



Universidad **Mariana**

Desarrollo de un Aplicativo Web Didáctico sobre el diseño de Pórticos de Concreto según el
Reglamento NSR-10

Cristian Alejandro Puenayan Aza

Luis Fernando Maya Ojeda

Odalís Samara Ruales Salas

Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Civil
San Juan de Pasto

2023

Desarrollo de un Aplicativo Web Didáctico sobre el diseño de Pórticos de Concreto según el
Reglamento NSR-10

Cristian Alejandro Puenayan Aza

Luis Fernando Maya Ojeda

Odalís Samara Ruales Salas

Informe de investigación para optar al título de: Ingeniero Civil

MSc. Gerardo Andrés Dorado Jurado

Asesor

Ph.D. Diego Valencia Enríquez

Coasesor

Universidad Mariana

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil

San Juan de Pasto

2023

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007
Universidad Mariana

Agradecimientos

Primero, deseamos expresar nuestra gratitud a Dios por la oportunidad de encontrarnos en este punto de nuestras vidas y por permitirnos avanzar en este trabajo, así como por las oportunidades que nos ha brindado, ya que todas estas experiencias han contribuido a forjar la persona que somos hoy en día.

Agradecemos a los docentes de la facultad de Ingeniería de la Universidad Mariana, en especial a los de Ingeniería Civil, quienes nos brindaron todas las herramientas necesarias para formarnos como excelentes profesionales.

Al docente de Ingeniería Civil Gerardo Andrés Dorado Jurado, asesor de esta investigación, por su disponibilidad de tiempo para asesorarnos en el desarrollo del aplicativo web propuesto y por sus grandes aportes que contribuyeron a la realización de este documento.

A nuestras familias, por ser de gran apoyo durante toda la vida y quienes en todo momento se han manifestado de manera valiosa con todo su respaldo y aliento.

Y a todos aquellos que hicieron posible la ejecución de este proyecto.

Contenido

Introducción	13
1. Resumen del proyecto	16
1.1. Descripción del problema	16
1.1.1. Formulación del problema	17
1.2. Justificación.....	18
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos.....	19
1.4.1. Antecedentes	19
1.4.1.1. Internacionales.	19
1.4.1.2. Nacionales.	20
1.4.1.3. Regionales.	22
1.4.2. Marco teórico.....	22
1.4.2.1. Aplicación web.....	22
1.4.2.1.1. Aprendizaje activo.....	22
1.4.2.1.2. Aplicación web.....	23
1.4.2.1.3. Características y ventajas de las aplicaciones web.....	24
1.4.2.1.4. Ambiente de desarrollo	24
1.4.2.1.5. Lenguaje de programación	25
1.4.2.1.6. Editores de texto.....	26
1.4.2.1.7. Editores de estilos.....	26
1.4.2.2. Pórticos de concreto reforzado	27
1.4.2.2.1. Concreto.	27
1.4.2.2.2. Ventajas y desventajas del concreto.....	27

1.4.2.2.3. Pórticos.....	28
1.4.2.2.4. Aspecto general de diseño.....	30
1.4.2.2.5. Capacidad de disipación de energía.....	30
1.4.2.2.6. Diseño de vigas.....	30
1.4.2.2.7. Diseño de columnas.....	31
1.4.2.2.8. Diagrama de interacción.....	31
1.4.3. Marco contextual.....	33
1.4.4. Marco legal.....	34
1.4.4.1. Título A. Requisitos generales de diseño y construcción sismorresistente.....	34
1.4.4.2. Título B. Cargas.....	34
1.4.4.3. Título C. Concreto estructural.....	35
1.4.4.4. Título J. Requisitos de protección contra incendios en edificaciones.....	35
1.5. Metodología.....	35
1.5.2. Campo de investigación.....	35
1.5.3. Enfoque de investigación.....	36
1.5.4. Tipo de investigación.....	36
1.5.5. Actividades a desarrollar por cada objetivo específico.....	36
1.5.5.1. Elaboración de procedimientos y algoritmos de diseño.....	36
1.5.5.1.1. Diseño de vigas.....	36
1.5.5.1.2. Diseño de columnas.....	37
1.5.5.2. Diseño del aplicativo web didáctico.....	37
1.5.5.3. Evaluación de la utilidad y el funcionamiento del aplicativo web.....	38
1.5.6. Diseño de la metodología.....	38
2. Presentación de resultados.....	40
2.1 Procesamiento de la información.....	40
2.1.1. Algoritmos de diseño para el aplicativo web sobre pórticos de concreto.....	40

2.1.1.1. Elaboración de secuencia de procedimientos.....	41
2.1.1.2. Creación de esquema de flujogramas para el diseño de pórtico.	42
2.1.2. Diseño del aplicativo web para pórticos de concreto	47
2.1.2.1. Manual de usuario para diseñar pórticos de concreto en el aplicativo web.	47
2.1.3. Evaluación de la utilidad y funcionamiento del aplicativo web.....	86
2.1.3.1. Estadísticas que definen la utilidad y el funcionamiento del aplicativo web.	86
2.1.3.2. Recomendaciones realizadas por los usuarios sobre el aplicativo web.	92
2.2. Análisis e interpretación de resultados.....	94
2.2.1. Análisis de la elaboración de procedimientos y algoritmos para la creación del sitio web acerca de pórticos de concreto	94
2.2.2. Análisis del diseño del sitio web didáctico sobre pórticos de concreto a partir del lenguaje de programación JavaScript junto con HTML y CSS.....	96
2.2.3. Análisis de la utilidad y funcionamiento del aplicativo web mediante un sondeo con usuarios especialistas en la ingeniería	97
3. Conclusiones	101
4. Recomendaciones.....	103
Referencias bibliográficas	104
Anexos.....	108

Índice de Tablas

Tabla 1. Esquema metodológico de la investigación.	39
Tabla 2. Clasificación de recomendaciones realizadas por usuarios sobre el aplicativo web.	92

Índice de Figuras

Figura 1. Herramienta multimedia de la Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia.....	21
Figura 2. Logo de Visual Studio Code.....	24
Figura 3. Ranking de Visual Studio Code.....	25
Figura 4. Ejemplo de lenguaje JavaScript.....	26
Figura 5. Materiales para la elaboración de mezclas de concreto.	27
Figura 6. Pórtico.....	28
Figura 7. Consideración 1 para pórticos.....	29
Figura 8. Consideración 2 para pórticos.....	29
Figura 9. Viga simplemente apoyada.	30
Figura 10. Columna.....	31
Figura 11. Diagrama de interacción de una sección de columna.	32
Figura 12. Procedimiento para el diseño de vigas.....	41
Figura 13. Procedimiento para el diseño de columnas.....	42
Figura 14. Algoritmo de diseño de vigas a flexión.	43
Figura 15. Algoritmo de diseño de vigas a cortante.....	44
Figura 16. Algoritmo de diseño de columnas a flexo-axial.	45
Figura 17. Algoritmo de diseño de columnas a cortante.....	46
Figura 18. Botón "Inicio" del aplicativo web.....	48
Figura 19. Botón "Leer Más" del inicio del aplicativo web.....	49
Figura 20. Carrusel de las páginas del aplicativo web.	49
Figura 21. Botón "Leer Más" de cada sección del aplicativo web.....	50
Figura 22. Botón "Introducción" del aplicativo web.....	50
Figura 23. Botón "Normas" del aplicativo web	51
Figura 24. Enlace para el Decreto 092 del 2011	52
Figura 25. Títulos de la norma NSR-10 requeridos para el diseño de pórticos de concreto.....	52
Figura 26. Botón "Cálculos" del aplicativo web.	53
Figura 27. Botón "Diseño de Vigas" del aplicativo web.....	54
Figura 28. Datos de entrada vigas: dimensiones de la viga.	55
Figura 29. Dato de entrada vigas: Resistencia a la compresión del concreto.	55

Figura 30. Dato de entrada vigas: Esfuerzo de fluencia del acero.	56
Figura 31. Dato de entrada vigas: Tamaño máximo del agregado.....	56
Figura 32. Dato de entrada vigas: Recubrimiento de la viga.	57
Figura 33. Número, área y diámetro de varilla supuesta para vigas.	57
Figura 34. Número y diámetro del estribo de la viga.....	58
Figura 35. Botones "Calcular" y "Limpiar" para el diseño de vigas a flexión.....	59
Figura 36. Recomendación del número de varilla con menor desperdicio para la viga.	59
Figura 37. Resistencia de la viga.....	60
Figura 38. Chequeo de resistencia de la viga.	61
Figura 39. Diseño a flexión de vigas con el número de varilla supuesta.	61
Figura 40. Caso en el que el chequeo de resistencia para vigas no cumple.	62
Figura 41. Diseño a flexión recomendado con la varilla supuesta.....	62
Figura 42. Cambio de varilla supuesta en fibra superior y/o inferior para flexión en vigas	63
Figura 43. Dato de entrada para vigas: Cortante última (Vu).	63
Figura 44. Botón "Calcular" para diseño a cortante de vigas.....	64
Figura 45. Chequeo de refuerzo mínimo para diseño de vigas a cortante.	65
Figura 46. Chequeo de resistencia para diseño de vigas a cortante.	65
Figura 47. Diseño de la viga a cortante.	66
Figura 48. Botón "Generar reporte PDF" para diseño de vigas.	66
Figura 49. Botón "Diseño de Columnas" del aplicativo web.	67
Figura 50. Datos de entrada columnas: dimensiones de la columna.....	68
Figura 51. Dato de entrada columnas: Resistencia a la compresión del concreto.	68
Figura 52. Dato de entrada columnas: Esfuerzo de fluencia del acero.	69
Figura 53. Dato de entrada columnas: Tamaño máximo del agregado.	69
Figura 54. Dato de entrada columnas: Recubrimiento de la columna.	70
Figura 55. Número, área y diámetro de varilla supuesta para columnas.	70
Figura 56. Número y diámetro del estribo de la columna.	71
Figura 57. Botones "Calcular" y "Limpiar" para el diseño de columnas a flexión.....	72
Figura 58. Recomendación del número de varilla con menor desperdicio para la columna.....	72
Figura 59. Cálculo de columnas a flexión con la varilla recomendada.....	73
Figura 60. Botón "Mostrar gráfico" para el diagrama de interacción de las columnas.....	74

Figura 61. Diagrama de interacción para columnas.....	74
Figura 62. Botón "Calcular" para el diseño a cortante de columnas.	75
Figura 63. Separación entre varillas y área confinada de la columna.	75
Figura 64. Refuerzo mínimo vertical para diseño de columnas a cortante.	76
Figura 65. Reducción de separación para refuerzo mínimo vertical en columnas a cortante.	76
Figura 66. Refuerzo mínimo horizontal para diseño de columnas a cortante.	77
Figura 67. Reducción de separación para refuerzo mínimo horizontal en columnas a cortante.	77
Figura 68. Refuerzo final en columnas a cortante.....	78
Figura 69. Chequeo de resistencia para diseño de columnas a cortante.	78
Figura 70. Diseño de la columna a cortante.....	79
Figura 71. Datos de entrada: luz libre de la columna.....	79
Figura 72. Resultado de separación de estribos en la columna.	80
Figura 73. Botón "Generar reporte PDF" para diseño de columnas.	80
Figura 74. Botón "Información" del aplicativo web	81
Figura 75. Botón "Manual de usuario" del aplicativo web.	82
Figura 76. Botón "Video Tutorial" del aplicativo web.	83
Figura 77. Botón "Autores" del aplicativo web.	84
Figura 78. Botón de menú del aplicativo web.....	85
Figura 79. Redes sociales y contactos de la Universidad Mariana.	85
Figura 80. Resultados sobre la suficiencia de los datos de entrada del aplicativo web.	87
Figura 81. Resultados sobre datos de salida correctos en el aplicativo web desarrollado.	88
Figura 82. Resultados sobre la suficiencia de los datos de salida del aplicativo web.....	89
Figura 83. Resultados sobre el procedimiento de diseño entendible en el aplicativo web.	90
Figura 84. Resultados sobre la facilidad de uso del aplicativo web desarrollado.	91
Figura 85. Resultados sobre la utilidad del aplicativo web para la enseñanza.....	91

Índice de Anexos

Anexo A. Formulario de encuesta No.1	109
--	-----

Introducción

El desarrollo del aplicativo web didáctico sobre el diseño de pórticos de concreto, según el Reglamento NSR-10, es una herramienta educativa que facilita el proceso de aprendizaje virtual en el campo de la ingeniería. Este aplicativo web está diseñado para enseñar de manera interactiva a los usuarios los conceptos fundamentales para el diseño adecuado de pórticos de concreto. Por lo tanto, con el avance de la tecnología y la creciente necesidad de opciones de aprendizaje más dinámicas y accesibles, este aplicativo web se convierte en una solución ideal para estudiantes y profesionales de la ingeniería.

En el ámbito de la ingeniería civil, el diseño de pórticos de concreto es una disciplina esencial para garantizar la seguridad y eficiencia de las estructuras, ya que están compuestos por columnas y vigas, las cuales son elementos que deben proporcionar suficiente resistencia y estabilidad a la estructura, y en este caso, el diseño de dichos elementos se basará en el Reglamento colombiano NSR-10. Sin embargo, este proceso de aprendizaje puede resultar complejo y demandar un alto nivel de comprensión teórica y práctica por parte de los estudiantes.

De esta manera, con el objetivo de potenciar el aprendizaje virtual, surge como herramienta educativa el aplicativo web didáctico sobre el diseño de pórticos de concreto según el Reglamento NSR-10, el cual se trata de un complemento para programas de análisis estructural. Y por ello, este sitio web representa un elemento clave para la enseñanza de la ingeniería, al brindar a los estudiantes una plataforma interactiva y accesible que facilita el entendimiento de los conceptos fundamentales y la aplicación práctica de los mismos.

En este sentido, para el desarrollo del aplicativo web se ha empleado como metodología procedimientos de diseño para pórticos de concreto a través de lenguaje de programación JavaScript junto con HTML y CSS, garantizando su compatibilidad con diferentes sistemas operativos.

El aplicativo web contiene algoritmos complejos correspondientes al diseño de pórticos de concreto que permiten a los usuarios realizar cálculos precisos y obtener resultados sobre el diseño

a flexión y cortante tanto para vigas como para columnas. A través de la interfaz interactiva, los usuarios pueden acceder a un conjunto de herramientas específicas para diseñar pórticos de concreto de acuerdo con el Reglamento NSR-10.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) es una norma utilizada para el diseño y construcción de estructuras. Este reglamento establece los requisitos mínimos que deben cumplir las edificaciones para garantizar su seguridad y estabilidad, como respuesta estructural a un sismo. De este modo, la utilización del reglamento NSR-10 en el aplicativo web, permite a los usuarios familiarizarse con los criterios de diseño específicos aplicados en Colombia.

En el contexto del diseño de pórticos de concreto según el Reglamento NSR-10, es crucial destacar que el aplicativo web desarrollado se presenta como una herramienta funcional, especialmente efectiva para diseños no tan complejos. Este enfoque se basa en configuraciones de acero que están optimizadas para un número específico de varillas.

Con el desarrollo del aplicativo web se pretende incursionar en espacios web para ámbito educativo con el fin generar una forma interactiva entre docente y estudiante, ya que, el docente podrá crear nuevos métodos de enseñanza y el estudiante mejorar su aprendizaje. Por tanto, se considera que, “una herramienta web se realiza con el propósito de que el estudiante aprenda a través del descubrimiento guiado y de los recursos disponibles en el ambiente virtual”, según lo explicado por Pineda, R. (2002).

El aprendizaje virtual a través de un aplicativo web, permite a los estudiantes de ingeniería adquirir conocimientos y habilidades técnicas desde cualquier lugar y en cualquier momento. Además, brinda la posibilidad de experimentar de forma práctica a través de ejercicios interactivos, lo que facilita la comprensión de los conceptos teóricos.

Sin embargo, para conocer la utilidad del aplicativo web desarrollado, se realizó un sondeo a distintos usuarios cuya especialidad sea la ingeniería, lo cual permitirá recopilar información sobre su experiencia a través de la navegación y realizar un análisis de los resultados arrojados sobre el

diseño de pórticos de concreto, con el propósito de comprobar su utilidad y funcionamiento dentro del campo de la ingeniería.

De este modo, el aplicativo web desarrollado representa un recurso útil para estudiantes, docentes e incluso profesionales en el campo de la ingeniería civil, que buscan mejorar su comprensión y habilidades en el diseño de pórticos de concreto a través de una experiencia interactiva y práctica.

1. Resumen del proyecto

El siguiente trabajo de investigación consiste en desarrollar un aplicativo web didáctico sobre el diseño de pórticos de concreto según el Reglamento NSR-10, el cual pretende facilitar el acceso a información sobre temas relacionados con el diseño de estructuras de concreto y su aplicación en pórticos, enfocándose en estudiantes de ingeniería civil e incluso a docentes de la misma área de estudio. La elaboración de este aplicativo web consiste en desarrollar procedimientos y algoritmos de diseño acerca de pórticos utilizando el lenguaje de etiquetas de hipertexto HTML, lenguaje de estilos CSS y lenguaje de programación JavaScript, con el fin mejorar la accesibilidad a la información sobre las estructuras de concreto de forma didáctica y de esta forma motivar al estudiantado a complementar sus conocimientos de forma interactiva, dinámica y atractiva, a partir de la cual se podrá realizar cálculos de manera rápida y sencilla obteniendo resultados tanto numéricos como teóricos que complementan y aportan al aprendizaje y formación de los estudiantes.

Palabras clave: Algoritmos, aplicativo web, aprendizaje, estructuras, pórticos de concreto.

1.1. Descripción del problema

En el entorno actual, la tecnología y la comunicación son parte esencial de la sociedad, la cual está rodeada de espacios web de todo tipo que trascienden en el ámbito educativo y que se adapta a nuevas modalidades de aprendizaje (Armand St-Pierre y Natalie Kustcher. México 2018). Además, estos van cambiando y mejorando con el paso del tiempo.

El aprendizaje y la enseñanza de nuevos métodos que lleven a un mejor aprovechamiento de la información, permite una reforma a la educación actual la cual incluye indudablemente el componente tecnológico. Al respecto, Mañez Carlos (2018) explica que: “la emergencia del aprendizaje en línea puede acarrear desafíos y barreras para las personas, pero los sitios web universitarios no tienen en cuenta las necesidades y requisitos de los individuos”. De acuerdo con lo anterior se puede decir que es necesario realizar aplicativos webs para fomentar más la participación estudiantil en espacios tecnológicos académicos.

El entorno de espacios web y aplicativos genera que los docentes creen nuevas situaciones de aprendizaje para el acceso más rápido y sencillo al uso de las tecnologías para una mejor práctica educativa (Armand St-Pierre y Natalie Kustcher. México 2018). Estas nuevas formas de aprendizaje se dirigen especialmente a los estudiantes para generar espacios educativos interactivos.

Con lo anterior se puede resaltar que existen muchos sitios web que talvez no son tan dinámicos los cuales por ese motivo no generan interés de profundizar sus áreas de conocimiento, especialmente en ingeniería civil se emplean diversos cálculos por lo que es necesario elaborar un aplicativo web que sea interactivo entre usuario e interfaz.

1.1.1. Formulación del problema

Actualmente se cuenta con algunos problemas que se ven involucrados para la elaboración de un sitio web, puesto que como lo explica Máñez Carlos, la mayoría de estos sitios presentan barreras que dificultan y en ocasiones imposibilitan a algunas personas el poder usarlos. Con respecto al diseño de aplicativo de pórticos se tiene como un problema principal el exceso de información para el diseño estructural y su complejidad de interpretación (Rochel Awad, 2007). Por otro lado, se encuentra la falta de material didáctico que facilite la explicación sobre el diseño de los pórticos, además existen muchos libros que amplían la información para cada nueva versión, lo cual puede resultar un poco costoso. Por esta razón, el desarrollo de un sitio web didáctico sobre el diseño de pórticos en concreto según el Reglamento Colombiano NSR-10 aportará a la solución de los problemas mencionados. De acuerdo con lo anterior, el diseño de este aplicativo web se desarrollará con base en la siguiente pregunta:

¿Cómo se puede desarrollar un aplicativo web dinámico creado a partir de lenguaje de etiquetas de hipertexto HTML, lenguaje de estilos CSS y lenguaje de programación JavaScript para la comunidad universitaria e industrial?

1.2. Justificación

Debido a la falta de sitios web didácticos se ve la necesidad de desarrollar un aplicativo web que proporcione información de forma interactiva con el fin de que los estudiantes se interesen más en los procesos educativos y formativos, con esta idea de proyecto se pretende que los estudiantes desarrollen mejores hábitos de estudio que refuercen sus conocimientos sobre el diseño de pórticos basado en el reglamento NSR-10. De la misma manera va a permitir que los docentes desarrollen sus prácticas académicas de una manera más eficiente a través de un espacio web para la interacción fuera de salón de clases.

Con el desarrollo del aplicativo también se obtiene la posibilidad de indagar y conocer nuevos elementos prácticos e interactivos que facilitarán la difusión de contenido basado en el diseño de pórticos en concreto, además, se trata de un sitio web didáctico que será actualizado constantemente con la información de las últimas disposiciones que se incluyan en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Desarrollar un aplicativo web didáctico sobre diseño de pórticos en concreto según el reglamento NSR-10.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Elaborar procedimientos y algoritmos de diseño para la creación del sitio web acerca de pórticos de concreto.
- Diseñar un sitio web didáctico con procedimientos de diseño para pórticos a través de lenguaje de programación JavaScript junto con HTML y CSS.
- Evaluar la utilidad y funcionamiento de la aplicación web mediante un sondeo con diferentes usuarios cuya especialidad sea la ingeniería.

1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos

1.4.1. Antecedentes

A continuación, se presenta una reseña sobre las herramientas de aprendizaje virtual y estudios que se han desarrollado a nivel internacional, nacional y regional, en su mayoría basados en la ingeniería civil para ver la importancia que este tema tiene, la experiencia que han tenido, los resultados y como este se está constantemente actualizando.

1.4.1.1. Internacionales. El interés del aprendizaje virtual se encuentra presente en Canadá, ya que la educación es uno de los temas más importantes puesto que de esto dependerán la formación que le ofrezcan a la juventud.

Por lo anterior, se desarrolló la herramienta de aprendizaje virtual ATutor, la cual no se enfoca en la ingeniería civil, pero se trata de un sistema de gestión de contenidos de aprendizaje basado en la WEB para lograr la accesibilidad y la adaptabilidad de los estudiantes, además mediante esta herramienta los docentes pueden distribuir contenido educativo y llevar a cabo sus clases online. Este tuvo su inicio en el 2002 y empezó como un producto de Adaptive Technology Resource Centre (ATRC) de la universidad de Toronto, pero se ha mantenido y ha avanzado gracias a los aportes de programadores (Perez, 2019).

Por otro lado, en México, Bower & Hilgard (2000) en una de sus teorías de aprendizaje explican que: “Los estudiantes que comparten la experiencia de aprendizaje en las mismas aulas tienen un nivel de aprendizaje diferente”, por tanto, es importante que los profesores conozcan las características que poseen sus estudiantes, relacionadas a los estilos de aprendizaje, para poder desarrollar actividades efectivas para todo el grupo (Felder & y Brent, 2005).

De acuerdo a lo anterior Felder & Linda Silverman en 1988 realizaron un estudio para medir el estilo de aprendizaje, que se trata del método conocido como el Índice de Estilos de Aprendizaje (ILS), el cual se basa en el modelo creado por Felder y Linda Silverman en 1988, a partir del cual se establecen dimensiones que reflejan las preferencias de los estudiantes para aprender. Las

dimensiones son: activos o reflexivos, sensitivos o intuitivos, visuales o verbales y secuenciales o globales.

Esta herramienta web se diseñó con la finalidad de facilitar el aprendizaje al estudiante mediante el descubrimiento guiado y el aprovechamiento de los recursos disponibles en el ambiente virtual. En el caso de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, basaron su estudio en el sistema Moodle, el cual es un sistema de gestión de cursos de código abierto, que permite crear sitios web dinámicos en línea para estudiantes y profesores (Pineda, 2002).

1.4.1.2. Nacionales. En Colombia se han desarrollado estudios que tienen un gran avance con respecto a la educación. Esto, se encuentra demostrado a partir de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) quienes proponen el mejoramiento de la calidad de las actividades de docencia e investigación en ingeniería que desarrollan las facultades, escuelas y programas de ingeniería en Colombia.

En este sentido, es importante considerar el aprendizaje humano tiene consecuencias sobre la enseñanza, y por tal motivo es necesario desarrollar estrategias para mejorar dicho aprendizaje. Por esta razón, se ha desarrollado un estudio en el que se utilizan dos modelos de aprendizaje, el primero de estos es en el que el aprendizaje se adquiere por la experiencia propuesto por Kolb, quien propone que los procesos de conocimiento se comprenden mejor mediante los ejemplos.

El segundo modelo se basa en la indagación (National Research Council, 2000) en el que se presenta el cuestionamiento, la observación, la experimentación y la construcción, en el que la organización ABET propone la enseñanza de la ingeniería por competencias. para facilitar el desempeño flexible y eficaz de los estudiantes.

El aprendizaje activo virtual o también conocido como aprendizaje multimedia, es un método que se ha utilizado en diversas áreas del conocimiento, así como en la medicina, lengua extranjera e incluso en la ingeniería, con el fin de lograr que los estudiantes complementen sus conocimientos de forma interactiva y dinámica, para que se fortalezca su estrategia de aprendizaje.

Específicamente en el área de la ingeniería, se desarrolló un trabajo de grado en la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia en el año 2013, que contempla “El desarrollo de un aplicativo web para relacionar el proceso constructivo con el diseño estructural, aplicado a un edificio en concreto reforzado” (Figura 1). En este proyecto se incluye información que demuestra una forma apropiada de la relación que existía entre el diseño estructural que concebía el ingeniero estructural a partir del cálculo y el análisis de los elementos con su correspondiente proceso constructivo o colocación en obra.

A partir de lo anterior, se desarrolló un aplicativo web que contiene diferentes temáticas que se aprendieron en la clase de diseño en concreto tales como: cimentación (superficial y profunda), columnas, vigas, muros, entrepisos, entre otros.

Figura 1.

Herramienta multimedia de la Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia.



Fuente: Suarez, 2018.

La herramienta fue evaluada por estudiantes de la misma universidad que se encontraban cursando la materia en su momento y los resultados obtenidos después de realizar el análisis de la herramienta fueron que el 53% de los estudiantes encuestados calificaron a esta página WEB como

muy buena, y el 26% como excelente (Suarez, 2018). Estos resultados comprobaron que la herramienta desarrollada en aquel trabajo de grado cumplió satisfactoriamente las expectativas de los estudiantes.

1.4.1.3. Regionales. En Pasto, Nariño, estudiantes de la Universidad de Nariño realizaron una investigación sobre el uso actual de los sistemas de gestión de aprendizaje (LMS) de sus siglas en inglés Learning Management System, en los programas académicos. Los estudiantes Cerón Miguel & Coral Luis (2016) afirman que: “Un LMS es un sistema de información que facilita el aprendizaje soportado en las TIC a través de la gestión de procesos de almacenamiento”. Teniendo en cuenta lo anterior, el uso de este tipo de sistemas se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada en la educación superior. Además, este tipo de plataformas logran consolidarse como sistemas de apoyo educativo en las Universidades, lo cual hace que su impacto, utilización y evolución no pasen desapercibidos.

En este sentido, según Cerón Miguel & Coral Luis (2016): “gracias al surgimiento de las Tecnologías de la información y la comunicación (TIC), es posible tener un acceso inmediato a la información siendo esto de vital importancia en la educación”, es decir, que el aprendizaje cotidiano busca ser complementado con la ayuda de plataformas de aprendizaje en línea, en las cuales se administra, distribuye, controla información y actividades de formación para los estudiantes, haciéndolas herramientas innovadoras en los procesos de la nueva educación.

1.4.2. Marco teórico

A continuación, se definen algunos términos empleados a lo largo de la investigación, tanto para la elaboración del aplicativo web como para el diseño de pórticos de concreto.

1.4.2.1. Aplicación web

1.4.2.1.1. Aprendizaje activo. Las páginas Web de interés educativo deberán desarrollarse desde un punto de vista didáctico, en base a criterios de calidad, teniendo en cuenta la información verídica y la actualización constante de la misma (Torres M. , 2017).

El aplicativo web se desarrolla teniendo en cuenta el aprendizaje de los estudiantes, de acuerdo al desarrollo de la interacción de los mismos de forma didáctica (Garay, 2020), con el fin de determinar su experiencia vivida en el entorno académico, a partir del uso de las aplicaciones en dispositivos móviles como estrategia de aprendizaje.

El aprendizaje se basa en la responsabilidad del estudiante por medio de un escenario diseñado por el profesor y la tecnología es un complemento para desarrollar nuevas maneras de aprendizaje, habilidades tales como búsqueda, evaluación y análisis, y el pensamiento crítico (Suarez, 2018). Para que esto pueda lograrse es fundamental que el profesor pueda diseñar un espacio que permita al estudiante aprender sin la presencia de este.

Uno de los objetivos de la enseñanza es facilitar el aprendizaje activo por lo que fue necesario tener claro el concepto, según un autor el aprendizaje activo "es el método que pretende alcanzar el desarrollo de las capacidades del pensamiento crítico y el pensamiento creativo" según lo explicado por Fernández, A. (siglo XXI). De este modo, el aprendizaje dependerá de las capacidades de cada uno de los estudiantes para comprender los diferentes temas, y corresponder a su forma de alimentación de aprendizaje.

Sin embargo, no es posible aprender por otra persona, sino cada persona tiene que aprender por sí misma de acuerdo a como indica Huber, G. (2008). De este modo, se puede afirmar que la enseñanza activa lleva al aprendizaje activo que es desarrollado por el individuo de acuerdo a sus capacidades de aprendizaje.

1.4.2.1.2. Aplicación web. Una aplicación web es un programa informático construido y diseñado para usarse exclusivamente dentro de un navegador web. Las aplicaciones web son populares debido a la facilidad para actualizar y mantenerlas, sin tener que distribuir e instalar software a miles de usuarios (Duque, 2015).

Una aplicación web es de fácil mantenimiento y actualización, y cuando se enfoca a la parte educativa permite realizar un mejor método de aprendizaje, ya que combina lo académico con

las nuevas tecnologías de comunicación, haciendo de estas aplicaciones que sean más llamativas e intuitivas para los estudiantes.

Los aplicativos webs permiten fácil interacción entre la interfaz y el usuario. En este caso, la aplicación web está encaminada a un proceso didáctico para el diseño de pórticos en base a la norma NSR-10, obteniendo de ella aspectos destacados para realizar los cálculos determinados.

1.4.2.1.3. Características y ventajas de las aplicaciones web. Los aplicativos webs son cada vez más frecuentes debido a su fácil acceso al amplio contenido educativo y algunas de sus características son:

- Ahorro de tiempo: se refiere a que no se necesita instalar aplicaciones adicionales en la computadora, y permite trabajar vía online.
- Información y datos online: se refiere al ingreso de información desde cualquier ubicación, únicamente se necesita estar conectado a una red de internet.
- Múltiples usuarios concurrentes: sin importar el número de usuarios que visiten la página se puede obtener acceso a la información.

1.4.2.1.4. Ambiente de desarrollo. Para la realización del aplicativo web se empleará el software Visual Studio Code (Figura 2) como ambiente de desarrollo, dada su facilidad y eficacia a la hora de desarrollar aplicaciones web.

Figura 2.

Logo de Visual Studio Code.



Fuente: Trakhtenberg, 2018.

Visual Studio Code (VS Code), es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft y es el más utilizado en la actualidad para el desarrollo de aplicaciones (Flores, 2022).

Visual Studio Code ha tenido una gran aceptación en el mundo, y de acuerdo a una encuesta realizada por Stack Overflow a más de 80 000 desarrolladores en mayo del 2021, es el entorno de desarrollo más usado y con mucha diferencia, un 71.06% como se muestra en la Figura 3.

Figura 3.

Ranking de Visual Studio Code



Fuente: Stack Overflow Developer Survey, 2021

1.4.2.1.5. Lenguaje de programación. Un lenguaje de programación es el conjunto de instrucciones a través del cual los humanos interactúan con las computadoras y permite comunicarse a través ella mediante algoritmos e instrucciones escritas en una sintaxis, de modo que la computadora entiende e interpreta en lenguaje de máquina (López, 2020).

Los lenguajes de programación permiten a las computadoras procesar de forma rápida y eficientemente grandes y complejas cantidades de información (López, 2020). Existen diversos lenguajes de programación utilizados, entre ellos, los más populares son Visual Basic, Go, Ruby, JavaScript, Java y Python, por mencionar algunos.

En este caso, se hará uso del lenguaje de programación **JavaScript**, el cual se trata un lenguaje de programación interpretado (un lenguaje de tipo script) que suele encontrarse vinculado a páginas web. Es un lenguaje orientado a objetos, básicamente utilizado para crear

páginas web dinámicas con el fin de proporcionar interfaces de usuario mejoradas (Duque, 2015). Un ejemplo del lenguaje JavaScript se muestra en la Figura 4.

Figura 4.

Ejemplo de lenguaje JavaScript

```
<SCRIPT LANGUAGE="Javascript">
function Saludo()
{
    alert("Hola mundo");
}
</SCRIPT>
```

Fuente: Arranz, 2007.

1.4.2.1.6. Editores de texto. Según el diccionario informático TechLib, un editor de texto es cualquier programa de procesamiento de texto que se puede usar para escribir y editar un texto.

Se trata de un programa informático que permite editar o crear archivos digitales compuestos únicamente por textos sin formato. Es decir, archivos que no contengan formato de texto específico y que son conocidos comúnmente como archivos de texto o texto plano (Serrano, 2022).

Los editores de texto son de gran utilidad en el área de la programación de sistemas, específicamente en el desarrollo y diseño de aplicaciones, dado que el código fuente de los programas está hecho en texto plano (Serrano, 2022). Un ejemplo de esto serían los lenguajes de codificación simples del tipo HTML, así como los scripts interpretados de algunos lenguajes como el de JavaScript empleados en el desarrollo web.

1.4.2.1.7. Editores de estilos. El Editor de estilos permite cambiar el color de las teclas y la apariencia de las etiquetas de texto, se trata de un programa para editar hojas de estilo que ofrece muchas ayudas al diseñador (Enriquez, s.f.).

Existen editores de estilo que se popularizaron como son los editores de CSS, aunque actualmente es normal es que se editen con el propio editor de código y que no se usen para nada este tipo de programas, aunque la mayoría de los editores de código tienen multitud de utilidades para la edición de CSS.

1.4.2.2. Pórticos de concreto reforzado

1.4.2.2.1. Concreto. El concreto es uno de los principales materiales compuestos empleado en la construcción y consiste en una mezcla de cemento (material conglomerante), agua, agregados clasificados en fino (arena) y grueso (grava o triturado) mediante un ensayo de granulometría; y aditivos (compuestos químicos que permiten mejorar las propiedades del concreto) (Figura 5).

Figura 5.

Materiales para la elaboración de mezclas de concreto.



Fuente: Ludeña, 2019.

1.4.2.2.2. Ventajas y desventajas del concreto. Según McCormac, J. C., & Brown (2017), algunas de las ventajas del concreto son:

- Posee una capacidad resistente a fuerza de compresión.
- Eficiencia mecánica de menor costo.
- Bajo mantenimiento.
- Posee resistencia al agua y fuego.
- Larga vida de servicio.

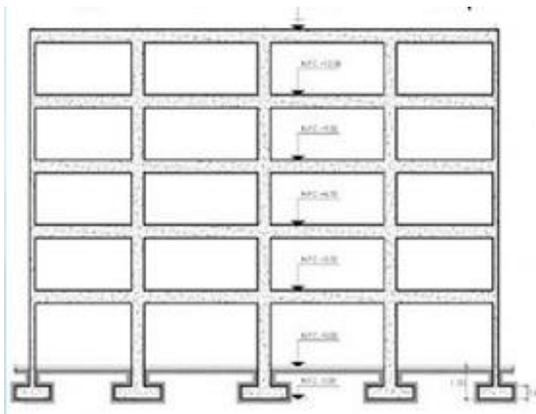
Algunas de las desventajas del concreto son:

- Posee baja resistencia a fuerzas de tensión
- Presenta una falla frágil, es decir que no es capaz de soportar mucha deformación.
- Es una estructura pesada cuando se trata de edificaciones de gran altura, con grandes luces y grandes dimensiones de vigas y losas, lo cual genera mayor costo en la construcción de la edificación.

1.4.2.2.3. Pórticos. Los pórticos o también llamados "marcos de portal" son generalmente estructuras de poca altura, que comprenden columnas y vigas horizontales o inclinadas, conectadas por conexiones resistentes a momento (Montajes, Ingeniería & Construcción S.A.S., 2018) (Figura 6).

Figura 6.

Pórtico.



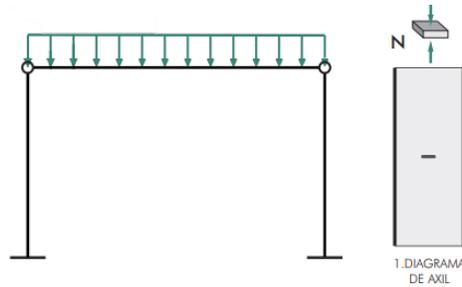
Fuente: Lanza, 2020.

Por consiguiente, un pórtico es un sistema estructural formado por vigas, las cuales se apoyan sobre los pilares o columnas transmitiéndoles la carga y en el que se consideran los siguientes aspectos:

- **Consideración 1.** Si la unión entre viga y columna es articulada, la viga sólo transmite a las columnas carga vertical, en este caso las columnas funcionan a compresión simple (sólo axial) (Figura 7).

Figura 7.

Consideración 1 para pórticos.

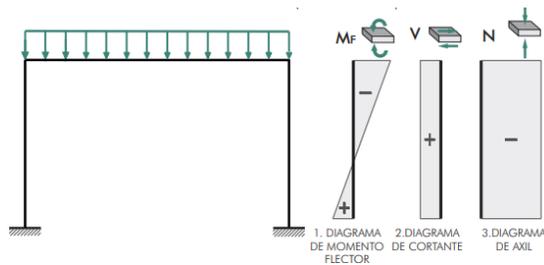


Fuente: Universidad de Sevilla

- **Consideración 2.** Si la unión entre viga y columna es rígida, la viga transmite a las columnas carga vertical + momento (y a menudo, también carga horizontal), en este caso la columna funciona a flexión compuesta (axial + flector) (
- Figura 8).

Figura 8.

Consideración 2 para pórticos.



Fuente: Universidad de Sevilla

1.4.2.2.4. Aspecto general de diseño. En el diseño se debe satisfacer que una estructura sea funcional y económica, con el fin de seleccionar los materiales apropiados y proporcionar todos los elementos estructurales que soporten las solicitaciones requeridas considerando parámetros mínimos de seguridad (Rochel Awad, 2007).

En ese caso se aplica el método del estado límite de resistencia, que también es conocido como método de resistencia última y se basa en el comportamiento de los elementos estructurales bajo cargas de falla.

1.4.2.2.5. Capacidad de disipación de energía. La disipación de la energía está relacionada directamente con la ductilidad, que es uno de los parámetros más importantes en el diseño y el desempeño sísmico (Prada, 2015).

1.4.2.2.6. Diseño de vigas. Una viga es un elemento arquitectónico rígido, generalmente horizontal, proyectado para soportar y transmitir las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo (Torres M. , 2014) (Figura 9).

Figura 9.

Viga simplemente apoyada.



Fuente: Cadena, 2017.

El diseño de vigas comprende dos acciones básicas:

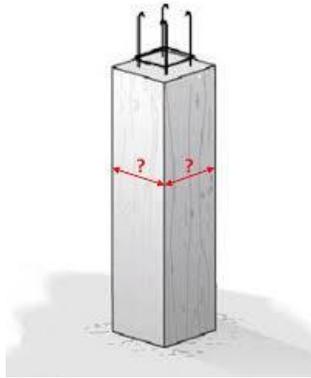
- El dimensionamiento de su sección. Este punto tiene que ver con la dimensión vertical que asegure las mínimas deflexiones consideradas en el elemento sujeto a cargas de servicio y la dimensión horizontal adecuada.

- La determinación del área de acero de refuerzo. El acero de refuerzo definirá la resistencia y el tipo de falla del mismo.

1.4.2.2.7. Diseño de columnas. Las columnas son los miembros verticales a compresión de los marcos estructurales, que sirven para apoyar a las vigas cargadas y transmiten las cargas de los pisos superiores hasta la planta baja y después al suelo, a través de la cimentación (Figura 10).

Figura 10.

Columna.



Fuente: Zapata, 2021.

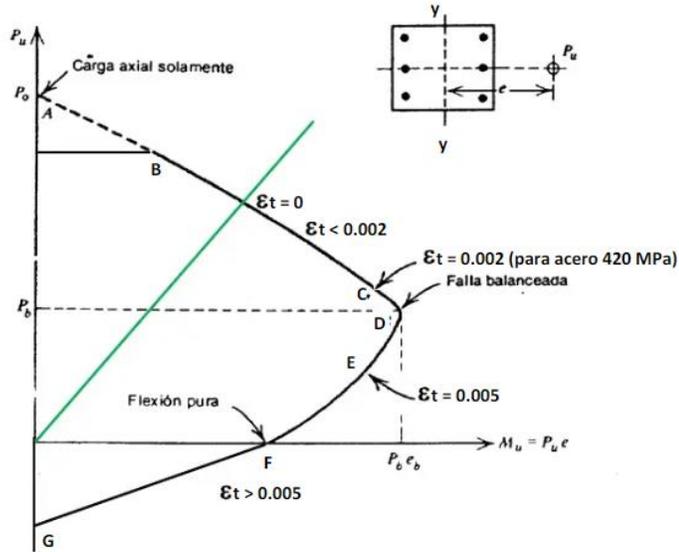
En este sentido, las columnas también soportan momentos flectores con respecto a uno o a los dos ejes de la sección transversal y esta acción puede producir fuerzas de tensión sobre una parte de la sección transversal. Así que, es importante realizar el diseño de columnas considerando diferentes condiciones de diseño, dentro del cual se pueden encontrar columnas de tipo cortas con carga axial, para el momento a la flexión con lo cual se hace la columna con momento aún más segura (Benites, 2011)

1.4.2.2.8. Diagrama de interacción. Es un gráfico que muestra todas las combinaciones posibles de carga P y momento flector M (alrededor de un determinado eje) que provocan la falla de la sección de una columna. Además, se trata de una curva que muestra las

resistencias a flexión (alrededor de un determinado eje) y carga axial combinadas de una sección de columna dada. (Ing. Rodríguez, C., 2019)

Figura 11.

Diagrama de interacción de una sección de columna.



Fuente: Ing. Rodríguez, C., 2019.

En la Figura 11, se muestran puntos denominados A, B, C, D, E, F y G, los cuales corresponden a:

- El punto A muestra la Carga Axial que provocaría la falla de la sección de la columna.
- El punto B es un límite seguro de carga axial que la norma establece para tomar en cuenta posibles excentricidades accidentales.
- Las combinaciones P-M que caigan sobre la curva desde A hasta C producirán falla controlada por compresión (falla frágil).
- El punto C delimita la falla a compresión y corresponde al caso en que la capa extrema del acero en tracción presente una deformación unitaria neta de 0.002.

- El punto D corresponde a la falla balanceada (la capa más alejada del acero en tracción alcanza la deformación de fluencia y el concreto en compresión alcanza el límite de deformación de 0.003).
- El punto E delimita el tipo de falla por tracción (falla dúctil).
- El punto F corresponde al comportamiento de viga (carga axial nula) y corresponde al momento que provoca la falla de la sección.
- El punto G muestra la máxima carga axial de tracción que puede soportar la sección (se considera que el concreto no aporta a la resistencia)
- Las combinaciones P-M que caigan sobre la curva desde E hasta G producirán falla controlada por tracción (la capa de acero más alejada de la fibra en compresión tendrá una deformación unitaria neta de 0.005 o superior).

1.4.3. Marco contextual

Algunas veces un aplicativo web no llega a cumplir con su función de alojar y difundir la información básica de un tema en específico, de forma que los usuarios naveguen de manera interactiva a través de él, mediante un servidor web en internet. Frecuentemente, se observan páginas estáticas que contienen información que no cambia hasta que el diseñador o programador la modifica manualmente, puesto que el esfuerzo que se requiere para actualizarlas es mayor, ya que se requiere reconstruir y recargar en el servidor toda la página (Universidad de Murcia, 2019), de modo que los usuarios no pueden tener un acceso a funciones especiales que pueda realizar el sitio con información actualizada.

De esta manera, la alternativa viable es elaborar páginas web didácticas, las cuales poseen mayor estética, son capaces de ofrecer un contenido personalizado a cada usuario y, además, son mucho más interactivas. Al crear una página web hay que tener en cuenta que los gustos y las necesidades de los usuarios van cambiando con el tiempo y actualmente, la estética de las webs tiene muy poco que ver con la que marcaba tendencia hace una década (Red autónomos, 2021). Desde el punto de vista de la programación, una web estática se basa en los elementos de HTML, mientras que una dinámica tiene un diseño más complejo y eso permite que su contenido pueda variar y adaptarse a cada usuario sin necesidad de que nadie esté aplicando esos cambios de forma manual.

Para crear con éxito una página web dinámica, se debe conocer un método para insertar automáticamente datos en tiempo real en el código HTML que se envía al navegador del cliente. Aquí es donde entran en juego los lenguajes de *script*, que permiten insertar código de programa dentro de una web, que genera dinámicamente HTML que el navegador del cliente.

La elaboración de una página dinámica consigue mayor interacción de los usuarios, debido al contenido organizado y al diseño que ha ido revolucionando con el paso del tiempo, con el fin de buscar mejorar la experiencia del usuario a todos los niveles (Red autónomos , 2021). Precisamente por eso, es una alternativa a tener en cuenta al momento de crear una web relacionada al diseño de pórticos de concreto, puesto que se facilita comprender y mejorar el aprendizaje de los estudiantes en el ámbito de la ingeniería civil de forma didáctica.

1.4.4. Marco legal

La normatividad que rige el desarrollo de este proyecto se enmarca fundamentalmente en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR- 10, el cual es aplicable para el diseño de pórticos de concreto. De él se tienen en cuenta los siguientes títulos:

1.4.4.1. Título A. Requisitos generales de diseño y construcción sismorresistente. Dentro de este título se considera el capítulo A.2 que hace referencia a las zonas de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño, el capítulo A.3 que habla de los requisitos generales del diseño sismorresistente enfocado a la configuración estructural de la edificación (A.3.3) y los métodos de análisis (A.3.4.) entre los que se encuentran:

- (a). Método de la fuerza horizontal equivalente, el cual está descrito en el Capítulo A.4
- (b). Métodos de análisis dinámico elástico, de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.5
- (c). Métodos de análisis dinámico inelástico, de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.5

1.4.4.2. Título B. Cargas. La NSR-10 dedica su título B a regular la forma como deben evaluarse las cargas a las cuales debe someterse una estructura.

De este título se tiene en cuenta:

- Combinaciones de carga (Capítulo B.2)
- Cargas muertas (Capítulo B.3)
- Cargas vivas (Capítulo B.4)
- Fuerza de viento (Capítulo B.6)

1.4.4.3. Título C. Concreto estructural. El Título C de la NSR-10 incluye en un sólo documento las reglas para todo concreto usado con propósitos estructurales, incluyendo tanto al concreto simple como el concreto reforzado y presforzado. De este título se tiene en cuenta:

- Materiales (Capítulo C.3)
- Análisis y diseño – consideraciones generales (Capítulo C.8)
- Requisitos de resistencia y funcionamiento (Capítulo C.9)
- Flexión y cargas axiales (Capítulo C.10)

1.4.4.4. Título J. Requisitos de protección contra incendios en edificaciones. El Título J establece dichos requisitos con base en: (a) Reducir en todo lo posible el riesgo de incendios en edificaciones y (b) evitar la propagación del fuego tanto dentro de las edificaciones como hacia estructuras aledañas.

De este título se tiene en cuenta:

- Alcance y objetivos (Capítulo J.1)
- Protección pasiva contra incendios (J.3)

1.5. Metodología

1.5.2. Campo de investigación

La propuesta de investigación se argumenta en el área de la Ingeniería y Tecnología, puesto que se trata de elaborar un aplicativo web para diseño de pórticos, correspondiente a la subárea de ingeniería civil que abarca la disciplina de las Estructuras de concreto.

1.5.3. Enfoque de investigación

Según el tipo de datos obtenidos, esta investigación tiene un *enfoque cuantitativo*, puesto que es un proceso deductivo, secuencial y probatorio, que pretende determinar los resultados para diseñar un pórtico de concreto a través de un aplicativo web llevándolos a un contexto real.

1.5.4. Tipo de investigación

El proyecto cumple con los aspectos de una *investigación analítica-evaluativa*, debido a que se trata de reorganizar e integrar partes de la norma NSR-10, para el diseño de pórticos de una manera más organizada y eficaz a través de la creación de un aplicativo web al que le realiza un sondeo para determinar su utilidad y funcionalidad.

1.5.5. Actividades a desarrollar por cada objetivo específico

Dentro de las actividades a desarrollar se especifican los pasos que se llevarán a cabo para desarrollar la investigación y cumplir con los objetivos específicos, lo cual inicia con la elaboración de algoritmos relacionados a los pórticos de concreto, continua con el diseño del aplicativo web y finaliza con la evaluación del mismo.

1.5.5.1. Elaboración de procedimientos y algoritmos de diseño. Para elaborar procedimientos y algoritmos de diseño para la creación del sitio web acerca de pórticos de concreto, se llevará a cabo los siguientes pasos:

1.5.5.1.1. Diseño de vigas. Dentro del diseño de vigas se considera el diseño a flexión y a cortante y el procedimiento para determinarlo se describe a continuación:

- **Diseño a flexión**
 - a) Determinar el refuerzo mínimo para las vigas.
 - b) Determinar la resistencia de las vigas con el acero suministrado.

- c) Verificar si sirve el refuerzo mínimo de las varillas elegido en el literal a.
- d) Determinar la resistencia nominal de la viga, que debe ser mayor a lo que se requiere o se solicita.

- **Diseño a cortante**

- a) Hallar la separación longitudinal s.
- b) Determinar cuánto resiste la viga a través del acero de refuerzo.
- c) Determinar la resistencia nominal de la viga, que debe ser mayor a lo que se requiere o se solicita.

1.5.5.1.2. Diseño de columnas. Dentro del diseño de vigas se considera el diseño a flexión-axial y a cortante; y el procedimiento para determinarlo se describe a continuación:

- **Diseño a flexo-axial**

- a) Determinar el refuerzo mínimo para las columnas
- b) Determinar la resistencia a compresión pura
- c) Determinar la resistencia a tensión pura
- d) Elaborar el diagrama de interacción

- **Diseño a cortante**

- a) Determinar el área total y el área confinada de la columna
- b) Determinar la separación de los estribos
- c) Determinar el refuerzo mínimo vertical y horizontal para las columnas
- d) Separación de estribos en la columna

1.5.5.2. Diseño del aplicativo web didáctico. Para diseñar un sitio web didáctico con procedimiento de diseño para pórticos a través de lenguaje de programación JavaScript, se llevará a cabo los siguientes pasos:

- Elección del diseño del sitio web.
- Creación de la estructura del sitio con HTML y CSS.

- Programación del sitio web con JavaScript para convertirlo en un aplicativo.

1.5.5.3. Evaluación de la utilidad y el funcionamiento del aplicativo web. Para evaluar la utilidad y funcionamiento de la aplicación web mediante un sondeo con diferentes usuarios cuya especialidad sea la ingeniería, se llevará a cabo los siguientes pasos:

- Elaborar una encuesta para que los usuarios califiquen la utilidad del aplicativo web.
- Elegir la población correspondiente a algunos estudiantes y docentes de ingeniería, además de empresarios constructores, para que hagan uso del aplicativo web.
- Enviar la encuesta a la población seleccionada para que realicen la evaluación del aplicativo web.
- Recibir los resultados.
- Analizar los resultados y sacar conclusiones sobre el funcionamiento del aplicativo web.

1.5.6. Diseño de la metodología

El proceso de la investigación se presenta en la Tabla 1, en donde se encuentra mencionado las metas, actividades, estrategias de trabajo y productos esperados, los cuales permitan el cumplimiento del objetivo general del proyecto.

Tabla 1.

Esquema metodológico de la investigación.

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN				
Desarrollo De Un Aplicativo Web Didáctico Sobre El Diseño De Pórticos De Concreto Según El Reglamento NSR-10				
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN				
Desarrollar un aplicativo web didáctico sobre diseño de pórticos en concreto según el reglamento NSR-10.				
ESQUEMA METODOLÓGICO				
Objetivos específicos	Meta	Estrategia de trabajo	Actividades	Productos esperados
Elaborar procedimientos y algoritmos de diseño para la creación del sitio web acerca de pórticos de concreto.	Obtener algoritmos para cálculo de pórticos a partir del reglamento NSR-10.	Desarrollar algoritmos mediante el uso de herramientas tecnológicas.	Realizar el algoritmo en herramientas tecnológicas a partir del reglamento NSR-10.	Algoritmo de programación con información relacionada a las estructuras de concreto.
Diseñar un sitio web didáctico con procedimiento de diseño para pórticos a través de lenguaje de programación JavaScript.	Obtener un diseño apropiado para el aplicativo web sobre pórticos de concreto a través de herramientas tecnológicas.	Desarrollar el aplicativo web mediante el lenguaje de programación JavaScript.	Realizar un aplicativo web a web a partir del lenguaje de programación JavaScript, con ayuda de herramientas tecnológicas.	Aplicativo web didáctico de diseño para pórticos de concretos.
Evaluar la utilidad y funcionamiento de la aplicación web mediante un sondeo con diferentes usuarios cuya especialidad sea la ingeniería.	Obtener un resultado de evaluación de la funcionalidad del aplicativo.	Desarrollar espacios donde se puedan desarrollar los sondeos para la evaluación del aplicativo web.	Realizar sondeos a la comunidad educativa de ingeniería civil y carreras afines.	Tablas de datos, gráficas de distribución que demuestren la efectividad del aplicativo web.

2. Presentación de resultados

En este capítulo, se presenta los resultados obtenidos al desarrollar y evaluar el Aplicativo Web didáctico sobre el diseño de Pórticos de Concreto. Este aplicativo ha sido diseñado para proporcionar una solución integral y eficiente en el diseño estructural de pórticos de concreto, permitiendo a estudiantes de ingeniería y profesionales del campo acceder a una herramienta de fácil uso.

En este sentido, se analizará la funcionalidad y utilidad del aplicativo, a través de un sondeo realizado con diferentes usuarios cuya especialidad sea la ingeniería. Los resultados presentados buscan resaltar esta herramienta en la ingeniería estructural, ofreciendo una visión detallada de cómo puede facilitar y agilizar el aprendizaje sobre el proceso de diseño de pórticos de concreto.

2.1 Procesamiento de la información

2.1.1. Algoritmos de diseño para el aplicativo web sobre pórticos de concreto

Los algoritmos se basan en la especificación de la secuencia de operaciones a realizar, de forma organizada, es decir que, indican el orden de realización de cada paso, para resolver un problema. En este caso, se trata de la información que será suministrada a los usuarios sobre pórticos de concreto, para lo cual se tiene en cuenta el diseño de vigas y columnas.

El diseño del aplicativo web sobre pórticos de concreto requiere de un proceso estructurado que permita identificar los datos que debe ingresar el usuario, los cuales son los requisitos iniciales para que a través del código propuesto en JavaScript se ejecuten los cálculos necesarios para diseñar las vigas a flexión y cortante; y las columnas a flexo-axial y cortante.

En este sentido, se presenta el procedimiento para facilitar el proceso de diseño de un pórtico a través de esquemas y flujogramas que serán necesarios para conocer los algoritmos suficientes para la elaboración del aplicativo web.

2.1.1.1. Elaboración de secuencia de procedimientos. En la Figura 12 y Figura 13 se presenta una secuencia de pasos generales que podrían ser útiles para el diseño de pórticos de concreto:

Figura 12.

Procedimiento para el diseño de vigas.

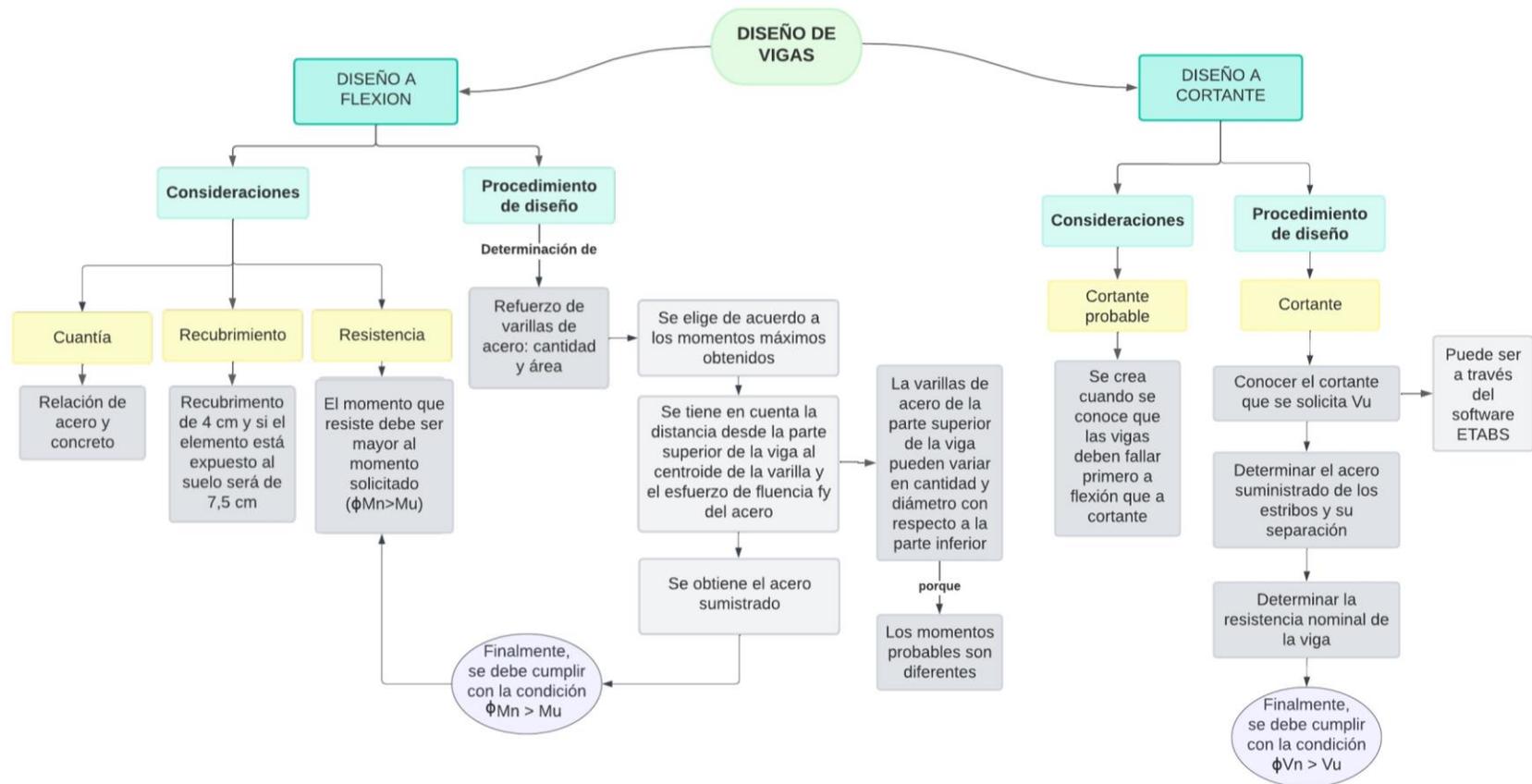
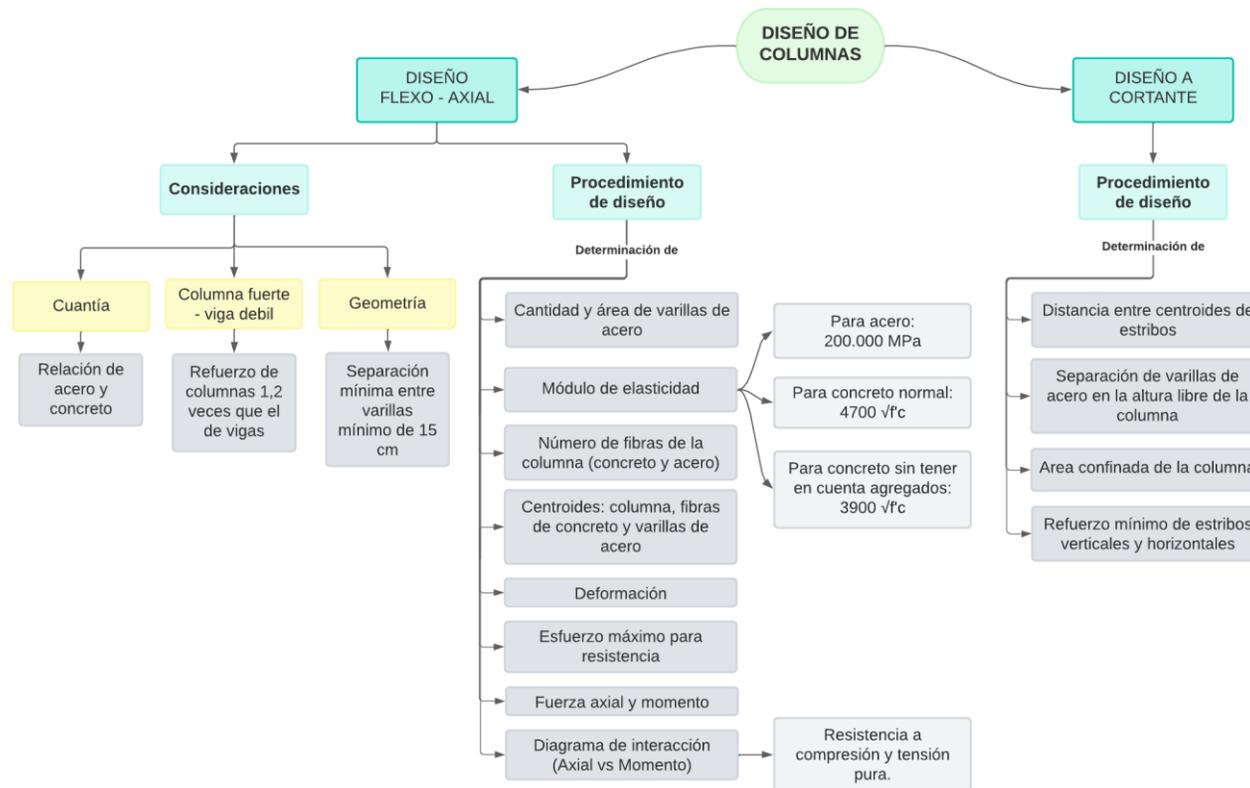


Figura 13.

Procedimiento para el diseño de columnas.



2.1.1.2. Creación de esquema de flujogramas para el diseño de pórtico. A continuación, se presentan esquemas de flujograma para el diseño de un pórtico de concreto, específicamente, en la Figura 14 se muestra el algoritmo del diseño de vigas a flexión, en la Figura 15 se muestra el algoritmo del diseño de vigas a cortante, en la Figura 16 se muestra el algoritmo del diseño de columnas a flexo-axial y, por último, en la Figura 17 se muestra el algoritmo del diseño de columnas a cortante:

Figura 14.

Algoritmo de diseño de vigas a flexión.

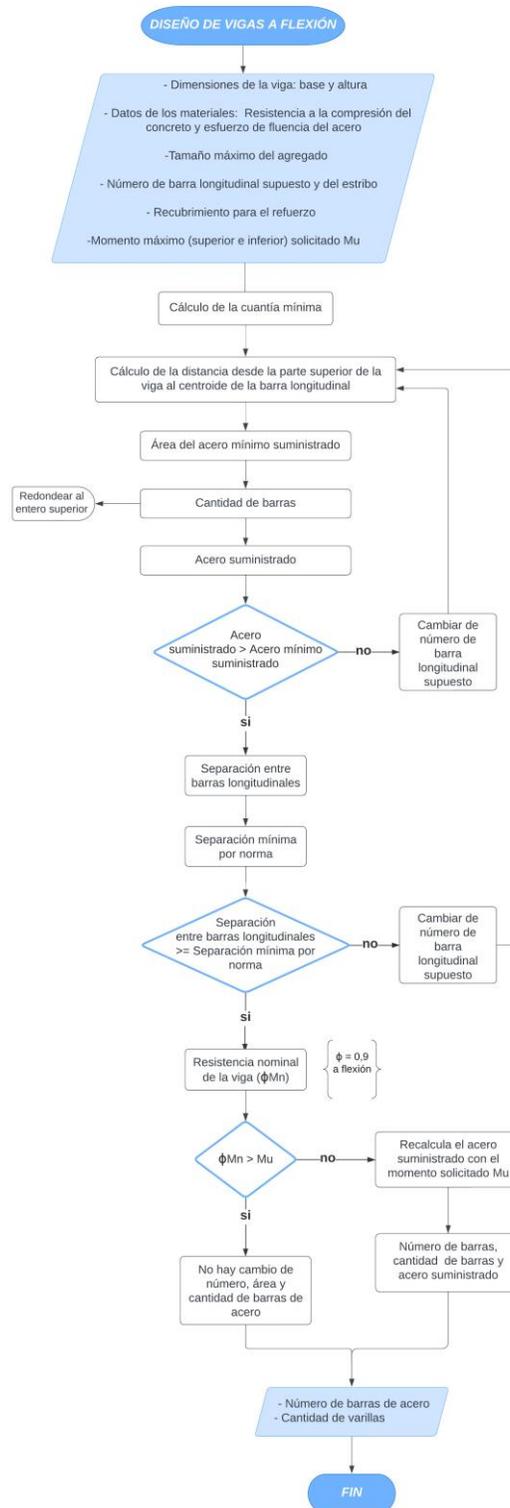


Figura 15.

Algoritmo de diseño de vigas a cortante.

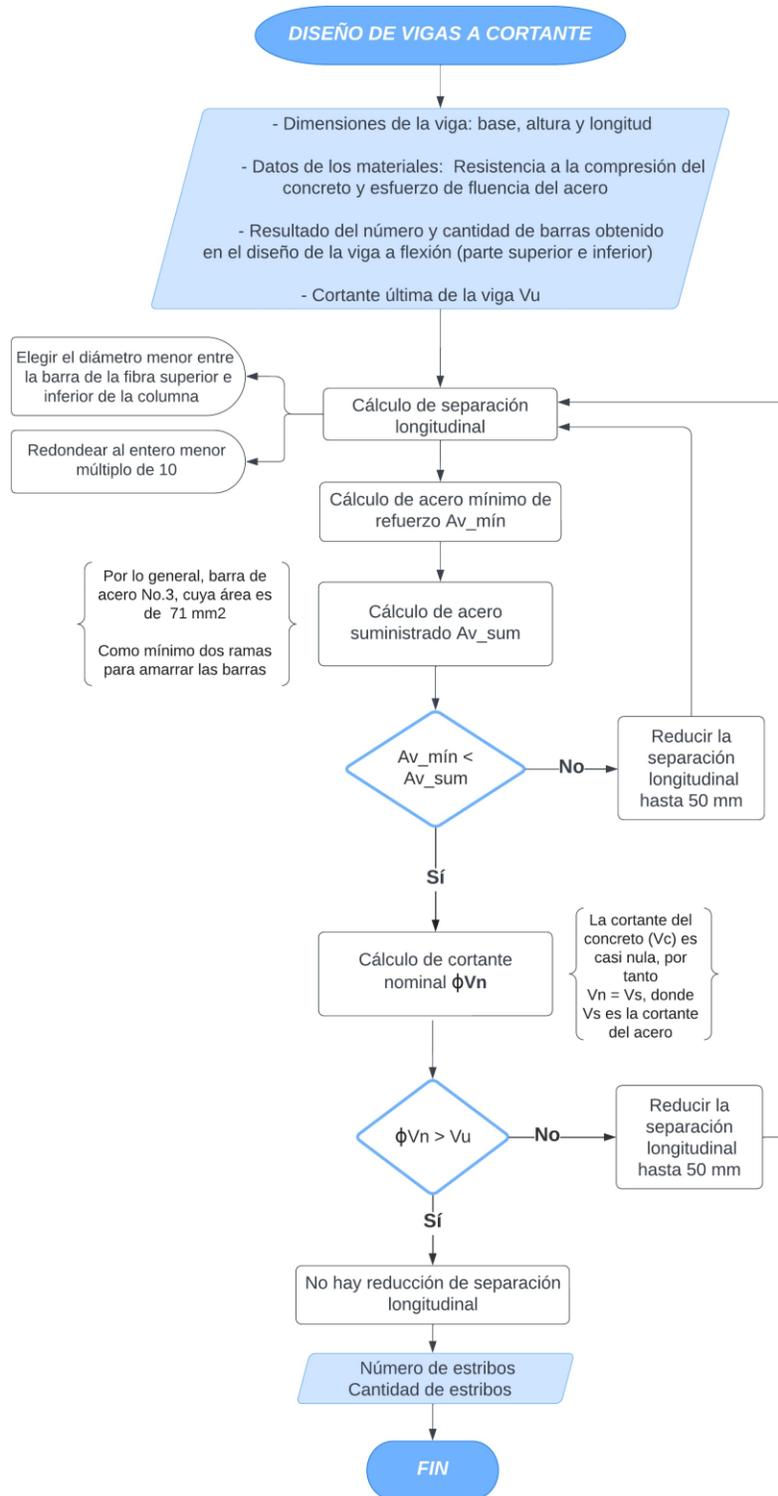


Figura 16.

Algoritmo de diseño de columnas a flexo-axial.

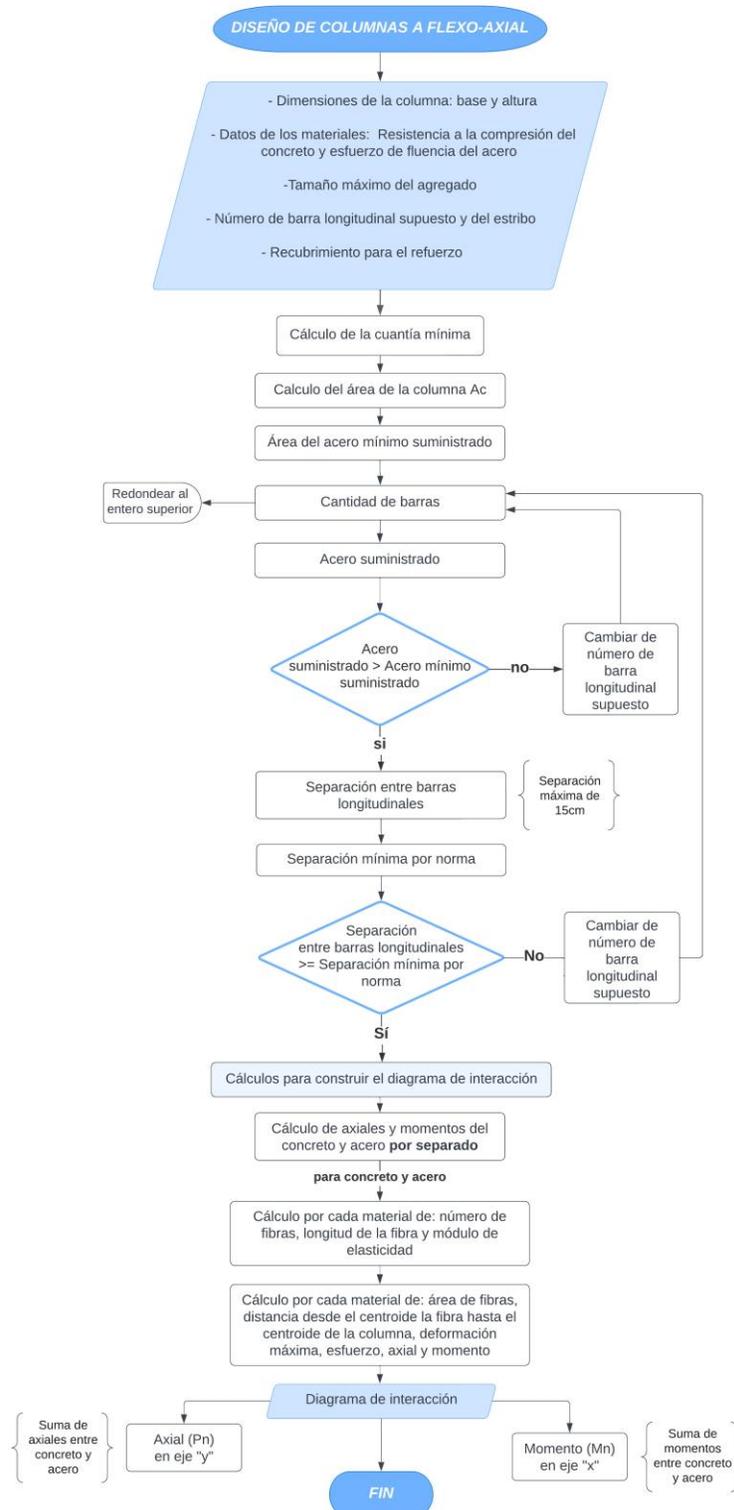
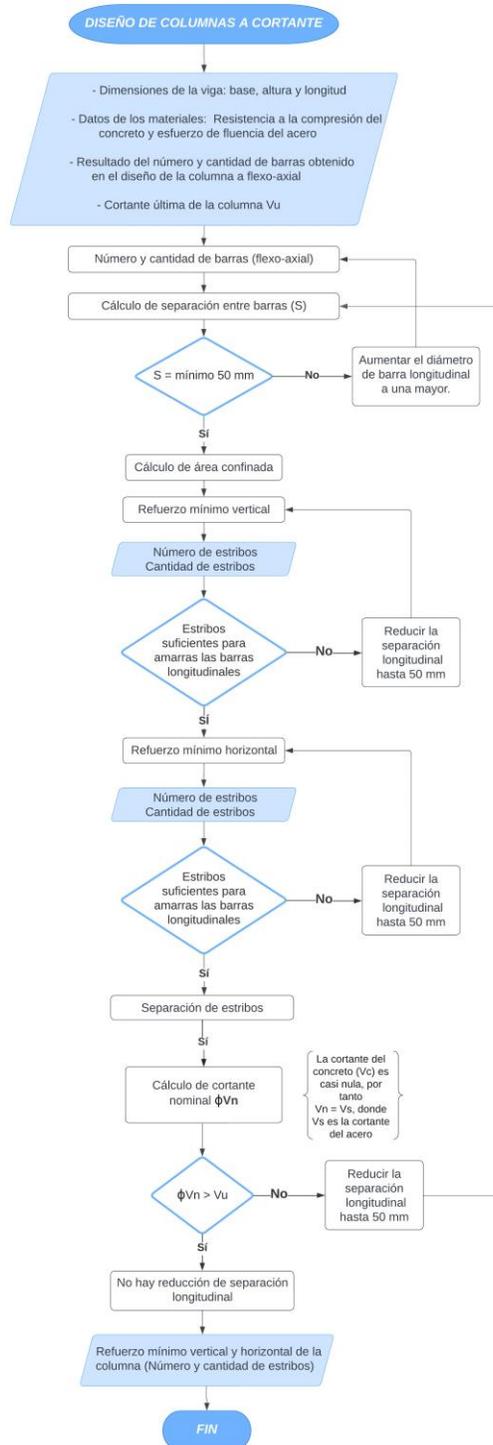


Figura 17.

Algoritmo de diseño de columnas a cortante.



2.1.2. Diseño del aplicativo web para pórticos de concreto

Para lograr desarrollar el aplicativo web para pórticos se utilizó el lenguaje de etiquetas de hipertexto HTML, lenguaje de estilos CSS y lenguaje de programación JavaScript.

El primer paso para diseñar el aplicativo web se basó en definir los algoritmos que en este caso se basan en el diseño de pórticos de concreto, los cuales ayudarán a guiar el proceso de diseño y desarrollo del aplicativo, y garantizarán que el resultado final satisfaga las necesidades del usuario. Una vez definido el algoritmo, se comienza a diseñar la interfaz de usuario utilizando HTML y CSS, para lo cual se ha empleado un enfoque modular obteniendo como resultado el diseño y creación de las páginas.

Además, se utilizó JavaScript para agregar interactividad a la interfaz de usuario. El código en JavaScript se crea a partir de los algoritmos diseñados en esquemas y flujogramas correspondientes al diseño de vigas y columnas de un pórtico, de este modo, el usuario será el encargado de ingresar algunos datos necesarios para que, de manera interna, el software realice los cálculos y se obtenga como resultado el diseño de las partes por las que está compuesto el pórtico: vigas y columnas.

En relación a lo anterior, para que el usuario pueda diseñar un pórtico se ha creado un manual de usuario con el propósito de facilitar el uso y aprendizaje dentro del aplicativo web:

2.1.2.1. Manual de usuario para diseñar pórticos de concreto en el aplicativo web. Este manual ha sido creado con el propósito de brindar una guía detallada y fácil de seguir para utilizar el aplicativo web como herramienta de diseño de pórticos de concreto según el reglamento colombiano NSR-10.

A lo largo de este manual, se guiará al usuario a través de los diferentes pasos necesarios para diseñar una estructura de pórtico de concreto utilizando el aplicativo web creado, desde la parte de información detallada hasta la interactividad correspondiente a los cálculos, lo cual involucra la selección de unos datos iniciales para obtener el resultado de diseño.

A. Inicio del aplicativo web

En la parte inicial del aplicativo web se encuentra el botón “Inicio” (Figura 18), haciendo clic en él se da la bienvenida al usuario.

Al desplazarse hacia abajo, se encuentra el botón “Leer más” (Figura 19), haciendo clic en él se puede acceder a la descripción del contenido del aplicativo web, con el fin de que el usuario tenga conocimiento sobre la navegación dentro del sitio y de este modo, lograr diseñar un pórtico de concreto.

Además, en la misma sección del aplicativo se puede acceder a la información principal de otras páginas como “Introducción”, “Normas” y “Cálculos”, dando clic al lado derecho del recuadro principal para pasar a la siguiente sección o clic izquierdo para regresar a la anterior sección (Figura 20). De igual forma, si el usuario permanece en el inicio de la página sin ejecutar algún desplazamiento, la información principal descrita para introducción, normas y cálculos, cambia por sí sola en un determinado tiempo como un “carrusel”.

Y, al igual que en la bienvenida al usuario, se da clic en el botón “leer más” (Figura 21) para acceder a la información completa de la respectiva sección.

Figura 18.

Botón "Inicio" del aplicativo web.

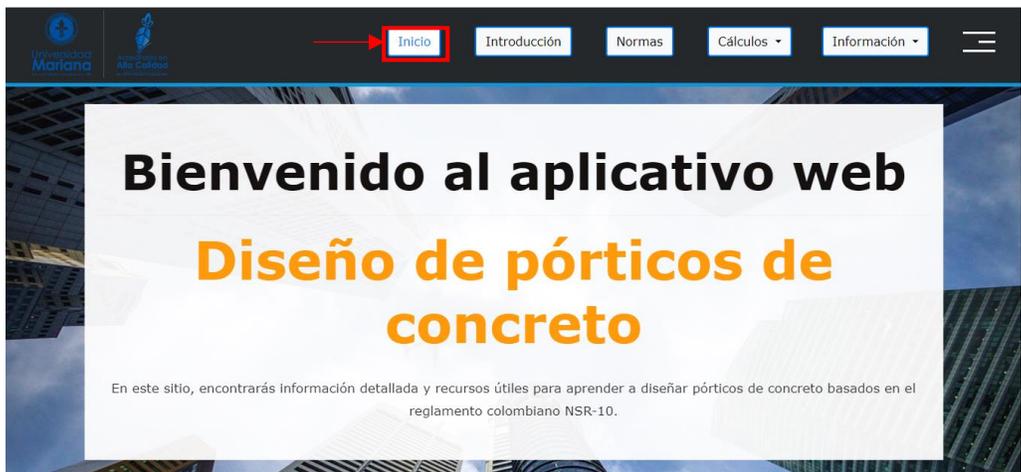


Figura 19.

Botón "Leer Más" del inicio del aplicativo web.

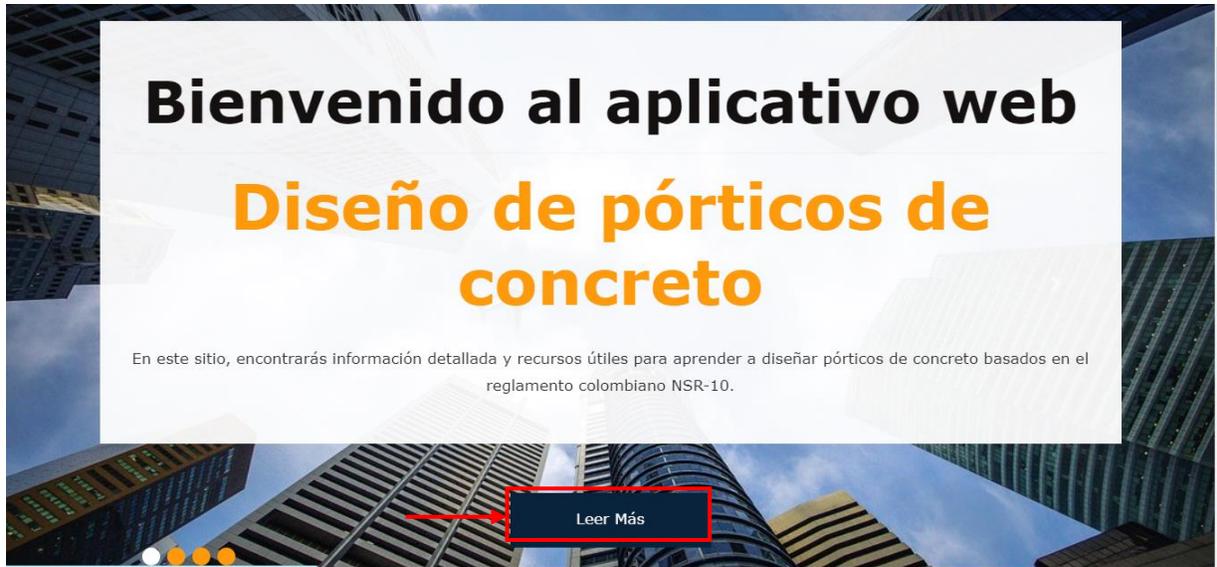


Figura 20.

Carrusel de las páginas del aplicativo web.

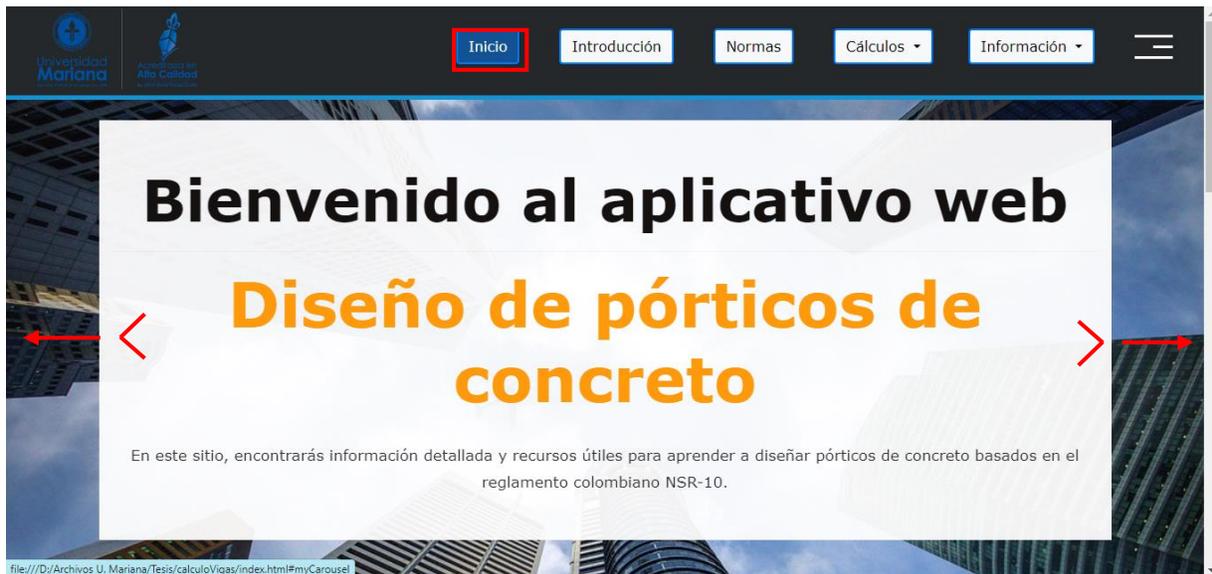
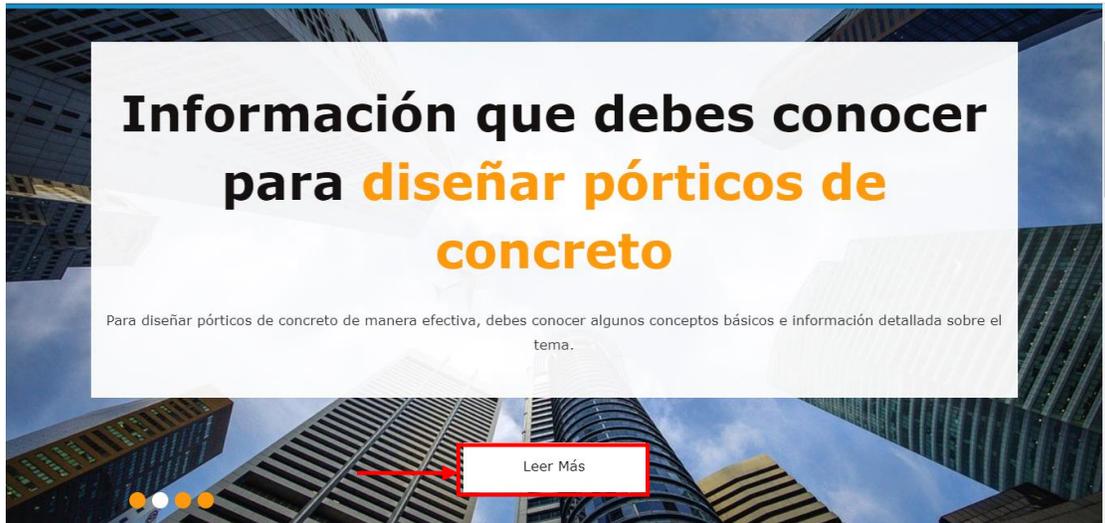


Figura 21.

Botón "Leer Más" de cada sección del aplicativo web.



B. Introducción

El botón de "Introducción" se encuentra en la parte superior del aplicativo (Figura 22). Al dar clic en él se conocen algunos conceptos básicos que serán útiles para diseñar pórticos de concreto.

Figura 22.

Botón "Introducción" del aplicativo web.



C. Normas

Al dar clic en el botón “Normas” (Figura 23) se conoce información sobre la norma colombiana NSR-10, la cual será el reglamento base para diseñar un pórtico de concreto en el aplicativo web.

En la misma sección de normas, se da acceso a un sitio web para conocer *el decreto 092 del 2011*, el cual aprueba una modificación sobre los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismorresistentes NSR-10 (Figura 24).

Al desplazarse hacia abajo, se puede encontrar algunos títulos de la Norma NSR-10 (Figura 25), los cuales son requeridos para el diseño de pórticos de concreto, en este caso, se tiene acceso a los 4 títulos diferentes de la norma.

Figura 23.

Botón "Normas" del aplicativo web



Figura 24.

Enlace para el Decreto 092 del 2011



Figura 25.

Títulos de la norma NSR-10 requeridos para el diseño de pórticos de concreto.



D. Cálculos

En la parte superior del aplicativo, al dar clic en el botón “Cálculos” (Figura 26) se despliegan los botones de “Diseño de vigas” y “Diseño de columnas” para acceder de forma directa a los cálculos respectivos.

Figura 26.

Botón "Cálculos" del aplicativo web.



a) Cálculos sobre el diseño de vigas en el aplicativo web

Para diseñar las vigas a flexión ó cortante, se selecciona el botón “Diseño de Vigas” (Figura 27), que se despliega después de dar clic en el botón de “Cálculos”.

Figura 27.

Botón "Diseño de Vigas" del aplicativo web.



a. Diseño de vigas a flexión

Inicialmente, para el diseño de vigas a flexión, se deben ingresar algunos datos de entrada por parte del usuario, por ejemplo, los valores de base y altura de la viga teniendo en cuenta las unidades indicadas (Figura 28). En esta parte, se debe considerar que dichos valores deben ser mayores o iguales a 200 mm, teniendo en cuenta la norma NSR-10.

También, se debe ingresar la resistencia de compresión del concreto. Para ello, se puede seleccionar en el menú desplegable un f'_c recomendado de 21 o 28 Mpa, o de lo contrario existe un campo habilitado para que el usuario pueda ingresar el valor deseado (Figura 29). Es importante tener en cuenta que, si el usuario selecciona la resistencia en el menú desplegable, este valor se escribe de forma automática en el campo habilitado, es decir que los cálculos se realizan con el contenido del campo adicional.

Y, en un siguiente campo, se puede observar el esfuerzo de fluencia del acero recomendado como 420 Mpa (Figura 30).

Además, se debe ingresar el tamaño máximo del agregado, teniendo en cuenta que debe ser un valor mayor o igual a 10 mm (Figura 31).

Figura 28.

Datos de entrada vigas: dimensiones de la viga.

DISEÑO DE VIGAS

Diseño a Flexión

Para diseñar una viga, ingresa los siguientes datos: Dimensiones de la Viga

* Base (mm)

Ingrese un número mayor o igual a 200

* Altura (mm)

Ingrese un número mayor o igual a 200

Dimensiones base y altura de una viga



Por norma:
b= 25cm ó 0,3h

NOTA: Tenga en cuenta que para un sistema de capacidad de disipación especial (DES) empleado para una zona de amenaza sísmica alta, la base de la viga debe ser: $b=25\text{cm} \text{ ó } 0.3 \cdot h$

Figura 29.

Dato de entrada vigas: Resistencia a la compresión del concreto.

Seleccione Datos de los materiales

Resistencia a la compresión del concreto (f'_c) MPa

21
21
28

21

Campo adicional

Campo desplegable

Si desea ingresar otro valor de resistencia, escríbalo en el campo adicional

Esfuerzo de fluencia del acero (f_y) MPa

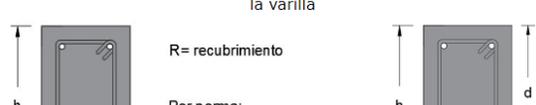
Tamaño máximo agregado (mm)

Seleccione Datos para la cuantía mínima

Recubrimiento (mm)

Número de varilla longitudinal

Recubrimiento y Distancia desde la parte superior de la viga al centroide de la varilla



R= recubrimiento
Por norma:

Diámetro de la varilla (mm)

Área de la varilla (mm^2)

Figura 30.

Dato de entrada vigas: Esfuerzo de fluencia del acero.

Seleccione Datos de los materiales

Resistencia a la compresión del concreto (f'_c) MPa: 21

Esfuerzo de fluencia del acero (f_y) MPa: 420

Tamaño máximo agregado (mm):

Si desea ingresar otro valor de resistencia, escríbalo en el campo adicional

Seleccione Datos para la cuantía mínima

Recubrimiento (mm): 40

Número de varilla longitudinal: No. 2

Recubrimiento y Distancia desde la parte superior de la viga al centroide de la varilla

Diámetro de la varilla (mm): 6.4

Área de la varilla (mm^2): 32

R= recubrimiento

h, b, d

Figura 31.

Dato de entrada vigas: Tamaño máximo del agregado.

Seleccione Datos de los materiales

Resistencia a la compresión del concreto (f'_c) MPa: 21

Esfuerzo de fluencia del acero (f_y) MPa: 420

Tamaño máximo agregado (mm):

Si desea ingresar otro valor de resistencia, escríbalo en el campo adicional

Selección de Datos para la cuantía mínima

Recubrimiento (mm): 40

Número de varilla longitudinal: No. 2

Recubrimiento y Distancia desde la parte superior de la viga al centroide de la varilla

Diámetro de la varilla (mm): 6.4

Área de la varilla (mm^2): 32

Número Varilla de Estribo: No. 3

Diámetro Varilla estribo (mm): 9.5

R= recubrimiento

Por noma: Mínimo dos varillas

h, b, d

Luego, se debe seleccionar el recubrimiento en el menú desplegable (Figura 32), teniendo en cuenta los valores recomendados correspondientes a 40 mm y 75 mm (expuesto al suelo).

Después de seleccionar el recubrimiento, se supone una varilla inicial en el menú desplegable (del No.2 al No.8) de acuerdo al criterio del diseñador, para lo cual se indica una tabla que contiene

los datos necesarios de una varilla con el fin de que el usuario elija la deseada, y de este modo, automáticamente se muestra el diámetro y el área de la varilla seleccionada (Figura 33).

Figura 32.

Dato de entrada vigas: Recubrimiento de la viga.

Seleccione Datos para la cuantía mínima

Recubrimiento (mm) →

Diámetro de la varilla (mm)

Número Varilla de Estribo

Número de varilla longitudinal

Área de la varilla (mm²)

Diámetro Varilla estribo (mm)

Recubrimiento y Distancia desde la parte superior de la viga al centroide de la varilla

TABLA 1: Dimensiones de la varilla de acuerdo al Número

Número de Varilla	Diámetro (pulgadas)	Diámetro (mm)	Área (mm ²)
No. 2	1/4"	6.4	32
No. 3	3/8"	9.5	71
No. 4	1/2"	12.7	129
No. 5	5/8"	15.9	199
No. 6	3/4"	19.1	284
No. 7	7/8"	22.2	387
No. 8	1"	25.4	510

Figura 33.

Número, área y diámetro de varilla supuesta para vigas.

Seleccione Datos para la cuantía mínima

Recubrimiento (mm)

Diámetro de la varilla (mm)

Número Varilla de Estribo

Número de varilla longitudinal →

Área de la varilla (mm²)

Diámetro Varilla estribo (mm)

Recubrimiento y Distancia desde la parte superior de la viga al centroide de la varilla

TABLA 1: Dimensiones de la varilla de acuerdo al Número

Número de Varilla	Diámetro (pulgadas)	Diámetro (mm)	Área (mm ²)
No. 2	1/4"	6.4	32
No. 3	3/8"	9.5	71
No. 4	1/2"	12.7	129
No. 5	5/8"	15.9	199
No. 6	3/4"	19.1	284
No. 7	7/8"	22.2	387
No. 8	1"	25.4	510

De la misma forma, se selecciona el número de la varilla del estribo en el menú desplegable (del No.3 al No.8) de acuerdo a la norma NSR-10 y al criterio del diseñador y aparecerá de forma automática el valor del diámetro de la misma (Figura 34).

Figura 34.

Número y diámetro del estribo de la viga.

Seleccione Datos para la cuantía mínima

Recubrimiento (mm)

Diámetro de la varilla (mm)

Número Varilla de Estribo

Número de varilla longitudinal

Área de la varilla (mm²)

Diámetro Varilla estribo (mm)

Recubrimiento y Distancia desde la parte superior de la viga al centroide de la varilla

TABLA 1: Dimensiones de la varilla de acuerdo al Número

Número de Varilla	Diámetro (pulgadas)	Diámetro (mm)	Área (mm ²)
No. 2	1/4"	6.4	32
No. 3	3/8"	9.5	71
No. 4	1/2"	12.7	129
No. 5	5/8"	15.9	199
No. 6	3/4"	19.1	284
No. 7	7/8"	22.2	387
No. 8	1"	25.4	510

Una vez ingresados todos los datos de entrada y desplazándose hacia abajo, se encuentra el botón “Calcular” para obtener los resultados del diseño de vigas a flexión o si se quiere eliminar todos los datos ingresados, se da clic en el botón “Limpiar” (Figura 35).

Si el usuario da clic en el botón “Calcular” se obtienen datos de la viga a flexión, para ello se debe tener en cuenta las notas y recomendaciones dadas, como por ejemplo el número de varillas recomendado o el chequeo de separación (Figura 36). Es importante considerar que, si el diseño no cumple con la separación mínima por norma se debe cambiar la varilla supuesta a la recomendada o a otra deseada y nuevamente se da clic en el botón “Calcular”.

Figura 35.

Botones "Calcular" y "Limpiar" para el diseño de vigas a flexión.

Diámetro de la varilla (mm)

Número Varilla de Estribo

Área de la varilla (mm²)

Diámetro Varilla estribo (mm)

R= recubrimiento

Por norma:
Mínimo dos varillas

TABLA 1: Dimensiones de la varilla de acuerdo al Número

Número de Varilla	Diámetro (pulgadas)	Diámetro (mm)	Área (mm ²)
No. 2	1/4"	6.4	32
No. 3	3/8"	9.5	71
No. 4	1/2"	12.7	129
No. 5	5/8"	15.9	199
No. 6	3/4"	19.1	284
No. 7	7/8"	22.2	387
No. 8	1"	25.4	510

**Seleccione el número de la varilla supuesto teniendo en cuenta los valores de la TABLA 1

Calcular
Limpiar

Figura 36.

Recomendación del número de varilla con menor desperdicio para la viga.

Calcular
Limpiar

Se recomienda utilizar la varilla No. 4 ya que se obtiene un menor exceso de 17.82%

NOTA: Elija como varilla supuesta aquella que tenga un menor porcentaje de exceso o desperdicio de acero, pero que cumpla con la separación mínima

Valores calculados			Tener en cuenta la tabla de convenciones	
Dato	Valor	Unidades	Variable	Descripción
Pmin	0.0033		Pmin	Cuantía mínima
d	397.30	mm	d	Distancia desde la parte superior o inferior de la viga hasta el centroide de la varilla
ASMin	331.08	mm ²	ASMin	Área del acero mínimo
Cantidad de Varillas	11	und	ASMin suministrado	Acero mínimo suministrado
No. Varilla	No. 2	-	Exceso de As	Exceso de acero
ASMin suministrado	352	mm ²	Mn	Resistencia Nominal
Exceso de As	6.32	%	Mu	Resistencia Última
Separación entre varillas	8.06	mm		
Separación mínima	33.25	mm		
Resistencia Nominal	50.66	kN - m		

No cumple

 la condición: separacion entre varillas=8.06mm <= separacion minima=33.25mm

Una vez cumplido el requisito de separación mínima se procede a escribir el momento último tanto para la fibra superior o inferior de la viga (Figura 37) y se da clic en el botón "Calcular", esto

con el fin de realizar el chequeo de que el momento resistente (con la varilla supuesta) debe ser mayor al momento solicitado (ingresado) ($\phi M_n > M_u$).

Al dar clic en el botón “Calcular” se realiza el chequeo mencionado anteriormente y si esto cumple (check verde) significa que la cantidad de barras inicial calculada con el número de varilla supuesto funciona para diseñar la viga a flexión (Figura 38). De esta manera, el diseño a flexión sería el mismo que se supuso en un inicio (Figura 39), pero si el chequeo de resistencia no cumple, se indica que “no cumple” en letras rojas (Figura 40).

En caso de que el chequeo por resistencia no cumpla, el aplicativo web recomienda una cantidad de varillas diferente *con la misma varilla supuesta elegida inicialmente* y con ello se indica el porcentaje de exceso y se determina si se cumple o no la separación mínima, lo cual se conoce al observar el texto resaltado de color verde o rojo, respectivamente (Figura 41).

Y, si con lo recomendado, no cumple la separación mínima, el usuario debe cambiar a otro número de varilla en el cuadro que se despliega posteriormente (Figura 42). En este momento, se puede probar distintos números de varillas con el fin de seleccionar la que “Sí cumple” en separación, de acuerdo a las necesidades del usuario teniendo en cuenta un menor exceso o desperdicio de material. Entonces, al seleccionar el número de varilla, se obtiene el diseño a flexión correcto.

Figura 37.

Resistencia de la viga.

Figura 38.

Chequeo de resistencia de la viga.

Resistencia de la viga (ϕM_n)

NOTA: Tenga en cuenta que se debe cumplir que el momento que resiste (ϕM_n) debe ser mayor al momento que se solicita (M_u)
 $\phi M_n > M_u$ (NSR-10. C.14-3)

Acero suministrado por
cuantía mínima

387 mm²

Resistencia Nominal por
cuantía mínima

47.68 kN - m

Ingrese el momento máximo que se solicita (M_u) para la fibra superior e inferior de la viga

Mu máximo fibra superior (kN - m)

40

Mu máximo fibra inferior (kN - m)

42

Calcular

Chequeo de resistencia por cuantía mínima

$\phi M_n > M_u$

✔ Para la fibra superior de la viga si se cumple que $\phi M_n > M_u$

✔ Para la fibra inferior de la viga si se cumple que $\phi M_n > M_u$

Figura 39.

Diseño a flexión de vigas con el número de varilla supuesta.

Diseño a flexión recomendado

Datos recomendados parte superior de la viga

Dato	Valor	Unidades
d	394.15	mm
AsMin	328.46	mm ²
Cantidad de Varillas	3	und
No. Varilla	No. 4	-
As suministrado	387	mm ²
Exceso de As	17.82	%
Separación entre varillas	56.45	mm
Separación mínima	33.25	mm
Resistencia Nominal	54.99	kN - m

Para este caso, en la parte superior de la viga si se cumple con la separación mínima entre varillas.

No. Varilla No. 2 Calcular

Datos recomendados parte inferior de la viga

Dato	Valor	Unidades
d	394.15	mm
AsMin	328.46	mm ²
Cantidad de Varillas	3	und
No. Varilla	No. 4	-
As suministrado	387	mm ²
Exceso de As	17.82	%
Separación entre varillas	56.45	mm
Separación mínima	33.25	mm
Resistencia Nominal	54.99	kN - m

Para este caso, en la parte inferior de la viga si se cumple con la separación mínima entre varillas.

No. Varilla No. 2 Calcular

Figura 40.

Caso en el que el chequeo de resistencia para vigas no cumple.

NOTA: Tenga en cuenta que se debe cumplir que el momento que resiste (ϕM_n) debe ser mayor al momento que se solicita (M_u)
 $\phi M_n > M_u$ (NSR-10. C.14-3)

Acero suministrado por cuantía mínima: 387 mm² Resistencia Nominal por cuantía mínima: 47.68 kN - m

Ingrese el momento máximo que se solicita (M_u) para la fibra superior e inferior de la viga

Mu máximo fibra superior (kN - m): 87 Mu máximo fibra inferior (kN - m): 67

Calcular

Chequeo de resistencia por cuantía mínima

$\phi M_n > M_u$

✘ Para la fibra superior de la viga **no se cumple** que $\phi M_n > M_u$, por lo tanto, la cantidad de varillas longitudinales obtenidas con el número de varilla supuesta anteriormente **no es la correcta.**

✘ Para la fibra inferior de la viga **no se cumple** que $\phi M_n > M_u$, por lo tanto, la cantidad de varillas longitudinales obtenidas con el número de varilla supuesta anteriormente **no es la correcta.**

Figura 41.

Diseño a flexión recomendado con la varilla supuesta.

Diseño a flexión recomendado

Datos recomendados fibra superior

Dato	Valor	Unidades
d	342.55	mm
AsMin	749.35	mm ²
Cantidad de Varillas	4	und
No. Varilla	No. 5	-
As suministrado	796	mm ²
Exceso de As	6.22	%
Separación entre varillas	29.13	mm
Separación mínima	33.25	mm
Resistencia Nominal	91.80	kN - m

Para este caso, en la fibra superior de la viga **no se cumple** con la separación mínima entre varillas, por lo tanto, para esta parte suponga otro número de varilla.

No. Varilla: Calcular

Datos recomendados fibra inferior

Dato	Valor	Unidades
d	342.55	mm
AsMin	560.64	mm ²
Cantidad de Varillas	3	und
No. Varilla	No. 5	-
As suministrado	597	mm ²
Exceso de As	6.49	%
Separación entre varillas	51.65	mm
Separación mínima	33.25	mm
Resistencia Nominal	70.96	kN - m

Para este caso, en la fibra inferior de la viga **si se cumple** con la separación mínima entre varillas.

No. Varilla: Calcular

Figura 42.

Cambio de varilla supuesta en fibra superior y/o inferior para flexión en vigas

Diseño a flexión recomendado

Datos recomendados fibra superior			Datos recomendados fibra inferior		
Dato	Valor	Unidades	Dato	Valor	Unidades
d	342.55	mm	d	342.55	mm
AsMin	749.35	mm ²	AsMin	560.64	mm ²
Cantidad de Varillas	4	und	Cantidad de Varillas	3	und
No. Varilla	No. 5	-	No. Varilla	No. 5	-
As suministrado	796	mm ²	As suministrado	597	mm ²
Exceso de As	6.22	%	Exceso de As	6.49	%
Separación entre varillas	29.13	mm	Separación entre varillas	51.65	mm
Separación mínima	33.25	mm	Separación mínima	33.25	mm
Resistencia Nominal	91.80	kN - m	Resistencia Nominal	70.96	kN - m

Para este caso, en la fibra superior **no se cumple** con la separación mínima entre varillas, por lo tanto se sugiere suponga otro número de varilla.

Para este caso, en la fibra inferior de la viga **si se cumple** con la separación mínima entre varillas.

No. Varilla:

b. Diseño de vigas a cortante

Para iniciar con la cortante de las vigas, se toma como datos de entrada los mismos datos ingresados en el comienzo de los cálculos (diseño a flexión) y únicamente es necesario digitar la cortante última, la cual debe ser mayor a cero (Figura 43).

Figura 43.

Dato de entrada para vigas: Cortante última (Vu).

Diseño a Cortante

Para el cálculo a cortante de una viga, se toman los datos ingresados con anterioridad referentes a las dimensiones de la viga (Base y altura), datos de los materiales (f'_c y F_y) y datos para la cuantía mínima (recubrimiento, número de la varilla longitudinal y del estribo)

Debe ingresar el valor de cortante última:

Cortante Vu (kN)

Ingrese un número correcto, mayor a 0

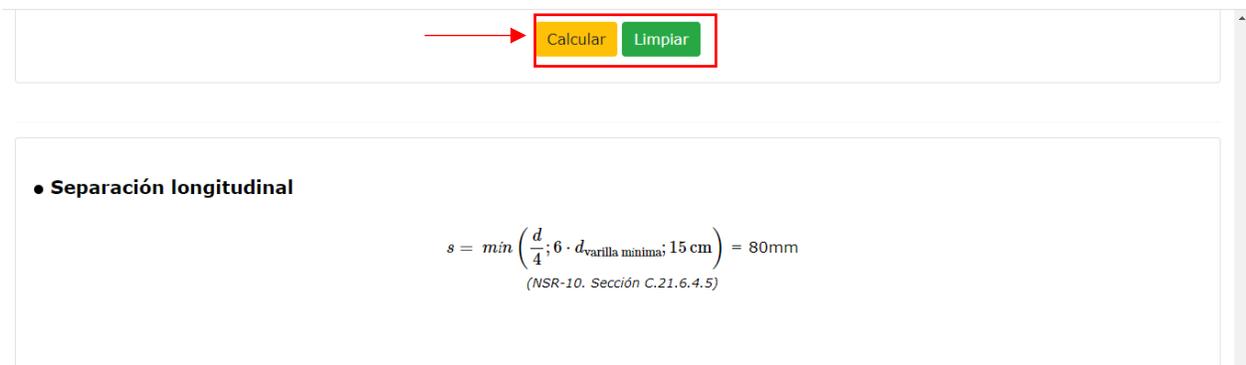
Por norma se seleccionan los siguientes datos para calcular el acero suministrado:

No. Varilla Estribo	3
Area Varilla Estribo	71 mm
Cantidad de Varillas	2

Para obtener los resultados de la viga a cortante, se debe dar clic el botón “Calcular” y si se requiere eliminar el dato de cortante ingresado se da clic en el botón “Limpiar” (Figura 44). Al dar clic en calcular, el primer cálculo que aparece es la separación longitudinal, realizada a partir del diámetro menor de la varilla entre la fibra inferior y superior de la viga.

Figura 44.

Botón "Calcular" para diseño a cortante de vigas.



En cortante, es necesario realizar un chequeo de acero, para ello se debe cumplir que el acero de refuerzo mínimo sea menor al suministrado. Lo cual se indicará luego de que el aplicativo realice el cálculo internamente (Figura 45).

Y, por último, se realiza el chequeo por resistencia, en el que se tiene en cuenta que la cortante que resiste (V_n) debe ser mayor a la cortante última (V_u). Lo cual, también se indicará luego de que el software realice el cálculo internamente (Figura 46).

Por último, en una tabla resumen se muestra el diseño a cortante de la viga (Figura 47).

Figura 45.

Chequeo de refuerzo mínimo para diseño de vigas a cortante.

Chequeo de Acero

- **Acero de refuerzo mínimo**

$$A_{vmin} = \max \left(\frac{0.062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot s}{F_{yt}}; \frac{0.35 \cdot b \cdot s}{F_{yt}} \right) = 16.67 \text{mm}^2$$

(NSR-10. C.11-13)

- **Acero suministrado**

$A_{vsum} = (\text{Cantidad de varillas de estribo}) \cdot (\text{Área de la varilla de estribo})$

Por norma:

$$A_s = 2 \cdot 71 \text{mm}^2 = 142 \text{mm}^2$$

Para este caso **si se cumple** con el acero de refuerzo mínimo. $16.67 \text{mm}^2 < 142 \text{mm}^2$

Figura 46.

Chequeo de resistencia para diseño de vigas a cortante.

Chequeo de Resistencia

$$\phi V_n = (V_c + V_s)$$

(NSR-10. C.11-2)

Donde: V_c =cortante del concreto. V_s =cortante del acero

Como la resistencia a cortante del concreto es mínima o casi nula, se considera igual a cero, y toda la responsabilidad del cortante es del acero, así que:

$$\phi V_n = V_s = \frac{\phi \cdot A_{vsum} \cdot F_y \cdot d}{s} = 191.53 \text{kN}$$

(NSR-10. C.11-15)

Tenga en cuenta que $\phi = 0.75$ por cortante

$$\phi V_n > V_u \quad (\text{NSR-10. C.11-1})$$

Para este caso **si se cumple** que la resistencia $\phi V_n > V_u$. $191.53 \text{kN} > 80 \text{kN}$

Figura 47.

Diseño de la viga a cortante.

Resumen de los valores calculados

Dato	Valor	Unidades
d	342.55	mm
Separación longitudinal	80	mm
Acero de refuerzo mínimo	16.67	mm ²
Acero suministrado	142	mm ²
Cortante Nominal (Vn)	191.53	kN
Cortante Última (Vu)	80	kN

Al finalizar todos los cálculos sobre vigas, aparece un botón llamado “Generar reporte PDF”, el cual permite descargar directamente un documento en formato PDF, que contiene los resultados clave para el respectivo diseño a flexión y cortante de la viga (Figura 48).

Figura 48.

Botón "Generar reporte PDF" para diseño de vigas.

Tenga en cuenta que $\phi = 0.75$ por cortante

$\phi V_n > V_u$ (NSR-10. C.11-1)

Para este caso **si se cumple** que la resistencia $\phi V_n > V_u$. 191.53kN > 80kN

Resumen de los valores calculados

Dato	Valor	Unidades
d	342.55	mm
Separación longitudinal	80	mm
Acero de refuerzo mínimo	16.67	mm ²
Acero suministrado	142	mm ²
Cortante Nominal (Vn)	191.53	kN
Cortante Última (Vu)	80	kN

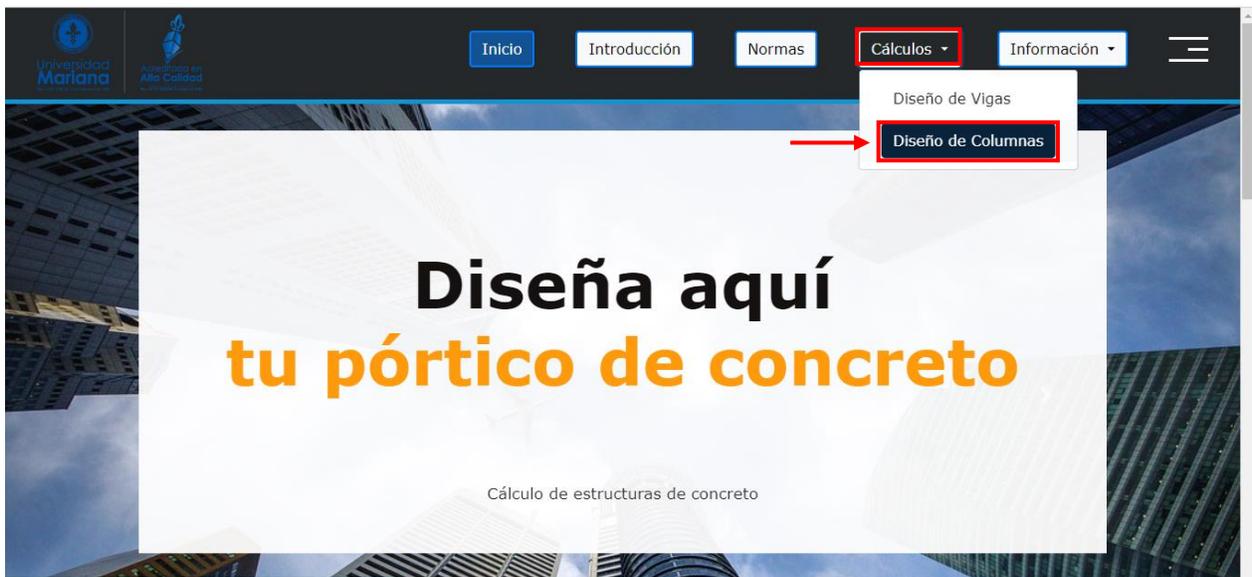
Generar reporte PDF

b) Cálculos sobre el diseño de columnas en el aplicativo web

Para iniciar a diseñar las columnas a flexion o cortante, se selecciona el botón “Diseño de Columnas” (Figura 49), que se despliega después de dar clic en el botón de “Cálculos” ubicado en la parte superior del aplicativo web.

Figura 49.

Botón “Diseño de Columnas” del aplicativo web.



a. Diseño de columnas a flexión

Inicialmente, para el diseño de columnas a flexión, se deben ingresar algunos datos de entrada por parte del usuario, por ejemplo, los valores de base y altura de la columna teniendo en cuenta las unidades indicadas (Figura 50). En esta parte, se debe considerar que las dimensiones de la columna deben ser de 30cm x 30cm o debe cumplir con un área de 300cm² (mínimo con una dimensión de 25cm), para una capacidad de disipación energía DES, teniendo en cuenta la norma NSR-10.

Figura 50.

Datos de entrada columnas: dimensiones de la columna.

DISEÑO DE COLUMNAS

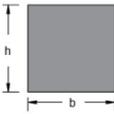
Diseño Flexo - Axial

Para diseñar una columna, ingresa los siguientes datos: Dimensiones de la Columna

* Base (mm) →

* Altura (mm) →

Dimensiones base y altura de una columna



Por norma:
30 cm x 30 cm
o
300 cm², pero el lado "h" o "b" >=25cm

NOTA: Tenga en cuenta que para un sistema de capacidad de disipación especial (DES) empleado para una zona de amenaza sísmica alta, la columna debe cumplir con dimensiones de 30cm x 30cm o debe tener un área de 300cm² pero, como mínimo una sola dimensión de 25cm

También, se debe ingresar la resistencia de compresión del concreto. Para ello, se puede seleccionar en el menú desplegable un f'_c recomendado de 21 o 28 Mpa, o de lo contrario existe un campo adicional habilitado para que el usuario pueda ingresar el valor deseado (Figura 51). Es importante tener en cuenta que, si el usuario selecciona la resistencia en el menú desplegable, este valor se escribe de forma automática en el campo habilitado, es decir que los cálculos se realizan con el contenido del campo adicional.

Figura 51.

Dato de entrada columnas: Resistencia a la compresión del concreto.

Seleccione Datos de los materiales

Resistencia a la compresión (f'_c) MPa

21 ▾

21

28

Campo adicional

Campo desplegable

Si desea ingresar otro valor de resistencia, escríbalo en el campo adicional

Esfuerzo de fluencia del acero (f_y) MPa

420 ▾

Tamaño máximo agregado (mm)

25

Seleccione Datos para la cuantía mínima

Recubrimiento (mm)

40 ▾

Número de varilla longitudinal

No. 2 ▾

Recubrimiento y Distancia desde la parte superior de la columna al centroide de la varilla



Re recubrimiento

En un siguiente campo, se puede observar el esfuerzo de fluencia del acero recomendado como 420 Mpa (Figura 52).

Figura 52.

Dato de entrada columnas: Esfuerzo de fluencia del acero.

Además, se debe ingresar el tamaño máximo del agregado, teniendo en cuenta que debe ser un valor mayor o igual a 10 mm (Figura 53). Y, luego, se debe seleccionar el recubrimiento en el menú despegable, teniendo en cuenta los valores recomendados correspondientes a 40 mm y 75 mm (expuesto al suelo) (Figura 54).

Después de seleccionar el recubrimiento, se supone una varilla inicial en el menú desplegable (del No.2 al No.8) de acuerdo al criterio del diseñador, para lo cual se indica una tabla que contiene los datos necesarios de una varilla con el fin de que el usuario elija la deseada, y de este modo, automáticamente se muestra el diámetro y el área de la varilla seleccionada (Figura 55).

Figura 53.

Dato de entrada columnas: Tamaño máximo del agregado.

Figura 54.

Dato de entrada columnas: Recubrimiento de la columna.

Seleccione Datos para la cuantía mínima

Recubrimiento (mm)

Diámetro de la varilla (mm)

Número Varilla de Estribo

Número de varilla longitudinal

Área de la varilla (mm²)

Diámetro Varilla estribo (mm)

Recubrimiento y Distancia desde la parte superior de la columna al centroide de la varilla

TABLA 1: Dimensiones de la varilla de acuerdo al Número

Número de Varilla	Diámetro (pulgadas)	Diámetro (mm)	Área (mm ²)
No. 2	1/4"	6.4	32
No. 3	3/8"	9.5	71
No. 4	1/2"	12.7	129
No. 5	5/8"	15.9	199
No. 6	3/4"	19.1	284
No. 7	7/8"	22.2	387
No. 8	1"	25.4	510

Figura 55.

Número, área y diámetro de varilla supuesta para columnas.

Seleccione Datos para la cuantía mínima

Recubrimiento (mm)

Diámetro de la varilla (mm)

Número Varilla de Estribo

Número de varilla longitudinal

Área de la varilla (mm²)

Diámetro Varilla estribo (mm)

Recubrimiento y Distancia desde la parte superior de la columna al centroide de la varilla

TABLA 1: Dimensiones de la varilla de acuerdo al Número

Número de Varilla	Diámetro (pulgadas)	Diámetro (mm)	Área (mm ²)
No. 2	1/4"	6.4	32
No. 3	3/8"	9.5	71
No. 4	1/2"	12.7	129
No. 5	5/8"	15.9	199
No. 6	3/4"	19.1	284
No. 7	7/8"	22.2	387
No. 8	1"	25.4	510

**Seleccione el número de la varilla supuesto teniendo en cuenta los valores de la TABLA 1

De la misma forma, se selecciona el número de la varilla del estribo en el menú desplegable (del No.3 al No.8) de acuerdo a la norma NSR-10 y al criterio del diseñador y aparecerá de forma automática el valor del diámetro de la misma (Figura 56).

Figura 56.

Número y diámetro del estribo de la columna.

Seleccione Datos para la cuantia mínima

Recubrimiento (mm)

Diámetro de la varilla (mm)

Número Varilla de Estribo

Número de varilla longitudinal

Área de la varilla (mm²)

Diámetro Varilla estribo (mm)

Recubrimiento y Distancia desde la parte superior de la columna al centroide de la varilla

R= recubrimiento
Por norma:
Mínimo dos varillas

TABLA 1: Dimensiones de la varilla de acuerdo al Número

Número de Varilla	Diámetro (pulgadas)	Diámetro (mm)	Área (mm ²)
No. 2	1/4"	6.4	32
No. 3	3/8"	9.5	71
No. 4	1/2"	12.7	129
No. 5	5/8"	15.9	199
No. 6	3/4"	19.1	284
No. 7	7/8"	22.2	387
No. 8	1"	25.4	510

**Seleccione el número de la varilla supuesto teniendo en cuenta los valores de la TABLA 1

Una vez ingresados todos los datos de entrada y desplazándose hacia abajo, se encuentra el botón “Calcular” para obtener los resultados del diseño de columnas a flexión o si se quiere eliminar todos los datos ingresados, se da clic en el botón “Limpiar” (Figura 57).

Si el usuario da clic en el botón “Calcular” se obtienen datos de la columna a flexo-compresión, para ello se debe tener en cuenta las notas y recomendaciones dadas, como por ejemplo el número de varillas recomendado o el chequeo de separación (Figura 58). Es importante considerar que, si el diseño no cumple con la cantidad mínima de varillas longitudinales o con la separación mínima por norma, se debe cambiar la varilla supuesta a la recomendada o a otra deseada y nuevamente se da clic en el botón “Calcular”.

Figura 57.

Botones "Calcular" y "Limpiar" para el diseño de columnas a flexión

Diámetro de la varilla (mm): 25.4

Área de la varilla (mm²): 510

Número Varilla de Estribo: No. 3

Diámetro Varilla estribo (mm): 9.5

R= recubrimiento
Por norma: Mínimo dos varillas

TABLA 1: Dimensiones de la varilla de acuerdo al Número

Número de Varilla	Diámetro (pulgadas)	Diámetro (mm)	Área (mm ²)
No. 2	1/4"	6.4	32
No. 3	3/8"	9.5	71
No. 4	1/2"	12.7	129
No. 5	5/8"	15.9	199
No. 6	3/4"	19.1	284
No. 7	7/8"	22.2	387
No. 8	1"	25.4	510

**Seleccione el número de la varilla supuesto teniendo en cuenta los valores de la TABLA 1

Calcular Limpiar

Figura 58.

Recomendación del número de varilla con menor desperdicio para la columna.

Se recomienda utilizar la varilla No. 4 ya que se obtiene un menor exceso de 3.20%

NOTA: Elija como varilla supuesta aquella que tenga un menor porcentaje de exceso o desperdicio de acero, pero que cumpla con la separación mínima

Valores calculados			Tener en cuenta la tabla de convenciones	
Dato	Valor	Unidades	Variable	Descripción
Pmin	0.0100		Pmin	Cuantía mínima
d	187.8	mm	Ac	Área de la columna
Recubrimiento	40.00	mm	ASMin	Acero mínimo que requiere
Ac	50000.00	mm ²	As-suministrado	Acero mínimo suministrado
ASMin	500.00	mm ²	Exceso de As	Exceso de acero
Cantidad de Varillas	2	und		
No. Varilla	No. 8	-		
As-suministrado	1020	mm ²		
Exceso de As	104.00	%		
Separación entre varillas (BASE)	50.20	mm		
Separación entre varillas (ALTURA)	100.20	mm		
Separación mínima	33.25	mm		
Separación máxima	150.00	mm		

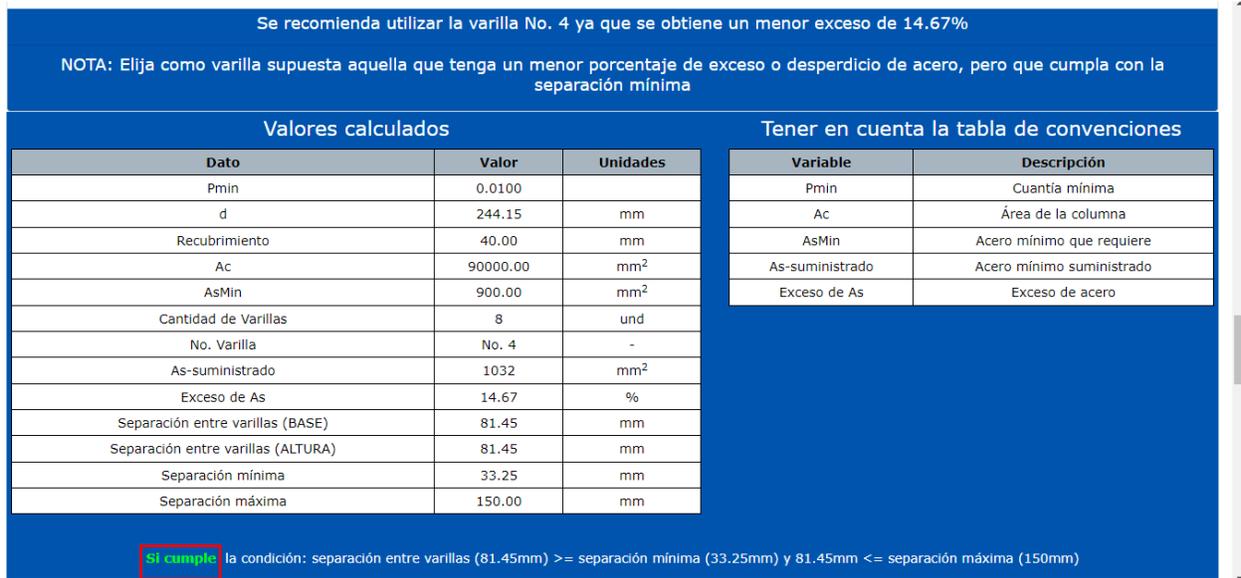
La norma NSR-10 recomienda como cantidad mínima 4 varillas longitudinales y en este caso **No cumple**

Si cumple la condición: separación entre varillas (100.20mm) >= separación mínima (33.25mm) y 100.20mm <= separación máxima (150mm)

Como se indica en la Figura 58, la separación entre varillas cumple, pero no se cumple con la cantidad mínima de las mismas, entonces, en este momento se procede a cambiar el número de varilla longitudinal por el recomendado y se da clic nuevamente en el botón “Calcular” tal como se indica en la Figura 59.

Figura 59.

Cálculo de columnas a flexión con la varilla recomendada.



Una vez cumplido el requisito de separación mínima y cantidad de varillas, se puede observar el Diagrama de Interacción para un caso propio dando clic en el botón “Mostrar gráfico” (Figura 60) el cual aparece al lado de una tabla en las que se registran algunos datos del concreto y del acero para dicha columna, necesarios para elaborar la gráfica mencionada.

Entonces, se observa una Tabla que contiene el análisis de las cargas axiales (Pn) y los momentos (Mn) en diferentes fibras (C) dependiendo de las dimensiones de la columna. Además, se muestra el Diagrama de Interacción, un gráfico elaborado a partir de la tabla anteriormente descrita (Figura 61). En este momento finaliza el diseño a flexión de las columnas.

Figura 60.

Botón "Mostrar gráfico" para el diagrama de interacción de las columnas.

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

Datos para concreto

Número de Fibras	20	und
Longitud de fibra	25	mm
Módulo de elasticidad del concreto	20636.86	MPa

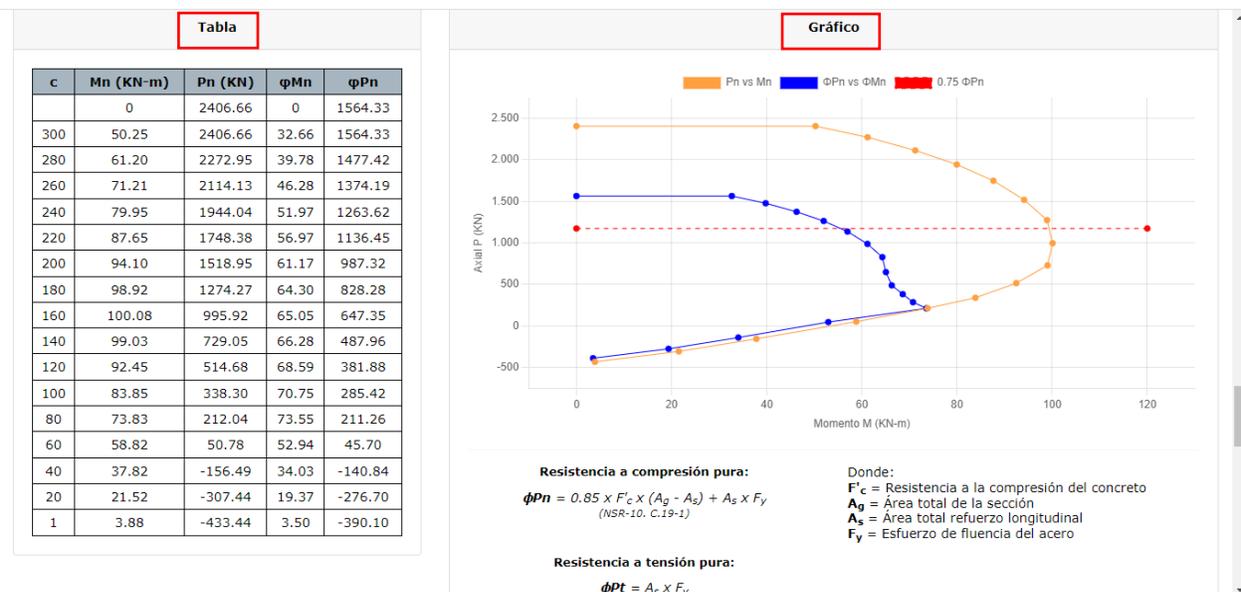
Datos para acero

Módulo de elasticidad del acero	200000	MPa
Recubrimiento	40	mm
Diámetro Varilla Longitudinal	25.4	mm
Área Varilla Longitudinal	510	mm ²
Diámetro Estribo	9.5	mm

→ Mostrar gráfico

Figura 61.

Diagrama de interacción para columnas.



b. Diseño de columnas a cortante

Para iniciar con el cálculo de cortante de las columnas, se toma como datos de entrada los mismos datos ingresados en el comienzo de los cálculos (diseño a flexión) y únicamente es necesario digitar la cortante última, la cual debe ser mayor a cero y lo siguiente es dar clic en el botón "Calcular" (Figura 62).

Figura 62.

Botón "Calcular" para el diseño a cortante de columnas.

Diseño a Cortante

Para el cálculo a cortante de una columna, se toman los datos ingresados con anterioridad referentes a las dimensiones de la columna (Base y altura) y datos de los materiales (f'c y Fy)

Debe ingresar el valor de cortante última:
Cortante Vu (kN)

Se seleccionan los siguientes datos de Flexo Axial

Recubrimiento	40	mm
No. Varilla Longitudinal	4	
Área Varilla Longitudinal	129	mm ²
Diámetro Varilla Longitudinal	12.7	mm
Cantidad Varillas Longitudinales	8	und
No. Varilla Estribo	3	
Diámetro Varilla Estribo	9.5	mm
Área Varilla Estribo	71	mm ²

Para el cortante en columnas se muestran resultados como la separación entre varillas, la cual debe ser mayor a 50 mm. Además, es importante conocer el área confinada de la columna para posteriores cálculos (Figura 63).

Figura 63.

Separación entre varillas y área confinada de la columna.

● Separación entre varillas

$$S = \min \left(\frac{\min(h, b)}{4}; 6d_{\text{blong}}; 150\text{mm} \right) = 80\text{mm}$$

(NSR-10. Sección C.21.6.4.3)

Debe ser mayor a 50mm

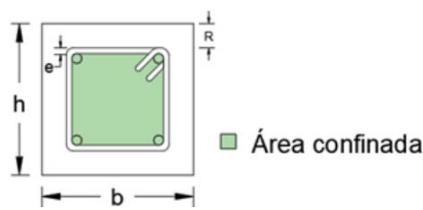
Para este caso **si se cumple** que la separación S (80mm) > 50mm

● Área confinada

Base = $b - 2R - 2e = 201\text{mm}$

Altura = $h - 2R - 2e = 201\text{mm}$

Ach = Base * Altura = 201mm * 201mm = 40401mm²



También, se conoce el refuerzo mínimo vertical de la columna (Figura 64), es decir la cantidad de estribos necesarios para amarrar las varillas longitudinales verticalmente. Sin embargo, si dicha cantidad supera el número de varillas a amarrar la separación se debe disminuir hasta 50 mm.

Figura 64.

Refuerzo mínimo vertical para diseño de columnas a cortante.

● Refuerzo mínimo vertical

$$Ash_a = \frac{0.3 \cdot (S \cdot bc \cdot F_c)}{F_y} \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) = 441.96 \text{mm}^2$$

(NSR-10. C.21-7)

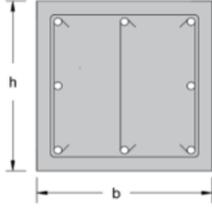
$$Ash_b = \frac{0.09 \cdot (S \cdot bc \cdot F_c)}{F_y} = 108.00 \text{mm}^2$$

(NSR-10. C.21-8)

$$Ash1 = \max(Ash_a; Ash_b) =$$

$$\text{máx} (441.96 \text{mm}^2; 108.00 \text{mm}^2) = 441.96 \text{mm}^2$$

No. Estribos = 6 und



La cantidad de estribos sobrepasa la cantidad de las varillas a amarrar. Se debe disminuir la separación máximo hasta 50mm

Así para el caso, con una separación de 50 mm se encuentran los estribos suficientes para amarrar las varillas longitudinales de la columna de forma vertical (Figura 65).

Figura 65.

Reducción de separación para refuerzo mínimo vertical en columnas a cortante.

REDUCCIÓN DE SEPARACIÓN

● Refuerzo mínimo vertical

Separación = 50mm

$$Ash_a = \frac{0.3 \cdot (S \cdot bc \cdot F_c)}{F_y} \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) = 276.23 \text{mm}^2$$

(NSR-10. C.21-7)

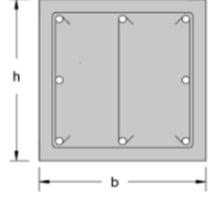
$$Ash_b = \frac{0.09 \cdot (S \cdot bc \cdot F_c)}{F_y} = 67.50 \text{mm}^2$$

(NSR-10. C.21-8)

$$Ash1 = \max(Ash_a; Ash_b) =$$

$$\text{máx} (276.23 \text{mm}^2; 67.50 \text{mm}^2) = 276.23 \text{mm}^2$$

No. Estribos = 3 und



El Número de estribos es suficiente

También, se conoce el refuerzo mínimo horizontal de la columna (Figura 66), es decir la cantidad de estribos necesarios para amarrar las varillas longitudinales horizontalmente. Pero, si dicha cantidad supera el número de varillas a amarrar la separación se debe disminuir hasta 50 mm.

Figura 66.

Refuerzo mínimo horizontal para diseño de columnas a cortante.

● Refuerzo mínimo horizontal

$$Ash_a = \frac{0.3 \cdot (S \cdot bc \cdot F_{\text{vc}})}{F_y} \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) = 441.96 \text{mm}^2$$

(NSR-10. C.21-7)

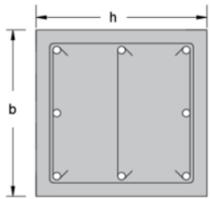
$$Ash_b = \frac{0.09 \cdot (S \cdot bc \cdot F_{\text{vc}})}{F_y} = 108.00 \text{mm}^2$$

(NSR-10. C.21-8)

$$Ash_2 = \max(Ash_a; Ash_b) =$$

$$\text{máx} (441.96 \text{mm}^2; 108.00 \text{mm}^2) = 441.96 \text{mm}^2$$

No. Estribos = 6 und



La cantidad de estribos sobrepasa la cantidad de las varillas a amarrar. Se debe disminuir la separación máximo hasta 50mm.

Así para el caso, con una separación de 50 mm se encuentran los estribos suficientes para amarrar las varillas longitudinales de la columna de forma horizontal (Figura 67).

Figura 67.

Reducción de separación para refuerzo mínimo horizontal en columnas a cortante.

REDUCCIÓN DE SEPARACIÓN

● Refuerzo mínimo horizontal

Separación = 50mm

$$Ash_a = \frac{0.3 \cdot (S \cdot bc \cdot F_{\text{vc}})}{F_y} \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) = 276.23 \text{mm}^2$$

(NSR-10. C.21-7)

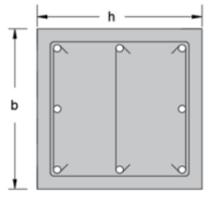
$$Ash_b = \frac{0.09 \cdot (S \cdot bc \cdot F_{\text{vc}})}{F_y} = 67.50 \text{mm}^2$$

(NSR-10. C.21-8)

$$Ash_2 = \max(Ash_1; Ash_2) =$$

$$\text{máx} (276.23 \text{mm}^2; 67.50 \text{mm}^2) = 276.23 \text{mm}^2$$

No. Estribos = 3 und

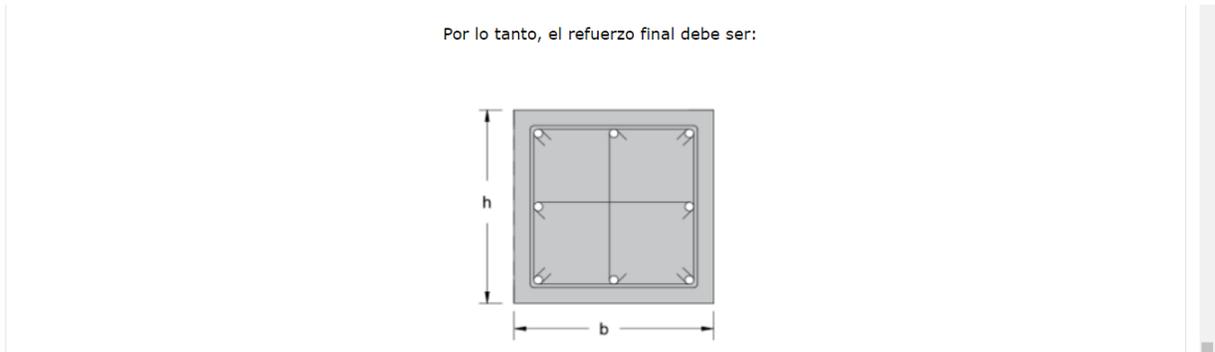


El Número de estribos es suficiente

De este modo, se conoce el refuerzo final necesario para amarrar las varillas longitudinales (Figura 68).

Figura 68.

Refuerzo final en columnas a cortante.



Luego, se realiza un chequeo por resistencia, en el que se tiene en cuenta que la cortante que resiste (V_n) debe ser mayor a la cortante última (V_u) ingresada por el usuario (Figura 69).

Figura 69.

Chequeo de resistencia para diseño de columnas a cortante.

Chequeo de Resistencia

$$\phi V_n = (V_c + V_s)$$

(NSR-10. C.11-2)

Donde: V_c =cortante del concreto. V_s =cortante del acero

Como la resistencia a cortante del concreto es mínima o casi nula, se considera igual a cero, y toda la responsabilidad del cortante es del acero, así que:

$$\phi V_n = V_s = \frac{\phi \cdot A_{v \text{ sum}} \cdot F_y \cdot d}{s} = 136.51 \text{ kN}$$

(NSR-10. C.11-15)

Tenga en cuenta que $\phi = 0.75$ por cortante

$$\phi V_n > V_u \quad \text{(NSR-10. C.11-1)}$$

Para este caso **si se cumple** que la resistencia $\phi V_n > V_u$. $136.51 \text{ kN} > 80 \text{ kN}$

Y posteriormente, en una tabla resumen se muestra el diseño a cortante de la columna (Figura 70).

Figura 70.

Diseño de la columna a cortante.

The screenshot shows a blue background with a white-bordered box containing a table titled "Resumen de los valores calculados". The table has three columns: "Dato", "Valor", and "Unidades".

Dato	Valor	Unidades
Separación entre varillas	80	mm
Área confinada	40401	mm ²
No. Varilla Estribo	3	
Refuerzo mínimo vertical	276.23	mm ²
No Estribos vertical	3	und
Refuerzo mínimo horizontal	276.23	mm ²
No Estribos horizontal	3	und
Cortante Nominal (Vn)	136.51	kN
Cortante Última (Vu)	80	kN

Por último, se conoce la separación de estribos. Para ello el usuario debe introducir el valor de luz libre de la columna y luego, dar clic en el botón “Calcular” (Figura 71).

Figura 71.

Datos de entrada: luz libre de la columna.

The screenshot shows a form titled "Separación de estribos". It contains a text input field with a red arrow pointing to it, labeled "Ingrese la luz libre de la columna (mm)". Below the input field is a red error message: "Ingrese un número mayor a 0". At the bottom of the form is a blue "Calcular" button.

De esta manera, se obtiene el resultado de la separación de estribos (Figura 72).

Figura 72.

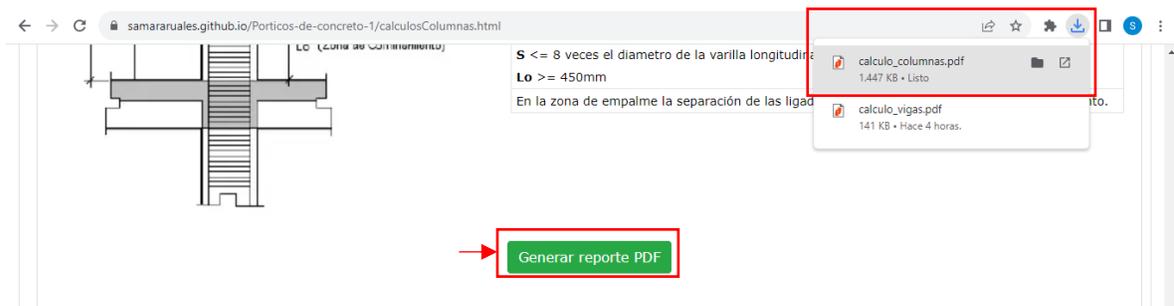
Resultado de separación de estribos en la columna.



Al finalizar todos los cálculos sobre vigas, aparece un botón llamado “Generar reporte PDF”, el cual permite descargar directamente un documento en formato PDF, que contiene los resultados clave para el respectivo diseño a flexión y cortante de la columna (**Figura 73**). Cabe resaltar que, si se desea que en el reporte aparezca el diagrama de interacción de la columna, se debe haber dado clic en el botón “Mostrar gráfico” observado en la Figura 60.

Figura 73.

Botón "Generar reporte PDF" para diseño de columnas.



E. Información adicional

En la parte superior del aplicativo web, se encuentra el botón de “Información” (Figura 74). Al dar clic en él se despliega el botón “Manual de usuario” en el que se indican las instrucciones que debe seguir el usuario para utilizar el aplicativo web; el botón “Video Tutorial” en el que se presenta un video explicativo del uso del aplicativo web; y el botón “Autores”, en el cual se da a conocer la información general de los autores que realizaron el aplicativo web.

Figura 74.

Botón "Información" del aplicativo web



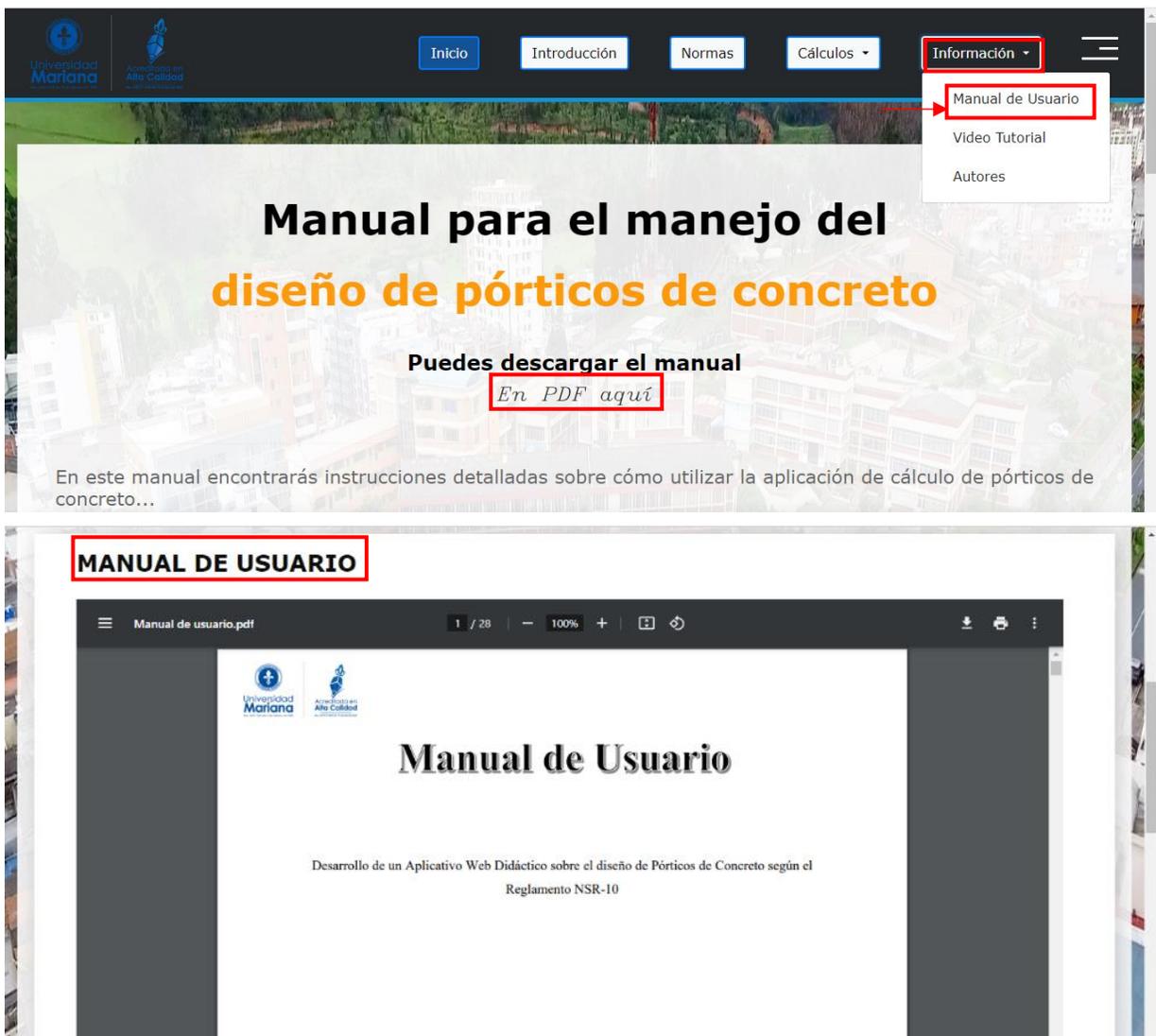
a) Manual de usuario

Al dar clic en el botón “Manual de usuario” (Figura 75), se puede acceder a la página que contiene el archivo del manual, es decir, una guía en la que se encuentra el paso a paso para facilitar el uso del aplicativo web y obtener el diseño de pórticos de concreto. Para acceder a dicho archivo existen dos formas:

- Dar clic en “En PDF aquí”, el cual es un enlace que conduce a otra pestaña en la que se puede visualizar el manual como PDF
- Observar el manual como PDF que se encuentra cargado directamente en la página del aplicativo web y se puede visualizar desplazándose hacia abajo.

Figura 75.

Botón "Manual de usuario" del aplicativo web.

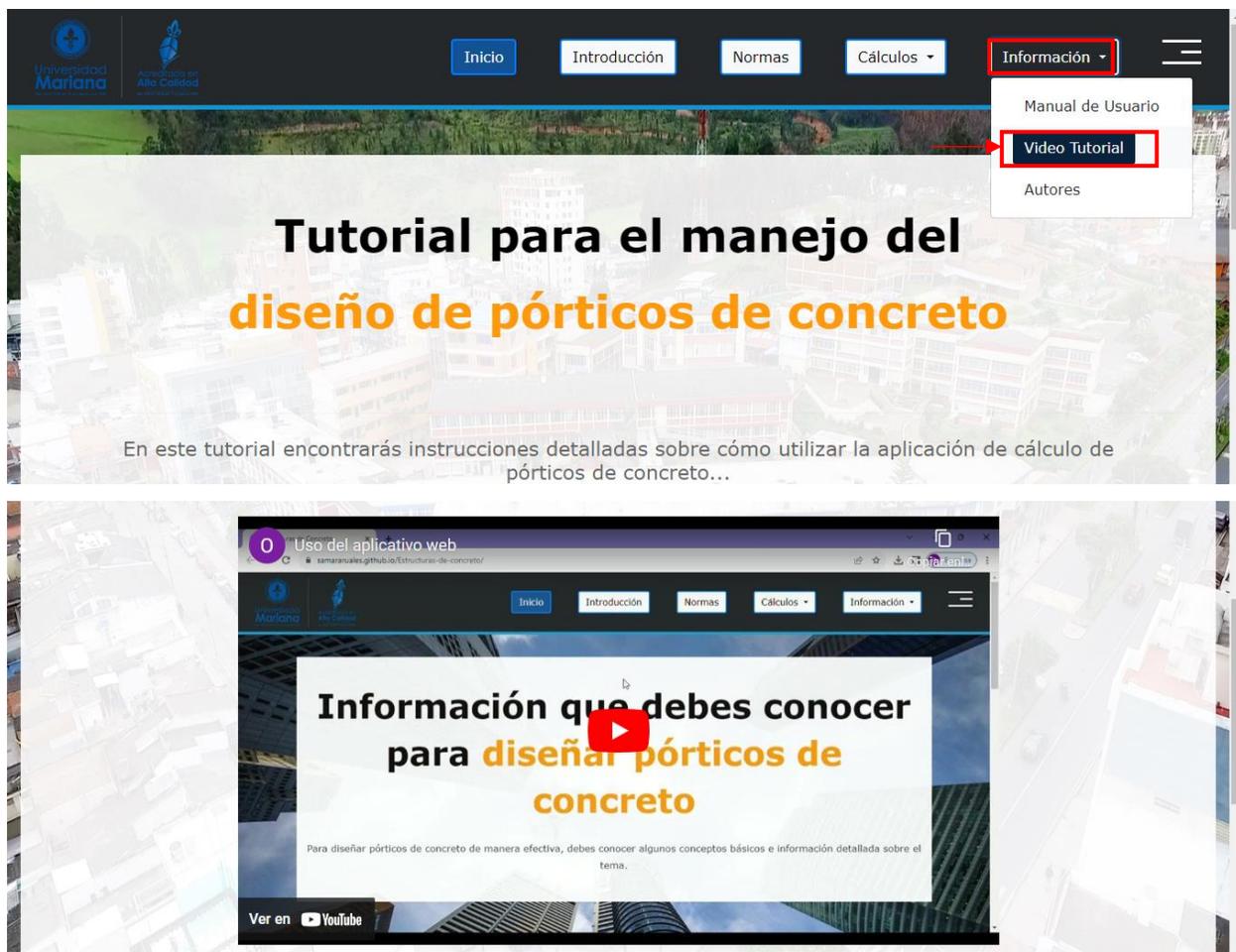


b) Video tutorial

Al dar clic en el botón de “Video Tutorial” (Figura 76) se puede observar un video explicativo para que los usuarios aprendan a manejar con facilidad el Aplicativo Web sobre diseño de Pórticos de Concreto.

Figura 76.

Botón “Video Tutorial” del aplicativo web.

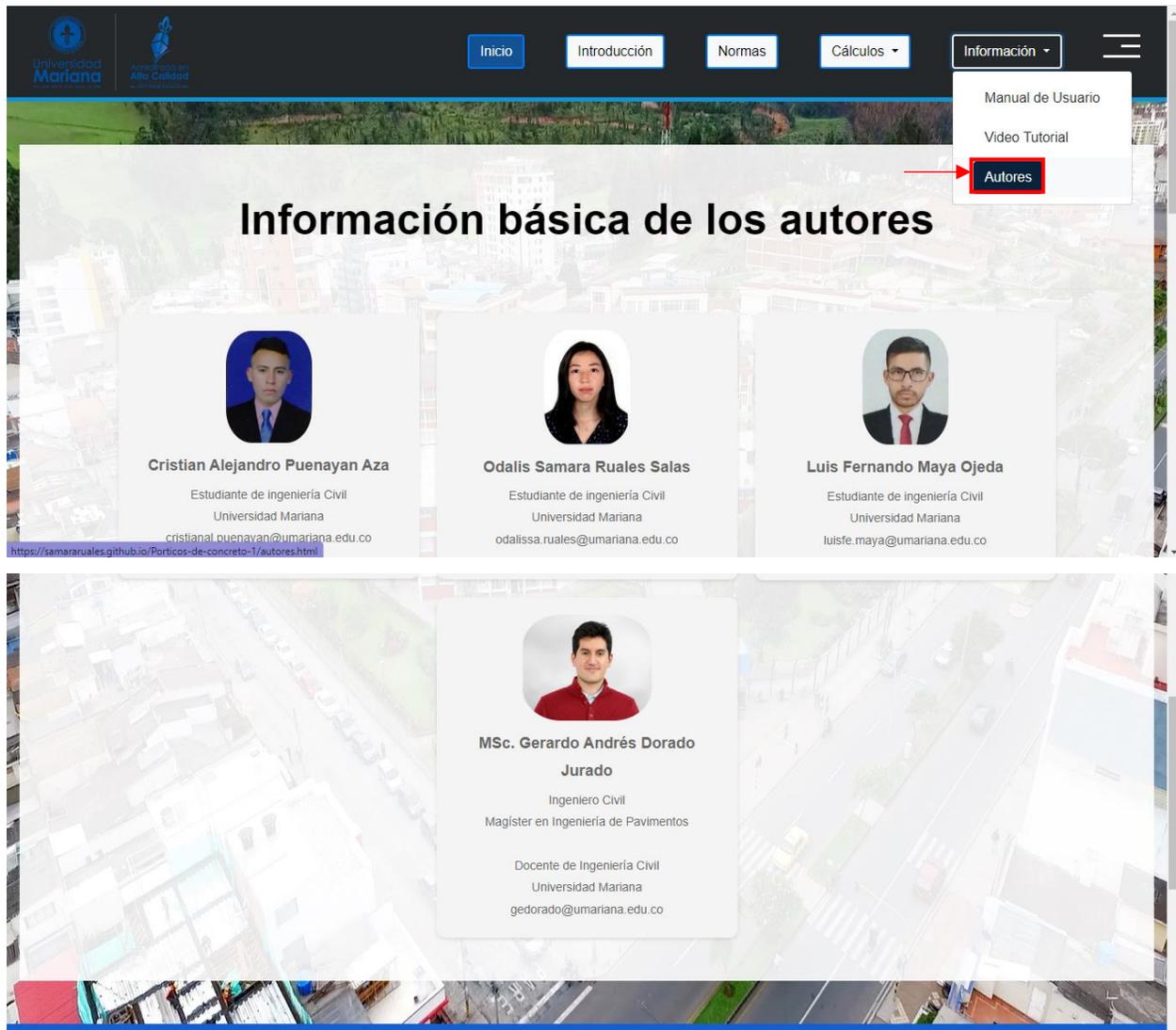


c) Autores del aplicativo web

Al dar clic en el botón de “Autores” (Figura 77) se puede conocer algunos datos básicos de quienes desarrollaron el Aplicativo Web sobre diseño de Pórticos de Concreto.

Figura 77.

Botón "Autores" del aplicativo web.



F. Fin del aplicativo web

Por último, también se puede acceder a las páginas respectivas de “Inicio”, “Introducción”, “Normas”, “Cálculos” e “Información”, dando clic en el botón de menú seleccionado (Figura 78), el cual permitirá desplegar en el lado izquierdo los botones correspondientes.

Figura 78.

Botón de menú del aplicativo web.



También, es importante conocer que en la parte final del aplicativo web aparecerá información de las redes sociales de la Universidad Mariana, el contacto y el acceso a la página principal de la misma; y los botones correspondientes para explorar la Introducción, Normas, Cálculos e Información (Figura 79).

Figura 79.

Redes sociales y contactos de la Universidad Mariana.



2.1.3. Evaluación de la utilidad y funcionamiento del aplicativo web

Para evaluar la utilidad y funcionamiento del aplicativo web desarrollado se diseñó un formulario de encuesta para aplicar a una población de profesionales y estudiantes del campo de la ingeniería y afines. En este sentido, para realizar el sondeo se eligieron a 30 expertos en dicho campo.

Inicialmente, se toma como muestra a los docentes de ingeniería civil de la Universidad Mariana de Pasto, Nariño, quienes son profesionales en diversas áreas de la ingeniería civil y quienes dan su opinión con base en los resultados para el diseño de pórticos de concreto. Y, una vez realizada esta primera evaluación, se procede a tomar como segunda muestra a estudiantes de último semestre de ingeniería civil de la Universidad Mariana de Pasto, Nariño, debido a que ya cuentan con algunos conocimientos que son bases para diseñar estructuras de concreto.

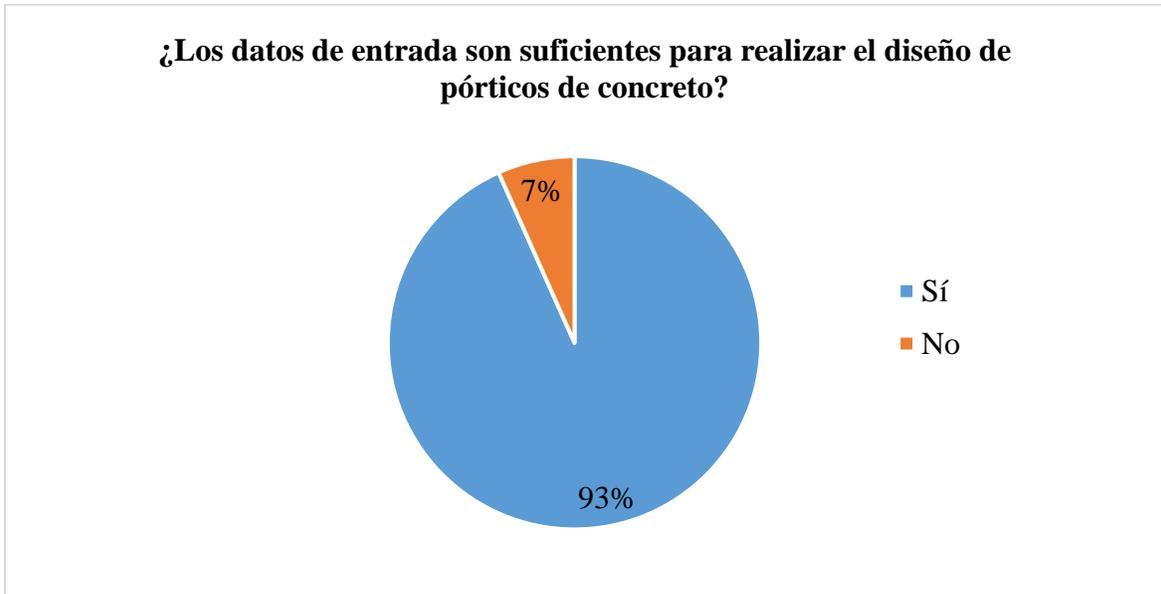
Después, se selecciona una muestra pequeña de docentes de ingeniería de sistemas de la Universidad Mariana de Pasto, Nariño, quienes dan su opinión de acuerdo a la funcionalidad e interactividad entre el usuario y el software.

Por último, la evaluación del aplicativo web la realiza una muestra compuesta por ingenieros civiles, ingenieros de sistemas e ingenieros de software, quienes pertenecen a diferentes sectores y distintas empresas o asociaciones. De igual forma, se tiene en cuenta algunos estudiantes de la Universidad Nariño de Pasto, Nariño, pertenecientes a carreras de ingeniería civil y de ingeniería de sistemas.

2.1.3.1. Estadísticas que definen la utilidad y el funcionamiento del aplicativo web. De acuerdo a la población seleccionada correspondiente a 23 profesionales y 7 estudiantes del campo de la ingeniería y afines, se obtuvo como resultado la evaluación de la utilidad y funcionamiento del aplicativo web, la cual se representa en los siguientes gráficos:

Figura 80.

Resultados sobre la suficiencia de los datos de entrada del aplicativo web.



En la Figura 80 se puede observar que el 93% de los encuestados consideran que los datos de entrada en el aplicativo web desarrollado para diseñar pórticos de concreto, son suficientes. Por el contrario, tan solo el 7% opinan que hacen falta algunos datos para obtener el diseño definitivo.

El 7% que dieron un “No” como respuesta, sugieren que el aplicativo web debería permitir ingresar resistencias de concreto de manera manual, ya que hay diferentes calidades de concreto, lo cual se tuvo en cuenta para actualizar en el código de programación. También, proponen discriminar la ductilidad como dato de entrada, es decir, la capacidad de disipación de energía (DES, DMO y DMI) debido a que en el aplicativo web desarrollado únicamente se contempla la capacidad de energía DES (para zonas de amenaza sísmica alta), pero ésta última sugerencia se contempla en el apartado de 4. Recomendaciones de la investigación.

Figura 81.

Resultados sobre datos de salida correctos en el aplicativo web desarrollado.



En la

Figura **81** se muestra que el 90% de los encuestados consideran que los datos de salida obtenidos en el aplicativo web sí son correctos para el diseño de pórticos de concreto, mientras que el 10% opina que no son correctos.

A través de las preguntas abiertas en las encuestas realizadas, se logró conocer que el 10% de encuestados quienes consideraron que los datos de salida no son correctos se debe a que, en un caso específico ingresado al aplicativo web, se dio como resultado que no se cumplía con la separación entre varillas, pero realmente el valor de dicha separación era considerable por lo que sí cumplía de acuerdo a la norma NSR-10 y, además, en otro caso el chequeo de resistencia a cortante no se estaba realizando de manera adecuada, ya que para el ejemplo que se probó ingresando el Cortante último ($V_u=350$ KN), el programa dio como resultado una resistencia V_n de 393 KN, por lo tanto, se cumplía la verificación de $V_u < V_n$, pero el aplicativo arrojaba que no cumple. De esta manera, los errores determinados en las dos primeras encuestas descritos por docentes de ingeniería civil especialistas en estructuras, se tuvieron en cuenta y se corrigieron en el código de programación, para seguir encuestando al resto de la población. A pesar de estas

correcciones, otro profesional de ingeniería civil opinó que haría falta obtener el resultado de cargas, pero cabe aclarar que, el aplicativo web desarrollado es un complemento de los programas de análisis estructural y dimensionamiento de edificios como por ejemplo ETABS, en el que sí se ingresan las cargas para modelar la estructura y obtener las dimensiones del pórtico que posteriormente serían ingresadas en el aplicativo web sobre diseño de pórticos de concreto, con el fin de conocer el refuerzo estructural de vigas y columnas.

Figura 82.

Resultados sobre la suficiencia de los datos de salida del aplicativo web.

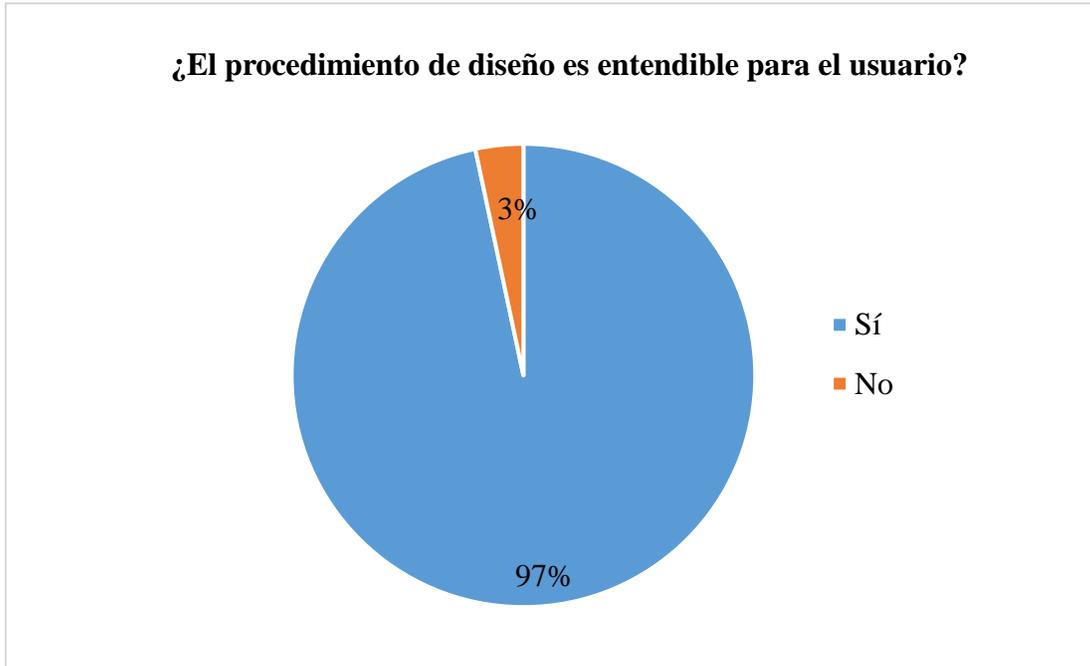


Los resultados de la Figura 82 indican que el 97% de los encuestados consideran que los datos de salida obtenidos en el aplicativo web son suficientes para lograr las vigas y columnas de un pórtico de concreto, mientras que tan solo un 3% considera que los resultados no son suficientes.

A través de las preguntas abiertas en las encuestas realizadas, se logró conocer que el 3% de los encuestados dieron un “No” como respuesta porque consideraron que hace falta agregar la separación de estribos en columnas. En este sentido, se tuvo en cuenta la observación y se agregó al código de programación para continuar encuestando al resto de la población.

Figura 83.

Resultados sobre el procedimiento de diseño entendible en el aplicativo web.

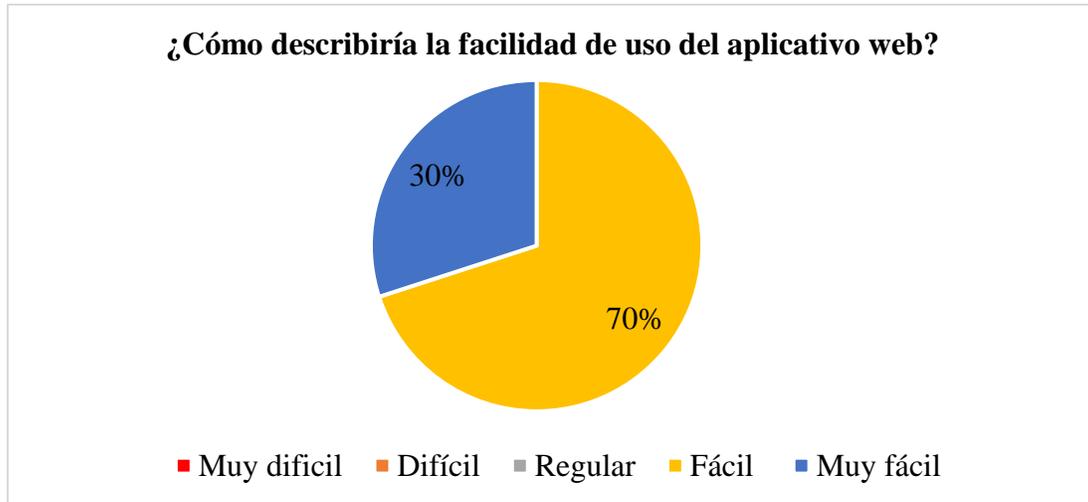


Los resultados de la Figura 83 indican que el 97% de los encuestados dijeron que el procedimiento de diseño es entendible, mientras que el 3% opinan que dicho procedimiento no es entendible para lograr diseñar un pórtico de concreto.

A través de las preguntas abiertas en las encuestas realizadas, se logró conocer que el 3% de los encuestados consideran que el procedimiento no es entendible debido a que un aplicativo web debe ser concreto textualmente y visual, y además al considerarse como una herramienta de apoyo debe generar contenido más didáctico como por ejemplo la inclusión de videos tutoriales.

Figura 84.

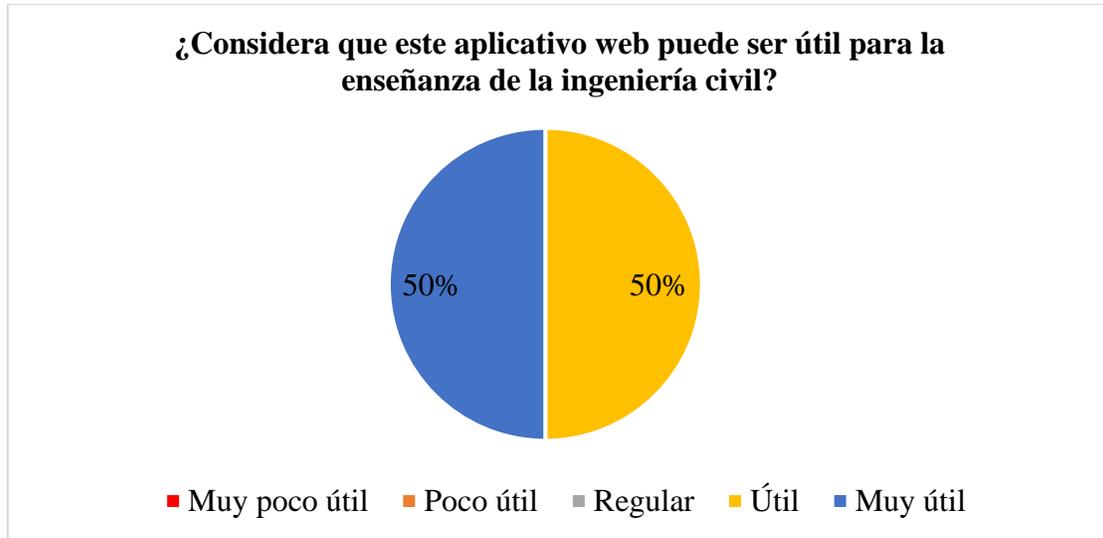
Resultados sobre la facilidad de uso del aplicativo web desarrollado.



En la Figura 84 se indica que el 70% de los encuestados describen que es fácil utilizar el aplicativo web de diseño de pórticos de concreto y el otro 30% consideran que su uso es muy fácil. Por lo que, las otras alternativas para describir la facilidad ("Muy difícil", "Difícil" o "Regular") representan un 0%.

Figura 85.

Resultados sobre la utilidad del aplicativo web para la enseñanza.



En la Figura 85 se indica que el 50% de los encuestados describen que el aplicativo web de diseño de pórticos de concreto es útil para la enseñanza de la ingeniería civil y el otro 50% consideran que es muy útil como método de enseñanza a estudiantes. Por lo que, las otras alternativas para describir la utilidad ("Muy poco útil", "Poco útil" o "Regular") representan un 0%.

A través de la pregunta abierta en las encuestas realizadas, sobre la justificación a la respuesta de este inciso, se logró conocer que los encuestados consideran que el aplicativo web es útil porque no solo realiza cálculos, sino que también presenta datos de manera organizada y ofrece una experiencia didáctica e intuitiva y también se resalta que podría mejorar la enseñanza al permitir un aprendizaje más didáctico y la realización de múltiples ejemplos en poco tiempo.

2.1.3.2. Recomendaciones realizadas por los usuarios sobre el aplicativo web. A partir del sondeo realizado se presenta como resultados una clasificación de las recomendaciones realizadas por aquellos usuarios que navegaron en el aplicativo web correspondientes a la funcionalidad, lenguaje técnico, explicación clara del funcionamiento y la visualización del mismo (Tabla 2).

Tabla 2.

Clasificación de recomendaciones realizadas por usuarios sobre el aplicativo web.

Recomendaciones basadas en la funcionalidad del aplicativo web	Recomendaciones basadas en un lenguaje técnico y claridad de indicaciones	Recomendaciones basadas en la visualización y estética del aplicativo web
Implementar un campo que permita ingresar más opciones de resistencias de concreto.	Colocar el símbolo de phi (ϕ) en la resistencia de la viga, es decir ϕM_n , ya que se realiza la verificación cuando ya está reducido.	Agregar encabezados en los datos de entrada de los materiales, para conocer cuáles son datos de concreto y cuáles de acero.
Agregar el cálculo de separación de estribos en columnas (zona de confinamiento y zonas no confinadas).	Sería mejor cambiar la palabra “parte” por “fibra” en la parte de resistencia a la viga.	Agregar tabla de tamaño de agregados.
En cálculo de vigas, verificar el chequeo de resistencia a cortante ya que no se está realizando de manera adecuada en el condicional $V_u < \phi V_n$	Colocar una nota que mencione por qué en la resistencia a cortante de las vigas no se está tomando la cortante del concreto V_c	Colocar imágenes más legibles.
Verificar por norma, el número mínimo de barras longitudinales los elementos.	Además del manual de usuario, incluir un video explicando el manejo del aplicativo web.	Tener en cuenta colores muy fuertes que pueden cansar la vista del usuario y textos demasiados grandes.
Evaluar la resistencia a cortante de la columna $V_u < \phi V_n$		Ajustar el programa para visualizar dispositivos móviles.
En cálculo de columnas, dejar que se pueda calcular cortante sin dar clic a mostrar gráfico (diagrama de interacción).		

Recomendaciones basadas en la funcionalidad del aplicativo web	Recomendaciones basadas en un lenguaje técnico y claridad de indicaciones	Recomendaciones basadas en la visualización y estética del aplicativo web
Implementar otros sistemas de ductilidad aparte del DES, como DMO y DMI.		
Ser flexible con las unidades sugeridas en los datos de entrada, permitiendo ingresar valores en otras unidades.		

Las recomendaciones sobre el aplicativo web se agruparon en varias categorías (Tabla 2) que describen los aspectos que los usuarios consideran más críticos para mejorar la funcionalidad y la experiencia de visualización del aplicativo web, con el fin de implementar mejoras específicas. En este sentido, cabe aclarar que la mayoría de recomendaciones basadas en la funcionalidad, lenguaje técnico, claridad de indicaciones y en la visualización se tuvieron en cuenta para ser implementadas en el aplicativo web con el fin de mejorar y proporcionar a los usuarios una experiencia satisfactoria al utilizarlo como una herramienta didáctica. Por el contrario, las recomendaciones basadas en la estética se ha decidido considerarlas para futuras actualizaciones del aplicativo.

2.2. Análisis e interpretación de resultados

2.2.1. Análisis de la elaboración de procedimientos y algoritmos para la creación del sitio web acerca de pórticos de concreto

La elaboración de procedimientos y algoritmos para la creación del sitio web acerca de pórticos de concreto, realizados a través de esquemas y flujogramas, representan la base fundamental para el desarrollo del aplicativo web sobre el diseño de pórticos de concreto, puesto que, a partir de ellos se garantiza que los resultados obtenidos en el aplicativo web sean efectivos y precisos, al transmitir

los conceptos relacionados con el diseño de pórticos de concreto en cumplimiento con el Reglamento NSR-10.

La importancia de elaboración de procedimientos y algoritmos para el aplicativo web radica en su esencialidad debido a la complejidad técnica del diseño de pórticos de concreto según el Reglamento NSR-10. Estos procedimientos y algoritmos actúan como una guía paso a paso para los usuarios, llevándolos a través de los procesos clave del diseño. Al proporcionar instrucciones claras y detalladas, los procedimientos y algoritmos garantizan la comprensión adecuada de los conceptos técnicos, reduciendo la posibilidad de errores.

Además, un enfoque didáctico es importante en el desarrollo de un aplicativo web educativo. Los procedimientos y algoritmos deben desarrollarse de forma didáctica teniendo en cuenta el público objetivo, que en este caso está enfocado a estudiantes de ingeniería civil, así como profesionales con diversos niveles de experiencia en el campo de la ingeniería. En este aspecto, el uso de esquemas y flujogramas en los que se presenta la información técnica permite una representación visual efectiva para la comprensión. Por ejemplo, los esquemas de diseño de vigas y columnas (Figura 12 y Figura 13, respectivamente) explican gráficamente las diversas etapas del diseño de un pórtico, mientras que los flujogramas indican la secuencia lógica de decisiones y el proceso de cálculos para diseñar las vigas a flexión y cortante (Figura 14 y Figura 15, respectivamente), y columnas a flexo-axial y cortante (Figura 16 y Figura 17, respectivamente) que conforman al pórtico.

Los resultados obtenidos en el aplicativo web correspondientes al diseño de columnas y vigas de un pórtico reflejarán si los algoritmos desarrollados están debidamente estructurados de forma secuencial y lógica. De este modo, teniendo en cuenta los flujogramas y esquemas elaborados correspondientes a la explicación del paso a paso del diseño de un pórtico de concreto, es posible evaluar que el algoritmo está claramente definido, con instrucciones claras sobre qué hacer, cómo hacerlo y por qué se está haciendo. Esto garantiza que los usuarios puedan seguir el proceso sin confusiones y tener una comprensión clara de cómo cada paso se relaciona con los demás. Es fundamental mostrar los pasos con claridad para fomentar la confianza y la precisión en la aplicación práctica.

Además, en el momento de desarrollar esquemas y flujogramas se tuvo en cuenta que los usuarios pueden tener distintos grados de conocimiento y experiencia en el campo de la ingeniería. Por lo tanto, se puede inferir que los procedimientos y algoritmos se pueden ajustar tanto a principiantes como a usuarios más avanzados.

Los procedimientos y algoritmos se integran directamente en el aplicativo web, lo que permite a los usuarios interactuar con ellos en tiempo real y directamente. En este caso, los usuarios pueden realizar cálculos, ingresar datos y ver resultados cuando utilizan el aplicativo web desarrollado.

En resumen, el desarrollo de procedimientos y algoritmos para la creación de la aplicación web sobre el diseño de pórticos de concretos es un componente crítico que asegura la claridad, eficacia y precisión en la enseñanza y aprendizaje de conceptos técnicos complejos. La correcta integración de estos componentes dentro del aplicativo web asegura que los usuarios tengan una experiencia educativa enriquecedora y valiosa, mejorando significativamente sus habilidades y conocimientos en el diseño de pórticos de concreto de acuerdo con la norma NSR-10.

2.2.2. Análisis del diseño del sitio web didáctico sobre pórticos de concreto a partir del lenguaje de programación JavaScript junto con HTML y CSS

Para el diseño del aplicativo web didáctico sobre el diseño de pórticos de concreto se utilizó los lenguajes de programación HTML, CSS y JavaScript, los cuales son fundamentales para la estructura, el diseño visual y la interactividad del usuario a través del sitio web.

El algoritmo definido en el primer objetivo fue implementado en los lenguajes de programación mencionados con el fin de garantizar que el resultado final satisfaga las necesidades del usuario. Este algoritmo toma los datos ingresados por el usuario y realiza los cálculos necesarios, de manera interna, para obtener el diseño de las vigas y columnas que componen el pórtico.

En cuanto al desarrollo del aplicativo web, la interfaz de usuario diseñada con HTML y CSS, y a partir de un enfoque modular, permitió la creación de varias páginas web interactivas. Por lo que,

se puede considerar que el diseño de la interfaz es importante en un sitio web didáctico, ya que es lo que genera que el espacio sea intuitivo y atractivo para el usuario, y en este caso, asegura que los estudiantes de ingeniería accedan y utilicen el contenido de manera efectiva.

De forma específica, el contenido didáctico sobre el diseño de pórticos de concreto debe estar bien estructurado y presentado de manera lógica, y es mediante el lenguaje de etiquetas de hipertexto HTML, que se logra organizar y presentar este contenido, dividiéndolo en secciones y páginas fácilmente navegables. Y, por el contrario, el lenguaje de estilos CSS se utiliza para dar estilo al sitio web, lo cual incluye la elección de colores, tipografía, diseño de páginas y la creación de una experiencia visual coherente, por lo que CSS, puede describirse como un lenguaje que permite obtener mayor legibilidad y claridad, como parte esencial de un sitio web didáctico.

Con respecto a la interactividad del aplicativo, la cual ha sido implementada mediante el código JavaScript, se permite al usuario interactuar con la interfaz y proporcionar los datos necesarios para el diseño de pórticos de concreto. Por lo tanto, se considera que JavaScript como lenguaje de programación, desempeña un papel fundamental en el desarrollo de interacción en un sitio web y esta característica puede ser esencial para comprender los conceptos de manera efectiva.

Así que, el uso de JavaScript, HTML y CSS, puede considerarse como una elección acertada debido a su versatilidad en la creación de aplicativos web interactivos y atractivos, puesto que, de manera independiente, JavaScript es esencial para la interactividad, HTML para la estructura y el contenido, y CSS para el diseño y la presentación.

En este sentido, se logra indicar que la combinación de HTML, CSS y JavaScript fue efectiva para el desarrollo del aplicativo web. El uso de estos lenguajes permitió la creación de una interfaz de usuario interactiva y funcional, así como la implementación de un algoritmo complejo para el diseño de pórticos de concreto.

Además, es importante considerar la inclusión del manual de usuario desarrollado, puesto que, facilita el uso y aprendizaje dentro del aplicativo web, lo que aumenta su utilidad como herramienta

didáctica y valiosa, debido a que ayuda a los usuarios a navegar, utilizar de forma eficaz y aprovechar al máximo el aplicativo web sobre diseño de pórticos de concreto.

2.2.3. Análisis de la utilidad y funcionamiento del aplicativo web mediante un sondeo con usuarios especialistas en la ingeniería

El análisis de la utilidad y el funcionamiento del aplicativo web es esencial para comprender la eficacia de dicha herramienta y su relevancia en la enseñanza de ingeniería civil y, esto implica evaluar cómo el aplicativo web beneficia a los usuarios especialistas en ingeniería civil y cómo se adapta a sus necesidades.

Con base en los resultados obtenidos a través del sondeo realizado a profesionales y estudiantes de ingeniería, se ha determinado que, el hecho de que el 93% de los usuarios consideren que los datos de entrada son suficientes (Figura 80) es un indicio positivo, puesto que determina que el aplicativo web ofrece los parámetros adecuados para definir el diseño de pórticos de concreto, lo que es esencial para garantizar que los usuarios puedan desarrollar con precisión diferentes situaciones de diseño. Ahora, el hecho de que el 7% de los encuestados considere insuficientes los datos de entrada es una observación importante en el diseño estructural, por ejemplo, la sugerencia de permitir el ingreso manual de resistencias de concreto ayuda a considerar la calidad del concreto como un factor crítico en la parte estructural de un proyecto, por lo tanto, esta sugerencia fue tomada en cuenta y se actualizó en el código de programación. Además, la propuesta del mismo 7% de usuarios de discriminar la ductilidad como dato de entrada es esencial en el diseño sísmico de estructuras, y su inclusión permite adecuar el diseño a diferentes condiciones sísmicas y necesidades del proyecto, de modo que esta sugerencia se ha incluido en el apartado de 4. Recomendaciones de la investigación, con el fin de mostrar la disposición a seguir mejorando el aplicativo web.

De igual forma, que el 90% de los encuestados consideren que los datos de salida son correctos para el diseño de pórticos de concreto (

Figura 81) es una validación importante del aplicativo, porque se indica que los resultados generados por la herramienta son confiables y precisos, lo cual es esencial para el proceso de diseño en la ingeniería civil. Aunque, que el 10% de los encuestados haya identificado errores en los resultados del aplicativo web como en el cálculo de la separación entre varillas y en el chequeo de resistencia a cortante, muestra la importancia de realizar pruebas y recibir retroalimentación durante el desarrollo de esta herramienta, por tanto, dichas observaciones fueron identificadas y corregidas en el código de programación, y a pesar de que se haya tenido otro “No” como respuesta a este inciso, después de las correcciones, indica que los usuarios tienen diferentes perspectivas y necesidades, ya que mientras algunos consideraron que el aplicativo web funcionaba adecuadamente después de las correcciones, otro profesional opinó que aún se podría mejorar al incluir el resultado de cargas, y para dar claridad a este caso, se determinó el aplicativo web como un complemento para programas de análisis estructural.

Además, el alto porcentaje correspondiente al 97% que considera que dichos datos de salida son suficientes para el diseño de las vigas y columnas (Figura 82), demuestra que el aplicativo web proporciona información detallada y completa, lo cual es importante para que los ingenieros realicen análisis y tomen decisiones correctas en sus proyectos de diseño. Y, al considerar que el 3% de los encuestados señaló la necesidad de agregar como dato de salida la separación de estribos en columnas, se logra identificar que es un aspecto importante para obtener un diseño de pórtico de concreto de forma completo y eficaz, de tal manera que fue una observación atendida para satisfacer las necesidades de los usuarios y el hecho de encuestar al resto de la población después de esta corrección permitió evaluar cómo se afecta la percepción y la utilidad del aplicativo entre un grupo más amplio de usuarios.

Así mismo, el 97% de los usuarios que encuentran el procedimiento de diseño comprensible (Figura 83) indica algo positivo, debido a que demuestra que el aplicativo web presenta los conceptos y pasos de manera clara, lo cual es fundamental para garantizar que los usuarios puedan aplicar adecuadamente la teoría de diseño de pórticos de concreto. Sin embargo, al considerar que el 3% de los encuestados señaló la falta de comprensión del procedimiento, se logra entender que el aplicativo web debería ser textualmente claro y visualmente comprensible, y, también

implementar contenido más didáctico como videos tutoriales, con el fin de facilitar el proceso de aprendizaje y uso del aplicativo web.

Además, el hecho de que el 70% de los encuestados describa la aplicación como "fácil" de usar y el 30% como "muy fácil" (Figura 84) es un indicador fuerte del uso de la herramienta, porque su interfaz intuitiva y con facilidad de navegación representa algo esencial para garantizar que los usuarios puedan aprovechar al máximo el aplicativo web. En este sentido, es importante destacar que ninguna de las otras alternativas de respuesta (como "muy difícil", "difícil" o "regular") recibió votos significativos (0%), lo que indica que no hubo una percepción negativa en cuanto a la dificultad en el uso del aplicativo web.

Y, por último, el equilibrio entre el 50% de los encuestados que considera que la aplicación es útil para la enseñanza de la ingeniería civil y el otro 50% que la califica como "muy útil" (Figura 85) es un resultado muy positivo. Esto indica que la aplicación tiene un gran potencial para ser una herramienta efectiva en la educación de ingenieros civiles, proporcionando un sitio web práctico para aprender sobre el diseño de pórticos de concreto. Y las razones proporcionadas por los encuestados se basan en la utilidad del aplicativo como una herramienta didáctica, su capacidad para mejorar la comprensión y simplificar los cálculos estructurales, y su valor como recurso de enseñanza para estudiantes y profesionales en el campo de la ingeniería civil.

Incluso, de acuerdo a la agrupación de categorías sobre las recomendaciones descritas por los usuarios que probaron el aplicativo web, como se indica en la Tabla 2, se puede notar que se han identificado diversos aspectos de mejora en esta herramienta creada, lo que indica la importancia de adaptar el aplicativo a las necesidades del usuario. Los usuarios han destacado la importancia de un lenguaje técnico claro y preciso en el aplicativo e indican la necesidad de explicar por qué ciertas verificaciones no se realizan de manera correcta, también, la presentación y la estética del aplicativo web son aspectos críticos recalcados. Así que, estas recomendaciones sirven como una guía para futuras mejoras en el Aplicativo Web Didáctico e incluso como base para su desarrollo continuo.

En general, estos resultados respaldan la utilidad y el funcionamiento efectivo del aplicativo web desarrollado. La herramienta demuestra ser valiosa tanto para profesionales como para estudiantes de ingeniería civil, al proporcionar datos precisos, una comprensión clara del proceso de diseño y una interfaz didáctica. Los hallazgos después de aplicada la encuesta, sugieren que el aplicativo web podría desempeñar un papel significativo en la educación al proporcionar a los usuarios una forma práctica de enseñar conceptos y cálculos de diseño estructural de manera interactiva y efectiva.

3. Conclusiones

La creación de procedimientos y algoritmos a partir del reglamento NSR-10, representados a través de flujogramas, fueron necesarios para planificar el diseño del aplicativo web de pórticos de concreto, ya que cumplen con la función de indicar visualmente los pasos y decisiones del proceso, y además sirven como guías secuenciales para generar el código de programación del aplicativo web. Por lo tanto, estos algoritmos son la base para iniciar a desarrollar la programación de forma ordenada y coherente.

Además, se logró determinar que la elección de HTML, CSS y JavaScript para el diseño del sitio web ha resultado acertada, ya que permitieron crear una interfaz de usuario atractiva, interactiva y funcional para satisfacer las necesidades del usuario. En este sentido, el lenguaje de etiquetas de hipertexto HTML se encargó de la estructura y organización del contenido, el lenguaje

de estilos CSS proporcionó un diseño visual coherente y agradable, y el lenguaje de programación JavaScript permitió la interacción en tiempo real con los usuarios, mejorando la comprensión de los conceptos técnicos sobre diseño de pórticos de concreto.

Y, por último, el sondeo con profesionales y estudiantes de ingeniería demostró que el aplicativo web desarrollado es altamente útil y efectivo. Los altos porcentajes de usuarios satisfechos con los datos de entrada y salida, la comprensión de los procedimientos de diseño y la facilidad de uso respaldan la utilidad de la herramienta en la enseñanza de la ingeniería civil. Así que, el aplicativo puede ser una estrategia efectiva para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el campo de la ingeniería civil.

También, a partir del sondeo se logró comprender las áreas de mejora críticas con base en la clasificación de recomendaciones realizadas por los usuarios, lo cual es esencial para mejorar la utilidad del aplicativo en la enseñanza del diseño de pórticos de concreto. De forma específica, se tuvieron en cuenta para corrección en el aplicativo web, las recomendaciones basadas en la funcionalidad, como por ejemplo la implementación de más opciones de resistencias de concreto, de la separación de estribos en columnas y la mejora de cálculos específicos en vigas y columnas; las recomendaciones basadas en el lenguaje técnico, tales como la inclusión de símbolos como " ϕ " en la resistencia de la viga, el reemplazo de la palabra "parte" por "fibra" para mayor claridad y la descripción de por qué no se considera la cortante del concreto V_c en el chequeo de resistencia a cortante de vigas; las recomendaciones basadas en la claridad de indicaciones al incluir videos tutoriales explicando el manejo del aplicativo web; y las recomendaciones basadas en la visualización ya que se ajustó el programa para usar en dispositivos móviles. Lo anterior, fue modificado en el código de programación para garantizar que el aplicativo web sea una herramienta efectiva en el diseño de pórticos de concreto. Sin embargo, es importante destacar que las recomendaciones basadas en la estética, no se implementaron, de modo que, estas sugerencias se han dejado para futuras actualizaciones que ayudarán a mejorar el atractivo visual del aplicativo web.

En general, se demostró que el aplicativo web sirve como una herramienta educativa para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de conceptos y cálculos de diseño de pórticos de concreto de

acuerdo con el Reglamento NSR-10. De modo que, este aplicativo ofrece a los usuarios una forma práctica, interactiva, accesible y efectiva de adquirir conocimientos y habilidades en el campo de la ingeniería, lo que lo convierte en un recurso valioso tanto para estudiantes como docentes. El desarrollo de procedimientos, algoritmos y una interfaz de usuario bien diseñada, respaldada por la satisfacción de los usuarios, valida la utilidad de este aplicativo web didáctico sobre diseño de pórticos de concreto en el ámbito educativo.

4. Recomendaciones

Se recomienda desarrollar un software que permita realizar el prediseño de un pórtico de concreto, en el cual se logre dimensionar las columnas y vigas teniendo en cuenta la capacidad de disipación de energía DES (capacidad especial de disipación de energía), DMO (capacidad moderada de disipación de energía) y DMI (capacidad mínima de disipación de energía), que dependerá de la zona de amenaza sísmica como se explica en el título A de la norma NSR-10. Lo anterior, sería el proceso inicial para ingresar como datos de entrada las dimensiones de las vigas y columnas en el Aplicativo Web elaborado para el Diseño de Pórticos de Concreto para posteriormente conocer el diseño a flexión y a cortante de los elementos mencionados que componen al pórtico.

También, es importante realizar continuas pruebas para posibles mejoras en términos de navegación, flujo de trabajo y experiencia general, de esta manera se garantiza la funcionalidad del aplicativo web para fines educativo.

De igual forma, se recomienda actualizar el aplicativo, dado que la normativa utilizada puede cambiar con el tiempo, lo que garantizará que siga siendo relevante y preciso a medida que evolucione en el campo de la ingeniería.

Finalmente, sería interesante investigar la posibilidad de establecer colaboraciones con instituciones educativas, a nivel local, para promover y utilizar el aplicativo web como recurso de enseñanza, con el fin de aumentar el alcance y utilidad del aplicativo web. En particular, la Universidad de Nariño de Pasto, podría ser un claro ejemplo para esta iniciativa, ya que, según lo investigado, dicha universidad no cuenta con softwares especializados en diseño de pórticos de concreto hasta la actualidad.

Estas recomendaciones ayudarán a fortalecer la utilidad del aplicativo web didáctico sobre el diseño de pórticos de concreto, asegurando que siga siendo una herramienta valiosa en la educación y práctica de la ingeniería civil.

Referencias bibliográficas

Agudelo, J. (s.f.). *Cargas sísmicas*. Obtenido de <https://concretusblog.files.wordpress.com/2017/06/capc3adtulo-3-disec3b1o-sc3adsmico.pdf>

Arranz, L. (2007). *Ejemplos prácticos de JavaScript (I)*. Observatorio Tecnológico. <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/software/programacion/490-lorena-arranz>

Benites, M. (2011). Diseño de columnas. En *Capítulo 5* (págs. 146-161).

Bower, G., & Hilgard, E. (2000). *Teorías del Aprendizaje*. Obtenido de Trillar .

Cadena, A. (2017). *Calculo y Diseño de Vigas y Losas (diagramas y momentos máximos)* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=SOaTH6TSdjI>

Colombia. Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo-resistente NSR-10*. Bogotá D.C.

Duque, C. (2015). Desarrollo de una aplicación que permite que las microempresas conozcan su punto de equilibrio. *Universidad Tecnológica de Pereira*.

Enriquez, A. (s.f.). *Editores de CSS*. Obtenido de Programas para la edición de código CSS: <https://desarrolloweb.com/colecciones/editores-css#:~:text=Un%20programa%20para%20editar%20hojas,ofrece%20muchas%20ayudas%20a%20dise%C3%B1ador.&text=Para%20trabajar%20con%20CSS%20no,otro%20editor%20de%20texto%20plano>.

Felder, R., & Brent, R. (2005). Understanding student differences. *Journal of Engineering Education*, 57-75.

Fernandez, A. (Siglo XXI). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio*, 35-56.

Flores, F. (22 de Julio de 2022). *Qué es Visual Studio Code y qué ventajas ofrece*. Obtenido de OpenWebinars: <https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/>

Garay, J. (2020). Aprendizaje Multimedia - formación PDI. *Google scholar* , 50-62.

Huber, G. (2008). Aprendizaje activo y metodologías educativas. *Revista de Educación, número extraordinario*, 59-81. Obtenido de Universität Tübingen: <https://www.educacionyfp.gob.es>

- Ing. Rodríguez, C. (2019). *Diagrama de Interacción de Una Sección de Columna 2019*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/399833114/Diagrama-de-Interaccion-de-Una-Seccion-de-Columna-2019-0>
- Lanza, F. (2020, July 2). *SECCIÓN 4: Diseño de un pórtico plano en concreto armado, Parte I* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=L17Z6TdQ_Ng
- López, M. (16 de Julio de 2020). *Qué es un lenguaje de programación*. Obtenido de OpenWebinars: <https://openwebinars.net/blog/que-es-un-lenguaje-de-programacion/>
- Ludeña, F. (2019, May 27). *Realiza un buen control de calidad del concreto - Construyendo Seguro*. Construyendo Seguro. <https://www.construyendoseguro.com/realiza-un-buen-control-de-calidad-del-concreto/>
- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2017). *Diseño de concreto reforzado* (Décima ed.). Alfaomega Grupo Editor.
- Montajes, Ingeniería & Construcción S.A.S. (2018). *Construcción de Pórticos*. Obtenido de Ingeniería & Construcción: <https://www.estructurasmetalicascolombia.com>
- National Research Council, N. (2000). *How people learn: Brain, Mind, Experience, and school*. Obtenido de National Academy Press.
- Perez, A. (2019). *ATutor*. Obtenido de Bit4learn: <https://bit4learn.com/es/lms/atutor/>
- Pérez, J., & Gardey, A. (2021). *Definición de la columna*. Obtenido de <https://definicion.de/columna/>
- Pineda, R. (2002). *Aceptación de los ambientes virtuales de aprendizaje por parte de los alumnos de ingeniería civil*. Obtenido de Facultad de Estudios Superiores Acatlán.

Prada, M. (25 de Marzo de 2015). *Análisis comparativo en costos del diseño estructural de muros en concreto reforzado, para las categorías de disipación de energía según nsr-10*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co>

Red autónomos . (1 de Octubre de 2021). *Sitios web dinámicos*. Obtenido de <https://redautonomos.es/marketing/ventaja-web-dinamicas>

Rochel Awad, R. (2007). *Hormigón reforzado* (Primera ed.). Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Serrano, S. (28 de Febrero de 2022). *¿Qué es un editor de texto?* Obtenido de <https://www.crehana.com/blog/desarrollo-web/que-es-un-editor-texto/>

Silva, O. (s.f.). *Construcción de columnas de concreto*. Obtenido de 360 del concreto: <https://360enconcreto.com>

Suarez, S. (2018). Sistema de Información para el Apoyo a la Docencia y Gerencia del Conocimiento en Proyectos de Construcción.

Torres, M. (12 de Mayo de 2014). *Estructuras - vigas*. Obtenido de Tecnología (s) por proyectos: https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/74_vigas.html

Torres, M. (2017). Ambientes virtuales de aprendizaje por parte de los alumnos de ingeniería civil. 47-62.

Universidad de Murcia. (31 de Marzo de 2019). *Página web dinámicas*. . Obtenido de Desarrollo de aplicaciones web. : <https://www.um.es/docencia/barzana/DAWEB/2017-18/daweb-tema-13-paginas-web-dinamicas.html>

Vega, L., & Burón, M. (Marzo de 2007). *Seguridad Frente Al Fuego De Las Estructuras De Hormigón*. Obtenido de Instituto español del cemento y sus aplicaciones. .

Anexos

En esta sección se presenta como anexos 1 de los 30 formularios de encuesta aplicados a los usuarios cuya especialidad es la ingeniería, con el fin de obtener una visión completa de sus experiencias y opiniones después de la navegación a través del aplicativo web sobre el diseño de pórticos de concreto desarrollado y, por consiguiente, conocer la utilidad y funcionamiento del mismo en el campo de la ingeniería civil.

A través de estos anexos, se muestra la metodología de recolección y análisis de datos para evaluar la utilidad del aplicativo web diseñado.

Anexo A. Formulario de encuesta No.1.



Encuesta para evaluar la utilidad y funcionamiento de la aplicación web sobre diseño de pórticos de concreto

Fecha: 16 de Agosto de 2023 **Nombre:** Bianca Marcela Miranda Portilla

Profesión: Ingeniera Civil **Cargo:** Docente

Institución: Universidad Mariana **Años de experiencia:** 6

1. ¿Los datos de entrada son suficientes para realizar el diseño de pórticos de concreto?

- a) Sí
- b) No**

2. Si respondió "No" a la pregunta anterior, sugiera qué datos de entrada harían falta

Sería una buena idea que el programa permita ingresar resistencias de concreto de manera manual, no solo de 21 y 28 Mpa porque, hay más calidades de concreto.

3. ¿Considera que los datos de salida (resultados) son correctos para diseñar las vigas y columnas que conforman un pórtico de concreto?

- a) Sí
- b) No**

4. Si respondió "No" a la pregunta anterior, ¿qué es lo que se calcula de manera incorrecta?

En las columnas, cuando ingrese una de 30*30cm, puso las respectivas 8 #4 y dice que no cumple una separación, entonces considero que hay un error ahí, porque esas sí cumplen y quedan muy bien separadas.

Valores calculados			Tener en
Dato	Valor	Unidades	Variable
Pmin	0.0100		Pmin
Recubrimiento	40.00	mm	Ac
Ac	90000.00	mm ²	AsMin
AsMin	900.00	mm ²	As-suministrado
Cantidad de Varillas	8	und	Exceso de As
No. Varilla	No. 4	-	
As-suministrado	1032	mm ²	
Exceso de As	14.67	%	
Separación entre varillas	14.20	mm	
Separación mínima	33.25	mm	
Separación máxima	150.00	mm	

Ver detalle: la condición: separacion entre varillas (14.20mm) < separación mínima (33.25mm).



8. Si respondió "No" a la pregunta anterior, ¿qué sugiere para que el procedimiento de diseño sea entendible?

9. ¿Cómo describiría la facilidad de uso del aplicativo web? Marque con una X según su criterio. Considere:

1 = Muy difícil, 2 = Difícil, 3 = Regular, 4 = Fácil, 5 = Muy fácil

1	2	3	4	5
			X	

10. ¿Considera que este aplicativo web puede ser útil para la enseñanza de la ingeniería civil? Marque con una X según su criterio. Considere:

1 = Muy poco útil, 2 = Poco útil, 3 = Regular, 4 = Útil, 5 = Muy útil

1	2	3	4	5
				X

Justifique su respuesta: Es una herramienta bastante útil para los estudiantes porque no solo realiza los cálculos necesarios y entrega de manera ordenada los datos sino porque también es una herramienta didáctica e intuitiva.

11. Realice una recomendación general sobre el aplicativo de diseño de pórticos de concreto

Considero necesario agreguen lo de la separación de estribos en columnas