

**Estudio patológico y vulnerabilidad sísmica del antiguo matadero municipal del municipio
de Monterrey, Casanare**

Diego Fernando Venegas Rivera & Jenny María Torres Barragán
Noviembre 2019.

Universidad Santo Tomas, Universidad abierta y a distancia (VUAD), Villavicencio
Facultad de Ciencias y Tecnologías
Especialización en Patología de la Construcción

En Colombia es recurrente el abandono de proyectos de infraestructura y edificaciones por parte del Estado. Como resultado se encuentran proyectos no finalizados en su totalidad, terminados en plazos muy largos, y subutilizados por el incumplimiento de las normativas actuales. Sin embargo, la evolución de las ciudades hace que estas edificaciones sean reutilizadas, sometidas a procesos de rehabilitación de las estructuras expuestas a lesiones patológicas comunes por la falta de mantenimiento constante.

Con el objetivo de consolidar las lecciones e información adquirida en la Especialización en Patología de la Construcción, y tomando como caso de estudio el antiguo matadero municipal de Monterrey en Casanare, planteamos un documento en donde se encuentre una metodología clara para la identificación, la formulación de un diagnóstico y el planteamiento de una propuesta de intervención, para retomar las instalaciones y darle un nuevo uso a solicitud de la alcaldía del Municipio.

Capítulo 1	1
Introducción e información general.....	2
Justificación.....	3
Objetivos	5
Objetivos específicos.	5
Alcance.....	6
Palabras clave	7
Capítulo 2	9
Antecedentes.....	10
Metodología.....	12
1. Historia Clínica del paciente.....	13
1.1 Búsqueda de información previa	14
1.2 Reconocimiento del lugar.....	19
1.3 Levantamiento topográfico	20
1.4 Estudios y/o ensayos	34
2. Vulnerabilidad sísmica	53
3. Formulación de diagnóstico	78
4. Propuesta de intervención	79
Conclusiones.....	81
Lista de referencias	82

El óptimo funcionamiento de una edificación que va a ser sometida a un uso determinado, depende del estado actual de los espacios arquitectónicos y su estructura portante. La evaluación y análisis a la que se somete la estructura existente y/o paciente, es una etapa fundamental del proceso de diagnóstico patológico, pues es allí donde se observa su capacidad portante y de uso actual, se analizan hipótesis de las posibles causas de las lesiones encontradas para luego, por medio de herramientas de ensayos y pruebas a los materiales y la estructura en general que compone el elemento arquitectónico, llegar a una conclusión de la procedencia de estas pudiendo así tomar decisiones respecto al tratamiento al que debe ser sometido para recuperar el funcionamiento de la edificación.

Es así que de un adecuado análisis o diagnóstico dependerá el ser asertivo en el proceso de reparación y recuperación de dicha estructura necesarios para su buen funcionamiento futuro, plasmando estas intervenciones en resultados de pruebas y ensayos que se hagan a los diferentes elementos arquitectónicos y estructurales que contienen al paciente y determinar un costo de dicho proceso de recuperación y puesta en funcionamiento.

En este estudio patológico que se hace al Matadero municipal del municipio de Monterrey, se hacen necesarias pruebas a materiales que componen las columnas, vigas, muros, así como estudio de suelos, pruebas a cimentación, análisis de fisuras, manchas superficiales, humedades, entre otros. El documento contiene el proceso de diagnóstico al que es sometido el edificio para evaluar su estado actual, proponer la intervención y el requerimiento que expone para su recuperación, y óptimo funcionamiento en el desarrollo de aulas y laboratorios utilizados por alumnos del SENA seccional Monterrey Casanare.

El desarrollo de este estudio contribuye al análisis de los riesgos que se evidencian con la presencia de las diferentes lesiones encontradas en el paciente, así como deficiencias estructurales (antiguo matadero municipal) asociados al abandono y ausencia de mantenimiento. De esta manera sugerir intervenciones para la disminución de estos riesgos y/o afectaciones en la estructura.

Este estudio contribuirá en la puesta en funcionamiento de una edificación subutilizada, dándole un nuevo uso pues se utilizarían estos espacios como aulas y laboratorios que complementaría el proyecto de la subsele del SENA seccional MONTERREY Casanare, próximo a construirse. Beneficiando así a estudiantes del sur del departamento de Casanare ya que Monterrey por su ubicación geográfica equidistante con varios municipios es estratégico para implementar allí este tipo de proyectos de infraestructura educativa.

El estudio del sistema constructivo y proceso constructivo a las que fueron sometidos los diseños y la construcción misma, comparado con la normativa y especificaciones técnicas actuales para el mismo proceso, compone una base importante para la intervención y actualización que se adelanta en el edificio para su puesta en funcionamiento.

Con la propuesta económica se busca ayudar a que la intervención que se sugiera a las deficiencias encontradas en los diferentes elementos estructurales y materiales que componen el edificio, sea oportuna, para evitar se continúe el deterioro y posibles sobrecostos adicionales. La información encontrada sobre la construcción del antiguo matadero es limitada, se desconoce información importante como detalles y procesos técnicos usados en el momento de la concepción del diseño y su construcción, por ello se hace necesario hacer inspecciones detalladas

a la estructura existente por medio de ensayos invasivos y no invasivos, lo que evitará la ejecución de obras adicionales.

Realizar el estudio patológico, diagnóstico estructural y de vulnerabilidad sísmica a la estructura existente, del antiguo matadero del Municipio de Monterrey Casanare.

Objetivos específicos.

- Diagnosticar las patologías según procedimientos y ensayos a realizar.
- Clasificar e identificar mediante fichas las posibles lesiones de la estructura existente.
- Evaluar los diferentes tipos de lesiones patológicas encontradas en el paciente.
- Realizar un Diagnóstico y posibles soluciones que presenta el paciente a estudio.
- Proponer métodos o procedimientos correctivos para la rehabilitación del Inmueble.

El presente estudio se compone de una historia clínica y fichas de lesiones patológicas hechas al paciente, un diagnóstico estructural y análisis de vulnerabilidad sísmica del mismo, estudio de suelos y pruebas a la estructura que determinaran la propuesta de intervención del resultado del análisis.

Se realizó una inspección visual en campo, pruebas y ensayos requeridos en el análisis estructural y de materiales que contienen el edificio para identificar las diferentes lesiones y estado actual del paciente, esto soportado en planos arquitectónicos y estructurales de levantamiento elaborados por los autores, así mismo se aporta un registro fotográfico e inspección, fichas de identificación por espacios que componen el edificio y la respectiva calificación por espacios del mismo.

Se entrega resultados de los diferentes estudios realizados tales como topografía, levantamiento arquitectónico, estudio de suelos, pruebas de esclerómetro, ferro scanner, extracción de núcleos en vigas y columnas, pruebas a zapatas, y vulnerabilidad sísmica. A partir de estos resultados se darán dos propuestas de intervención a la estructura.

- Lesiones: Son cada una de las manifestaciones de un problema constructivo o síntoma final del proceso patológico
- Lesiones Físicas: Todas aquellas que son producidas por fenómenos físicos, como condensaciones, heladas, etc.
- Lesiones Mecánicas: son consecuencia de acciones físicas que provoca desgastes, separaciones o movimientos de algún elemento que conforma la estructura
- Grietas: Abertura longitudinal de algún elemento de la estructura
- Fisura: Abertura superficial o de acabado de elemento constructivo
- Desprendimiento: Separación de una capa superficial o material de acabado a la estructura de soporte.
- Oxidación: Cambio del metal al entrar en contacto con el oxígeno.
- Patología: Procede de las raíces griegas pathos y logos, y se podría definir, en términos generales, como el estudio de las enfermedades. Por extensión la patología constructiva de la edificación es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en algunas de sus unidades con posterioridad de ejecución (Monjo, 1997).
- Rehabilitación: Proceso constructivo para que los elementos recuperen la capacidad de cumplir su función con las características física químicas que tenían antes del daño
- Pórtico: Sistema estructural compuesto por viga y Columna sin diagonales que soportan las fuerzas horizontales y las cargas verticales
- Movimientos sísmicos de diseño: Caracterización de los movimientos del terreno, en el sitio donde se encuentra localizada la edificación, que se producirían de la ocurrencia del sismo de diseño (Ministerio de ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial, 2010).

- NSR 10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, 2010
- NSR 98: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, 1998
- Vulnerabilidad: Es la cuantificación del potencial de mal comportamiento de una edificación con respecto a alguna sollicitación. (Ministerio de ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial, 2010).

Las instalaciones del antiguo matadero municipal de Monterrey Casanare, se encuentra en estado de abandono y se hace necesario un estudio patológico de la estructura existente para retomar las instalaciones y darle un nuevo uso a solicitud de la alcaldía del municipio.

Es un equipamiento que fue diseñado para uso específico: Matadero Municipal, pero finalmente nunca se puso en funcionamiento por cuestiones administrativas. Cuenta con un área construida es de 403,69 m², su estructura general es de pórticos en columnas y vigas en concreto reforzado, muros en mampostería y cubierta en teja tipo canaleta 90.

- Descripción: En este estudio patológico que se hace al Matadero municipal del municipio de Monterrey, predio ubicado a 3 Km del área urbana de la Ciudad de Monterrey en la vía que comunica el municipio con la ciudad de Yopal la capital del departamento de Casanare. Se hacen necesarias pruebas a materiales que componen las columnas, vigas, muros, así como estudio de suelos, pruebas a cimentación, análisis de fisuras, manchas superficiales, humedades, entre otros. Se debe someter a un proceso de diagnóstico para evaluar su estado actual y el requerimiento que expone para su recuperación.
- Equipo de trabajo: Para el estudio se hace necesaria la participación de un equipo de trabajo multidisciplinar, que conformaran y realizaran los trabajos tales como:
 - Topógrafo
 - Arquitecto y/o ingeniero civil especializado
 - Ingeniero calculista
 - Ingeniero de suelos
 - Ingeniero eléctrico

- Ingeniero hidráulico

11

- Ingeniero sanitario

1. Historia Clínica del Paciente
 - 1.1 Búsqueda de información previa
 - 1.2 Reconocimiento del lugar
 - 1.3 Levantamiento topográfico, arquitectónico y estructural. Actualización de planos
 - 1.4 Estudios y/o ensayos:
 - 1.4.1 Estudio de suelos
 - 1.4.2 Extracción de núcleos en vigas y columnas
 - 1.4.3 Pruebas con esclerómetro
 - 1.4.4 Escáner de aceros y chequeo invasivo a la estructura (revisión de aceros)
 - 1.4.5 Inspección de zapatas
 - 1.4.6 Evaluación y resultados
2. Vulnerabilidad sísmica
3. Identificación y calificación de lesiones por zonificación (fichas)
4. Formulación del diagnóstico
5. Propuesta de intervención

A continuación, se da a conocer los productos a entregar del proyecto, en donde se contemplan los siguientes componentes:

- Levantamiento Topográfico
- Levantamiento Arquitectónico
- Estudio de Suelos
- Levantamiento Fichas Patológicas

- Toma de muestras no invasivas, Esclerómetro (20 muestras)
- Toma de muestras no invasivas, Escáner de aceros (10 muestras)
- Toma de muestras invasivas, Extracción de núcleos (7 núcleos)
- Toma de muestra de carbonatación (7 muestras)
- Diseño vulnerabilidad Sísmica
- Presupuesto y programación de obra, según recomendación y conclusiones de la Vulnerabilidad Sísmica.
- Fichas de cantidades
- Fichas técnicas de intervención.

Vulnerabilidad sísmica

El diseño estructural consta de un análisis de los elementos como la cimentación, vigas aéreas, cubierta, y elementos no estructurales. Los cuales se realizaron según La Norma de Sismo Resistencia Colombiana NSR-10

Para este proyecto se realizó el diseño estructural acorde a las recomendaciones dadas por el arquitecto.

Componentes a entregar:

- Memorias de cálculo
- Planos
- Cantidades de acero y concreto
- Conclusiones y recomendaciones

1. Historia Clínica del paciente.

1.1 Búsqueda de información previa

14

Identificación: Es un equipamiento que fue diseñado para uso específico: Matadero Municipal, pero finalmente nunca se puso en funcionamiento por cuestiones administrativas. Cuenta con un área construida es de 403,69 M2, su estructura general es de Pórticos en Columnas y Vigas en concreto reforzado, Muros en mampostería y cubierta en teja tipo canaleta 90.

Localización: Como se puede ver en la figura 1., el predio está ubicado a 3 Km del área urbana de la Ciudad de Monterrey en la vía que comunica el municipio con la ciudad de Yopal la capital del departamento de Casanare.

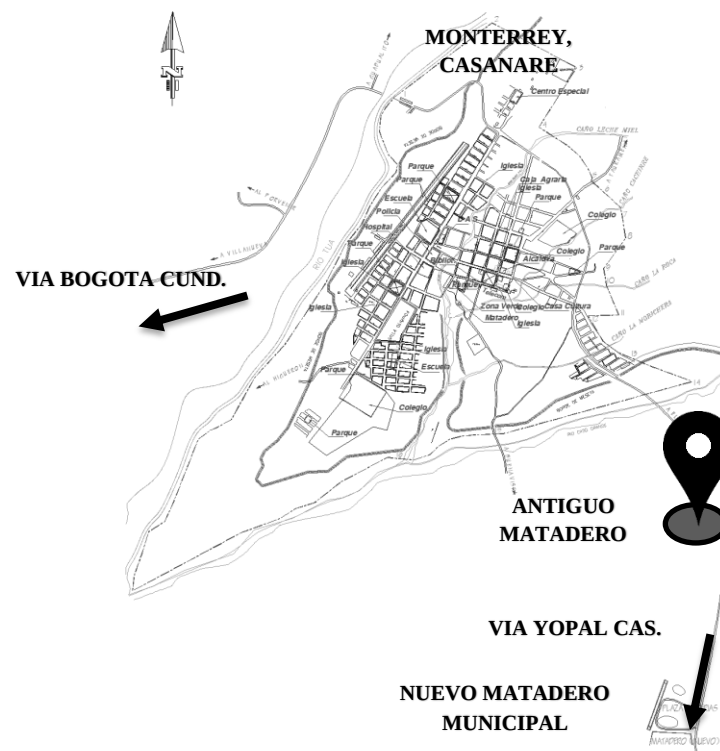


Figura 1. Plano de equipamientos urbanos y espacio público. Fuente: Alcaldía de Monterrey, Casanare.

Generalidades: Es un equipamiento que fue diseñado para el uso específico de Matadero Municipal, pero finalmente nunca se puso en funcionamiento por cuestiones administrativas.

El equipamiento fue construido en el año 2006 en una sola etapa. Cuenta con un área construida es de 403,69 M2, su construcción se compone de una cimentación con zapatas y vigas de amarre, pórticos en columnas y vigas en concreto reforzado, muros en mampostería y cubierta en teja tipo canaleta 90, diseño distribuido en un piso de doble altura con 6.53 en su cota máxima.

El paciente presenta una edad adulta (12 años de construido) con un deterioro del 30% debido al abandono y la no utilización del espacio arquitectónico como tal. El bajo mantenimiento y abandono de la estructura general del espacio acelera el deterioro normal del material que lo compone, las invasiones de agentes biológicos deterioran la estructura. Humedad por lluvia, exposición constante a agentes externos y afectación por agentes biológicos como vegetación.

Nombre: Antiguo Matadero del municipio de Monterrey Casanare

Localización: Kilómetro 3 del área urbana de Monterrey Casanare vía a Yopal

Uso inicial: Matadero municipal

Nuevo uso: infraestructura educativa laboratorios del SENA

Fecha de construcción: año 2006

Sistema constructivo: tradicional manufacturado

Técnica constructiva: tradicional, concreto mezclado in situ, formaleta en madera, pañete y mampostería

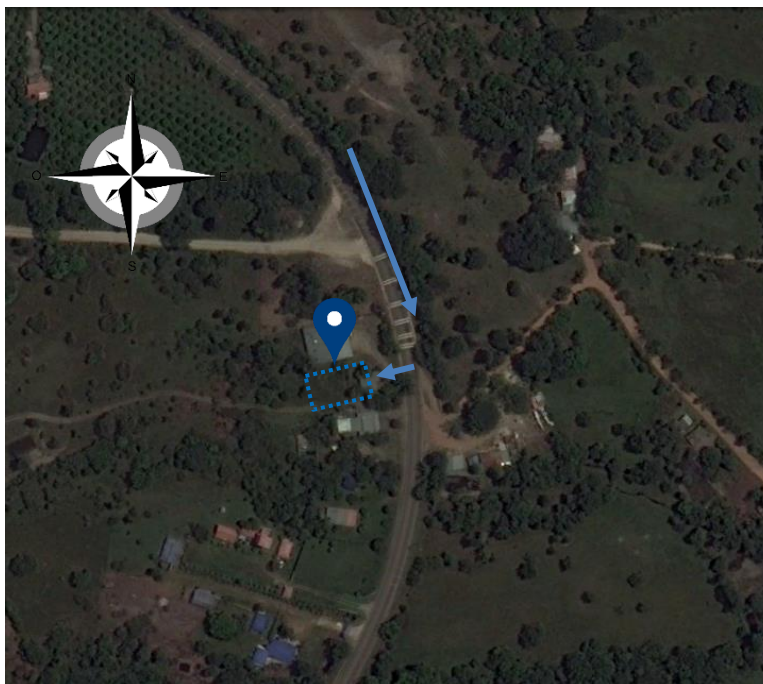


Figura 2. Ubicación y vías de acceso. Fuente: Google Earth, editado por el autor.

Uso actual y previsto del sector: área rural, entorno inmediato suelo libre de construcciones.

Importancia del paciente: reutilización de una obra en estado de abandono.

Zona de amenaza sísmica: Alta (Figura 4)

Extensión del territorio: 17892 M2

Situación del poblado: zona urbana del municipio de Monterrey.

Clima: temperatura promedio de 27 °C

Altura barométrica: 500 metros sobre el nivel del mar

Vías de comunicación: la carretera Monterrey – Yopal (km 3) costado derecho, es la única vía de acceso al predio. (Figura 2)

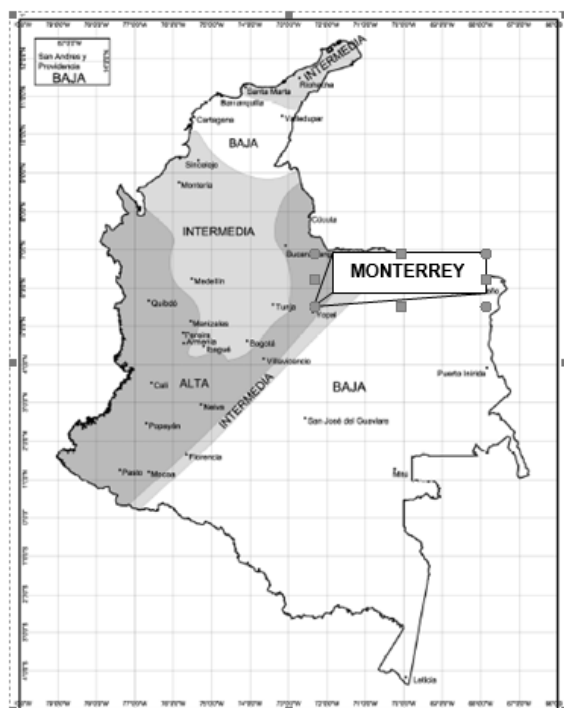


Figura 4. Zonas de amenaza sísmica aplicable a edificaciones. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010).

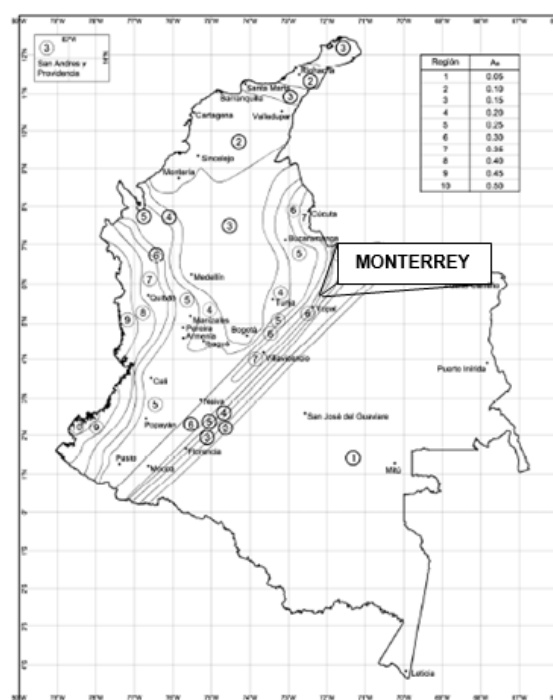


Figura 3. Mapa de Valores de Aa. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010)

Tabla 1. Valor de Aa y Av por Municipio en el Departamento de Casanare. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010).

Municipio	Código Municipio	A _a	A _v	Zona de Amenaza Sísmica
Yopal	85001	0.30	0.20	Alta
Aguazul	85010	0.30	0.20	Alta
Chámeza	85015	0.30	0.30	Alta
Hato Corozal	85125	0.15	0.15	Intermedia
La Salina	85136	0.30	0.30	Alta
Maní	85139	0.10	0.15	Intermedia
Monterrey	85162	0.30	0.25	Alta
Nunchía	85225	0.20	0.15	Intermedia
Orocúe	85230	0.05	0.15	Intermedia
Paz de Ariporo	85250	0.05	0.15	Intermedia
Pore	85263	0.20	0.15	Intermedia
Recetor	85279	0.30	0.30	Alta
Sabanalarga	85300	0.35	0.30	Alta
Sácama	85315	0.35	0.20	Alta
San Luis de Palenque	85325	0.10	0.15	Intermedia
Támara	85400	0.35	0.15	Alta
Tauramena	85410	0.15	0.20	Intermedia
Trinidad	85430	0.05	0.15	Intermedia
Villanueva	85440	0.20	0.20	Intermedia

Contexto medioambiental: El municipio de Monterrey presenta un relieve variado, el cual ¹⁸ ofrece una diversidad de paisajes (montaña, piedemonte, altiplanicie, lomerío y valle). La localización del edificio está sobre Paisaje de llanura.

Suelos: Presenta depósitos de sedimentación de material fino, proveniente de los ríos originados en el área montañosa. Presenta zonas de encharcamiento en épocas de invierno, por la presencia de suelos transportados - residuales arcillosos.

Obra en estado de abandono.

Sistema estructural: porticado con vigas 20x25, columnas 30x30, cimentación zapatas de 80x80 con vigas de arrastre

Normativa actual que lo rige: NSR 10, Plan básico de ordenamiento territorial PBOT.

Área construida: 403,69 M²

Altura máxima: 6,53 Ml

Aplicación patológica: edad adulta, 12 años de construido

% de deterioro: 30%

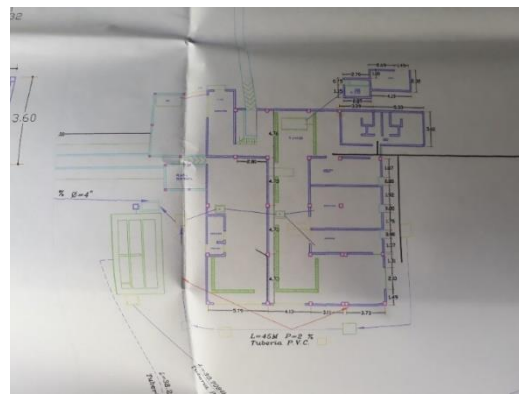
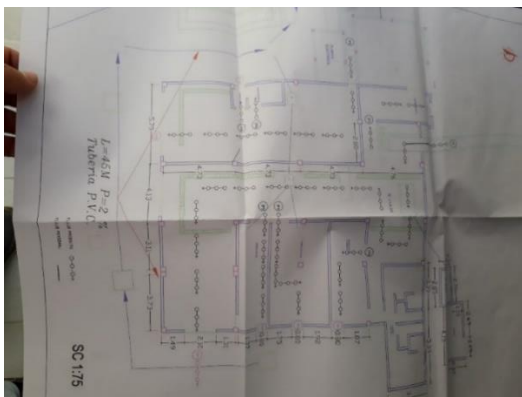


Figura 5. Planos existentes. Fuente: fotografías tomadas de los archivos de la alcaldía de monterrey. Nota: No se encontraron los planos digitales del diseño original, las imágenes corresponden a planos radicados en la oficina de planeación municipal de Monterrey.



Figura 6. Fachada Occidente. Fuente: fotografías del autor.



Figura 7. Fachada Norte. Fuente: fotografías del autor.



Figura 8. Fachada Oriente. Fuente: fotografías del autor.



Figura 9. Fachada Sur. Fuente: fotografías del autor.

Topografía: Objetivos

- Geo referenciar con coordenadas reales por medio de uso de GPS navegador.
- Realizar el levantamiento topográfico, correspondiente al sitio de interés donde se localiza teniendo en cuenta lo requerido por quien lo solicita.
- Generar toda la información del terreno, por medio de nube de puntos tomando todos los detalles relevantes.
- Aplicar conocimientos básicos de la topografía para la generación de información primaria usando equipos de última tecnología.

Inicialmente se realizó un reconocimiento del terreno, para tener un conocimiento más real del alcance del levantamiento.

El trabajo de campo consistió en tomar puntos con estación total topográfica GTS 3007 teniendo en cuenta lo requerido, en este caso se solicitaba definir vías aledañas al área de desarrollo del proyecto, cerramientos de viviendas cercanas y geo referenciar con coordenadas reales el proyecto.

Al obtener la información de campo se continuó con los trabajos correspondientes al procesamiento de datos. Para ello, se procede a extraer los archivos de la estación para convertirlos en archivos CSV y así proceder con la digitalización de los planos.



Figura 10. Posicionamiento 1 estación. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 11. Posicionamiento 2 estación. Fuente: Fotografías del autor.

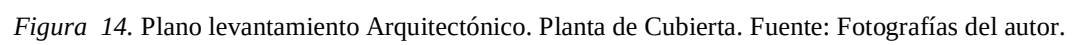


Architectural floor plan of the first floor (Planta Primer Piso) of a building. The plan shows a complex layout of rooms, corridors, and service areas. Key areas include a large central hall, several smaller rooms, a staircase, and a service area with a sink and counter. Dimensions are provided for various spaces. The plan is oriented with North at the top.

PLANTA PRIMER PISO

Scale: 1/4" = 1'-0"

Figura 13. Plano Levantamiento Arquitectónico, Planta primer piso. Fuente: Fotografías del autor.



Zonificación

3

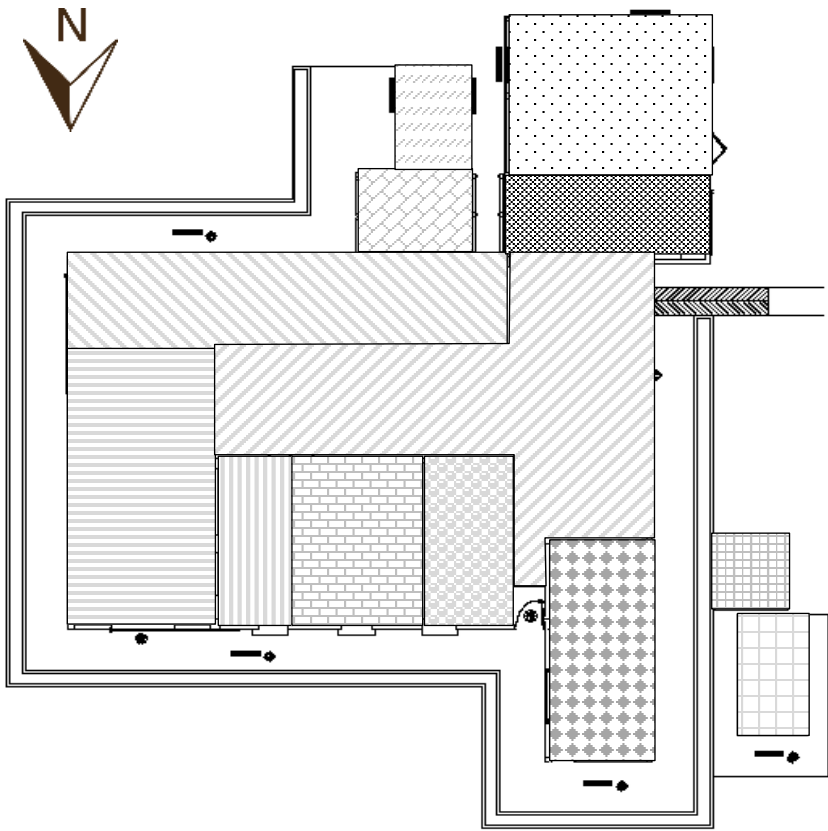
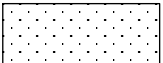
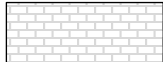
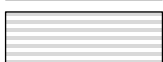
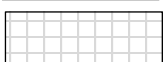
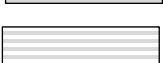
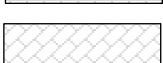
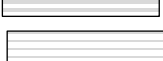


Figura 15. Zonificación. Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 2. Convenciones de Zonificación. Fuente: Elaboración por el autor.

	Tanque presión		Lavado de Patas
	Cuarto 2		Lavado de Pielés
	Área de Sacrificio		Almacén
	Sacrificio auxiliar		Cuarto Auxiliar
	Área de Expedición		Cuarto de maquinas
	Cuarto		Tanque calentador
	Generador		

Registro fotográfico



Figura 16. Cuarto Auxiliar. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 17. Área de sacrificio. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 18. Área de sacrificio. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 19. Lavado de Piel. Fuente: Fotografías del autor.

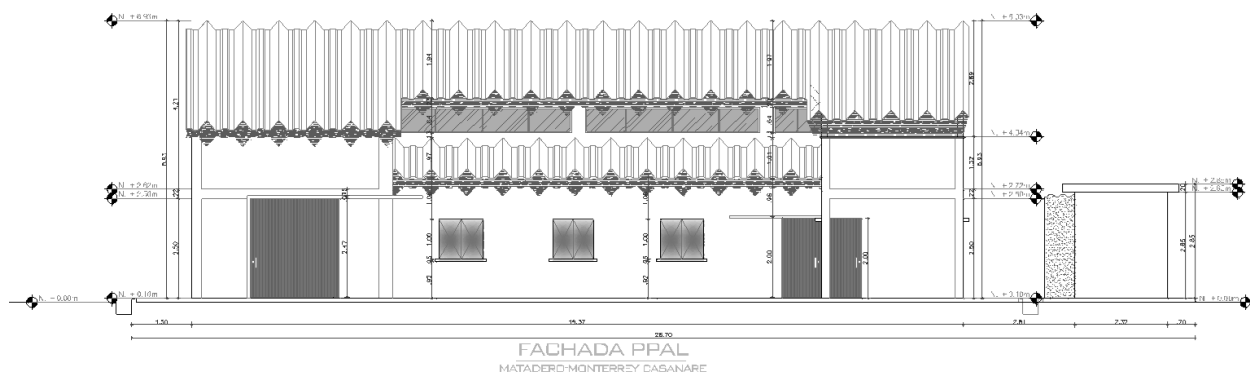


Figura 22. Fachada principal. Fuente: Elaborado por el autor.

Fachada lateral

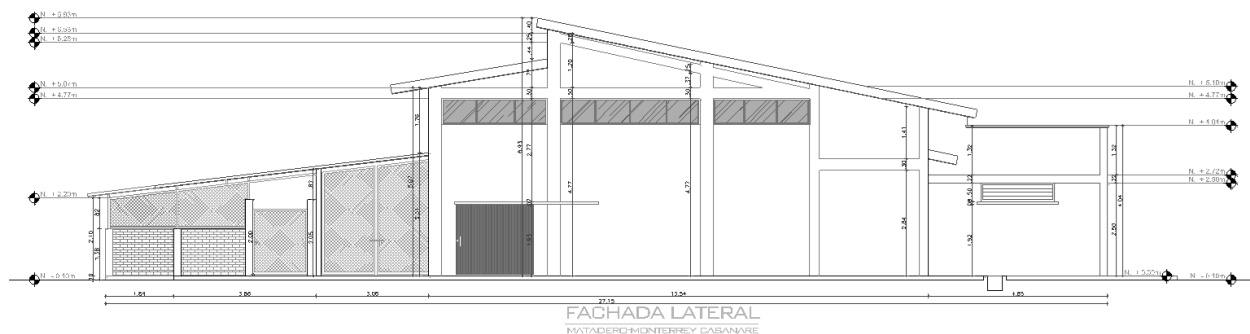


Figura 23. Fachada lateral. Fuente: Elaborado por el autor.

Corte A-A'

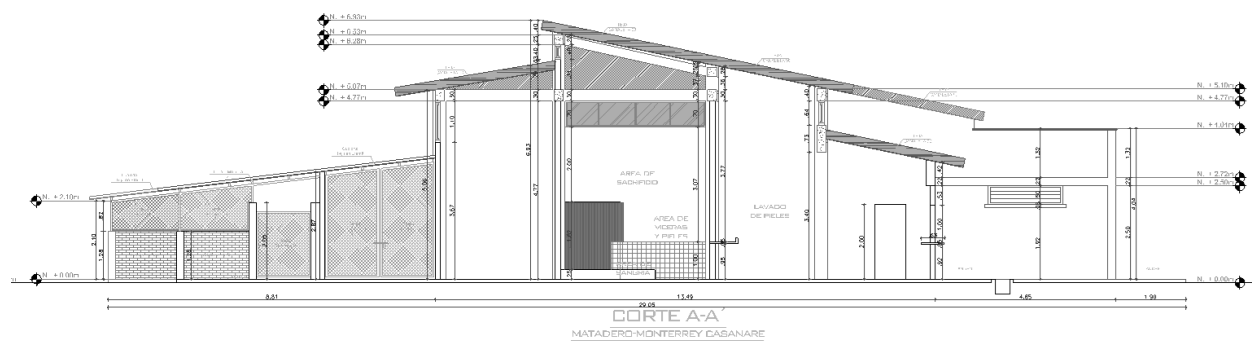
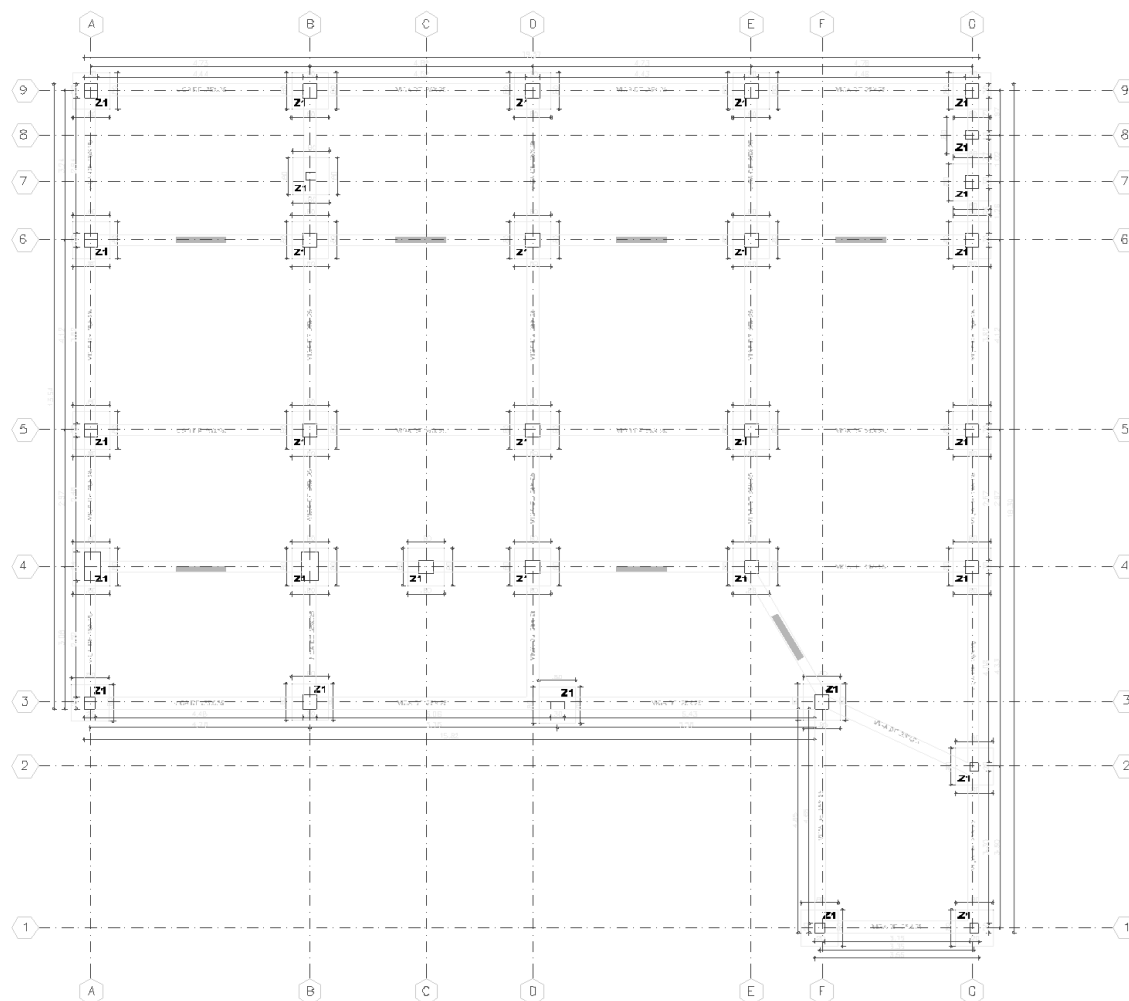


Figura 24 . Corte A-A`. Fuente: Elaborado por el autor.

Levantamiento estructural



PLANTA CIMENTACIÓN

Figura 25. Planta de Cimentación. Fuente: Elaborado por el autor.

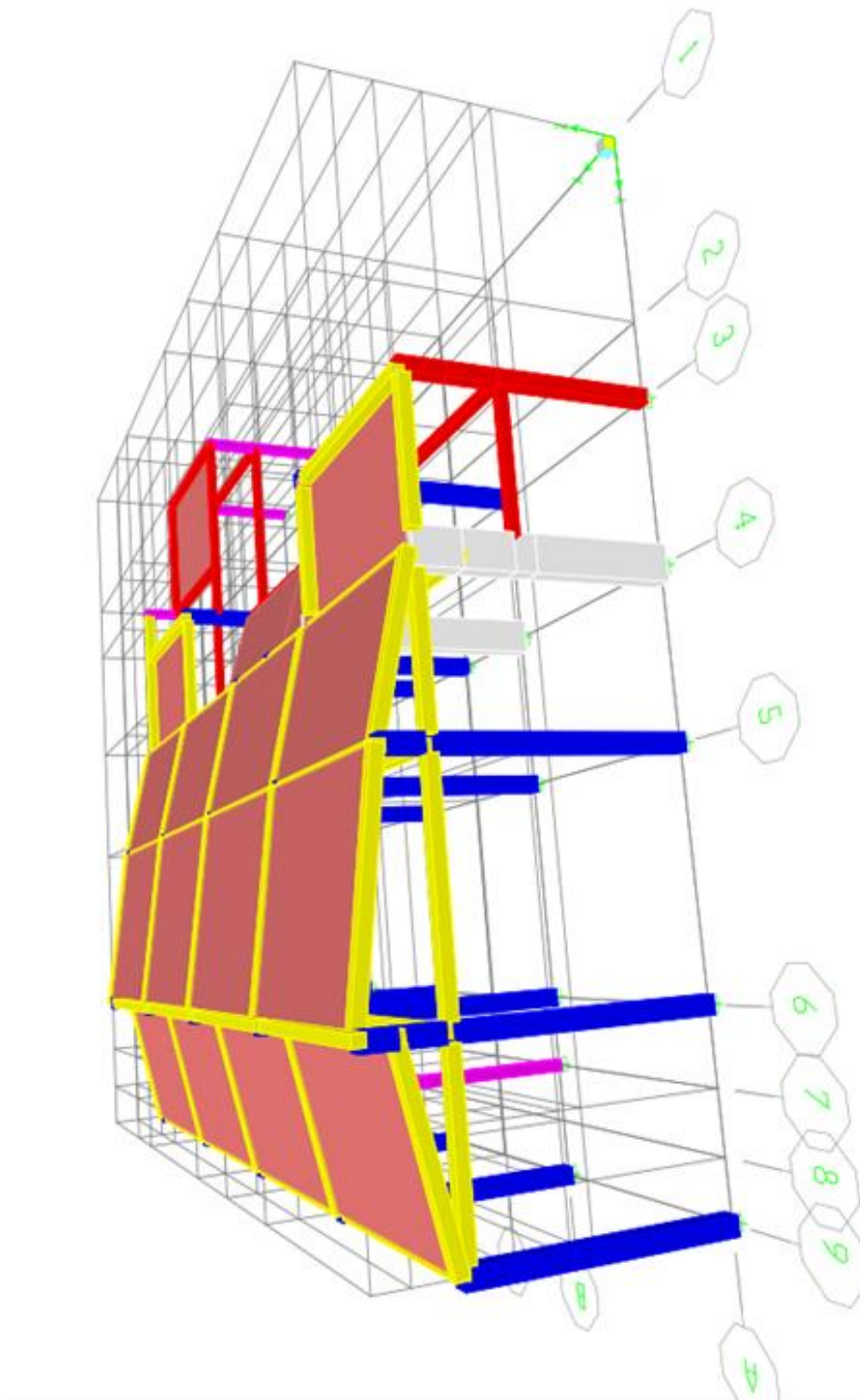
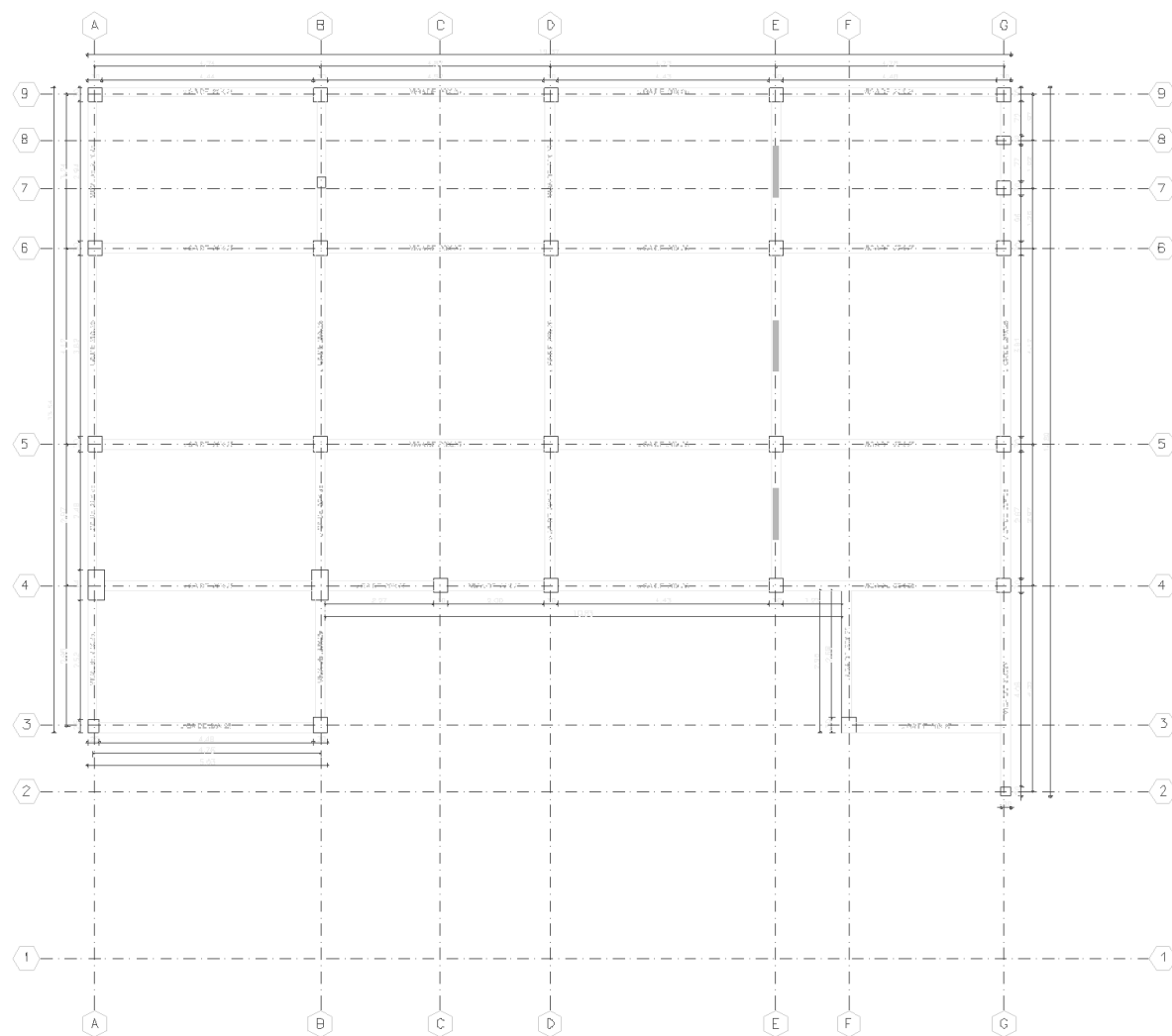


Figura 26. Modelo de análisis estructural. Fuente: Elaborado por el autor.



PLANTA N+5.07
NIVEL 5

Figura 27. Planta de vigas Aéreas. Fuente: Elaborado por el autor.



Figura 28. Modelado 3d Fachada principal. Fuente: Elaborado por el autor.



Figura 29. Modelado 3d Fachada posterior. Fuente: Elaborado por el autor.



Figura 30. Modelado 3d Fachada lateral. Fuente: Elaborado por el autor.

1.4 Estudios y/o ensayos

- 1.4.1 Estudio de suelos
- 1.4.2 Extracción de núcleos en vigas y columnas
- 1.4.3 Pruebas con esclerómetro
- 1.4.4 Escáner de aceros y chequeo invasivo a la estructura (revisión de aceros)
- 1.4.5 Inspección de zapatas

1.4.1 Estudio de suelos

Basados en el anexo 6 (Estudio Geotécnico) se concluye que la estructura proyectada corresponde a una edificación con sistema estructural tipo pórtico de 1 piso. Las cargas que se transmitirán al suelo de fundación se simulan entre 5 y 500 toneladas. Cabe anotar que las cargas mayoradas por fuerzas de sismo no superan en ningún caso el 20% de la carga real por peso propio de la estructura más la carga viva de utilización de las estructuras.

Para tener una idea clara del perfil estratigráfico existente en la zona de estudio; se realizaron 35 tres exploraciones mediante apique manual y ensayo SPT hasta una profundidad máxima de exploración de 6.00 metros.

En cada exploración se efectuó un muestreo representativo para los diferentes estratos, tomando muestras alteradas en bolsa para clasificación y ensayo de resistencia a la penetración con cono dinámico SPT.

Todas las muestras se identificaron visualmente en campo y en laboratorio, y sobre un número representativo de los diferentes estratos se realizó el siguiente programa de ensayos:

- Ensayos de humedad natural.
- Granulometría y gradación
- Peso unitario
- Ensayo de penetración estándar SPT.



Figura 31. Abertura superficial de exploración. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 32. Ejecución de exploración. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 33. Muestra de exploración. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 34. Resultado exploración 1. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 35. Resultado exploración 2. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 36. Resultado exploración 3. Fuente: Fotografías del autor.

Fuente: HUGO YEZID MOLANO SANABRIA ESP. GEOTECNIA

1. El perfil estratigráfico generalizado puntual del proyecto se caracteriza por ser una sucesión de grava limosa con arena, clasificado según la S.U.C.S. como un suelo “GM”.
2. El nivel de cimentación recomendado es de 1,5 metros, calculo hasta la profundidad máxima de sondeo y su utilización está condicionada según requerimiento estructural. Se debe cimentar sobre una capa de relleno seleccionado y compactado de 0.50 metros de espesor al 95% de su proctor
3. Para el proyecto lo más recomendado a la hora de diseñar la estructura es un sistema de cimentación superficial tipo zapatas individuales amarradas en dos direcciones y/o viga de amarre para estructura de 1 piso.
4. Para las excavaciones de la cimentación por su profundidad y el tipo de material encontrado se recomienda manejar un sistema de sostén lateral con el fin de evitar accidentes. Para excavaciones más profundas o que no correspondan a las de cimentación, se debe consultar al ingeniero de suelos para su concepto y diseño.

Recomendaciones

- Tipo y profundidad de cimentación

Para la fundación de las estructuras se recomienda adoptar una cimentación superficial mediante zapatas individuales amarradas en dos direcciones y/o viga de amarre según sea el tipo de requerimiento estructural, sobre concreto ciclópeo. A una profundidad de 1,5 metros.

- Parámetros de diseño sismo resistente

Según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (Ley 400 de agosto 1997 modificada ley 1229 de 2008 y Decreto 926 de marzo de 2008) y teniendo en cuenta los criterios locales de esfuerzos activos producidos por las Fallas, se debe tomar los siguientes parámetros (tabla 3):

Tabla 3. Parámetros de esfuerzos activos. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010)

Zona de amenaza sísmica	alta.
$A_a = 0.30$	$A_v = 0.25$
Tipo de perfil de suelo = D.	$15 < N < 50$
$F_a = 1,2$	$F_v = 1,9$
Grupo de uso	I.
Coeficiente de importancia (I)	1.

La orientación del sismo más peligroso debe tomarse en dirección aproximada Este - Oeste, siendo ésta la orientación del eje principal de esfuerzos tectónicos (σ_1) que plegaron y fallaron las rocas regionalmente; el efecto de la fuerza sísmica sobre las estructuras debe ser aplicado en las dos direcciones.

Tabla 4. Valores del coeficiente F_a para la zona de periodos cortos del espectro. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010)

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tabla 5. Valores del coeficiente F_v para la zona de periodos intermedios del espectro. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010)

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

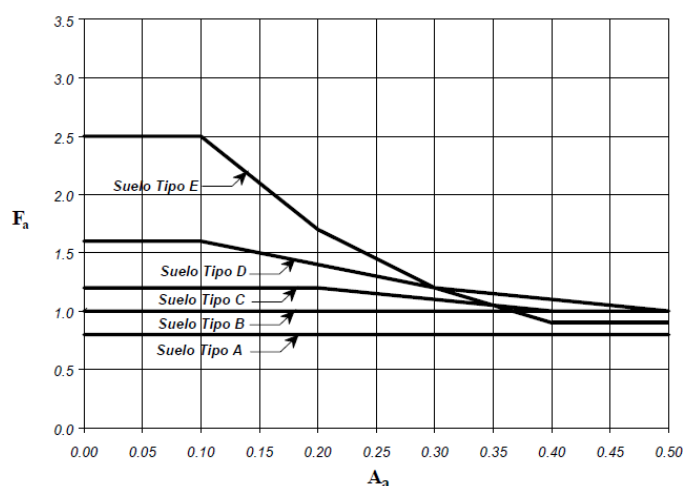


Figura 37. Coeficiente de amplificación F_a del suelo para la zona de períodos cortos del espectro. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010).

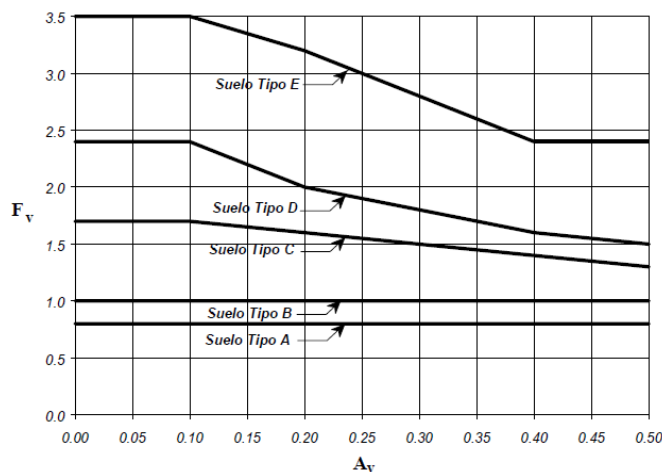


Figura 38. Coeficiente de amplificación F_v del suelo para la zona de períodos intermedios del espectro. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Fuente: Hugo Yezid Molano Sanabria Esp. Geotecnia

1.4.2 Extracción de núcleos

La evaluación de las estructuras de concreto en sitio, además de los métodos de extracción de testigos, escáner de aceros y pruebas de carga, se puede realizar mediante ensayos destructivos y no destructivos, que tienen la ventaja de permitir el control de toda la estructura y sin afectarla en forma rápida.

Se hace la extracción de núcleos a los cuales se les realiza ensayo de resistencia a la compresión. La construcción de la edificación en su parte estructural se llevó a cabo según lo indican los planos de levantamiento estructural (Anexo 4), localización columnas, ejes estructurales y espesores de los mismos, encontrándose que la resistencia a la compresión del concreto utilizada fue de 3000 PSI o 21 Mpa, estas resistencias fueron en su época corroboradas (2006 – LABORATORIO JOSE IBARRA) y según pruebas de en el presente objeto consta que

según cilindros de prueba y tomas de esclerómetro efectivamente la capacidad del concreto es 41 de 3000 PSI en la gran mayoría de la estructura.

Basados en el Anexo 7 se realizaron 10 extracciones de núcleos con sus respectivos resultados, a los cuales se les hace un análisis comparativo a la norma que lo reglamenta que en este caso es la NSR 10 donde en dos capítulos establece lo siguiente:

El capítulo C. C.1.1 Alcance cita lo siguiente “Para el concreto estructural F'_c , no debe ser inferior a 17 Mpa. No se establece un valor máximo pa F'_c , Salvo que se encuentre restringido por alguna disposición específica del Título C.”

El capítulo C5 numeral C5.6.5.5 “El concreto de la zona representada por núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio del núcleo es por lo menos igual al 85 por ciento de f'_c , y ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75 por ciento del f'_c , Cuando los núcleos den valores erráticas, se debe permitir extraer núcleos adicionales de la misma zona”

Citado lo anterior y en base a los resultados de ensayos de núcleos, la estructura del antiguo Matadero de Monterrey. Casanare. CUMPLE con la resistencia mínima según la norma anteriormente citada dado a que la resistencia mínima es de 17 Mpa que equivale a 2465.64 PSI y el resultado de menor resistencia es de 2720.1

En términos generales y según el informe fotográfico (Anexo 1) se verifica que la estructura fue construida siguiendo principios básicos de la construcción de igual forma se verifica en el mismo informe que la cimentación tiene un mejoramiento del suelo de 20 cm con concreto ciclópeo y un mortero de limpieza de 4 cm aplicado a todas las vigas. Los elementos arquitectónicos están contruidos en ladrillo de arcilla y pañetado por ambas caras. Para mayor claridad se anexan planos de diseño arquitectónico (Anexo 3).



Figura 39. Puntos de anclaje para extractor de núcleos. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 40. Extractor de núcleos instalados. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 41. Elementos con perforación de extracción de núcleos. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 42. Muestras de Extracción de Núcleos. Fuente: Fotografías del autor.

LABORATORIO JOSÉ IBARRA
HUELLOS - CONCRETOS - ASFA - OI
NIT. 76.309.510-1

PROYECTO: OPTIMIZACIÓN Y DOTACIÓN MATADERO MUNICIPIO DE MONTERREY										REV. 01	
CONSTRUCTORA: ENCA LTDA										FECHA REPORTE: 3-mar-2006	
RESISTENCIA DE CONCRETO											
Nº	ESTRUCTURA	RESISTENCIA REQUERIDA	FECHA REPORTE	FECHA DE PRUEBA	FECHA DE CURADO	FECHA DE PRUEBA	FECHA DE PRUEBA	FECHA DE PRUEBA	FECHA DE PRUEBA	FECHA DE PRUEBA	FECHA DE PRUEBA
1	CRÓLOPEO	CRÓLOPEO	28-dic-2005	1	28	13/11/2004	85000	3277	3277	117.0	CORTA
2	VEJA CIMENTACIÓN	VEJA	28-dic-2005	2	28	14/11/2004	90000	3306	3306	118.3	CORTA
3	PLACA PISO	PLACA	11-mar-2006	4	28	18/11/2004	90000	3285	3285	116.3	CORTA
4	COLUMNA	COLUMNA	12-mar-2006	5	14	24/11/2004	56000	3243	3243	107.1	CORTA
5	VIGAS	VIGAS	11-mar-2006	7	28	14/12/2004	83000	3035	3035	103.0	CORTA
6	PLACA	PLACA	21-mar-2006	8	28	18/12/2004	88000	3146	3146	104.7	CORTA
7	VIGAS	VIGAS	23-mar-2006	9	28	20/12/2004	84000	3067	3067	102.2	CORTA
8	PLACA	PLACA	25-mar-2006	10	28	22/12/2004	92000	3468	3468	115.4	CORTA
9	CANAL	CANAL	27-mar-2006	11	28	24/12/2004	88000	3211	3211	107.1	CORTA

OBSERVACIONES: CILINDROS TOMADOS POR EL CONTRATISTA
CILINDROS CURADOS EN LABORATORIO

LABORATORIO
DE CEMENTOS

Figura 43. Resultados de Resistencia de concreto. Fuente: Laboratorio José Ibarra (2006).

1.4.3 Pruebas de esclerómetro

Dentro de los métodos no destructivos, los de dureza superficial son los más general, por su economía y facilidad de ejecución, entre ellos el método del esclerómetro.

El esclerómetro fue diseñado por el Ing. suizo Ernst Schmidh en 1948, constituyendo una versión tecnológicamente más desarrollada que los iniciales métodos de dureza superficial generados en la década del veinte.

Se realiza con el fin de evaluar la uniformidad del concreto, identificar zonas o elementos de baja resistencia determinando así unos niveles de calidad y contribuir con otros métodos no destructivos a la evaluación de las estructuras.

Esquema de un esclerómetro

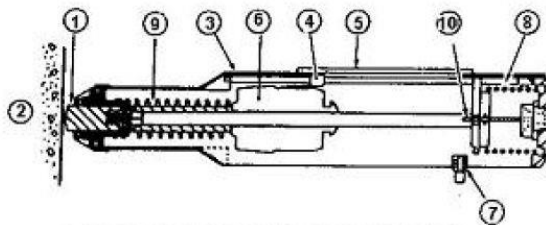


Figura 44. Esquema de esclerómetro. Fuente: https://www.sioingenieria.com/sitio/contenidos_mo.php?it=498

1. Percutor, 2. Concreto, 3. Cuerpo exterior, 4. Aguja, 5. Escala, 6. Martillo, 7. Botón de fijación de lectura, 8. Resorte, 9. Resorte, 10. Seguro.

El ensayo se efectúa apretando el percutor contra la superficie a examinar, hasta que el martillo, impulsado por un resorte, se descargue sobre el percutor. Después del golpe, el martillo rebota una cierta distancia, la cual se indica por una aguja en una escala graduada. La lectura de la posición de la aguja representa la medida del retroceso en porcentaje del avance del martillo.

El resultado arrojado es producido por la redistribución que tiene la energía cinética inicial realizada al impactar una masa móvil contra la superficie del concreto, esta energía se divide en tres, una de ellas es absorbido por el instrumento y la otra por el concreto, quedando así, la energía restante en la masa móvil y arrojando el resultado.

En consecuencia, el rebote del esclerómetro es un indicador de las propiedades del concreto, con relación a su resistencia y grado de rigidez.

Nota: Para realizar el peritaje técnico del predio ubicado en el Matadero Municipal – Monterrey Casanare, tal como aparecen en los planos (Anexo 3) se tomaron los siguientes puntos para determinar la resistencia de dichas columnas y vigas construidas.



Figura 45. Prueba de esclerómetro Punto No 378.

Fuente: Fotografías del autor.



Figura 46. Prueba de esclerómetro Punto No 382.

Fuente: Fotografías del autor.

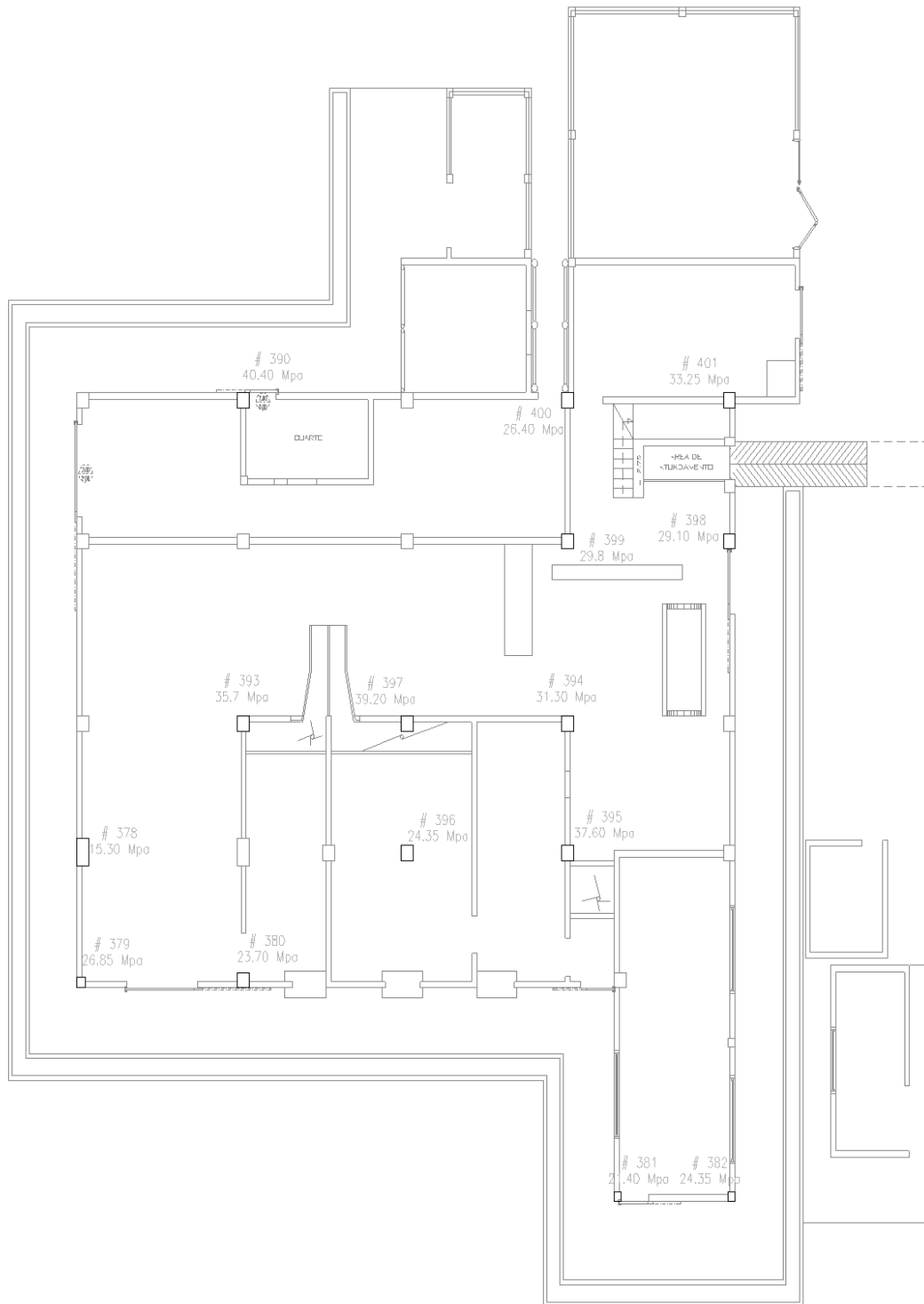


Figura 47. Plano de Localización puntos de esclerómetro. Fuente: Elaboración del autor.

Tabla 6. Resultado de muestra de esclerómetro. Fuente: Datos dados por el esclerómetro.

Report for compressive strength of the concrete

Project Name		MATADERO MONTERREY		Report No.	1
Measurement No.				Standard	
Measurement Date		07/01/2018			
Project Address					
Project Description					
Entrstment Company					
Supervisory Organization					
Concrete Production Deparntment					
NO.	Component Name	F. Avg	F. min	F. SD	Fcu (MPa)
1	A0378	15.3	15.3	0	15.3
2	A0379	26.9	26.9	0	26.9
3	A0380	23.7	23.7	0	23.7
4	A0381	21.4	21.4	0	21.4
5	A0382	24.4	24.4	0	24.4
6	A0383	18	18	0	18
7	A0384	20.2	20.2	0	20.2
8	A0385	17.1	17.1	0	17.1
9	A0386	14.9	14.9	0	14.9
10	A0387	19.5	19.5	0	19.5
11	A0388	23.4	23.4	0	23.4
12	A0389	15.5	15.5	0	15.5
13	A0390	40.4	40.4	0	40.4
14	A0391	18	18	0	18
15	A0392	15	15	0	15
16	A0393	35.7	35.7	0	35.7
17	A0394	31.3	31.3	0	31.3
18	A0395	37.6	37.6	0	37.6
19	A0396	24.4	24.4	0	24.4
20	A0397	39.2	39.2	0	39.2
21	A0398	29.1	29.1	0	29.1
22	A0399	29.8	29.8	0	29.8
23	A0400	26.4	26.4	0	26.4
24	A0401	33.2	33.2	0	33.2
Remarks:					

Según la NSR 10 en el capítulo C . C.1.1 Alcance cita lo siguiente “Para el concreto⁴⁸ estructural F''_c , no debe ser inferior a 17 MPa. No se establece un valor máximo para F''_c , Salvo que se encuentre restringido por alguna disposición específica del Título C.”

Citado lo anterior y haciendo la comparación con la tabla 6 de resultados de muestras de esclerómetro, se consolida que las estructuras del antiguo matadero de la Ciudad de Monterrey, Casanare **CUMPLE** con los requisitos mínimos según la norma, excepto el No 15 de la tabla que está por debajo de 17 Mpa con una resistencia de 15 Mpa,

Por lo tanto, se recomienda que en el modelo de análisis estructural se contemple y se realice una evaluación más precisa de este punto y se establece que las propiedades físicas de los concretos que se le realizaron la prueba de esclerómetro cumplen en la mayoría con los requisitos mínimos según la NSR-10

1.4.4 Escáner de aceros

Aunque el escáner se ha implementado tradicionalmente en actividades de medicina, informática y electricidad, también ha incursionado en el diagnóstico de las estructuras de concreto. Utilizar esta tecnología es fácil, solamente se pasa el dispositivo sobre la superficie a analizar y este emite unas ondas que rebotan dependiendo del tipo de material que detectan y permiten localizar tanto en profundidad, como en distancia la ubicación de ese elemento estructural. Con la información obtenida se elabora un reporte con imágenes tridimensionales para que el interesado visualice los elementos detectados allí y pueda realizar la intervención si provocar costosos accidentes. *Tomado página internet, ASOCRETO*

Con el escáner de aceros se identificó las varillas contenidas dentro de la estructura existente. Esta evaluación se le hizo a 17 columnas y vigas. Dicho procedimiento se hace como medio de

exploración no invasiva para determinar el diámetro y numero de varillas, para luego junto 49
con un examen invasivo determinar la resistencia de dichos elementos estructurales y obtener un
diagnóstico de estos.



Figura 48. Toma de muestra con escáner de
acero. Fuente: Fotografías del autor.



Fotografía 49. Toma de muestra con escáner de
acero c-1. Fuente: Fotografías del auto.

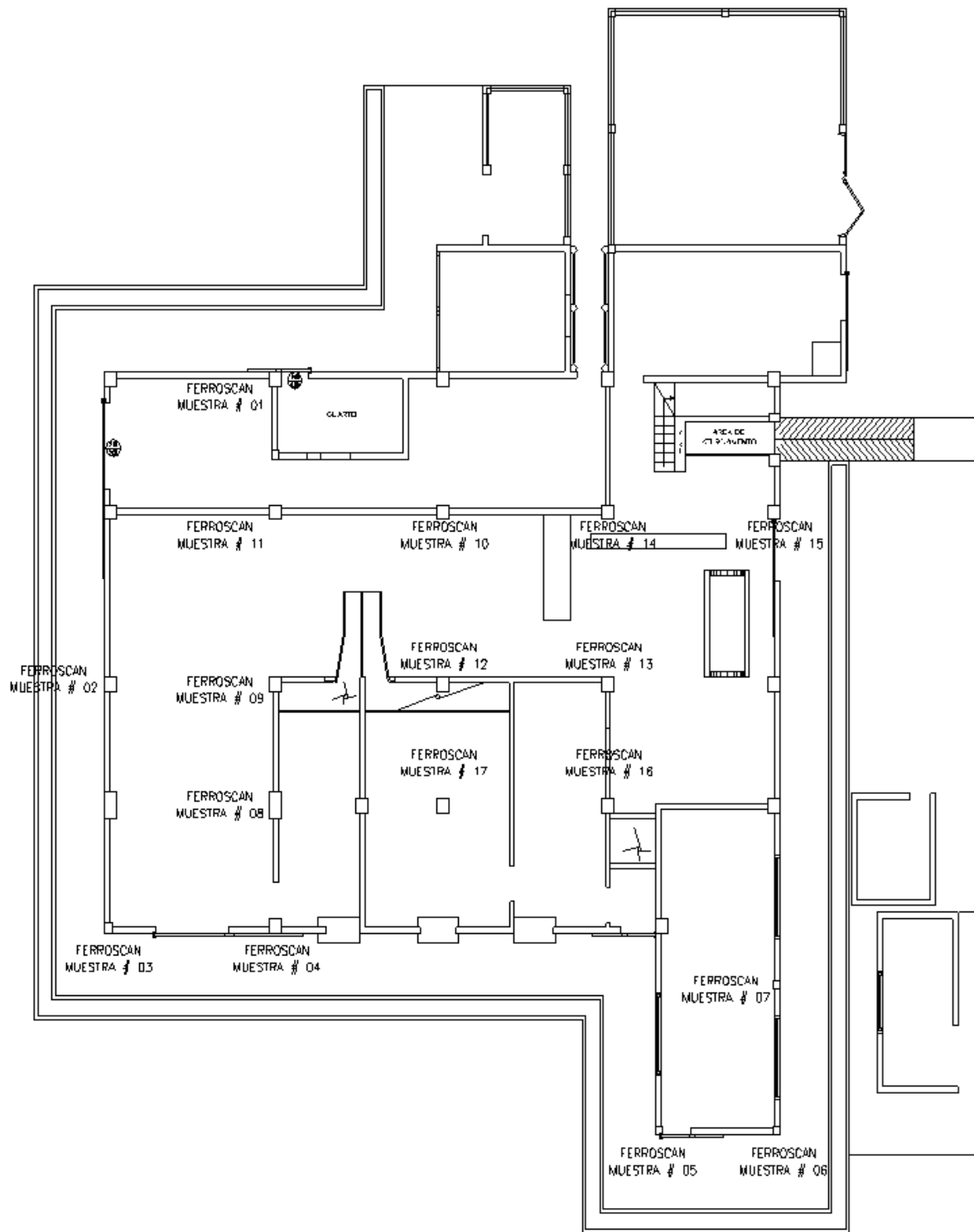


Figura 50. Planta de localización de puntos scanner de aceros. Fuente: Elaboración del autor.



Figura 51. Revisión de aceros en columnas. Fuente: Fotografías del autor.

Revisión de aceros vigas



Figura 52. Revisión de aceros en vigas. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 53. Inspección de Zapatas. Fuente: Fotografías del autor.

1.4.6 Evaluación y resultados

El procedimiento a seguir comprende el análisis y cálculo de cargas, muertas, vivas, viento y las producidas por sismo, siguiendo el patrón trazado en el capítulo A del NSR-10, donde se establece el espectro sísmico de diseño para un análisis modal, de acuerdo a las condiciones propias del sitio, tales como el tipo de suelo sobre la cual descansa la edificación, el tipo de uso de la edificación, la clasificación del sitio o ciudad dentro del mapa de zonas de amenaza sísmica y así definir el valor del coeficiente de aceleración pico efectiva (A_a , A_v), con lo que se establecerán las derivas de acuerdo a un modelo matemático de análisis modal.

Para el cálculo en general se utilizará El programa ETABS, el cual permite la verificación de derivas máximas y diseño de los elementos vigas, columnas y muros, otros se realizan con hojas

de cálculo de acuerdo a las solicitaciones de cargas y otros programas como el SAP. lo

53

anterior teniendo en cuenta que la estructura en general estará en la zona especial de disipación (DES) ante un eventual sismo según NSR-10

Siguiendo los pasos establecidos por la NSR10 Colombia, se lleva a cabo el estudio de vulnerabilidad sísmica para una edificación situada en la ciudad de Monterrey, "2. ANTIGUO MATADERO MUNICIPAL" departamento de Casanare y de la cual se tienen los siguientes datos de investigación los cuales conducirán a determinar el grado de vulnerabilidad de la estructura basados en un análisis de la capacidad de la estructura mediante métodos de análisis elásticos, teniendo en cuenta las características de respuesta de la estructura ante un eventual sismo, de igual forma observando el estado de conservación de la misma.

2. Vulnerabilidad sísmica

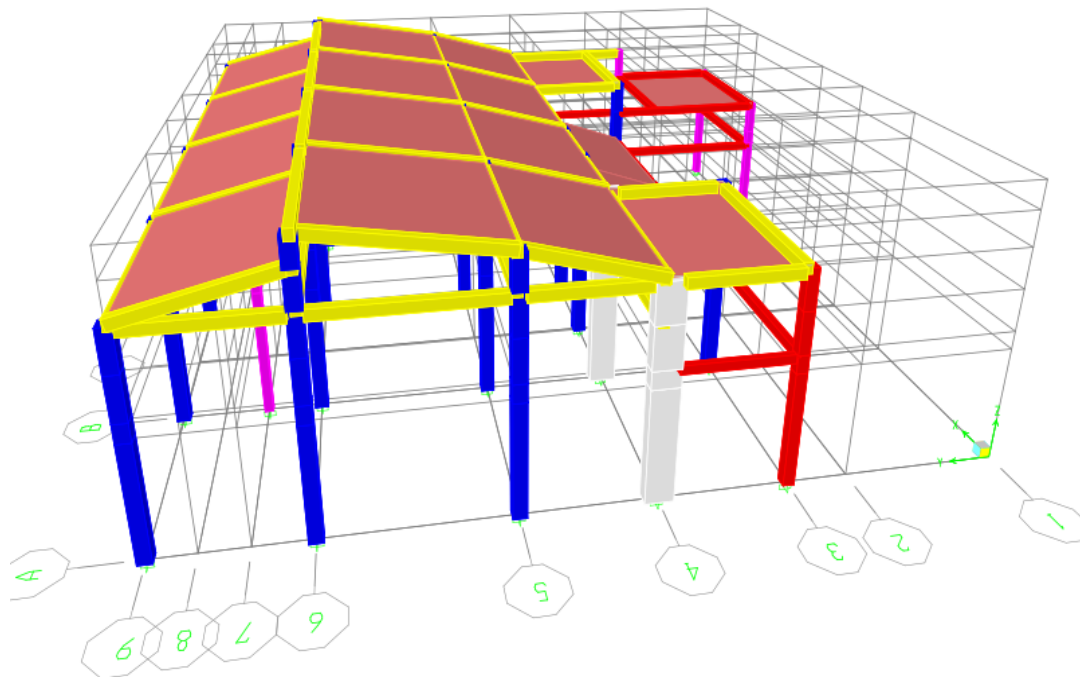


Figura 54. Modelado para evaluación sísmica. Fuente: Elaboración del autor.

El presente informe se realiza por petición del interesado "Alcaldía del municipio de Monterrey" quien desea actualizar la estructura "2. ANTIGUO MATADERO MUNICIPAL", para tal fin se realiza el estudio se enmarca dentro de la norma NSR-10 ya que la edificación fue diseñada y construida bajo la norma NSR-98 54

Dentro del estudio se hace un análisis de la estructura observando las posibles fallas o aciertos en el diseño y la construcción además de la historia clínica a la fecha y que se refleja en la presentación actual de acuerdo al uso que se la ha venido dando y su mantenimiento si lo ha habido este análisis es preliminar y se denomina índice de daño y nos da una idea del posible daño de acuerdo al índice de vulnerabilidad.

Posteriormente se aplica lo establecido en la NSR-10 título A.10.1.4 el cual comprende 12 fases o etapas donde se estudia la edificación con el fin de hallar los índices de sobreesfuerzo de las vigas por piso y por ende el del edificio, a su vez se haya el índice de flexibilidad en donde se refiere en especial a la rigidez de la edificación, siendo la última etapa la aplicación de una solución para corregir los posibles sobreesfuerzo y alta flexibilidad si la hay.

Finalmente se plantean la solución a los diferentes problemas que presente la estructura y se plasman en los correspondientes planos para su construcción y de esta forma reforzar o repotenciar la estructura.

1. Evaluación de índice de vulnerabilidad e índice de daño para la edificación

1.1. DATOS GENERALES						
* Deparatamento ubicacion :			Casanare			
* Ciudad ubicacion			Monterrey			
* Direccion:			"2. ANTIGUO MATADERO MUNICIPAL"			
* Uso actal de la edificacion:			Bodega de almacenamiento			
* Sistema estructural:			Portico de concreto reforzado			
* Numero de Niveles:			7 niveles de vigas y columnas			
* Nmero de ocupantes			20	personas aproximadamente		
* Zona de amenaza sismica			Alta			
* Coefic. Aceleracion pico = Aa:			0,3			



Figura 55. Estado de la edificación en el mes de diciembre de 2017 -fachada oriental. Fuente: Fotografías del autor.



Figura 56. Estado de la edificación en el mes de diciembre de 2017 - fachada sur. Fuente: Fotografías del autor.

1.3 Descripción General

La edificación objeto del presente estudio corresponde a una estructura con fines de uso institucional tipo matadero municipal, la construcción conto con los respectivos diseños hechos por profesionales en cada uno de los ramos según información recolectada por la comunidad, pero por razones no conocidas la obra nunca se puso en funcionamiento y quedo al abandono total y la inclemencia de la intemperie atacada por el sol y el agua, esto ha creado una capa de moho que cubre gran parte de la estructura y en especial en la zona externa y un poco en la parte interna, pues debido al mismo abandono la, además de permitir el paso del agua también se convirtió en nido de aves y murciélagos los cuales han deteriorado el sitio con sus heces fecales afectando en especial los muros (pañete y pintura), se tiene buena conservación donde hay presencia de enchape, ya que este no permite se adhiere las heces a la pared.

La edificación presenta una buena conservación en la parte interna teniendo que no está en uso y se encuentra en abandono, la parte estructural quedo totalmente terminada sin embargo

según se observa quedaron algunas falencias como; falta de acero en las columnas para completar la cuantía mínima exigida en la NRS-10, dimensiones mínimas en ancho y altura para vigas. También se encontró en archivo municipal, información de resistencia de las columnas y vigas, pero no de información con respecto a planos de construcción o bitácoras de obra. 57

La construcción de la edificación en su parte estructural se llevó a cabo según lo indican los planos de levantamiento estructural (Anexo 4) , localización columnas, ejes estructurales y espesores de los mismos, encontrándose que la resistencia a la compresión del concreto utilizada fue de 3000 PSI o 21 Mpa, estas resistencias fueron en su época corroboradas (2006 – LABORATORIO JOSE IBARRA) y según los resultados en el presente Estudio, consta que según la prueba de cilindros y resultado esclerómetro, efectivamente la capacidad del concreto es de 3000 PSI en la gran mayoría de la estructura.

En términos generales y según el informe fotográfico (Anexo 1) se verifica que la estructura fue construida siguiendo principios básicos de la construcción de igual forma se verifica en el mismo informe que la cimentación tiene un mejoramiento del suelo de 20 cm con concreto ciclópeo y un mortero de limpieza de 4 cm aplicado a todas las vigas. Los materiales que utilizaron para los elementos arquitectónicos están realizados con ladrillo de arcilla y pañetado por ambas caras. Para mayor claridad se anexan planos de diseño arquitectónico (Anexo 3) y fotos de la edificación actualmente donde se da cuenta de lo descrito anteriormente.

Según la inspección visual realizada a la estructura en mención, no se encontraron indicios de asentamientos que puedan haber afectado la edificación desde su construcción, teniendo en cuenta que la edificación tiene 15 años de construcción aproximadamente, no se identifican grietas en los muros, vigas y columnas, no hay descascaramiento del concreto, ni hormigueros, pero se evidencia la presencia de moho en algunas áreas de estudio, el cual es producto de la

lluvia y humedad, tampoco se evidencia carbonatación del concreto lo cual es poco probable 58
debido a que se trata de una edificación que se encuentra en una población con poca
contaminación atmosférica.

En líneas generales la edificación no presenta patologías graves en la inspección visual.

1.4. Procesamiento y análisis de información

En las siguientes Tablas (Tabla 8, 9 y 10) se resume toda la información obtenida y se califica
hasta llegar a obtener el índice de vulnerabilidad.

Tabla 8. Organización de sistema. Fuente: Elaboración por el autor.

Actividad	Aspecto a analizar	Resumen información obtenida	Calificación
1	Organización de sistema resistente	Sistema estructural tipo pórtico de concreto reforzado	B
		Columnas con sección mínima (0.30 m x 0.30 m) para la zona especial de disipación (DES.), pero sin la cantidad mínima de acero de refuerzo exigida por la norma	
		Vigas con sección menor a la mínima para la zona especial de disipación (DES.)	
		Densidad estructural normal	
		Altura libre de entrepisos típica promedio 6.53m en la parte mas alta y 2.72 m en la parte mas baja	
		No se encuentra viga intermedia para la altura de la estructura se ve continuidad y distribución correcta en la vigas a la altura de 5.07m	

Tabla 9. Calidad de sistema resistente. Fuente: Elaboración por el autor.

Actividad	Aspecto a analizar	Resumen información obtenida	Calificación
2	Calidad de sistema resistente	Sistema estructural de pórticos de concreto reforzado, configuración en un piso (Siete niveles)	B
		El concreto utilizado es de buena calidad, según pruebas tanto de extracción de núcleos y esclerómetro, no presento hormiguero en la mayoría de las columnas que están expuestas y con pañete. Según revisión el acero no presenta carbonatación y se encuentra de buena calidad y columnas cumplen con las secciones mínimas, pero sin el acero mínimo exigido por la norma, la viga no cumple con las secciones mínimas.	
		Concreto de columnas de buena apariencia no hormigueros, se ve material homogéneo.	
		La estructura se realizo en un mismo periodo de construcción continua.	

Tabla 10. Resistencia Convencional. Fuente: Elaboración por el autor.

59

Actividad	Aspecto a analizar	Resumen información obtenida	Calificación
3	Resistencia convencional	El concreto utilizado corresponde a $f_c'=3000$ PSI, acero de refuerzo $f_y=60000$ PSI.	A
		No hay viga intermedia para la gran altura	
		En los siguientes cuadros se resumen otras características	

Para desarrollar la actividad 3 se realizan los siguientes cálculos (Tabla 11,12 y 13):

3.1. Densidad estructural

Tabla 11. Densidad estructural. Fuente: Elaboración por el autor.

NIVEL	Área Entrepiso (m2)	Área de elementos Col. - Viga (m2)	Num. de elementos	Área total elementos por piso (m2)	DENSID. ESTRUCT. %	Densidad estructural Prom = α .0
Cubierta	79	7,55	1	7,550	9,56%	38,40%
Nivel 6	13,3	13,3	1	13,300	100,00%	
Nivel 5	28,19	28,19	1	28,190	100,00%	
Nivel 4	3,74	3,74	1	3,740	100,00%	
Nivel 3	2,33	2,33	1	2,330	100,00%	
Nivel 2	23,14	2,38	1	2,380	10,29%	
	149,7			57,49		

3.2. Factor de peso por unidad de área = Q

Tabla 12. Factor de peso por Unidad de área =Q. Fuente: Elaboración por el autor.

Nivel	Altura libre entrepiso	Peso de muros =Pm	peso de columnas =Pc	Peso de acabados =Pa	Peso de la placa = Pp	Peso de Vigas = Pv	Área típica entrepiso
	m	KN	KN	KN	KN	KN	m2
Cubierta	0,65					45,30	79
Nivel 6	0,81					79,80	13,3
Nivel 5	0,94					169,14	28,19
Nivel 4	0,99					22,44	3,74
Nivel 3	0,42					11,18	2,33
Nivel 2	2,72	1172,54	276,25			11,42	23,14
		1172,54	276,25	0,00	0,00	339,29	149,7

Peso total Q =(Pm+Pc+Pa+Pp+Pv)
KN
1788,08

Los pesos de las vigas y columnas fueron obtenidos directamente del modelo matemático hecho en el programa ETABS.

Se puede obtener un peso por unidad de m2	= $q=Q/A$ =	11,944	KN/m2	
---	-------------	--------	-------	--

3.3. Resistencia al cortante de las columnas

Resistencia al cortante dado por el concreto es bajo la siguiente formula (Formula 1)

Formula 1

$$V_c = 0.17 * l * (f_c^{(1/2)}) * b * d \text{ (flexión y cortante)}$$

Tabla 14. Resultados de Resistencia al cortante de las columnas. Fuente: Elaboración por el autor. 61

Nivel	ancho = b (m)	Profundi =d (m)	fc' (Mpa)	Cant. Columnas	Área de col. Ai(m2)	Vc. (KN)	Ai*Vc (KN-m2)
Cubierta							
Nivel 7	0,3	0,30	21,0	5	0,450	350,57	157,76
Nivel 6	0,3	0,30	21,0	10	0,900	701,13	631,02
Nivel 5	0,3	0,30	21,0	27	2,430	1893,06	4600,14
Nivel 4	0,3	0,30	21,0	27	2,430	1893,06	4600,14
Nivel 3	0,3	0,30	21,0	27	2,430	1893,06	4600,14
Nivel 2	0,3	0,30	21,0	27	2,430	1893,06	4600,14
TOTAL				Σ=	11,070		19189,34
Nivel	ancho = b (m)	Profundi =d (m)	fc' (Mpa)	Cant. Columnas	Área de col. Ai(m2)	Vc. (KN)	Ai*Vc (KN-m2)
Cubierta							
Nivel 7	0,35	0,64	21,0	0	0,000	0,00	0,00
Nivel 6	0,35	0,64	21,0	0	0,000	0,00	0,00
Nivel 5	0,35	0,64	21,0	2	0,448	349,01	156,36
Nivel 4	0,35	0,64	21,0	2	0,448	349,01	156,36
Nivel 3	0,35	0,64	21,0	2	0,448	349,01	156,36
Nivel 2	0,35	0,64	21,0	2	0,448	349,01	156,36
Nivel 1	0,35	0,64	21,0	2	0,448	349,01	156,36
TOTAL				Σ=	2,240		781,78
Nivel	ancho = b (m)	Profundi =d (m)	fc' (Mpa)	Cant. Columnas	Area de col. Ai(m2)	Vc. (KN)	Ai*Vc (KN-m2)
Cubierta							
Nivel 7	0,2	0,20	21,0	0	0,000	0,00	0,00
Nivel 6	0,2	0,20	21,0	0	0,000	0,00	0,00
Nivel 5	0,2	0,20	21,0	2	0,080	62,32	4,99
Nivel 4	0,2	0,20	21,0	4	0,160	124,65	19,94
Nivel 3	0,2	0,20	21,0	4	0,160	124,65	19,94
Nivel 2	0,2	0,20	21,0	4	0,160	124,65	19,94
Nivel 1	0,2	0,20	21,0	4	0,160	124,65	19,94
TOTAL				Σ=	0,720		84,76
Nivel	ancho = b (m)	Profundi =d (m)	fc' (Mpa)	Cant. Columnas	Area de col. Ai(m2)	Vc. (KN)	Ai*Vc (KN-m2)
Cubierta							
Nivel 7	0,3	0,19	21,0	0	0,000	0,00	0,00
Nivel 6	0,3	0,19	21,0	0	0,000	0,00	0,00
Nivel 5	0,3	0,19	21,0	1	0,057	44,41	2,53
Nivel 4	0,3	0,19	21,0	1	0,057	44,41	2,53
Nivel 3	0,3	0,19	21,0	1	0,057	44,41	2,53
Nivel 2	0,3	0,19	21,0	1	0,057	44,41	2,53
Nivel 1	0,3	0,19	21,0	1	0,057	44,41	2,53
TOTAL				Σ=	0,285		12,66

Tabla 15. Resultados de resistencia al cortante total. Fuente: Elaboración por el autor.

62

Numero de pisos	Nivel	Σ Area de col. $A_i(m^2)$	$\Sigma A_i * V_c$ (KN-m2)
	Cubierta		
1	Nivel 7	0,45	157,76
2	Nivel 6	0,90	631,02
3	Nivel 5	3,02	4764,01
4	Nivel 4	3,10	4778,97
5	Nivel 3	3,10	4778,97
6	Nivel 2	3,10	4778,97
TOTAL		13,65	19889,70

Tabla 16. Resultado de resistencia al cortante sistema columnas. Fuente: Elaboración por el autor.

* V_k = Resistencia al cortante sistema columnas			
$V_k = \Sigma (A_i * V_c) / \Sigma (A_i)$	=	1457,12	KN
* C = Coeficiente sísmico (Relación max. fuerza resistencia horizontal vs Peso de la edificación)			
$C = \alpha_0 * V_k / (Q * N_{pisos})$	=	7,808	
* α = Relación Capacidad/demanda			
S_a = Aceleración espectral :		0,99	(obtenida de espectro de análisis)
$\alpha = C / S_a$	=	7,887	

3.4. Resultados de Rangos de calificación resistencia convencional

Tabla 17. Resultados de rangos de clasificación resistencia convencional. Fuente: Elaboración por el autor.

Valor α_0	Tipo de Calificación	Calificación
$\alpha \geq 1$	A	A
$0.6 \leq \alpha < 1$	B	-
$0.4 \leq \alpha < 0.6$	C	-
$\alpha < 0.4$	D	-

Tabla 18. Clasificación de Posición del edificio y cimentación. Fuente: Elaboración por el autor.

63

Actividad	Aspecto a analizar	Resumen información obtenida	Calificación
4	Posición del edificio y cimentación	Tipo de suelo = D	A
		Edificación en zona plana, casco urbano Municipio de Monterrey	
		Cimentación construida en una sola etapa, toda es uniforme en desplante 1.0 m. y un nivel de cimentación	
		La cimentación, es continua en su tipo, manteniendo concordancia, zapatas amarradas con vigas de amarre.	
		No hay probabilidad de movimientos o niveles freáticos que la afecten la estructura a la profundidad que se encuentra actualmente. (1mt)	

Tabla 19. Clasificación de Diagramas Horizontales. Fuente: Elaboración por el autor.

Actividad	Aspecto a analizar	Resumen información obtenida	Calificación
5	Diafragmas horizontales	La edificación no tiene diafragmas rígidos (Solo cubierta)	A
		no presenta diafragmas	

Tabla 20. Análisis de áreas de diafragma. Fuente: Elaboración por el autor.

Análisis de áreas de diafragma				
Área bruta (m2)	Área Vacío (m2)	% Área Vacíos		
23,14	0	0,00%	<30%	PLACA

Tabla 21. Clasificación de Configuración en planta. Fuente: Elaboración por el autor.

Actividad	Aspecto a analizar	Resumen información obtenida	Calificación
6	Configuración en planta	No hay esbeltez en planta relación largo/ancho < 4	A
		Gran parte de los ejes de horizontales coinciden en el centro de la columnas a excepción de los ejes diagonales	
		Densidad de columnas adecuada	
		Las columnas siguen un mismo eje vertical lo que asegura continuidad en la aplicación de la carga y aterrizaje adecuado de las en la zapata. - Falta acero para completar acero mínima cuantía	
		Se evidencian irregularidades en planta y altura según NSR10	

Tabla 22. Resultado relación Largo / Ancho. Fuente: Elaboración por el autor.

Relación largo(L)/ancho(B) ≤ 4 =	L= (m)	B= (m)
1,43	19,37	13,54

Tabla 23. Clasificación de Configuración en altura. Fuente: Elaboración por el autor.

Actividad	Aspecto a analizar	Resumen información obtenida	Calificación
7	Configuración en altura	No hay esbeltez en altura relación Alto/ancho <4	B
		No hay problemas de golpeteo en la edificación ya que la construcción más cercana estás una de la otra.	
		No hay concentración de masas en ninguna de las plantas.	

Tabla 24. Resultado relación Alto / Ancho. Fuente: Elaboración por el autor.

Relación Alto(H)/ancho(B) ≤ 4 =	H= (m)	B= (m)
0,34	6,53	19,37

Tabla 25. Clasificación de Estructuración del sistema principal. Fuente: Elaboración por el autor.

Actividad	Aspecto a analizar	Resumen información obtenida	Calificación
8	Estructuración del sistema principal	Densidad optima de área de columnas cumple con una estructuración normal y adecuada	B
		La edificación es redundante, todas las vigas se soportan en columnas además de tener más de 3 ejes en ambos sentidos principales	
		El sistema estructural es tipo pórtico de concreto se construyó en su totalidad como sería lo deseado, salvo que faltó una fila intermedia de vigas para mejorar el comportamiento de la estructura.	
		El sistema no es vulnerable a punzonamiento, ya que se conforma con vigas, para soportar la cubierta	

Tabla 26. Clasificación Tipo de cubierta. Fuente: Elaboración por el autor.

Actividad	Aspecto a analizar	Resumen información obtenida	Calificación
9	Tipo de cubierta	Cubierta liviana tipo asbesto cemento autoportante (Diafragma flexible)	A
		Hay viga corona que cierre las culatas y da soporte firme a la cubierta - Alta eficiencia	
		Amarres de la teja a la tubería o cercha de buena eficiencia, hay que reemplazar en lo posible, debido a los años de funcionamiento y vida útil	

Tabla 27. Clasificación de Elementos no estructurales. Fuente: Elaboración por el autor.

65

Activida	Aspecto a analizar	Resumen informacion obtenida	Calificacion
10	Elementos no estructurales	Elementos no estructurales como muros divisorios y fachada no tienen anclajes, ni tienen ningún sistema de aislamiento con las columnas -, pero no muestra dilatación o fisuras en unión mampostería vs pórtico.	B
		No hay muros bajos	
		Ventanería en fachada es de aberturas medianas, con desudad baja con respecto a la totalidad de muros fachada laterales y principal.	
		No presenta tanques de reserva de agua en cubierta, vulnerables al vuelco	

Tabla 28. Clasificación de Estado de conservación. Fuente: Elaboración por el autor.

Actividad	Aspecto a analizar	Resumen información obtenida	Calificación
11	Estado de conservación	El sistema estructural columnas y vigas tienen buena apariencia y condición	B
		No hay evidencia de asentamientos	
		No se presentan grietas en los muros ni en placas ni en vigas y columnas	
		Se evidencia degradación de los elementos recubrimiento (pañete) y en la parte inferior de las columnas y muros.	

Resumen de aspectos para desempeño sísmico

Tabla 29. Resultados de Desempeño sísmico. Fuente: Elaboración por el autor.

#	Item		Calificación	Ki=Puntaje	Wi	Ki*Wi
1	Organización de sistema resistente		B	0	1	0
2	Calidad de sistema resistente		B	5	0,25	1,25
3	Resistencia convencional		A	0	1,5	0
4	Posición del edificio y cimentación		A	0	0,75	0
5	Diafragmas horizontales		A	0	1	0
6	Configuración en planta		A	0	0,5	0
7	Configuración en altura		B	5	1	5
8	Estructuración del sistema principal		B	5	0,25	1,25
9	Tipo de cubierta		A	0	1	0
10	Elementos no estructurales		B	0	0,25	0
11	Estado de conservación		B	5	1	5
					Σ=	12,5

Tabla 30. Cálculo de Índice de Vulnerabilidad. Fuente: Elaboración por el autor.

66

Para concreto reforzado se tiene					
No hay columnas cortas: por lo tanto El factor columna corta =			0		
$Iv = (100 * (\sum ki * Wi) / 34) + F(\text{columna corta}) =$			36,765		
* CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DAÑO = Id					
Este índice se calcula de acuerdo con las tablas de función de vulnerabilidad para tipologías colombianas realizadas por Gustavo Chio Cho y Esperanza Maldonado R. 2009					
$Id = A1 * ((Iv/10)^2) + A2 * ((Iv/10)) + b \leq 100 = Id =$					

Tabla 31. Resultado de Índice de Daño. Fuente: Elaboración por el autor.

Aa	A1 =	A2 =	b	Id
0,3	0,43687	2,78409	39,98343	56,12

Una vez analizados los resultados y calculado el índice de daño y de acuerdo a la escala Mena Hernández (2007), en la siguiente tabla 32, se describe el nivel de daño obtenido.

Tabla 32. Descripción de Índice de daño. Fuente: Elaboración por el autor.

lim. Id	Id =	Nivel daño	DESCRIPCION
7.5 ≤ ID < 15	56,12	FUERTE	Grandes daños en elementos no estructurales que pueden comprometer la estabilidad de la estructura, es indispensable el desalojo de la edificación. Los costos de la reparación pueden igualar al costo de la estructura por lo que es recomendable su demolición para posterior reconstrucción.

Escenario de daño: A continuación, se clasifica el escenario de daño probable en la estructura analizada, siguiendo un diagrama de flujo preestablecido, el cual tiene en cuenta el tipo de ocupación de la edificación, hora del evento y número de personas ocupantes.

Tabla 33. Clasificación de daño en posible escenario. Fuente: Elaboración por el autor.

67

Cantidad de residentes	Id	Probabilidad de Atrapados	Evento entre la 6h a las 18h?	EDIF. RESIDENCIAL?	Nivel de ocupacion= Ncp	Tipo de estructura	Probabilidad de atrapados %
20,0	56,12	SI	SI	NO	0,8	CONCRETO	30

Cant. Atrapados	Cant. Heridos leves	Cant. Heridos que req. atencion	Cant. Heridos Graves	Cant. Muertos
5	2	1	1	1

Estudio de vulnerabilidad según NSR 10

Siguiendo los pasos establecidos por la NSR10 Colombia, se lleva a cabo el estudio de vulnerabilidad sísmica para una edificación situada en la ciudad de Monterrey, "2. ANTIGUO MATADERO MUNICIPAL" departamento de Casanare y de la cual se tienen los siguientes datos de investigación los cuales conducirán a determinar el grado de vulnerabilidad de la estructura basados en un análisis de la capacidad de la estructura mediante métodos de análisis elásticos, teniendo en cuenta las características de respuesta de la estructura ante un eventual sismo, de igual forma observando el estado de conservación de la misma.

De acuerdo con lo anterior se procede a desarrollar las 12s fases que comprenden este tipo de estudios:

Fase 1. El presente estudio se enmarca dentro de lo señalado por A.10.1.3 NSR10 para edificaciones construidas antes de la presente norma NSR10

Fase 2. Se obtiene información preliminar, basados en el levantamiento arquitectónico, el estudio de patología y el levantamiento estructural (Se anexan planos), además de los datos propia aportada por quienes realizan el estudio de acuerdo a los parámetros establecidos por la NSR10. En consecuencia, se puede establecer una secuencia lógica para llevar a cabo esta fase

1. haciendo un análisis secuencial estableciendo las siguientes etapas.

Caracterización:

- Sistema estructural: Tipo pórtico de concreto reforzado
- Fecha aproximada de construcción: Edificación construida en el año 2006, edad aproximada 11 años.
- Configuración en altura: Seis niveles marcado por alturas de vigas y nivel de cubierta inclinada
- Uso original: Matadero - institucional
- Uso actual: No está en uso
- Uso futuro: Institucional
- Información disponible de diseños estructurales: (no hay planos, no hay bitácoras, informe de extracción de núcleos en el año 2006), resultados de laboratorio.
- Antecedentes de daño por acción física o mecánica: No hay evidencia de daño por estas causas.
- Tipo de muros: La estructura cuenta con fachadas de ladrillo macizo pañetado en ambas caras.
- Placa de entrepiso y exterior: no hay placa
- Ubicación de la edificación en el mapa de riesgo sísmico: *ALTA*, $A_a=0.10$, $A_v=0.25$, coef. Importancia II
- Tipo de suelo sobre el cual se cimienta la estructura: Suelo Tipo D

Tabla 34. Resultados de Fase 1 y 2 de estudio patológico. Fuente: Elaboración por el autor.

DIAGNOSTICO	IMPLICACION ESTRUCTURAL
Frente de carbonatación No se ve una perdida relevante, edificación de 11 años aproximadamente.	No hay perdida de protección mínima por este concepto.
Los muros son de tipo arcilla maciza no presenta fisuras lo que indica que no han habido asentamientos ni movimientos diferenciales	El buen estado puede ayudar en el comportamiento ante un eventual sismo sin embargo también podría provocar un efecto látigo por su alta rigidez pero frágil.
No hay secuencia de fallas o grietas que indiquen, asentamiento, o deflexiones excedidas o columnas que hayan fallado.	No hay implicación en el funcionamiento de la estructura, cimentación aceptable y estructura adecuada
No se ve corrosión del refuerzo, por falta de recubrimiento, se observa que todas las vigas y columnas tienen buena apariencia en el concreto de recubrimiento	No hay posibles implicaciones inmediatas que afecten el desempeño de la estructura.
Acero de refuerzo principal, cumple con cuantía mínima en los sitios donde probablemente no hay mucha exigencia de esfuerzos,	En este momento no se presenta problema alguno por exigencia de la estructura ante cargas gravitacionales y tampoco por los pocos sismo que ha soportado.
La configuración en planta es relativamente regular, pero en altura se puede considerar como irregular.	Se puede presentar concentración de fuerzas en las zonas mas densas en altura y columnas.
Elementos no estructurales tipo muros de mampostería de arcilla están formando diafragmas entre columnas y vigas ya que no están separados ni anclados arriba y abajo.	Se pueden presentar problemas de rotura de muros, por participación dentro del sistema de resistencia, se puede presentar efecto látigo por rotura súbita de los muros.
Hay lesiones por infiltración o humedades a pesar de la gran cantidad de moho presente en la construcción.	Actualmente no hay implicación en la estructura pero en un futuro si podría implicar daños en el concreto y el refuerzo - urge intervención de limpieza y protección.
La estructura tiene 11 años de haber sido construida y aunque ha estado desprotegida tiene una apariencia aceptable no se ven fisuras o daños superficiales en el concreto, el clima y el medio ambiente poco contaminado han contribuido a que no halla carbonatación y mucho menos oxidación del refuerzo.	Esto genera que la estructura pueda desempeñarse adecuadamente según fue diseñada y pueda tener una larga vida útil.

la cubierta es autosoportante apoyada en vigas de concreto reforzado a su vez las cerchas reciben las correas que soportan la teja tipo liviano, no se ven goteras relevantes	La falta cerramiento en la parte superior ha permitido la entrada de agua a la edificación produciendo empozamientos en el piso y humedad en pisos, lo que puede dañar el concreto y penetrar hasta el refuerzo produciendo oxidación del mismo y posible colapso por falla en la resistencia.
La edificación se clasifica con un nivel fuerte de daño de acuerdo con el análisis de daño con un ID=56.12	En líneas generales se puede presentar Grandes daños en elementos no estructurales que pueden comprometer la estabilidad de la estructura, es indispensable el desalojo de la edificación. Los costos de la reparación pueden igualar al costo de la estructura por lo que es recomendable su demolición para posterior reconstrucción.

Fase 3. En esta fase se evalúa la capacidad de respuesta de la estructura ante un evento sísmico, se enlazan vigas y columnas, comparando la resistencia de las vigas ante la imposición de cargas gravitacionales y la combinación de estas con las fuerzas sísmicas, por otro lado, se analiza la capacidad de la edificación para que funcione dentro de los límites de flexibilidad. Para el desarrollo de esta fase se sigue el procedimiento de análisis de la NSR10, Capítulo A.10.2

Para el desarrollo de esta fase se anexan memorias de cálculo para obtener los diferentes resultados del comportamiento de la estructura.

3.1 Calificación calidad de diseño y construcción:

REGULAR

Se da esta calificación ya que para la época en que se comenzó a construir ya existía la norma NSR-98 y se diseñó de acuerdo a la misma, de igual forma se aclara que no presenta cuantías mínimas de acero en columnas y alturas mínimas en vigas

3.2 Calificación calidad del estado de la construcción:

REGULAR

Esta clasificación corresponde a que la estructura tiene 11 años de construida y no presenta 71
daño alguno, por asentamientos, no hay fisuras por mala calidad del concreto, no se presentan
deflexiones particulares ni generales, además de esto las pruebas de laboratorio de las muertas
extraídas de concreto y esclerómetro muestran una resistencia mayor a la de diseño que es 21
Mpa.

Tabla 35. Clasificación de calidad del diseño y la construcción o del estado de la edificación.
Fuente: Elaboración por el autor.

Valores de ϕ_c y ϕ_e			
	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

De acuerdo a lo observado anteriormente y en concordancia con la tabla 35 se asignan los
coeficientes de estado y diseño de la construcción.

Tabla 36. Coeficientes de estado y diseño de la construcción. Fuente: Elaboración por el autor.

Calificación calidad de diseño y construcción:	$\phi_c =$	0,8	
Calificación calidad del estado de la construcción	$\phi_e =$	0,8	

Fase 4 evaluación de la estructura existente

En esta fase se pueden resumir las Fases 5, 6, 7

4.1 Solicitud equivalente

Con esto se pretende establecer una equivalencia entre las posibles solicitudes que propone
la norma NSR10 para diseño normal y las que podría soportar la estructura en su estado actual.

Para lograr esto y teniendo en cuenta que se trata de una edificación construida bajo la

norma NSR-98, la estructura se debe analizar para movimientos sísmicos en un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva (A.10.4.2.1)

72

4.2 Coeficiente de capacidad de disipación de energía R'

Debido a las características de edificación y observando que se cumplió con los requerimientos de diseño y construcción de la época, es decir la norma NSR-98, se puede decir que la edificación, debe responder adecuadamente dentro de un rango de disipación de energía (DES).

Por lo tanto, teniendo en cuenta lo anterior se puede utilizar la Tabla A.3-3, de la na NSR10, con el fin de enmarcar la edificación dentro de los rangos de respuesta R_o a el cual se le denominara R' .

$R_o = R' =$	7
--------------	----------

Factores de reducción de R' De acuerdo a la geometría de la estructura y aplicando lo establecido en la figura A.3-3- de la NSR10 y tabla A.3-7-de la NSR10 se puede deducir la siguiente tabla 37:

Tabla 37. Descripción de resultados de factores de reducción. Fuente: Elaboración por el autor.

Irregularidad en planta, considera Tipo 5P:	$\phi_p =$	0,9
Irregularidad en altura, se considera que no existe:	$\phi_a =$	0,9
Por redundancia del sistema: El sistema se considera redundante ya que el pórtico principal que soporta todas las cargas mayores de tipo muerta y viva cuenta con mas de 3 ejes en cada sentido y en los piso donde no hay mas de dos pisos son pórtico que no soportan mayor carga solo soportan el peso de los muros.	$\phi_r =$	1
Además de los anteriores factores de reducción se puede aplicar otro factor o porcentaje de R' , este factor es propio del ingeniero calculista y en el caso presente se considera que la información es buena por lo que se evalúa así, se aplica (A.10.4.2.4 -b)	$\phi_i =$	1
De lo anterior se obtiene $R=R'\phi_a\phi_p\phi_r\phi_i =$	5,67	

Tabla 38. Factores de análisis. Fuente: Elaboración por el autor.

*Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva = Aa =	0,3	
*Coeficiente de aceleración velocidad horizonte pico efectiva Av =	0,25	
* Tipo de suelo. Según estudio de suelos esta clasificado como	D	
* Coeficiente de importancia : Según A.2.5 la edificación se puede clasificar como:		
*Grupo de uso II con un coeficiente de importancia (A.2.5-1) = I =	1,1	
* Coeficiente de amplificación (A.2.4-3) Fa =	1,2	
* Coeficiente de amplificación (A.2.4-3) Fv =	1,9	

Con los anteriores datos obtenidos en la tabla 37 y 38, se puede armar un espectro sísmico el cual es aplicado al modelo de la estructura existente, (ver anexo A. EVALUACION DE CARGAS ESTATICAS Y SISMO)

Fase 8. Cálculo del índice de sobreesfuerzos

El cálculo del índice de sobreesfuerzo se realizó sobre cada una de las vigas más críticas, esto se logra mediante la realización de un modelo matemático en el programa ETABS, este modelo es exportado al programa DCCAD donde se le asignan los refuerzos reales de cada viga, este programa muestra las vigas dentro de posibles rangos de sobreesfuerzo y posteriormente se toman las vigas más críticas piso por piso para ser analizadas mediante hoja electrónica (Ver anexo graficas DCCAD y cuadros de cálculo en hoja electrónica)

1.1 Resumen de sobreesfuerzos por piso

Tabla 39. Índice de sobreesfuerzo estructura. Fuente: Elaboración por el autor.

NIVEL	UBICACION ELEMENTO				Índice Sobreesfu erzo	Índice sobreesfuerzo por Piso = Ise	Existe sobreesfu erzo Ise>1	CALIFICACION
	EJE	Entre ejes			Ise		SI/NO	
7	4	E	G	0,27		0,27	NO	No Vulnerable
7	4	D	E	0,27				
7	4	E	G	0,27				
6	5	A	B	0,22		0,22	NO	No Vulnerable
6	5	B	D	0,14				
6	5	D	E	0				
5	4	A	B	0,32		0,32	NO	No Vulnerable
5	4	D	E	0,27				
5	4	E	G	0,27				
4	4	A	B	0,28		0,34	NO	No Vulnerable
4	4	D	E	0,33				
4	4	E	G	0,34				
3	3	A	B	0,40		0,66	NO	No Vulnerable
3	3	B	D	0,66				
3	3	E	D	0,50				
2	1	F	J	0,43		0,46	NO	No Vulnerable
2	G	1	2	0,46				
2	E	1	3	0,41				
INDICE DE SOBEESFUERZO ESTRUCTURA						0,66	NO	se considera NO VULNERABLE

Fase 9. Índice de flexibilidad de la estructura

En esta fase se puede incluir la FASE 10, De acuerdo con las derivas obtenidas (Anexas al presente informe) del modelo matemático se obtiene el índice de flexibilidad por piso y para la estructura en general.

9.1. Por derivas en dirección x

Tabla 40. Índice de Flexibilidad en dirección X. Fuente: Elaboración por el autor.

NIVEL	INDICE D FLEXIBILIDAD POR PISO = If	INDICE FLEXIBILIDAD ESTRUCTURA	Existe Flexibilidad Ife>1	CALIFICACION
NIVEL -7	0,116	0,72	NO	No Vulnerable
NIVEL -6	0,220			
NIVEL -5	0,444			
NIVEL -4	0,653			
NIVEL -3	0,717			
NIVEL -2	0,477			

9.2. Por derivas en dirección y

Tabla 41. Índice de Flexibilidad en dirección Y. Fuente: Elaboración por el autor.

NIVEL	INDICE D FLEXIBILIDAD POR PISO = If	INDICE FLEXIBILIDAD ESTRUCTURA	Flexibilidad Ife>1	CALIFICACION
NIVEL -7	0,044	0,70	NO	No Vulnerable
NIVEL -6	0,211			
NIVEL -5	0,418			
NIVEL -4	0,630			
NIVEL -3	0,698			
NIVEL -2	0,467			

INDICE DE FLEXIBILIDAD GENERAL DE LA ESTRUCTURA	0,72	NO	No Se considera vulnerable
--	------	-----------	-----------------------------------

9.3 Secuencia de posible falla

Una vez la estructura supere la situación de equilibrio y comience el mecanismo de falla este tendrá su origen a partir de la columna situada en los ejes (A-9), siguiendo con (A-6), (A-5), (B-9), (D-9) y casi simultáneamente se originara otra línea de falla en los ejes (E-9), (E-6), (D-9); (D-6), (D-4) las dos líneas de falla se dirigen hacia el exterior de la edificación esto debido a que en esta misma línea de ejes la vigas esto debido a que no hay una viga intermedia para la gran altura del pórtico.

En este caso al presentarse la falla hacia el exterior y por ser una sección liviana el mecanismo ⁷⁶ de falla podría detenerse al llegar al eje 5, esto debida a que esta zona es más densa en vigas y columnas lo que la hace redundante y a que es la zona donde menos sobreesfuerzos se presentan.

Ante la anterior situación la estructura podría sufrir daños fuertes en los sectores antes mencionados, arrastrando consigo todos los elementos no estructurales del mismo sector el resto de la edificación tendrá la probabilidad de sufrir daños menores incluidos los muros o elementos no estructurales.

Fase 11. Resultados de las anteriores fases

En la tabla 42 se resumen los resultados de las anteriores etapas; implicaciones y posibles soluciones a ejecutar.

Tabla 42. Descripción de Implicación estructural y Tipo de intervención recomendada.

Fuente: elaboración del autor.

INDICES EVALUADOS	IMPLICACION ESTRUCTURAL	TIPO DE INTERVENCION RECOMENDADA
Índice de sobreesfuerzo de la estructura	El porcentaje de vigas con sobreesfuerzo es bajo y de igual forma el índice está por encima de 0.70 pero por debajo de 1 lo que le da un margen medio de seguridad pero pueden presentarse daños, a su vez la poca densidad de vigas por lo que la estructura tiene un grado de vulnerable alto.	Se debe reforzar las vigas a una altura intermedia que presente problemas de ya sea mediante una mayor sección tal como lo exige la norma con el ancho mínimo y refuerzo de acero o indirectamente se les debe quitar sobrecargas en especial del tipo sísmico.
I.S.E= 0,66		
Índice de flexibilidad de la estructura	Este índice indica una mediana flexibilidad en lo general de la estructura pero esto podría iniciar el mecanismo de falla de igual forma y en menor valor a lo largo del eje 5 el cual solo tendría incidencia en el mismo eje por ser un eje corto y discontinuo. En líneas generales es un factor de flexibilidad relativamente	Se debe rigidizar la estructura en los puntos críticos indicados por el modelo matemático.
I.F.E= 0,72		

11.1. En esta fase con base a los resultados de los anteriores análisis se procede a plantear las alternativas de mejoramiento teniendo en cuenta lo siguiente:

11.1.a La estructura deberá ser segura una vez se repotencie.

11.1.b La funcionalidad del edificio no será afectada por lo tanto su uso será el asignado originalmente "Edificio público institucional tipo Matadero con capacidad para 20 personas"

11.1.c. La edificación debe ser repotenciada con el cambio total de columnas y colocar vigas intermedias para la gran altura que se presenta en el pórtico y con ello se debe asegurar una amplia vida útil.

Tabla 43. Descripción de Diagnóstico y Acciones a tomar. Fuente: Elaboración por el autor.

DIAGNOSTICO	IMPLICACION ESTRUCTURAL ACCIONES A TOMAR
Se debe eleiminar toda materia extraña que este cubriendo las columnas, vigas y muros.	Con la limpieza de los elementos se podrá asegurar mayor protección a los refuerzos y a la vez se puede proteger el concreto por carbonatación.
Falta protección a las cerchas de la cubierta.	Se deben limpiar las cerchas y aplicar nuevamente anticorrosivo.
Índice de sobre esfuerzo relativamente bajo	se replaza las vigas en el nivel 5 (altura 5.07mts) y colocar vigas a altura intermedia a nivel 2 (altura 2.72 mts) para mejorar la rigidez de la estrutura.
La cimentación se debe mejorar para las nuevas columnas	Se deben construir las zapatas bajo las columnas nuevas, con la construcción se le da mayor estabilidad a la estructura ante un sismo.

De acuerdo a lo expresado en cuanto a las labores de reforzamiento se procede a evaluar el modelo matemático donde se incluyen los refuerzos necesarios y se evalúan para que los índices tanto de sobre esfuerzo como de flexibilidad sean menores a 1.

Nota: Ver anexos de chequeo de sobre esfuerzos vigas

3. Formulación de diagnóstico

De acuerdo al análisis realizado mediante las fichas de patología se presenta un patrón de humedad por lluvia, la exposición a la intemperie y la ausencia de mantenimiento. Las recomendaciones dadas en la intervención a las lesiones presentadas, se dan con el fin de evitar que continúe el deterioro de la estructura hasta el punto del colapso.

El perfil estratigráfico generalizado puntual del proyecto se caracteriza por ser una sucesión de grava limosa con arena, clasificado según la S.U.C.S. como un suelo “GM”.

La edificación presenta una buena conservación en la parte interna teniendo en cuenta que no está en uso y se encuentra en abandono, la parte estructural quedo totalmente terminada sin

embargo según se observa quedaron algunas falencias como; falta de acero en las columnas para completar la cuantía mínima exigida en la NRS-10, dimensiones mínimas en ancho y altura para vigas. 79

De acuerdo a las tablas de función de vulnerabilidad para tipologías colombianas realizadas por Gustavo Chío Cho y Esperanza Maldonado R. (2009), se da un índice de vulnerabilidad y con este resultado de las tablas mencionadas junto los resultados de análisis según la escala de Mena Hernández (2007) se concluye que la edificación puede tener un nivel de daño fuerte, los cuales comprometen la estabilidad de la estructura. Los costos de la reparación pueden ser igual al costo de la estructura.

La edificación tiene un índice de daño fuerte, lo que indica que no colapsara en su totalidad ante un eventual sismo y por lo tanto, si la edificación se utilizara tal cual como se encuentra actualmente esta no sería segura ante un sismo, esto debido en especial a que se diseñó bajo una norma relativamente reciente NSR98 la cual difiere muy poco con la NSR10, Es de resaltar que el estado de conservación del sistema aporticado es buena, a lo cual se anexa propuesta reforzamiento para posible puesta en funcionamiento de la estructura.

Índice de sobreesfuerzo relativamente bajo.

La cimentación se debe mejorar para las nuevas columnas.

4. Propuesta de intervención

- De acuerdo al análisis realizado mediante las fichas de patología se presenta un patrón de humedad por lluvia, la exposición a la intemperie y la ausencia de mantenimiento. Las recomendaciones dadas en la intervención a las lesiones presentadas, se dan con el fin de evitar que continúe el deterioro de la estructura hasta el punto del colapso.

- El nivel de cimentación recomendado es de 1,5 metros, calculó hasta la profundidad 80 máxima de sondeo y su utilización está condicionada según requerimiento estructural. Se debe cimentar sobre una capa de relleno seleccionado y compactado de 0.50 metros de espesor al 95% de su proctor
- Para el proyecto lo más recomendado a la hora de diseñar la estructura es un sistema de cimentación superficial tipo zapatas individuales amarradas en dos direcciones y/o viga de amarre para estructura de 1 piso. Para las excavaciones de la cimentación por su profundidad y el tipo de material encontrado se recomienda manejar un sistema de sostén lateral con el fin de evitar accidentes. Para excavaciones más profundas o que no correspondan a las de cimentación, se debe consultar al ingeniero de suelos para su concepto y diseño.
- Con la limpieza de los elementos se podrá asegurar mayor protección a los refuerzos y a la vez se puede proteger el concreto por carbonatación.
- Se deben limpiar las cerchas y aplicar nuevamente anticorrosivo
- Se reemplazan las vigas en el nivel 5 (altura 5.07mts) y colocar vigas a altura intermedia a nivel 2 (altura 2.72 mts) para mejorar la rigidez de la estructura.
- Se deben construir las zapatas bajo las columnas nuevas, con la construcción se le da mayor estabilidad a la estructura ante un sismo.

Se identifica y clasifican por medio de fichas de historia clínica las lesiones Patológicas de las estructuras existentes por medio de la inspección visual y el apoyo de métodos no destructivos como pruebas de esclerómetro, el uso de Ferro scanner y métodos invasivos como extracción de núcleos.

Determinadas las patologías constructivas se concluye que la estructura a estudio requiere un reforzamiento estructural desde la construcción de zapatas, hasta el reemplazo de algunas vigas

Se debe realizar mantenimiento toda la estructura con el fin de preservar las características físicas químicas de los materiales de construcción y rehabilitar el uso del paciente.

Para el proyecto lo más recomendado a la hora de diseñar la estructura es un sistema de cimentación superficial tipo zapatas individuales amarradas en dos direcciones y/o viga de amarre para estructura de 1 piso

Basados en el análisis de Vulnerabilidad se concluye que la edificación tiene un índice de daño fuerte, pero no colapsara en su totalidad ante un eventual sismo y por lo tanto, si la edificación se utilizara tal cual como se encuentra actualmente esta no sería segura ante un sismo, esto debido en especial a que se diseñó bajo una norma relativamente reciente NSR98 (Norma sismo Resistente del año 1998) la cual difiere muy poco con la NSR10 (Norma sismo Resistente 2010), Es de resaltar que el estado de conservación del sistema aporticado es buena, a lo cual se plantea propuesta reforzamiento para posible puesta en funcionamiento de la estructura.

Monjo, J., (1997). Patología de cerramiento y acabados arquitectónicos. España, Munillalera.

Ministerio de ambiente. Vivienda y desarrollo Territorial, (2010). NSR 10, Colombia.

Lista de tablas

Tabla 1. Valor de Aa y Av por Municipio en el Departamento de Casanare. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010).	17
Tabla 2. Convenciones de Zonificación. Fuente: Elaboración por el autor.	25
Tabla 3. Parámetros de esfuerzos activos. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010).....	38
Tabla 4. Valores del coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010)	39
Tabla 5. Valores del coeficiente Fv para la zona de periodos intermedios del espectro. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010)	39
Tabla 6. Resultado de muestra de esclerómetro. Fuente: Datos dados por el esclerómetro.	47
Tabla 7. Datos Generales del proyecto. Fuente: Elaboración del autor.	55
Tabla 8. Organización de sistema. Fuente: Elaboración por el autor.	58
Tabla 9. Calidad de sistema resistente. Fuente: Elaboración por el autor.....	58
Tabla 10. Resistencia Convencional. Fuente: Elaboración por el autor.	59
Tabla 11. Densidad estructural. Fuente: Elaboración por el autor.....	59
Tabla 12. Factor de peso por Unidad de área =Q. Fuente: Elaboración por el autor.	59
Tabla 13. Resultado peso total. Fuente: Elaboración por el autor.	60
Tabla 14. Resultados de Resistencia al cortante de las columnas. Fuente: Elaboración por el autor.	61
Tabla 15. Resultados de resistencia al cortante total. Fuente: Elaboración por el autor.....	62
Tabla 16. Resultado de resistencia al cortante sistema columnas. Fuente: Elaboración por el autor.	62
Tabla 17. Resultados de rangos de clasificación resistencia convencional. Fuente: Elaboración por el autor.	62
Tabla 18. Clasificación de Posición del edificio y cimentación. Fuente: Elaboración por el autor.	63
Tabla 19. Clasificación de Diagramas Horizontales. Fuente: Elaboración por el autor.	63
Tabla 20. Análisis de áreas de diafragma. Fuente: Elaboración por el autor.	63
Tabla 21. Clasificación de Configuración en planta. Fuente: Elaboración por el autor.	63
Tabla 22. Resultado relación Largo / Ancho. Fuente: Elaboración por el autor.	64
Tabla 23. Clasificación de Configuración en altura. Fuente: Elaboración por el autor.....	64
Tabla 24. Resultado relación Alto / Ancho. Fuente: Elaboración por el autor.	64
Tabla 25. Clasificación de Estructuración del sistema principal. Fuente: Elaboración por el autor.	64
Tabla 26. Clasificación Tipo de cubierta. Fuente: Elaboración por el autor.....	64
Tabla 27. Clasificación de Elementos no estructurales. Fuente: Elaboración por el autor.....	65
Tabla 28. Clasificación de Estado de conservación. Fuente: Elaboración por el autor.	65
Tabla 29. Resultados de Desempeño sísmico. Fuente: Elaboración por el autor.	65
Tabla 30. Calculo de Índice de Vulnerabilidad. Fuente: Elaboración por el autor.	66
Tabla 31. Resultado de Índice de Daño. Fuente: Elaboración por el autor.....	66
Tabla 32. Descripción de Índice de daño. Fuente: Elaboración por el autor.	66
Tabla 33. Clasificación de daño en posible escenario. Fuente: Elaboración por el autor.....	67
Tabla 34. Resultados de Fase 1 y 2 de estudio patológico. Fuente: Elaboración por el autor.	69

Tabla 35. Clasificación de calidad del diseño y la construcción o del estado de la edificación. Fuente: Elaboración por el autor.	84
Tabla 36. Coeficientes de estado y diseño de la construcción. Fuente: Elaboración por el autor.	71
Tabla 37. Descripción de resultados de factores de reducción. Fuente: Elaboración por el autor.	72
Tabla 38. Factores de análisis. Fuente: Elaboración por el autor.	73
Tabla 39. Índice de sobreesfuerzo estructura. Fuente: Elaboración por el autor.	74
Tabla 40. Índice de Flexibilidad en dirección X. Fuente: Elaboración por el autor.	75
Tabla 41. Índice de Flexibilidad en dirección Y. Fuente: Elaboración por el autor.	75
Tabla 42. Descripción de Implicación estructural y Tipo de intervención recomendada. Fuente: elaboración del autor.	77
Tabla 43. Descripción de Diagnóstico y Acciones a tomar. Fuente: Elaboración por el autor. ...	78

Figura 1. Plano de equipamientos urbanos y espacio público. Fuente: Alcaldía de Monterrey, Casanare.	14
Generalidades: Es un equipamiento que fue diseñado para el uso específico de Matadero Municipal, pero finalmente nunca se puso en funcionamiento por cuestiones administrativas. ..	14
Figura 2. Ubicación y vías de acceso. Fuente: Google Earth, editado por el autor.	16
Figura 3. Mapa de Valores de Aa. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010).....	17
Figura 4. Zonas de amenaza sísmica aplicable a edificaciones. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010).....	17
Figura 5. Planos existentes. Fuente: fotografías tomadas de los archivos de la alcaldía de monterrey. Nota: No se encontraron los planos digitales del diseño original, las imágenes corresponden a planos radicados en la oficina de planeación municipal de Monterrey.	18
Figura 6. Fachada Occidente. Fuente: fotografías del autor.....	19
Figura 7. Fachada Norte. Fuente: fotografías del autor.....	19
Figura 8. Fachada Oriente. Fuente: fotografías del autor.....	19
Figura 9. Fachada Sur. Fuente: fotografías del autor.	19
Figura 10. Posicionamiento 1 estación. Fuente: Fotografías del autor.	21
Figura 11. Posicionamiento 2 estación. Fuente: Fotografías del autor.	21
Figura 12. Plano de Levantamiento Topográfico. Fuente: Fotografías del autor.	22
Figura 13. Plano Levantamiento Arquitectónico, Planta primer piso. Fuente: Fotografías del autor.	23
Figura 14. Plano levantamiento Arquitectónico. Planta de Cubierta. Fuente: Fotografías del autor.	24
Figura 15. Zonificación. Fuente: Elaborado por el autor.	25
Figura 16. Cuarto Auxiliar. Fuente: Fotografías del autor.	26
Figura 17. Área de sacrificio. Fuente: Fotografías del autor.	26
Figura 18. Área de sacrificio. Fuente: Fotografías del autor.	26
Figura 19. Lavado de Piel. Fuente: Fotografías del autor.	26
Figura 20. Fachada lateral derecha. Fuente: Elaborado por el autor.	27
Figura 21. Fachada posterior. Fuente: Elaborado por el autor.	27
Figura 22. Fachada principal. Fuente: Elaborado por el autor.	28
Figura 23. Fachada lateral. Fuente: Elaborado por el autor.....	28
Figura 24 . Corte A-A`. Fuente: Elaborado por el autor.	29
Figura 25. Planta de Cimentación. Fuente: Elaborado por el autor.	30
Figura 26. Modelo de análisis estructural. Fuente: Elaborado por el autor.	31
Figura 27. Planta de vigas Aéreas. Fuente: Elaborado por el autor.	32
Figura 28. Modelado 3d Fachada principal. Fuente: Elaborado por el autor.	33
Figura 29. Modelado 3d Fachada posterior. Fuente: Elaborado por el autor.	33
Figura 30. Modelado 3d Fachada lateral. Fuente: Elaborado por el autor.	34
Figura 31. Abertura superficial de exploración. Fuente: Fotografías del autor.....	36
Figura 32. Ejecución de exploración. Fuente: Fotografías del autor.	36
Figura 33. Muestra de exploración. Fuente: Fotografías del autor.	36
Figura 34. Resultado exploración 1. Fuente: Fotografías del autor.	36
Figura 35. Resultado exploración 2. Fuente: Fotografías del autor.	36

Figura 36. Resultado exploración 3. Fuente: Fotografías del autor.	3686
Figura 37. Coeficiente de amplificación F_a del suelo para la zona de períodos cortos del espectro. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). 39	
Figura 38. Coeficiente de amplificación F_v del suelo para la zona de períodos intermedios del espectro. Fuente: NSR 10, Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Fuente: Hugo Yezid Molano Sanabria Esp. Geotecnia.....	40
Figura 39. Puntos de anclaje para extractor de núcleos. Fuente: Fotografías del autor.....	42
Figura 40. Extractor de núcleos instalados. Fuente: Fotografías del autor.	42
Figura 41. Elementos con perforación de extracción de núcleos. Fuente: Fotografías del autor..	42
Figura 42. Muestras de Extracción de Núcleos. Fuente: Fotografías del autor.....	42
Figura 43. Resultados de Resistencia de concreto. Fuente: Laboratorio José Ibarra (2006).	43
Figura 44. Esquema de esclerómetro. Fuente: https://www.sioingenieria.com/sitio/contenidos_mo.php?it=498	44
Figura 45. Prueba de esclerómetro Punto No 378. Fuente: Fotografías del autor.....	45
Figura 46. Prueba de esclerómetro Punto No 382. Fuente: Fotografías del autor.....	45
Figura 47. Plano de Localización puntos de esclerómetro. Fuente: Elaboración del autor.	46
Figura 48. Toma de muestra con escáner de acero. Fuente: Fotografías del autor.	49
Fotografía 49. Toma de muestra con escáner de acero c-1. Fuente: Fotografías del auto.....	49
Figura 50. Planta de localización de puntos scanner de aceros. Fuente: Elaboración del autor. .	50
Figura 51. Revisión de aceros en columnas. Fuente: Fotografías del autor.....	51
Figura 52. Revisión de aceros en vigas. Fuente: Fotografías del autor.	51
Figura 53. Inspección de Zapatas. Fuente: Fotografías del autor.	52
Figura 54. Modelado para evaluación sísmica. Fuente: Elaboración del autor.....	53
Figura 55. Estado de la edificación en el mes de diciembre de 2017 -fachada oriental. Fuente: Fotografías del autor.	55
Figura 56. Estado de la edificación en el mes de diciembre de 2017 - fachada sur. Fuente: Fotografías del autor.	56