura 2, presenta una falta de resistencia del 91% y un 31.97% de rigidez para no ser vulnerable.
- La estructura 8, presenta en la estructura 8.1 una falta de resistencia de 94.9% y un 70.33% de rigidez, la estructura 8.2 una falta de resistencia de 88.9% y un 54.75% de rigidez y la estructura 8.3 una falta de resistencia de 53.3% para que no sean vulnerables.
- La estructura 9, presenta una falta de resistencia del 99.2% y un 30.07% de rigidez para no ser vulnerable.

Con respecto a la Ordenada Espectral Reducida 20% y de acuerdo a los datos arrojados podemos concluir que:

- La estructura 2, presenta una falta de resistencia del 91% para no ser vulnerable.
- La estructura 8, presenta en la estructura 8.1 una falta de resistencia de 89.5% y un 55.56% de rigidez, la estructura 8.2 una falta de resistencia de 80.3% y un 32.43% de rigidez y la estructura 8.3 una falta de resistencia de 29.6% para que no sean vulnerables.
- La estructura 9, presenta una falta de resistencia del 93.1% para no ser vulnerable.

Por esta razón es necesario reforzar los puntos críticos de vigas y columnas en concreto para llegar a un 100% de resistencia y a un 100% de rigidez en todas las estructuras.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

9 DIAGNOSTICO Y/O CONCLUSIONES DEL ESTADO ACTUAL DE LAS ESTRUCTURAS DEL SENA SEDE GIRÓN Y CONDICIONES PARA SOPORTAR SISMOS

Para las estructuras del SENA sede Girón y de acuerdo con la exploración, patología y análisis de vulnerabilidad se puede concluir lo siguiente:

9.1 ESTRUCTURA 2

- ✓ Las columnas presentan índices por encima de la unidad por lo que no están cumpliendo los requerimientos de la NSR-10.
- ✓ Algunas vigas presentan índices muy superiores a la unidad, por lo que la estructura no está dando cumplimiento con lo que se estipula en la NSR-10, en este sentido la estructura no soporta sismos importantes.
- ✓ Las derivas causadas para el sismo de diseño, umbral de daño y ordenada espectral amplificada y reducida 20%, son superiores al 1.0%, por lo que es necesario rigidizar aumentando la sección de los elementos.
- ✓ La resistencia de los concretos de los años noventa, obtenida de los ensayos de laboratorio se nota buena en promedio de 243.56kg/cm².
- ✓ De los resultados de carbonatación se presentan concretos de los años noventa, con valores entre 30 y 55 mm por lo cual el concreto se presenta afectado en algunos sitios puntuales, afectando al mismo tiempo el acero de refuerzo que presenta corrosión.
- ✓ Hay evidencia de secciones de vigas mayores que las secciones de las columnas, por lo que se puede pensar en ampliarse o encamisarse las secciones de las columnas, al punto de superar las secciones de las vigas.
- ✓ Se evidenció algunas fisuras y daños en los elementos no estructurales, puesto que no mantienen en constante mantenimiento.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

9.2 ESTRUCTURA 8

- ✓ Las derivas se presentan con índices superiores a 1.0% por lo que es necesario rigidizar la estructura.
- ✓ La gran mayoría de vigas y columnas presentan índices superiores a la unidad por lo que deben ser reforzadas.
- ✓ Los índices para cargas de servicio son superiores a la unidad en algunos casos, por lo que se puede decir que la estructura no es estable, y menos mientras ocurran sismos importantes.
- ✓ La resistencia de los concretos de los años noventa, obtenida de los ensayos de laboratorio se nota buena en promedio de 312.40kg/cm².
- ✓ De los resultados de carbonatación se presentan concretos de los años setenta y ochenta, con valores entre 20 y 62 mm de profundidad, por lo cual el concreto se presenta afectado en algunos sitios puntuales, afectado al mismo tiempo el acero de refuerzo puesto que presenta corrosión.
- ✓ Se evidencia secciones de vigas más grandes que las secciones de columnas en las estructuras principales de esta edificación, por lo que NO cumplen el tema de columna fuerte viga débil, situación que no favorece el comportamiento ante sismos. Por tanto se puede pensar en ampliar o encamisar las secciones de las columnas, al punto de superar o al menos igualar las secciones de las vigas.
- ✓ De acuerdo a las exploraciones realizadas, se pudo observar que en el refuerzo se utiliza en algunos casos liso y corrugado y algunos elementos estructurales como las vigas, no cumplen con los estribos según lo que establece la norma NSR-10.
- ✓ La estructura posee una cimentación con zapatas amarradas por vigas según lo que se observó en la exploración.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

- ✓ Se presentan algunas grietas o fisuras en muro y vigas. Cabe resaltar que en algunos sitios puntuales se presenta escarificaciones en las vigas para la instalación de unos vidrios, dejando expuesto el acero de refuerzo de la misma.
- ✓ Adicionalmente se pudo observar la presencia de humedad en varios sitios de la edificación sobre todo en las placas y muros lo cual con el tiempo va a afectando la durabilidad del mismo.
- ✓ Se puede evidenciar asentamientos en el suelo, donde se ve afectada una de las escaleras principales de acceso a la estructura y algunos pisos en la parte del sótano presentando fisuras.

9.3 ESTRUCTURA 9- TANQUE ELEVADO

- ✓ Esta estructura fue construida en el año 1993 y cuenta de cuatro columnas sobre la cual se apoya una placa maciza donde inicia el tanque.
- ✓ En cuanto a su cimentación presenta dos vigas perimetrales una sobre otra.
- ✓ Las derivas se presentan con índices superiores a 1.0% por lo que es necesario rigidizar la estructura.
- ✓ Las columnas que sostienen la placa del tanque presentan índices muy superiores a la unidad por lo que deben ser reforzadas aumentando su sección.
- ✓ No se evidenció fisuras ni daños en los elementos no estructurales. existe algo de humedad en la parte inferior de la estructura debido al suelo donde se encuentra.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

9.4 MAMPOSTERIA DE FACHADAS

Las estructuras mampostería son estables bajo cargas cotidianas, sin embargo no cumplen recomendaciones de la NSR-10 respecto a los requerimientos de orden sísmico, así:

Los muros de mampostería simple no están permitidos, ni son recomendables para edificaciones ubicadas en zonas de amenaza de riesgo sísmico alta o intermedia, esto se puede apreciar en las tablas A.3-1 y 3-2 de la NSR10 que se muestran a continuación.

La tabla A.3-1 de la NSR-10 recomienda para zona de riesgo sísmico intermedia una capacidad de disipación de energía especial DES o moderada DMO. El sistema DMO puede ser según la tabla A.3-2 de la NSR-10 Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO).

Tabla 24. Sistemas estructurales permitidos en zonas de amenaza sísmica

CAPACIDAD DE DISIPACION DE ENERGIA	ZONA DE AMENAZA SISMICA		
	BAJA	INTERMEDIA	ALTA
MINIMA (DMI)	PERMITIDO	NO	NO
MODERADA (DMO)	PERMITIDO	PERMITIDO	NO
ESPECIAL (DES)	PERMITIDO	PERMITIDO	PERMITIDO

Tabla 25. Sistemas de Mampostería permitidos por la NSR-10 en zonas de amenaza sísmica

DESCRIPCION	ZONAS DE AMENAZA SISMICA					
	ALTA		INTERMEDIA		BAJA	
	USO PERMITIDO	ALTURA MAXIMA	USO PERMITIDO	ALTURA MAXIMA	USO PERMITIDO	ALTURA MAXIMA
Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) con todas las celdas rellenas	SI	50 m	SI	SIN LIMITE	SI	SIN LIMITE
Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)	SI	30 m	SI	50 m	SI	SIN LIMITE
Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical.	GRUPO I	2 pisos	SI	12 m	SI	18 m
Muros de mampostería confinada	GRUPO I	2 pisos	GRUPO I	12 m	GRUPO I	18 m
Muros de mampostería de cavidad reforzada	SI	45	SI	60 m	SI	SIN LIMITE
Muros de mampostería no reforzada (No tiene capacidad de disipación de energía)	NO SE PERMITE		NO SE PERMITE		GRUPO I	2 PISOS



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

10 DIAGNÓSTICO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE ACUERDO AL TÍTULO J DE LA NSR-10.

Dando cumplimiento al Título J de la NSR-10 en el cual se hace referencia a los requisitos mínimos que debe cumplir una edificación para la protección contra incendios, se presenta el siguiente diagnóstico en cuanto a los elementos estructurales.

10.1 CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL USO DE LA EDIFICACIÓN Y GRUPO DE OCUPACIÓN.

Esta clasificación se realiza con base en el tipo de uso y ocupación que se le esté dando a la edificación; para el caso del SENA sede Girón, se clasifican de la siguiente manera:

- Grupo (I) por tratarse de edificaciones institucionales y subgrupo (I-3) al ser recintos de educación.

En la Tabla 24 se presenta la clasificación de los grupos y subgrupos de acuerdo al artículo J.1.1.2 del Título J de la NSR-10.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 26. Grupos y subgrupos de ocupación (Tabla J.1.1-1, NSR-10)

Grupos y Subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección del Reglamento
A	ALMACENAMIENTO	K.2.2
A-1	Riesgo moderado	
A-2	Riesgo bajo	
C	COMERCIAL	K.2.3
C-1	Servicios	
C-2	Bienes	
E	ESPECIALES	K.2.4
F	FABRIL E INDUSTRIAL	K.2.5
F-1	Riesgo moderado	
F-2	Riesgo bajo	
I	INSTITUCIONAL	K.2.6
I-1	Reclusión	
I-2	Salud o incapacidad	
I-3	Educación	
I-4	Seguridad pública	
I-5	Servicio público	
L	LUGARES DE REUNION	K.2.7
L-1	Deportivos	
L-2	Culturales y teatros	
L-3	Sociales y recreativos	
L-4	Religiosos	
L-5	De transporte	
M	MIXTO Y OTROS	K.2.8
P	ALTA PELIGROSIDAD	K.2.9
R	RESIDENCIAL	K.2.10
R-1	Unifamiliar y bifamiliar	
R-2	Multifamiliar	
R-3	Hoteles	
T	TEMPORAL	K.2.11

10.2 CLASIFICACIÓN DE EDIFICACIONES EN FUNCIÓN DEL RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS O AMENAZA DE COMBUSTIÓN

Esta clasificación se realiza con el fin de evaluar la resistencia requerida al fuego de las diferentes edificaciones para lo cual y en función al grupo perteneciente se le asigna una categoría para el riesgo de pérdidas de vidas humanas o amenaza de combustión, a continuación se presentan las tres categorías de acuerdo al numeral J.3.3.1 de la NSR-10.

- ✓ *Categoría 1* — Esta categoría comprende las edificaciones con mayor riesgo de pérdidas de vidas humanas o con alta amenaza de combustión.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

- ✓ *Categoría II* — Esta categoría comprende edificaciones de riesgo intermedio.
- ✓ *Categoría III* — Esta categoría comprende las edificaciones con baja capacidad de combustión.

De acuerdo con la clasificación dada por la norma (ver Tabla 25), se presentan las diferentes categorías de acuerdo al uso, área construida y número de pisos; por lo tanto las edificaciones del SENA sede Girón se clasifican en la categoría I, en la Tabla 36 se presenta la clasificación descrita para cada estructura.

Tabla 27. Categorización de las edificaciones para efectos de resistencia contra el fuego de acuerdo con su uso, área construida, y número de pisos. (Tabla J.3.3-1, NSR-10).

Grupos y subgrupos de ocupación	Área total construida, A_T m ²	Número de pisos						
		1	2	3	4	5	6	≥7
(C-1)	$A_T > 1500$	III	III	II	II	II	I	I
	$A_T < 1500$	III	III	III	II	II	II	I
(C-2)	$A_T > 500$	II	I	I	I	I	I	I
	$A_T < 500$			II	I	I	I	I
(E)	Sin límite	III	III	III	II	II	II	I
(I-2), (I-4)	$A_T > 1000$	III	II	II	I	I	I	I
	$500 < A_T < 1000$	III	III	II	II	I	I	I
	$A_T < 500$	III	III	III	II	II	II	I
(I-3)	$A_T > 1000$	II	II	I	I	I	I	I
	$A_T < 1000$		III	II	II	I	I	I
(L-1), (L-2), (L-3), (L-4)	$A_T > 1000$	II	I	I	I	I	I	I
(L-5), (I-1), (I-5)	$500 < A_T < 1000$	II	II	I	I	I	I	I
	$A_T < 500$	III	III	II	II	I	I	I
(R-1), (R-2)	Unidades > 140 m ²				II	I	I	I
	Unidades ≤ 140 m ²				III	II	II	I
(R-3)	$A_T > 5000$	III	II	I	I	I	I	I
	$A_T < 5000$	III	II	II	II	I	I	I



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 28. Categorización de riesgo estructuras 1, 2, 3 y 4.

DESCRIPCIÓN	ESTRUCTURA #2	ESTRUCTURA #8
GRUPOS Y SUBGRUPOS DE OCUPACIÓN	I-3	I-3
ÁREA TOTAL CONSTRUIDA	AT> 1000 m2	AT> 1000 m2
NÚMERO DE PISOS	2	2
CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN DE ACUERDO CON (J.3.3-1, NSR-10)	II	II

De acuerdo con la tabla J.3.4-3 de la norma NSR-10, para la categoría (II) obtenida en las edificaciones del SENA sede Girón, se requiere una resistencia mínima al fuego de una (1) hora para los elementos estructurales tales como; columnas de concreto estructural, muros estructurales, losas macizas, viguetas de concreto estructural y vigas de concreto estructural.

10.3 EVALUACIÓN DE LA PROVISIÓN DE RESISTENCIA CONTRA FUEGO EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS EDIFICACIONES.

La evaluación de los elementos estructurales se realiza con base en el contenido de los numerales J.3.5.1 a J.3.5.4, capítulo J de la NSR-10, a partir de estas consideraciones se presenta la tabla 28, 29 y 30 en la cual se evidencia los componentes actuales de las edificaciones y su cumplimiento o no de acuerdo a los requisitos mínimos presentados en este capítulo.

Tabla 29. Diagnóstico elementos concreto (columnas, muros)

DESCRIPCIÓN	ELEMENTOS DE CONCRETO ESTRUCTURAL (Sección mínima actual de los elementos)			
	COLUMNAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL (mm)	DIAGNÓSTICO DE ACUERDO CON (J.3.5.2.1, NSR-10)	MUROS ESTRUCTURALES (mm)	DIAGNÓSTICO DE ACUERDO CON (J.3.5.2.2, NSR-10)
ESTRUCTURA #2	350	CUMPLE	N/A	NO APLICA
ESTRUCTURA #8	400 - 300	CUMPLE	N/A	NO APLICA
ESTRUCTURA #9	250	NO CUMPLE	150	CUMPLE

Tabla 30. Diagnóstico elementos concreto (losas, viguetas y vigas)



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

DESCRIPCIÓN	ELEMENTOS DE CONCRETO ESTRUCTURAL (Sección mínima actual de los elementos)			
	LOSAS MACIZAS Y VIGUETAS (mm)	DIAGNÓSTICO DE ACUERDO CON (J.3.5.2.3, NSR-10)	VIGAS DE CONCRETO (mm)	DIAGNÓSTICO DE ACUERDO CON (J.3.5.2.4, NSR-10)
ESTRUCTURA #2	150	CUMPLE	450 - 400	CUMPLE
ESTRUCTURA #8	150	CUMPLE	750 - 350 - 550 - 300	CUMPLE
ESTRUCTURA #9	100	CUMPLE	N/A	NO APLICA

Tabla 31. Diagnóstico elementos mampostería (estructural y no estructural)

DESCRIPCIÓN	ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA (espesor mínimo actual de los elementos)			
	ESTRUCTURAL (mm)	DIAGNÓSTICO DE ACUERDO CON (J.3.5.3, NSR-10)	NO ESTRUCTURAL (mm)	DIAGNÓSTICO DE ACUERDO CON (J.3.5.3, NSR-10)
ESTRUCTURA #2	N/A	NO APLICA	200	CUMPLE
ESTRUCTURA #8	N/A	NO APLICA	200	CUMPLE
ESTRUCTURA #9	N/A	NO APLICA	210	CUMPLE

De acuerdo al diagnóstico obtenido para los elementos estructurales de las tres edificaciones que componen el estudio de la sede del SENA CENTRO INDUSTRIAL DEL MANTENIMIENTO INTEGRAL, en el municipio de Girón se presenta un cumplimiento en cuanto a los espesores y secciones mínimas para una protección contra incendios mínima de una (1) hora.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

11 REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

De acuerdo a que los índices de sobreesfuerzo y flexibilidad de algunos elementos de las estructuras son superiores a la unidad y además de solucionar temas de patologías es necesario plantear modificaciones a los sistemas estructurales para suplir las deficiencias identificadas, y al mismo tiempo cumplir con la condición de columna fuerte viga débil, situación que favorece el comportamiento ante sismos.

Para ello se propondrá las siguientes alternativas y métodos de reforzamiento para las diferentes estructuras de la sede GIRÓN:

ESTRUCTURA 2:

- ✓ **Encamisado de columnas:** Se planea encamisar las columnas para cumplir con la relación de capacidad viga/columna, debido a que presentan índices de sobreesfuerzo mayores a la unidad. El procedimiento que se sigue es demoler perimetralmente las columnas a encamisar hasta encontrar el acero de refuerzo, esto con el ánimo de retirar el concreto carbonatado y posteriormente encamisar perimetralmente colocando refuerzo longitudinalmente y transversalmente para convertir estas columnas en elementos capaces de soportar las sollicitaciones sísmicas.
- ✓ **Encamisado de vigas:** Se encamisarán las vigas siguiendo el mismo método que se aplicó en las columnas.
- ✓ **Columnas nuevas:** Se construirán y vincularan dos columnas nuevas en la estructura #2 en el primer piso, al sistema estructural existente.
- ✓ **Muros en concreto:** Se construirán y vincularan cuatro muros en concreto nuevos en la estructura #2 en el primer y segundo piso en las esquinas, al sistema estructural existente, y de esa manera queda modificado a un sistema estructural DES combinado de pórticos de concreto y muros de concreto estructural.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD		Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

ESTRUCTURA 8.1:

- ✓ **Encamisado de columnas:** Se planea encamisar las columnas para cumplir con la relación de capacidad viga/columna, debido a que presentan índices de sobre esfuerzo mayores a la unidad. El procedimiento que se sigue es demoler perimetralmente las columnas a encamisar hasta encontrar el acero de refuerzo, esto con el ánimo de retirar el concreto carbonatado y posteriormente encamisar perimetralmente colocando refuerzo longitudinalmente y transversalmente para convertir estas columnas en elementos capaces de soportar las sollicitaciones sísmicas.
- ✓ **Encamisado de vigas:** Se encamisarán las vigas que no cumplen con los índices de sobre esfuerzos, siguiendo el mismo método que se aplicó en las columnas.

ESTRUCTURA 8.2:

- ✓ **Encamisado de columnas:** Se planea encamisar las columnas ubicadas en los eje 1' y 2', ampliando su sección de 30x30 a 55x55 y de esa manera poder cumplir con la relación de capacidad viga/columna, debido a que presentan índices de sobre esfuerzo mayores a la unidad. El procedimiento que se sigue es demoler perimetralmente las columnas a encamisar hasta encontrar el acero de refuerzo, esto con el ánimo de retirar el concreto carbonatado y posteriormente encamisar perimetralmente colocando refuerzo longitudinalmente y transversalmente para convertir estas columnas en elementos capaces de soportar las sollicitaciones sísmicas.
- ✓ **Vigas Nuevas:** Se construirán y vincularan dos vigas nuevas en la estructura # 8.2 en el segundo piso en los ejes 1' y 2', al sistema estructural existente de sección 30x30, para mejorar la integridad de elementos en la estructura y darle mayor rigidez.
- ✓ **Vinculación de elementos metálicos:** Mediante la utilización de laminas de acero A36 de 8" x 3/8", se reforzaran las columnas ubicadas en los ejes H-1, D'-4 y H-4, para darles mayor ductilidad a estos elementos, y cumplimiento ante las sollicitaciones sísmicas.



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL VULNERABILIDAD	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 2: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

ESTRUCTURA 8.3:

- ✓ **Encamisado de columnas:** Se planteo encamisar todas las columnas de sección inicial de 30x30 a 40x40 para cumplir con la relación de capacidad viga/columna, debido a que presentan índices de sobreesfuerzo mayores a la unidad. El procedimiento que se sigue es demoler perimetralmente las columnas a encamisar hasta encontrar el acero de refuerzo, esto con el ánimo de retirar el concreto carbonatado y posteriormente encamisar perimetralmente colocando refuerzo longitudinalmente y transversalmente para convertir estas columnas en elementos capaces de soportar las solicitaciones sísmicas.

ESTRUCTURA 9:

Debido al estado actual de la estructura, el sistema estructural presente y la vulnerabilidad encontrada en los índices de sobreesfuerzos calculados, se recomienda que esta estructura sea modificada del sistema estructural de tanque elevado con pórticos resistentes a momentos, al sistema de tanque subterráneo, que es un sistema adecuado para este tipo de uso de edificaciones educativas.

12 BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.
- Estructuras de Concreto I, José Segura Franco, Quinta Edición, 2002, Editorial Unibiblos.
- Manual for assessing corrosion - affected concrete structures, Geocisa (J. Rodriguez y J. Aragoncillo), Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja" del CSIC (C. Andrade y D. Izquierdo), Proyecto de innovación CONTECVET-IN 309021

