Auxiliar de ingeniería civil en la Curaduría Urbana 1 del municipio de Girón como apoyo en la supervisión de proyectos de infraestructura en cumplimiento de la Norma Sismo Resistente NSR-10

Juan Sebastian Ortiz Carreño

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director
Vladimir Ernesto Merchan Jaimes
Doctor en Ingeniería

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería Civil
Ingeniería Civil
Bucaramanga
2026

Dedicatoria

Dedico este logro a mi familia, pilar fundamental de mi vida. En especial a mis padres, Emilse y Oscar, cuyo apoyo incondicional impulsó cada etapa de este camino, y a mi tía Odilia, por ser siempre una segunda madre para mí. A mis hermanos, Maira, David y Lisbeth, quienes me han sostenido en el transcurso de la vida. Asimismo, extiendo este reconocimiento a mis amigos, Daury, Jhon, Ronaldo, Brayan, Estefany, Felipe y Angie quienes siempre creyeron en mí y me brindaron el impulso necesario para culminar esta etapa.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander por ser mi *alma mater* y brindarme la guía de docentes excepcionales que compartieron sus conocimientos para convertirme en profesional. De manera especial, quiero agradecer al profesor Vladimir Merchan, mi director de trabajo de grado, por su entrega y constante orientación en cada paso del camino. Asimismo, extiendo mi gratitud a los profesores José Benjumea y Tatiana Guarín, quienes con sus enseñanzas y calidad humana fueron una fuente de inspiración invaluable durante las clases, demostrándome el tipo de profesional que siempre he aspirado a ser.

Agradezco a la Curaduría Urbana 1 de Girón, pues me han dado la oportunidad de ejercer las prácticas, especialmente a la Arquitecta Sylvia Ferrada y a su gran equipo de trabajo, a mi tutor, Carlos Ulloa, por ser el pilar de mi desarrollo profesional, por apoyarme a desarrollar mis habilidades en el campo estructural.

Expreso mi sincero agradecimiento a mis compañeros de estudio, cuyo valioso apoyo, trabajo en equipo y compañerismo hicieron este recorrido más llevadero y contribuyeron significativamente a la culminación de esta meta profesional.

Tabla de Contenido

Pág.

INTRODUCCIÓN 13

1. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA POR OBJETIVOS 15

1.1 Objetivo general 15

1.2 Objetivos Específicos 1 y 2 15

1.2.1 Actividades desarrolladas 15

1.2.2 Metodología y herramientas usadas 17

1.2.3 Normativa Aplicada 22

1.2.4. Resultados 23

1.3 Objetivo Específico 3 26

1.3.1 Fundamentación Técnica, Normativa y Asesoría Especializada 26

1.3.2 Desarrollo de la Hoja de Cálculo 26

1.3.3 Procesamiento de Datos de Exploración e Ingreso del Ensayo SPT 27

1.3.4 Estimación de la Velocidad de Onda de Cortante (Vs) 28

1.3.5 Determinación del Módulo de Elasticidad del Suelo (E_s) 30

1.3.6 Cálculo de la Capacidad Portante Neta Admisible ($q_{Neta.Adm}$) 32

1.3.7 Determinación del Coeficiente de Reacción de la Subrasante o Módulo de Balasto (K_s) 33

1.3.8 Validación Comparativa de Capacidad Portante por Meyerhof y Análisis de Asentamientos por la Ley de Hooke 36

1.3.9 Aportes proyectados de la herramienta de cálculo a la empresa 38

2. APRENDIZAJES 40
2.1 Aprendizajes técnicos 40
2.2 Competencias desarrolladas 41
2.2.1 Competencias técnicas 41
2.2.2 Competencias profesionales 42
2.3 Dificultades encontradas y estrategias de solución 42
2.4 Recomendaciones 43
2.4.1 Para la Curaduría Urbana No. 1 de Girón 43
2.4.2 Para futuros practicantes 44
2.4.3 Para la Universidad Industrial de Santander (UIS) 44

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45

APÉNDICES 48

Lista de Tablas

Tabla 1. *Caracterización de Proyectos Revisados.* 16

Tabla 2. *Documentos Técnicos Requeridos para la Validación del Proyecto.* 18

Tabla 3. *Módulo de Registro de Estratigrafía y Corrección de Golpes del Ensayo SPT en la Herramienta Computacional.* 28

Tabla 4. *Correlaciones empíricas para la estimación de Vs en suelos friccionantes.* 29

Tabla 5. *Módulo de Cálculo Automatizado de la Velocidad de Onda de Cortante (Vs) mediante Correlaciones Empíricas.*..... 30

Tabla 6. *Módulo de Cálculo del Módulo de Elasticidad (Es) del suelo a partir del Número de golpes N60.*..... 31

Tabla 7. *Módulo de Cálculo de Capacidad portante (qNeta.Adm) del suelo a partir del Número de golpes N60 y el ancho de zapata (B).*..... 33

Tabla 8. *Módulo de Cálculo automatizado del Coeficiente de Balasto Vertical (Ksv) en función del Ancho (B) y los parámetros Elásticos del suelo.* 35

Tabla 9. *Módulo de Cálculo automatizado del Coeficiente de Balasto Horizontal (Ksh) en función del Ancho (B) y los parámetros Elásticos del suelo.* 36

Pág.

Lista de Figuras

Figura 1. *Organigrama de la empresa.* 14

Figura 2. *Flujo de Trabajo para la Revisión Técnica y Aprobación de Licencias Urbanísticas.* 21

Figura 3. *Ejemplo de Incoherencia en la Capacidad Portante del Suelo entre memorias de Cálculo y Planos Estructurales.* 23

Pág.

Lista de Apéndices

Apéndice A. Archivos de soporte de las hojas de cálculo y datos geotécnicos. Archivo adjunto en carpeta digital de almacenamiento.

Glosario

Asentamiento Elástico (S_e): Deformación inmediata e irrecuperable o recuperable que sufre una capa de suelo ante la aplicación de cargas externas de servicio, calculada mediante la teoría de elasticidad.

Capacidad Portante Admisible (q_{adm}): Presión máxima que se puede aplicar sobre el terreno garantizando un factor de seguridad adecuado contra la falla por cortante y limitando los asentamientos a valores tolerables.

Ensayo de Penetración Estándar (SPT): Prueba in situ utilizada en exploración geotécnica para medir la resistencia del suelo a la hincada mediante un número de golpes (N) y obtener muestras alteradas.

Licencia Urbanística: Acto administrativo mediante el cual la Curaduría Urbana o la autoridad competente autoriza la ejecución de obras de edificación, urbanización o parcelación de predios.

Módulo de Balasto (K_s): Coeficiente de reacción del subsuelo que representa la constante de resorte equivalente entre la presión aplicada sobre el terreno y la deformación vertical o horizontal generada.

NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente de 2010, norma técnica obligatoria que regula los criterios de diseño, cálculo y supervisión de edificaciones en Colombia.

Peritaje Técnico: Evaluación física y analítica realizada a una edificación existente bajo los lineamientos del Capítulo A.10 de la NSR-10 para constatar su seguridad estructural y vulnerabilidad.

Velocidad de Onda de Cortante (V_s): Parámetro geofísico que mide la velocidad de propagación de las ondas sísmicas S a través del suelo, utilizado para clasificar los perfiles de suelo (A, B, C, D, E o F) según la NSR-10.

Resumen

Título: Auxiliar de ingeniería civil en la Curaduría Urbana 1 del municipio de Girón como apoyo en la supervisión de proyectos de infraestructura en cumplimiento de la Norma Sismo Resistente NSR-10*

Autor: Juan Sebastian Ortiz Carreño**

Palabras Clave: NSR-10, Licencia Urbanística, Ensayo de Penetración Estándar (SPT), Peritaje técnico.

Descripción: El presente trabajo de grado, en la modalidad práctica empresarial, describe el desarrollo de las actividades de apoyo técnico realizadas en el área de ingeniería de la Curaduría Urbana 1 del municipio de Girón. Durante el periodo de práctica, se ejecutó la revisión técnica y documental de 100 expedientes correspondientes a distintas modalidades de licencias urbanísticas, evaluando la conformidad de memorias de cálculo, estudios geotécnicos y planos de diseño con los requerimientos exigidos por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y la normativa local. Paralelamente, se diseñó e implementó una herramienta computacional automatizada en hojas de cálculo orientada a la verificación geotécnica. Esta herramienta integra la corrección del Ensayo de Penetración Estándar (SPT), la estimación de la velocidad de onda de cortante (V_s), el módulo de elasticidad (E_s), la capacidad portante admisible mediante el método de Meyerhof, el cálculo de los módulos de balasto vertical y horizontal (K_{sv}, K_{sh}) y la verificación de asentamientos elásticos por la Ley de Hooke. La automatización buscó mejorar la eficiencia operativa del proceso de revisión, reduciendo la variabilidad de criterios y mitigando errores de cálculo manual. Esta experiencia permitió consolidar competencias técnicas e interdisciplinarias en el ámbito del licenciamiento urbano y la ingeniería sismorresistente.

---

*Trabajo de Grado.

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Programa académico. Director: Vladimir Ernesto Merchan Jaimes, Doctor en Ingeniería.

Abstract

Title: Civil Engineering Assistant at Urban Curatorship No. 1 of the Municipality of Girón Supporting Infrastructure Project Supervision in Compliance with the NSR-10 Seismic Resistant Code*

Author: Juan Sebastian Ortiz Carreño**

Key Words: NSR-10, Urban Licensing, Standard Penetration Test (SPT), Technical Assessment

Description: This internship degree work describes the development of technical support activities carried out in the engineering department of the Urban Curatorship No. 1 of the municipality of Girón. During the internship period, the technical and documentary review of 100 files under various urban licensing modalities was performed, evaluating the compliance of calculation memories, geotechnical studies, and design drawings with the requirements established by the Colombian Seismic Resistant Building Code (NSR-10) and local regulations. Simultaneously, an automated spreadsheet-based computational tool was designed and implemented for geotechnical verification. This tool integrates the Standard Penetration Test (SPT) correction, estimation of shear wave velocity (V_s), modulus of elasticity (E_s), allowable bearing capacity using Meyerhof's method, vertical and horizontal subgrade reaction moduli (K_{sv}, K_{sh}), and elastic settlement verification using Hooke's Law. Automation optimized the operational efficiency of the review process, reducing criterion variability and mitigating manual calculation errors. This experience enabled the consolidation of technical and interdisciplinary competencies in urban licensing and earthquake engineering.

---

*Degree Work.

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil Engineering Program. Director: Vladimir Ernesto Merchan Jaimes, Ph.D. in Engineering.

INTRODUCCIÓN

Información de la Empresa y del Proyecto

Antecedentes de la Empresa

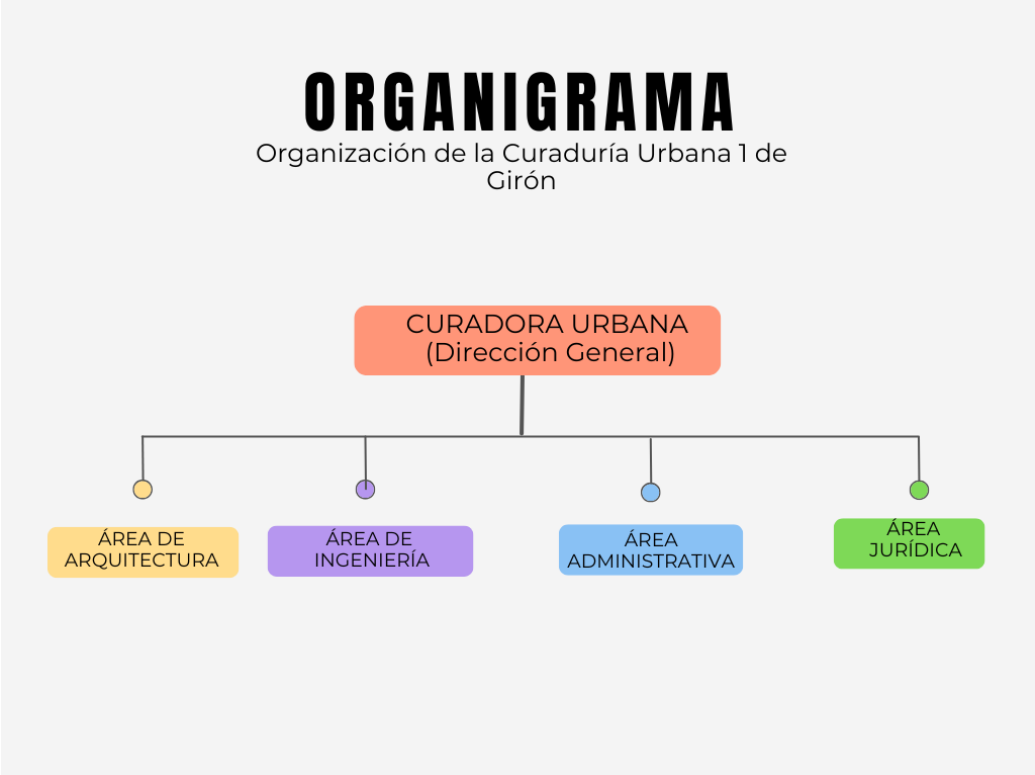
Las curadurías urbanas en Colombia son entidades privadas que ejercen funciones públicas delegadas para verificar el cumplimiento de las normas urbanísticas y expedir licencias, según la Ley 388 de 1997 (Congreso de la República de Colombia, 1997). En este marco, la Curaduría Urbana 1 de Girón revisa las solicitudes y expide las licencias urbanísticas correspondientes en el ámbito de sus competencias, garantizando su ajuste al Plan de Ordenamiento Territorial (Concejo Municipal de Girón, 2010) y al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

Organigrama de la Empresa

La entidad está encabezada por la Curadora Urbana en la dirección general, de la cual se desprenden cuatro dependencias operativas principales: Arquitectura, Ingeniería, Área Administrativa y Área Jurídica (Figura 1).

Figura 1.

Organigrama de la empresa.



Nota. Adaptado de la Estructura Interna de la Curaduría Urbana 1 de Girón.

Área de Trabajo del Practicante

La práctica se realiza en el Área de Ingeniería, donde se brinda apoyo técnico en la revisión de memorias de cálculo, planos de estructuras de concreto y acero, y la verificación del cumplimiento del reglamento NSR-10 en los proyectos presentados ante la curaduría.

1. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA POR OBJETIVOS

En una primera etapa, se realizó el análisis técnico de la documentación estructural y geotécnica presentada para la expedición de licencias de construcción, verificando su cumplimiento con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y demás disposiciones normativas aplicables. Posteriormente, los resultados de este proceso se consolidaron mediante la elaboración de observaciones técnicas reportadas ante la Curaduría Urbana 1 de Girón. Finalmente, de manera paralela y conforme al plan de trabajo, se diseñó una herramienta computacional orientada a sistematizar parte de la revisión geotécnica, con el fin de optimizar la eficiencia y confiabilidad de las verificaciones.

1.1 Objetivo general

Realizar procesos de gestión para la supervisión estructural y geotécnica de proyectos en la Curaduría Urbana 1 del municipio de Girón.

1.2 Objetivos Específicos 1 y 2

Analizar la documentación técnica estructural y geotécnica presentada para la expedición de licencias de construcción en la Curaduría Urbana No. 1 de Girón, verificando su cumplimiento con la NSR-10 y la normativa vigente.

Elaborar informes técnicos que consoliden las observaciones y recomendaciones de los proyectos evaluados, contribuyendo a la mejora continua de la gestión técnica de la institución.

1.2.1 Actividades desarrolladas

Para el cumplimiento del primer objetivo, se ejecutaron actividades preliminares de inducción junto al tutor institucional para comprender la estructura organizacional de la Curaduría, el flujo de trabajo y los criterios de revisión aplicados a cada proyecto. Asimismo, se recibió

capacitación sobre los documentos técnicos requeridos según la modalidad de la licencia y el manejo de la hoja de cálculo institucional Infocu, plataforma empleada para el registro de las observaciones y recomendaciones pertinentes.

Como complemento, se participó en mesas de trabajo con revisores estructurales y geotécnicos de otras curadurías del área metropolitana de Bucaramanga. En estos espacios se unificaron criterios sobre la interpretación de la NSR-10, la evaluación de estudios de suelos, la revisión de memorias de cálculo y el tratamiento de casos especiales. Esta interacción permitió contrastar diferentes enfoques profesionales y fortalecer el criterio técnico aplicado en la práctica.

La revisión técnica y la formulación de observaciones constituyeron el eje central de la práctica empresarial, desarrollándose de manera continua a lo largo del periodo. En total, se evaluaron 100 proyectos bajo distintas modalidades de licencia urbanística, cada uno de los cuales requirió múltiples ciclos de revisión hasta la emisión del concepto técnico definitivo.

Tabla 1.

Caracterización de Proyectos Revisados.

Modalidad	**N° de proyectos revisados**
Reconocimiento-Reforzamiento	36
Reconocimientos	26
Obra nueva	26
Movimiento de tierras	7
Reconocimiento-Ampliación-Reforzamiento	2
Modificación	2
Modificación-Reforzamiento	1

La distribución de los datos evidencia que la mayor parte del trabajo estuvo relacionada con edificaciones existentes. Las modalidades de reconocimiento (incluyendo sus variantes con reforzamiento y ampliación) representaron el 64 % del total, lo que refleja la alta demanda de estos trámites en el municipio. Esta diversidad permitió evaluar proyectos con diferentes niveles de complejidad, consolidando las competencias para aplicar la normativa estructural y geotécnica en distintos escenarios de diseño y construcción.

1.2.2 Metodología y herramientas usadas

El proceso se rigió por una metodología secuencial que garantizaba la trazabilidad y la consistencia de las observaciones emitidas. El procedimiento general constó de las siguientes etapas:

1.2.2.1 Identificación de la Modalidad. Para dar inicio al proceso de revisión técnica, en primer lugar, se determinaba el tipo de licencia requerida (obra nueva, reconocimiento, modificación, cerramiento, entre otras), con el propósito de precisar tanto el marco normativo específico aplicable como la documentación exigida para su trámite.

Con el fin de sistematizar esta verificación, a continuación, se enlista en la Tabla 1Tabla 2 la documentación técnica requerida en la Curaduría Urbana 1 de Girón según la modalidad de licencia evaluada:

Tabla 2.

Documentos Técnicos Requeridos para la Validación del Proyecto.

Documentos técnicos requeridos para la validación del proyecto.								
Tipo de Licencia	**Planos Arquitectónicos**	**Memorias de Cálculo Estructural**	**Peritaje**	**Planos Estructurales**	**Memorias de Cálculo de Elementos no Estructurales**	**Planos de Elementos no Estructurales**	**Estudio Geotécnico**	**Memoria de Revisión Independiente**
Obra nueva	x	x		x	x	x	x	Sí aplica
Ampliación	x	x		x	x	x	x	Sí aplica
Reconocimiento	x		x	x				
Modificación	x				x	x		
Reforzamiento estructural	x	x	x	x			x	Sí aplica
Demolición	x						Sí aplica	
Movimientos de tierra							x	

1.2.2.2 Etapas y Criterios para la Revisión Técnica Documental. Una vez identificada la modalidad de la licencia y verificada la lista de chequeo inicial, se procedía con la evaluación detallada de la documentación técnica y legal a través de las siguientes etapas:

1.2.2.2.1 Validación del Formulario Único Nacional (FUN). Se verificaba que la información general del proyecto y los datos de los profesionales registrados (diseñador arquitectónico, diseñador estructural, geotecnista, revisor independiente, etc.) coincidieran rigurosamente con quienes suscribían los planos, memorias de cálculo y estudios técnicos.

1.2.2.2.2 Revisión Geotécnica. En proyectos que requerían estudio de suelos (tales como obra nueva, ampliación, reforzamiento o movimientos de tierra), se evaluaba el cumplimiento estricto del Título H de la norma NSR-10. En esta fase se examinaban parámetros clave como la profundidad y número de sondeos de exploración, los ensayos de laboratorio realizados, los parámetros geomecánicos adoptados, el análisis de suelos especiales, la capacidad portante

admisible, la estimación de asentamientos, la tipología de cimentación propuesta y las medidas de protección para predios colindantes.

1.2.2.2.3 Revisión de Peritajes Técnicos. Para la modalidad de reconocimiento de edificaciones existentes, se examinaba el peritaje técnico estructural bajo los lineamientos del Capítulo A.10 de la NSR-10. Se validaban los antecedentes constructivos, los ensayos no destructivos o destructivos para la caracterización de los materiales tales como la resistencia a la compresión del concreto (f'c) y el esfuerzo de fluencia del acero (fy), y la correcta identificación del sistema de resistencia ante fuerzas laterales.

1.2.2.2.4 Revisión de la Memoria de Cálculo Estructural y Planos Estructurales. Se analizaban los parámetros de diseño sísmico (coeficientes de importancia, espectros de diseño y zonas de amenaza), la modelación sismorresistente, las combinaciones de carga (Título B de la NSR-10), el control de derivas de piso y el dimensionamiento del refuerzo en elementos estructurales. Los resultados analíticos presentados por el diseñador se contrastaban directamente con los planos de despiece para garantizar su absoluta correspondencia. Para optimizar este proceso, se empleó una hoja de cálculo institucional que permitía realizar verificaciones numéricas independientes de forma ágil y precisa.

1.2.2.2.5 Revisión de Elementos No Estructurales. Se comprobaba que las memorias técnicas definieran el grado de desempeño sísmico requerido, las cargas de diseño horizontal/vertical y los sistemas de anclaje para fachadas, mampostería, cubierta e instalaciones fijas (cumpliendo con el Capítulo A.9 de la NSR-10), verificando su coherencia con los planos de cada especialidad.

1.2.2.2.6 Verificación Cruzada Arquitectura vs. Estructura. Como fase final de la evaluación, se realizaba un control cruzado entre especialidades para asegurar que la localización

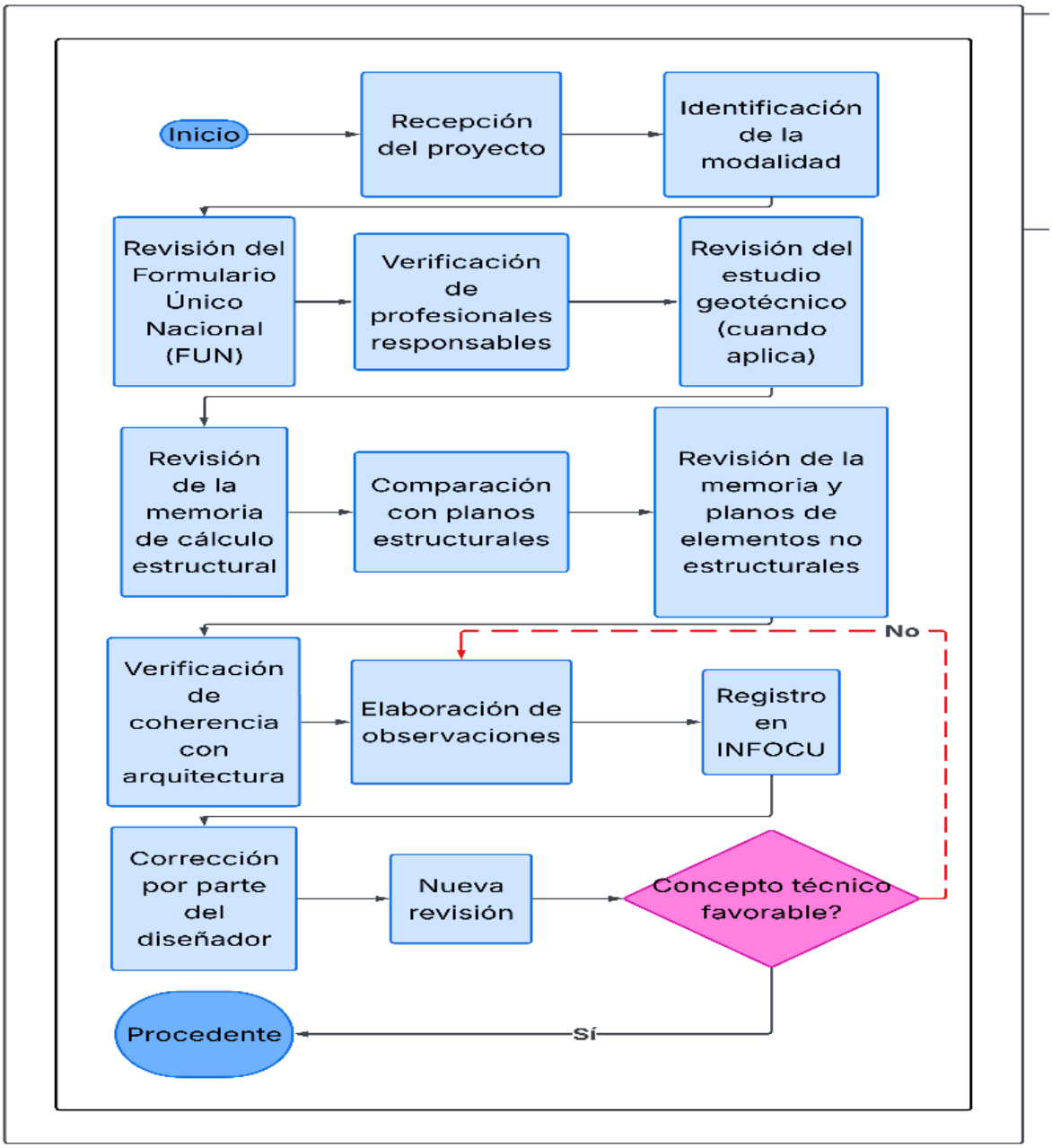
de ejes, dimensiones de columnas y muros, luces libres, alturas entre entrepisos y el número total de unidades funcionales coincidieran exactamente entre los planos arquitectónicos y los diseños estructurales.

1.2.2.3. Registro de Observaciones y Flujo de Aprobación. Como fase de cierre del proceso de evaluación, las inconsistencias o incumplimientos detectados en la documentación técnica se sistematizaban a través de la plataforma institucional Infocu. Mediante esta herramienta se generaba un acta formal con observaciones concretas, objetivas y debidamente fundamentadas en los artículos normativos correspondientes de la norma NSR-10 o el POT municipal. Una vez notificadas las correcciones, los diseñadores radicaban las subsanaciones requeridas y el proyecto reingresaba al flujo de revisión técnica para su verificación y posterior aprobación final.

El esquema general del flujo de trabajo desarrollado durante la evaluación técnica de los proyectos se ilustra en la (Figura 2):

Figura 2.

Flujo de Trabajo para la Revisión Técnica y Aprobación de Licencias Urbanísticas.



Nota. Elaboración propia con base en el procedimiento operativo de la Curaduría Urbana 1 de Girón.

1.2.3 Normativa Aplicada

La evaluación técnica de la documentación se fundamentó de manera estricta en el marco legal y reglamentario colombiano que regula el diseño constructivo, la ingeniería sismorresistente y el régimen de licencias urbanísticas. Las herramientas normativas consultadas y aplicadas fueron:

1.2.3.1 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

- **Título A:** Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente.
- **Título B:** Cargas.
- **Título C:** Concreto estructural.
- **Título E:** Casas de uno y dos pisos.
- **Título F:** Estructuras metálicas.
- **Título H:** Estudios geotécnicos.

1.2.3.2 Normativa Marco de Licenciamiento y Ordenamiento Territorial

- **Ley 1848 de 2017:** Por medio de la cual se expiden normas en materia de formalización, titulación y reconocimiento de las edificaciones de los asentamientos humanos, de predios urbanos y se dictan otras disposiciones (Congreso de la República de Colombia, 2017).
- **Decreto 1077 de 2015:** Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, sobre procedimientos de licenciamiento urbanístico (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).
- **Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Municipio de Girón:** Normativa local que fija el uso del suelo, retiros, aislamientos y alturas permitidas (Concejo Municipal de Girón, 2010).

La aplicación rigurosa de este marco legal garantizó el sustento técnico y jurídico de cada observación y acta de requerimiento emitida durante el proceso de revisión.

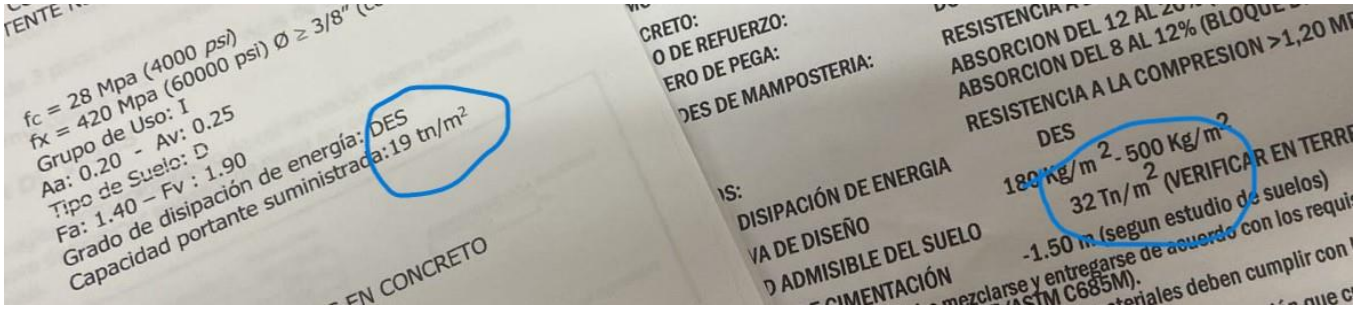
1.2.4. Resultados

De manera general, se detectaron errores recurrentes desde las etapas iniciales de radicación, tales como inconsistencias en la información básica de localización (direcciones erróneas o cruce de nomenclatura) y la asignación incorrecta de los parámetros de amenaza sísmica (coeficientes de aceleración Aa y Av) que no correspondían a la caracterización del municipio de Girón, afectando la validez del diseño estructural desde su origen.

A modo de ilustración, en la Figura 3 presenta una inconsistencia recurrente: la capacidad portante admisible consignada en la memoria de cálculo no coincide con la indicada en los planos de cimentación.

Figura 3.

Ejemplo de Incoherencia en la Capacidad Portante del Suelo entre memorias de Cálculo y Planos Estructurales.



Nota. Recopilado durante la revisión técnica de expedientes en la Curaduría Urbana 1 de Girón.

A nivel específico, las deficiencias y observaciones más habituales identificadas según la especialidad se detallan a continuación:

1.2.4.1. Estudios Geotécnicos

- Omisión del análisis y caracterización de suelos especiales (suelos expansivos, colapsables o blando-orgánicos).
- Profundidades de exploración y perforación por debajo de los mínimos normativos exigidos en el Título H de la NSR-10.
- Insuficiencia en la cantidad de ensayos de laboratorio para la determinación de parámetros geomecánicos.
- Inexistencia o deficiencia de los esquemas de protección y contención para predios y estructuras colindantes.

1.2.4.2. Peritajes Estructurales (Reconocimiento)

- Omisión en la evaluación y verificación de los índices de sobreesfuerzo en vigas, columnas y elementos portantes principales.
- Ausencia de soportes documentales o ensayos de campo/laboratorio para la caracterización real de la resistencia de los materiales existentes, tales como la resistencia a la compresión del concreto (f’c) y el esfuerzo de fluencia del acero (fy).

1.2.4.3. Memorias de Cálculo Estructural

- Discrepancias entre la tipología del sistema estructural proyectado en planos y el modelo analítico computacional.
- Inconsistencias en el análisis sísmico y en la verificación del control de derivas horizontales de piso.
- Omisión de la verificación del criterio de ductilidad y capacidad "columna fuerte - viga débil".
- Desatención a los parámetros de cimentación, capacidad portante admisible (qadm) y recomendaciones generales dadas por el geotecnista.

1.2.4.4. Planos Estructurales

- Incoherencias cuantificables entre los resultados presentados en las memorias de cálculo y el despiece final en los planos constructivos.
- Longitudes de desarrollo, traslapes y ganchos de anclaje de refuerzo longitudinal inferiores a los mínimos normativos.
- Separación excesiva de estribos y ganchos de confinamiento en zonas críticas de cortante.

1.2.4.5. Elementos No Estructurales

- Ausencia de especificación o cálculo analítico de los sistemas de anclaje para fachadas, elementos flotantes y soportes de tuberías/instalaciones.
- Contradicciones directas entre las memorias técnicas de la especialidad y los planos de detalle entregados.

1.3 Objetivo Específico 3

Sistematizar el proceso de revisión geotécnica mediante el diseño de una hoja de cálculo que optimice la verificación de los parámetros establecidos en la normativa, de acuerdo con los requisitos definidos en los Títulos A y H de la NSR-10, permitiendo mayor eficiencia y confiabilidad en los resultados.

1.3.1 Fundamentación Técnica, Normativa y Asesoría Especializada

El proceso inició con la definición de los lineamientos técnicos del proyecto mediante sesiones de socialización con el tutor académico. En estas reuniones se determinaron los parámetros geotécnicos y las verificaciones normativas indispensables para estructurar la herramienta de cálculo, tomando como marco de referencia legal y técnico los Títulos A (Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismorresistente) y H (Estudios Geotécnicos) del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Asimismo, se llevaron a cabo sesiones de orientación técnica con el director del trabajo de grado, enfocadas en establecer los criterios de corrección previa de los resultados del ensayo de Penetración Estándar (SPT, por sus siglas en inglés) y en validar las formulaciones para la determinación analítica del módulo de reacción de la subrasante o módulo de balasto (K_s).

1.3.2 Desarrollo de la Hoja de Cálculo

Con base en la fundamentación técnica establecida, el desarrollo de la herramienta computacional se estructuró a partir de una metodología iterativa que vinculó la teoría geotécnica con la programación de una hoja de cálculo de soporte técnico. El diseño de la herramienta adoptó un enfoque modular, garantizando que cada componente cumpliera una función específica en el proceso de fiscalización. Esta arquitectura permite organizar de forma sistemática la información,

reducir la probabilidad de errores durante el procesamiento de datos y facilitar la incorporación de futuras actualizaciones sin alterar el núcleo algorítmico del sistema.

La interfaz principal, denominada Estudio de Suelos, centraliza la interacción del revisor mediante el registro de los datos generales del proyecto y la visualización de las alertas normativas automatizadas. A partir de este módulo conductor, el sistema remite la información hacia las subrutinas secundarias para efectuar los cálculos pertinentes, consultar las bases de datos regulatorias y consolidar los reportes técnicos en un flujo secuencial cerrado.

1.3.3 Procesamiento de Datos de Exploración e Ingreso del Ensayo SPT

Para la caracterización del subsuelo, la herramienta computacional cuenta con un módulo de entrada de datos estructurado en función del ensayo de Penetración Estándar (SPT). En esta primera etapa, el revisor ingresa la estratigrafía, los intervalos de profundidad H (m) por muestra y el registro del número de golpes obtenidos en campo por cada intervalo de hincado 6 pulgadas (0"-6", 6"- 12" y 12" -18"), tal como se ilustra en la Tabla 3.

A partir de estas variables primarias, la herramienta realiza automáticamente el procesamiento inicial, determinando el número de golpes de campo (NSPT) y aplicando los factores de corrección por confinamiento y energía del equipo para obtener el número de golpes corregido (N_{60}) y ($N_{1(60)}$).

Tabla 3.

Módulo de Registro de Estratigrafía y Corrección de Golpes del Ensayo SPT en la Herramienta Computacional.

				Toma de muestras			
	Tipo de suelo	**H (m) muestra:**		**N° Muestra**	**0-6"**	**6-12"**	**12-18"**
ESTRATO 1	Arena	0.0	0.5	1	8	3	4
	Arena	0.5	1.0		9	3	4
	Arena	1.0	1.5	2	10	7	8
	Arena	1.5	2.0		8	8	10
	Arena	2.0	2.5	3	5	10	11
	Arena	2.5	3.0		7	12	12
	Arena	3.0	3.5	4	7	14	14
	Arena	3.5	4.0		6	15	15
	Arena	4.0	4.5	5	10	10	15
	Arena	4.5	5.0		15	10	18
	Arena	5.0	5.5	6	7	10	17
	Arena	5.5	6.0		8	15	16

1.3.4 Estimación de la Velocidad de Onda de Cortante (Vs)

Posteriormente, a partir de los valores de resistencia corregidos (N_{60}) y ($N_{1(60)}$), la hoja de cálculo ejecuta la estimación automatizada de la velocidad de onda de cortante (V_s), variable fundamental para la clasificación del perfil de suelo según el Título A de la NSR-10.

Para suelos friccionantes (arenas), la hoja de cálculo integra diversas correlaciones empíricas reconocidas internacionalmente, tales como las formulaciones propuestas por (Brandenberg et al., 2010; Hasancebi & Ulusay, 2007; Japan Road Association, 1980; Lee, 1990; Ohta et al., 1972; Seed et al., 1983)

Las expresiones matemáticas correspondientes a cada autor se compilan en la Tabla 4.

Tabla 4.

Correlaciones empíricas para la estimación de Vs en suelos friccionantes.

Autor	Ecuación
Lee, 1990 (for sands)	$Vs = 57.4 \times {N_{60}}^{0.49}$
Ohta et al, 1972 (for sands)	$Vs = 87.2 \times {N_{60}}^{0.32}$
Seed et al, 1983 (for sands)	$Vs = 56 \times {N_{60}}^{0.50}$
Hasancebi and Ulusay, 2007 (for sands)	$Vs = 90.82 \times {N_{1(60)}}^{0.319}$
Naresh Bellena, 2009 (for sands)	$Vs = 124.051 \times {N_{60}}^{0.216}$
JRA, 1980 (for sands)	$Vs = 80 \times {N_{60}}^{0.333}$

Una vez evaluadas las formulaciones correspondientes, el módulo calcula el valor de V_s punto a punto para cada metodología, promedia los resultados por profundidad y finalmente pondera el valor representativo del estrato ($V_{s\ promedio}$). Este procedimiento garantiza un criterio empírico más robusto y confiable al no depender de una única correlación. El resumen de los resultados y la estimación final obtenida mediante este proceso automatizado se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5.

Módulo de Cálculo Automatizado de la Velocidad de Onda de Cortante (Vs) mediante Correlaciones Empíricas.

Vs						
Vs = 57.4xN60^(0.49)	Vs = 87.2xN60^(0.36)	Vs = 56xN60^(0.5)	Vs = 90.82xN1(60)^(0.319)	Vs = 124.051xN60^(0.216)	Vs =80xN60^(0.333)	
Lee, 1990 (for sands)	Ohta et al, 1972 (for sands)	Seed et al., 1983 (for sands)	Hasancebi and Ulusay 2007 (for sands)	Naresh Bellena, 2009 (for sands)	JRA, 1980 (for sands)	Vs Promedio (m/s)
125	155	124	141	175	136	**143**
125	155	124	141	175	136	**143**
182	203	181	176	206	175	**187**
199	217	199	183	214	186	**200**
214	229	215	195	222	196	**212**
229	241	230	201	228	205	**222**
271	273	273	240	246	230	**256**
281	280	283	243	250	235	**262**
257	262	258	232	240	222	**245**
286	284	289	257	252	239	**268**
281	280	284	254	250	236	**264**
301	295	304	263	258	247	**278**
				Vs Promedio del estrato		**223**

1.3.5 Determinación del Módulo de Elasticidad del Suelo (E_s)

En la siguiente fase de procesamiento, la herramienta evalúa la rigidez y deformabilidad del terreno mediante la estimación del módulo de elasticidad no drenado o módulo de Young del suelo (E_s), expresado en megapascales (MPa). Este parámetro es esencial para la posterior verificación del comportamiento tensión-deformación y el cálculo de asentamientos inmediatos o elásticos.

Tal como se observa en la Tabla 6, el módulo integra tres formulaciones empíricas ampliamente aceptadas en la literatura geotécnica para depósitos granulares (arenas), propuestas por Chaplin (1963), Denver (1982) y Mezenbach (1961). Estas expresiones toman como variable independiente el número de golpes corregido por energía (N_{60}):

$$E_s = (44 \times N_{60})^{0.75} \times \frac{95.76}{1000} \quad (1)$$

$$E_s = \frac{500 \times (N_{60} + 15)}{1000} \quad (2)$$

$$E_s = \frac{100 \times (39 + 4.5 \times N_{60})}{1000} \quad (3)$$

A partir de estas metodologías, el algoritmo procesa de manera automatizada los valores de E_s por nivel de profundidad, determinando un promedio horizontal por muestra y, finalmente, ponderando el módulo de elasticidad representativo del estrato evaluado ($E_{s\ promedio}$). Este procedimiento multi-criterio minimiza la dispersión propia de los ensayos in situ y asegura la representatividad geomecánica de los datos de entrada para los análisis de cimentación.

Tabla 6.

Módulo de Cálculo del Módulo de Elasticidad (Es) del suelo a partir del Número de golpes N60.

Modulo de élasticidad			
Es (MPa) Chaplin, 1963 (sands)	**Es (MPa) Denver, 1982**	**Es (MPa) Mezenbach, 1961**	**Es promedio horizontal (MPa)**
5	10	6	**7**
5	10	6	**7**
10	13	9	**10**
11	14	10	**11**
12	15	11	**13**
14	16	11	**14**
18	19	15	**17**
19	20	15	**18**
16	18	13	**16**
19	21	16	**19**
19	20	15	**18**
21	22	17	**20**
	Es Promedio del estrato		**14**

1.3.6 Cálculo de la Capacidad Portante Neta Admisible ($q_{Neta.Adm}$)

A continuación, la herramienta evalúa la capacidad de carga del terreno para diferentes dimensiones geométricas de cimentación, variando el ancho de la zapata (B). Para el análisis de cimentaciones superficiales apoyadas en suelos granulares, la hoja de cálculo programa las ecuaciones formuladas por Meyerhof (1956) las cuales correlacionan directamente el número de golpes corregido (N_{60}) con la presión neta admisible del suelo ($q_{Neta.Adm}$) expresada en kN/m^2, garantizando un asentamiento tolerable no superior a 25mm:

$$Para\ zapatas\ con\ B\ \leq 1.22m$$

$$q_{Neta.Adm.} = \frac{N_{60}}{0.08} \tag{4}$$

$$Para\ zapatas\ con\ B > 1.22m$$

$$q_{Neta.Adm.} = \frac{N_{60}}{0.125}\left(\frac{B+0.3}{B}\right)^2 \tag{5}$$

El algoritmo evalúa estas condiciones de forma condicionada según la geometría introducida por el revisor, permitiendo iterar matrices de diseño con múltiples anchos de zapata. Esto facilita la verificación rápida y automatizada de los valores reportados en las memorias del estudio geotécnico frente a las exigencias de capacidad portante del proyecto estructural.

Tabla 7.

Módulo de Cálculo de Capacidad portante (qNeta.Adm) del suelo a partir del Número de golpes N60 y el ancho de zapata (B).

Qadm Meyerhof				
B(m)				
0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Qadm (kN/m^2)	Qadm (kN/m^2)	Qadm (kN/m^2)	Qadm (kN/m^2)	Qadm (kN/m^2)
61.3	61.3	56.4	51.8	49.2
61.3	61.3	56.4	51.8	49.2
131.3	131.3	121.0	111.1	105.4
157.5	157.5	145.2	133.3	126.4
183.8	183.8	169.3	155.5	147.5
210.0	210.0	193.5	177.7	168.6
297.5	297.5	274.2	251.8	238.8
318.8	318.8	293.8	269.8	255.9
265.6	265.6	244.8	224.8	213.2
332.5	332.5	306.4	281.4	266.9
320.6	320.6	295.5	271.4	257.4
368.1	368.1	339.3	311.6	295.5

1.3.7 Determinación del Coeficiente de Reacción de la Subrasante o Módulo de Balasto (K_s)

En la etapa final del procesamiento analítico, la herramienta determina el coeficiente de reacción de la subrasante o módulo de balasto en sus componentes vertical (K_{sv}) y horizontal (K_{sh}), parámetros fundamentales para la modelación computacional de cimentaciones y la interacción suelo-estructura en programas de análisis matricial y elementos finitos (como ETABS o SAP2000).

Como se observa en las Tabla 8 y 9 la hoja de cálculo evalúa dinámicamente la respuesta elástica del terreno para anchos (B) y profundidades variables a lo largo de todo el perfil explorado. Para ello, procesa matricialmente las variaciones geométricas del ancho combinadas con los

cambios de rigidez del suelo en cada cota de profundidad, aplicando las formulaciones teóricas sustentadas en la mecánica de medios continuos y las correlaciones de elasticidad (Bowles, 1996; Terzaghi, 1955):

Módulo de Balasto Vertical (Ksv): Se calcula en función del módulo de elasticidad no drenado del estrato a cada profundidad (E_s), el ancho variable de la cimentación (B) y la relación de Poisson del suelo (υ):

$$K_{sv} = \frac{E_s}{B(1 - \upsilon^2)} \tag{6}$$

Módulo de Balasto Horizontal (Ksh): Se determina mediante la relación de rigidez lateral acoplada a la respuesta vertical propuesta por Vesic (1961), corregida por el efecto de confinamiento lateral del suelo:

$$K_{sh} = K_{sv}\left(\frac{1 - \upsilon}{1 + \upsilon}\right) \tag{7}$$

Al considerar simultáneamente la variación por profundidad y por ancho de cimentación, el algoritmo genera una matriz de rigidez elástica completa (K_{sv} y K_{sh}) expresada en kilonewtons por metro cúbico por metro de profundidad (kN/m^3). Esto permite verificar que los resortes equivalentes introducidos en los modelos de cálculo estructural correspondan fielmente a las propiedades geomecánicas reales y a la profundidad efectiva de apoyo de la cimentación.

Tabla 8.

Módulo de Cálculo automatizado del Coeficiente de Balasto Vertical (Ksv) en función del Ancho (B) y los parámetros Elásticos del suelo.

Vertical				
$K_s = \frac{E}{B(1-\nu^2)}$				
B(m)				
0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Ksv (kN/m^3)	Ksv (kN/m^3)	Ksv (kN/m^3)	Ksv (kN/m^3)	Ksv (kN/m^3)
15.93	7.96	5.31	3.98	3.19
15.93	7.96	5.31	3.98	3.19
22.96	11.48	7.65	5.74	4.59
25.48	12.74	8.49	6.37	5.10
27.96	13.98	9.32	6.99	5.59
30.40	15.20	10.13	7.60	6.08
38.35	19.18	12.78	9.59	7.67
40.25	20.12	13.42	10.06	8.05
35.49	17.74	11.83	8.87	7.10
41.47	20.73	13.82	10.37	8.29
40.41	20.21	13.47	10.10	8.08
44.61	22.30	14.87	11.15	8.92

Nota. Elaboración propia con base en Bowles (1996) y Terzaghi (1955).

Tabla 9.

Módulo de Cálculo automatizado del Coeficiente de Balasto Horizontal (Ksh) en función del Ancho (B) y los parámetros Elásticos del suelo.

Horizontal				
$k_h = k_v \cdot \frac{1-\nu}{1+\nu}$				
B(m)				
0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Ksh (kN/m^3)	Ksh (kN/m^3)	Ksh (kN/m^3)	Ksh (kN/m^3)	Ksh (kN/m^3)
8.20	4.10	2.73	2.05	1.64
8.20	4.10	2.73	2.05	1.64
11.83	5.91	3.94	2.96	2.37
13.13	6.56	4.38	3.28	2.63
14.40	7.20	4.80	3.60	2.88
15.66	7.83	5.22	3.92	3.13
19.76	9.88	6.59	4.94	3.95
20.73	10.37	6.91	5.18	4.15
18.28	9.14	6.09	4.57	3.66
21.36	10.68	7.12	5.34	4.27
20.82	10.41	6.94	5.20	4.16
22.98	11.49	7.66	5.74	4.60

Nota. Elaboración propia con base en Bowles (1996) y Terzaghi (1955).

1.3.8 Validación Comparativa de Capacidad Portante por Meyerhof y Análisis de Asentamientos por la Ley de Hooke

Una vez procesados los parámetros geomecánicos mediante las correlaciones empíricas iniciales, la herramienta ejecuta una etapa de verificación avanzada y contraste de resultados. En este módulo, la capacidad portante admisible (q_{adm}) obtenida previamente se compara analíticamente frente a un cálculo riguroso basado en la formulación general de capacidad de carga

última (q_{ult}) de Meyerhof (1963), la cual considera de forma integral los componentes de cohesión, sobrecarga y peso propio del terreno:

$$q_{ult} = C' \times N_c \times F_{cs} \times F_{cd} \times F_{ci} + q \times N_q \times F_{qs} \times F_{qd} \times F_{qi} + \gamma' \times \frac{B'}{2} \times N_\gamma \times F_{\gamma s} \times F_{\gamma d} \times F_{\gamma i} \quad (8)$$

Donde las variables y componentes de la formulación corresponden a:

q_{ult} = Capacidad de carga última del suelo.

C' = Cohesión efectiva o no drenada.

q = Esfuerzo de sobrecarga efectivo a la profundidad de cimentación

$$q = D_f \times \gamma' \quad (9)$$

D_f = Profundidad de cimentación

γ' = Peso específico o unitario del suelo

B' = Ancho efectivo de cimentación

N_c, N_q, N_γ Son factores adimensionales de carga, que dependen exclusivamente del ángulo de fricción (f').

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ Son factores de corrección por forma de la cimentación, evaluados en función de la relación ancho/longitud (B/L).

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ Son factores de corrección por profundidad de desplante, evaluados según la relación profundidad/ancho (D_f /B).

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ Son factores de corrección por inclinación de la carga aplicada sobre la cimentación.

A partir de esta capacidad última, el algoritmo aplica el factor de seguridad normativo ($FS \geq 3$) , según el Título H del Reglamento NSR-10) para determinar la capacidad admisible final del suelo:

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS} \tag{10}$$

De manera complementaria, la herramienta evalúa el estado límite de servicio mediante la estimación detallada de los asentamientos elásticos o inmediatos (S_e) expresados en milímetros (mm). Para esta profundización analítica, el software calcula el esfuerzo vertical incremental (σ_z) inducido a la profundidad de cimentación propuesta (D_f) a partir de las cargas de servicio y reacciones reales tomadas directamente de las memorias de cálculo estructural que se adjuntan en el expediente del proyecto presentado ante la Curaduría Urbana.

Con el esfuerzo incremental determinado, la deformación elástica se evalúa mediante la relación elástica lineal basada en la ley de Hooke para medios continuos (Bowles, 1996):

$$S_e = \frac{\sigma_z}{E_s} \times h \tag{11}$$

Donde:

$S_e =$ Asentamiento elástico o inmediato del suelo.

$\sigma_z =$ Incremento de esfuerzo vertical a la profundidad de estudio.

$E_s =$ Módulo de elasticidad obtenido a partir de las correlaciones previas.

$h =$ Espesor del estrato o capa de suelo evaluada.

Este doble control automatizado contrasta la capacidad teórica declarada en el estudio geotécnico contra la respuesta mecánica real del subsuelo ante las acciones transmitidas por la edificación, garantizando el cumplimiento estricto de los estados límites de falla y de servicio exigidos en la normativa vigente.

1.3.9 Aportes proyectados de la herramienta de cálculo a la empresa

El desarrollo de la hoja de cálculo busca contribuir a la sistematización y estandarización de los procesos de revisión geotécnica dentro de la entidad. Al fusionar en una sola plataforma la

verificación de las exigencias de la norma NSR-10 (Títulos A y H), la evaluación estadística de correlaciones múltiples (V_s, E_s), las metodologías de validación cruzada de capacidad portante por Meyerhof, el análisis elástico de asentamientos mediante la Ley de Hooke a partir de las reacciones de las memorias de cálculo estructural, la determinación de los módulos de balasto (K_{sv}, K_{sh}) y los instrumentos de control, la herramienta se concibe como un insumo de apoyo para optimizar el rendimiento operativo del revisor técnico.

En términos cualitativos, la implementación de este soporte automatizado tiene el potencial de mitigar la inducción de errores asociados al cálculo manual redundante y favorecer la unificación de criterios en la evaluación de expedientes. En síntesis, la herramienta dota a la Curaduría Urbana No. 1 de Girón de un entorno metodológico estandarizado, orientado a fortalecer la consistencia, objetividad y reproducibilidad en la formulación de los conceptos técnicos aplicados al licenciamiento urbanístico.

No obstante, es necesario precisar que la hoja de cálculo desarrollada es un instrumento de apoyo y verificación rápida, por lo que sus resultados no constituyen una restricción absoluta ni una "camisa de fuerza". En ingeniería geotécnica, la alta variabilidad e incertidumbre natural del subsuelo hacen que el criterio profesional del geotecnista —tanto del diseñador como del evaluador— impere sobre cualquier modelo o correlación empírica.

Por ello, una diferencia numérica entre los resultados de la herramienta y el estudio de suelos presentado no invalida de ninguna manera este último. El proceso de revisión no se limita a un chequeo automático, sino a un análisis crítico donde el evaluador debe ponderar la metodología planteada por el proyectista, la campaña de exploración realizada y las particularidades del terreno, respetando el juicio del geotecnista diseñador siempre que se garantice el cumplimiento de la normativa NSR-10.

2. APRENDIZAJES

2.1 Aprendizajes técnicos

La práctica empresarial desarrollada en la Curaduría Urbana No. 1 de Girón se constituyó como el escenario idóneo para la transición entre la formación académica y el ejercicio profesional de la ingeniería civil. El núcleo de esta experiencia radicó en la aplicación permanente de conceptos teóricos a la revisión de proyectos reales de construcción, lo que permitió consolidar y ampliar los conocimientos adquiridos en las aulas mediante una confrontación directa con la realidad del sector de la construcción.

La evaluación rigurosa de estudios geotécnicos, memorias de cálculo, planos estructurales y memorias de elementos no estructurales, así como la verificación de su compatibilidad con el proyecto arquitectónico, exigió un análisis integral que integró diversas áreas de la ingeniería, dotando al practicante de una visión global y normativa.

El eje transversal de este aprendizaje técnico fue la apropiación práctica del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). El día a día de la práctica demandó la consulta, interpretación y aplicación simultánea de los Títulos A, B, C, D, E, F, H y K. Más allá de memorizar requisitos aislados, el verdadero aprendizaje consistió en comprender la profunda interdependencia que existe entre estos títulos; por ejemplo, cómo los parámetros del Título A condicionan las cargas del Título B y los diseños del Título C o E, o cómo las recomendaciones del Título H se materializan en las solicitaciones del sistema estructural.

En el ámbito estructural y geotécnico, los conocimientos se profundizaron significativamente:

Estructuras y Mampostería: La revisión de memorias de cálculo y planos constructivos permitió analizar de cerca los criterios de modelación adoptados por ingenieros proyectistas. Se

identificaron puntos críticos en la definición de sistemas estructurales, detallado del acero de refuerzo (despiece) y la consistencia entre los resultados del software de diseño y los planos finales.

Geotecnia: La práctica permitió consolidar conceptos de mecánica de suelos mediante la evaluación de estudios geotécnicos reales. Se fortaleció la interpretación de Ensayos de Penetración Estándar (SPT), la caracterización de perfiles de suelo, y la estimación de variables críticas como la capacidad portante, asentamientos inmediatos y por consolidación, módulos de balasto y presiones de tierra, asegurando siempre el cumplimiento estricto del Título H.

Finalmente, este proceso técnico catalizó la evolución del criterio profesional. Al inicio, las revisiones eran lentas y dependían de una consulta mecánica y exhaustiva de la norma. Con la exposición continua a una gran variedad de proyectos, se desarrolló la habilidad de identificar con agilidad los aspectos críticos y las omisiones más comunes de cada documento, optimizando los tiempos de respuesta de la Curaduría sin sacrificar el rigor técnico ni la seguridad estructural.

2.2 Competencias desarrolladas

La experiencia en la Curaduría Urbana No. 1 de Girón propició el desarrollo de competencias tanto técnicas como profesionales, esenciales para el desempeño laboral de un ingeniero civil en el ámbito público o privado.

2.2.1 Competencias técnicas

Evaluación y diagnóstico de proyectos: Habilidad para auditar técnicamente la documentación de un proyecto de construcción, detectando inconsistencias entre las diferentes disciplinas de la ingeniería y la arquitectura.

Interpretación normativa avanzada: Capacidad para argumentar y aplicar el reglamento NSR-10 en casos reales de diseño, superando el enfoque netamente teórico de la universidad.

Criterio geotécnico aplicado: Competencia para validar la suficiencia de las campañas de exploración de subsuelos y la viabilidad técnica de las recomendaciones de cimentación propuestas por los consultores.

Automatización de procesos de ingeniería: Capacidad de estructurar algoritmos lógicos y matemáticos en Microsoft Excel para agilizar la ingeniería conceptual y de revisión, integrando correlaciones empíricas y requisitos normativos en una sola herramienta.

2.2.2 Competencias profesionales

Criterio profesional y toma de decisiones: El análisis de aproximadamente 100 proyectos generó la confianza necesaria para emitir conceptos técnicos definitivos, objetivos y debidamente sustentados de manera legal y normativa.

Atención al detalle: Capacidad para identificar discrepancias milimétricas en planos o variaciones sutiles en memorias de cálculo que pusieran en riesgo la integridad estructural de las obras.

Gestión del tiempo y eficiencia: Habilidad para priorizar tareas y agilizar flujos de trabajo bajo la presión de los términos legales de licenciamiento urbanístico.

Comunicación escrita y trabajo interdisciplinario: Destreza para redactar actas de observaciones técnicas claras y precisas, comprensibles para los ingenieros diseñadores de los proyectos. Asimismo, se potenció la capacidad de coordinar criterios con equipos multidisciplinarios compuestos por arquitectos, geotecnistas y abogados.

2.3 Dificultades encontradas y estrategias de solución

El desarrollo de la práctica planteó retos metodológicos y técnicos que debieron ser resueltos de manera proactiva para garantizar el cumplimiento de los objetivos.

Adaptación al proceso de revisión técnica: Al principio, la mayor dificultad fue enfrentarse a la evaluación simultánea de múltiples documentos técnicos interconectados, rompiendo con el esquema académico donde los problemas se analizan de forma aislada. Esto se superó gracias al acompañamiento inicial del tutor empresarial y al diseño de una secuencia lógica de revisión (de la geotecnia a la arquitectura, pasando por la estructura).

Desarrollo del criterio técnico ante soluciones diversas: Inicialmente, existía incertidumbre sobre si una solución de diseño era aceptable si difería de los métodos aprendidos en la universidad. La exposición a cerca de 100 proyectos enseñó que la ingeniería admite múltiples enfoques válidos, siempre que respeten los límites de la NSR-10. Esto eliminó sesgos personales y fomentó una evaluación objetiva.

Procesos repetitivos en la revisión geotécnica: La verificación manual de los parámetros del Título H (número de sondeos, profundidades mínimas, cálculos de capacidad portante y asentamientos mediante SPT) generaba un desgaste operativo alto. Para solucionarlo, se desarrolló una herramienta computacional en Excel que automatizó estos cálculos y la consulta normativa, liberando tiempo para enfocar el esfuerzo en el análisis de fondo del proyecto.

2.4 Recomendaciones

2.4.1 Para la Curaduría Urbana No. 1 de Girón

Se recomienda continuar impulsando la digitalización y automatización del proceso de revisión mediante el uso de herramientas computacionales como la desarrollada en esta práctica. La sistematización reduce errores humanos de cálculo y estandariza los criterios de evaluación.

Asimismo, es aconsejable mantener actualizadas las listas de chequeo institucionales y conservar el modelo de tutoría técnica para futuros practicantes, dado su alto valor pedagógico.

2.4.2 Para futuros practicantes

Es fundamental que los estudiantes que ingresen a la Curaduría cuenten con un dominio previo y sólido de la NSR-10 (especialmente los títulos A, B, C, E y H) y de la lectura de planos. Durante las primeras semanas, deben concentrarse en entender el flujo del proceso de licenciamiento antes que en buscar errores de forma aislada. Deben mantener una postura abierta al aprendizaje continuo para asimilar los diferentes enfoques de diseño de los ingenieros de la región.

2.4.3 Para la Universidad Industrial de Santander (UIS)

Se sugiere incorporar en los últimos semestres de Ingeniería Civil asignaturas o talleres enfocados en la auditoría y revisión técnica de proyectos reales, complementando el enfoque tradicional de diseño. También se debe incentivar la programación y automatización de procesos de ingeniería en el currículo básico y robustecer las alianzas estratégicas con las curadurías urbanas, ya que estas instituciones brindan una perspectiva única sobre la responsabilidad civil y legal que conlleva el ejercicio de la profesión.

Conclusión General: La práctica empresarial en la Curaduría Urbana No. 1 de Girón consolidó un criterio técnico riguroso en el practicante, transformando el conocimiento teórico en habilidades operativas reales. El desarrollo de la herramienta tecnológica en Excel dejó un aporte tangible para la eficiencia de la entidad, demostrando el valor de la sinergia entre la academia y el entorno laboral.

Referencias Bibliográficas

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).* Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Brandenberg, S. J., Bellana, N., & Shantz, T. (2010). Shear wave velocity as function of standard penetration test resistance and vertical effective stress at California bridge sites. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 30*(10), 1026-1035.

Chaplin, T. K. (1963). The compressibility of granular soils, with some applications to foundation engineering. *Proceedings of the European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1,* págs. 215-219. Wiesbaden.

Concejo Municipal de Girón. (2010). *Acuerdo No. 017 de 2010: Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Municipio de Girón.* Alcaldía Municipal de Girón.

Congreso de la República de Colombia. (1997). *Ley 388 de 1997: Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 3 de 1991 y se dictan otras disposiciones.* Diario Oficial No. 43.091.

Congreso de la República de Colombia. (18 de Julio de 2017). *Ley 1848 de 2017. Por medio de la cual se expiden normas en materia de formalización, titulación y reconocimiento de las edificaciones de los asentamientos humanos, de predios urbanos y se dictan otras disposiciones.* Congreso de la República. doi:https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=149198

Denver, H. (1982). Modulus of elasticity for sand determined by SPT and CPT. *Proceedings of the 2nd European Symposium on Penetration Testing,* (págs. 35-40).

Hasancebi, N., & Ulusay, R. (2007). Empirical correlations between shear wave velocity and penetration resistance for ground shaking assessments. *Engineering Geology, 92*(3-4), 115-131.

Japan Road Association. (1980). *Specifications for Highway Bridges: Part V. Seismic Design.* Japan Road Association.

Lee, S. H. (1990). *Regression models for Vs and N60 for unsaturated soils.* Austin, Texas: Department of Civil Engineering, University of Texas at Austin.

Meyerhof, G. G. (1956). Penetration tests and bearing capacity of soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 91*(2), 21-31.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Decreto 1077 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.* Diario Oficial de la República de Colombia.

Ohta, Y., Hara, A., Niwa, M., & Sakayama, T. (1972). Estimation of shear wave velocity in terms of characteristic indices of soil. *Proceedings of the 4th Japan Earthquake Engineering Symposium*, (págs. 265–272). Tokyo, Japan.

Schultze, E., & Menzenbach, E. (1961). Standard penetration test and compressibility of soils. *Proceedings of the 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, *1*, págs. 527-532. París.

Seed, H. B., Idriss, I. M., & Arango, I. (1983). Evaluation of Liquefaction Potential Using Field Performance Data. *Journal of Geotechnical Engineering, 109*(3), 458–482.

Terzaghi, K. (1955). Evaluation of coefficients of subgrade reaction. *Géotechnique, 5*(4), 297–326.

Vesić, A. S. (1961). Bending of beams resting on isotropic elastic solid. *Journal of the Engineering Mechanics Division, 87*(2), 35-53.

Apéndices

Apéndices A. Archivos de soporte de las hojas de cálculo y datos geotécnicos

El presente apéndice reúne las herramientas de cálculo dinámico y el procesamiento de datos utilizados en el desarrollo del trabajo de grado. Incluye la hoja de cálculo automatizada para la estimación de la velocidad de onda de cortante (V_s), parámetros elásticos (E_s) y capacidad portante (q_{adm}).

Todos los archivos complementarios ejecutables (.xlsx) y soportes digitales se encuentran alojados para su consulta e inspección en la siguiente carpeta en Google Drive: Ortiz Carreño, J. S. (2026). *Archivos soportes de hoja de cálculo y datos geotécnicos - Trabajo de Grado* [Curaduría 1 de Girón]. Google Drive.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/111pO5EbMLWoDbp2NmaXs2Ow7Ii5a_atO/edit?usp=sharing&ouid=111071571900425568884&rtpof=true&sd=true